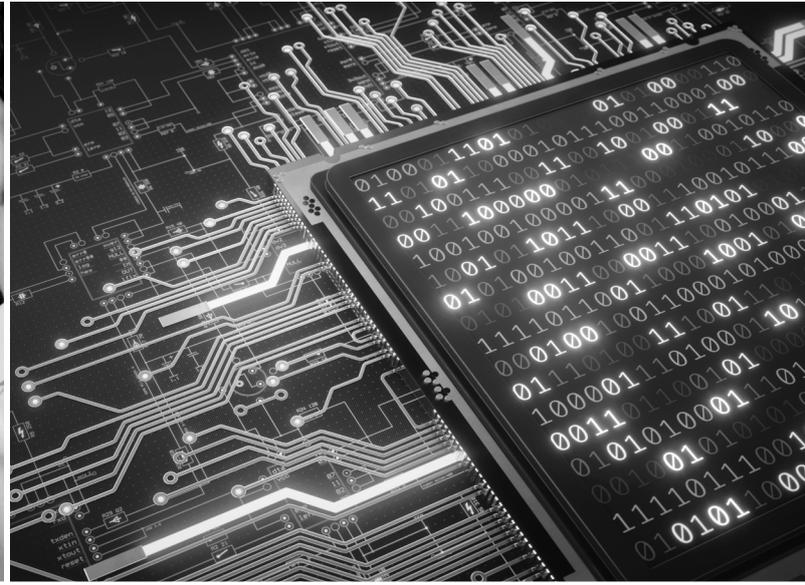
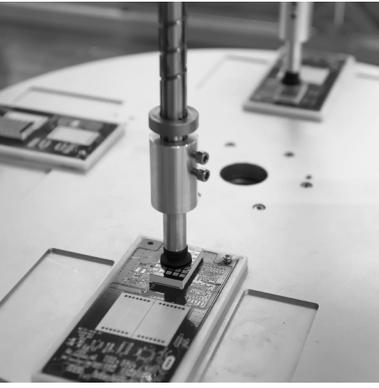




Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE DE L'ÉCONOMIE  
ET DES FINANCES



ÉTUDES ÉCONOMIQUES

# PROSPECTIVE

Enjeux et perspectives pour la filière française  
de la fabrication électronique

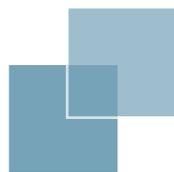
Rapport final



Date de parution : juin 2019  
Couverture : Hélène Allias-Denis, Brigitte Baroin  
Édition : Nicole Merle-Lamoot

ISBN : 978-2-11-152640-2  
ISSN : 2491-0058

# Enjeux et perspectives pour la filière française de la fabrication électronique



Rapport final

**Le Pôle interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations économiques (Pipame)** a été créé en 2005. Son objectif est d'éclairer, à un horizon de cinq à dix ans, les mutations qui transforment les principaux secteurs économiques.

La mondialisation transforme les entreprises et les pousse à s'adapter à une concurrence accrue sur des marchés plus diversifiés et lointains. Le numérique, avec l'essor de la robotique, de l'intelligence artificielle, des objets connectés, etc. transforme les entreprises tant dans le secteur de l'industrie que dans celui des services.

Dans ce contexte, le PIPAME apporte aux acteurs publics et privés des éléments d'alerte et de compréhension de ces mutations. Il propose des préconisations d'actions à court, moyen et long terme, afin d'accroître la compétitivité des entreprises françaises. Le Pôle aide les professionnels et les pouvoirs publics dans leur prise de décision.

Le secrétariat général du Pipame est assuré par la sous-direction de la Prospective, des Études et de l'Évaluation Économiques (P3E) de la direction générale des Entreprises (DGE).

**Les départements ministériels participant au Pipame sont :**

- le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation,
- le ministère des Armées,
- le ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les Collectivités territoriales,
- le ministère de la Culture,
- le ministère de l'Économie et des Finances,
- le ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation,
- le ministère de l'Europe et des Affaires étrangères,
- le ministère de l'Intérieur,
- le ministère des Outre-mer,
- le ministère des Solidarités et de la Santé,
- le ministère des Sports,
- le ministère de la Transition écologique et solidaire,
- le ministère du Travail.

## Avertissement

La méthodologie utilisée dans cette étude ainsi que les résultats obtenus relèvent de la seule responsabilité du prestataire ayant réalisé cette étude, *In Extenso*. Ils n'engagent ni le PIPAME, ni la Direction générale des entreprises (DGE), ni le Syndicat National de la Sous-traitance Électronique (SNESE), ni ACSIEL Alliance Électronique, ni le Syndicat Professionnel de la Distribution en Électronique Industrielle (SPDEI) et ni la Fédération des Industries Électriques, Électroniques et de Communication (FIEEC). Les parties intéressées sont invitées, le cas échéant, à faire part de leurs commentaires à la DGE.



## MEMBRES DU COMITÉ DE PILOTAGE

Sofyan MATTI	DGE, Bureau des Systèmes Electroniques
Christophe MEILHAC	DGE, Chef du bureau de l'information économique et de la prospective
Masafumi TANAKA	DGE, Chef du Bureau des Systèmes Electroniques
Soufiane DAHBI	DGE, Bureau de l'information économique et de la prospective
Thomas PHILIPPE	DGE, Bureau des Systèmes Electroniques
Eric BURNOTTE	Président du SNESE
Richard CRETIER	Délégué Général du SNESE
Gilles RIZZO	Délégué Général de l'ACSIEL Alliance Electronique (ACSIEL)
Pascal FERNANDEZ	Président du SPDEI
François KUREK	Vice-Président du SPDEI
Gilles ROUVIERE	Secrétaire Général de la Fédération des industries électriques, électroniques et de communication (FIEEC)

La conduite des entretiens et la rédaction du présent rapport ont été réalisées par les organismes :

### **IN EXTENSO INNOVATION CROISSANCE (IEIC), MEMBRE DU GROUPE DELOITTE**

Les Algorithmes - Thalès B  
2000, route des Lucioles - Sophia Antipolis  
06410 Biot  
Tél. : +33 (0)4 93 65 49 80  
<http://www.inextenso-innovation.fr>

#### **Représenté par :**

Noémie KELLER, Associée  
Avec les contributions de Benoit RIVOLLET, Nicolas LOUEE, Stéphane FAUSSURIER, Simon MAIRE, Anne-Claire REINSTADLER et Yasmine IBANEZ

### **Pole SOLUTIONS COMMUNICANTES SECURISEES (SCS)**

1047 Route des Dolines, Allée Pierre Ziller  
06560 Valbonne  
Tél. : +33 (0)4 89 86 69 30  
[www.pole-scs.org](http://www.pole-scs.org)

#### **Représenté par :**

Olivier CHAVRIER, Directeur Général Adjoint  
Avec les contributions de Fabienne De Toma

## REMERCIEMENTS

In Extenso Innovation Croissance et son partenaire, le pôle Solutions Communicantes Sécurisées, tiennent à adresser tous leurs remerciements aux interlocuteurs rencontrés au cours de cette mission. Nous tenons également à remercier spécifiquement Sofyan MATTI de la Direction Générale des Entreprises ainsi que l'ensemble des personnes ayant mis leur temps à disposition pour nous faire partager leur vision et leur expérience ainsi que les experts rencontrés lors des ateliers de travail dont l'aide précieuse a permis de mener à bien cette mission. Nos travaux ont été facilités par la confiance mutuelle des acteurs tant privés que publics et leur motivation à construire collectivement un renouveau pour la filière de la fabrication électronique française.



# SOMMAIRE

---

<b>CADRAGE DE LA MISSION .....</b>	<b>12</b>
<b>Introduction.....</b>	<b>14</b>
<b>PREMIER VOLET : LA FILIERE DES INDUSTRIES ELECTRONIQUES.....</b>	<b>21</b>
PARTIE 1 : PERIMETRE & POSITIONNEMENT DE LA FILIERE DANS LE PAYSAGE INDUSTRIEL .....	21
Périmètre centré autour des acteurs concourant à la production des systèmes électroniques.....	21
Une filière à très fort effet de levier auprès des autres filières industrielles et des services .....	24
Synthèse du périmètre et du positionnement de la filière .....	27
PARTIE 2 : CARTOGRAPHIE DE L'OFFRE FRANCAISE.....	28
Périmètre du travail de cartographie.....	28
Méthodologie du travail de cartographie .....	30
Les donneurs d'ordres : fabricants de systèmes, de sous-ensemble et ensembles électroniques .....	32
Les fournisseurs de services en fabrication électronique (EMS).....	34
Les distributeurs de composants électroniques .....	43
Les fabricants de composants électroniques .....	46
Les fabricants de composants actifs.....	47
Les fabricants de composants de connectique .....	53
Les fabricants de composants électronique passifs.....	58
Les fabricants de circuits imprimés.....	60
Les bureaux d'études pour la conception électronique .....	64
Les fabricants & distributeurs d'équipements de fabrication, de test & mesures et de consommable pour l'assemblage électronique. ....	66
Synthèse du travail de cartographie :.....	71
<b>SECOND VOLET : ECOSYSTEME FRANCAIS DE LA FABRICATION ELECTRONIQUE .....</b>	<b>74</b>
PARTIE 1 : ANALYSE DE L'ECOSYSTEME D'INNOVATION .....	74
Un écosystème de recherche tout à fait remarquable, reconnu au niveau international et qui emploie plus de 10 000 personnes sur le territoire.....	74
L'adéquation de la recherche en électronique française et les besoins des entreprises est globalement satisfaisant. ....	78
Les plateformes mutualisées ou technologiques pour l'électronique ;.....	79
Pôles de compétitivité, clusters et pôles d'innovation : une mise en réseau primordiale pour développer les capacités d'innovation.....	80
Des accélérateurs et pôles d'innovation qui se positionnent sur l'industrialisation hardware .....	81
WeNetWork : un cluster et un centre de ressources sur les systèmes intelligents du Grand Ouest et qui rassemble les acteurs de la conception et de la fabrication de cartes et systèmes électroniques. ....	83
CAPTRONIC un dispositif incontournable pour développer la compétitivité et l'innovation des PME par l'électronique .....	83
Financement de l'industrialisation et de la production série : un maillon manquant.....	84
Conclusions et enseignements .....	86

PARTIE 2 : ANALYSE DE L'OFFRE EN MATIERE D'EMPLOIS, DE FORMATION ET DE COMPETENCES .....	88
La fabrication électronique regroupe un ensemble varié de métiers .....	90
Une filière confrontée à une double problématique : une vague de départ massif à la retraite et un déficit de visibilité et d'attractivité auprès des jeunes talents .....	92
Cartographie des formations existantes sur le territoire .....	93
Adéquation entre l'offre de formation et les attentes des entreprises .....	98
Conclusions et enseignements .....	114
PARTIE 3 : CARTOGRAPHIE DE LA REGLEMENTATION POUR LA FILIERE ELECTRONIQUE .....	116
Le règlementation REACH .....	117
DEEE, RoHS, EUP pour une fabrication plus respectueuse de l'environnement. ....	118
La directive EuP : pour allier économie et écologie .....	121
Les normes IPC, un gage de montée en compétence au sein de la filière .....	122
Ouverture : des situations dans lesquelles une absence de réglementation est source d'insécurité juridique .....	127
<b>TROISIEME VOLET : DEMANDE EN MATIERE DE FABRICATION ELECTRONIQUE .....</b>	<b>130</b>
SYNTHESE EXECUTIVE .....	130
PARTIE 1 : LES OBJETS COMMUNICANTS B2B ET B2C .....	132
Définition et précision sur le périmètre d'analyse .....	132
Dynamiques du marché et positionnement des acteurs sur la chaîne de valeur .....	133
Analyse de trois sous-segments applicatifs : Industrie, Ville intelligente et santé connectée .....	138
Synthèse des marchés pour les objets communicants. ....	148
Caractéristiques des objets communicants par grande typologie .....	150
Opportunités pour une fabrication électronique dans le domaine des objets communicants .....	152
PARTIE 2 : AUTOMOBILE .....	159
Analyse des tendances du marché de l'industrie automobile .....	159
Chaîne de valeur et analyse de la demande en matière de fabrication électronique dans l'industrie automobile .....	165
PARTIE 3 : AERONAUTIQUE .....	171
Dynamiques économiques et tendances du marché de l'industrie aéronautique .....	171
Fabrication électronique dans l'industrie aéronautique .....	177
Conclusions et enseignements .....	181
<b>QUATRIEME VOLET : ENJEUX ET PERSPECTIVES .....</b>	<b>183</b>
PARTIE 1 : ENJEUX ACTUELS DE LA FILIERE FRANCAISE DE LA FABRICATION ELECTRONIQUE .....	183
Analyse de la compétitivité de la filière française de production électronique .....	183
Analyse macro-économique de la situation à l'international .....	194
Synthèse et conclusion. ....	196
PARTIE 2 : SCENARIOS PROSPECTIFS DE DEVELOPPEMENT POUR LA FILIERE FRANCAISE DE L'ELECTRONIQUE (EMS) .....	197
Rappel méthodologique .....	197
Scénario 1 : « statu quo assumé » - une filière portée par l'augmentation des commandes dans les marchés historiques .....	199

Scénario 2 : « Agilité et excellence technologique – une filière agile et pro-active en matière d’innovation pour pénétrer de nouveaux marchés.....	203
Scénario 3 : « Nouveau paradigme » – Evolution structurelle des métiers au sein de la chaîne de valeur de l’électronique française. ....	207
Par ailleurs, une accélération brutale des chocs externes ne peut pas être écartée dans cette industrie profondément mondialisée. ....	211
<b>ANNEXES.....</b>	<b>215</b>
ANNEXE 1 : ANALYSE DES ACTEURS DE LA CHAÎNE DE VALEUR DE L’ÉLECTRONIQUE.....	215
ANNEXE 2 – PRÉCISIONS MÉTHODOLOGIQUES SUR LES TRAVAUX DE CARTOGRAPHIE. ....	232
ANNEXE 3 : MÉTHODOLOGIE DE LA CARTOGRAPHIE DES LABORATOIRES DE RECHERCHES.....	235
ANNEXE 4 : ANALYSE DES PHÉNOMÈNES DE PÉNURIES DE COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES.....	238
ANNEXE 5 : RELOCALISATION DE PRODUCTION ÉLECTRONIQUE - DEBFLEX ET EINEA.....	241
ANNEXE 6 : RELOCALISATION DE PRODUCTION ÉLECTRONIQUE - INTERVOX ET BSE.....	243

# CADRAGE DE LA MISSION

---

## Préambule

Transversale et diffusante, la filière électronique est aujourd'hui un partenaire stratégique pour de nombreuses filières industrielles, au premier rang desquels figurent l'automobile, l'aéronautique, le spatial ou les télécoms. Qu'il s'agisse du véhicule autonome ou des objets connectés, la généralisation de l'électronique dans tous les produits et services positionne par ailleurs la filière au cœur de la transformation numérique et énergétique de notre société.

Si l'augmentation des commandes issues des clients historiques et des nouveaux marchés liés aux objets communicants peut constituer une formidable opportunité de développement la filière électronique française dans son ensemble elle impose également la prise en compte de nombreux enjeux : forte pression sur les coûts de production, apparition de nouvelles typologies de clients et de nouveaux modes de collaborations. Ce constat est d'autant plus vrai que la filière électronique française a connu de nombreuses mutations depuis les années 2000, en particulier la spécialisation des acteurs français sur les marchés professionnels.

Dans ce contexte, la Direction générale des entreprises (DGE), le Syndicat National de la Sous-traitance Électronique (SNESE), ACSIEL Alliance Électronique, le Syndicat Professionnel de la Distribution en Électronique Industrielle (SPDEI) et la FIEEC (Fédération des Industries Électriques, Électroniques et de Communication) ont conjointement **lancé une étude prospective sur les enjeux et perspectives pour la filière française de fabrication électronique.**

La réalisation de cette étude a été confiée à In Extenso Innovation Croissance en partenariat avec le pôle de compétitivité Solutions Communicantes Sécurisées (SCS). Conduite dans le cadre du Pôle Interministériel de Prospective et d'Anticipation des Mutations Économiques (PIPAME), cette étude **a pour objectif de disposer d'une vision prospective du développement économique et des perspectives industrielles** de la filière électronique française. Il s'agit plus précisément **d'enrichir la réflexion globale des pouvoirs publics et des professionnels** sur la filière française de la fabrication électronique.

## Structure du présent rapport

A cette fin, la présente étude propose en premier lieu **(volet 1)** de définir (i) le périmètre et le positionnement de la filière de l'électronique dans le paysage industriel et de (ii) dresser une cartographie de l'offre française en matière de fabrication électronique. En annexe, ce volet propose par ailleurs une mise en regard de la dynamique nationale avec les forces en présence à l'échelle mondiale.

L'analyse se poursuit **(volet 2)** avec l'évaluation de l'écosystème dans lequel évolue la filière française en le caractérisant de manière qualitative et quantitative selon 3 axes : axe emploi/compétences, axe réglementaire et axe capacité d'innovation/R&D. Concernant la situation en emplois et en compétences sur le territoire, il s'agit d'établir une cartographie des formations existantes en lien avec la fabrication électronique et d'évaluer leur attractivité au regard des compétences et métiers nécessaires actuellement et pour les prochaines années. L'axe réglementaire vise à évaluer les effets des réglementations existantes - ou au contraire de l'absence de réglementation (source d'insécurité ou d'opportunité) - sur le développement des activités des entreprises de l'électronique. Enfin, l'axe capacité d'innovation et de R&D vise à répertorier les centres de ressources, de l'amont à l'aval de la filière (tels que les laboratoires, les structures d'enseignement, les clusters d'entreprises et pôles d'innovation, ou les centres d'expertise) et analyser les relations qu'ils entretiennent avec les entreprises.

Sont ensuite détaillées **(volet 3)** les caractéristiques de l'évolution de la demande (prioritairement européenne) en matière de fabrication électronique, à la fois pour les secteurs applicatifs historiques de la

filrière mais également pour les besoins émergents issus des transformations liées aux objets communicants ou à l'Industrie du Futur. L'objectif inhérent est d'objectiver les débouchés existants pour le tissu industriel français, en particulier pour le maillon des fournisseurs de services en fabrication électronique (EMS). Un approfondissement sur les segments des objets communicants, de l'automobile et de l'aéronautique est proposé dans ce volet.

L'ensemble de ces analyses permettent d'aboutir (**volet 4**) à un diagnostic approfondi de la compétitivité de la filière électronique française et à la formulation de plusieurs scénarios prospectifs de développement (prioritairement axé sur le maillon spécifique des fournisseurs de services en fabrication électronique) à court (2020) et moyen-terme (2025) ainsi qu'un ensemble de pistes d'actions conjointes entre acteurs publics et privés afin de favoriser opérationnellement la compétitivité et le développement des entreprises françaises concernées par la fabrication électronique. Les axes de travail sont issus d'un travail d'analyse complémentaire aux travaux actuellement en cours au sein de la filière (ie *Comité Stratégique de Filrière « Industrie Electronique », feuille de route pour l'Industrie du Futur présentée par We Network et ses partenaires lors du World Electronic Forum fin 2017*).

## Méthodologie

Cette étude s'appuie sur de larges consultations au sein et hors de la filière électronique. Un effort particulier a porté sur la participation des acteurs industriels et institutionnels de la filière, en particulier les PME/PMI, pour assurer la pertinence des recommandations pour les acteurs de terrain et commencer à les mobiliser autour du projet de déploiement de l'Industrie du Futur. La démarche d'analyse a été la suivante :

1. Mobilisation des bases de données, des réseaux et des expériences d'In Extenso Innovation Croissance et du Pôle Solutions Communicantes Sécurisées dans le cadre des analyses documentaires approfondies.
2. Réalisation de plus de 65 entretiens individuels, téléphoniques ou physiques, d'une dizaine d'audits de sites industriels et de 4 cas d'écoles.
3. Animation de deux groupes de travail réunissant un panel d'une douzaine d'acteurs de la filière dans différents secteurs applicatifs et des maillons de la chaîne de valeur. Ces ateliers ont été organisés pour orienter l'étude sur les sujets à forts enjeux, consolider les réflexions sur les scénarios prospectifs et proposer des pistes d'analyses et des recommandations.
4. Réunions de travail et d'échanges avec le comité de suivi (DGE, syndicats et fédération professionnels).

# INTRODUCTION

---

## **Aujourd'hui omniprésente dans notre quotidien, l'électronique a profondément bouleversée le paysage industriel de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle.**

Discipline récente, datant du début XX<sup>e</sup> siècle, l'électronique<sup>1</sup> n'en demeure pas moins l'une des plus retentissante. Les différentes innovations apparues dans le secteur au cours de ces cinquante dernières années ont rendu possible la production d'une multitude d'équipements et de systèmes numériques qui ont profondément transformé notre société en amenant une refonte complète de notre manière de travailler, de nous informer, de nous divertir et de communiquer.

Chronologiquement d'abord avec l'apparition, en 1947, des premiers transistors. Plus petits, plus performants et moins onéreux que les tubes électroniques utilisés jusqu'à lors, ils permirent d'accélérer le progrès technique dans tous les domaines et de faire émerger de nouvelles disciplines – en témoigne notamment la réalisation des premiers satellites de communication (SCORE en 1958) qui ouvrirent l'ère de la télécommunication spatiale ou les remarquables progrès dans l'informatique avec l'apparition des premiers ordinateurs à transistors en alternative aux volumineux ordinateurs à tube<sup>2</sup>.

Mais c'est véritablement à partir des 1960 avec l'invention du circuit intégré<sup>3</sup>, et par extension les années 1970 avec l'apparition des premiers microprocesseurs, des supercalculateurs miniaturisés, que les bouleversements engendrés par l'électronique dans notre société sont les plus visibles.

Ainsi, les années 1970-1980 ont vu apparaître, dans le domaine individuel, les calepettes, les montres à quartz, les premiers jeux-vidéos, les premiers micro-processeurs dans l'électro-ménager ou encore l'utilisation grand-public des magnétoscopes. C'est aussi le début des tableaux de bords numériques, de l'allumage et de l'injection électronique pour les voitures ou encore la naissance de la première machine à écrire à mémoire capable de traiter les textes.

Les années 1980-1990, dites « des expériences autour de l'écolier et de la ménagère, en passant par l'automobiliste, le médecin et l'utilisateur des PTT <sup>4</sup>», ont vu l'apparition des premiers ordinateurs dans les lycées, la généralisation de l'enseignement assisté par magnétoscopes, la production en série des ordinateurs à usage domestique, caméras électroniques miniatures, écrans plats géants pour la télévision, développement du télécommerce : achats à distance, terminaux-points de vente des grands magasins, cartes de crédit à débit simultané, réseaux interbancaires, passeports magnétiques, régulation électronique du trafic automobile ; développement des appareils médicaux individuels, des prothèses électroniques, premiers hôpitaux à informatique intégrée et ordinateurs pour les professions libérales ; annuaire électronique, téléphone à rappel automatique, visiophone, télétextes, télécopies dans les entreprises, télé-distributions, composition électronique des journaux et télémessageries, les débuts du courrier électronique. C'est également la phase de généralisation de la commande numérique pour les machines-outils, de l'automatisation des raffineries de pétrole et des usines de l'industrie chimique, de l'implantation des réseaux de grandes capacités à fibres optiques et du développement des satellites de télécommunication et de télévision. Le langage informatique est encore simplifié jusqu'à devenir accessible à tous, les machines à traiter les textes s'améliorent et se répandent, l'assistance par ordinateur se généralise.

Enfin une troisième phase, qui débuta à partir des années 1990 et s'amplifia à partir des années 2000 se caractérise notamment par une miniaturisation toujours plus poussée des dispositifs électroniques existants, une robotisation massive des processus de fabrication, et plus largement par l'interconnexion entre tous les procédés électroniques d'information, de commande et d'automatisation. C'est également la phase de la massification de l'électronique grand-public avec par exemple l'émergence des displays et

---

<sup>1</sup> L'électronique, est définie par la commission de l'électrotechnique internationale (CEI) comme étant « la branche de la science et de la technique traitant du mouvement des porteurs de charges dans le vide, les gaz et les semi-conducteurs, des phénomènes de conduction électrique qui en résultent et de leurs applications ».

<sup>2</sup> L'ENIAC, le premier ordinateur conçu en 1945 par J.W. Mauchly, pesait plus de 30 tonnes pour 18.000 tubes et occupait une surface au sol de près de 160m.

<sup>3</sup> Plaque de silicium de quelques millimètres sur laquelle plusieurs milliers de transistors, connectés entre eux, réalisent des fonctions électroniques complexes

<sup>4</sup> « Mémoires volées », collection « Visage de l'an 2000 » J.H Lorenzi, E. Le Boucher et cité par M.L Buboin.

de l'intégration et de l'électronique dans tous les produits et services de notre quotidien : progressivement, tous les objets se dotent d'intelligence et de capacité à communiquer, ce qui permet de leur déléguer de nouveaux usages et des services.

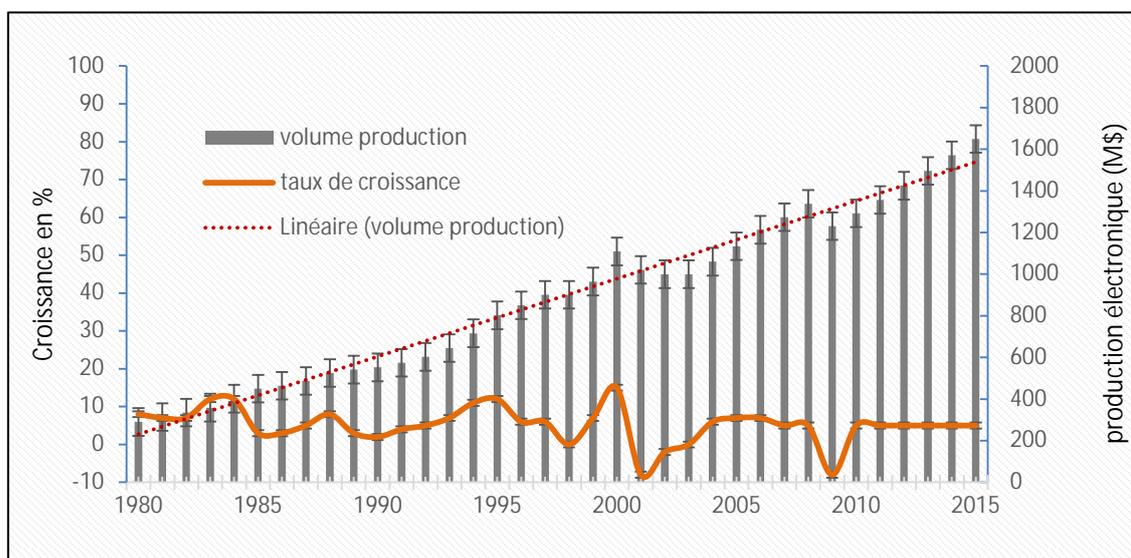
## Les nouvelles innovations dans le secteur de l'électronique, ont conduit, en l'espace de 40 ans, les industries électroniques à quadrupler leurs activités de production<sup>5</sup>.

Au cours des quarante dernières années la progression des activités de production d'équipements et de systèmes électroniques, s'est effectuée de manière **cyclique**<sup>6</sup> et pouvant afficher d'une année à l'autre des taux de croissance de plusieurs **dizaines** de pourcent, au grès des différentes vagues d'innovation technologiques entraînant de nouvelles applications et usages.

Ainsi, l'industrie électronique a connu une première période de dynamisme fort à partir du milieu des années 1970. Sa croissance annuelle atteignait alors jusqu'à **15 %**, essentiellement portée par les nouvelles innovations technologiques dans le domaine de la micro-électronique (microprocesseurs) et les applications en découlant, alors massivement soutenue par la commande publique. Puis, les nouvelles innovations technologiques des années 1980 rendirent possible l'émergence de nouveaux besoins pour les entreprises et les individus (informatique, télécom, internet) ce qui a conduit les industries électroniques à un nouveau cycle de forte croissance, et ce jusqu' à la fin des années 1990.

Durant les quinze dernières années, l'industrie électronique, au sens large, a connu une croissance générale de plus **5%** à l'échelle mondiale. Un rythme qui s'explique, entre autres, par la généralisation des usages d'internet, la standardisation et la démocratisation des marchés 3C à l'échelle planétaire (ordinateurs, portables et smartphones) mais aussi le développement continu de l'électronique dans les marchés B2B.

**Figure 1 : Historique de la production mondiale des équipements et systèmes électroniques<sup>7</sup>**



<sup>5</sup> En 1980 la production industrielle des systèmes électroniques représentait environ 450Mds pour atteindre 1500Mds en 2017 – source *Electronic data year book 2017*

<sup>6</sup> Caractéristique de la filière de l'électronique : Généralement initié par l'industrie électronique des composants semi-conducteurs et qui par ricochet s'étend à l'ensemble de la filière de production électronique (équipementiers, ...) – se référer à la partie XX sur la supply-chain sur le mécanisme des cycles de croissance de la filière.

<sup>7</sup> Les codes produits par statistiques publiques (OECD, UNCAD) incluent généralement des produits et équipements hors filière – en particulier ceux relevant du domaine plus large de l'électricité et de l'optique, ce qui ne permet pas d'isoler pleinement les équipements et système de l'électroniques – objet de la présente étude. Dans le présent cas, et en accord avec le COPIL, les données issues de ce présent graphiques sont issus du recoupement de diverses données concordantes et disponibles publiquement dont notamment celles the *Electronic data year book*, *IC insight*, *decision*, *ZVEI*, *Henderson Ventures* .... Les marges d'erreurs correspondent à l'incertitude inhérente au recoupement de données et permettent simplement d'illustrer la croissance du secteur.

## **Le phénomène de la mondialisation, initié à partir des années 1970 et amplifié dans les années 2000, a conduit un basculement durable de l'activité de production électronique de l'Occident vers l'Asie – en particulier s'agissant des productions caractérisées par une intensité capitaliste et des enjeux technologiques modérés**

Si l'Europe et les Etats-Unis, berceau des industries des équipements électroniques, totalisaient, dans les années 1975, près de **70%** de la production électronique, ces régions ne capitaliseraient plus que **30%** de la production mondiale en 2017.

A l'inverse, le continent Asiatique qui générait moins de **25 %** de la production électronique en 1975, fédère, aujourd'hui plus de **65%** de la production mondiale. Désormais, la quasi-totalité des unités de productions de grands volumes de l'électronique grand public (les 3C : *consumer, computer, communication*) sont produites en Asie. A-elle seule, la Chine rassemble aujourd'hui près de **40%** des activités de production électronique.

Chronologiquement, ce basculement des activités de production de l'Occident vers l'Asie peut s'expliquer avec l'émergence dans les années 1970 de plusieurs acteurs Japonais dans la production électronique des biens de consommation. A cette époque, la part de produit « Made in Japan » couvrait une part significative du marché Américain. Pour contrer cette offensive, les Américains, et dans une moindre mesure les Européens, délocalisèrent une partie de leurs activités de production électronique, majoritairement en Asie du Sud Est<sup>8</sup>. Cette délocalisation permettait d'obtenir des avantages compétitifs d'au moins deux ordres :

En premier lieu par un coût de travail compétitif<sup>9</sup>, en particulier pour les productions aux enjeux technologiques et à intensité capitaliste modérés. Ces productions nécessitaient généralement de nombreuses opérations manuelles et le faible coût de main d'œuvre permettait d'abaisser substantiellement le prix de revient final des produits<sup>10</sup>. Il s'agit par exemple des activités d'implantation de certains composants traversants ou d'assemblage de produits grands publics. En second lieu par la possibilité d'y créer des filiales avec une politique incitative de la part des états Asiatiques pour attirer des nouveaux investisseurs étrangers et qui permettaient, en sus d'un coût de travail compétitif, d'amortir significativement les nouveaux investissements de production, notamment pour celles pouvant nécessiter une plus forte intensité capitaliste – comme par exemple la diffusion et le test pour la fabrication des composants ou la fabrication des tubes cathodiques pour les premiers téléviseurs. Enfin, un rapprochement géographique du marché Asiatique, en pleine, expansion constituait également un facteur additionnel pour la délocalisation des sites de production des entreprises Occidentales.

Puis, le dynamisme des années 1980, notamment tirée par la production des ordinateurs personnels fut le témoin d'une nouvelle vague progressive de délocalisation des sites de production des équipements électroniques Américains (et dans une moindre mesure Européenne) et provoqua une nouvelle vague d'investissement (d'abord vers Singapour, Taiwan et Hongkong puis vers la Chine, l'Indonésie et les Philippines).

Enfin les années 2000, caractérisées par deux chocs structurels (l'éclatement de la bulle internet<sup>11</sup> et la forte récession de 2009) stoppèrent brutalement la très forte croissance des années 1990 du secteur de l'électronique et amplifièrent massivement et irréversiblement le phénomène de délocalisation. Plus précisément, ces deux chocs structurels, associé à l'émergence à partir de 2007 des smartphones<sup>12</sup> et la généralisation du concept d'entreprise sans usine ou « Fabless » (prôné par certains industriels Européen à l'image de Serge Turuch dès 2001) ont constitué une concurrence à laquelle la plupart des fabricants européens n'ont pas résisté et ont conduit en Europe<sup>13</sup> à la fermeture, la délocalisation ou l'externalisation d'un grand nombre d'unités de production électronique de grands groupes positionnés sur les marchés de

<sup>8</sup> Chalmers: "International and regional integration: The political economy of the electronics industry in ASEAN", in *ASEAN Economic Bulletin*, Vol. 8, No. 2, pp. 194–209 (Nov. 1991).

<sup>9</sup> Ecart estimés de 1 à 10, voir beaucoup plus.

<sup>10</sup> D. Levy: "Offshoring in the New Global Political Economy", in *Journal of Management Studies*, Vol. 42, No. 3, Apr. 2005, pp. 685–693; G. van Liemt: *Subcontracting in electronics: From contract manufacturers to providers of Electronic Manufacturing Services (EMS)*, Working Paper No. 249, SAP, ILO, Geneva, 2007;

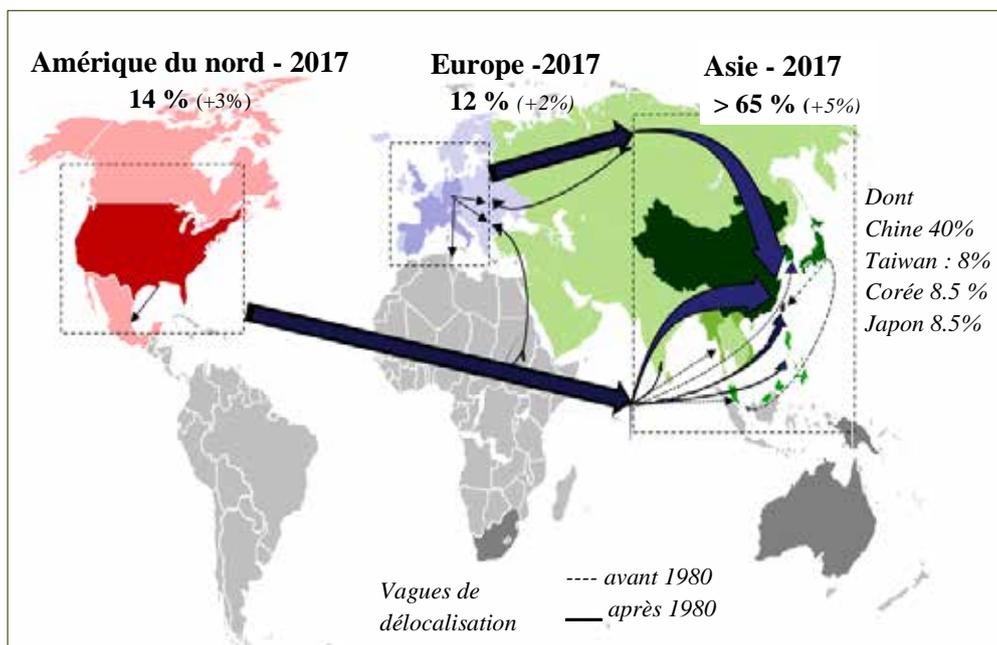
<sup>11</sup> C'est une bulle spéculative qui a affecté les secteurs de l'informatique et des télécommunications et, par ricochet, celui de l'industrie électronique –en entraînant la première récession de son histoire

<sup>12</sup> La France et la Finlande étaient parmi les premiers producteurs mondiaux de téléphones portables des générations antérieures.

<sup>13</sup> Cette stratégie de retrait, va au rebours de celle des Coréens qui, à l'instar de Samsung ou de LG conservent l'essentiel de leurs usines de production à proximité de leur siège social.

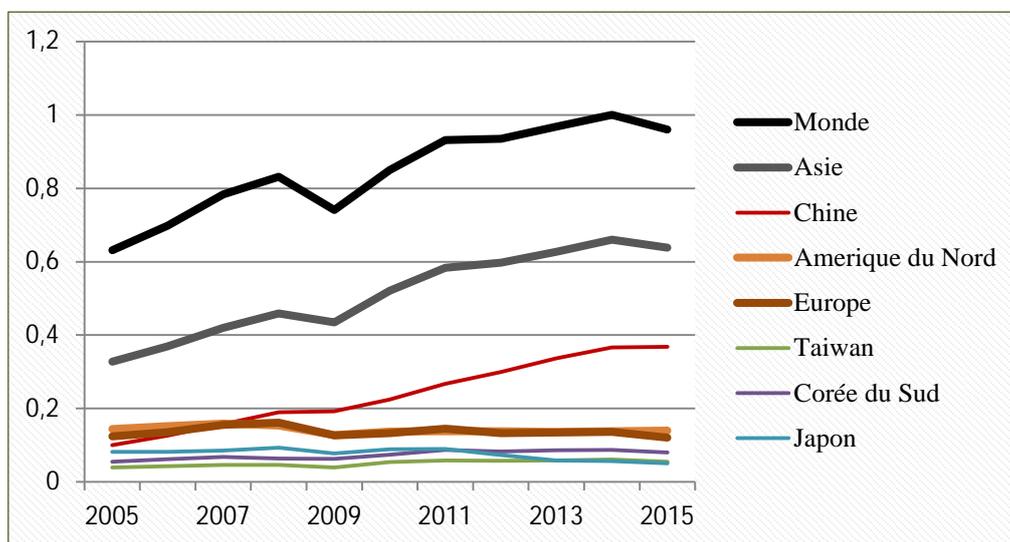
masses vers l'Asie et certains pays de l'Europe de l'Est comme la République tchèque, la Hongrie ou la Pologne<sup>14</sup>). Aux États-Unis, le phénomène de délocalisation a conduit entre 2000 et 2010 au transfert de près de 400 000 emplois<sup>15</sup>.

**Figure 2 : Phénomène de la mondialisation dans le secteur de l'électronique -2017**



Sources : DGE - ZVEI 2018 & Year Book of Electronic Data 2017- Nouvelle Asie industrielle (Edition internationale- 1986)

**Figure 3 : Evolution et répartition de la production<sup>16</sup> des produits électroniques – 2017**



Source : Base statistique de OCDE-WO – Trade in Value Added (TIVa) [consultation 16 Avril 2019]

<sup>14</sup> B. Luthje: "Electronics contract manufacturing: Global production and the international division of labour in the age of the Internet"

<sup>15</sup> Manyika et al., op. Cit.

<sup>16</sup> Sur le fondement du code D26- « Computer – Electronic and Optical produc ».

## Aujourd'hui totalement internationalisée et très concurrentielle, la filière de l'électronique est caractérisée par des chaînes d'approvisionnement complexes et par l'émergence de puissantes structures oligopolistiques.

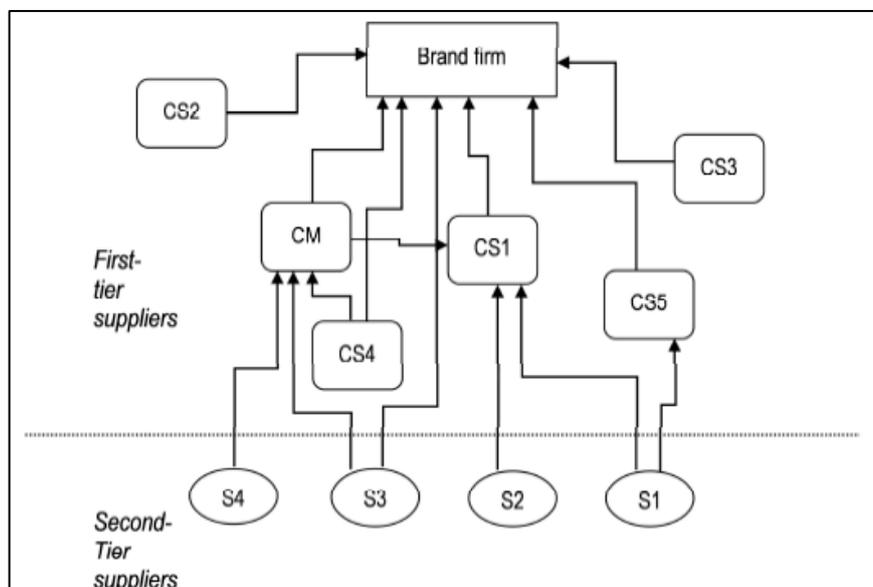
L'externalisation des activités de production électronique opérée par les utilisateurs finaux et donneurs d'ordres ont rendu possible l'émergence d'un important secteur de la sous-traitance électronique (ou EMS, *Electronic Manufacturing Services*). Ces acteurs réalisent généralement les opérations de test et d'assemblage des cartes électroniques (opérations de soudure des composants sur les circuits imprimés nus) ainsi qu'une partie de l'assemblage final<sup>17</sup>. D'autres acteurs, ce sont quant à eux historiquement développés et spécialisés sur la fabrication des composants électroniques (semi-conducteurs, passifs), circuits imprimés mais aussi sur la fabrication de sous-ensembles tels que disques durs ou encore les composants périphériques (claviers, câbles et connecteurs, ...)

La multitude des acteurs qui concourent aujourd'hui à la fabrication des produits électroniques a conduit à deux constats :

### - Une complexification des chaînes d'approvisionnement

Les chaînes d'approvisionnement sont aujourd'hui multiples et totalement mondialisées. Les utilisateurs finaux, en bout de chaîne, orchestrent une chaîne d'approvisionnement composée de plusieurs fournisseurs pour la fabrication d'ensemble et de sous-système (EMS) et de composants. A leur tour, ces acteurs opèrent une vaste chaîne d'approvisionnement en s'approvisionnant en pièces et composants auprès d'un grand nombre de fabricants de composants<sup>18</sup> et en s'appuyant généralement sur de nombreux autres fournisseurs en leur déléguant parfois une partie des activités de production, des responsabilités de conception et de pré et post-fabrications telle que les achats, la logistique et le marketing<sup>19</sup>.

**Figure 4 : Exemple des relations entre une entreprise et sa chaîne d'approvisionnement.**



Notes : CS : component supplier; CM: contract manufacturer; S: supplier.

Source : Nadvi and Raj-Reichert (forthcoming) "Governing health and safety at lower tiers of the computer industry global value chain".

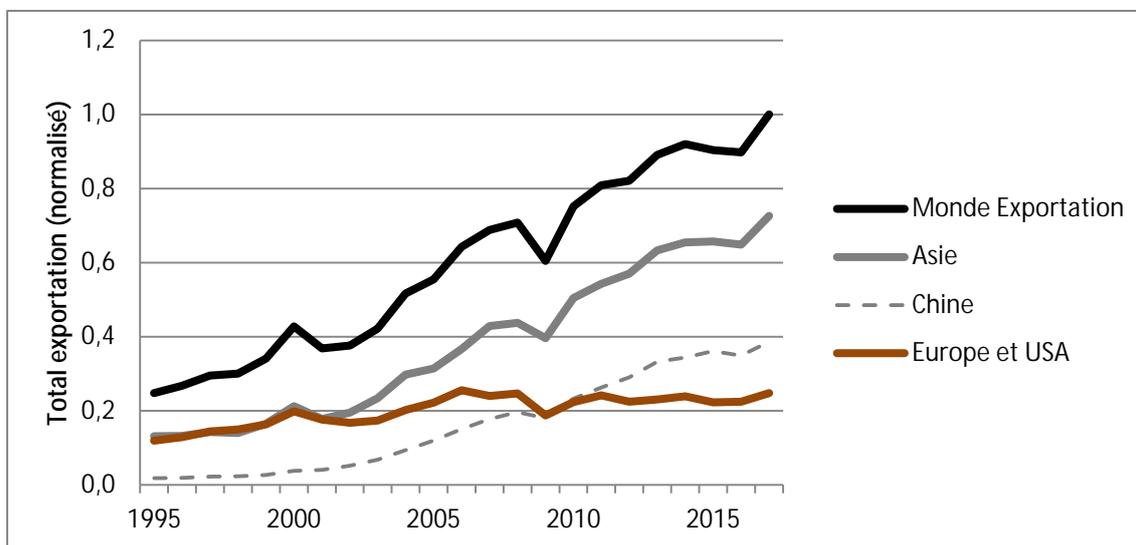
<sup>17</sup> Gereffi, 2004, op. cit.

<sup>18</sup> "Contract manufacturers are the largest purchasers of electronics components on the world market" (Sturgeon 2010).

<sup>19</sup> G. Gereffi: "Global value chains in a post-Washington Consensus world", in *Review of International Political Economy*, Vol. 21, No. 1, 2014, pp. 9-37; G. Hamilton and G. Gereffi: "Global commodity chains, market makers, and the rise of demand-responsive economies", in J. Bair (ed.): *Frontiers of commodity chain research* (Stanford, CA, Stanford University Press, 2009), pp. 136-161; Sturgeon and Kawakami, op. cit.

Par ailleurs les données commerciales à l'exportation sur les biens intermédiaires de l'électronique (sous-ensemble et composants) permettent d'illustrer la progression constante des échanges transfrontaliers et du recours au phénomène de la sous-traitance dans les chaînes d'approvisionnement mondiales des Industries de l'électronique.

**Figure 5 : Exportation des composants et sous-ensembles électronique<sup>20</sup> dans le monde 2017**



Source : UNCTAD Stats [consultation 16 Avril 2019]

- **L'émergence de véritable structures oligopolistiques et écosystèmes intégrés.**

Au cours des 50 dernières années, les principaux acteurs des high-techs ont pu atteindre des tailles critiques impressionnantes en se reconcentrant sur les activités de R&D, de design et de marketing. C'est notamment le cas d'entreprises comme Apple, Hewlett-Packard, IBM, Sony ou encore Panasonic qui justifient tous de chiffres d'affaires supérieurs à **50Mds\$**.

Les parts de marchés pour les opérations de production électronique, laissées vacantes par ces acteurs, ont également permis l'émergence de plusieurs entreprises spécialisées dans la sous-traitance électronique (EMS) et qui ont su atteindre des tailles critiques remarquables, dépassant parfois celles de leurs clients. C'est notamment le cas d'entreprises comme Foxconn, Quanta ou Compal ou Jabil.

Enfin et compte tenu des caractéristiques nécessaires pour la fabrication de certains composants (produits de commodité à l'échelle mondiale, intensité capitaliste, prime disproportionnée pour le premier à innover, etc. ...) et porté par un politique volontariste de certains états en faveur de l'investissement industriel plusieurs fabricants de composants électroniques ont également su atteindre des tailles critiques titanesques. Par exemple, les quatre principaux acteurs du semi-conducteurs (Intel, Samsung Electronics et TSMC) représentent à eux seuls plus de 200 Mds\$ de CA.

Plus largement, ces 40 dernières années ont également été le témoin de l'éclosion dans certains pays Asiatiques de puissants écosystèmes électroniques intégrés – en premier lieu par la présence d'acteurs étrangers mais également par l'émergence de champions nationaux. Par exemple les années 1980 -2000 ont vu<sup>21</sup>, l'émergence et la consolidation de leaders mondiaux Asiatiques sur l'ensemble des activités de production électronique et aujourd'hui capables de servir à la fois une demande « à bas coût » mais également une clientèle à la recherche de solutions à forte valeur ajoutée. Il s'agit par exemple de Tatung, TSMC, UMC ou de l'EMS Foxconn qui assemble les produits de la marque Apple à Taiwan, de Samco au Japon ou de Samsung et Hynix en Corée.

<sup>20</sup> Sur le fondement des produits classés dans les groupes 759, 764, 772 et 776 de la classification type pour le commerce international (Standard International Trade Classification – CITC). Il s'agit notamment : des parties et pièces détachées pour groupes 751 & 752 (machines et appareils de bureau, machines automatiques de traitement de l'information), équipement de télécommunications et parties, appareils pour circuits électroniques, lampes, tubes diodes et circuits intégrés.

<sup>21</sup> En sus de certains groupes Japonais déjà bien établis comme NEC (Nippon Denki)

Aujourd'hui totalement internationalisée, la filière électronique est à la fois **très concurrentielle et relativement concentrée**. Le poids acquis par les groupes technologiquement dominants témoigne de cette centralité indéniable : leurs chiffres d'affaire, et *a fortiori* leurs capacités d'innovation et d'investissement, confèrent à ces acteurs un poids colossal, supérieur à de nombreux états ou organisations internationales.

Néanmoins, aujourd'hui aucun pays ne maîtrise l'ensemble des technologies ni l'ensemble de la chaîne de valeur industrielle, conduisant de fait à une situation d'interdépendance de nature technologique ou d'approvisionnement.

# PREMIER VOLET : LA FILIÈRE DES INDUSTRIES ÉLECTRONIQUES

---

## Partie 1 : périmètre et positionnement de la filière dans le paysage industriel



### Périmètre centré autour des acteurs concourant à la production des systèmes électroniques

Aujourd'hui, les systèmes et ensembles électroniques constituent une large gamme de produits qui peuvent être indépendants, c'est notamment le cas des équipements électroniques à destination du marché des « 3C » (ordinateurs, portable, smartphone) ou au contraire être 'embarqués' c'est-à-dire intégrés à un autre équipement pour y réaliser des tâches précises, souvent en temps réel. Ils sont dans ce cas majoritairement utilisés dans les marchés industriels, aéronautiques, automobiles ou médicaux.

Plus précisément, **les systèmes et ensembles électroniques**, peuvent être vus comme des systèmes complexes capables de recevoir en entrée des signaux électroniques<sup>22</sup>, de les traiter grâce à un ensemble de dispositifs électroniques<sup>23</sup>, avant de délivrer en sortie d'autres signaux électroniques. Le fonctionnement cohérent de l'ensemble est orchestré par un **logiciel** qui peut être directement embarqué dans le système électronique.

De manière plus large, les interfaces d'entrée (récepteurs radiofréquence, capteurs, optiques, clavier) ou de sortie (émetteurs radiofréquence, optiques, écrans) peuvent également être considérés comme faisant partie du système électronique, en particulier si ceux-ci sont sur **les cartes électroniques**, cœur des systèmes électroniques et qui sont le plus souvent intégrées dans un châssis ou un boîtier de protection.

---

<sup>22</sup> Les signaux électroniques peuvent être de type numérique, analogique ou de puissance.

<sup>23</sup> IEC – The World's Electrotechnical Vocabulary – dispositifs dont le fonctionnement est basé sur le mouvement des électrons.

Les cartes électroniques – ou PCBA (Printed Board Assembly), sont les dispositifs électroniques fondamentaux des systèmes et ensemble électroniques. Ils permettent de réaliser des fonctions électroniques complexes et sont généralement composées :

- De **composants actifs** (principalement les circuits intégrés et les transistors discrets) ;
- De **composants passifs** (d'une très grande variété ; on peut citer les résistances, varistances, condensateurs, inductances, filtres, oscillateurs, transformateurs, et diodes) ;
- De **connecteurs** : internes, d'entrée et de sortie ;
- Tous brasés sur un même **circuit imprimé (PCB)** afin d'être connectés entre eux ;
- dont le fonctionnement cohérent de l'ensemble est organisé par un **logiciel** (embarqué ou non)

## Une filière industrielle complexe et composée de nombreux acteurs

La chaîne de valeur de la filière de l'électronique, relativement stable aux cours des 15 dernières années, regroupe l'ensemble des secteurs industriels impliqués dans la conception et la fabrication des systèmes électroniques, du composant électronique au produit final.

En première approche, il est possible de distinguer, de manière non exhaustive, deux grandes typologies d'acteurs : les **donneurs d'ordres** et les **fournisseurs**. Il convient toutefois de souligner que ces deux grandes familles d'acteurs, en particulier celle des fournisseurs, regroupent plusieurs secteurs industriels qui correspondent chacun à des savoir-faire spécifiques et des logiques industrielles sensiblement différentes<sup>24</sup>.

§ **Les donneurs d'ordres** : Ce sont les entreprises qui commercialisent les différents systèmes, sous-systèmes et équipements de l'électronique professionnelle et grand public. Il peut notamment s'agir de « systémiers », « d'équipementiers » ou « d'OEM »<sup>25</sup>, qui conçoivent et fabriquent leurs produits en se conformant aux spécifications techniques du cahier des charges des clients finaux, « d'ODM »<sup>26</sup> qui conçoivent et fabriquent entièrement leurs produits mais pour le compte d'une tierce marque ou sous leur propre marque<sup>27</sup> (on parle alors « d'OPM »).

§ **Les fournisseurs** : Ce sont les entreprises fournissant les composants (semi-conducteurs, actifs et passifs, connecteurs, circuits imprimés, électromécaniques), les équipements de production, ou les appareils de tests et de mesures, les produits consommables, ou encore les entreprises réalisant les opérations de distribution de composants, de sous-traitance pour la fabrication de cartes électroniques (ou *EMS, Electronic Manufacturing Services*) ou encore des bureaux d'études de conception électronique ainsi que les entreprises développant des systèmes et des logiciels embarqués indispensables au bon fonctionnement des systèmes électroniques les plus complexes.

Plus largement, la filière de l'électronique est également irriguée en amont par un tissu de laboratoire, d'écoles et d'universités et de clusters technologiques dans des domaines d'expertises allant des matériaux de pointe pour la nanoélectronique et l'optoélectronique à la conception et au développement d'outils complexes d'aide à la conception de circuits, de logiciels embarqués et de systèmes.

**Nota :** Une analyse micro-économique détaillée des différents acteurs, métiers et chaîne logistique de l'électronique est proposée en **annexe 1** du présent rapport.

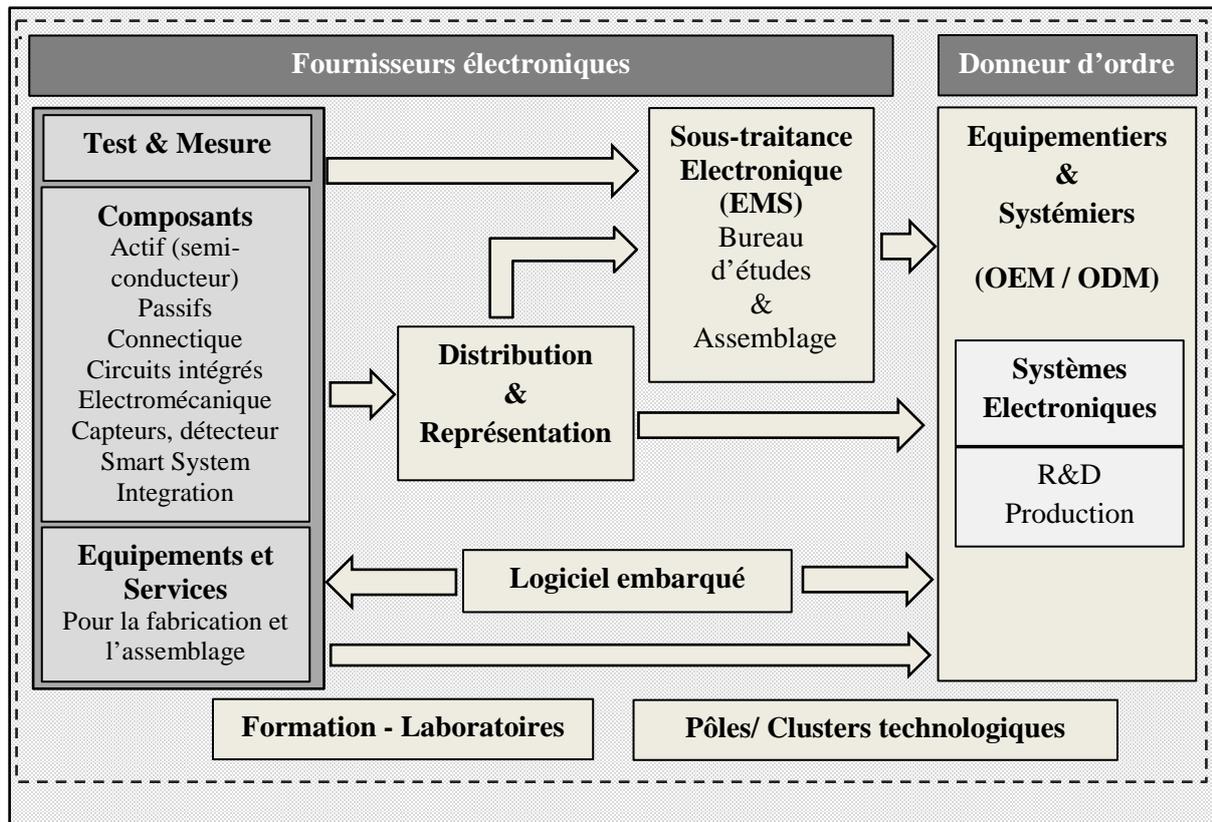
<sup>24</sup>La production électronique est caractérisée par de multiples opérations indépendantes aux enjeux technologiques et en intensité capitalistique très hétérogènes.

<sup>25</sup> Original Equipment Manufacturer

<sup>26</sup> Original Design Manufacturer

<sup>27</sup> On parlera dans ce cas « d'OPM » – pour Original Product Manufacturer

**Figure 6 : Représentation schématique de la chaîne de valeur de production électronique.**



De manière simplifiée, le partage de la valeur entre les différents acteurs dans le processus de fabrication d'un système électronique peut se répartir comme suit<sup>28</sup> :

<b>Etape 1</b>	Un utilisateur final, par exemple un constructeur automobile imagine une solution pour un cas d'usage : un capteur de température pour un véhicule.
<b>Etape 2</b>	L'utilisateur final identifie une solution sur le catalogue d'un équipementier ou commande à un équipementier la fourniture d'une solution répondant à un cahier des charges
<b>Etape 3</b>	L'équipementier enrichit le cahier des charges fonctionnel en apportant des précisions sur toutes les fonctions et contraintes qu'il convient de prendre en compte (mécanique, électronique, normes et réglementations, ...).

Pour la partie électronique, l'équipementier, s'il ne réalise pas les études et la production en interne (c'est la majorité des cas), peut travailler avec trois fournisseurs principaux :

- ✓ Le bureau d'étude qui traduit les fonctionnalités du cahier des charges en concevant une carte électronique spécifiée techniquement : il identifie précisément les composants nécessaires et la manière dont ces derniers sont connectés électriquement entre eux grâce à un circuit imprimé (ou Printed Circuit Board - PCB) spécifiquement conçu pour le cas d'usage ;
- ✓ Le fabricant de circuits imprimés qui réalise l'ensemble des opérations nécessaires pour la fabrication du PCB conçu par le bureau d'étude (fabrication en série, mais également mise au point des procédés de fabrication ainsi que la conception et la réalisation des outillages nécessaires) ;

<sup>28</sup> D'autres modèles de collaboration existent – certains maillons de la chaîne de valeur, comme celui de la distribution, ont été omis par simplicité mais font l'objet d'un traitement spécifique dans la suite du rapport.

- ✓ Le fournisseur de service en fabrication électronique (EMS) qui réalise l'ensemble des opérations nécessaires pour la fabrication de la carte assemblée, en brasant les composants sur le PCB (fabrication en série, mais également mise au point des procédés de fabrication ainsi que la conception et la réalisation des outillages nécessaires).

A ce stade, la mise en concurrence des fournisseurs est réalisée sur un cahier des charges fonctionnel qui reste lacunaire notamment sur les problématiques d'industrialisation ou d'approvisionnement, pourtant essentielles dans la rentabilité globale du projet. Un dialogue approfondi dès ce stade entre l'équipementier, ou le bureau d'étude mandaté par lui, et les fournisseurs (EMS et fabricants de PCB), lorsqu'il a lieu, permet de réduire fortement les risques industriels grâce à un cahier des charges techniques plus complet, qui tient compte de ces problématiques d'industrialisation et d'approvisionnement

<b>Etape 4</b>	L'équipementier confie les données d'entrée pour la production aux fournisseurs sélectionnés (fichiers informatiques des PCB et des cartes électroniques, fichiers de placement des composants au format « Gerber », données pour les opérations de sérigraphie, de soudage, de contrôles et tests, etc...).
----------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Sur la base du cahier des charges, l'EMS valide l'industrialisation des cartes et prépare sa mise en production (définition des gammes de production, l'enchaînement des opérations de production manuelles et automatisées, les procédures de maintenance, de contrôle et de tests, etc...). Pour l'approvisionnement des composants et des matières premières (la BOM, *bill of materials*), deux modalités coexistent :

- ✓ L'EMS affine la BOM et achète les éléments aux différents fournisseurs ;
- ✓ Il travaille avec les éléments qui lui sont fournis par son client (production en panier garni).

Nota : Le PCB est une fourniture très particulière pour l'EMS, car il n'est jamais un produit sur étagère mais il a été au contraire spécifiquement conçu pour le cas d'usage ; ses caractéristiques techniques doivent notamment être compatibles avec celles des lignes de production de l'EMS.

<b>Etape 5</b>	L'EMS engage la production des cartes électroniques sur la base de fichiers informatiques qui permettent de piloter l'ensemble du parc de machines. Le processus de fabrication de la carte électronique s'arrête ici ; l'EMS assure la logistique pour la livraison de ces cartes.
----------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>Etape 6</b>	Après la production des cartes électroniques, l'intégration finale consiste à assembler le produit final à partir de ces cartes, des éléments mécaniques fonctionnels ou de structure, des sous-ensembles réalisés par un tiers (périphériques et interfaces hommes-machine ...), des éléments de connectiques, puis à procéder aux tests et inspections finaux (fonctionnels, qualité, conformité aux normes et à la réglementation notamment la compatibilité électromagnétique), et enfin à disposer le produit final dans son emballage final avec les accessoires).
----------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nota : L'intégration finale peut être réalisée soit par l'EMS qui a produit les cartes, dans quel cas il délivre un produit fini à son client, soit par l'équipementier, ou encore par un autre sous-traitant. Cette étape ne fait pas partie du cœur de cette étude et ne sera pas développée.

## Une filière à très fort effet de levier auprès des autres filières industrielles et des services

Si l'électronique est un secteur de haute technologie et constitue un domaine industriel à part entière avec ses propres enjeux de chaîne logistique, d'industrialisation, d'investissement, de formation, de recrutement, de R&D<sup>29</sup>, elle adresse également différents secteurs et métiers qui collaborent pour répondre à la demande des clients finaux eux-mêmes présents sur des marchés diversifiés. Ainsi, la filière de l'électronique possède de très nombreuses interfaces avec d'autres filières et peut être caractérisée de :

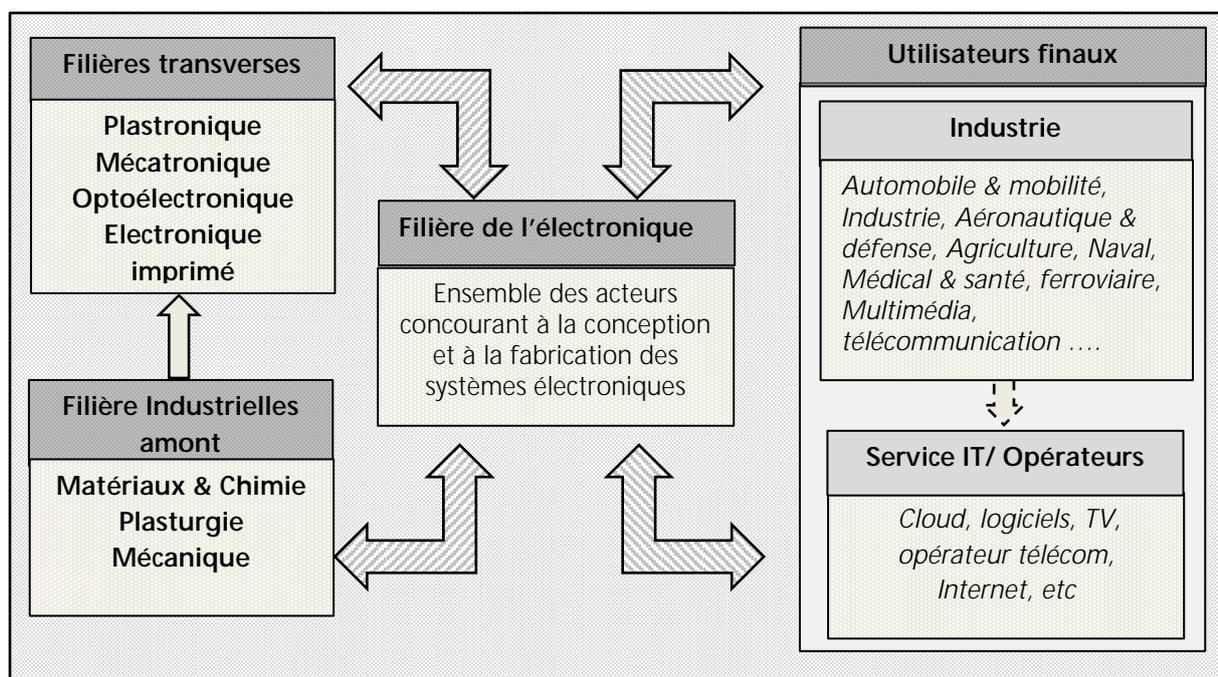
<sup>29</sup>Les enjeux d'industrialisation, d'investissement mais également de formation, de recrutement, de R&D peuvent différer d'un secteur industriel de la filière de l'électronique à un autre. En conséquence, ils feront l'objet d'un traitement spécifique dans la suite du rapport.

■ **Transversale en amont**, du fait du poids des achats dans son modèle économique (consommables de production ou de prestations complémentaires en mécanique ou plasturgie) qui peut représenter de 60 à 80% du chiffre d'affaires d'un sous-traitant électronique. En effet, les process de fabrication de composants ou d'assemblage de cartes électronique nécessitent l'utilisation de résines photosensibles, de gaz atmosphériques et de spécialités, de plaquettes de silicium monocristallin (« *Silicon Wafer* »), nettoyants, vernis, résines de remblayage, adhésifs, encres de sérigraphie, de pâte à braser, matières premières plus ou moins critiques (étain, Alu, Cuivre, Terres Rares, Or, ...). Plus largement, il convient de souligner que les acteurs de la sous-traitance électronique, les clients finaux, les fabricants de composants ou encore les fabricants d'équipements de production, de test et mesure électronique, sont également des acheteurs importants pour de nombreux secteurs non électroniques : plasturgie (résines et injection plastique technique), mécanique générale, découpe, usinage (coffrets ou niches pour cartes électroniques), tôlerie fine, décolletage, traitements de surface, galvanoplastie, techniques du vide, stéréolithographie, fabricants de cartons ondulés, imprimeurs, etc...

■ **Transversale de par sa position** au cœur d'autres secteurs industriels : elle permet l'émergence de filières innovantes à l'image de l'optoélectronique, de la plastronique et de l'électronique imprimée ou encore de la mécatronique.

■ **Diffusante en aval** du fait de l'intégration massive de l'électronique dans tous les secteurs d'activités. La pénétration croissante et progressive de l'électronique se distingue aussi bien dans les segments historiques (i.e. automobile, aéronautique et défense, médical, ...) que dans de nouvelles applications (Usine du Futur, IoT, Smart City, ...). La filière de l'électronique est au cœur de l'évolution des besoins des marchés historiques et des nouveaux usages smart qui se développent. En tant que socle industriel, la filière de l'électronique constitue donc un puissant vecteur de développement qui confère à l'ensemble de l'industrie (*grands groupes, ETI, PME, start-ups*) les clés de la croissance par l'innovation et la compétitivité.

**Figure 7 : Représentation schématique de la chaîne de valeur de production électronique.**



Compte tenu de la diversité des acteurs concourant à la fabrication de systèmes et d'équipements électroniques, il est nécessaire d'apprécier les marchés de l'électronique sur plusieurs niveaux correspondant aux différents maillons de la chaîne de valeur : du système électronique complet conçu par les donneurs d'ordres, jusqu'aux cartes et composants électroniques traditionnellement produits par des fournisseurs.

## Les systèmes électroniques représentent un marché de 1622 Mds, tiré par les segments des « 3C ».

Le marché mondial des **systèmes électroniques**, toutes applications confondues, est évalué par le cabinet IC à environ **1622 milliards de dollars en 2018**. Avec un taux de croissance annuel moyen d'environ **5%**, il devrait représenter près de **1 850 milliards de dollars en 2021**. A eux seuls ; les segments des 3C (*Computer, Communication, Consumer*) représentent environ 70% du marché, suivi des segments de l'automobile (9%), de l'aéronautique et de la défense (i.e. aéromil) (6%) ou encore celui de l'industrie et du médical (14%). Les segments les plus dynamiques, c'est-à-dire affichant les taux de croissance annuels moyens les plus élevés, sont l'automobile (+5,4%) et l'industrie/médical (+4,6%). Par-delà ces grands marchés historiques qui voient leur demande en matière d'électronique augmenter, il convient également de souligner la croissance continue depuis plusieurs des objets intelligents et connectés qui diffusent dans l'ensemble des secteurs applicatifs.

### ■ Au sein de la filière de l'électronique, le secteur du semi-conducteur apparaît comme particulièrement stratégique.

Les composants ou « puces » électroniques sont en effet présents dans tous les systèmes électroniques dont la sophistication ne cesse d'augmenter. En nombre de composants vendus, le marché du semi-conducteur est ainsi sur une tendance de forte croissance sur le long terme (+7,2% par an sur la période 2015 – 2020) et s'élève en **2018** à plus de **1000Mds** de pièces à livrer. En valeur, cette croissance serait de l'ordre de +3,0 à +3,5% par an et fortement corrélée avec la croissance mondiale globale. Le chiffre d'affaires mondial du secteur en 2017 a été de **438,6** milliards de dollars, en hausse de 20% par rapport à 2016 ; il est attendu une croissance de 15% en 2018, pour atteindre près de **500 milliards** de dollars. Comme pour le reste de la filière, les segments des téléphones portables et des PC représentent les plus gros volumes mais ce sont les segments de l'Internet des objets, des réseaux sans fils et des tablettes qui représenteraient les plus fortes croissances annuelles sur la période 2013 - 2018 avec respectivement +22,3%, +19,7% et +17,4%.

■ **En amont**, le marché mondial des matériaux et des produits chimiques dédiés à l'industrie électronique s'élève à **22,6** milliards de dollars en 2015 et affiche un taux de croissance annuel moyen de près de 5,3% pour arriver selon les estimations à **28,9** milliards de de dollars en 2020<sup>30</sup>. Si la demande est principalement tirée par les pays asiatiques avec **67%** du marché, l'Europe consomme près de **10%** des matériaux et produits chimiques pour l'électronique et compte des acteurs importants à l'image de BASF, Arkema, Air Liquide ou Linde.

■ **En aval**, les marchés utilisateurs de systèmes électroniques (services IT, logiciel, Automobile, Industrie, Aérospatiale etc. ...), représenteraient dans leur ensemble environ **8000Mds**, soit près de **10% PIB mondial**.

Plus largement, la croissance des besoins en systèmes électroniques peut être rapprochée de tendances plus globales touchant directement et progressivement tous les secteurs d'activités.

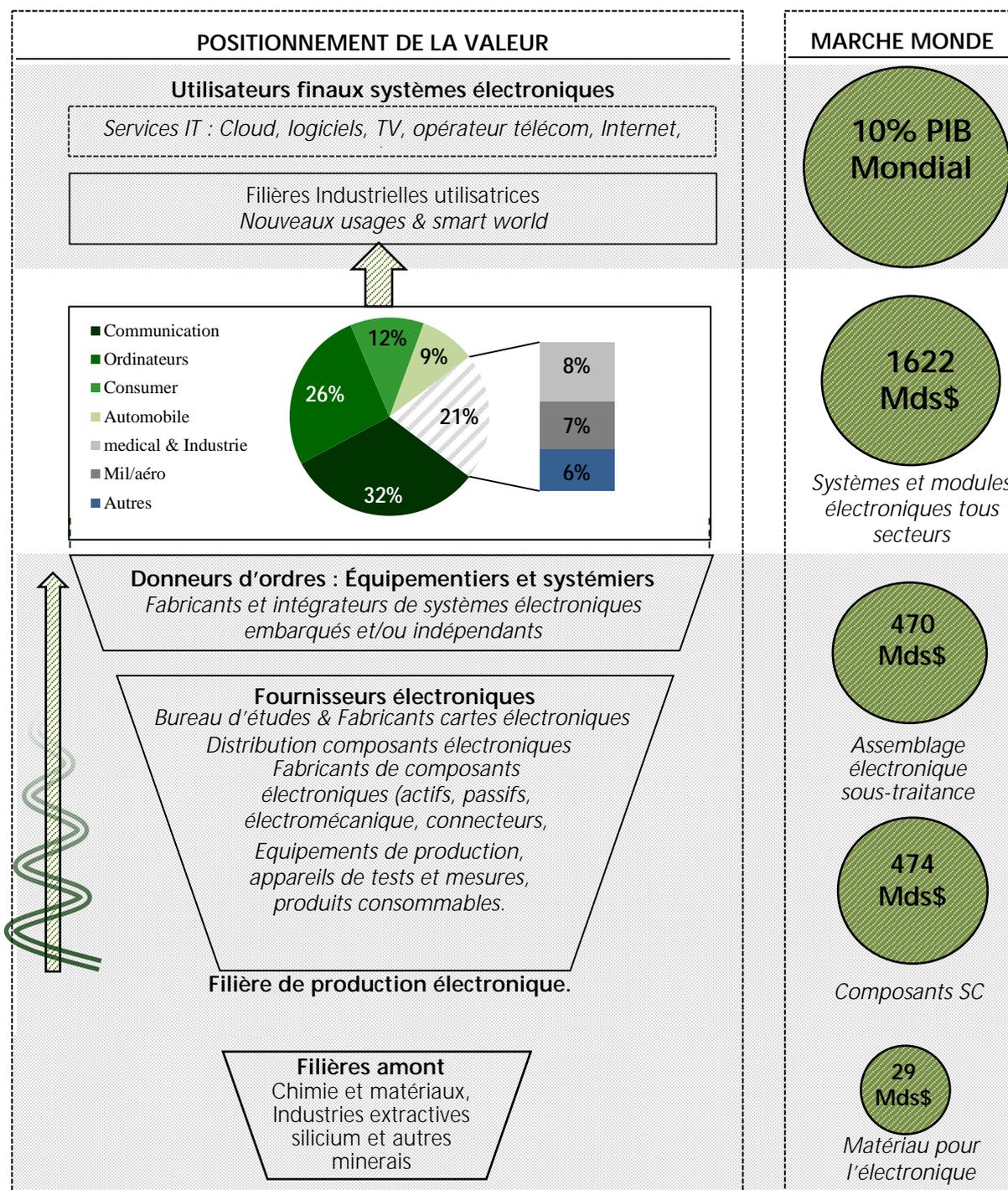
- § Le phénomène de globalisation va sans doute s'accroître poussant les pays et les entreprises à davantage d'interconnexions et de coopérations, et s'accompagner d'une augmentation des flux commerciaux globaux, et en particulier ceux impliquant des pays émergents.
- § Les productions seront de plus en plus fragmentées à plusieurs niveaux (en conséquence de l'origine géographique des matières premières, de l'optimisation des chaînes de valeurs internes et d'arbitrages entre coûts et valeurs ajoutées).
- § La prise en compte du développement durable a des impacts sur tous les produits, processus et usages. L'électronique y a un rôle majeur, puisqu'elle permet de proposer des solutions technologiques minimisant les gaz à effets de serre, en consommant moins d'énergies fossiles (cf. mobilité électrique, énergies électriques renouvelables), ou en réduisant le poids des matériels de transport (ex/ actionneurs électroniques à la place des systèmes hydrauliques).
- § La démographie mondiale évoluera significativement dans le futur avec des besoins croissants et différents des populations (communications, transports, équipements, ...)
- § Le vieillissement de la population des économies développées ouvre des perspectives pour de nouvelles solutions d'accompagnement de la perte d'autonomie, intégrant des fonctions électroniques (robotique à domicile, assistants personnels, ...).

<sup>30</sup> Rapport Technavio « Global Electronic Chemicals and Materials Market 2016-2020 ».

- § L'essor des classes moyennes et hautes en Chine, Inde, Brésil ou Russie va avoir un poids considérable sur les besoins en solutions et usages électroniques.
- § L'urbanisation va pousser les villes à une transformation majeure par une utilisation massive de technologies numériques (smart city, smart building, mobilité, environnement). En 2050, près de 72% de la population mondiale vivra en zone urbaine.

En conclusion, un faisceau de signaux très favorables laisse présager un important développement des besoins de composants, cartes et systèmes électroniques dans le monde pour les années à venir.

## Synthèse du périmètre et du positionnement de la filière



# PREMIER VOLET

---

## Partie 2 : cartographie de l'offre française



© Can Stock Photo - csp20677527

### Périmètre du travail de cartographie

Le travail de cartographie réalisé se concentre autour des acteurs concourant à la fabrication et à la conception des systèmes électroniques et prioritairement autour des acteurs économiques impliqués dans la production de **cartes électroniques**, cœur des systèmes électroniques. Cela regroupe donc :

- **Les fabricants de composants actifs** (tubes électroniques & semi-conducteurs – circuits intégrés, diodes, transistors, mémoires, ...)
- **Les fabricants de composants passifs** (condensateurs, inductances, résistances, composants magnétiques, radio et hyper fréquence).
- **Les fabricants de composants d'interconnexions** (dont les circuits imprimés - de tous types).
- **Les fabricants de connecteurs et de composants électromécaniques** (connecteurs de cartes, de câbles d'entrées-sorties, contacts, cordons assemblés, claviers, interrupteurs, switch et relais).
- **Les distributeurs de composants électroniques industriels** franchisés sur le territoire
- **Les fournisseurs de services en fabrication électronique** – EMS & ODM.
- **Les fabricants et distributeurs de machines de fabrication, de test & mesure électronique et de produit consommables** pour la fabrication électronique (assemblage de cartes sur les lignes CMS et intégration finale).

Bien que partie intégrante – ou en lien direct - de la filière de l'électronique, plusieurs secteurs ont été exclus du périmètre du présent travail de cartographie. Il s'agit notamment des secteurs :

- Des équipements de fabrication et de test, ainsi que des consommables pour l'industrie du semi-conducteur et bien plus important en valeur que celui des fournisseurs de services en fabrication électroniques).
- Des éditeurs de logiciels embarqués – et en particulier ceux développant des systèmes cyber-physique, indispensables pour les systèmes électroniques les plus complexes.
- Les donneurs d'ordres & utilisateurs finaux de systèmes électroniques - mais qui seront toutefois associés à l'étude lors de la caractérisation de la demande, des réflexions prospectives et des recommandations.
- Les filières technologiques connexes – électronique imprimée, photonique, mécatronique,

Au total, le travail de cartographie réalisé a permis de converger vers une liste consolidée de plus de **1 100 acteurs économiques qui représentent, à date, un effectif salarié de près de 70 000 emplois directs** et génèrent une **valeur ajoutée** de près de **4,6 milliards d'euros**<sup>31</sup>. Les profils employeurs sur le territoire sont variables selon les bassins d'emplois : les régions Auvergne-Rhône Alpes, Ile de France, Provence Alpes Côte d'Azur, Grand-Est et Centre Val de Loire sont fortement orientées sur la fabrication de composants électroniques avec une majorité d'effectifs salariés dans ce segment, tandis que les régions Pays de la Loire, Bretagne, Nouvelle Aquitaine et Occitanie sont résolument orientées vers la sous-traitance électronique. A noter également que ce sont les fabricants de composants et les acteurs de la sous-traitance électronique qui emploient le plus de personnes sur le territoire et qui génèrent le plus de valeur ajoutée.

Pour chaque maillon, le travail de cartographie est restitué sous **forme de tableau de bord par maillon contenant les principaux indicateurs économiques** (chiffre d'affaires, valeur ajoutée, nombre d'acteurs ou encore effectif salarié).

## FILIÈRE FRANÇAISE DE PRODUCTION ÉLECTRONIQUE

**1033 sites identifiés sur le territoire**

**15 Mds€ de CA cumulé en 2017**

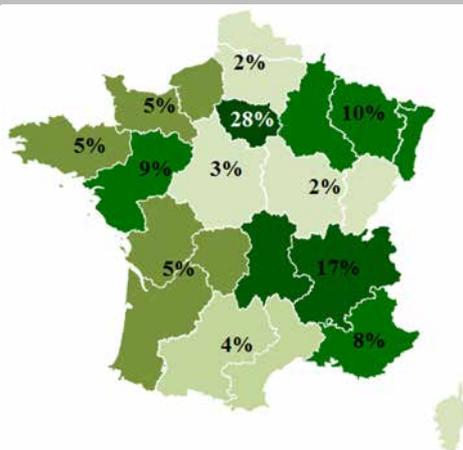
Et une valeur ajoutée de plus de **4.6 Mds€**.

**~ 70 000** personnes réalisant **400 M€** de bénéfices cumulés en 2017.

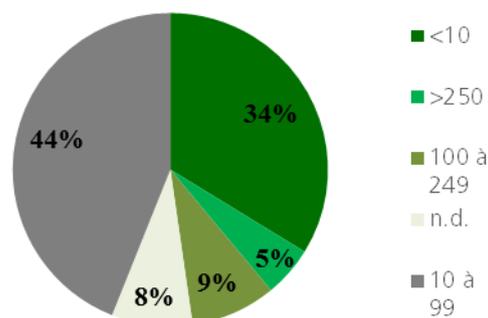
Maillon de la chaîne	Nombre d'acteurs	VA cumulée (k€)	Effectif salarié
Bureau d'étude	93	91390	1429
Fabricants de composants	187	2408965	33856
Sous-traitants (EMS)	518	1012580	25614
Distributeurs	69	218891	1948
Équipement, tests, mesures et consommables	160	829557	4900
<b>Total Général</b>	<b>1027</b>	<b>4561382</b>	<b>~70000</b>

<sup>31</sup> Hors donneurs d'ordres dont un second travail de cartographie a permis d'estimer entre 1500 et 3000, le nombre de donneurs d'ordre produisant des équipements électroniques (dont 400 à 500 auraient une capacité de production de cartes électronique en interne).

## Répartition géographique de l'activité

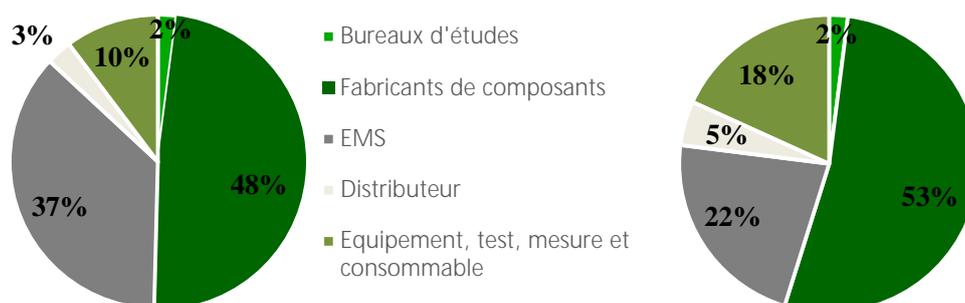


Concentration de l'effectif salarié par région



Tranche d'effectif salarié au sein de la filière

## Répartition des emplois et du chiffre d'affaire de la chaîne de valeur



Le travail de cartographie des acteurs économiques de la filière électronique se base sur l'exploitation de plusieurs bases de données et outils d'analyse :

- § Elaboration des Statistiques Annuelles d'Entreprises (Ésane)<sup>32</sup> : Base de données statistiques caractéristiques comptables, financières et d'emploi des entreprises produite par l'INSEE et qui permet d'identifier les entreprises du secteur via les codes NAF (code APE).
- § Diane<sup>33</sup> : il s'agit d'une base de données de Bureau Van Dijk qui permet la détection d'entreprises par le biais d'un croisement d'informations multiples principalement sur **l'activité de l'entreprise, ses données financières, ses données sociales, ses implantations** et ses identifiants juridiques. Elle regroupe toutes les entreprises ayant déposé leurs comptes au moins une fois auprès des greffes des tribunaux de commerce. Diane offre la possibilité de croiser plusieurs données d'entrées (code NAF, mots clés d'activités par exemple).
- § Base SIRENE de l'INSEE<sup>34</sup> : la diffusion des données SIRENE est proposée via une interface web depuis 2017 et rassemble des informations économiques et juridiques sur environ 10 millions d'établissements appartenant à tous les secteurs d'activité. Cette base a notamment été exploitée pour augmenter le niveau de finesse de la cartographie en prenant en compte les établissements (sites de production et agences commerciales) en plus des sièges sociaux et ainsi réduire la sur-représentativité des sièges sociaux en Ile de France.

<sup>32</sup>Caractéristiques comptables, financières et d'emploi des entreprises en 2015 Élaboration des Statistiques Annuelles d'Entreprises (Ésane)

<sup>33</sup> Diane Informations signalétiques et détaillées pour l'analyse économique des entreprises

<sup>34</sup><https://www.data.gouv.fr/fr/reuses/api-rest-repertoire-sirene/>

Un premier niveau de recherche préliminaire sur une sélection d'acteurs clé de la filière électronique, a permis de relever une certaine disparité au niveau des codes d'activités : en effet, **plus de 50 codes NAF différents ont pu être répertoriés sur les différents maillons de la chaîne de valeur retenue**. Une tendance confirmée par les chiffres du SNESE<sup>35</sup> qui évalue à seulement 66% les sous-traitants électroniques possédant effectivement le code NAF associé 2612Z<sup>36</sup>. Aussi, un travail de retraitement des acteurs de la classe 26 ainsi qu'un élargissement aux autres classes d'activités s'est avéré nécessaire afin de compléter les données produites par l'INSEE. Les différences entre les éléments de cartographie obtenus via ce traitement complémentaire et ceux de l'INSEE seront alors explicitées à titre de comparaison et d'information. Par ailleurs, l'exploitation des données issues de l'INSEE permettent d'obtenir des informations concernant le chiffre d'affaires à l'export des entreprises ou la production française par produit (code PRODF). Dans la mesure du possible<sup>37</sup>, ces éléments seront explicités et intégrés au travail de cartographie.

Compte tenu de ces paramètres et en accord avec le comité de pilotage, une méthodologie a consisté à mener dans un premier temps une collecte des entreprises pertinentes via l'outil Diane selon **deux données d'entrée** :

- § **Des mots clés d'activités permettant l'analyse qualitative** de l'activité de l'entreprise : la liste d'activité présentée ci-dessous sont **issues d'une compilation de plusieurs sources** : nomenclatures transmises par les syndicats professionnels, entretiens d'experts transverse, veille technologique et brevet sur le secteur électronique – (cf. tableau 1 annexe 1)
- § **Les codes NAF (Nomenclature d'activités française) affiliés au secteur pour une entrée quantitative**. La première extraction avant croisement s'est concentrée sur les codes NAF des classes 26 (Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques) et 27 (Fabrication d'équipements électriques) – cf. tableau 2 annexe 1

A noter que la méthode de croisement inclut **les deux données d'entrées sans exclusion** ce qui permet l'intégration des mots clés et des codes NAF sélectionnés a priori et **permet l'intégration de nouveaux codes NAF émergents à partir de la recherche de mots clés**. Cette méthode permet de limiter l'effet d'exclusions induit par l'utilisation unique de codes NAF qui par définition limitent l'approche qualitative de l'activité en se limitant à un TAG<sup>38</sup> arbitraire à vocation quantitative.

Ainsi la première extraction réalisée a permis la création d'une première base de données de **9 318 entreprises recensées** sur le territoire français et qui met en évidence **l'émergence de nouveaux codes NAF sur les activités liées**. La base de données comprend désormais 84 classifications d'activités – (cf. tableau 3 annexe 1) :

Cette base de données **comporte toutefois une limite** : elle n'intègre que les informations pour les entreprises ayant transmises leurs comptes et informations auprès des greffes des tribunaux de commerce. Par ailleurs, certaines entreprises ne transmettant pas toujours le même niveau d'information (nombre d'employé, dernier chiffre d'affaires...), on peut retrouver une certaine hétérogénéité dans la donnée. Ces informations ne sont toutefois disponibles sous aucune autre source, mis à part en direct avec l'entreprise **ce qui fait de Diane la base la plus complète à disposition**.

Pour plus de lisibilité et en accord avec la segmentation définie précédemment, **un tri manuel a été mené sur cette base de 9318 acteurs pour segmenter les entreprises collectées selon les 6 grandes catégories d'acteurs validées** : bureaux d'études, fabricants de composants, fabricants d'électronique (EMS), distributeurs de composants, fabricants et distributeurs de consommables, de machines de fabrication, de mesure et de test électronique et enfin des producteurs d'équipements électroniques (OEM).

Afin de converger vers une cartographie représentative et cohérente, des sessions de travail ont ensuite été menées afin notamment :

- § D'affiner et valider les codes NAF et mots clés d'activités
- § D'approfondir la base d'acteurs en rajoutant des acteurs manquants, en identifiant les erreurs fréquentes d'attribution et en éliminant les acteurs non pertinents et le bruit restant.

---

<sup>35</sup> Syndicat National des Entreprises de Sous-traitance Electronique.

<sup>36</sup> La répartition des entreprises de sous-traitance électronique en France par code NAF

<sup>37</sup> Ces données peuvent être soumises au secret statistique ou agrégées par code NAF pas toujours représentatif du secteur.

<sup>38</sup> TAG : Un tag (ou étiquette, marqueur, libellé) est un mot-clé (signifiant) ou terme associé ou assigné à de l'information qui décrit une caractéristique de l'objet et permet un regroupement facile des informations

- § Compléter les données manquantes en termes de chiffre d'affaires ou d'effectif salarié (en cas d'indisponibilité de la donnée, un effectif moyen est calculé à partir de la tranche d'effectif fournie par la base SIRENE c'est-à-dire 15 salariés lorsqu'une tranche de 10 à 19 salariés est indiquée par exemple)
- § Réduire la sur-représentativité des sièges sociaux en Ile-de-France en identifiant les acteurs ayant d'importants effectifs salariés en province (sites de production, agences commerciales) sur les différents maillons de la chaîne de valeur

## Les donneurs d'ordres : fabricants de systèmes, de sous-ensemble et ensembles électroniques

La France dénombre sur son territoire un **nombre élevé** de donneurs d'ordres **commercialisant** des systèmes et équipements intégrant de l'électronique. Ces donneurs d'ordres présentent des caractéristiques très hétérogènes – de par leur taille (de la start-up, au groupe de dimension mondiale) mais également de par leur modèle de fonctionnement et leur degré d'intégration/ externalisation de leurs activités de production (OEM, ODM, OPM, ...) <sup>39</sup>. Un premier travail de cartographie, a permis d'estimer **entre 1500 et 3000** <sup>40</sup> le nombre acteurs en France qui **intègrent des systèmes électroniques dans leurs produits**.

De manière synthétique, il convient de souligner qu'un nombre significatif de grands donneurs d'ordres français ont massivement opérés, à l'aube des années 2000, une politique volontariste d'externalisation et de délocalisation **de leurs activités de production électronique** <sup>41</sup>, de manière plus ou moins brutale <sup>42</sup> (Alcatel-Lucent – racheté par Nokia – constituant un exemple d'entreprise ayant mené cette politique avec vigueur).

En France, les entreprises ayant conservé des activités de **production électronique** – et plus particulièrement des **activités d'assemblage de systèmes et d'ensembles électroniques** – constituent aujourd'hui un **nombre réduit d'équipementiers et de systémiers**

Ces acteurs sont majoritairement positionnés sur les **marchés des systèmes embarqués** et des **applications industrielles** (aéronautique & militaire, Ferroviaire, Automobile, équipementiers basse tension) et parmi lesquels on peut citer ; EADS, Safran/Sagem, Thales, Sagemcom pour le domaine de l'aéronautique et de la défense, Bosch, Continental, Valeo, Electricfil pour les marchés de l'automobile, Alstom, Bombardier, Siemens pour le ferroviaire, mais également des entreprises comme Schneider, Elster, Cahors, Legrand, Crouzet, Itron, Landis pour les basses tensions. Dans les autres secteurs, à l'image de ceux du médical, de l'informatique ou des télécoms, les OEM Français sont dans leur grande majorité positionnés sur des activités **d'intégration et de design de produit et équipements électroniques**. Il s'agit par exemple de Nokia, Bull, CS Communication, Parrot, Ingenico, ou encore GE Healcare.

S'agissant du périmètre plus restreint **des donneurs d'ordres** ayant conservé tout ou partie de **leur activité de production de cartes électroniques** – la France dénombre sur son territoire encore plusieurs acteurs comme Alstom, Bosch ou Thales. Un travail préliminaire de cartographie a permis d'estimer le nombre d'équipementiers et systémiers possédant une ou plusieurs lignes CMS en France entre **200 et 400**.

Ces acteurs servent principalement les segments de l'industrie, de l'automobile et de l'aéronautique-défense. Toutefois, il est important de souligner que, du fait des différentes évolutions observées sur le marché (hétérogénéité du degré d'externalisation des divisions de production des acteurs historiques, nouveaux entrants pouvant justifier d'une certaine capacité de fabrication), l'identification du savoir-faire la capacité de production au sein de ces acteurs a été jugée extrêmement complexe et qu'une estimation précise de cette cible impliquerait un travail beaucoup plus approfondi. Ainsi, les résultats remontés grâce à cette première analyse sont à interpréter **avec précaution** et ne peuvent assurer une réalité exacte du marché à date.

<sup>39</sup> Voir annexe 1 pour une définition précise des acronymes.

<sup>40</sup> 20 000 en Europe et 100 000 dans le Monde – les start-ups largement représentées sur le territoire n'ont pas été incluses ;

<sup>41</sup> Voir introduction – la généralisation du concept d'entreprise sans usine ou « Fables » prôné par de grands industriels Français, résulte notamment des effets cumulés de l'éclatement de la bulle internet et de la crise du marché des infrastructures de radiotéléphonie mobile des années 2000 ainsi que de conditions d'investissements favorables en Asie.

<sup>42</sup> Dans les années 2000, la France était encore le principal fabricant de téléphone portable en Europe, avec plusieurs sites de production majeurs comme Philips au Mans, Alcatel à Laval, Lunéville et à Illkirch, Sagem à Fougères, Mitsubishi à Rennes.

## Exemples de d'équipementiers et systémiers justifiant d'activités de production électroniques



### THALES - MICROELECTRONICS

La société française **Thales Microélectronics** est une filiale du groupe Thales située en Ile-et-Vilaine et spécialisée dans la conception, l'industrialisation et la fabrication de modules et sous-ensembles électroniques actifs évoluant en environnements dits sévères. Les applications développées adressent majoritairement les marchés de la défense mais bénéficie également de la diversification croissante de ses activités vers le secteur civil (aéronautique & espace, recherche pétrolière et l'automobile).

Les activités de l'entreprise, sont organisées autour de deux expertises métiers complémentaires :

Ø **Un pôle de conception et de développement hardware** qui s'articule autour d'un bureau d'études et de plusieurs domaines d'expertise permettant la conception et le développement de multi-chips modules et briques technologique dans le domaine de l'électronique de puissance, analogique, numérique ou HF/RF. Le pôle possède une expertise dans les technologies de report, d'assemblage électronique et de packaging.

Ø **Un pôle industriel** qui comporte **plus de 6000m<sup>2</sup> de salles blanches et grises allant de la classe 6 à la classe 8** et qui regroupe l'ensemble des moyens de production : laboratoires de développement, salles de production pour l'assemblage et l'intégration (lignes CMS lignes d'assemblages microélectroniques ...), ainsi que des équipements de simulation et de caractérisation de pointe.

Le groupe, qui a recruté plus de **150 personnes** depuis 2016, emploie environ **550 personnes** et réalise un chiffre d'affaire d'environ **80M€**. Thales Microélectronics a fusionné il y a quelques mois avec Thales Underwatter System et Thales Systèmes Aéroportés dans le groupe nommé Thales Dms France (Elancourt) qui réalise un chiffre d'affaires annuel de 1,7 milliard d'euros.



### ACTIA GROUP

Créé en 1986 et basé à Toulouse, le groupe ACTIA est **un équipementier automobile** spécialisé dans les systèmes embarqués électroniques à haute valeur ajoutée, destinés aux marchés des véhicules et des télécommunications. Présent dans 15 pays, ACTIA emploie plus de **3000 personnes** et a réalisé, en 2017, un chiffre d'environ **440M€** - dont plus de 80% en Europe. Plus précisément, le groupe ACTIA est organisé autour de deux pôles : le pôle automobile (qui concentre 90% du chiffre d'affaires en 2017), et le pôle télécom (10 % du chiffre d'affaires 2015). Le pôle automobile est lui-même constitué de 3 divisions :

- Original Equipment Manufacturers (OEM) (73,8%) : systèmes télématiques, instrumentation, systèmes audio et vidéo, etc. ;
- Aftermarket (14,6%) : diagnostic multimarques, équipements d'atelier, etc. ;
- Manufacturing Design & Services (MDS) (11,6%).

En France, ACTIA Automotiv constitue la principale entité du groupe (**750 personnes -250M€ en 2016**). La société développe des systèmes de diagnostic électronique pour l'automobile, des systèmes embarqués pour petites et moyennes séries de véhicules (bus, cars, poids lourds, véhicules spéciaux) et des systèmes dédiés aux télécommunications. Elle dispose de 3 établissements dont deux sites à Colomiers et Toulouse (31) et un à Luce (28). L'usine de Colomiers, **qui dispose de 3 lignes CMS**, fabrique des cartes électroniques (600 000 unités par an) et des petites séries (5 000 pièces par an).

## Les fournisseurs de services en fabrication électronique (EMS)

**518 acteurs identifiés sur le territoire**

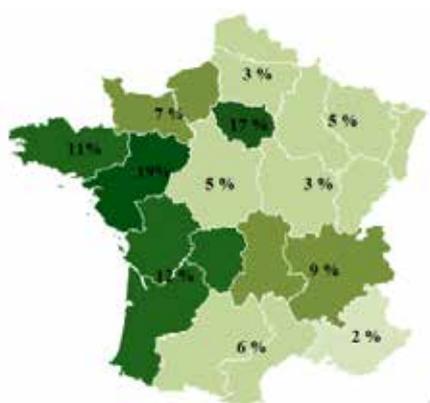
**4.1 Mds€ en 2017 - dont 35% à l'export**

Soit **15 %** de la production Européenne et valeur ajoutée de **1,1 Mds€**  
**5% du CA** est investi dans l'outil productif - **3 Mds€ d'achats** (dont 650M€ en PCB)

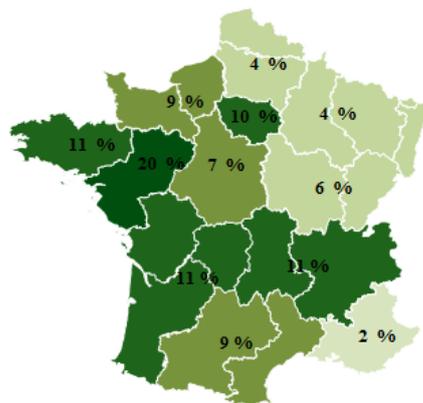
**25 614** salariés réalisant **60 M€** de bénéfices cumulés en 2017

**4 EMS** (Asteelflash, Lacroix, Eolane) dans le **TOP 50** Mondial

### Répartition géographique de l'activité

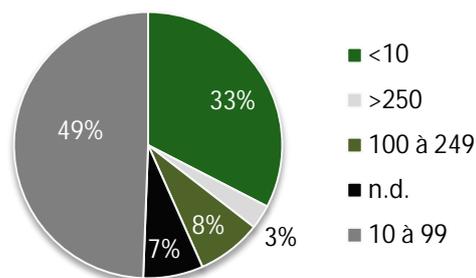
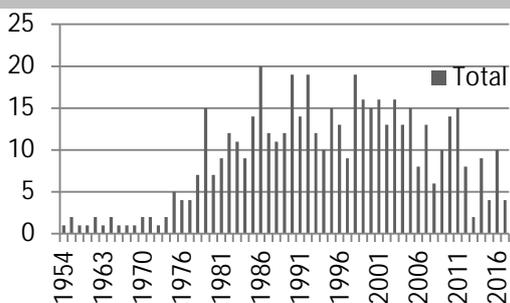


Concentration de l'effectif salarié par région



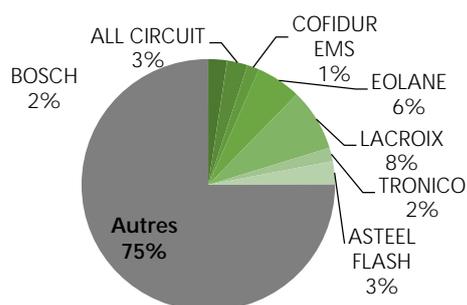
Segmentation du chiffre d'affaire par région

### Répartition des acteurs par année de création et par effectifs

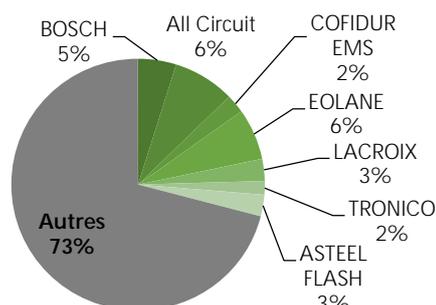


### Principaux acteurs sur le territoire - 2017

#### Répartition des emplois en France



#### Répartition du CA en France



## ■ La filière française des sous-traitants en fabrication électronique (EMS) a subi de plein fouet les effets dits de la mondialisation des années 2000.

En France, comme dans le monde, l'activité des fournisseurs de service en fabrication électronique<sup>43</sup> est **étroitement liée** à celle des grands donneurs d'ordres. En Europe, à l'aube des années 2000, ces donneurs d'ordres ont menés avec vigueur de vastes opérations d'externalisation/délocalisation des activités de production<sup>44</sup> et qui se sont traduites ;

- § Soit par une délocalisation immédiate de l'activité (scénario de la fermeture d'un site de production par l'OEM - accompagnée d'un recours à la sous-traitance, confiée à un industriel d'un pays à bas cout de main d'œuvre, en substitution à la production de ce site).
- § Soit par une délocalisation différée (scénario très fréquent et consistant : dans un premier temps, en la cession à un sous-traitant – d'un site par l'OEM avec continuation au moins partielle d'une politique d'approvisionnement de cet OEM par ce site ; dans un second temps et typiquement deux ou trois ans plus tard, décision de délocalisation ou de cessation de l'activité prise par le sous-traitant

Le phénomène de la délocalisation différée a d'abord conduit à l'émergence sur le territoire d'un **important** tissu industriel de la sous-traitance électronique : dans le début des années 2000 le pays dénombrait **plusieurs acteurs multinationaux** du secteur de la sous-traitance produisant **pour les marchés grands-public**. Il s'agissait notamment de Solectron<sup>45</sup>, Flextronics dans les télécom ou Samina-SCI dans l'informatique. Parallèlement, le pays répertoriait également une **sous-traitance locale**, de petite taille et répartie sur l'ensemble du territoire adressant majoritairement les marchés de l'électronique professionnelle.

Puis, les pressions exercées par les OEM - en termes de prix ou bien du fait de la décroissance ou de la disparition des commandes - ont progressivement entraîné une série de transferts de production ou de fermetures des usines des sous-traitants vers l'Asie. Ces décisions de délocalisation ou de cessation de l'activité prise par les EMS, ont conduit à la disparition en France comme en Europe, d'un **nombre significatif de sous-traitants locaux** mais également à la cessation de l'activité française **des principaux sous-traitants multinationaux** positionnés sur les marchés des « 3C » (et particulièrement Solectron, Flextronics ou Jabil<sup>46</sup>), marquant de facto la **quasi-disparition<sup>47</sup> d'une production française de masse** à destination des marchés grands-public.

## ■ Toutefois, un nombre important d'EMS locaux ont pu maintenir et développer leurs activités sur le territoire, faisant du pays le leader européen pour la production de cartes électroniques en sous-traitance.

En se spécialisant sur des marchés de faibles et moyens volumes de production (de quelques centaines à quelques milliers de cartes électronique par campagne de production), pour des produits à **usages professionnels<sup>48</sup>** à destination des secteurs de l'aéronautique, du transport, industrie, spatiale, défense et médicale, la France a su conserver sur son territoire un **écosystème de fabrication de cartes électroniques en sous-traitance tout à fait remarquable et unique en Europe et en croissance continue (3-5%) depuis plusieurs années.**

---

<sup>43</sup> Par la suite mentionné par les termes 'sous-traitants' et/ou EMS.

<sup>44</sup> En particulier concernant les secteurs des télécommunications, de l'informatique et des produits grands publics.

<sup>45</sup> Usines implantées à Longuenesse, Douarnenez et Pont de Buis pour Solectron, à Lunéville, Illkirch et Laval pour Flextronics et à Grenoble pour Samina.

<sup>46</sup> Lancée en 1970, l'usine, alors propriété d'Ericsson, compte un gros millier de salariés au milieu des années 70. Rachetée par Thomson puis Alcatel, l'usine est reprise par Jabil en 2002. Les effectifs sont alors de 682 salariés. Les plans sociaux se succèdent ensuite, à mesure que la production, en sous-traitance pour Alcatel, est externalisée en Hongrie, Pologne ou Chine. L'usine fermera définitivement ses portes en 2015.

<sup>47</sup> Aujourd'hui, les parts de marchés des EMS français sont réduites à des activités de niches sur le territoire (par exemple, décodeurs VOD pour l'hôtellerie, les établissements de santé, ...).

<sup>48</sup> Qui représentent plus de 75% de la production pour un montant généralement inférieur à 10M€.

Au total **518 EMS**, répartis sur plus de **530 sites**, sont implantés sur le territoire. Ces entreprises emploient plus de **25 000** personnes et génèrent un chiffre d'affaire cumulé<sup>49</sup> en France de **4Mds€** pour une valeur ajoutée de plus d'**1 Mds€**.

Aujourd'hui, les entreprises implantées sur le territoire couvrent près de **30% de la production Européenne** pour les marchés de l'électronique professionnelle<sup>50</sup>, positionnant alors le pays comme **leader en matière de sous-traitance électronique, devant l'Allemagne, la Hongrie et l'Italie**<sup>51</sup>. Il convient toutefois de rappeler que le maillon de la sous-traitance ne représente qu'une partie de l'offre de la production et de cartes électroniques puisque les clients finaux (OEM et fabricants de systèmes électroniques complets) ont également la capacité de fabriquer pour leur propre compte. La domination française sur le maillon des sous-traitants est donc à distinguer de l'offre globale en production d'assemblage électronique, dominée en Europe par l'Allemagne.

Les acteurs de la sous-traitance électronique sont équitablement répartis sur le territoire avec une prédominance de la région du **Grand-Ouest** (Bretagne, Pays de la Loire, Normandie) qui ne dénombre pas moins de 113 entreprises, suivis des régions **Auvergne-Rhône-Alpes** (89 acteurs) et **Ile-de-France** (86 acteurs). Avec respectivement 23, 24 et 27 entreprises répertoriées les régions Haut-de-France, PACA et Bourgogne-Franche-Comté constituent les régions les moins représentées.

Cette répartition géographique, se retrouve pour partie au niveau des effectifs salariés et des chiffres d'affaires majoritairement concentrés autour des régions **Ile-de-France, Auvergne-Rhône-Alpes, Grand-Ouest** et Sud-Ouest. Il convient également de souligner que la région Nouvelle Aquitaine qui, avec seulement 37 entreprises – soit 7% des entreprises de la filière – parvient à générer 11% du CA et des emplois de la filière<sup>52</sup>.

## ■ Les différentes stratégies de développement adoptées par les EMS français ont conduits à l'émergence de véritables champions nationaux mais également à un important tissu de TPE/PME.

Le tissu industriel français en matière de fabrication électronique en sous-traitance est composé d'entreprises aux typologies et caractéristiques très hétérogènes : du grand groupe fortement internationalisé, à la PME/TPE aux ressources limitées, en passant par les ETI familiales et capables de soutenir un développement international. Ces différentes typologies d'acteurs peuvent également différer par la nature de leur actionariat ou de leur positionnement (EMS/ODM).

En réalité, les stratégies de développement des acteurs français répondent à des stratégies de développement diverses et qui peuvent, de manière très simplifiée, se résumer ainsi :

- Ø Construction d'un groupe international et prises de participations chez des concurrents qui deviennent des partenaires pour pénétrer les marchés hors France. L'appui sur des sites de production à bas coût de main-d'œuvre (Pologne, Tunisie, Maroc, ...) est alors essentiel. Dans ce modèle, les besoins en ressources financières sont très importants, puisque, en plus de la mise en opération de sites de production (par croissance externe essentiellement<sup>53</sup>), l'organisation des réseaux commerciaux internationaux est financièrement très consommatrice. Astelflash est un exemple de ces modèles.
- Ø Développement d'un groupe sur un ancrage territorial historique fort et sur fonds propres. La croissance à l'international est ensuite engagée par la création d'alliances et de rachats. Il s'agit du modèle type d'une entreprise familiale se développant par extension progressive de ses activités. Les diversifications marchées et par pays répondent à un déploiement progressif et mesuré. La prise de risque est assise sur une base historique de marché et de bassin d'activités. C'est notamment le modèle retenu par Eolane.
- Ø Développement de l'entreprise par un positionnement marché précis (industrie générale privilégiée par exemple) pour des clients essentiellement français et de proximité. C'est le modèle type des TPE et PME créées sur un bassin d'activité régional.

<sup>49</sup> Le CA moyen des EMS en France est de l'ordre de 10 M€.

<sup>50</sup> Hors automobile – secteur par ailleurs traité de manière spécifique dans le second volet de l'étude.

<sup>51</sup> Sur la base du code NAF 26.12Z -

<sup>52</sup> A passer en note de bas de page + consolider avec ACTIA ;

<sup>53</sup> Parfois même en reprenant des sites aux EMS mondiaux ayant délocalisé leurs productions (par exemple Novatech à Lannion et Pont de Buis, Asteel Flash à Douarnenez, ou All Circuit avec Jabil dans le Loiret).

Le troisième modèle, est sans aucun doute **le modèle dominant de la filière**. Aussi, aujourd’hui une écrasante majorité des entreprises de la filière de sous-traitance électronique ont moins **de 30 ans** et dénombrent **moins de 100 salariés**. Le poids de ces acteurs dans chiffre d’affaire total de la filière est sensiblement égal à celui des entreprises employant entre 100 et 350 personnes et à celui du groupe restreint des ETI de plus de 250 personnes.

De fait, la filière française est, pour partie, **dynamisée par un nombre restreint de groupes français de taille intermédiaires** et capables de soutenir un développement international : les quatre principaux sont Asteelflash<sup>54</sup>, Eolane All Circuit et Lacroix Electronics, par ailleurs classés dans **les cinquante premiers sous-traitants mondiaux** (respectivement **23<sup>ème</sup>, 42<sup>ème</sup>, 44<sup>ème</sup>, et 46<sup>ème</sup>**).

**Figure9 : Présentation des quatre principaux sous-traitants français.**<sup>55</sup>

<b>Groupe ASTEELFLASH</b>	
	<p><b>Asteelflash</b> est le leader français de la fabrication électronique et le <b>23<sup>ème</sup> EMS mondial</b>. Créée en 1999 par Serge Benhamou, l’entreprise est fortement internationalisée avec plus de <b>18 sites de fabrication</b> partout dans le monde<sup>56</sup>. Positionné sur les marchés de l’industrie, du traitement des données, de la défense &amp; aéronautique, des transports, de l’énergie et du médical, l’entreprise a réalisé en 2017 un chiffre d’affaire d’environ <b>800M€</b> et emploie plus de <b>5 000 personnes</b>. En France, l’entreprise dispose <b>6 sites</b> qui emploient environ <b>900 personnes</b>. Le chiffre d’affaire réalisé sur le territoire est estimé à <b>100M€</b>, notamment porté par la production des compteurs Linky, à Lagon et Redon.</p> <p>L’entreprise s’est développée de manière rapide grâce à sa stratégie de <b>croissance externe</b>. Après plusieurs acquisitions en Tunisie et au Royaume-Uni, Asteel racheta en 2008 le groupe Flash Electronique (USA), ce qui permit à l’entreprise d’augmenter sa présence à l’internationale et donna naissance au groupe AsteelFlash. Par la suite, le groupe continua son processus de croissance tant au niveau international (avec le rachat de sites aux USA), qu’Européen (avec le rachat de EN Electronic Network) et national (en témoigne notamment le rachat de TES à Langon).</p> <p>La stratégie de croissance d’Asteel Flash répond à plusieurs objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ø Pénétrer de nouveaux marchés (et/ou de consolider des marchés établis) par l’acquisition de nouveaux portefeuilles et compétences clients et avec comme volonté de pouvoir servir le client au plus près de son marché cible, au meilleur coût et dans les délais les plus courts<sup>57</sup>.</li> <li>Ø D’atteindre une taille critique suffisante pour gagner en compétitivité. Par exemple, les volumes d’achats conséquents du groupe lui confèrent aujourd’hui un poids plus important lors des négociations qu’il mène avec ses fournisseurs et a par ailleurs conduit à la mise en place d’un programme interne spécifique <i>Asteelflash Excellence System</i>, pour uniformiser et rationaliser les processus (gestion des ressources humaines, de la chaîne logistique et d’approvisionnement, des procédures qualités...).</li> </ul> <p>Enfin, il convient également de souligner que le groupe a toujours privilégié une production dite <i>high-mix, low-volume</i><sup>58</sup>, un élément déterminant dans l’implantation locale choisie par le groupe, qui dispose tout de même à ce jour d’au moins un site <i>low cost</i> par grande région, restant ainsi fidèle à sa démarche de proximité.</p>

<sup>54</sup> Grand Groupe au sens communautaire.

<sup>55</sup> Il convient également de citer d’autres sous-traitants remarquables comme SHELA, TRONICO, COFIDUR, NOVATECH

<sup>56</sup> Dont notamment en Tunisie, en Tchéquie, en Allemagne, en Amérique du Nord.

<sup>57</sup> Une interaction forte entre l’EMS et le donneur d’ordres est tout non négligeable lorsqu’il s’agit de mettre en place des processus industriels complexes du design à la fin de vie, en passant par les prototypes et le *ramp-up*.

<sup>58</sup> C’est-à-dire la production de pièce très diversifiées en petites et moyenne quantités Ce modèle s’oppose à celui de groupes comme Foxconn ou Flextronics, spécialisés dans le *low-mix, high-volume*.

	<b>Groupe EOLANE</b>
	<p>Le groupe français Eolane, basé à Angers, est le 39ème EMS mondial. Présidé par Paul Raguin et fondée en 1975, le groupe emploie en 2016 près de 3 200 (dont 1100 ingénieurs et 500 techniciens) personnes répartis sur 19 sites, principalement en France, mais aussi en Estonie, en Allemagne au Maroc et en Chine. En 2016 l'entreprise a réalisé un chiffre d'affaire d'environ 360M€ (dont les 2/3 est réalisé en France), 220 M€ d'achats et dénombre près de 700 clients à travers le monde.</p> <p>A l'image d'Asteelflash, Eolane s'est développé <i>via</i> de nombreuses opérations de croissance externe qui a débuté dès 1986 avec l'acquisition d'Eurintel (Angers- 49) et de Selem à Epierre (73) puis en 2004 d'une filiale au Maroc et 2006 en Chine à Jiangsu. En 2009, Eolane renforce ces capacités en innovation avec l'acquisition de Martec aux Ulis puis de Cybersys à Grenoble ce qui permet à Eolane de dénombrier pas moins de 200 personnes en R&amp;D et de capter la valeur des produits le plus en amont possible. En 2010, la société acquiert NCF (fusion des sociétés Ascodi et Ardelec) à la Tour de Salvagny avant de s'implanter en Estonie et en Allemagne en 2012 avec le rachat Elcoteq et de LCI. La même année Eolane consolide son ancrage national avec la reprise du site de Lagassé à Douarnenez (ex-site EADS Télécoms)</p> <p>Aujourd'hui le groupe est constitué d'une multitude d'entités et de capacité de de R&amp;D qui lui ont progressivement conféré un positionnement d'EMS (Electronic Manufacturing Services) à celui d'ODM (Original Design Manufacturer - concepteur et fabricant de matériels d'électronique sur cahier des charges clients) et de CDM (Contract Design Manufacturer) dans des domaines d'activités allant de la fabrication électronique (sur tout le cycle de vie d'un produit, de la R&amp;D jusqu' au maintien en condition opérationnelle), des objets communicants et M2M (des solutions et produits propres) et des Solutions &amp; Services (Eolane Solar, Nanolane, ...) à destination des marchés de la santé, de la mobilité, de la sécurité, de l'énergie, de l'environnement, de l'éducation et de l'information.</p> <p>Si le groupe s'est longtemps appuyé sur un actionnariat familial, en juillet 2017, l'entreprise rencontre des difficultés de trésorerie et fait rentrer le fonds d'investissement français Hivest Capital Partners à hauteur de 49% de son capital avec un objectif de « transformation » de la stratégie du groupe. En novembre 2017, l'entreprise dit être en surcapacité et annonce la fermeture deux usines situées en France (<b>Roncq</b> dans le Nord), et <b>Vailhauquès</b> dans l'Hérault) – un temps envisagé le site de <b>Montceau-les-Mines</b> en Saône-et-Loire sera finalement maintenue ; en 2016, deux usines avaient déjà été fermées. En difficulté, Eolane souhaite davantage spécialiser ses sites et développer des produits propres.</p>

	Groupe LACROIX
	<p>Principale branche du groupe Lacroix (464 M€, 4000 collaborateurs dont près de <b>2000</b> en France et présidé par la famille Bédouin), Lacroix Electronics est le 46ème acteur mondial. L'entreprise a réalisé en 2016 plus de <b>310 M€</b> de chiffre d'affaires (ventes intragroupes incluses).</p> <p>Historiquement basé dans les Pays de la Loire, Lacroix Electronics dispose aujourd'hui d'une dizaine de sites, dont six usines. De manière similaire aux groupes précédemment évoqués, l'entreprise a adopté un modèle de croissance externe, mais de manière plus modérée, en s'installant dans des pays avec un secteur industriel à valeur ajoutée (Allemagne, Etats-Unis), mais en disposant également d'usines de volumes à plus bas coûts (Mexique, Tunisie, Pologne). Ce choix stratégique a été accompagné par une consolidation au niveau national avec la consolidation de son site de production en Maine-et-Loire et un développement de ses activités de R&amp;D avec notamment les acquisitions des bureaux de TES et d'une société toulousaine, pour passer d'un positionnement d'EMS à ODM, et capter ainsi de nouveaux marchés et adresser de nouveaux clients.</p> <p>Aujourd'hui, Lacroix Electronics est principalement présent sur cinq secteurs applicatifs : avionique civile et la défense, automobile, domotique, industrie et santé. Faisant suite au rapport « Vers l'Industrie Electronique du futur » publié lors du World Electronic Forum, le groupe Lacroix a récemment annoncé la mise en œuvre du projet « SYMBIOSE » qui ambitionne de moderniser son site historique du Maine-et-Loire<sup>59</sup> en intégrant tous les leviers de l'usine du futur. La finalisation de ce projet permettra de positionner le site de production en véritable site de référence en matière de fabrication électronique, sur le territoire comme en Europe. A ce titre, il convient également de souligner que le groupe Lacroix et Orange ont décidé de s'inscrire dans un partenariat de co-innovation pour explorer, dès aujourd'hui, les usages de la 5G qui pourront être déployés au sein du projet « Symbiose ».</p>

<sup>59</sup> Déjà labélisé Vitrine Industrie du Futur

Groupe ALL CIRCUIT	
	<p>Présidé par Bruno RACAULT et <b>44 -ème acteur mondial</b>, <b>ALL Circuits</b> est un groupement rassemblant cinq entités (un bureau d'études et quatre usines), dont <b>trois sont situées en France</b> et un en Tunisie. Au total, ALL Circuits emploie plus de <b>1 600 personnes, dont 700 en France</b>, réalise <b>320 M€</b> de chiffre d'affaires (2016) et affiche une production d'environ <b>75 000</b> cartes par jour. Auparavant propriété d'un fonds américain, ALL Circuits appartient depuis 2015 à un <b>consortium chinois</b> : l'entreprise a été rachetée par <b>IEE</b> (Luxembourg), lui-même propriété de ce consortium.</p> <p>De par l'histoire de ses sites, le holding ALL Circuits est très tourné vers l'automobile et les communications. <b>MSL-Circuits</b>, site situé dans le Loiret et ex-usine Jabil, est ainsi spécialisé dans les <u>grandes séries</u> pour l'automobile (le site dénombre une vingtaine de ligne CMS génèrent <b>185M€</b> de CA et emploie <b>420</b> personnes). Les autres entreprises sont <b>BMS-Circuits</b> à Bayonne (ex-Sagemcom) qui emploie <b>260 personnes</b>, génère <b>97M€ de CA</b> et est spécialisé dans la fabrication de produits électroniques en petite et moyenne série, (notamment pour le secteur médical, les télécoms, les produits connecté), le bureau d'études AC-Technologies, TIS-Circuits à Tunis (ex-Sagemcom également) qui produit des petites et moyennes séries notamment dans les domaines de l'énergie et des produits blancs ainsi que GDL-Circuits au Mexique</p> <p>Pour faire face à la concurrence des pays à faible coût de main-d'œuvre, l'alliance de PME réduit la part de la main-d'œuvre à moins de 10 % du prix de revient en intervenant dès la conception du produit pour faciliter l'automatisation de la fabrication et en utilisant des lignes de production hautement automatisées où le recours aux opérations manuelles est minimisé, ce qui permet à l'entreprise d'obtenir une qualité optimale, du fait de la non- manipulation des produits.</p> <p>Au sein de la filière française l'entreprise a donc un <b>positionnement particulier</b> en (i) produisant de grandes séries sur le territoire grâce à une forte automatisation permettant des coûts de main-d'œuvre directe bas et de très grande qualité (ii) et en faisant le choix de produire des petites et moyennes séries en Tunisie.</p>

De manière relativement indépendante de leurs typologies, les acteurs de la filière française de la sous-traitance électronique partagent, de manière non exhaustive<sup>60</sup> plusieurs points communs dont notamment :

■ **Une production réalisée sur le territoire majoritairement à destination du marché national.**

Directement lié au besoin de flexibilité imposé par la production de petite et moyenne série pour les marchés de l'électronique industrielle, plus de **70%** de la production des sous-traitants français est réalisée pour le compte de donneurs d'ordre installés sur leur bassin d'activité, dans un rayon compris entre 200 et 300 km.

■ **Une maîtrise du besoin de fond de roulement (BFR) sensible.**

Il faut principalement y voir le positionnement singulier des EMS dans la chaîne de valeur de la filière de l'électronique qui leur impose par exemple :

- § D'acheter en amont pour le compte de leurs clients l'ensemble des composants qui représentent en moyenne **60%** du prix du produit.
- § De contrôler les délais de livraison des produits finaux en tenant compte des difficultés à sourcer certains composants (délais de livraisons de 12 mois possibles sur certains composants...)
- § Des délais de règlement pénalisants de la part des donneurs d'ordres qui ne respectent pas toujours la loi LME (loi de modernisation de l'économie du 4 août 2008).

Aussi, la gestion des achats de composants et l'optimisation de l'utilisation des capacités de production sont des éléments clés de leur performance financière.

<sup>60</sup> Les enjeux de la filière sont détaillés dans la partie suivante ;

## ■ Un outil productif globalement acceptable.

A titre d'exemple, la vétusté moyenne des robots CMS des sous-traitants français est d'environ **9 ans** et affiche une capacité de pose réelle moyenne d'environ **14 000 composants par heure**. Les EMS éprouvent a priori peu de difficultés d'ordre qualitatif sur les lignes de production de cartes électroniques de composants montés en surface (CMS) : les outils, méthodes et procédés de production sont dans leur ensemble correctement maîtrisés par l'ensemble des fabricants. Les distinctions entre les fabricants s'opèrent principalement sur les cadences de production et la flexibilité indispensable pour changer de gamme de production dans le cas de petites et moyenne série<sup>61</sup>. Cependant, il convient de souligner que les EMS ne sont pas toujours équipés de machines spécifiquement adaptées à la pose de composants traversants sur des cartes électroniques ce qui nécessite alors des opérations de pose et de brasage manuels chez certains EMS. Les problématiques rencontrées par les EMS sont principalement **d'ordre quantitatif** : les équipements sont dans leur grande majorité sous chargés et fonctionnent au maximum en 2X8, ce qui limite d'autant l'acquisition de nouveaux outils de production. Ce constat est particulièrement préjudiciable car le volume de besoin des donneurs d'ordre basés en France dépasse largement<sup>62</sup> la capacité des acteurs du marché dédiés à la fabrication en sous-traitance. Ainsi une part importante de la fabrication est réalisée soit en interne par les clients finaux lorsque ces derniers ont internalisé la capacité de production et la compétence, soit hors de France, le plus souvent vers 3 régions principales : Europe, Etats-Unis, Chine. Les raisons de ce fossé entre le besoin des donneurs d'ordres français et le non recours au système productif national peut s'expliquer à deux niveaux (i) les plus grands donneurs d'ordres ont des produits diffusés mondialement, qui représente une réelle difficulté de réponse en volumes pour les EMS français et (ii) la fabrication électronique porte l'image d'une spécialité asiatique low-cost, promue par les donneurs d'ordres, particulièrement au niveau des start-ups. Toutefois, si l'outil productif des EMS apparaît satisfaisant en termes de vétusté, la filière de production de cartes électroniques **n'a pas pleinement initiée sa transformation vers l'industrie électronique du futur**. On se trouve aujourd'hui loin du degré de maturité observé dans le domaine de la microélectronique ou de l'automobile. Pour autant une majorité d'EMS envisagent l'automatisation comme un moyen de redistribuer la production, en diminuant par exemple les temps morts, les coûts, et les défauts de qualité. Plus précisément, à chaque procédé utilisé sur la chaîne de production du front-end<sup>63</sup> au back-end, des solutions sont attendues pour optimiser les coûts de production.

## Synthèse de l'offre française en fabrication électronique

La France a su conserver sur son territoire un tissu productif en sous-traitance électronique tout à fait remarquable et majoritairement spécialisé sur les marchés de faibles et moyens volumes (de quelques centaines à plusieurs dizaines de milliers par campagne de production) pour des produits à usage professionnels. Leader en Europe devant l'Allemagne, la France ne dénombre pas moins de 4 acteurs dans les 50 premiers sous-traitants mondiaux. Toutefois, il convient de souligner le poids relatif de la filière Française à l'échelle mondiale<sup>64</sup>, en particulier s'agissant du déséquilibre entre la taille des principaux acteurs français et leurs homologues Asiatiques ou Américains qui ont su ont su atteindre des tailles critiques de plusieurs milliards de dollars de chiffres d'affaires, leur permettant d'innover sous l'impulsion notamment de leurs grands comptes clés positionnés sur les marchés de masse.

S'il semble aujourd'hui évident que les acteurs Français, majoritairement des PME, ne pourront pas se repositionner sur une offre compétitive à destination des marchés de masse (segment des « 3C »), ces derniers proposent en revanche une offre tout à fait compétitive sur les marchés de l'électronique professionnelle ce qui permet d'assurer la pérennité de la filière à court, moyen et long terme.

<sup>61</sup> Des spécificités existent sur des activités de type CEM notamment et sur l'intégration de nœuds de procédé dédiés à des activités périphériques de contrôle, bancs de tests, manutention, comptage automatique de bobines de composants/// Quelque soient l'EMS, les procédés de production de cartes CMS répondent aux mêmes séquençements d'opérations.

<sup>62</sup> La fabrication de cartes électroniques, la demande des industriels français est 6 fois supérieure à la capacité de production du territoire national (marché des EMS de 5 Mds€ / marché de la production électronique en France de 31 Mds€ en 2017)

<sup>63</sup> Il convient de souligner que l'étape de production front-end le long de la ligne de production est déjà fortement automatisée

<sup>64</sup> La production mondiale en sous-traitance électronique est estimée à près de 426Mds\$.

### Analyse complémentaire à partir des données de l'INSEE

Le panel de 513 acteurs économiques identifiés contient majoritairement les codes d'activités suivants :

- Fabrication de cartes électroniques assemblées (2612Z) ; Ingénierie, études techniques (7112B)
- Fabrication de composants électroniques (2611Z) ; Fabrication d'équipements d'aide à la navigation (2651A) ; Fabrication d'instrumentation scientifique et technique (2651B)

Malgré la disparité des codes NAF identifiés pour les différents acteurs composant le tissu industriel en sous-traitance électronique, la représentativité de la classe 2612Z (près de deux tiers des acteurs) rend possible une analyse complémentaire et comparative à partir des données de l'INSEE (en gardant en tête que des acteurs importants identifiés dans la cartographie n'ont pas le code NAF 2612Z et que des acteurs avec le code 2612Z dans la base INSEE peuvent ne pas exercer d'activité de sous-traitance électronique). **Ces résultats sont à interpréter avec grande précaution.** Les données INSEE associées à la sous-classe 2612Z pour l'année 2015 sont les suivantes :

- 610 entreprises générant un chiffre d'affaires de 3,8Mds€ et une valeur ajoutée de 1,1Mds€
- Un chiffre d'affaires à l'export de 1,4Mds€ soit 40% du CA total, l'écart peut s'expliquer par le tiers des acteurs dont l'activité ne relève pas de la fabrication électronique mais contenant le code NAF 2612Z.
- 14 acteurs de plus de 200 salariés, 483 de moins de 50 salariés
- Un effectif salarié concentré en Pays de la Loire (17%), Bretagne (12%), Auvergne Rhône-Alpes (11%) Hauts de France (10%), Ile-de-France (9%)

Par ailleurs, dans son enquête annuelle de production (EAP), l'Insee interroge les entreprises pour connaître la production ayant donné lieu à une facturation et donc évaluer la production française de cartes et d'assemblage électronique à partir des codes PROFRA. Les données disponibles segmentent la production française selon les différents marchés d'applications suivants :

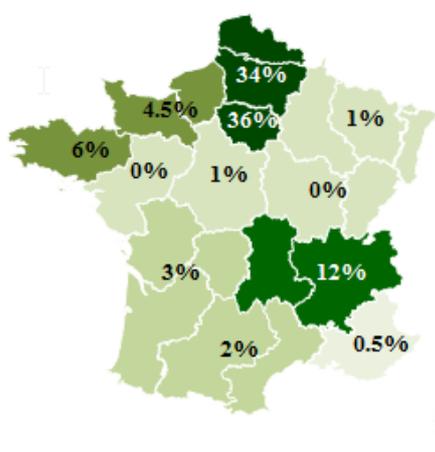
- Aéronautique (PRODFRA=26122540S0) : 237 M€
- Automobile (PRODFRA = 26122550S0) : 475 M€
- Armement (PRODFRA=26122560H0) : 205M€
- Equipements médicaux (PRODFRA = 26122575S0) : 88 M€
- Equipements industriels et de laboratoires (PRODFRA=26122580H0) : 742M€
- Télécommunications, produits audiovisuel grand public et appareils électroménager : 210 M€

Cette analyse complémentaire est cohérente avec le positionnement observé de la France et plus généralement de l'Europe sur les segments aéronautique, automobile, industrie ou encore médical.

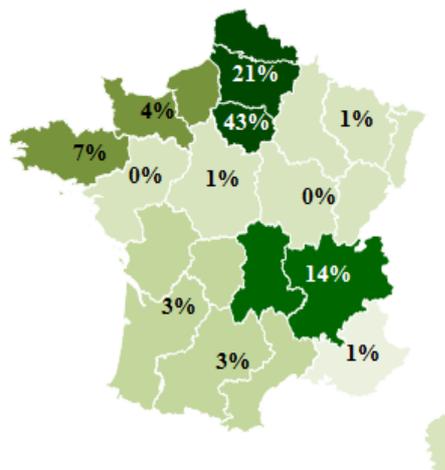
## Les distributeurs de composants électroniques

**36 acteurs identifiés sur le territoire**  
**1.3 Mds€ en 2017** – dont **13%** à l'export  
 Et une valeur ajoutée de plus de **218 Mds€**.  
**1 948** salariés réalisant **32 M€** de bénéfices cumulés en 2017.

### Répartition géographique de l'activité

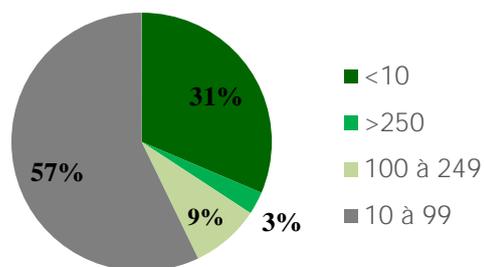
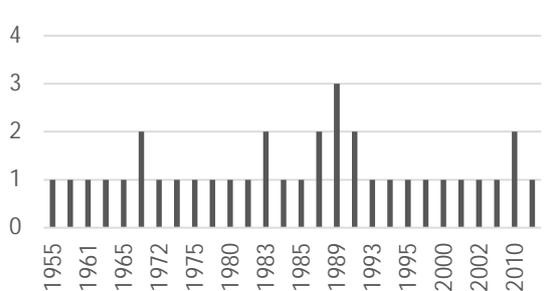


Concentration de l'effectif salarié par région

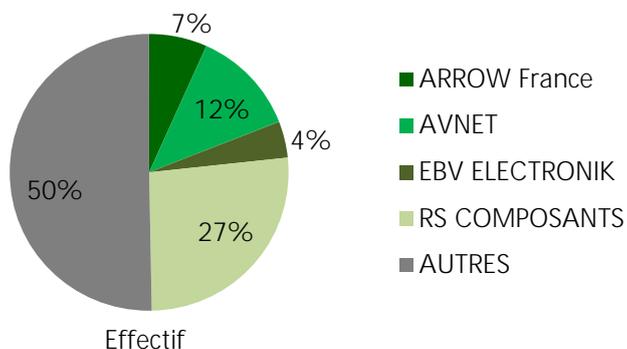


Chiffre d'affaire réalisée par les différents sites d'implantations des distributeurs.

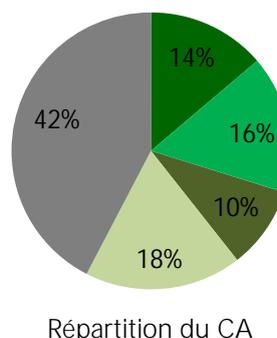
### Répartition des acteurs par année de création et par effectifs



### Principaux acteurs sur le territoire - 2017



Effectif



Répartition du CA

La France dénombre sur son territoire **36 distributeurs franchisés**<sup>65</sup> de composants électroniques qui génèrent un chiffre d'affaires cumulé de près de **1,3Mds€** - dont **13%** de ce montant correspond à des commandes facturées hors de France - et qui emploient un peu moins de **2000 personnes**.

## ■ En France, comme dans le monde, le marché de la distribution de composants électronique est très concentré autour des dix plus grands acteurs mondiaux.

La distribution de composants électroniques étant un marché particulièrement mondialisé, les principales entités implantées en France sont des branches de grands groupes mondiaux (cf. annexe1) : **Avnet**, sa filiale **EBV**, **TTI**, **Rutronik**, **Arrow**, **Acal** (groupe britannique DiscoverIE), **Farnell**, **Mouser**. En termes d'emploi et d'activité en France, le principal acteur est **RS Electrocomponents**, situé à Beauvais et employant près de **500 personnes**. Il s'agit d'un site du groupe britannique Electrocomponents. Au total ces acteurs génèrent près de **75 %** du chiffre d'affaires en France et représentent **60%** des emplois.

Parmi les entreprises indépendantes françaises de taille moyenne qui sont actives au niveau national voire international, on peut citer le groupe **ETN** (Electrotechnique de Normandie, 33 M€ de chiffre d'affaires en 2017), **Sorelec** (Société rennaise d'électronique et de composants, 19 M€ de revenus en 2017) ou **CEL Electronic** (Composants électroniques lyonnais, 15 M€ de CA en 2017). Le reste de l'écosystème français de la distribution est majoritairement constitué de petites structures gérant la distribution de quelques marques.

Les domaines d'expertises des distributeurs implantés sur le territoire peuvent couvrir, de manière non inclusive, les activités de **consultations techniques** (aide au design, approche solution, assistance technique, ...), **de représentant commercial** en assurant par délégation la représentation des fabricants, **de logisticiens** (consolidation des besoins et gestion du portefeuille de commande avec le fabricant, mise en place de stock assurant une disponibilité adaptée au besoin du marché, livraison des clients) mais également une activité **de service à haute valeur ajoutée** (programmation, mise en kit, adaptation, customisation, ingénierie et outil d'aide au développement).

## ■ Sur les six familles<sup>66</sup> de composants électroniques distribués et vendus par les distributeurs franchisés implantés sur le territoire, les composants actifs représentent en valeur plus de la moitié du marché en 2017.

Le marché de la distribution<sup>67</sup> de composants électroniques en France concerne essentiellement les **marchés applicatifs de l'industrie, de l'automobile et de l'aéronautique**. En produit, la distribution de composants **actifs représente plus de la moitié** des composants distribués (soit 651 M€ en 2017), suivi par les **composants passifs** (203 M€) ainsi que les **connectiques et câbles** (198 M€). De manière générale, il convient de souligner qu'une large part du marché des **composants actifs** vendus par le biais de la distribution est captée par un nombre restreint de distributeurs. A l'inverse, les composants passifs sont distribués de manière plus éparpillée par un grand nombre d'acteurs. En valeur, le marché des composants électroniques adressés par les distributeurs franchisés implantés sur le territoire (**1.3Md€** en 2017), est de taille comparable aux marchés de l'Italie, ou du Royaume-Unis, mais significativement moins important que celui de l'Allemagne<sup>68</sup> (**3.8Mds€** en 2018 dont plus de **2.5Mds** pour les seuls composants actifs).

<sup>65</sup> Sur lequel les 23 adhérents du SPDEI représentent environ 60% du marché.

<sup>66</sup> Composants actifs, passifs, électromécaniques, énergie, connectiques et câbles, systèmes embarqués.

<sup>67</sup> L'ensemble des chiffres pour les acteurs français sont issus du baromètre du SPDEI - SPDEI Connexion », SPDEI, 2018.

<sup>68</sup> Sur la distribution de composants électroniques actifs uniquement, le marché Français, estimé à 160M€ (T4-2017), est également inférieur à celui de l'ensemble des pays de l'Est (374 M€ - T4-2017) ou des pays Scandinaves (234M€- T4-2017).

## ■ Le marché de la distribution des composants en France, peut également être assuré par des distributeurs non- franchisés ou en ventes directes.

En sus des distributeurs franchisés, les ventes de composants électroniques sur le territoire peuvent également être assurées par des **distributeurs non franchisés**<sup>69</sup> (cf. ANNEXE 1) ou réalisées directement entre **le fournisseur et le client final** (équipementiers ou sous-traitants). A titre d'exemple, les ventes de composants actifs (semi-conducteurs) en Europe ont représenté **36Md€**, dont près de **25% (9Mds€)**<sup>70</sup> ont été vendus par le biais de distributeurs franchisés. Les fabricants de composants ou leurs filiales en France adressent selon les produits entre **40%** et **50%** en direct les EMS et OEMs et le reste passe par la distribution.

### Analyse complémentaire à partir des données de l'INSEE :

Le panel de 36 acteurs économiques identifiés contient majoritairement les codes d'activités suivants :

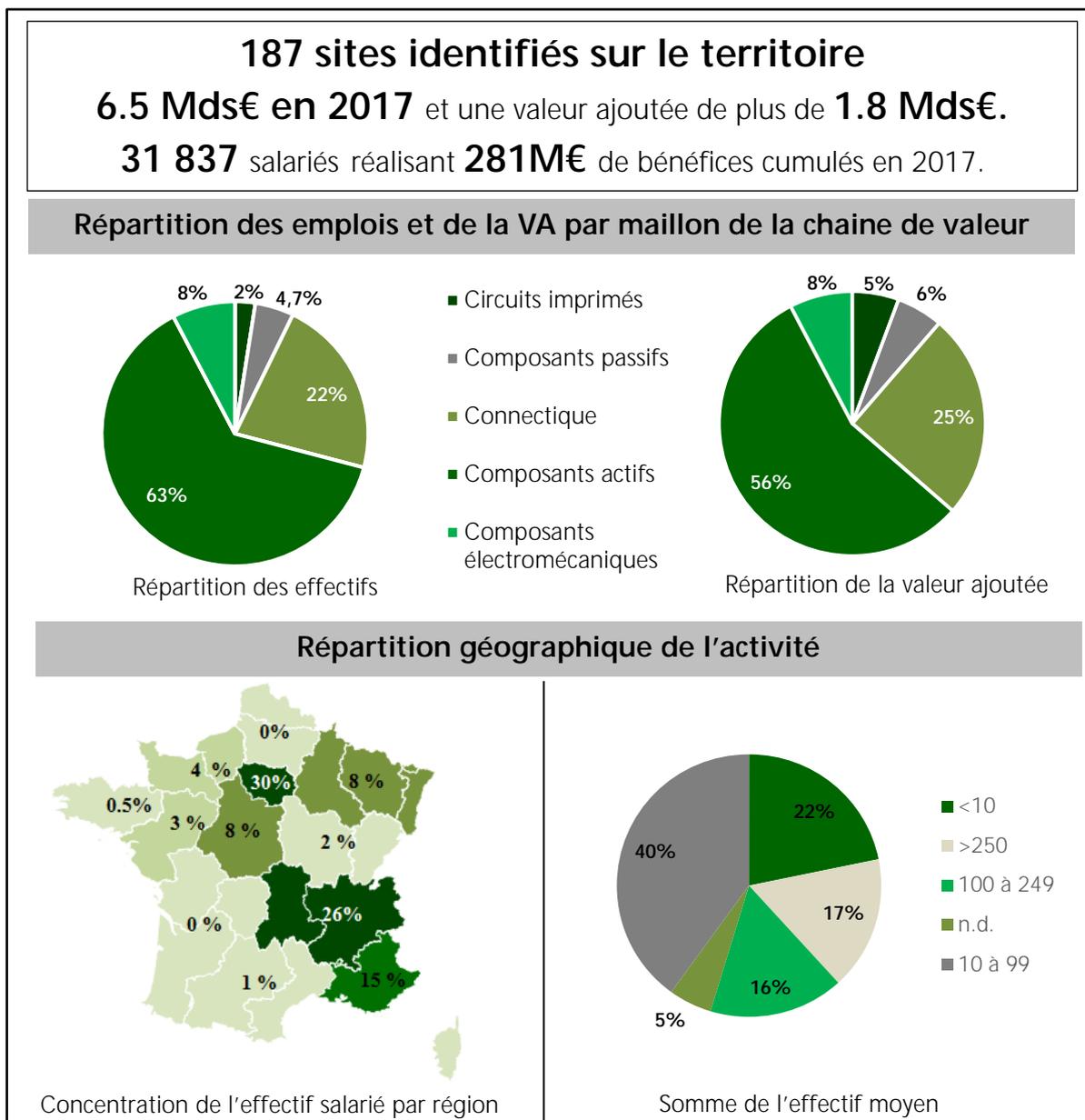
- § Commerce de gros (commerce interentreprises) de matériel électrique (4669A)
- § Commerce de gros (commerce interentreprises) de composants et d'équipements électroniques et de télécommunication (4652Z)

Etant donné que la sous-classe 4652Z intègre, en plus des activités de distribution de composants électroniques, la distribution d'équipements électroniques, téléphoniques et de communication, les données fournies par l'INSEE sur cette classe (2800 entreprises, 19 000 personnes, 15 Mds€) et le présent travail de cartographie spécifique à l'électronique ne sont pas comparables.

<sup>69</sup> Leur nombre ainsi que leur chiffre d'affaires n'ont pas fait l'objet d'une estimation dans le cadre de cette étude.

<sup>70</sup> [Source DMAS – feb2019](#) ; [source 1](#) ; [source 2](#) ; [source 3](#) ; [source 4](#) ; [source 5](#)

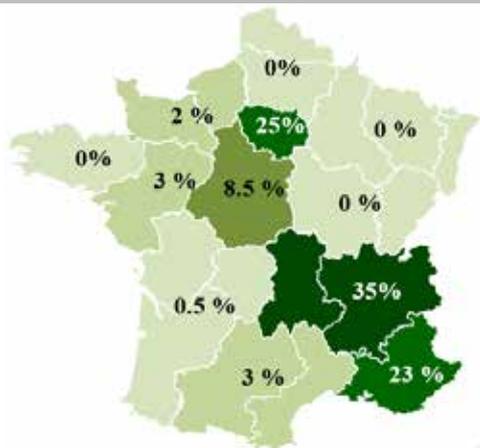
## Les fabricants de composants électroniques



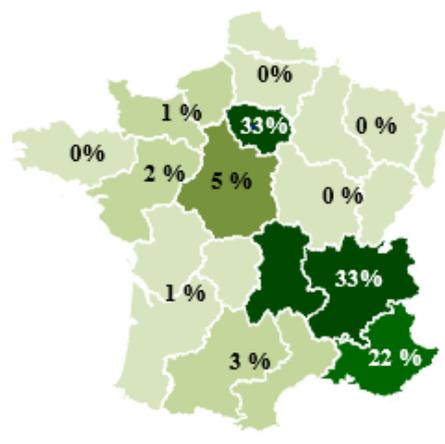
## Les fabricants de composants actifs

**54 acteurs identifiés sur le territoire**  
**4,2 Mds€ en 2017** et une valeur ajoutée d'au moins **1,3 Mds€**  
**17 888** salariés réalisant **180 M€** de bénéfices cumulés en 2017  
**STMicroelectronics 1<sup>er</sup> IDM Européen** et dans le **TOP 10 Mondial**  
**80 % du CA à l'export** et **15% du CA** investit dans la **R&D**.

### Répartition géographique de l'activité

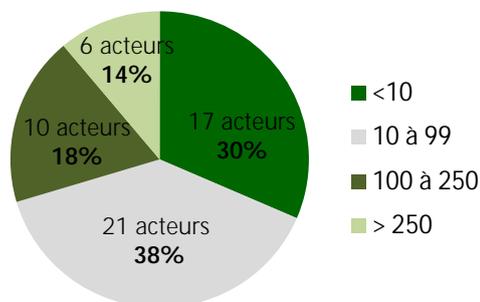
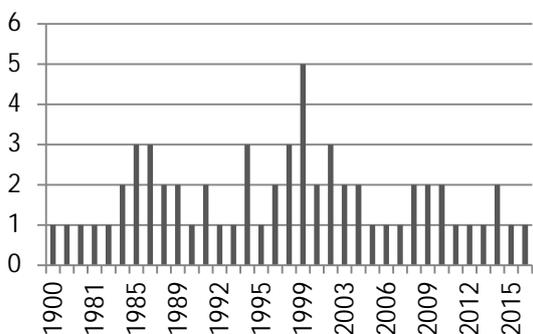


Concentration de l'effectif salarié par région



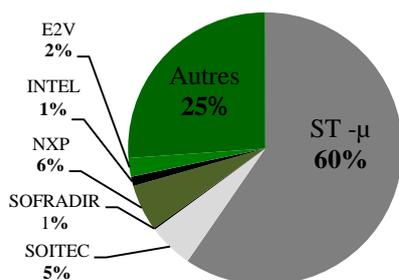
Segmentation du chiffre d'affaire par région

### Répartition des acteurs par année de création et par effectifs

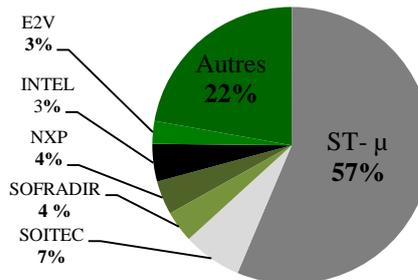


### Principaux acteurs sur le territoire - 2017

#### Répartition des emplois en France



#### Répartition du CA en France



## ■ Bien que très concentré, la France dispose sur son territoire d'un écosystème tout à fait remarquable en matière de composants semi-conducteurs.

Au total, plus d'une cinquantaine d'acteurs ont été identifiés et couvrent un nombre important de maillons de la chaîne de valeur de l'industrie microélectronique. Ces entreprises génèrent au total plus de **4Mds** de chiffre d'affaire cumulé pour une valeur ajoutée de plus **1.5Mds\$** et emploient près de **20 000** personnes. **Seconde puissance Européenne** du semi-conducteur derrière l'Allemagne, il convient de souligner la qualité et l'attractivité de l'écosystème Français dans ce secteur de haute technologie – en témoigne notamment l'implantation de plusieurs filiales de groupes étrangers sur le territoire pour développer des activités de production ou de conception ainsi que la forte valeur des entreprises à l'exportation.

## ■ Une activité dans le semi-conducteur largement dominée par les filiales de STMicroelectronics qui réalisent plus de la moitié du chiffre d'affaire sectoriel.

Le groupe génère, sur le territoire, près de **2.5Mds€** de CA et dénombre plus de **10 000** salariés répartis sur des sites implantés à Grenoble et à Crolles (4 000 salariés et produisant notamment les plaques de **300nm**), à Rousset en Provence (2 800 personnes produisant des IC ; microcontrôleurs, smartcard, mémoire EEPROM, flash logique pour les marchés de l'automobile, industriels, informatiques,) mais également à Tours (1 500), à Paris (200) ou encore à Sophia Antipolis (220). Le groupe bénéficie d'importants effets d'expérience ainsi qu'une capacité d'innovation (renforcée par l'instauration de nombreux partenariats stratégiques) et de production très élevée largement soutenue par les pouvoirs publics compte tenu des lourds investissements à consentir (tant en matière de R&D que d'équipements industriels) et du caractère stratégique du maintien d'une offre de semi-conducteurs conçus et fabriqués (front-end) en France **en matière de souveraineté technologique et économique.**

## ■ La technologie FD-SOI développée par Soitec, STMicroelectronics et le CEA-LETI comme alternative au FinFET dans la course au More Moore.

Soitec est une ETI d'environ 1000 personnes, implantée à Bernin (38), en face de l'usine ST de Crolles, et à Singapour. Elle est cotée à la bourse de Paris. Issue d'un essaimage du CEA-Leti, elle est spécialisée dans les substrats avancés utilisés dans l'industrie microélectronique, et est notamment à l'origine de la technologie FD-SOI, codéveloppée avec le CEA-Leti, et dont elle est le leader mondial. Cette technologie est l'une des deux technologies les plus avancées au monde, et permet de produire des composants économes en énergie, particulièrement adaptés aux usages embarqués. A titre d'illustration, 100% des smartphones vendus dans le monde ont des composants utilisant cette technologie. En 2018, face à une croissance soutenue du marché, Soitec a embauché massivement (+200 à Bernin).



## FOCUS : STMICROELECTRONICS

STMicroelectronics est une société issue de la fusion entre l'italien SGS et la division « composants » du français Thomson en 1987. Avec une croissance de **16%** en 2018, plus de **100 000** clients<sup>71</sup> et un chiffre d'affaire de plus de **9.5Mds\$**, le groupe STMicroelectronics est le **premier fournisseur européen**<sup>72</sup> (IDM- FABLITE) de composants semi-conducteurs et **10<sup>ème</sup> acteur mondial**. Le groupe emploie plus de **45 000 salariés**, possède **une dizaine** de site de production majeurs (front & back-end) ainsi que près de **80** bureaux de ventes et marketing partout dans le monde.

Après une morosité relative au cours des dix dernières années<sup>73</sup> (notamment dues aux difficultés existantes liées au déclin de Nokia avec l'arrivée des smartphones et de l'échec de la joint-venture lancée avec Ericsson en 2008 sur le marché des puces mobiles) il convient de souligner la stratégie de redéploiement de payante du groupe et qui a permis, en 2017, une augmentation du CA de près d'un **1Mds€** ; investissements massifs en R&D<sup>74</sup>, développement de nouvelles gammes de produits faisant le pari de la diversification et arrêt de certaines activités<sup>75</sup> non profitables. Avec près de **20 %** du CA et **15%** de ses effectifs affectés à des activités de R&D, STMicroelectronics dispose aujourd'hui d'un portefeuille de plus de **16000** brevets et est à la pointe des technologies (en témoigne la technologie FD-SOI, ...) et des process.

Les produits du groupe sont aujourd'hui divisés en 3 branches d'activités : les produits Analogiques, microsystème électromécaniques<sup>76</sup> (MEMS) & Senseurs [AMG] ; les microcontrôleurs, produits de consommation digitale et d'imagerie ASICS [MDG] ainsi que les produits pour l'automobile et composants discrets [ADG]. Plus précisément, et depuis son changement de cap à partir de 2012, l'entreprise se focalise sur deux segments de marché prometteurs : l'internet des objets (produits grand public, maisons et villes connectées, et industrie) ainsi que l'automobile (qui représentait en 2017, environ 37% du chiffre d'affaires du groupe). A titre d'exemple, ses MEMS à destination des marchés industriels, automobile connectée, mais également du mobile, (avec des composants tels que la caméra 3D de l'iPhone X ou les gyroscopes du Samsung S9<sup>77</sup>), sont en forte croissance. Le groupe franco-italien occupe également une place importante sur le segment des microcontrôleurs (2<sup>nd</sup> acteur mondial hors automobile) ainsi que sur celui des discrets, porté par sa branche à destination du marché automobile, qui dispose d'une offre de MOSFET et de IGBT. Sur ce segment, ST est le troisième groupe mondial, avec une part de marché estimée à 5,3%.

Plus largement et par-delà les activités de conception et de fabrication (front-end), STMicroelectronics possède également des activités d'assemblage et de test et de conditionnement (back-end) majoritairement localisées en Asie et en Afrique du Nord.

### ■ Hormis ST Microélectronique, la France dénombre plusieurs sites de grands acteurs mondiaux de l'industrie du semi-conducteur dont XFAB, NXP, MicroChip, Intel ou Samsung.

**12<sup>e</sup> fonderie mondiale**, et spécialisée dans les technologies à signaux analogiques et mixtes **l'Allemand X-FAB** est le fondeur européen le plus important. L'entreprise dispose de six sites de production, dont un en France. En effet, en 2016, le groupe X-FAB a repris le fondeur français **Altis** (anciennement IBM, puis coentreprise IBM-Infineon), alors en redressement judiciaire, aux dépens de SMIC (Chine). Les **965** salariés de la fonderie de Corbeil-Essonnes ont vu leurs emplois sauvegardés. Ce site, devenu le plus important du groupe, est au cœur de la stratégie du groupe allemand<sup>78</sup>.

<sup>71</sup> Parmi lesquels se trouve Apple, Huawei, Samsung, Nintendo, HP, ...

<sup>72</sup> Devant **NXP** (+1%, à 9394 M\$) et **Infineon** (+14%, à 9246 M\$)

<sup>73</sup> STMicroelectronics 2017 ; Bloomberg, 2015 ; L'usine nouvelle, 2018.

<sup>74</sup> ST-μ a annoncé début 2017 un investissement de plus d'1 Mds\$ visant à accroître ses capacités de production de puces électroniques, notamment sur son site de Crolles 2 (tranches de 300 mm de diamètre).

<sup>75</sup> « STMicroelectronics ne fera plus de circuits pour décodeurs et box Internet : 1400 emplois supprimés »- 2016.

<sup>76</sup> Des capteurs de mouvement, des gyroscopes ou des accéléromètres

<sup>77</sup> STMicroelectronics, 2018 ; L'usine nouvelle, 2018, 2018bis, 2017.

<sup>78</sup> « Le fondeur de semi-conducteurs X-Fab fait de la France le moteur de sa croissance d'ici 3 ans », L'usine nouvelle, 2017.

Née en 2006 après la scission de la branche semi-conductrice de Philips, **NXP** (Pays-Bas) est devenu avec le rachat de Freescale (ancienne branche de Motorola) en 2015 l'un des principaux IDM Européens<sup>79</sup>. Présent dans 33 pays, l'entreprise dispose **en France de quatre implantations employant près de 1000 personnes** et accueillant majoritairement des activités de R&D et de conception : Caen, Sophia-Antipolis, Saclay et Toulouse. Ancien site historique de Motorola (1967) puis de Freescale, le site de NXP à Toulouse, assure désormais des activités de conception<sup>80</sup> des puces électroniques, principalement à destination du marché de l'automobile.

Implanté en Isère et assurant le développement et la production des composants hautes performances (capteurs d'image, convertisseur) le site français de **Teledyne-E2V Technologie**<sup>81</sup> est positionné dans le « Top 4 » des sites de l'entreprise. Il emploie près de **400 personnes** pour un chiffre d'affaire d'environ **100M€**.

**Intel** emploi sur le territoire près de **350 personnes** répartis sur plusieurs sites principalement autour d'activités de R&D, vente et marketing. Il convient toutefois de souligner qu'au cours des dernières années, le groupe a réduit ses effectifs de manière drastique dans le cadre de sa restructuration en supprimant en France près de 80% de ses effectifs. Cette réduction a conduit à des licenciements et à la fermeture de plusieurs sites (Wind River à Vannes, centres de R&D à Montpellier et à Nantes, etc.)<sup>82</sup>. En 2017, le groupe Renault reprend 400 salariés des sites R&D d'Intel en cours de fermeture à Toulouse et Sophia-Antipolis afin de développer son activité dans le domaine de la voiture autonome.

Par ailleurs, de par ses produits grands publics, **Samsung** est présent en France au sein de son siège de Saint-Ouen, qui emploie plus de **500 personnes** principalement autour d'activités commerciales<sup>83</sup>. Bien que ne disposant plus d'activité de recherche, ni de production<sup>84</sup> sur le territoire, l'entreprise a annoncé en 2018 sa volonté d'implanter un centre de recherche sur l'intelligence artificielle à Paris.

Enfin, **MicroChip** créée en 1989, leader mondial dans les microcontrôleurs (et concurrent de STMicroelectronics) emploi en France près de **450 personnes**<sup>85</sup> principalement sur des **activités de R&D** et localisées sur les sites de Nantes, Rousset.

Plus largement la France dénombre également plusieurs « **pures-players** » en conception (IC-Design). Il s'agit notamment de l'entreprise Cadence, Dolphin Integration<sup>86</sup>, ou d'Inside Secure qui totalisent près de **700 emplois** sur le territoire.

## ■ La France dénombre également sur son territoire, plusieurs autres acteurs du semi-conducteur très spécialisés (optoélectronique, microsystèmes, composants RF sur matériaux III-V) et de taille petite ou moyenne.

Il s'agit notamment (non exhaustif) ;

► **UMS** est une joint-venture entre Thales et EADS. Elle est spécialisée dans la production de composants radiofréquence pour des applications de sécurité et de défense sur des substrats en arséniure de gallium (et non silicium). Elle dispose d'une activité de fonderie et gère deux usines : une en Allemagne et une à Villebon-sur-Yvette (Essonne) en France. L'entreprise dénombre plus de 150 salariés pour un chiffre d'affaire d'environ 80M€.

► **OMMIC**, entreprise spécialisée dans les matériaux III-V est née des anciennes activités de fabrication de Philips qui est installée à Limeil-Brévannes (Essonne). Après avoir procédé à une levée de fonds de 12M€,

<sup>79</sup> L'entreprise emploie plus de 31 000 personnes dans le monde et a un chiffre d'affaires de 9,26 Mds \$ (2017). Leader sur les circuits intégrés à signaux mixtes, NXP est le premier fournisseur mondial sur le marché de l'automobile, qui représente 41% de son chiffre d'affaires. L'entreprise est également active sur les composants d'identification et pour la sécurité, utilisée par le secteur bancaire ou le transport.

<sup>80</sup> Les usines américaines de Phoenix et Austin fabriquent les prototypes également testés sur le site de Toulouse. Les activités d'assemblage de boîtier sont réalisées sur les sites Asiatiques.

<sup>81</sup> Issu du rachat de e2V technologie (UK) par Teledyne (USA) pour 747M€ en décembre 2016.

<sup>82</sup> « Comment Intel abandonne toute sa R&D en France », *Journaldunet*, 2016.

<sup>83</sup> Non comptabilisé dans le travail de cartographie.

<sup>84</sup> Fermeture de son centre de R&D de Sophia Antipolis en 2015 – l'ensemble des sites de productions de Samsung sont localisés en Corée du Sud, en Chine ainsi qu'à Austin aux Etats-Unis.

<sup>85</sup> Issu du rachat d'Amel en 2016 puis de Microsemi en 2018 - une opération qui le libère de sa dépendance vis-à-vis des microcontrôleurs et le fait entrer dans les puces pour la défense, l'aérospatial et les Datacenter.

<sup>86</sup> Dans le TOP 100 des ETI à l'export.

l'entreprise a inauguré en 2017 une ligne de production de puces en nitrure de gallium sur tranches de 150 mm, la première en Europe. Cette PME d'environ centaine de salariés et générant 14M€ de CA compte se positionner lors du développement de la 5G avec ce semi-conducteur, en supplément de ses activités tournées vers le domaine de la défense.

► **SOFRADIR** est une entreprise appartenant à Sagem (Safran) et Thales. Il s'agit de l'un des leaders mondiaux de capteurs infra-rouges tournés vers les applications militaires, industrielles ou spatiales. L'entreprise, et sa filiale ULIS, réalisent des activités de développement et de fabrication, emploient près de 850 salariés pour un CA d'environ 200M€. Basée à Palaiseau (Essonne), SOFRADIR dispose d'une usine à Veurey-Voroize (Isère).

► L'entreprise **TRONICS** (5,3 M€ de chiffre d'affaires en 2017 et environ 80 salariés), fondée et basée à Grenoble, est un leader sur le marché des microsystèmes électromécaniques (MEMS) professionnels. En 2016, TRONICS est racheté par EPCOS, la filiale allemande du groupe TDK (Japon)<sup>1</sup>. Disposant de deux unités de fabrication, à Crolles (Isère) et au Texas, TRONICS fournit des capteurs utilisés dans le domaine de l'aéronautique (centrales à inertie). Thales, actionnaire depuis 2015, conserve aujourd'hui près de 20% du capital de l'entreprise, tandis que Safran a revendu ses parts à TDK.

► Enfin il convient également de souligner la présence sur le territoire d'une entreprise tout à fait remarquable sur le marché des mémoires reprogrammables : **Kalray**

Ces dernières années, nous notons l'apparition de SoC FPGA, des technologies intégrant un processeur et une architecture FPGA sur la même puce, ce qui permet de disposer d'une puce, reprogrammable pour des applications variées, consommant peu, et disposant d'une importante puissance de calcul.

La technologie MPPA développée par l'entreprise française Kalray est à ce titre particulièrement puissante et peu consommatrice, et permet ainsi d'analyser d'importants flux de données en temps réel et de prendre des décisions rapides. Elle consiste en une architecture de circuits programmables multicœurs processeurs se basant sur à 256 cœurs. L'entreprise, qui procède à des levées de fonds depuis 2017, a annoncé en mai 2018 l'entrée à son capital de Definvest, fonds du ministère des Armées géré par Bpifrance, à hauteur de 2 M €. En effet, si Kalray concentre aujourd'hui sa stratégie sur l'automobile autonome et les data centers, ses technologies peuvent trouver des applications intéressantes dans des domaines de défense et de sécurité (missiles, drones, etc.). Il convient cependant d'attendre l'application à large échelle de cette technologie pour tirer des conclusions quant à l'avancée technologique de cette entreprise française.

■ **Sur le marché du More than Moore** – et en plus des acteurs précités- il convient également de souligner la présence de la société française **3D-Plus** employant plus de 100 personnes et qui élabore des SiP en 3D permettant d'améliorer la densité des produits et d'augmenter leurs performances (et a notamment réalisé le SiP du capteur d'image des viseurs stellaires embarqués dans les satellites de la constellation OneWeb).

## Synthèse de l'offre en matière de fabrication de composants semi-conducteurs

Le tissu productif français en matière de fabrication de composants semi-conducteurs est tout à fait remarquable et est composé pour partie d'acteurs français (dont STMicroelectronics, SOITEC, UMS, SOFRADIR, ...) et pour partie par des sites de production détenus par des acteurs étrangers, majoritairement Européen (XFAB, Teledyne-E2V, ...). Ces acteurs se différencient tant par la taille des substrats utilisés (allant de 150mm jusqu'à 300mm pour le site de Crolles de STMicroelectronics qui produit des technologies CMOS avancées), que les familles de composants fabriqués (mémoires, imageurs, MEMS, composants analogiques, de puissance, circuits numériques, SiP ...) et les matériaux ou technologies sur lesquelles elles reposent. Au sein de l'offre française, il convient de distinguer deux dynamiques distinctes :

■ En premier lieu s'agissant des produits qui s'inscrivent dans la course au « More Moore » et qui nécessitent la mise au point de technologies CMOS les plus avancées, avec des dimensions toujours plus petites.

Cela concerne notamment certains circuits numériques, mémoires embarquées ou imageurs numériques. Hormis la paternité de la technologie FD-SOI, la France (et plus largement l'Europe) ne dispose plus d'acteurs au cœur de la course au *More Moore* et à la miniaturisation technologique. Cette dernière est aujourd'hui centrée autour d'une poignée d'acteurs mondiaux les plus puissants, en partie à cause des coûts colossaux nécessaires pour maintenir un tel niveau d'innovation. Ces énormes investissements, récurrents et grandissants, sont une spécificité de l'industrie du semi-conducteur que l'on ne retrouve que dans peu de secteurs économiques. Très peu d'entreprises du secteur de la micro-électronique sont en capacité d'investir ces sommes pour continuer le *More Moore* : à simple titre d'illustration, STMicroelectronics ne peut pas suivre ces niveaux d'investissements des leaders mondiaux avec un chiffre d'affaires qui était de 8,5 Mds \$ en 2017 (2% du CA mondial) – soit 10 fois moins que le n°1 mondial Samsung.

Ainsi, à moyen et long terme, les perspectives concernant l'offre et les activités des fondeurs et des IDM Français (et Européen) en matière de production de composants et circuits à technologie CMOS avancés et à l'état de l'art apparaissent limitées : la miniaturisation grandissante devrait amplifier le processus d'externalisation et de recours aux fondeurs leaders, renforçant les passages en *fabless* – ou *fablite* – pour certaines entreprises historiques du secteur. Parmi les circuits en finesses de gravures antérieures, seuls seraient maintenus ceux contenant des spécificités qui les différencient sur le marché. Par exemple, la demande devrait persister pour les technologies FD-SOI de Soitec-ST Microélectronique et de GlobalFoundries. La consolidation et la compétitivité de l'outil de production sur cette offre doit donc pouvoir être pérennisée. Exception faite de ces semi-conducteurs, les dynamiques de marché vont converger rapidement vers les technologies les plus avancées et les technologies de gravures les plus fines pour répondre aux demandes de hautes performances, particulièrement dans les télécommunications ou l'automobile.<sup>87</sup>

Plus largement, il convient de souligner que pour des raisons d'économie d'échelle et de rationalisation la majorité des acteurs français, ou implantés sur le territoire, ont d'ores et déjà fait le choix de ne pas poursuivre la course à l'extrême miniaturisation, et sont restés sur des outils industriels de générations précédentes. Cela ne les condamne pas pour autant, à court et moyen terme : ces sites sont positionnés sur des marchés divers et qui ne requièrent pas une extrême miniaturisation ou qui emploient des technologies différenciatrices, de type « More than Moore » (cf. infra)

■ En second lieu s'agissant des produits de type « More than Moore »<sup>88</sup> qui ne requièrent pas une extrême miniaturisation ou dont leur fabrication emploie des technologies éloignées de celle utilisées dans la course au « More Moore »<sup>89</sup>.

Plus précisément, les fonctionnalités de ces produits sont enrichies grâce à l'introduction de matériaux variés qui donnent accès à des technologies spécifiques, mais aussi grâce à des architectures et conceptions de composants adaptés aux marchés qu'ils adressent : matériaux, technologies, conception et marchés applicatifs sont les éléments de différenciation. Sans changer radicalement l'outil de production, l'industrialisation de ces technologies différenciées, qui permettent, pour un niveau de miniaturisation donné, d'ajouter de nouvelles fonctionnalités sur la puce de silicium et d'ouvrir la porte à de nouveaux produits, redonne de la compétitivité à ces unités industrielles sorties de la course à la miniaturisation extrême, sur des périodes longues. Cet axe de diversification englobe de nombreux leviers de croissance pour l'industrie électronique française, qui apparaît compétitive sur des segments tels que les circuits analogiques, les MEMS, les modules RF intégrés, composants de puissances, capteurs d'images, ou encore les SiP complexes.

---

<sup>87</sup> Whitepaper: Semiconductor Industry from 2015 to 2025, SEMI, 2015.

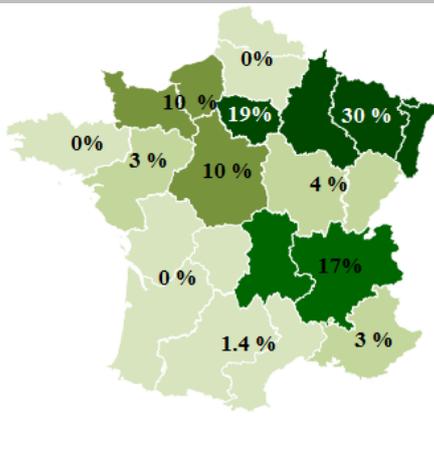
<sup>88</sup> Source 1 ; source 2 ; source 3 ; source 4, source 5, source 6

<sup>89</sup> Et qui existe donc industriellement de manière indépendante des capacités CMOS.

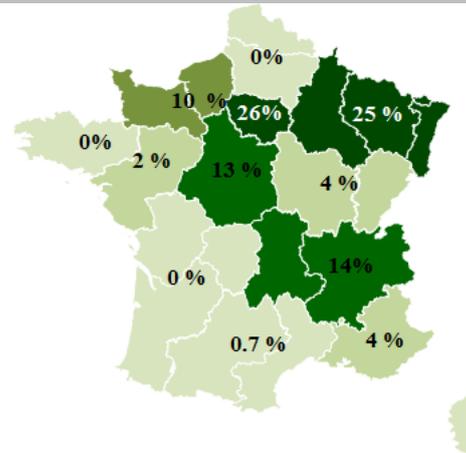
## Les fabricants de composants de connectique

**53 acteurs identifiés sur le territoire**  
**1.5 Mds€** de chiffre d'affaire cumulés en 2017  
 une valeur ajoutée de plus de **500 Mds€**  
**8 000** salariés réalisant **120 M€** de bénéfices cumulés en 2017  
**2 acteurs français dans le TOP 30** Mondial

### Répartition géographique de l'activité

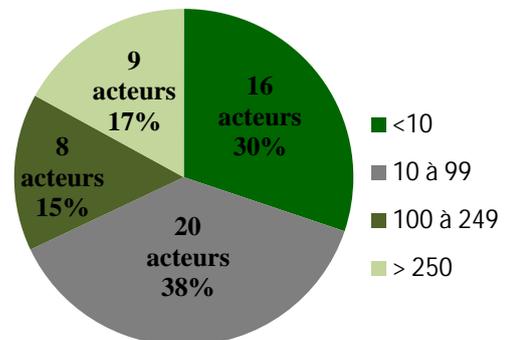
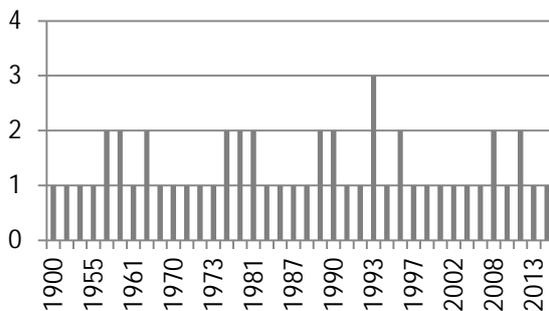


Concentration de l'effectif salarié par région



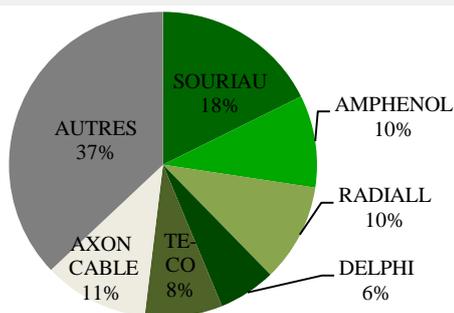
Segmentation du chiffre d'affaire par région

### Répartition des acteurs par année de création et par effectifs

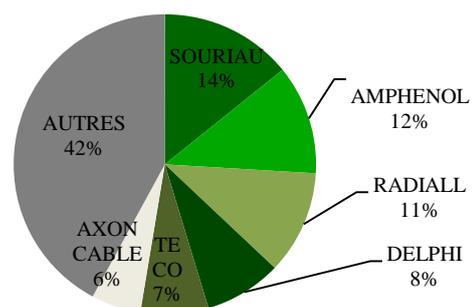


### Principaux acteurs sur le territoire - 2017

#### Répartition des emplois en France



#### Répartition du CA en France



La France dénombre sur son territoire plus d'une **cinquantaine de fabricants** de connecteurs. Le secteur français de la connectique totalise un chiffre d'affaire total de plus **1.5 Mds€**, tiré principalement par la demande en matière de connectique de spécialité dans les segments de l'automobile (34% en valeur), de l'industrie (28%), de l'aéronautique, du spatial et de la défense (23%) et réalisé majoritairement auprès des équipementiers (qui totalisent 2/3 des ventes en direct, contre 1/3 via les réseaux de distribution). Le secteur emploie par ailleurs plus de **8000 personnes**, principalement localisés en Ile-de-France (26%), Grand-Est (25%), Aura (14%), et la région Centre-Val-de Loire (13%).

■ **Second acteur Européen derrière l'Allemagne le pays dénombre sur son territoire plusieurs acteurs français de renom ainsi que plusieurs TPE et PME possédant un réel savoir-faire.**

La filière Française de la connectique est tirée en premier lieu par deux acteurs historiques : **Radiall** et **Souriau**, tous deux classés dans le **TOP 30 mondial**. Fortement internationalisées ces deux entreprises ont su maintenir et développer une activité sur le territoire importante et qui représente environ **30%** des emplois et du chiffre d'affaire du secteur en France. Plus précisément, ces deux entreprises disposent d'une dizaine de sites qui emploient environ **3000 personnes** et réalisent près **400M€** de chiffre d'affaires cumulé en adressant majoritairement les marchés de l'aéronautique, de la défense et de l'industrie.

	<p style="text-align: center;"><b>RADIALL-</b></p> <p style="text-align: center;"><i><u><a href="#">Sur le fondement du rapport financier 2016 publié par l'entreprise</a></u></i></p>
<p><b>Radiall, 25<sup>ème</sup> acteur mondial</b> sur le marché de la connectique (<b>7<sup>ème</sup> acteur</b> sur le seul segment de l'aéronautique et spatial), est une ETI française fondée par la famille Gattaz spécialisée dans la conception, le développement et la fabrication de solutions d'interconnexion, tels que des connecteurs radiofréquences coaxiaux, des composants hyperfréquences, des câbles et cordons hyperfréquences, des antennes, des connecteurs multi-contacts, des produits spatiaux et des connecteurs de fibre optique. La société adresse majoritairement les marchés de l'aéronautique, de la Défense, des télécommunications, de l'industrie, du spatial, de l'instrumentation et du médical. Elle est également à l'origine d'une <i>joint-venture</i> avec ARaymond, nommée Raydiall, spécialisée dans le domaine de l'automobile.</p> <p>Depuis sa création en 1952, l'entreprise a vu son activité fortement croître pour franchir en 2016 le seuil des <b>300M€</b> de chiffre d'affaires (+7% par rapport à 2015) pour un résultat courant de plus de 50M€. Le chiffre d'affaire est largement porté par les segments aéronautique, spatial et défense (qui représentaient en 2016, plus des deux tiers de ventes soit <b>216 M€</b>). La répartition géographique du chiffre d'affaires est plus éclatée, avec près de la moitié des ventes réalisées sur le continent américains (43% du CA, + 5% par rapport à 2015) et près de 30% sur le continent Asiatique. La part du chiffre d'affaire réalisé en France et en Europe (hors France) s'élève respectivement à 12% et 16% du CA total du groupe.</p> <p>L'entreprise emploie par ailleurs près de <b>3000 salariés</b> répartis sur 3 trois continents au sein de ses différents sites de production et de ventes. Sur le territoire Radiall emploie près de <b>1400 salariés</b> (47% de l'effectif au 31/12/2018) et dispose de plusieurs sites de production : Château-Renault en région Pays de la Loire (<b>430 salariés</b>), Voreppe ou Saint-Quentin Fallavier en région Auvergne-Rhône-Alpes et qui emploient environ <b>700 personnes</b>.</p>	

Créée en 1917, **Souriau** est une entreprise historique française classée dans le **TOP 30** mondial dans le domaine de la connectique. L'entreprise est spécialisée dans la conception, la fabrication et la commercialisation de solution connectique pour des environnements sévères ou extrêmes dans trois principaux domaines : l'aérospatial et l'aéronautique, la défense et l'industrie. Au cours de son histoire, Souriau a subi de nombreux changements actionnariaux avec notamment son acquisition en 1989 par Framatome ce qui engendra la création d'une division (MAI) au sein FCI. En 2003, Souriau renaît avec le rachat de la division MAI par Axa Private Equity, avant d'être cédée respectivement à Sagard (2006), Esterline (2011) et plus récemment Transgrim (2019).

En dépit de ses nombreux changements d'actionnariat, la société continue son développement : 2018 Souriau réalise un chiffre d'affaire de près de **250M€** et emploie près de **2600** personnes dans le monde dans **9** pays différents (France, USA, Italie, UK, Allemagne, Inde, Chine, Japon et Maroc). En France, l'entreprise emploie près de **1500 personnes** réparties sur plusieurs sites. Le principal site de l'entreprise, celui de Champagne dans le Grand-Est emploie à lui seul **750** personnes et est spécialisée pour la conception et l'industrialisation de connecteurs de gros volume à destination notamment des marchés de l'aéronautique et de l'industrie, à l'inverse celui de Marolles (Ile-de-France) qui emploie près de 350 personnes est spécialisé dans la fabrication de connecteurs de plus petites séries à haute valeur ajoutée. L'entreprise dénombre par ailleurs deux autres sites majeurs localisés à la Ferté-Bernard et à Cluse ainsi qu'une antenne à Toulouse).

Par-delà ces deux grands acteurs, la France dénombre un nombre important de fabricants français de taille restreinte. Ces acteurs possèdent généralement un ou deux sites de production spécialisé (connecteurs de spécialité) pour des volumes réduits à destination de marchés de niches et peu touché par les différentes crises du secteur au cours de ces dernières décennies (industriel, transport, aéronautique, défense). Sur ces segments de marché, la nécessité de proximité clients, la technicité des produits et les temps de certification préservent l'activité des sites français et des marges relativement élevées. Il s'agit notamment d'entreprise comme Alpes Connectiques services (14M€ CA en 2017 pour une quarantaine de salariés) qui implanté à Sainte-Hélène du Lac (73800) et à Bizerte en Tunisie, fabrique des connecteurs spécialisés à destination des marchés automobile, domotique ou celui de l'énergie, ou de l'entreprise Antelec (1M€ de CA en 2016 pour une quinzaine de salarié) qui, localisé en Ile-de-France, conçoit et fabrique sur le territoire de petites séries de connecteurs à destination des marchés de l'électronique professionnelle. Il s'agit également d'entreprises comme ATI-Interco (division de du groupe français ESARIS) qui emploie 120 salariés réalise 14 M€ de CA et est spécialisée dans les solutions de connectique complètes et de gammes de connecteurs.

Plus largement, il convient également de souligner la présence d'Axon Câbles (une ETI françaises employant 800 salariés en France) spécialisée dans la conception et la fabrication d'interconnexions sur mesure (fabrication de câbles et harnais mais également des connecteurs à destination des marchés soumis à un impératif de gains de poids et de miniaturisation comme l'aéronautique et la défense.

### ■ La compétence française dans le domaine de la connectique se manifeste également par la localisation de nombreuses usines et sites de groupes internationaux sur le territoire, tels que les sites de Delphi ou Amphenol.

L'excellence française du secteur de la connectique se caractérise également par l'implantation sur le territoire de nombreuses filiales de groupes étrangers qui y trouvent un écosystème d'innovation, un savoir-faire et des marchés porteurs. En représentant sur le territoire environ **3500** emplois et plus de **800 M€** de chiffre d'affaires leur présence constitue aujourd'hui l'essentiel du tissu industriel français de la connectique. La typologie de ces acteurs est très hétérogène allant des principaux acteurs mondiaux comme TE Connectivity, Delphi, Amphenol, Molex ou JST à des groupes plus modestes et majoritairement Allemand (Wago, Weidmuller, Wielland Electric, Phoenix Contact, Jaeger Connecteur, Harting) ou Suisse (Multicontact)

## Présentation principaux acteurs étranger implantés sur le territoire

	<p>Entreprise Suisse cotée au NYSE, Tyco Electronics Connectivity est <b>le principal fabricant de connectique</b> dans le monde. L'entreprise a réalisée en 2018 un chiffre d'affaire de près de <b>12 Mds\$</b> (avec des clients répartis dans 150 pays) et emploie près de <b>75 000</b> personnes via ses 11 filiales qui permettent à l'entreprise de disposer de sites de production dans plus de 25 pays. La société conçoit, fabrique et commercialise des produits de connectique mais également des relais, capteurs, de la fibre optique, des composants et des écrans tactiles (le portefeuille de l'entreprise possède près de 500 000 références) dans de nombreux domaines industriels dont l'automobile, les systèmes de communications et la maison connectée, l'aérospatial, la défense et la marine militaire, le médical, et l'énergie.</p> <p>En France, Tyco Electronic est aujourd'hui l'un des principaux employeurs du secteur de la connectique avec près 1300 personnes répartis sur plusieurs sites (Ile-de-France, Normandie et AURA). Il convient également de souligner que l'entreprise est l'un des principaux concurrents de Souriau et Radiall sur les marchés de l'aéronautique, du transport, ou industriels. Parmi les éléments notables de l'entreprise en France il convient de souligner la fermeture en 2008 de l'usine de Chapareillan (Isère) dans le cadre de la réorganisation interne et qui a conduit au licenciement 230 employés, l'acquisition en 2012 de Deutsch (à Evreux et spécialisée dans les connecteurs destinés aux environnements sévères). Plus récemment, TE Connectivity a annoncé (i) le rachat de l'activité connecteur d'ABB issue du rachat d'Entelec en 2001 et basée à Chassieu (69),</p>
	<p>Fondée en 1932, Amphenol (USA) est aujourd'hui <b>le second acteur mondial du secteur</b> de la connectique pour les secteurs du militaire, de l'industrie, de l'automobile et télécommunications. En 2017, l'entreprise a réalisé un chiffre d'affaire estimée à environ <b>4Mds\$</b> pour <b>60 000</b> salariés. En France, l'entreprise dispose de plusieurs entités : Amphenol – AIR LB dans le Grand-Est qui emploie environ <b>300</b> personnes et dispose de plusieurs sites de production et est majoritairement positionnée sur la conception et la fabrication de connecteurs pour des environnements sévères, Amphenol FCI à Besançon issu du rachat de la division de FCI en 2015 pour un montant de 1.2Mds\$ et qui emploie <b>250</b> personnes en France ainsi qu'en Amphenol Socapex en AURA qui intervient sur les marché du militaire, de l'industrie et de l'aviation civile et qui emploie également environ <b>250</b> personnes. Par ailleurs, en juillet 2016, Amphenol acquiert AUXEL-FTG, une société spécialisée dans les équipements électriques et les busbars de puissance possédant 4 sites de production dont 1 en France (Gondecourt – 59).</p>
	<p>Delphi est une entreprise spécialisée dans la conception et la fabrication d'équipement pour l'automobile (issu d'une scission de General Motors en 1999) et dont l'entité Delphi Connexion system est <b>le 4<sup>e</sup> acteur mondial de la connectique</b> avec un chiffre d'affaire d'environ 3Mds. Fin 2017, le groupe Delphi se sépare de son activité Powertrain, renommée Delphi Technologies et s'est doté d'une nouvelle identité : Aptiv qui regroupe les activités liées à l'électronique, la sécurité et l'architecture électrique et électronique. En France, Aptiv possède un site spécialisé dans la production de connectique : Il s'agit de l'ancienne division connectique automobile de FCI situé à Epernon (acquis en 2012 pour un montant d'environ 750M€) et qui emploie aujourd'hui environ 500 personnes.</p>

## ■ Focus sur les rachats successifs des différentes activités de FCI, ancien grand leader du secteur en France.

L'entreprise FCI (Framatome Connectors International) est une société particulièrement représentative des changements incessants de périmètre et de leur impact sur l'empreinte industrielle et l'emploi en France. Créée en 1989 et historiquement positionné sur le secteur des solutions d'interconnexion pour les télécoms, les datacoms, les communications sans fil et l'industriel, FCI était une société et déteu majoritairement par **Alcatel** avant de devenir, en 1999 une filiale d'**Areva**. En 2003, Areva se sépare de la division militaire, aérospatial au bénéfice **Axa Private Equity** (ce qui permettra à Souriau de renaitre). Deux ans plus tard, la totalité de l'entreprise est cédée à un fond d'investissement (**Bain Capital**) pour 1Mds€ dont la gestion financiarisée de FCI a conduit à de multiples divisions et de nombreux plans sociaux : en 2011 la division FCI- Microconnection (leader mondial des connecteurs flexibles pour carte à puce) a été revendu et est devenue **Lixens**<sup>90</sup>, en 2012, le groupe **Delphi** a acquis la division connectique automobile de FCI (site d'Epervan) ce qui a conduit à la fermeture du site de Guyancourt. Enfin en 2016, le numéro deux mondial (Amphenol) a finalisé l'acquisition de la totalité des divisions restantes du groupe FCI (dont le dernier site français de Besançon) auprès de Bain Capital pour un montant de 1.2Mds\$. FCI employait alors environ 7000 personnes à travers le monde pour un chiffre d'affaire de l'ordre de 600M\$.

## ■ Synthèse

La France su conserver sur son territoire un écosystème tout à fait remarquable. Les deux principaux acteurs Radiall et Souriau, ajoutés aux usines et filiales des groupes américains ou allemands permettent à la France de maintenir un savoir-faire et une réelle souveraineté dans le domaine de la connectique de spécialité, particulièrement les secteurs de l'aérospatial (et dans une moindre mesure l'automobile). La technicité et la proximité des acteurs français leur garantissent une position importante sur ces secteurs, permettant de maintenir un écosystème également constitué de nombreux acteurs de petite taille. En revanche, la production française pour les marchés de volume à destination d'applications grand public (télécom, informatique) a quasiment disparu<sup>91</sup>. Aujourd'hui, l'avenir de la connectique en France repose entre autres, sur le relais de croissance des marchés aéronautique/militaire, médical, industriel ou transports, pour lesquels la France dispose encore de compétences différenciantes et de facteurs favorables tels que des compétences reconnues en électronique, plasturgie, physique, galvanoplastie, métallurgie ou décolletage à l'image de la vallée de l'Arve.

---

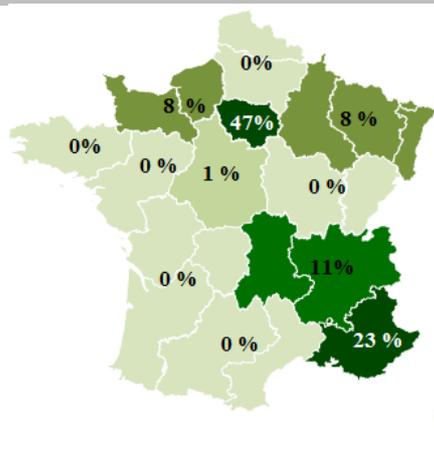
<sup>90</sup> Acquis fin juin 2018, par Tsinghua Unigroup, le fonds lié à l'Etat chinois, pour plus de 2,2 Mds €.

<sup>91</sup> En témoigne notamment le recentrage des activités de l'ancien site de FCI à Besançon historiquement orienté vers les télécoms, vers l'automobile il y'a une dizaine d'années.

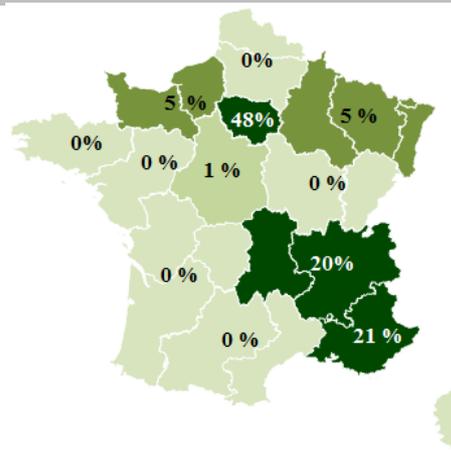
## Les fabricants de composants électronique passifs

**14 acteurs & 17 sites identifiés sur le territoire**  
**305 M€** de chiffre d'affaire cumulés en 2017 et une valeur ajoutée de **115 M€**  
**1 800** salariés réalisant **8 M€** de bénéfices cumulés en 2017

### Répartition géographique de l'activité

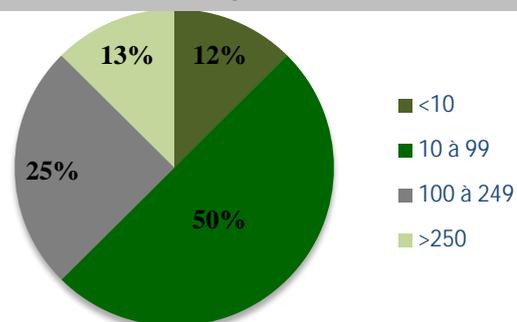
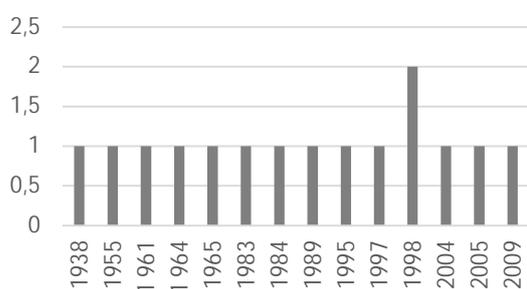


Concentration de l'effectif salarié par région



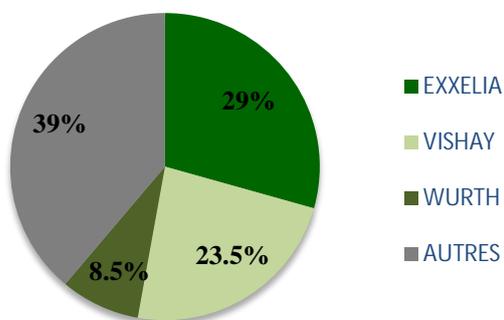
Segmentation du chiffre d'affaire par région

### Répartition des acteurs par année de création et par effectifs

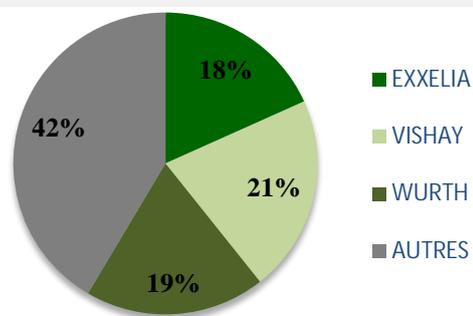


### Principaux acteurs sur le territoire - 2017

#### Répartition des emplois en France



#### Répartition du CA en France



La France dénombre sur son territoire une **vingtaine de fabricants** de composants passifs générant un chiffre d'affaire total de plus **300 M€** et employant environ **1800 personnes de personnes**, majoritairement localisés en Ile-de-France (47%), Paca (23%), Aura (11%), Grand-Est et Normandie (8%).

### ■ L'offre en matière de fabrication de composants passifs en France est mineure et est majoritairement l'œuvre de filiales de grands groupes étrangers.

En représentant moins de **1% de la production mondiale**, la filière française de production de composants passifs est quasiment inexistante et est majoritairement composée de **filiales de groupe étrangers** comme TDK (filiale du groupe Japonais), Murata (filiale du groupe japonais), Vishay<sup>92</sup> (filiale française du groupe Américain), Würth Electronics (filiale française du groupe Allemand) et Rakon (filiale du groupe Néo-zélandaise) **qui réalisent 50% du CA français**.

### ■ Les fabricants français de composants passifs présents sur le territoire possèdent de réels savoirs faire et proposent une offre à forte valeur ajoutée pour les marchés de l'électronique industrielle, de l'automobile et de l'aéronautique/défense.

Hormis ces acteurs, le tissu industriel français est également composé de société comme **Exxelia** qui produit des composants passifs en quantité limitée sur les marchés de niche à forte valeur ajoutée (défense, aviation, médical, spatial) et dispose d'usines en Alsace et en Seine-et-Marne, ainsi que plusieurs entités présentes à l'international. Il convient également de souligner la présence sur le territoire de la petite entreprise **SRT-Microcéramique** qui fabrique des MLCC en France. Ses condensateurs sont destinés à des applications de niche à haute température ou haute tension, telles que la défense ou l'aéronautique. Enfin, la jeune entreprise **IPDiA**, basée à Caen et qui emploie **130 personnes**, réalise notamment des condensateurs 3D pour l'automobile et le médical, a été rachetée par le groupe japonais **Murata** en 2016. Il s'agit d'un ancien site de NXP, qui réalise des composants passifs sur silicium en utilisant des technologies de gravure de semi-conducteur.

### ■ La filière française de production de composants passifs, qui adresse avant tout des marchés de spécialité, ne possède ni les ressources, ni les savoir-faire particuliers pour produire des composants passifs de commodité.

**La filière française** de production de composants électronique, majoritairement orienté vers les marchés de l'électronique industrielle, de spécialité et de certaines applications automobiles, **possède de réels-savoirs faire de production de composants passifs sur ces marchés spécifiques**. En revanche, la filière ne possède ni les ressources, ni les savoirs faire particuliers, pour produire, à prix compétitif, des composants couramment utilisés pour les marchés de plus fort volume comme celui des télécommunications ou des équipements audios et vidéos grands publics.

Aussi, il convient de souligner que la filière française **ne peut assurer la production des composants électroniques passifs les plus couramment utilisés** par les acteurs français situés en aval (en particulier concernant les condensateurs céramiques et aluminium) **créant de fait une dépendance quasi-totale pour la filière française de l'électronique**, en particulier auprès des acteurs japonais.

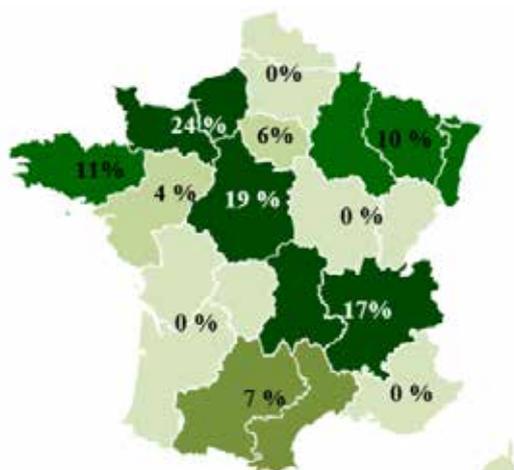
---

<sup>92</sup> Qui a acquis en 2013 l'entreprise Mayennaise MCB Industrie

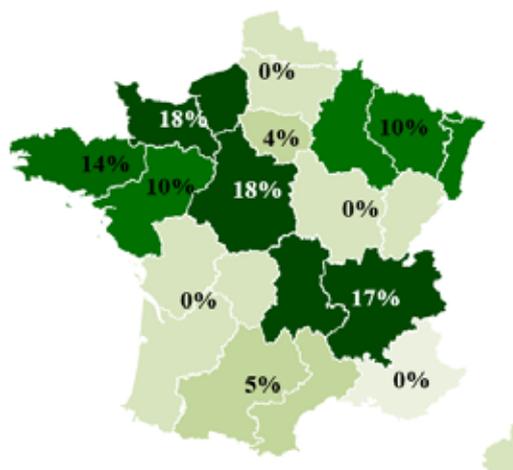
## Les fabricants de circuits imprimés

**16 acteurs & 24 sites identifiés sur le territoire**  
**160 M€** de chiffre d'affaire cumulés en 2017 ~ **20%** à l'export  
**10%** de la production Européenne et une valeur ajoutée de plus de **115 M€**  
**1 800** salariés réalisant **8 M€** de bénéfices cumulés en 2017  
**1 acteur français dans le TOP Européen.**

### Répartition géographique de l'activité

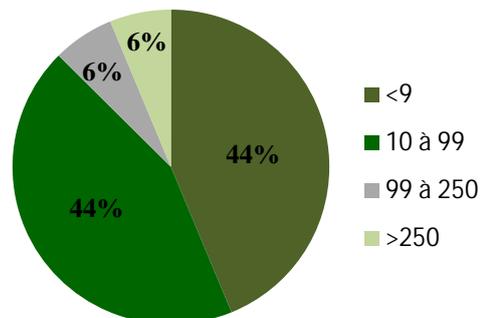
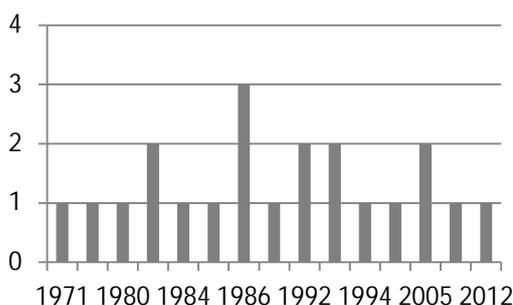


Concentration de l'effectif salarié par région



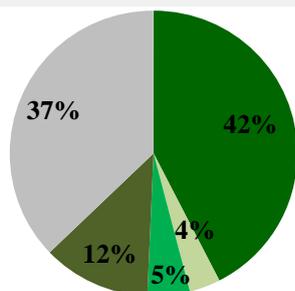
Segmentation du chiffre d'affaire par région

### Répartition des acteurs par année de création et par effectifs

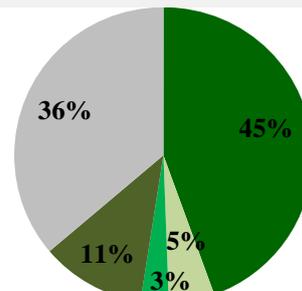


### Principaux acteurs sur le territoire - 2017

#### Répartition des emplois en France



#### Répartition du CA en France



## ■ La filière française des fabricants de circuits imprimés (PCB) a subi une véritable hémorragie entre 1990 et 2010 avec une perte de 75% des fabricants et du chiffre d'affaire.

Maillon essentiel de la composante fabrication de la filière électronique, les acteurs du circuit imprimé (PCB - Printed Circuit Board) fabriquent le support physique sur lequel sera brasé un ensemble de composants électroniques. Situé en amont de la chaîne de valeur, ils sont les fournisseurs des fabricants de cartes et systèmes électroniques dont ils sont fortement dépendants.

Le vaste mouvement de délocalisation/externalisation de la part des OEM depuis les années 2000 a profondément transformé, en France comme en Europe, la filière des fabricants de circuits imprimés. En l'espace de 15 ans, la filière française a subi une véritable hémorragie avec une chute de la production en valeur de **75%** de sa valeur et une diminution de **80% du nombre d'entreprises**. En 1988 plus de 200 usines produisaient des PCB dans le pays, en 2000 la France n'en comptait plus qu'une centaine (CA de **600M€** et **4500 emplois**) pour en dénombrer, en 2002, qu'une soixantaine (CA de **300M€** et **2600 emplois**). En 2018 le pays n'en recense plus que **seize** pour un chiffre d'affaire cumulé d'environ **160 M€** et **1800 emplois**.

Néanmoins, depuis deux ans, la diminution du chiffre d'affaire de la filière a cessé. Une légère augmentation des revenus a même été constatée. Ils s'élèvent aujourd'hui à environ **160M€** et représentent **9.5%** du chiffre d'affaire européen (derrière l'Allemagne et l'Italie). Cette tendance à la hausse de la production française est avant tout conjoncturelle et s'explique principalement par un marché national aérospatial et militaire<sup>93</sup> en bonne santé sur lequel les acteurs français sont bien positionnés.

## ■ La situation économique difficile des entreprises du secteur au cours des dernières années a également conduit à un sous-investissement chronique dans les outils de production et plusieurs facteurs externes obstruent aujourd'hui le développement de la filière française.

Aujourd'hui la filière française se compose d'entreprises petites et peu consolidées, avec un CA moyen de **5 à 6 M€**<sup>94</sup> et est majoritairement positionnée sur les marchés des circuits imprimés complexes, à haute fiabilité et répondant aux besoins des secteurs de la défense, de l'aéronautique et, dans une moindre mesure, de certaines applications spécifiques du marché de l'industriel<sup>95</sup>.

La première entreprise française sur le marché des PCB est le groupe **Elvia**, qui compte plus de **600 salariés**. Anciennement partie du groupe Alcatel, son chiffre d'affaires est de **70 M €**, ce qui en fait le cinquième fabricant européen. Le groupe est l'un des leaders en aéronautique, spatial et militaire. Le groupe **CIMULEC** est un autre leader français, qui emploie 160 personnes sur 3 sites avec 21 M € de chiffres d'affaires. En 2014, le groupe prend le contrôle de **Systronic** et renforce ainsi sa présence dans l'aéronautique, le militaire et le spatial. Le dernier acteur principal est le groupe **GTID**, rassemblant 115 salariés et 5 filiales, dont Proctecno qui est spécialisée dans les circuits imprimés.

Cependant, en dépit de cet écosystème implanté en France, les assembleurs de cartes électroniques français dépendent très largement de l'extérieur pour se fournir en PCB. En effet, sur les **650 M €** de circuits imprimés achetés pour le marché français, **150 M €** sont fabriqués sur le territoire et **500 M €** sont importés, majoritairement auprès de la Chine, de l'Allemagne, de Taiwan et de la Pologne. Cela peut s'expliquer :

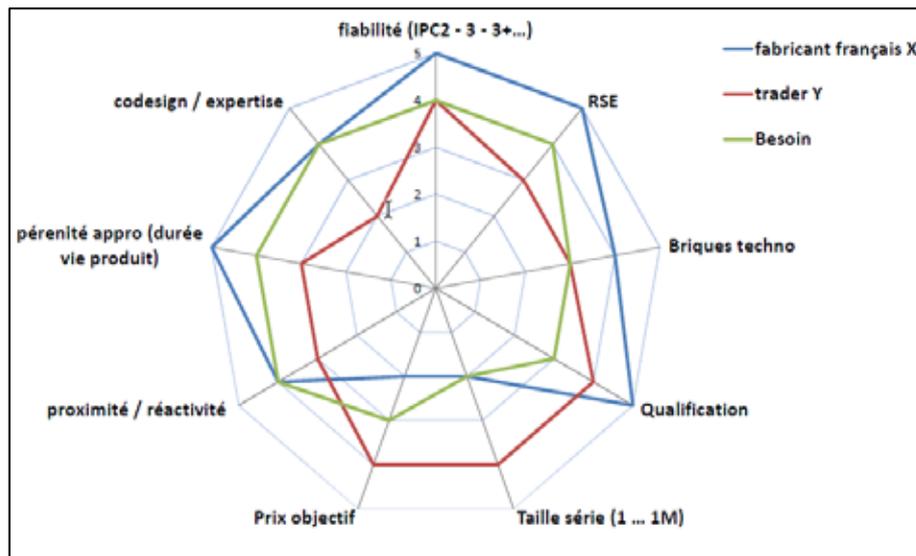
§ Par le positionnement de niche des offreurs français sur les marchés spécialisés de l'aéronautique et de la défense : ces derniers, proposant une offre trop spécialisée et apparaissent aujourd'hui comme fragiles et peu compétitifs.

L'offre actuelle des fournisseurs français, à haute valeur ajoutée technologique et de service associés (homologation, qualification, fiabilité, analyse du dossier de fabrication, DFx), ne constitue pas un facteur différenciant suffisant pour de nombreux assembleurs positionnés sur des marchés de moyens et grands volumes (ou le prix unitaire et la réactivité des fabricants sont également déterminants).

<sup>93</sup> Représente plus de 60% des débouchés pour la filière et parfois beaucoup plus pour certaines entreprises.

<sup>94</sup> Sur les 16 entreprises de la filière seulement 2 possèdent un CA > 10 M€ (CIMULEC) et un seul >à 50M€ (ELVIA)

<sup>95</sup> Les débouchés sur ces secteurs représentent plus de 75% des revenus de la filière.



**Figure 10 : Positionnement de l'offre française en matière de fabrication de circuits imprimés.**

Source : Acsiel Alliance Electronique.

Par ailleurs, la situation économique difficile<sup>96</sup> de l'ensemble des acteurs durant ces dernières années a conduit à une baisse notable des investissements tant en production<sup>97</sup> (équipement de dernière génération et personnel qualifié) qu'en études avancées (point pourtant crucial pour l'avenir de ce secteur) : en 2018, l'immense majorité des acteurs français possède un outil de production datant de **plus de 20 ans** et ne dégagent aujourd'hui pas une **marge suffisante** pour, investir dans les outils de production, s'internationaliser, ou accentuer leurs efforts de R&D pour gagner en compétitivité, en particulier s'agissant des marchés à plus grands volumes comme ceux de l'automobile ou de certains marchés industriels.

§ Mais également par plusieurs facteurs externes, indépendants acteurs français du circuit imprimé, et qui obstruent leur développement.

En premier lieu, le circuit imprimé est souvent vu, à tort, comme un produit de commodité par la plupart des acheteurs. En raisonnant en termes de prix unitaire et non de coût total<sup>98</sup> les acheteurs préfèrent se fournir auprès de fabricants qui proposent les produits moins chers. Plus largement, **les assembleurs** (EMS – *Electronic Manufacturing Services*) **et par-delà les donneurs d'ordre** (OEM – *Original Equipment Manufacturer*) peuvent sous-estimer les avantages que peuvent procurer la production de proximité (assistance au développement d'un nouveau produit, coopération efficace et sécurisante pendant l'introduction d'un produit sur le marché, réaction rapide en cas de fluctuation de la demande, ...). Parallèlement, **l'offre en circuits imprimés de certains pays asiatiques concurrence fortement celle des pays Européens**. Avec des capacités d'investissement conséquentes<sup>99</sup>, les fabricants Asiatiques ont effectué une montée en gamme de leurs produits et se positionnent maintenant sur des technologies haut de gamme.

Enfin la délocalisation progressive des fabricants de stratifiés et de feuilles de cuivre hors de l'Europe ont conduit les fabricants de circuits imprimés français à être fortement dépendant de la demande asiatique. En 2018, il n'existe plus que deux usines (Isola et Panasonic) en Europe pouvant fabriquer les matériaux nécessaires à la réalisation de circuit imprimés. Ainsi lorsque des tensions apparaissent sur ces matériaux, les fabricants Européens en sont les premières victimes (restrictions des fournitures vers l'Europe qui entraînant de fait une augmentation des prix et un allongement des délais) et sont contraint de renier davantage sur leur marge et donc sur leur capacité d'investissement.

<sup>96</sup> Manque de visibilité, absence d'acteurs présentant une taille critique suffisante, baisse des commandes, ...

<sup>97</sup> Les efforts se sont concentrés sur l'optimisation des process industriels de l'outil productif existant et répondant aux caractéristiques de ces marchés haut de gamme et spécialisée ont été effectués.

<sup>98</sup> Le coût, d'un circuit imprimé n'est pas seulement son prix mais doit inclure les frais logistiques, les stocks dormants ou de sécurité, le poids financier, les dépenses de résolution de problème de qualité.

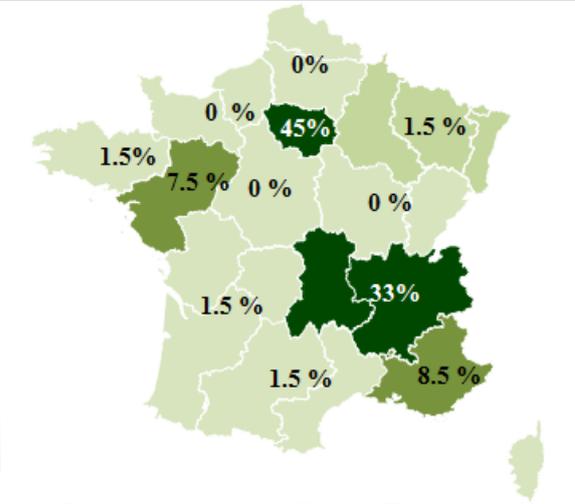
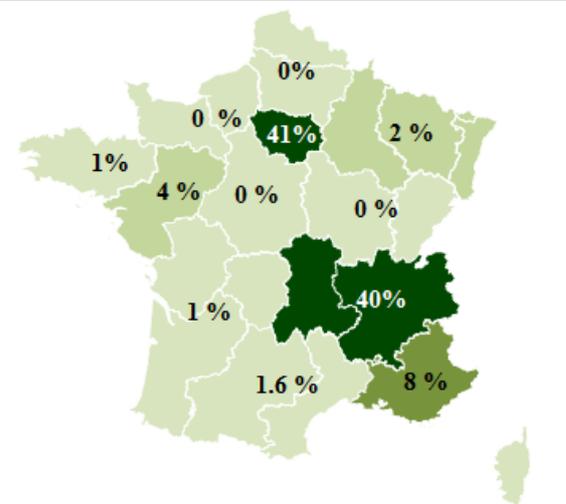
<sup>99</sup> Dès 2010, les 5 plus grands fabricants Asiatiques possédaient des capacités d'investissement 8 fois supérieures aux 5 plus grands acteurs Européens.

■ **Toutefois, la France dénombre quelques acteurs de taille critique suffisante pour assurer une indépendance technologique et de souveraineté nationale à court terme.**

Si il n'existe pas, à court terme, de risque majeur de dépendance stratégique (les fabricants français et européens étant majoritairement spécialisés dans la défense ou l'aérospatial et dénombre plusieurs acteurs de taille critique suffisante comme Elvia) c'est la pérennité de la filière dans son ensemble qui soulève **à moyen-terme** de nombreux enjeux, particulièrement pour les équipementiers français opérant dans des domaines stratégiques et n'ayant pas d'autres choix que de s'approvisionner en France -pour ne pas divulguer des informations sensibles sur l'architecture des systèmes électroniques de défense).

**93 acteurs identifiés sur le territoire**  
**200 M€** de chiffre d'affaires cumulé en 2017 et une valeur ajoutée de **91 M€**  
**1429** salariés réalisant **9 M€** de bénéfices cumulés en 2017

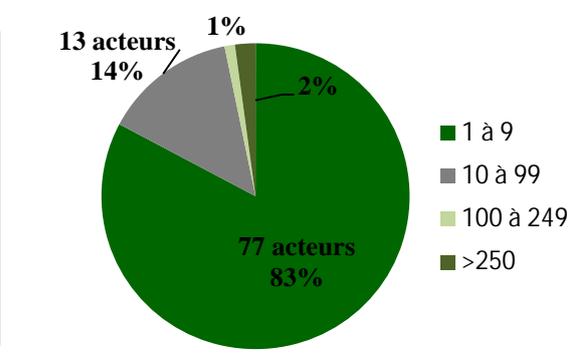
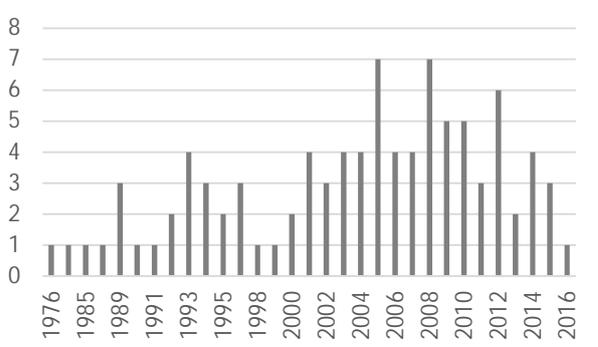
**Répartition géographique de l'activité**



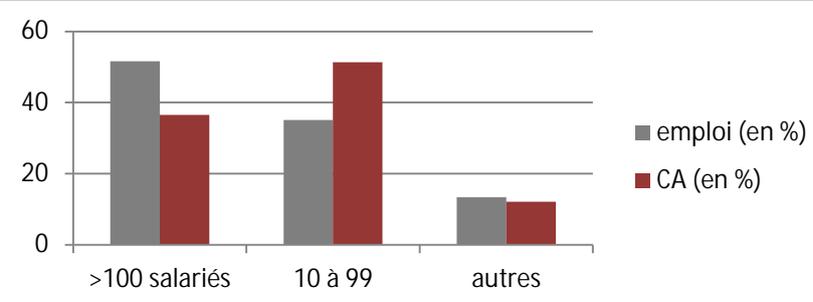
Concentration de l'effectif salarié par région

Segmentation du chiffre d'affaire par région

**Répartition des acteurs par année de création et par effectifs**



**Répartition des emplois et du CA en France**



<sup>100</sup> Cela concerne uniquement les bureaux d'étude justifiant d'activités de conception de cartes et systèmes électroniques, sous-ensembles et ensembles complets.

Le périmètre de la cartographie réalisé dans le cadre de cette étude se limite aux bureaux d'études réalisant **d'activités de conception de cartes et systèmes électroniques, sous-ensembles et ensembles complets et justifiant d'une activité de fabrication marginale, limitée aux activités de prototypages**. En effet, il a été posé l'hypothèse qu'un bureau d'étude avec une activité de fabrication électronique significative (supérieure à 20% du chiffre d'affaires global, moyens de production série) et durable (stratégie non opportuniste) soit considéré comme un EMS dans la suite de l'étude et les travaux de cartographie.

Au total, 93 acteurs économiques ont été identifiés relevant d'une activité de conception de carte électronique et de **prototypage génère un chiffre d'affaires cumulé de plus de 190M€ associé à une valeur ajoutée de plus de 91M€ et représente un effectif salarié de 1429 personnes**.

La création d'activité de bureaux d'études a connu une dynamique ascendante à partir des années 2002 pour ensuite décroître à partir de 2012. Le panel est donc **composé majoritairement d'entreprise jeunes de moins de dix salariés** disposant d'une dizaine d'années d'ancienneté mais compte peu de nouveaux acteurs créés après 2014.

En termes de répartition géographique, les effectifs salariés ainsi que les volumes d'activités (en termes de chiffre d'affaires) se concentrent sur l'Île-de-France, l'Auvergne-Rhône Alpes, la Provence Alpes Côte d'Azur ou encore les Pays de la Loire.

### **Analyse complémentaire à partir des données de l'INSEE**

Le panel de 93 acteurs économiques identifiés contient majoritairement les codes d'activités principales suivants :

- § Programmation informatique (6201Z)
- § Ingénierie, études techniques (7112B)

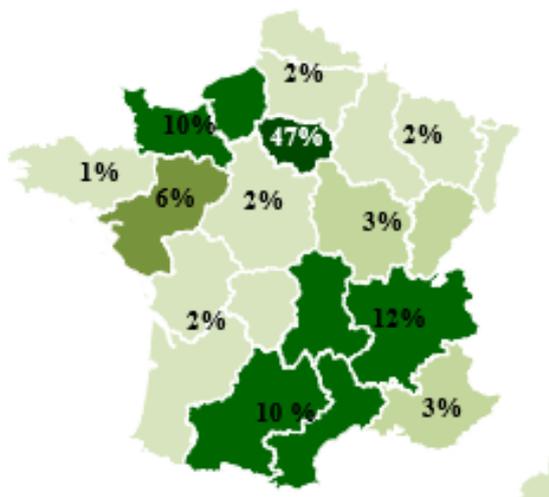
Etant donné que la sous-classe 7112B intègre, en plus des activités de conception dans le domaine du génie électrique et électronique, la réalisation de projets intéressants les activités d'ingénierie et de conseil dans les machines industrielles, les procédés, le génie civil, le génie hydraulique, les projets de gestion de l'eau, les données fournies par l'INSEE sur cette classe (44 000 entreprises, 205 000 personnes, 44 Mds€) et le présent travail de cartographie spécifique à l'électronique ne sont pas comparables.

Les fabricants et distributeurs d'équipements de fabrication, de test et mesures et de consommable pour l'assemblage électronique.

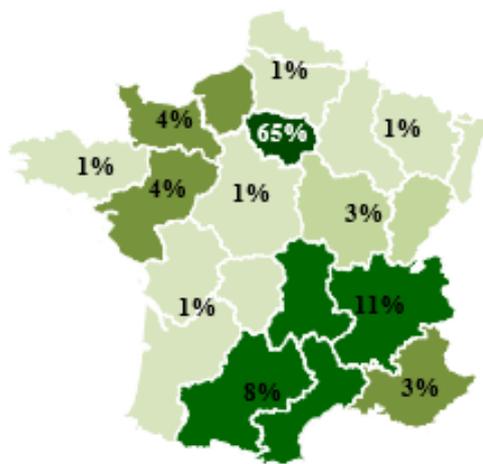
### 114 acteurs identifiés sur le territoire

**1,4 Mds €** de chiffre d'affaires cumulé en 2017 et une valeur ajoutée de **829 M€**  
**4 900** salariés réalisant **36 M€** de bénéfices cumulés et ~ **10-15%** à l'export

#### Répartition géographique de l'activité

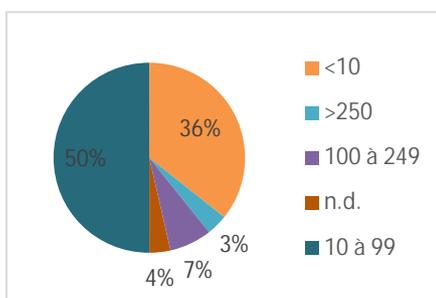
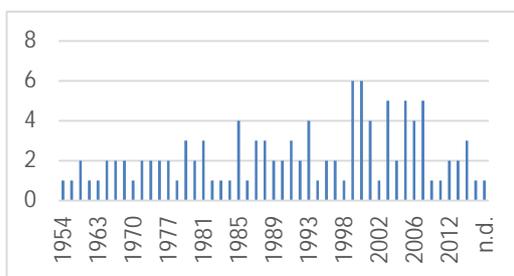


Concentration de l'effectif salarié par région



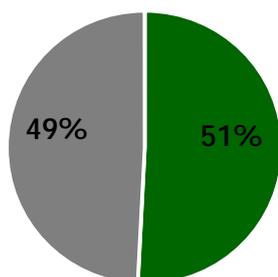
Segmentation du chiffre d'affaire par région

#### Répartition des acteurs par année de création et par effectifs



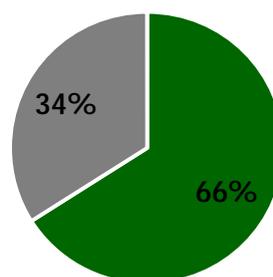
#### Répartition des emplois et du CA en France

Concentration de l'effectif salarié par segment



- Équipement et consommable
- Test et mesure

Répartition de la VA par segment



Au total, le panel de **114 acteurs économiques identifiés**, répartis sur **160 sites** génèrent un chiffre d'affaires de plus de **1,4 Mds€** et une valeur ajoutée de plus de **829 M€** et représentent un effectif salarié de près de **7200 personnes**. L'activité a connu un léger pic de création d'entreprises et d'antennes commerciales sur le territoire à partir des années 2000 mais le panel est **composé majoritairement d'entreprises fondées avant les années 2000 et comptant entre 10 et 100 salariés**. En termes de répartition géographique, les effectifs salariés se concentrent sur l'Île-de-France, l'Auvergne-Rhône Alpes, la Normandie ou encore l'Occitanie. A noter également que l'effectif salarié du panel est équitablement réparti sur les deux segments analysés. Le segment des équipements et des produits consommables représente 51% des effectifs et 66% de la valeur ajoutée tandis que le segment des équipements et des produits consommables représente 49% des effectifs et 34% de la valeur ajoutée

## ■ Focus sur les importateurs, concepteurs et fabricants d'équipement de test et de mesure pour l'assemblage de cartes électroniques.

Les équipements de tests et mesure pour la fabrication de cartes électroniques, forment un vaste éventail de produits. Le périmètre du présent travail de cartographie inclut les acteurs qui distribuent, conçoivent ou fabriquent des équipements de type : oscilloscopes, analyseurs de signaux, compteurs, générateurs de signaux, et instruments de mesure des signaux, de mesures électriques de tension et puissance. La cartographie inclut également les acteurs justifiant d'activités de prestations dans les domaines du test de composants, de cartes et sous-ensembles électroniques.

A l'exception de quelques fabricants notables et présents sur le territoire, la France dispose dans son ensemble d'un écosystème de fournisseurs de services et d'équipements de production, de test et de mesure modéré. Son tissu économique est majoritairement composé de filiales, souvent de groupes étrangers, qui revendent sur le territoire et de distributeur multimarques ou d'acteurs justifiant d'activités en services de maintenance d'équipement de test et de mesures. Parmi les entreprises françaises produisant su dans le domaine du test de cartes et de systèmes électroniques, de l'assemblage et de la mesure, nous pouvons par exemple citer Chauvin Arnoux, Spherea .... Dans le secteur de la maintenance, un leader mondial est français, il s'agit du groupe Trescal et affichant par ailleurs une très bonne santé. Il convient par ailleurs de souligner que certains EMS peuvent également présenter des activités dans ce domaine : par exemple l'EMS Tronico (64 M € de chiffres d'affaires en 2016), filiale du groupe Alcen qui dispose également d'activités de test et d'assemblage pour les cartes électroniques à destination du domaine de la défense et de l'aérospatial. Elle dispose de deux usines, en France et au Maroc

Plus largement, des entreprises étrangères dans le domaine du test de cartes et de systèmes électroniques, de l'assemblage et de la mesure sont également implantées sur le territoire, il s'agit notamment HTDS qui emploie 50 salariés sur le territoire, de Rohde & Schwarz et Keysight Technologies qui emploient une centaine 100 salariés sur le territoire. Toutefois, le cœur de leurs activités demeure souvent la fourniture et la maintenance d'équipements, des activités à plus haute valeur ajoutée que la prestation de services de test pour des gros volumes.

	<b>TRESCAL</b>
<p>Division d'Air Liquide jusqu'en 2007, Trescal est aujourd'hui le leader mondial des services de métrologie et de gestion de parc d'instruments de test et mesure multimarques (vérification, étalonnage et réparation d'instruments de mesure, mise en place et acquisition de systèmes de mesures, de solutions personnalisées de gestion de parc, support technique,). Le groupe, qui intervient dans des secteurs variés de l'électronique, de l'aéronautique, du spatial, de la défense, ou encore de l'automobile, a réalisé en 2016 un chiffre d'affaire d'environ 300 M€, dispose d'un portefeuille de près de 50 000 clients et effectue plus de 3M d'intervention dont 27 000 réparations par an sur plus de 150 000 types d'instruments de 20 000 marques différents. Fortement internationalisée grâce à de nombreuses acquisitions (plus d'une vingtaine en moins de 10 ans), l'entreprise est présente dans plus de 22 pays et emploie environ 3500 personnes. En France l'entreprise dispose de nombreuses antennes, emploie plus de 500 personnes et y réalise environ 20% de son chiffre d'affaire.</p>	



## CHAUVIN ARNOUX GROUP

Fondée en 1893 par Raphaël Chauvin et René Arnoux, Chauvin-Arnoux étudie, fabrique et commercialise une large offre d'appareils de mesure portables et de laboratoire dans les domaines électrique, électronique et des grandeurs physiques. Pour l'électronique, il s'agit par exemple d'oscilloscopes portables et de table, de générateurs de fonction, d'alimentations ou encore d'analyseurs de spectres. En 2016, l'entreprise a réalisé un chiffre d'affaire de **100M€** (dont la moitié en France), dispose de **10 filiales** et emploie près de **900 collaborateurs** à travers **7 sites de production** et **6 bureaux d'étude** partout dans le monde. Le groupe Chauvin Arnoux est aujourd'hui un acteur notable du marché de la mesure et du test en France comme à l'international et conserve son propre outil de production garant de la maîtrise totale de la chaîne de fabrication et des étapes de contrôle qualité des produits. Sur le territoire, l'entreprise dispose de 4 sites de production dont trois d'entre eux sont situés en Normandie (Vire, Villedieu-les-Poêles et Pont-L'Évêque), et qui assurent la fabrication des appareils de mesure, de la réalisation des pièces mécaniques à l'assemblage et l'expédition en passant par la réalisation et le câblage des circuits imprimés. Un autre site à Meyzieu en banlieue lyonnaise assure la conception de capteurs de température sur mesure, à destination du monde entier.



## SPHEREA – Test & Services

Filiale du groupe Airbus jusqu'en 2014, Sphera est une entreprise spécialisée dans la conception et la fabrication de solutions de tests modulaires sur l'intégralité du cycle de vie de systèmes électroniques, hyperfréquences, optroniques, mécatroniques complexes et critiques pour le secteur de l'aéronautique. En 2016, l'entreprise a réalisé un chiffre d'affaire de plus de **100M€** et dénombre sur le territoire **360 salariés** répartis sur plusieurs sites dont Toulouse, Elancourt, Nantes. Fortement tournée à l'internationale, l'entreprise dispose d'implantation aux Etats-Unis, en Allemagne et au Royaume-Uni et réalisé plus de la moitié de son CA à l'export. Récemment, les rachats de NoiseXT (2015) et de Puissance+ (2017) lui ont permis d'élargir son offre aux solutions relatives à l'hyperfréquence et à l'électronique de puissance.



## ASGARD GROUP

Le groupe Asgard propose des solutions dans les domaines de l'instrumentation et de la mesure. Le groupe est composée de 3 filiales (AOIP, SOFIMAE, DIMELCO) qui totalisent un chiffre d'affaire d'environ **15 M€** pour une **soixantaine de salariés**. Historiquement, le groupe a bâti son activité dans l'instrumentation avec **AOIP**, acteur reconnu dans la mesure, dont les solutions sont utilisées par plus de **40 000 clients** d'une **soixantaine de pays** couvrant tous les secteurs de l'industrie et des laboratoires. La société AOIP (qui a acquis en 2018 la gamme de produit de Pontarlier) se positionne sur des marchés de niche avec des produits à forte technicité et à forte valeur ajoutée. Elle conçoit, développe et vend des équipements d'instrumentation (calibration, ohmmètres et systèmes d'acquisition de données), des systèmes de navigation et des démarreurs moteurs. Le groupe Asgard a renforcé cette activité en 2010 par l'acquisition de **Sofimae** (et fusionnée avec **SEMELEC** depuis son acquisition en 2018) qui propose à ses clients industriels une gamme complète de prestations de vérification, d'étalonnage, de maintenance et de gestion de parc réalisée sur site ou dans ses laboratoires. Sofimae possède trois accréditations COFRAC (température, temps – fréquence et électricité – magnétisme). L'acquisition en **2013** de **DIMELCO** est venue compléter l'offre du groupe. Dimelco, distributeur spécialisé présent sur tout le territoire national, propose des solutions d'instrumentation de test et de mesure à usage industriel et assure la maintenance et la vérification de ces équipements. En 2015, le pôle « Mesure » représentait plus de 70% du chiffre d'affaires du groupe. En 2016, le groupe se sépare de sa filiale Alliansys à un groupe d'investisseurs regroupant la société Majest et **Michel de Nonancourt**, dirigeant de Villelec (67).

## ■ Focus sur les importateurs, concepteurs et fabricants d'équipement de production, pour l'assemblage de cartes électroniques.

Les équipements de production pour la fabrication de cartes électroniques, forment un vaste éventail de produits. Le périmètre du présent travail de cartographie inclut les acteurs qui distribuent, conçoivent ou fabriquent des équipements de traitement et de conditionnement des composants, de nettoyage, de dépose de produits de brasage et soudage, de mesure manuels ou robotisés (2D, 3D, RX ...), d'inspection optique pour les cartes et circuits électroniques, des fours de refusions et polymérisation, ou encore des robots de placement des composants électroniques.

A l'image des sociétés présentes lors du salon Produtronica de Munich du 14 au 17 novembre 2017, la plupart des leaders mondiaux sur le segment des équipements de production sont italiens, Allemands ou Japonais, ou Chinois. Aujourd'hui, le pays ne dénombre plus qu'un nombre restreint d'acteurs nationaux qui conçoivent, fabriquent et commercialisent des équipements de production pour l'assemblage électronique :

Il s'agit par exemple de **Mycronic**, entreprise Suédoise spécialisée dans les équipements de production pour l'assemblage en électronique, et qui a acquis en 2017 pour 8 millions d'euros de **Vi Technology**, fournisseur français (Saint-Egrève, 38) de solutions innovantes d'inspection pour l'assemblage de cartes électroniques CMS. Depuis sa création, Vi Technology a livré environ 3000 machines pour l'inspection optique automatique des circuits imprimés à 500 clients opérant sur les marchés de l'industrie électronique (automobile, aéronautique & défense, spatial, industriel...). Le pays dénombre par ailleurs plusieurs petits distributeurs qui proposent régulièrement des services à valeur ajoutée tels que la maintenance ou l'intégration de leurs équipements. Il s'agit également d'**Europlacer** conçoit et fabrique en France (Rocheservière -85) une gamme complète d'équipements de placement CMS, des systèmes hautement flexibles pour l'industrie électronique.

Plus largement, le pays dénombre plusieurs importateurs qui couvrent généralement les équipements de production, de test, de mesure, d'inspection, et logiciel pour l'assemblage électronique et assurent également des fonctions support (formations aux technologies et aux équipements, le diagnostic et la maintenance des matériels et des logiciels, la fourniture des pièces de rechange et des consommables, ...). Il s'agit notamment d'Accelonix (30 salariés en France), Davum TMC (15 salariés), MJB (20 salariés), de W-Tech (15 salariés) ou encore SDEP et STP group (8 salariés).

Plus largement le pays compte également plusieurs représentations commerciales de fabricants étrangers comme par exemple SEICA, ASM Assembly,

Il convient également de souligner la présence ASTER Technologies, une société qui compte onze salariés à Cesson, pour la majorité des ingénieurs ou des experts informatiques. Il propose des outils logiciels pour l'industrie électronique afin d'augmenter la qualité des cartes ou des systèmes électroniques. La recherche et développement est intégralement conçu et réalisée sur le site de Cesson-Sévigné

## ■ Focus sur les fournisseurs et distributeurs de produits consommables.

La France compte très peu de fabricants de produits consommables pour l'assemblage électronique. Comme pour les équipements de production, de test et de mesure, le paysage français des fournisseurs de consommables est composé majoritairement de **distributeurs multimarques**. Généralement, ces acteurs couvrent aussi la distribution d'équipements de production.

Il s'agit par exemple d'entreprise comme : MJB (20 salariés -10M€ en 2016) en Ile-de-France qui distribue des outillages, des petits consommables techniques, des équipements de production et services associés ou de Chimie Tech Services (12 salariés) qui distribue des équipements et consommable pour l'industrie d'assemblage électronique (crème à braser, vernis de tropicalisation, encapsulation, ..) mais également pour l'industrie du semi-conducteur et du circuit imprimé ou encore d' Alpha Assembly (15 salariés localisés en Pays de la Loire) qui distribue des produits chimiques pour le soudage et le brasage et des pochoirs de sérigraphie.

Le travail de cartographie (non exhaustif) a toutefois permis de dénombrer quelques fabricants de produits consommables pour la fabrication de cartes électroniques dans les domaines des produits de brasage et de soudage, de colles et vernis ou de résines et encres conductrices. Il s'agit notamment d'entreprises comme :

- Métaux Blancs Ouvres (40 salariés, 17M€ en 2016) localisée Bourgogne-Franche-Compte et qui est spécialisée dans la fabrication de produits de brasage tendre, d'alliages d'étain, de fils de soudure, de préformes, de flux, de décapants, de crèmes à braser, de soudures sans plomb destinés à l'industrie électronique, électrique et électromécanique.
- Inventec (filiale du groupe Dehon, 50 salariés pour un CA de 40M€ en France). Localisée en région Auvergne-Rhône-Alpes, l'entreprise développe une gamme de crèmes à braser et de flux pour la soudure (à la vague standard ou sélective), des produits chimiques pour la réparation & la maintenance des composants critiques des circuits imprimés tels que ceux des BGA et QFN, mais également des produits de soudures pour process tels que les matrices de billes(CSP, BGA), flip chip et préparation de puces utilisés dans la fabrication de semi-conducteurs bipolaires, cartes mémoires, micromodules et assemblages hybrides.

Bien que non inclus dans le périmètre de l'étude il convient également de mentionner l'entreprise **Air Liquide (2300 salariés)** dont l'activité Electronique qui fournit largement la filière électronique (en particulier le secteur du semi-conducteur) en gaz, matériaux mais également des équipements et installations, liés au développement des usines de fabrication de semi-conducteurs. De manière plus modeste certains autres fournisseurs de consommable pour l'industrie de la microélectronique sont également présent sur le territoire comme par exemple Toppan (entreprise japonaise qui emploie en France une centaine de personnes) et qui fournit notamment des masque et encres pour l'industrie du semi-conducteur. En revanche, le pays ne dispose sur son territoire de fabricants de plaques de silicium « wafer silicium<sup>101</sup> », indispensables à la fabrication de puces électroniques. Le seul fournisseur Européen est Siltronic (4<sup>ème</sup> acteur mondial) qui produit des plaquettes de diamètre entre allant 150 (et moins) jusqu' à 300mm).

Globalement bien que l'offre en matière de consommable soit relativement faible, les acteurs interrogés (assemblage électronique) n'ont pas soulevé d'inquiétude particulières concernant les dépendances sur certains matériaux consommables (hors métaux, non inclus dans la présente étude) en précisant toutefois que le risque est plus important sur les machines de fabrication, test et mesure que pour les consommables.

#### **Analyse complémentaire à partir des données de l'INSEE**

Le panel de 114 acteurs économiques identifiés contient majoritairement les codes d'activités suivants :

- § Analyses, essais et inspections techniques (7120B)
- § Ingénierie, études techniques (7112B)
- § Commerce de gros (commerce interentreprises) de composants et d'équipements électroniques et de télécommunication (4652Z)
- § Commerce de gros (commerce interentreprises) de fournitures et équipements industriels divers (4669B)
- § Fabrication d'autres machines spécialisées (2899B)

Cette grande disparité des codes NAF qui intègrent à chaque fois de nombreuses activités et acteurs n'ayant aucun lien avec l'électronique, représente un frein à la comparaison du travail de cartographie produit avec les données fournies par l'INSEE

<sup>101</sup> Il convient toutefois de rappeler, l'industrie du semi-conducteur, utilise également, pour les applications les plus exigeantes, des substrats spécifiques (et notamment les plaques SOI de Soitec - cf. partie SC)

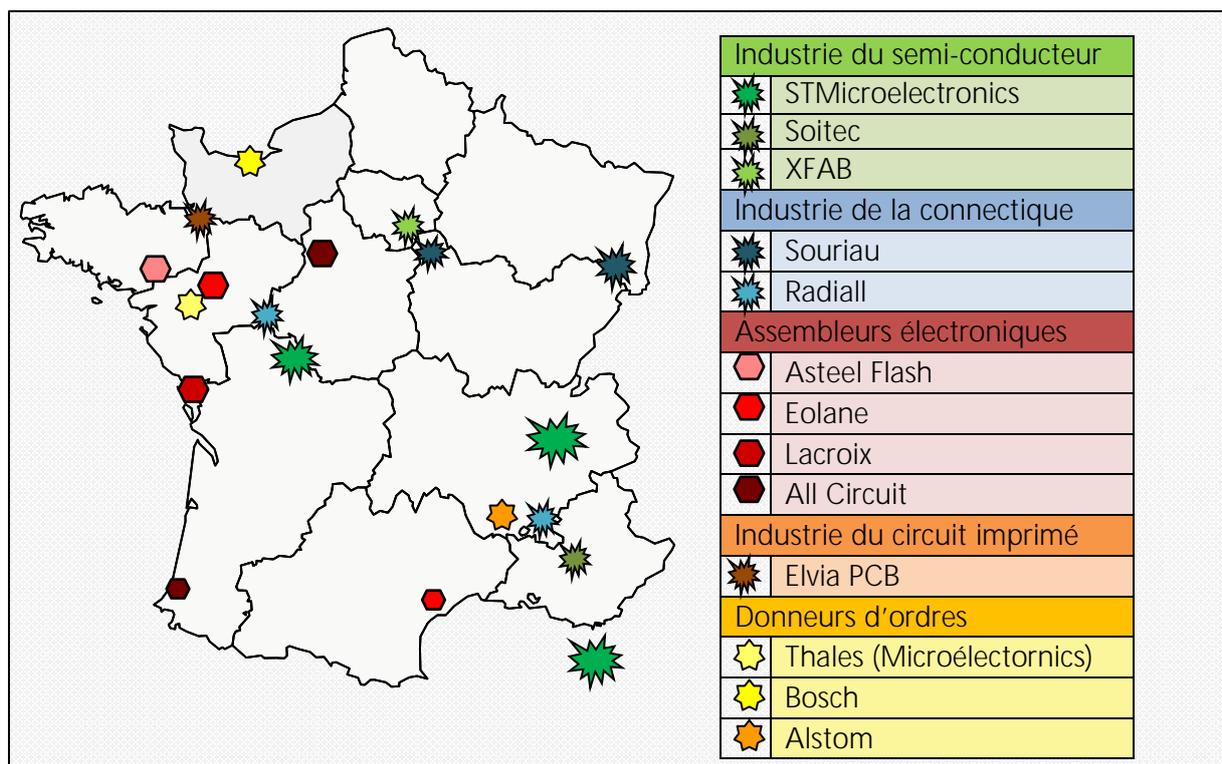
## Synthèse du travail de cartographie :

Tirée historiquement, avant les années 2000, par la demande du marché des télécommunications via une production de volume (souvent mono-produit et mono-client), l'électronique française a ensuite connu la généralisation du concept d'entreprise sans usine ou « *fables* » (prôné par de grands industriels à l'image d'Alcatel, HP ou encore IBM). La conséquence de cette posture stratégique a été la fermeture, la délocalisation ou l'externalisation d'un grand nombre d'unités de production hors du territoire national, au profit de zones de production présentant un coût de travail plus compétitif.

En dépit de ces difficultés et malgré une baisse de l'effectif salarié dans la filière électronique d'environ **35%** entre 1997 et 2015 à la suite de vagues de fermetures et de consolidations d'activités, la France a réussi à préserver, dans le cadre d'une réorganisation industrielle mondiale, une chaîne de valeur **quasiment complète et compétitive** dans le domaine **de l'électronique à destination des marchés professionnels**<sup>102</sup>.

Par exemple, la France dénombre sur son territoire : plusieurs **donneurs d'ordres et intégrateurs de renom** (Thales, Valéo...) ayant conservé tout ou partie de leurs activités de production électronique, des **champions nationaux** au meilleur niveau mondial dans le domaine de la **microélectronique** (STMicroelectronics, ...) et de la **connectique** (Souriau, Radial...) ainsi qu'un secteur de **service de production de cartes** et sous-ensembles électroniques **leader en Europe** avec plusieurs acteurs dans le **Top 50 mondial** (Asteelflash, Eolane, Lacroix Electronics, All Circuit). Par-delà ces principaux acteurs, de nombreuses **TPE et PME** de la filière justifient d'un **réel savoir-faire** qui leur permet d'adresser une offre compétitive sur des marchés de niches.

**Figure 8 : Liste non exhaustive des principaux acteurs de la filière française de fabrication électronique.**



<sup>102</sup> Industrie, aérospatiale/aéronautique, défense, automobile, ferroviaire, énergie.

Dans son ensemble, la production électronique française affiche, depuis plusieurs années, une croissance soutenue et régulière de l'ordre de **3 à 5%** selon les secteurs d'activités. A l'instar de ses homologues allemands, italiens ou espagnols, la demande nationale est stimulée par la croissance internationale, avec un chiffre d'affaires mondial qui est passé de **1 140 milliards** d'euros en 2008 à plus de **1 500 milliards** d'euros en 2017

De manière plus précise, la filière française des « **Industries Electroniques** » est composée, à minima<sup>103</sup>, de plus de **1000** entreprises qui réalisent **15 milliards d'euros** de chiffre d'affaires (pour valeur ajoutée de près de 4,6 milliards d'euros), ce qui représente et un effectif salarié de plus de **70 000 emplois directs** et environ **150 000 emplois induits**.

A l'exception de quelques grands-groupes, ces emplois sont majoritairement portés par un grand nombre de PMIs et d'ETIs industrielles. Les profils employeurs sur le territoire varient également selon les bassins d'emplois : les régions Auvergne-Rhône Alpes, Ile de France, Provence Alpes Côte d'Azur, Grand-Est et Centre Val-de-Loire sont fortement orientées sur la fabrication de composants électroniques avec une majorité d'effectifs salariés dans ce segment, tandis que les régions Pays de la Loire, Bretagne, Nouvelle Aquitaine et Occitanie sont résolument orientées vers la sous-traitance électronique.

A noter également que ce sont **les fabricants de composants** (187 sites identifiés sur le territoire, **30 000 emplois, 6 Mds€ de CA**) et les **acteurs de la sous-traitance** pour la fabrication de cartes électroniques (513 EMS répartis sur 524 sites, **25 000 emplois, CA de 4 Mds€**) qui emploient le plus de personnes sur le territoire et qui représentent le plus de valeur ajoutée.

Toutefois et bien que disposant d'une **position satisfaisante à l'échelle Européenne**, il convient de souligner que la France reste **une puissance électronique mineure** en comparaison avec les leaders asiatiques et nord-américains, qui ont su atteindre des tailles critiques de plusieurs dizaines de milliards de dollars<sup>104</sup> de chiffres d'affaires, leur permettant d'innover sous l'impulsion notamment de leurs grands comptes clés positionnés sur les marchés de masse. A titre d'illustration, avec un chiffre d'affaire cumulé de moins de **2 Mds\$**, le poids des acteurs français de la production de cartes électroniques présents dans le top 50 représente moins de **1%** de l'offre mondiale. ST Microelectronics, bien que présent parmi les 10 principaux acteurs mondiaux de l'industrie du semi-conducteur, réalise un chiffre d'affaires dix fois inférieur à celui du n°1 mondial Samsung. Au total, le cumul de la production électronique des fournisseurs français représente moins de **2%** de l'offre mondiale et ce pour l'ensemble des maillons de la chaîne de valeur.

Par ailleurs, il convient également de souligner qu'il existe, pour chaque maillon de la chaîne de valeur, de réelles disparités entre les acteurs français « tête de file » minoritaires et les autres acteurs de taille plus petite, en particulier s'agissant de leurs capacités de production, d'innovation, d'internationalisation, de positionnement stratégiques.

---

<sup>103</sup> Certains secteurs n'ont pas fait l'objet d'une cartographie. cf. partie suivante « périmètre retenu »

<sup>104</sup> Pour le maillon des fabricants de cartes électroniques, les 8 principaux EMS asiatiques totalisent **215 Mds de CA** et plusieurs entreprises américaines dépassent les 20 Mds\$ de CA (Flextronics, Jabil). Dans l'industrie du semi-conducteurs Samsung, Intel, TSMC ou Qualcomm dépassent également largement les 20 Mds de CA.

## SWOT de l'offre française pour la fabrication électronique (EMS)

FORCES	FAIBLESSES
<p>§ La proximité géographique des EMS français avec les clients finaux permet de répondre aux demandes de productions de cartes dans des délais courts, de flexibilité, de collaboration étroite entre l'activité de conception et la fabrication. Cela concerne surtout de petites et moyennes séries.</p> <p>§ Les EMS français sont flexibles et réactifs – en témoigne notamment le travail d'optimisation continue de leur process de fabrication avec des outils de production qui ne sont pas toujours.</p> <p>§ Les EMS français fournissent des conseils, souvent indispensables, à leurs clients (un grand nombre industriels français ont en effet perdu beaucoup de compétences en électronique depuis 10 ans).</p> <p>§ Les EMS maîtrisent les techniques et compétences d'industrialisation de cartes électroniques ; la complémentarité des compétences est forte avec les OEM et les bureaux d'études en France.</p> <p>§ La France dénombre sur son territoire 4 EMS dans le top 50 mondial et fortement internationalisés.</p>	<p>§ Le maillon EMS (comme le maillon bureaux d'études) est majoritairement constitué de petites PME possédant un unique site de production.</p> <p>§ La plupart des EMS français n'ont pas la surface financière suffisante pour investir dans leur outil de production afin de maintenir leur niveau de compétitivité, et ont des difficultés pour augmenter leur taille (capacités financières limitées, mais aussi ressources humaines peu disponible, faible visibilité sur les projets de R&amp;D...).</p> <p>§ Les EMS français ont un faible pouvoir de marché sur les fabricants et les distributeurs de composants, ce qui ne leur permet pas un approvisionnement de composants au plus juste de leurs besoins, et les oblige souvent à constituer des stocks de composants très consommateurs en trésorerie ; de plus, cela crée parfois des phénomènes de dépendance d'EMS vis-à-vis des distributeurs.</p> <p>§ Les acteurs ayant une stratégie de niche centrée sur les marchés locaux peinent naturellement à étendre leurs activités au-delà de leur bassin économique local.</p>
OPPORTUNITÉS	MENACES
<p>§ Les EMS pourraient se développer en proposant davantage de services à forte valeur ajoutée : CEM, tests, intégration, réingénierie de produits (relocalisation), conseils pour l'intégration de nouvelles technologies, de nouveaux composants...</p> <p>§ Il reste des gisements de productivité par la robotisation des procédés.</p> <p>§ Certains clients sont sensibles symboliquement au « Made in France », tandis que d'autres commencent à se rendre compte des inconvénients d'une production éloignée.</p> <p>§ Pour certains types de produits (IoT industriels par exemple), il existe de vraies opportunités de fabrication en France à condition d'instaurer des relations coopératives entre les EMS et les donneurs d'ordre.</p> <p>§ Des possibilités existent pour améliorer la chaîne d'approvisionnement des EMS français et ainsi leur rentabilité (par la mutualisation par exemple des stocks...).</p> <p>§ La relance de l'apprentissage permettrait de reconstruire un flux d'apprenants vers les métiers de la fabrication électronique et augmenter l'attractivité de la filière.</p>	<p>§ Le manque de volonté de collaboration avec les EMS de certains donneurs d'ordre, qui préfèrent simplement délocaliser leurs productions à l'étranger.</p> <p>§ Dans l'optique où les formations en électronique ne seraient pas relancées, la perte de compétences dans la filière est une menace importante, surtout pour les acteurs qui n'investissent pas suffisamment dans la formation continue, et aggraverait les difficultés de recrutement.</p> <p>§ Les tensions récurrentes sur les marchés des composants, entraînant une augmentation des délais de livraison et une hausse des prix, avec de surcroît un risque sur la qualité lorsque les EMS sont contraints d'acheter auprès des brokers ou des distributeurs moins réputés.</p> <p>§ La complémentarité actuelle entre EMS, BE et distributeurs pourrait être remise en cause par un déplacement des compétences entre ces acteurs.</p> <p>§ Il est difficile de se différencier pour un EMS alors que les machines sont les mêmes partout et que les barrières à l'entrée ne sont pas très élevées.</p>

# SECOND VOLET : ÉCOSYSTÈME FRANÇAIS DE LA FABRICATION ÉLECTRONIQUE

## Partie 1 : analyse de l'écosystème d'innovation



Un écosystème de recherche tout à fait remarquable, reconnu au niveau international et qui emploie plus de 10 000 personnes sur le territoire.

La France dispose sur son territoire d'un écosystème en recherche et développement (laboratoire, écoles et universités) **au meilleur niveau mondial** dans des domaines d'expertises allant des matériaux de pointe pour la microélectronique, l'optoélectronique à la conception et au développement d'outils complexes d'aide à la conception de circuits et de systèmes.

Thématiques	Catégories
Composants microélectronique, silicium et III-V	Composants
Composants nanostructurés en couche minces	
Nanoélectronique intégrée sur silicium	
Microtechnologies, capteurs, MEMS, NEMS	
Electronique HF, RF et microonde,	Circuits
Electronique organique	
Electronique sur couches minces,	
Electronique spatiale,	
Fiabilité électronique et des composants	
Technologies des micro-assemblages	
Conception de circuits et systèmes	Conception (CAO)
Conception sécurisée numériques	Systèmes électroniques
Test des composants et circuits	
Systèmes sur puce, biopuces,	
Systèmes électronique embarqués	
Systèmes de télécommunications	
Système hétérogènes	
Système de gestion de l'énergie	Systèmes hétérogènes vers les applications
Capteurs intégrés intelligents, objets connectés	
Optoélectronique, photonique	
Bioélectronique et systèmes pour la santé	
Plastronique	

### Périmètre des domaines d'expertises retenus dans le cadre de l'étude

Source CNFM<sup>105</sup>

<sup>105</sup> Rapport d'activité 2016-2017

Le travail de cartographie<sup>106</sup> réalisé a permis de dénombrer **une centaine** de laboratoires et organismes de recherche. Au total, ces laboratoires rassemblent plus **7 000** chercheurs permanents ainsi que **2500** ingénieurs et techniciens et près de **7000** doctorants et post-doctorants.

Institut de recherche technologique du CEA-TECH et membre du réseau des Instituts Carnot, le **CEA-LETI** est **le chef de file de l'excellence Française** dans les domaines des micros et nanotechnologies.

	<p style="text-align: center;"><b>Le CEA- LETI</b> <b>Laboratoire d'Electronique et de Technologie de l'Information</b></p>
<p>Fondé en 1967 et situé en Isère, le <b>CEA-LETI</b> est le premier centre de recherche technologique en France et constitue <b>l'un des trois principaux instituts de recherche technologique européens</b> dans les domaines des micros et nanotechnologies, avec l'IMEC belge et les instituts Fraunhofer allemands.</p> <p>Les six divisions du CEA-LETI (architecture et conception de circuits intégrés, logiciel embarqués, composants en silicium, technologies du silicium, optique et photonique, technologies pour la biologie et la santé, intégration de systèmes et de solutions) regroupent <b>1700</b> chercheurs (dont près de 1200 permanents) qui publient annuellement près de <b>700</b> articles et disposent d'un portefeuille de près de <b>2700 brevets</b>. Afin de répondre au besoin des industriels de la microélectronique, le LETI investit lourdement dans des équipements de pointe, ce qui lui a permis de se doter de plateformes de pointe pour le médical, la photonique, le packaging ou la caractérisation. L'institut dispose par ailleurs d'environ <b>8500</b> mètres carrés de salles blanches qui permettent de produire des composants électroniques sur des tranches de 200 et 300mm.</p> <p>Institut de recherche technologique du CEA-TECH et membre du réseau des Instituts Carnot, le CEA-LETI développe par ailleurs des relations à long terme avec ses partenaires industriels (multinationales, PME et startups) et soutient le lancement de start-up technologiques. Son positionnement aux interfaces entre la recherche académique et le monde industriel en fait un acteur clef du soutien au développement économique. Plus précisément, le CEA-LETI dénombre près de <b>330</b> partenaires industriels et a soutenu le lancement <b>d'une soixantaine de start-ups</b>. Par-delà ses multiples collaborations avec STMicroelectronics, l'excellence du CEA-LETI s'illustre également par la signature un partenariat de 5 ans avec Intel dans le domaine des objets connectés ou par l'émergence de Soitec, Tronics, Sofradir, Aledia, Kalray ou Microoled. Le CEA a, par ailleurs été l'artisan d'un grand nombre de recherches amont ayant abouti à des applications industrielles reconnues internationalement (ex : imageurs) qui ont contribué au redressement récent de STMicroelectronics. Le CEA-LETI s'investit également pour préparer les technologies de demain (ex : architectures neuromorphiques pour l'Intelligence Artificielle embarquée) pour répondre aux enjeux industriels futurs et lancer des collaborations avec le CEA-DRF et le CNRS pour répondre aux défis scientifiques de la prochaine décennie (ex : technologies quantiques de Q-bits sur silicium).</p>	

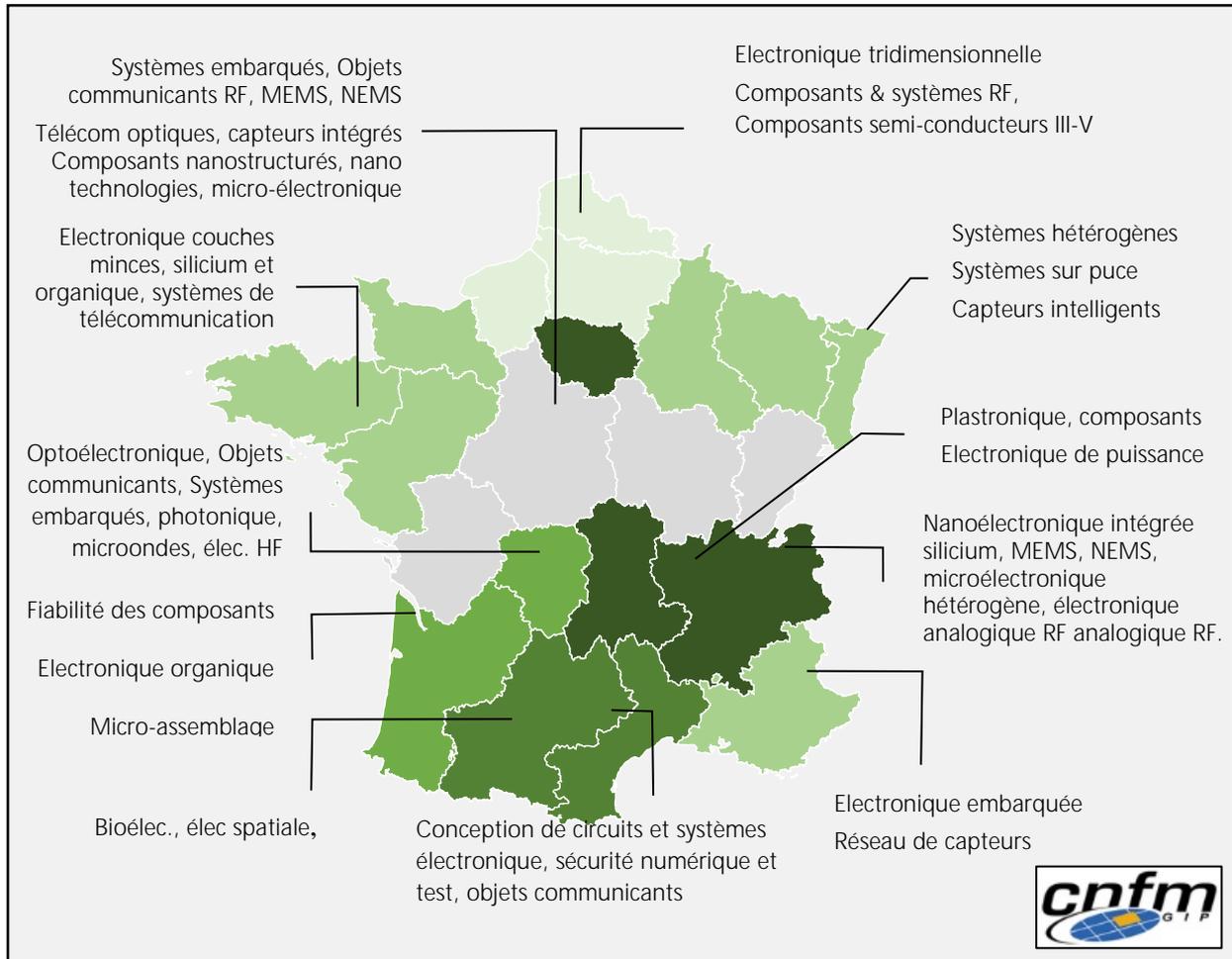
Par-delà, le CEA LETI et parmi les principaux centres de recherche, il convient notamment de souligner, de manière non exhaustive, certaines divisions de grands organismes de recherche comme ceux de l'ONERA pour les matériaux et systèmes optoélectroniques, du Centre de Nanosciences et de Nanotechnologies (C2N) et du Laboratoire de Génie Electrique et Electronique de Paris (Geeps) de l'Université Paris-Saclay de l'X-LIM de l'université de Limoge, de l'Institut d'électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologies (IEMN) sur le Campus de l'Université de Lille, du laboratoire d'analyse et d'architecture des systèmes (LAAS-CNRS) à Toulouse, du Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Information, de la Communication et de la Connaissance (LAB-STICC) en Bretagne ou de l'institut Franche-Comté d'électronique, mécanique, thermique et optiques (FEMTO-ST) de l'université de Franche-Comté.

Géographiquement et sur le fondement de leurs environnements scientifiques, industriels et académiques local, les différents pôles régionaux du CNFM se sont privilégiés spécialisés sur certaines thématiques<sup>107</sup> ce qui permet de fournir une représentation des dynamiques locales et régionales et d'identifier les laboratoires et les structures d'enseignements actifs sur ces sujets.

<sup>106</sup> cf. méthodologie annexe 3

<sup>107</sup> En raison de leur importance, certaines spécialités peuvent se retrouver sur plusieurs pôles. Réciproquement, certains de ces pôles peuvent intégrer d'autres thématiques que celles indiquées dans le tableau qui, dans un souci de clarté et de synthèse, ne met en avant que les domaines de spécialité principaux.

**Figure : Thématiques centrales des 12 pôles du GIP-CNFM, en lien avec les activités de recherche locales et la présence d'industriels du domaine**



**Figure : Principaux laboratoires du secteur de l'électronique**

Structures d'enseignements locales utilisatrices	Laboratoires locaux utilisateurs
<b>Pôle de Bordeaux (PCB)</b>	
Université de Bordeaux (Master EAPS et GSAT, L3 EEA), IUT Bordeaux (Métiers de la Microélectronique et Microsystèmes), écoles d'ingénieurs (ENSEIRB MATMEC ENSCPB)	Laboratoire de l'intégration du matériau au système IMS (ENSEIRB- Université Bordeaux), CENBG (Gradignan)
<b>Pôle du Grand-Est (MIGREST)</b>	
Université de Franche-Comté, Université de Lorraine (Nancy, Metz), écoles d'ingénieurs (INSA Strasbourg, ENSEM, TPS), Université de Strasbourg, IUT d'Haguenau.	ICUBE, Institut Jean Lamour, GREEN, CRAN, LICM, FEMTO-ST
<b>Pôle de Grenoble (CIME)</b>	
Grenoble INP, Rectorat de Grenoble (profils lycéen), Université Grenoble Alpes (IM2AG, UFR Phitem), Polytech Grenoble, IUT Grenoble, INSA Lyon, ESISAR	Grenoble INP : TIMA, IMEP-LAHC, G2ELab, LMGP Lyon : INL
<b>Pôle de Lille (PLFM)</b>	
Telecom Lille, Polytech USTL, ISEN, U. Lille 1	Lille : IEMN, PHLAM, DOAE-IEMN
<b>Pôle de Limoges (PLM)</b>	
Université de Limoges FST, Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges	XLIM : Institut de recherche UMR CNRS 6172 - LIMOGES
<b>Pôle de Lyon (CIRLY)</b>	
CPE, Ecole Centrale de Lyon, INSA Lyon, Université Lyon 1, Université Blaise Pascal, Institut ISIMA, Télécoms Saint Etienne	Lyon : Institut des nanotechnologies de Lyon (ECL, INSA, UCB), Laboratoire Ampère (ECL, INSA, UC)
<b>Pôle de Marseille (PACA)</b>	
Polytech Marseille, ENSMSE Gardanne, Polytech Nice, UNSA Polytech, ISEN Toulon	Gardanne : CMP/GC ; Marseille : IM2NP ; Nice : EPOC, LEAT ; Toulon : ISEN
<b>Pôle de Montpellier (PCM)</b>	
Université Montpellier, Polytech' Montpellier, IUT Montpellier	LIRMM (U. Montpellier) - IES (U. Montpellier)
<b>Pôle d'Orsay (PMIPS)</b>	
Université Paris-Sud, Polytech Paris-Sud, Polytech Orléans, ECE Paris, ENSTA Paris, Université de Tours, Université Paris 10, Rectorat d'Ile de France	C2N (Orsay), LCP (Orsay), Geeps -SUPELEC (Gif-sur-Yvette), et les laboratoires qui utilisent la Centrale Technologique Universitaire de MINERVE.
<b>Pôle de Paris (CEMIP)</b>	
ENSEA Cergy, Télécom Paris Tech, CNAM, ESIEE Marne La Vallée, ESPCI, ISEP, Polytech Paris – UPMC, Paris 6, ENSTA, Université Paris 13 et IUT-Villetaneuse et St Denis	UPMC- LIP6, UPMC-L2E, SIGMA (Paris), ECS-Lab (Cergy) ETIS (ENSEA Cergy) LPL (Villetaneuse) ISEP, ESIEE, Telecom Paris, LPEM, CSPBAT
<b>Pôle de Rennes (CCMO)</b>	
Université Rennes 1, SUPELEC, ENSSAT LANNION, INSA Rennes, U. Bretagne Occidentale, ENSI Caen.	IETR UR1, SUPELEC, IETR INSA
<b>Pôle Toulouse (AIME)</b>	
INSA, Université Paul Sabatier, ISAE, ENSEEIHT - INP, ENSIACET, EMAC Carmaux	LAAS-CNRS, LAPLACE, CEMES, LPCNO, ISAE, LISBP, LNCMI, CNES, CIRIMAT, LGC, IRAP, ENSEEIHT, ONERA,

## L'adéquation de la recherche en électronique française et les besoins des entreprises est globalement satisfaisante.

La recherche académique française est fortement portée vers l'industrie et la valorisation notamment au travers des Sociétés d'Accélération de Transfert de Technologies (SATT) et aux Instituts de Recherche Technologiques (IRT).

Créées lors dans le cadre du Programme d'Investissement d'Avenir (PIA 1) en 2010, les SATT renforcent l'innovation au stade amont de la création d'entreprise en permettant le lancement d'activités valorisant des brevets et savoir-faire issus des centres de recherche publics, mais également en favorisant la création de nouveaux produits au sein d'entreprises en finançant les étapes de maturation industrielle avec les laboratoires issus des centres de recherche publics. Pour y parvenir, les SATT ont pour mission de détecter les projets et les technologies à plus haut potentiel dans les laboratoires de recherche, d'évaluer leur adéquation avec les attentes du marché et les points de vigilances et d'accompagner la maturation de la technologie en cas de validation par leur comité d'investissement. Les SATT font la promotion des technologies et des compétences des laboratoires régionaux et assure un premier lien entre les industriels et les laboratoires/plateformes technologiques du territoire.

Dans le domaine de l'électronique, les SATT les plus représentatives sont :

- La SATT Sud-Est qui couvre les laboratoires de la région Provence Alpes Côte d'Azur et qui interagit notamment avec les écosystèmes électroniques d'Aix/Milles, Toulon et Sophia-Antipolis.
- La SATT Link Sium ainsi que CEA Valorisation qui couvre le bassin électronique grenoblois.
- La SATT Paris Saclay pour l'ensemble des laboratoires de recherche de l'université Paris-Saclay et qui interagit avec tout l'écosystème électronique de la région Ile-de-France.
- La SATT Ouest Valorisation pour les pôles électroniques de l'Ouest dont Rennes, Nantes, Caen, Angers.

Également issues des financements du PIA, les IRT sont des entités regroupant, à l'échelle d'un territoire, des laboratoires de recherche et des entreprises pour développer des travaux de recherche amont sur des filières technologiques clés grâce à des équipes de R&D et des plateformes technologiques propres. L'objectif consiste à renforcer des capacités de recherche publiques et privées où l'IRT pilote de la recherche appliquée jusqu'à la démonstration et au prototypage industriel. Dans le domaine de l'électronique, l'IRT Nanoélec à Grenoble est un acteur important pour les travaux sur la micro et nanoélectronique en mutualisant les coûts et en renforçant les capacités de recherches publiques-privées dans le domaine électronique.

Par-delà les SATT et les IRT, il convient de souligner le foisonnement des structures impliquées dans la valorisation de la recherche<sup>108</sup>. Par exemple, certains organismes de recherche gèrent en direct et de manière remarquable, la valorisation de leurs travaux de recherche. C'est notamment le cas du CEA et ses plateformes régionales de transfert technologique, le CNRS via sa filiale de valorisation FIST et plus largement les nombreuses collaborations existantes<sup>109</sup> entre les laboratoires académiques et les industriels.

---

<sup>108</sup> L'Etude PIPAME « Etude du secteur de la photonique en France » met en évidence la complexité du paysage français de la valorisation de la recherche avec pas moins de 40 types de structures répertoriées différentes.

<sup>109</sup> Par exemple ST-  $\mu$  avec le Centre de recherche sur l'hétéroépitaxie (CRHEA), l'Institut NEELS, ou le laboratoire de Chimie de Coordination (LCC) ou E2V avec le Laboratoire des Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production de Grenoble (G-SCOP).



par le LETI et dédiée aux industries de la nanoélectronique, qui fonctionne 7 jours sur 7 et 24 heures sur 24. La plateforme MEMS 200 concerne les capteurs et permet la réalisation de prototypes pour des entreprises du monde applicatif. Parmi les plateformes techniques de MINATEC figure également un bâtiment dédié aux partenaires industriels et aux start-ups et est géré par MINATEC entreprises, une société d'économie mixte<sup>110</sup>.

On peut citer également d'autres plateformes très tournées vers les industriels telles que CIMPACA (3 plateformes mutualisées : design composants, caractérisation des composants, assemblages et packaging de composants), PICTIC Grenoble (Electronique Imprimée), MIND (mécatronique et objets communicants autonomes), CERTEM+ (assemblage de puces électroniques en 3D ainsi que sur des supports flexibles).

Si l'on trouve au-delà des écosystèmes Grenoblois et Provençaux des offres de plateformes technologiques pour la microélectronique, il semble néanmoins **manquer sur le territoire de plateformes mutualisées et de centres de ressources intégrant la fabrication électronique** et l'innovation dans ce domaine.

Les deux seuls plateaux techniques identifiés dédiés au transfert de technologies et de connaissance vers les PME-PMI dans le domaine de l'assemblage électronique sont les suivants :

**Micropacc est une plateforme de transfert technologique labellisée jusqu'en 2020**, structure de l'Education Nationale dépendant de l'Académie de Toulouse, qui propose aux entreprises un accompagnement technique liées à l'assemblage électronique : transfert de technologies à partir des moyens d'essais et d'analyses (Coupes métallographiques, Mesures de brasabilité et de contamination ionique) de production et d'assemblage de cartes pour du prototypage et de la série (Machine de placement CMS automatisée, Four de refusion industriel, machine de sérigraphie automatisée) et savoir-faire de la plateforme (projets de BTS SE, stage de licence professionnelle ou projets tutorés)<sup>111</sup>

**PFT Calais est une plateforme technologique de l'université du Littoral Côté d'Opale – IUT Calais** a été développée par les enseignants du département GELL en collaboration avec les acteurs économiques locaux pour définir les besoins des entreprises en termes de compétences et d'équipements dans le domaine de la simulation et du prototypage de cartes électroniques. Les équipements de la plateforme permettent la réalisation de toutes les étapes nécessaires à la production d'une carte électronique : simulations du circuit, réalisation du typon, tirage et contrôle de la carte. Les moyens sont particulièrement adaptés aux composants de type CMS. Grâce à des moyens financés par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER), la plateforme technologique offre aux entreprises une expertise et un accompagnement sous différentes formes (prestations de services, recherche et développement). Parmi les entreprises accompagnées et clientes de la plateforme : des fabricants de systèmes électroniques comme ACEA EMS (conception assistée par ordinateur) ou VALEO Engine and Electrical Sytems (câblage de cartes) et des clients finaux tels que Giroptic (contrôle au rayon X, câblage de cartes électroniques) ou Embisphere.

A noter que si ces plateformes sont très importantes pour accompagner les entreprises dans leur montée en compétence sur le plan de l'industrialisation et de la fabrication et sont généralement référencées auprès d'organismes régionaux pour financer une partie de l'accompagnement, elles viennent en premier niveau avant l'accompagnement et l'expertise poussée d'un EMS pour l'industrialisation et la production.

## Pôles de compétitivité, clusters et pôles d'innovation : une mise en réseau primordiale pour développer les capacités d'innovation.

Les Pôles de compétitivité et les clusters rassemblent sur un territoire géographique des acteurs industriels, des PME, des startups, des laboratoires de recherche et de formation pour construire des projets innovants collaboratifs et des programmes de soutien à l'innovation.

Cinq des cinquante-six pôles de Compétitivité labélisés en phase IV ont adopté un positionnement sur l'électronique et complémentaire sur l'ensemble de la chaîne de valeur :

---

<sup>110</sup> Un grand campus d'innovation technologique : de MINATEC à GIANT, Jean Charles Guibert, Le journal de l'école de Paris et du management

<sup>111</sup> Présentation Micropacc <http://www.micropacc.fr/presentation/>

**Minalogic** couvre plus **la chaîne amont avec la conception et la fabrication de semi-conducteurs** mais aussi des bureaux d'études et des EMS du bassin Rhône-Alpin. A l'image des projets labellisés, les innovations développées peuvent dynamiser les segments de la fabrication de composants (remplacement de l'or dans les domaines tels que la connectique hyperfréquence et l'automobile porté par Radiall), des équipements de fabrication de cartes (mise au point d'une nouvelle génération de Machines d'Inspection Automatique 3D « Component Inspection » porté par VI Technology en partenariat avec l'EMS EIA) ou de systèmes électroniques complets (système miniaturisé d'analyse de mélanges gazeux complexes).

**S2E2** travaille essentiellement sur les produits électroniques **pour les SmartCity, la santé et le bâtiment intelligent** mais on retrouve quelques projets labellisés moins applicatifs en lien avec les techniques de fabrication (méthode de fabrication par pulvérisation pneumatique (ou spray) et par pulvérisation électrostatique (ou électro spray) qui permet l'intégration des micro-batteries sur tout type de supports, de surfaces et de formes, projet porté par le laboratoire PCM2E).

**Systematic** est d'avantage orienté **systèmes et intégration** de solutions électroniques complexes à l'image d'un des derniers projets labellisés : gestion de la Compatibilité Électromagnétiques des systèmes grâce à la localisation des sources de rayonnement (porté par NEXIO et en partenariat avec Valeo et Aquitaine Electronique)

**Solutions Communicantes Sécurisées (SCS)** anime **un écosystème de fabricants et concepteurs d'objets électroniques et de composants sécurisés** avec quelques bureaux d'études et EMS de la région PACA. Ainsi, 2 projets sur les 4 labellisés portent sur les problématiques de sécurité dans le domaine des objets communicants (Protocoles et Algorithmes Cryptographiques Légers pour l'Internet Des Objets, développement d'un microcontrôleur sécurisé pour apporter aux prochaines générations d'équipements pour l'IoT et d'objets connectés, un niveau de sécurité élevé).

**Le pôle TIC Image et réseau**, référent de l'innovation numérique en région Bretagne- Pays de la Loire et le pôle **TES** en Normandie ont annoncé leur fusion lors de la phase IV. Cette dernière sera effective le 31 décembre 2019 et associera également le pôle EMC2 en tant que partenaire stratégique. Ce regroupement permettra à la nouvelle structure d'atteindre une taille critique suffisante pour devenir le référent dans le domaine du numérique et de l'usine du futur dans la région du Grand-Ouest.

L'action des pôles de compétitivité a permis une accélération des projets de recherche à caractère industriel avec une couverture régionale forte et complémentaire. A titre d'exemple, le bilan chiffré de l'action des seuls pôles TIC images & réseaux, SCS, Systematic et Minalogic depuis leur création se monte à **1830 projets pour environ 7,5 milliards d'euros** de dépenses de R&D dont environ 35% d'aides publiques. Ce bilan est considérable et il faut souligner que la part des PME et des universités est prépondérante par rapport aux grands groupes.

## Des accélérateurs et pôles d'innovation qui se positionnent sur l'industrialisation hardware

Un incubateur d'entreprises est une structure d'accompagnement pour les entreprises en phase de création ou récemment créées. Les accélérateurs sont un modèle d'incubateur qui intervient dans une phase un peu plus avancée de l'entreprise. Les accélérateurs sont souvent à but lucratif et se rémunèrent pour partie par une prise de participation. Les 2 types de structure disposent d'un modèle de candidature ouverte et proposent des aides précises au lancement d'une nouvelle activité innovante : idée, constitution d'équipes, financement, mentorat, formation et des événements pour une période déterminée (de trois à vingt-quatre mois). Enfin, des pôles d'innovation pour mieux accompagner les projets dans le domaine des objets communicants émergent et se renforcent sur le territoire. Dans le domaine de l'électronique, on peut noter plus particulièrement les initiatives suivantes :

**Numa-Angers IoT /Cité des Objets connectés** : Lancée en 2015 à Angers par 17 partenaires privé (dont Eolane) avec le soutien des collectivités et de l'état, la Cité des Objets Connectés est un espace de coworking en open-space ainsi qu'une plateforme industrielle destinée aux objets connectés. Elle offre un accompagnement projet très en amont pour évaluer la faisabilité, les contraintes techniques ou encore le modèle économique. C'est aussi un Fab Lab qui permet de concevoir une maquette ou un prototype, et une ligne de production de cartes électroniques pour passer du prototype au produit industriel certifié, prêt à être commercialisé. Les startups, PME et ETI, peuvent selon leur maturité et leurs compétences en

interne, accéder à toutes les ressources de la cité de manière autonome sur abonnement mensuel décliné en différents « packs » correspondant aux étapes d'un projet de ce type. L'objectif visé est de faire émerger de nouvelles idées grâce aux sessions de créativité, accueillir les projets à potentiel dans le domaine des objets communicants et de les accompagner au niveau de la fabrication d'un prototype et de l'industrialisation grâce à la fois aux moyens internes et à un solide réseau de designers, assembleurs et sous-traitants de la plasturgie, de l'électronique et de la mécanique. A l'issue d'un rapprochement entamé dès 2018, la Cité de l'Objet Connecté a intégré depuis le début **2019 l'offre de services de WE Network** (cf. ci-après). Située sur le même site que **WE Network** au sein du futur Technocampus électronique, elle lui apporte un plateau technique IoT à l'état de l'art et une équipe rôdée à l'accélération de projets IoT.

**Le Connected Camp/IOT Valley Toulouse :** Créée en 2009 par 4 entrepreneurs toulousains, l'association IoT Valley a, depuis mars 2015, développé un écosystème dédié à l'Internet des Objets. Elle rassemble aujourd'hui 35 startups, 18 partenaires sur 13 000 m<sup>2</sup>. L'écosystème IoT Valley est la réponse à 3 grands problèmes qui freinent le développement de l'IoT : La grande difficulté à lancer, développer et financer un projet IoT, le manque de startups IoT BtoB, car les entrepreneurs ne connaissent pas les problématiques des ETI et grands comptes et la non compréhension entre les ETI / grands comptes et les startups qui ont du mal à travailler ensemble. Complémentaire de la cité des objets connectés en termes de territoire et d'accompagnement, l'IOT Valley accompagne des startups dont le projet est à un stade moins précoce de conception de leur objet qu'à Angers. Un accélérateur associé Le Connected Camp offre la possibilité à des startups de l'IoT hardware de changer rapidement d'échelle, et tester leur concept sur le marché grâce à un accompagnement de 9 mois. Le modèle économique de cet accompagnement se base sur une commission d'apport d'affaires générées par la mise en relation entre les startups accompagnées et les partenaires, ainsi qu'une variable de 1 à 2% du chiffre d'affaires lorsque la startup accélérée dépasse 500k€ de chiffre d'affaires (aucune prise de participation).

**Focus sur Axandus :  
Un dispositif unique d'accélération de startups hardware industrielles**

Appartenant à l'équipementier automobile EFI Automotive, Axandus est né de la volonté d'accompagner des jeunes entreprises innovantes possédant déjà un produit, le fabriquant en petite série et qui souhaitent le produire à grande échelle. Ce modèle d'accélération est assez unique en France car il offre aux startups de la mécatronique et des objets communicants un véritable environnement industriel. En effet, Axandus leur alloue des moyens de contrôle et d'essais, une équipe d'experts spécialisés dans l'industrialisation, les achats, la R&D, les ventes et le marketing. Ce partenariat peut aller de la mise à disposition de ligne de production sur le site lyonnais d'EFI Automotive jusqu'à l'optimisation de la mise au point de lignes de production série dédiées à la startup.

Le succès de cette approche a encouragé les dirigeants d'Axandus et d'EFI à développer et mettre en œuvre, avec le support de partenaires locaux, une ligne de production modulable pour répondre aux besoins de petites et moyennes séries de ces entreprises : moulage par injection jusqu'au surmoulage, en passant par l'intégration de l'électronique, les soudures, le brasage et la connectique et pour finir par l'étanchéité et le contrôle du produit. Représentant un investissement de 4 M€ et opérationnelle début 2018, la ligne aura une capacité de production de 600 000 pièces par an et fonctionnera en 3x8 avec des séries ciblées de 10 000 minimum, jusqu'à 100 000 / an.

Les incubateurs et accélérateurs de projets innovants couvrent relativement bien le territoire toutefois ceux dédiés au domaine des objets communicants qui mettent l'accent sur l'industrialisation des systèmes électroniques développés par les PME et les PMI restent plus limités. De plus, si les accompagnements au prototypage et à l'industrialisation fleurissent, le passage à la production série est encore peu couvert et implique un lien fort entre les structures d'accélération et des industriels experts de la fabrication.

## WeNetWork : un cluster et un centre de ressources sur les systèmes intelligents du Grand Ouest et qui rassemble les acteurs de la conception et de la fabrication de cartes et systèmes électroniques.

Créé à Angers en 2014 et opérant sur le site du futur Technocampus Électronique, We Network développe les produits et process connectés des entreprises, en coopération avec les acteurs de l'électronique et de l'innovation. Association professionnelle à but non lucratif, sa mission est d'accélérer la diffusion de l'électronique dans toutes les activités économiques pour la compétitivité du Made in France. Aujourd'hui WE Network mène trois actions complémentaires : la mise en réseau des entreprises et des acteurs de la filière électronique, des prestations d'expertise pour développer l'intelligence des produits et des procédés de production et enfin la structuration de l'industrie électronique du futur à travers le programme Wise.

Le **Programme WISE**, dont la coordination est opérée (depuis son lancement en 2015) à We Network, est un programme de coopération académique Grand Ouest, financé par la Région des Pays de la Loire (18M€ sur 5 ans) et animé par les acteurs de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche : Grandes écoles et Universités. L'objectif est de développer des innovations de rupture dans les domaines des objets connectés (Connected Device), des capteurs intelligents (Smart sensors) et de la gestion intelligente de l'énergie (Smart power).

Depuis 2017, We Network a également apporté sa contribution dans la structuration de la filière électronique française notamment : par le pilotage d'un **livre blanc intitulé « vers l'industrie électronique du futur »** et présenté lors du World Electronic Forum en novembre 2017, par **la coordination d'un projet de filière** soutenu par l'état intitulé Technocampus visant à mutualiser les ressources, notamment industrielles entre les acteurs de la filière, et par **la participation de son président, Vincent Bédouin, au comité stratégique de filière « Industrie électronique »**, lancé dans le cadre du Conseil National de l'Industrie.

## CAPTRONIC un dispositif incontournable pour développer la compétitivité et l'innovation des PME par l'électronique

Il est impossible de réaliser une analyse des capacités d'innovation et des centres de ressources présents sur le territoire sans mentionner **le dispositif CAPTRONIC**, fondé par le CEA et BPIFrance, financé par le ministère de l'Economie et des Finances et mis en œuvre par l'association JESSICA France afin de sensibiliser, informer, former et assister techniquement les PME à l'introduction des technologies électroniques et logicielles embarquées dans leurs produits. L'équipe du programme est composée de 30 personnes dont 24 ingénieurs.

L'offre d'accompagnement proposée par le programme est composée notamment :

- D'une activité de conseil à l'entreprise de la part de l'Ingénieur CAP'TRONIC dans la construction de son projet de mise en œuvre de solutions électroniques ou embarquées
- D'un accès au réseau CAP'TRONIC et à la connaissance du tissu de centres compétences et d'experts locaux et nationaux
- D'un accompagnement à la poursuite de la collaboration avec une prestation d'expertise via la mise à disposition d'un expert externe en fonction des points durs identifiés. Il s'agit alors d'un contrat tripartite Cap'tronic/PME/Experts avec co-financement de Cap'tronic (entre 40 et 60% du montant d'expertise plafonné à 12 000€). Cap'tronic se place donc en tant que co-acheteur de l'expertise aux côtés de la PME pour que celle-ci soit la plus adaptée et de qualité

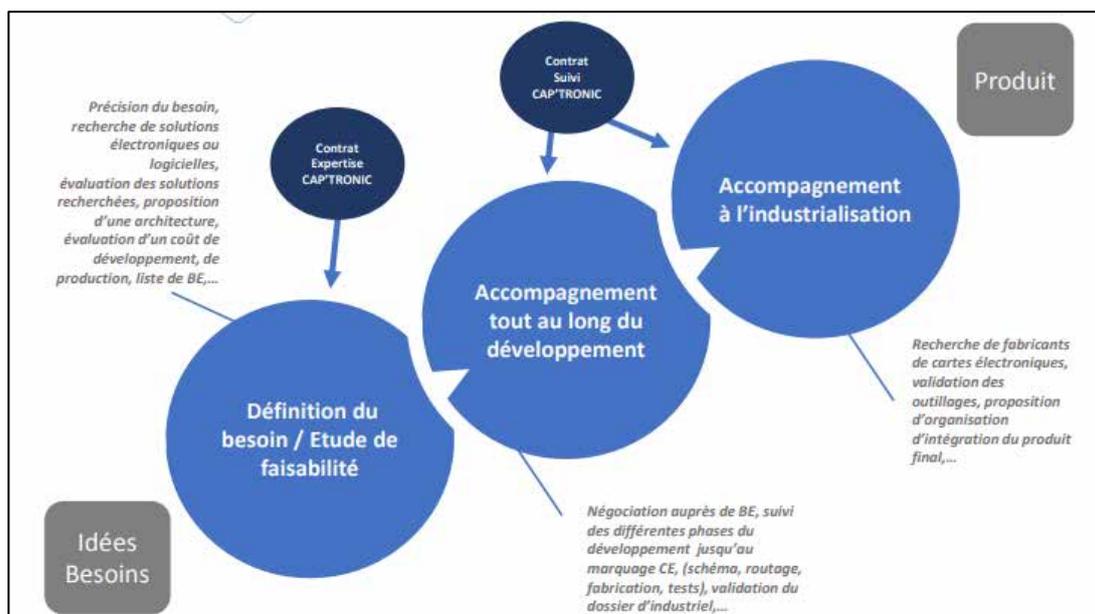
L'offre d'accompagnement de CAP'TRONIC intéresse tous les secteurs d'applications aussi bien B2C que B2B avec une majorité de projets en B2B (industrie, santé/médical/bien être, habitat, agriculture et agro-alimentaire, loisirs, sécurité) à l'exception des industriels de l'automobile et de l'aéronautique qui disposent souvent déjà d'expertises internes en matière d'électronique. En termes de résultats, 2/3 des projets accompagnés vont jusqu'à l'industrialisation et 50% mettent leur idée sur le marché. Le dispositif n'intègre pas d'offres de créativité pour explorer les possibles et les usages de demain et restent principalement concentré sur l'accompagnement à la conception de systèmes électroniques par rapport à l'industrialisation et la fabrication électronique. Ces deux points pourraient constituer des axes d'élargissement de l'offre du programme.

Un accompagnement complémentaire à dimension régionale et nationale est proposé au travers du programme de l'IRT Nanoelec baptisé Easytech et piloté par Minalogic. L'objectif est similaire (aider les entreprises à intégrer de l'intelligence dans leurs produits) avec 3 offres complémentaires pour explorer, sécuriser, et réaliser les projets d'innovation basés sur des technologies numériques ou électroniques issus des organismes de recherche de la région partenaires du programme : CEA, Grenoble INP, INSA Lyon, PISEO, Telecom Saint Etienne, Institut d'Optique ou encore Laboratoire Hubert Curien.

- § **Explorer** : Grâce aux rendez-vous Conseil (une heure pour échanger sur le projet avec experts Easytech et les laboratoires partenaires) et à des sessions de créativité, Easytech explore les pistes de diversification en relation avec les objectifs de l'entreprise, présente les acteurs les plus pertinents et réoriente vers d'autres réseaux si nécessaire
- § **Sécuriser** : Lorsque l'entreprise a une idée innovante mais n'a pas la technologie ou souhaite être rassurée sur ses choix technologiques, elle peut bénéficier des rendez-vous conseil et d'expertises apportées par les partenaires (dont Cap'tronic).
- § **Réaliser** : si le projet est défini et le bon partenaire pour le projet déjà identifié, Easytech suit l'entreprise dans les différentes étapes du projet jusqu'à la réalisation d'un démonstrateur. Easytech finance les prestations des laboratoires partenaires entre 20% et 50% : 50% pour PME/Startup en région Rhône-Alpes (20% PIA + 30% Collectivités), 20% pour les startup/PME hors Région Rhône-Alpes (20% PIA), 20% pour les groupes en et hors Région Rhône-Alpes (20% PIA).

### Figure : La démarche CAP'TRONIC

(Source : L'expertise au service de la compétitivité des PME, V. Lagnier)



## Financement de l'industrialisation et de la production série : un maillon manquant

Les investissements dans les startups qui se lancent dans le développement de produits innovants mettant en œuvre de l'électronique sont significativement plus importants que pour les activités logicielles, web ou applications mobiles. Il est difficile de lancer et industrialiser un produit électronique sans disposer d'au moins 1,5 à 3M€ de financement dont au moins 1M€ en capital. Compte tenu des difficultés de réaliser rapidement en France une levée de fonds de 1M€ ou plus en amorçage, les créateurs sont contraints d'organiser plusieurs tours successifs de financement (qui allongent les délais). Par ailleurs, il a été remonté lors des entretiens que s'il est relativement simple de trouver des financements pour valider une preuve de concept, fabriquer un prototype ou lancer une pré-série (1000-2000 unités), il existe un vide pour accompagner le passage à la production série qui implique une refonte complète de la chaîne d'approvisionnement, de la logistique et de l'intégration de la ligne pour optimiser les coûts.

Il existe quelques fonds d'investissement et d'amorçage qui adressent la thématique électronique :

- **CM-CIC Capital Innovation** gère un fonds dédié aux objets communicants doté de 10 M€. Baptisé INVST I/O, ce fond intervient généralement pour des tickets jusqu'à 1 million d'euros par startup.
- **Turenne Capital & Innovacom** gère le fonds d'amorçage FNA Technocom 2 visant à financer en fonds propres des jeunes entreprises du numérique, issues de la recherche française et doté de 32 millions d'euros.
- **SuperNova Invest** : société de gestion indépendante créée par l'équipe historique de CEA Investissement en partenariat avec le CEA et Amundi (premier gestionnaire d'actifs européen en termes d'encours avec plus de 1 100 milliards d'euros sous gestion) a récemment annoncé la levée de son second fonds Supernova 2 qui se distingue des autres fonds d'amorçage par son focus sur les innovations matérielles et son orientation résolument technologique et est doté de 75 millions d'euros. Les souscripteurs sont : Crédit Agricole (41%), Fond National d'Amorçage (33%), CEA via CEA Investissement (10%), des industriels (10%).
- **R2V – Fonds Amorçage Rhône-Alpes & PACA** : doté de 25 millions d'euros et d'une durée de vie de quatorze ans, R2V a pour objectif d'investir dans une quinzaine de startups françaises pour des montants compris entre 0,5 et 2,5 millions d'euros.
- **Les Réseaux de Business Angels** de Paris, Grenoble, Marseille, Sophia, Toulouse, Bordeaux, Nantes, Rennes.

Par ailleurs, **BPI France**, banque publique d'investissement, finance l'innovation au travers d'outils dédiés tels que l'AFI (Aide à la faisabilité) ou l'ADI (Aide à l'Innovation) mais aussi comme opérateur de nombreux dispositifs animés par l'Etat (PSPC, Concours d'innovation) et par les régions (PIA régionalisé, dispositif Adhoc,). BPI a aussi des interventions en prêt classique (BFR, investissements,) et en capital au travers d'investissement en fonds de fonds ou en direct en co-investisseur avec des fonds privés. En 2017, BPI France a apporté 430 M€ de soutien aux entreprises dont 47% pour les entreprises du secteur numérique soit environ 200 M€. **L'électronique a représenté 41 M€.**

Enfin, et en ce qui concerne les entreprises de la fabrication électronique, le profil financier de ces entreprises fait qu'elles ne sont pas des candidates prioritaires pour les fonds de capital développement malgré un besoin de financement pour moderniser leurs outils de production et aller vers plus de digitalisation et de flexibilité. Une offre de capital développement, qui accepterait de financer sur du long terme la montée en gamme de la production électronique, serait un accélérateur mais cet investissement est risqué et donc demanderait probablement des engagements des entreprises et de leurs dirigeants.

#### **FOCUS sur le Hardware Club : Un fond hybride entre société d'investissement et accélérateur de startups**

Fondé en 2015 par deux entrepreneurs français, Hardware Club représente un réseau de près de 300 startups hardware dans l'électronique et les objets communicants sélectionnées dans 30 pays la base de ce qu'elles pouvaient apporter aux autres. En effet, le fond mise sur une équipe de huit permanents spécialistes de l'industrialisation et de la distribution ainsi que sur la communauté, avec la mise en réseau d'entrepreneurs partageant les mêmes problématiques (via une plate-forme web, des outils de dialogue communautaires et des événements) et qui se transmettent savoir-faire et bonnes pratiques. Pendant cette phase de réseautage et d'accompagnement, Hardware Club évalue les start-ups et sélectionne les projets dans lesquels investir pour se rémunérer. Le Hardware Club scelle aussi des partenariats avec des acteurs industriels et des distributeurs pour en faire bénéficier ses membres. Une soixantaine d'accords de ce type ont été scellés, avec des acteurs de la fabrication électronique comme Foxconn, Jabil, Flextronics et de la distribution comme Amazon, Target et Best Buy côté distribution. Aucun EMS français ne semble faire partie du réseau de partenaires.

Avec le soutien du Crédit Mutuel Arkéa et du Fonds French Tech Accélération, le fonds institutionnel du Hardware Club, baptisé « Hardware Club Fund 1 » est doté de 25 millions €. Il constitue le premier fonds d'amorçage européen dédié à la thématique du hardware avec des tickets allant de 150000 euros à 1,5 million d'euros.

## Conclusions et enseignements

### ■ Des laboratoires et structures d'enseignements bien diffusés sur le territoire

Si 17 régions ont positionné les technologies de l'information et de communication (TIC) dans leur stratégie régionale d'innovation, force est de constater qu'il n'y a pas de régions qui mettent particulièrement en avant l'électronique dans leur SRI. Par ailleurs, il convient également de souligner que les régions Grand-Est et Centre-Val de Loire ainsi que les anciennes régions Bourgogne et Picardie ne se sont pas positionnées sur les champs thématiques liés aux TIC-Informatique, Numérique et Electronique dans leur stratégie régionale d'innovation

### ■ L'écosystème français de l'électronique possède des centres de ressources sur l'ensemble de la chaîne d'innovation<sup>112</sup> et offre ainsi une offre complète.

De nombreuses collaborations entre les centres de ressources et les industriels du secteur ont été observé, grâce notamment à divers dispositifs : Sociétés d'Accélération de Transfert de technologies, Plateformes technologiques. Toutefois, si l'on trouve une offre de plateformes technologiques et de laboratoires complète pour la microélectronique, le territoire pâtit du manque de plateformes mutualisées et de centres de ressources intégrant la fabrication électronique et l'innovation. Dans ce contexte 2 plateformes technologiques dédiées à la fabrication électronique ont été répertoriés : MICROPACC à Montauban et PFT Calais.

### ■ Pôles de compétitivité, clusters : une mise en réseau primordiale pour développer les capacités de R&D

- § Les projets d'innovation pouvant impacter le secteur de la fabrication électronique (en termes de nouveaux composants, procédés de fabrication ou d'inspection de cartes) sont disséminés sur 5 pôles de compétitivité : SCS, TE, Systematic, Minalogic, S2E2. Des pôles applicatifs peuvent soutenir des projets intégrant de l'électronique.
- § Les outils de soutien à l'innovation et les différents laboratoires de recherche sont orientés vers des secteurs à forte intensité de R&D. Force est de constater que dans la chaîne de valeur complète de l'électronique, c'est le secteur amont des semi-conducteurs et des composants électroniques qui est le plus intense en R&D et en innovation technologique. Le reste de la chaîne de valeur investit moins même si des enjeux technologiques forts existent sur le packaging et l'électronique imprimée par exemple.
- § Des accélérateurs qui se positionnent de plus en plus sur l'industrialisation hardware.

### ■ Des startups hardware dans le domaine des objets communicants qui observent des difficultés à trouver des financements pour le passage à la production série

### ■ Des EMS qui ne sont pas des candidats prioritaires pour les fonds de capital développement du fait de leur profil financier et malgré les besoins importants en investissement pour augmenter la flexibilité de l'outil industriel

Dans le domaine de la fabrication électronique, les enjeux d'innovation sont plus liés à des enjeux de procédés et de nouveaux modes de production plus qu'à de l'innovation technologique de type R&D produit. Même si des évolutions sont en cours dans la plupart des dispositifs de soutien, la France et l'Europe continuent à privilégier le soutien à l'innovation R&D produit au détriment des autres modes d'innovation dont ceux de procédés et/ou de nouveaux modes de production. Les récents programmes autour de l'industrie du futur lancé en France et en Europe devraient pouvoir rééquilibrer ce constat. Si

---

<sup>112</sup> Laboratoires, structures d'enseignements, structures de transfert, clusters d'entreprises et pôles d'innovation

l'écosystème d'innovation et de R&D semble performant à plusieurs niveaux en amont de la production, il convient désormais de mieux accompagner l'émergence de pépites en accentuant les efforts sur : la prise en compte des contraintes de fabrication, le financement des passages à la production électronique série ainsi que le développement de nouveaux usages qui tireront la valeur de l'électronique de demain.

**Figure : Synthèse SWOT de l'écosystème français de l'innovation en matière d'électronique**

FORCES	FAIBLESSES
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Des aides publiques importantes pour soutenir l'innovation en amorçage Le programme national Industrie du Futur</li> <li>■ Quelques grands donneurs d'ordre sur des filières qui tirent l'innovation : automobile, aéronautique, défense, rail</li> <li>■ Des laboratoires et des centres de R&amp;D de pointe en électronique (CEA, CNRS)</li> <li>■ Des initiatives autour de l'Internet des Objets</li> <li>■ Une proposition de feuille de route collective sur l'électronique (ACSIEL, WE NETWORK)</li> <li>■ Les dispositifs CAP'TRONIC et EASYTECH pour développer la compétitivité des PME grâce à l'électronique</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Une frilosité des investisseurs en capital-risque et développement pour financer des entreprises en électronique</li> <li>■ Des outils de soutien à l'innovation sur les nouveaux modes de production encore trop peu nombreux et pas dotés suffisamment</li> <li>■ Seulement deux plateformes technologiques dédiées à la fabrication et l'assemblage de cartes électroniques identifiées</li> </ul>
OPPORTUNITÉS	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Des accélérateurs et pôle d'innovation qui se positionnent de plus en plus sur l'industrialisation hardware : Hardware Club, Connected Object/IoT Valley, NUMA/Cité des objets connectés</li> <li>■ Développement d'accélérateurs associant des industriels hardware à l'image d'Axandus</li> <li>■ Une forte croissance en France des jeunes entreprises se positionnant sur des produits électroniques communicants entraînant de nouvelles innovations et de nouvelles dynamiques de collaboration</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Un accès aux financements en capital risque plus rapide en Amérique du Nord</li> <li>■ La difficulté de rapprocher les startups de l'IoT des industriels</li> <li>■ Une orientation des soutiens vers la R&amp;D produit et peu sur l'amélioration des procédés</li> <li>■ Une dépendance globale des concepteurs de produits et systèmes électroniques français aux sous-traitants étrangers.</li> <li>■ Faible présence des EMS français dans les projets collaboratifs</li> </ul>

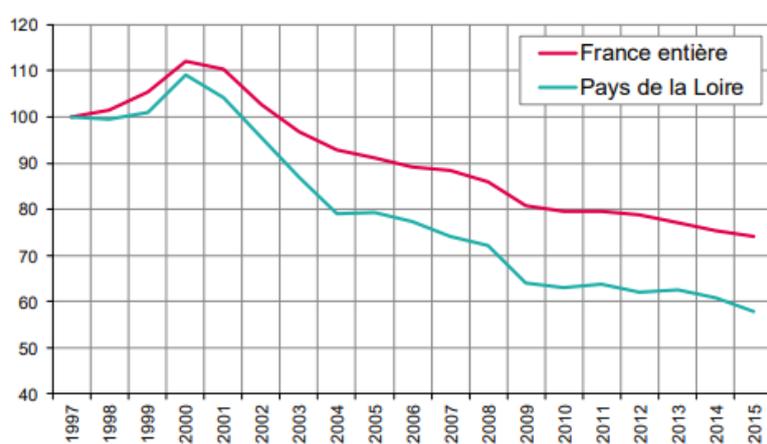
## VOLET 2

---

### Partie 2 : analyse de l'offre en matière d'emplois, de formation et de compétences



Si elle s'est stabilisée au cours des dernières années, la baisse des effectifs salariés du secteur électronique a été relativement importante depuis le début des années 2000. En effet, la disparition des grands comptes nationaux dans le domaine des télécoms ainsi que la délocalisation de la fabrication des produits électroniques grand public ont accéléré la disparition de nombreux emplois sur le territoire. Cette baisse de l'effectif salarié dans la filière électronique depuis 1997 est évaluée au niveau national à environ **35%** mais a été encore plus importante dans des régions comme les Pays de la Loire qui atteint près de 47%. Il s'agit d'une moyenne pour l'ensemble de la filière et il convient de préciser que selon les régions et le maillon de la chaîne de valeur, des dynamiques disparates ont pu être observées (par exemple, le maillon de la fabrication de cartes électroniques en Pays de la Loire est resté stable sur la période). Enfin, la croissance de l'avionique et de l'électronique automobile couplée à la pervasion de l'électronique dans de nombreux autres domaines applicatifs a redynamisé la filière électronique qui connaît un nouveau souffle en France et en Europe. Par exemple, le SNESE enregistre une croissance continue du secteur de la fabrication électronique depuis 10 ans et on observe un redémarrage significatif de l'emploi et des perspectives d'embauche dans l'ensemble de la filière depuis 2015.



**Figure : Évolution des effectifs salariés de l'électronique au niveau national et en Pays de la Loire entre 1997 et 2015, (Analyse en base 100) –**

*Source : Etude pays de la Loire & Pôle Emploi et ACCOSS*

Le travail de cartographie mené dans le cadre de cette étude évalue à plus de **70 000**<sup>113</sup> le nombre d'emplois directs dans le domaine de l'électronique sur le territoire avec une concentration des effectifs observés dans les régions Ile-de-France, Auvergne Rhône-Alpes et les régions du Grand Ouest (Bretagne, Normandie, Pays de la Loire). Pour rappel, ce sont les fabricants de composants et les acteurs de la sous-traitance électronique qui emploient le plus de personnes sur le territoire français avec respectivement près de **34 000** et **26 000** personnes.

Il convient de préciser également que le profil des entreprises employeurs du secteur divergent nettement selon les différents bassins d'emplois :

§ **Trois régions fortement orientées sur la fabrication de composants électroniques** : Auvergne-Rhône Alpes (8500 salariés sur ce segment pour 69% de l'effectif salarié électronique en région), Provence-Alpes-Côte d'Azur (4700 salariés sur ce segment pour 86% de l'effectif salarié électronique en région), Grand-Est (5 300 salariés sur ce segment pour 79% de l'effectif salarié électronique en région), Centre Val de Loire (2 600 salariés sur ce segment pour 68% de l'effectif salarié électronique en région).

§ **Trois régions fortement orientées sur la sous-traitance électronique** : Le Grand Ouest qui rassemble près de **40%** de l'effectif total avec environ 10 000 salariés (5 000 salariés en Pays de la Loire ce qui 80% de l'effectif salarié électronique en région, 2 800 salariés en Bretagne pour 80% de l'effectif salarié électronique en région) ainsi que les régions Nouvelle-Aquitaine (2 900 salariés sur le segment EMS pour 92% de l'effectif salariés électronique en région et 11% de l'effectif national), et Occitanie (1 600 salariés sur le segment EMS pour 66% de l'effectif salarié électronique en région).

§ **Régions équilibrées en termes d'emploi selon les maillons** : Ile-de-France (4400 salariés en sous-traitance, ce qui représente environ 20 % de l'effectif salarié national). Normandie, Hauts de France, Bourgogne Franche-Comté

Par ailleurs, il est important de souligner deux spécificités observées sur l'emploi en sous-traitance électronique et confirmées par les différents acteurs interrogés : tout d'abord, une grande majorité des établissements employeurs dans le domaine de la fabrication électronique se situe en territoire rural ou dans des petites agglomérations avec une répartition atomisée dans les territoires. Si ce point est compréhensible de par la taille des usines et est observable dans de nombreux autres secteurs industriels comme la mécanique, la métallurgie ou la plasturgie, il présente un impact fort à la fois sur les bassins d'emplois locaux mais aussi sur les attentes en termes de mobilité et de formation du personnel en place et des nouvelles recrues. Par ailleurs, on constate que le personnel féminin représente une vaste majorité des employés dans certains métiers : la dépose de composants sur cartes, l'assemblage électronique et le test de cartes.

<sup>113</sup> Compte tenu de la transversalité de l'électronique et de la diffusion de ses technologies dans de nombreuses industries, le recensement mené doit être pris avec précaution et considéré comme une fourchette basse. En effet, il ne tient pas compte des emplois électroniciens chez les clients finaux (fabricants de sous-systèmes ou systèmes électroniques complets), ce qui pourrait doubler l'effectif total

## La fabrication électronique regroupe un ensemble varié de métiers

La fabrication électronique implique un large panel de métiers techniques et de compétences associées et spécifiques. Ces métiers concernent à la fois les parties matérielles et les parties logicielles, et s'étendent de la conception à la production en passant par les achats et la réparation. On retrouve les trois niveaux de qualification classique pour ces emplois techniques : opérateurs, techniciens et ingénieurs.

Aux huit métiers spécifiques à l'industrie électronique identifiés par l'ORCI et le CARIFOREF (technicien en électronique, technicien d'installation et de maintenance en électronique, dessinateur de cartes électroniques, pilote de ligne de production électronique, opérateur de production électronique, technicien de dépannage et de test, technicien qualité et ingénieur électronique) s'ajoutent deux métiers qui jouent un rôle clé dans les relations entre les acteurs au sein de la chaîne de valeur : l'acheteur et l'approvisionneur en composants et systèmes électroniques. Les différents métiers sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 12- Matrice croisée métiers vs formations dans la filière électronique**

(Source : Tableau réalisé par IEIC à partir des informations recueillies dans l'étude Roland Berger 2017)

Métiers	Tâches	Qualification	Maillon
<b>Opérateur de production électronique</b>	Réalise manuellement ou au moyen de machines de production l'insertion, la pose, le brasage et le câblage de composants électroniques sur des supports dédiés. Il effectue les contrôles de conformité des produits tout au long du cycle de production à l'aide d'instruments techniques. Il peut procéder à l'assemblage de tout ou partie du matériel dans lequel s'insère le sous-ensemble.	Accessible sans diplôme ni expérience professionnelle. Formation en interne des nouveaux entrants sur des durées de 2 à 3 mois pour des process et produits simples à plusieurs années pour les process et produits complexes.	Fabrication électronique (EMS et intégrateurs)
<b>Conducteur de ligne de production électronique – Opérateur qualifié et techniciens</b>	Régule une ligne de production qui intègre plusieurs équipements automatisés de fabrication (machines de pose de composants CMS, four de refusions, vague, vernissage, intégration).	Formation qualifiante en interne. L'évolution des équipements nécessitant connaissances spécifiques en programmation, les employeurs recherchent des profils plus techniques issus de formations initiales.	Fabrication électronique (EMS et intégrateurs)
<b>Technicien en électronique</b>	Intervient à plusieurs étapes de la fabrication d'un système ou d'une solution électronique. En amont de la production, sur des études et des essais dans les phases d'ingénierie, design et industrialisation de composants, sous-ensembles ou ensembles électroniques. Il peut également intervenir dans la production où il procède au déploiement de process, au contrôle ou aux essais de produits électroniques.	Principalement issu des filières de formation BTS / DUT. De plus en plus fréquemment par des évolutions internes dans le cadre de certifications et qualifications pro ou VAE	Ingénierie et R&D au sein de BE indép. ou intégrés chez les : EMS, fabricants de composants, intégrateurs
<b>Technicien de dépannage</b>	Intervient en production à la réparation des cartes ou sous-ensemble qui présentent des défauts de fabrication. Il identifie les composants défectueux, procède à leur remplacement voire à la reprogrammation de composants électroniques. Il contribue également à l'identification des causes techniques du défaut de fabrication et à la correction immédiate du process.	Connaissance technique des schémas électroniques et des process de fabrication. Accessible à des niveaux BTS ou DUT électronique ou ayant une composante électronique forte dans leur programme.	Fabrication électronique (EMS et intégrateurs)

<b>Technicien qualité</b>	Contrôle la bonne application des process électroniques et des exigences normatives. Il est en charge des analyses de risques et de récurrence de pannes et de défaillance. Il intervient en interface avec les services qualité des clients afin de garantir l'efficacité et le suivi des mesures correctives prises.	Accessible à partir de filière BAC+2, BTS ou DUT qualité.	Fabrication de composants Fabrication électronique (EMS et intégrateurs) Client final non fabricant de systèmes électroniques
<b>Technicien d'installation et de maintenance en électronique</b>	Intervient sur des équipements industriels de production liés au placement des composants électroniques sur les circuits imprimés. Il définit les plans de maintenance préventive des équipements et intervient en cas de panne dans le cadre de maintenance curative. Il identifie les causes des pannes, assure l'entretien régulier de ces équipements.	Accessible avec un diplôme Bac pro systèmes électroniques numériques ou un titre professionnel RNCP électronicien de contrôle et de maintenance.	Fabrication électronique (EMS et intégrateurs) Fabricants et distributeurs d'équipement de production de tests et de mesures
<b>Dessinateur de cartes électroniques</b>	Etablit les plans et schémas des produits et des cartes électroniques à concevoir. Il matérialise physiquement les idées à partir de cahiers des charges spécifiant les fonctionnalités techniques des produits.	Métier pour partie externalisé par les fabricants de cartes électroniques. Débouché principal de la formation DUT GEII.	Ingénierie et R&D au sein de BE indép. ou intégrés chez des EMS et intégrateurs.
<b>Ingénieur en électronique</b>	En majorité dans les activités de conception, de définition et de mise en place des process de fabrication, ou d'industrialisation des sous-ensembles électroniques. Les savoir-faire principaux maîtrisés sont la conception matérielle / hardware (architecture matérielle et conception du schéma électronique, simulation de haut niveau), la conception carte (implémentation du schéma électronique sur la carte), le placement, le routage des composants, la simulation physique et enfin la conception logicielle.	De nombreuses formations de type école d'ingénieur spécialisée mènent directement à ce métier spécifique.	Ingénierie et R&D au sein de BE indép. ou intégrés chez des EMS et intégrateurs. Fabricants et distributeurs d'équipement de production de tests et mesures.
<b>Acheteur</b>	L'acheteur met en œuvre la politique achat, prospecte les partenaires et évalue la capacité des fournisseurs à répondre aux impératifs de coûts, de délais, de qualité, de quantité. Il assure également l'interface entre la production, la vente, la R&D et les fournisseurs. Les principales compétences attendues sur ce poste sont la capacité à traduire les besoins des services internes en spécifications et cahier des charges	Accessible avec une formation achats Bac +2  Responsable achat pour des Bac +2 avec plusieurs années d'expérience ou un Bac +5 achats	Distribution de composants Fabrication électronique (EMS et intégrateurs) Client final
<b>Approvisionnement</b>	L'approvisionneur se charge de l'approvisionnement des stocks (transmission des bons de commandes et suivi des livraisons) en lien direct avec les services Achats, Ventes et Production, ainsi que de la gestion des commandes et des quantités de produits en stocks. Les principales compétences attendues sur ce poste sont la connaissance des législations et réglementations douanières, des techniques de gestion des stocks et une capacité à organiser de manière rationnelle les commandes en fonction des demandes du marché.	Accessible avec une formation achats Bac +2.  Responsable approvisionnement pour des Bac +2 avec plusieurs années d'expérience ou un Bac +5 transport et logistique	Distribution de composants Fabrication électronique (EMS et intégrateurs) Client final

Il convient également de souligner que les profils de techniciens et ingénieurs électroniques peuvent occuper des postes de technico-commerciaux, responsables des ventes ou intégrer une équipe de marketing stratégique. Par ailleurs, les métiers de l'électronique faisant appel à une multitude de compétence dans des matières transversales telles que la mécanique, l'optique, la métallurgie, l'informatique, la chimie, les sciences des matériaux, la galvanoplastie, les traitements de surface, les mesures (électroniques, physiques, chimiques), l'automatisme ou encore la logistique, ces postes complémentaires peuvent aujourd'hui représenter près de **50%** des emplois techniques de la filière.

## Une filière confrontée à une double problématique : une vague de départ massif à la retraite et un déficit de visibilité et d'attractivité auprès des jeunes talents

La pyramide des âges observée dans les différents métiers qui composent le secteur électronique est vieillissante et se traduit par **des départs massifs à la retraite à prévoir sur tous les postes**, notamment les techniciens et les opérateurs qualifiés, dans les 10 prochaines années. Selon les acteurs interrogés, le maintien de la compétitivité et du savoir-faire en électronique repose aujourd'hui en grande partie sur ces profils expérimentés. L'ampleur du besoin de recrutement sur ces profils est encore difficile à évaluer mais oscille entre **plusieurs milliers**<sup>114</sup> et **60 000 à l'horizon 2022**<sup>115</sup>.

Par ailleurs, les métiers de l'industrie électronique **souffrent d'un manque de visibilité et d'attractivité** auprès des jeunes talents pré-baccalauréats (très peu d'électronique enseignée même en filière Bac S) et post-baccalauréats. Cela est directement lié au déficit d'image de la fabrication électronique en général et au manque de sensibilisation des étudiants, du grand public et des collectivités à l'existence d'une filière performante sur les territoires. Ce constat s'autoalimente avec le transfert d'information des responsables d'orientation scolaire qui connaissent mal les débouchés de la filière voire qui pensent qu'il n'y a plus d'industrie électronique en France. Il est aussi enrichi par l'appauvrissement général des filières de formation notamment la suppression des BEP/Bac Pro et la réforme du Bac STI-Electronique remplacé par le Bac Pro SEN (système électronique numérique). A noter que le Bac Pro SEN est aujourd'hui très orienté vers la réparation électronique/numérique et la maintenance de système électronique complet. Ceci est notamment dû à l'absence d'acteurs de la filière fabrication et plus généralement de l'électronique professionnelle lors de la réforme des programmes. Ce constat est problématique dans la mesure où ce bac pro est souvent la porte d'entrée vers les BTS orientés Industrie électronique mais il est à noter que certains rectorats sont prêts à reconsidérer les programmes.

Parallèlement, il a été observé un réel attrait des **étudiants concernant les opportunités offertes dans le secteur des systèmes communicants** (logiciels embarqués, ...). La proximité avec la filière électronique devrait permettre de profiter de cet engouement sous réserve toutefois que la filière puisse mettre en place une stratégie marketing et de communication.

Le manque de visibilité de la filière et la pyramide des âge vieillissante, associée au dynamisme économique du secteur de l'électronique provoque une pénurie de compétences qui touche non seulement **les postes techniciens et opérateurs de production** mais aussi les fonctions supports comme **la qualité ou les achats**. Cela se traduit par une publication croissante d'offres d'emplois (une majorité en CDI ou en CDD longue durée). Une difficulté de recrutement se fait ressentir dès à présent sur certains postes. Sur les huit métiers cités précédemment, **les profils techniciens électronique, techniciens qualité, techniciens dépannage et les opérateurs qualifiés en fabrication électronique sont les plus recherchés** et les postes proposés sont souvent non pourvus (à l'image d'Asteelflash qui déplore plusieurs dizaines de postes techniciens et plusieurs centaines de postes opérateurs vacants).

Le SIMTEC dans son étude « Les ingénieurs et techniciens en électronique en France, Evolution de l'emploi et problématiques d'entreprises » notait ainsi une forte diminution des profils techniciens en « électricité et électronique » mais une augmentation du nombre d'ingénieurs entre 2006 et 2014. Un appauvrissement du vivier technicien qui peut également s'expliquer par une généralisation de la

---

<sup>114</sup> Benoit Neel, le président du Simtec en 2013

<sup>115</sup> Scénario médian de l'analyse menée sur le secteur de l'électronique « Les métiers en 2022 : prospective par domaine professionnel », France Stratégie et Dares, 2015

poursuite d'études vers un cursus ingénieur ou licence à l'issue de l'obtention d'un BTS ou d'un DUT en électronique. A noter enfin que **la difficulté de recrutement est encore plus importante pour les entreprises de sous-traitance électronique**, en grande majorité des PME et parfois isolées géographiquement. Dans la mesure où elles sont **moins visibles que les grands clients finaux** et fabricants de systèmes électroniques, il est alors très complexe pour elles d'attirer les meilleurs profils qui s'orientent plus naturellement vers ces grands comptes internationaux.

### **DUT GEII- IUT : Nouvelles stratégies pédagogiques pour accroître l'attractivité de l'électronique analogique -**

Le département Génie Electrique et Informatique Industrielle (GEii) de l'IUT Lyon1, a pu constater une désaffection des étudiants pour l'électronique analogique, pourtant source de nombreux débouchés professionnels. En effet, seulement 15% des étudiants de 2<sup>ème</sup> année choisissent le parcours Electronique de Transmission et de Traitement du Signal (ETTS). La réussite des étudiants aux évaluations était, par ailleurs, peu satisfaisante (note moyenne entre 8/20 et 10/20 pour des exercices-types déjà réalisés en TD). Pour enrayer cette désaffection et réduire le taux d'échec, les équipes pédagogiques ont décidé de prendre du recul sur l'apprentissage et d'envisager différentes stratégies d'enseignement grâce à l'appel à projet « TICE et pédagogie » lancé par le service Innovation Conception et Accompagnement pour la Pédagogie de l'Université Lyon1 en juin 2011. Les différentes stratégies pédagogiques ont alors reposé sur trois axes :

§ Définition des buts et savoir-faire de chacun des chapitres étudiés afin de permettre aux étudiants de mieux comprendre "le pourquoi" de leur apprentissage

§ Réalisation de QCM pour créer un lien pédagogique incontournable entre cours magistraux - CM et TD afin d'obliger les étudiants à revoir leurs cours avant les TD ou leur offrir une possibilité d'auto-évaluation

§ Mise en place d'une stratégie de type Jigsaw basée sur le principe de « la meilleure façon d'apprendre c'est d'enseigner aux autres » et applications sur un projet de thermomètre électronique : L'étudiant individuellement devient expert sur un point d'un sujet puis doit restituer ses connaissances au groupe

A l'issue de 5 semaines de mise en œuvre de cette nouvelle pédagogie, les retours d'expérience ont été positifs, notamment sur les premiers QCM et le Jigsaw. Une enquête réalisée auprès de 121 étudiants a permis de relever que 83% d'entre eux souhaitent la poursuite des QCM, 74% ont effectivement relu leur cours avant de faire le QCM, 63% estiment que les QCM les aident à travailler plus régulièrement, 66% des étudiants se sentent bien préparés aux séances de travaux dirigés.

## Cartographie des formations existantes sur le territoire

### **Des formations et des diplômes pour tous les niveaux de qualification professionnelle à l'exception du niveau V suite à la disparition du BEP.**

Compte tenu de la diversité des métiers de l'électronique (cf. p22) et des compétences associées, de nombreuses formations et qualifications professionnelles sont nécessaires<sup>116</sup>. Une première analyse des formations existantes dans le domaine de l'électronique permet de dégager quatre principaux enseignements :

§ L'électronique semble davantage enseignée sur les cursus master et écoles d'ingénieurs.

§ On observe l'émergence de nouveaux masters « Ingénierie des objets intelligents » et plus largement des formations tournées vers les marchés applicatifs : électronique embarquée pour l'aéronautique, électronique et gestion des automatismes pour l'automobile, robotique industrielle.

§ Une filière BTS-DUT-Bac Pro complètement refondue et davantage orientée vers les usages et le numérique plutôt que la technologie électronique à proprement parler.

§ **Une fabrication électronique** est très peu représentée au sein de ces différents cursus.

<sup>116</sup>A noter que les formations débouchant sur les métiers transverses comme la plasturgie, la logistique, la mécanique, sont exclus du périmètre de cette analyse.

De manière plus précise, les formations disponibles en matière d'électronique peuvent être synthétisées dans le tableau ci-dessous.

**Tableau : Analyse des formations disponibles et du poids de l'électronique dans ses formations ;**

Niveau / Diplôme		Descriptif / Poids de l'électronique	Présence sur le territoire
V	BEP Systèmes électroniques industriels et domestiques	Lecture de schémas électronique, techniques de mesure, informatique, montage de composants, normes et réglementations liées à l'environnement, règles de tri des déchets électroniques.	Disparition depuis la réforme BEP/Bac Pro
	Bac Pro Systèmes Electroniques Numériques	Ce bac pro forme l'élève à la préparation, l'installation, la mise en service et la maintenance des systèmes électroniques numériques. Une spécialité sur les 6 proposés : électronique industrielle embarquée.	Remplacé par le Bac Pro Systèmes Numériques depuis 2016 avec la première session à la rentrée 2019.
	Bac Pro Systèmes Numériques	Réduction du poids de l'électronique avec la fusion des 6 anciennes options en trois : Sécurité des infrastructures de l'habitat et du tertiaire (SSIHT), Audiovisuels, réseau et équipements domestiques (ARED), Réseaux informatiques et systèmes communicants (RISC).	Formation dispensée dans plus de 500 établissements (lycées, lycées pro, CFA) Effectifs : <b>environ 10 000 par an</b>
IV	Bac Technologique STI2D	Disparition de la spécialité Génie électronique et électrotechnique suite au remplacement en 2011 du bac Technologique STI par le STI2D qui comporte 4 options : énergies et environnement, systèmes d'information et numérique, architecture et construction ; innovation technologique et écoconception)	Cette formation est dispensée dans 420 lycées Effectifs : environ 24 000 par an
	BTS Systèmes Numériques	Mis en place à la rentrée 2014, le BTS Systèmes numériques remplace le BTS Informatique et réseaux pour l'industrie (IRIS) et le BTS Systèmes électroniques (SE). Option Électronique et Communication (EC) : composants complexes, de la pré-industrialisation à la maintenance des dispositifs électronique	Cette formation est dispensée dans 420 lycées Effectifs : environ 1500 par an
	DUT Mesures physiques	Expertise en mesure, instrumentation, Physico-chimie, instrumentation, Approfondissement des compétences professionnelles et technologiques	Cette formation est dispensée dans vingt-neuf IUT parmi lesquels sept la proposent en apprentissage Effectifs : environ 4 600 par an
III	DUT génie électrique et informatique industrielle	Composants, systèmes et applications (énergie, système d'information numérique, informatique, systèmes électroniques, automatismes et réseaux), innovation par la technologie et les projets (outils logiciels, études et réalisations d'ensembles pluri technologiques), formation scientifique et humaine	Cette formation est dispensée dans cinquante départements d'IUT parmi lesquels trente la proposent en apprentissage Effectifs : environ 3 000 par an
	Licence électronique, énergie électrique, automatique (EEA)	La mention électronique, énergie électrique, automatique a pour fondement l'électronique (composants et circuits), l'électrotechnique (production, transport, conversion et gestion de l'énergie électrique), l'automatique et l'informatique industrielle. Les enseignements abordent la physique, les mathématiques, l'informatique, la conception assistée par ordinateur ...	Cette formation est dispensée dans une quinzaine d'Universités
II			

<b>I</b>	Diplôme d'ingénieurs en Génie Electrique ou dans une moindre mesure quelques masters spécifiques	Ces formations préparent aussi bien aux métiers de la recherche qu'aux métiers d'ingénieurs concepteurs dans des domaines tels que : systèmes embarqués, microsystemes, électronique instrumentale, système de communication sans-fil, électronique de puissance, réseau d'énergie électrique, automatique, contrôle-commande	Ecoles d'ingénieurs : CentraleSupélec, ECE, Télécom, INP Toulouse, ESEO, ESIGELEC, INSA, CPE, ESIEE, POLYTECH Master Électronique, électrique Automatique (EEA) : 29 Universités Master Électronique et systèmes embarqués : 20 Universités
----------	--------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

L'enseignement de l'électronique dans son ensemble et encore davantage de la fabrication électronique occupe une place de plus en plus faible dans l'offre de formation initiale et en apprentissage sur le territoire. Aujourd'hui **les formations spécifiques à la fabrication électronique sont rares et atomisées**

En effet, par-delà de la disparition du BEP SEID<sup>117</sup>, de la spécialité Génie électronique et électrotechnique lors du remplacement du Bac STI par le STI2D ou encore la disparition de l'option électronique industrielle embarquée lors du remplacement du Bac Pro SEN par le Bac Pro SN, l'appauvrissement des filières de formation est lié à une place de plus en plus importante du numérique et des technologies associées dans les cursus et les modules pédagogiques, **laissant alors un socle minimal de connaissance spécifique à la filière de fabrication électronique.**

Un socle minimal qui devient insuffisant et insatisfaisant lorsqu'on parle plus précisément de fabrication électronique qui n'est quasiment plus enseignée dans l'ensemble des cursus présentés. Les rares formations identifiées intégrant de manière marquée dans son contenu pédagogique la fabrication électronique et l'industrialisation de cartes sont les suivantes :

<b>Licence professionnelle - Conception et Production de Systèmes électroniques – IUT Toulouse (Université Toulouse III Paul Sabatier) et Lycée Antoine Bourdelle (Montauban).</b>
§ Dispensée majoritairement au Lycée Antoine Bourdelle de Montauban dans lequel une plateforme technologique "MICROPACC" est dédiée à l'industrialisation de cartes électroniques, cette licence professionnelle est accessible à tous les étudiants issus de filières scientifiques et technologiques en BTS ou DUT ou encore de L2 universitaires.
§ La formation se déroule sur une année et est accessible en formations initiale et continue sur un format d'alternance de trois fois 6-8 semaines d'apprentissage académique en formation au Lycée ou à l'université et de trois fois 9-11 semaines de projet en entreprise.
§ L'objectif visé par la licence professionnelle associée est d'amener son public à acquérir les connaissances, savoir-faire et savoir-être nécessaires à l'exercice des métiers de l'industrialisation de cartes électroniques, du bureau des méthodes et des procédés dans l'industrie électronique. Toutes les technologies de composants et de supports, les nouveaux procédés de fabrication, d'analyse, de test et de réparation de cartes y sont étudiés.
§ Plus 35 % du volume total des heures d'enseignement est assuré par des intervenants du monde professionnel grâce à un réseau de partenaires dont SERMA Technologies et EOLANE.
§ 16 apprentis par promotion (20 étudiants maximum) en moyenne avec de nombreux débouchés dans les bureaux d'études de groupes d'électronique soit dans les entreprises de sous-traitance en production de cartes électroniques (Technicien méthodes et procédé, technicien d'industrialisation...)

<sup>117</sup> Systèmes électroniques industriels et domestiques

**Licence professionnelle - Mécatronique et Robotique Parcours PASTEL (Production et Assemblage des Systèmes Electroniques) – Campus E.S.P.R.I.T Redon, Lycée Marcel Calot et IUT Rennes**

- § Proposée par le Campus E.S.P.R.I.T de Redon en réponse à une demande locale, avec le soutien du SNESE et en partenariat avec l'IUT de Rennes (dans lequel 30% des cours sont enseignés) et le Lycée Marcel Calot de Redon, cette licence professionnelle est accessible à tous les étudiants titulaires d'un DUT, BTS ou L2 dans les spécialités de l'électronique, de l'électrotechnique ou de l'automatisme, aux personnes relevant de la formation continue : salariés ou personnes en recherche d'emploi (plan de formation, CIF, AREF, ...) avec dérogations possibles en fonction de la validation des acquis professionnels (VAP 85), sous réserve d'un minimum de 3 années d'expérience professionnelle.
- § La formation se déroule en alternance avec 17 semaines de formation en centre de formation et 36 semaines en entreprise sur un rythme de 5 à 6 semaines en entreprise et 4 semaines en centre de formation.
- § La licence professionnelle en Mécatronique mention « Production et Assemblage des Systèmes Electroniques » se propose de former des techniciens, possédant une spécialité de base centrée sur l'électronique et la mécanique, aux métiers de l'industrialisation, du bureau des méthodes et des procédés dans l'industrie de l'assemblage électronique.
- § Un cursus qui se distingue par la qualité de son plateau technique : en effet, issue de la fabrication électronique, l'équipe pédagogique a su reproduire avec une enveloppe budgétaire limitée une unité de conception et de production de cartes électroniques identique à celles que l'on trouve chez les industriels (ligne automatisée, module AOI 2D et 3D, module de test in-situ, machine de réparation pour du débrassage et rebrassage).
- § Entreprises partenaires : Atlantec, Axis Electronique, Breizélec, Kerlink, Lacroix Electronics, Mncc, Novatech Industries, Novatech, Technologies, Safran, Seico, Selha Group, Siren test, Syrlinks, Thales Microelectronics, Thomson Vidéo Networks, Tronico.
- § 25 apprentis par promotion en moyenne pour 80 candidats avec de nombreux débouchés dans des postes de technicien process, fabrication, méthode, industrialisation ou chargé d'affaire process.

**Licence Professionnelle - Fabrication de cartes et sous-ensembles électroniques Chargé d'affaires en ingénierie électronique et microélectronique – IUT Bordeaux Calot et IUT Rennes**

- § Dispensée au sein du Département Génie Electrique et Informatique Industrielle de l'Université de Bordeaux (IUT) sur le site de Gradignan, cette licence professionnelle est accessible aux candidats titulaires d'un diplôme national justifiant deux années d'études supérieures validées (DUT, BTS, DEUST, L2 EEA) dans le domaine de l'électronique ou par Validation des Acquis Professionnels (VAP) pour les non-titulaires d'un diplôme de niveau bac +2 ayant une expérience professionnelle suffisante.
- § La formation se déroule sur 2 semestres et comporte 480 heures de cours complétés par 120 heures de projets tutorés. La formation est organisée pour accueillir dans un même groupe des étudiants en formations initiale et continue tout en respectant les périodes de stage (20 semaines de cours puis 16 semaines consécutives en fin de cursus) ou d'alternance selon le type d'étudiant (13 semaines de cours pour 36 semaines en entreprises)
- § Cette licence professionnelle permet d'acquérir la maîtrise d'un savoir-faire technique non seulement en conception et en fabrication mais aussi sur le test et la caractérisation de dispositifs et systèmes électroniques (du composant au système) et diffusable dans un large spectre d'activités (industries de transformation et manufacturières, instrumentation et mesure, télécommunications et réseaux embarqués, transport et automobile, aéronautique et spatial, défense, domotique, santé, agroalimentaire ...).
- § Une licence professionnelle soutenue par le SNESE et de nombreux industriels tels qu'Actia, Continental, Thales AleniaSpace, Latécoère ou encore Airbus
- § 20 étudiants par an pour 80 candidats en moyenne avec de nombreux débouchés dans les métiers du commerce, de la maintenance ou de l'industrie

Aux côtés de ces trois licences professionnelles qui sont les exemples les plus cités par les industriels interrogés, il existe également une licence professionnelle Fabrication de cartes et sous-ensembles électroniques - Conception, étude et réalisation en électronique numérique et analogique dispensée par l'IUT de Tours (essentiellement en alternance 4 semaines en IUT – 4 semaines en industrie) et une licence professionnelle Fabrication de cartes et sous-ensembles électroniques - Electronique pour Objets Connectés et Smarts Grids (EPOCS) dispensée par l'IUT d'Aix-Marseille.

Pour les niveaux III à V, il existe également **des titres professionnels relevant du Ministère du Travail délivrés par les organismes de formation habilités** comme **l'AFPA**, les Centres de Réadaptation professionnel ou le réseau GRETA. Aujourd'hui ces organismes représentent **la seule alternative pour former des personnes au niveau CAP-BEP** dans le domaine de la fabrication électronique suite à la disparition du BEP Systèmes électroniques industriels et domestiques. Les cursus proposés ciblent généralement **les demandeurs d'emplois, les personnes en reconversion professionnelle** ou en situation de handicap.

**L'AFPA**, à travers sa mission de service public, est en charge des révisions de 4 titres professionnels dans le domaine de l'électronique, dont celui d'agent de montage et de câblage en électronique (1015 heures, 4 modules et 1 période en entreprise de 4 semaines). Celui-ci vise à apprendre aux stagiaires à équiper et réparer des cartes électroniques (préparer et monter des composants électroniques sur une carte électronique, braser des composants électroniques sur une carte électronique, retirer un composant, reprendre une brasure, rajouter une liaison électrique sur une carte électronique, contrôler en fonction d'un document client la conformité d'une carte électronique et tracer son travail) et câbler et interconnecter des cartes et des sous-ensembles dans un équipement électronique.

En tant qu'organisme de formation, **l'AFPA dispense ces formations dans ses centres de Villers St-Paul, Montluçon ou encore Istres** à hauteur d'une session de 8 mois par centre et par an environ selon le programme suivant avec une période en entreprise de 4 semaines :

- § Module 1 : Equiper et réparer des cartes électroniques simples (circuit imprimé double face avec des pastilles supérieures à 1 mm et des composants traversants)
- § Module 2 : Equiper et réparer des cartes électroniques complexes (circuit imprimé double face avec des composants traversants et CMS et des pas fins)
- § Module 3 : Réaliser les faisceaux de câblage d'ensembles électroniques
- § Module 4 : Intégrer des faisceaux et sous-ensembles dans des équipements électroniques

Dans une dynamique similaire et conformément au titre professionnel, **le centre Suzanne Masson** (positionné comme l'un des principaux acteurs de la formation pour les personnes inaptes ou handicapées) dispose d'un pôle électronique qui dispense une formation d'agent de montage et câblage en électronique AMCE avec un effectif de 16 personnes par promotion.

- § Module 1 : Equiper des cartes électroniques imprimées suivi de 4 semaines de stage
- § Module 2 : « câbler et interconnecter des cartes électroniques, des sous-ensembles et des équipements électroniques », suivi de 4 semaines de stage
- § Module 3 : « contrôler la conformité et la qualité des cartes électroniques, de sous-ensembles et d'ensembles électroniques »

Enfin, **l'apprentissage sur des périodes très courtes** sur sujets des fondamentaux de la fabrication électronique, ou au contraire des sujets les plus pointus nécessitant une expertise extérieure, sont assurés par des organismes de formation continue dont les plus identifiés par les acteurs interrogés sont :

■ **IFTEC : Centre de ressources et de formation sur les procédés de fabrication** des cartes électronique, la conception, les circuits imprimés ou encore le brasage des composants. En plus de proposer des formations continues sur ces sujets, l'IFTEC accompagne les entreprises et leurs salariés dans la certification IPC. Cela représente une moyenne de 1500 stagiaires formés par an sur les différentes formations et stages proposés avec une demande forte des industriels pour les sessions de certification du personnel aux normes IPC, liées au câblage et au brasage au fer :

- § **Formations circuits imprimés, cartes électroniques et conception** : Les cartes électroniques, Conception et industrialisation des cartes électroniques (en corrélation avec les référentiels IPC), technologie de fabrication des circuits imprimés rigides (du simple face aux multicouches), technologie spécifique aux circuits imprimés flexibles et flexi-rigides, les microvias, finitions métalliques des CI nus, leur influence sur la brasabilité et la solidité des joints brasés, les origines des défauts sur les circuits imprimés nus.

- § **Formations brasage** : Impacts du sans plomb (RoHS) dans les procédés de brasage, brasage à la vague, réglage d'une machine de brasage à la vague, refusion des CMS, recherche des causes de défauts en process vague et refusion (Trouble-shooting), brasage au fer, contrôle visuel des cartes électroniques, mise en œuvre et réparation des BGA
- § **Formations connexes** : Règles de protection des produits sensibles aux décharges électrostatiques, nettoyage et vernissage des cartes électroniques (Les produits chimiques du brasage), fiabilité des assemblages électroniques, câblage filaire selon IPC/WHMA-A-620, miniaturisation et packaging en électronique et en micro-électronique, systèmes d'inspection et de contrôle des cartes électroniques, test électrique de cartes électroniques, stockage et manipulation des composants électroniques
- **Institut de soudure** : Depuis l'intégration de Microniks Europe au groupe Institut de Soudure en 2015, l'activité brasage tendre pour les applications électroniques est regroupée sous la marque Microniks et propose un ensemble de formation et de certification en câblage et brasage électronique, dédiée à la maîtrise des procédés d'assemblage et au contrôle des équipements électriques et électroniques dont notamment :
  - § Certifications IPC et ESA
  - § Formations : Brasage au fer et à l'air chaud, brasage manuel avec ou sans plomb assemblage et reprise des composants traditionnels et CMS, brasage à la vague avec des alliages au plomb ou sans plomb, câblage filaire, brasage, sertissage et mise en forme du faisceau, pratique du contrôle visuel des brasures en électronique selon IPC-A-610, conduite des installations ESD selon les normes IEC-61340-5-1 et -2, modifications filaires et adjonction de composants selon les normes IPC/J-STD-001 et IPC-771/7721, reprises, réparations et modifications des cartes électroniques selon les normes IPC-7711/7721, brasage et reprise des composants BGA et PQFN selon les normes IPC-771/7721, vernissage des cartes électroniques.

Il est important de prendre aujourd'hui conscience que **le danger pour la filière porte principalement sur la formation des câbleurs et sur les formations au brasage manuel** : celles-ci ne sont plus enseignées dans la formation initiale (Education Nationale) mais uniquement dans des centres spécialisés dans la formation professionnelle pour adultes (AFPA, IFTEC, Institut de soudure, CRP, etc.) et des entreprises disposant de compétences en formation.

## Adéquation entre l'offre de formation et les attentes des entreprises

### Une offre de formation jugée incomplète et insuffisante en matière de fabrication électronique

Dans une majorité de formations dispensées à tous les niveaux, les connaissances théoriques et pratiques apportées aux étudiants en matière d'industrialisation, de fabrication et d'assemblage de cartes électroniques sont réduites au minimum ou inexistantes. Une observation qui va dans le sens d'un abandon progressif de l'électronique analogique pour favoriser les cursus intégrant davantage de numérique alors que la demande est réelle au niveau du marché de l'emploi : en effet, les acteurs interrogés **jugent le contenu pédagogique en matière d'électronique analogique de puissance et radiofréquence trop léger** et à approfondir au vu de l'augmentation du besoin d'électronique embarquée dans les voitures ou les avions par exemple.

Par ailleurs, il a été considéré qu'un enseignement de qualité sur les métiers liés à la fabrication électronique ne peut être assuré qu'avec un plateau technique représentatif d'une ligne de production industrielle. Ce point soulève une problématique financière dans la mesure où ces moyens représentent un investissement significatif impliquant une concentration ou une mutualisation forte des équipements. En effet, très peu d'organismes peuvent se permettre financièrement un tel achat et encore moins de le dupliquer dans différents centres ou implantations pour répondre à une demande locale. A cela, s'ajoutent les frais de maintenance et l'obsolescence des machines qu'il faut renouveler pour suivre l'état de l'art. La plupart des écoles d'ingénieurs en génie électrique jugent avoir un programme déjà très dense pour enseigner les fondamentaux en électronique en trois ans, utilisent les options en troisième année pour s'adapter rapidement aux demandes les plus fortes du marché et reconnaissent que la grande variété et le coût des machines est un frein.

**Une solution pourrait alors être de développer davantage les filières ingénieurs en alternance** via des partenariats entre écoles et EMS pour combiner astucieusement une connaissance théorique large en formation académique et une compréhension pratique de l'outil industriel en entreprise. Dans cette dynamique, l'attractivité de l'apprentissage est à souligner : Les effectifs d'apprentis connaissent une forte progression depuis 2013 (+13% en trois ans), en particulier dans les formations du supérieur qui regroupent désormais près d'un apprenti sur cinq<sup>118</sup>. Par exemple, l'INSA Lyon Génie Electrique compte 25 apprentis sur 150 étudiants avec 1800 heures de formation académique et 2800 heures de formation en entreprise sur 3 ans.

Par ailleurs, **la concentration nécessaire des équipements sur quelques centres ne permet pas toujours de répondre aux besoins de formation locaux**, notamment dans les zones rurales. A titre d'exemple, le public pouvant se former à un poste d'opérateur en production électronique est souvent peu mobile et cherche généralement des cursus dispensés à proximité. Plus précisément, les centres de l'AFPA ou les centres de réadaptations professionnelles équipés de plateau technique sont peu nombreux et situés dans certaines régions seulement. Ce constat s'applique également au niveau des techniciens où les quelques licences professionnelles dédiées à la fabrication électronique (dont celles de Montauban et de Redon qui présentent les plateaux techniques les plus proches de l'outil industriel) n'accueillent qu'une quinzaine d'étudiants en moyenne pour des territoires très vastes.

Certains acteurs interrogés suggèrent qu'il pourrait être très pertinent à l'avenir de voir émerger à proximité des bassins d'emplois et d'activité en fabrication électronique plusieurs plateaux techniques de ce type, mutualisés si besoin entre plusieurs IUT, laboratoires ou Universités à l'image du réseau CNFM (Centre National pour la Formation en Micro-Electronique et Nanotechnologies) dont l'initiative est détaillée ci-dessous sous forme de cas d'école :

**Tableau : Cas d'école sur le Centre National pour la Formation en Microélectronique et Nanotechnologies**

Le Comité National pour la Formation en Microélectronique et Nanotechnologies Une offre de formation pratique d'excellence et évolutive couplée à une mutualisation des équipements pour répondre aux enjeux d'innovation et de compétences	
<b>Thématique associée au cas d'école</b>	Formation et compétence : maintenir les compétences et former les spécialistes aux techniques de la microélectronique grâce à une mutualisation des équipements récents
<b>Typologie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>§ Secteurs applicatifs concernés : Microélectronique et nanotechnologies.</li> <li>§ Acteurs concernés : Ecoles d'ingénieurs, Université, Laboratoires de recherche, Fabricants de composants électroniques.</li> <li>§ Entreprise interrogée : GIP-CNFM.</li> </ul>

<sup>118</sup>L'apprentissage : une voie de formation attractive, entre tradition et mutation <http://www.education.gouv.fr/cid23166/l-apprentissage-une-voie-de-formation-attractive-entre-tradition-et-mutation.html>

**Le Comité National pour la Formation en Microélectronique et Nanotechnologies**  
**Une offre de formation pratique d'excellence et évolutive couplée à une mutualisation des équipements pour répondre aux enjeux d'innovation et de compétences**

<p align="center"><b>Contexte de mise en œuvre</b></p>	<p>§ La mise en place de centres de ressources disposant de moyens hautement spécialisés en microélectronique a été entreprise dans les années 80 à travers plusieurs plans d'urgence décidés par le Ministère chargé de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (MESR), appuyé par le Ministère chargé de l'Industrie. Il s'agissait de répondre aux besoins exprimés par les entreprises qui faisaient état d'un manque important de spécialistes formés aux techniques de la microélectronique, situation que soulignait une enquête conduite par le Syndicat des industries des tubes électroniques et des semi-conducteurs (SITELESC, devenu ACSIEL).</p> <p>§ L'importance des investissements à consentir et la double nécessité d'éviter un éparpillement des moyens et de prendre en compte la répartition géographique des industries, des laboratoires de recherche, et des établissements de formation, ont conduit à la création d'un réseau de 12 pôles interuniversitaires et de services nationaux de CAO, de test, et de prototypage de circuits intégrés, fédérés par le réseau CNFM (Comité National pour la Formation en Microélectronique) devenu en 2002 un groupement d'intérêt public intitulé Coordination Nationale pour la Formation en Microélectronique et nanotechnologies, le GIP-CNFM.</p> <p>§ Aujourd'hui, la problématique réside plus dans la nécessité d'apporter une formation pratique d'excellence et évolutive afin de répondre aux exigences d'innovation à tous les niveaux dans les domaines de la micro-nanoélectronique et des micro- et nanotechnologies offrant sans cesse de nouvelles possibilités et de nouveaux défis dans une stratégie d'évolution du monde industriel et répondant aux approches suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>§ Miniaturisation selon la loi de Moore et aux systèmes intégrés hybrides de type « More than Moore ».</li> <li>§ Rupture technologique au-delà de Moore « Beyond Moore » (utilisation de technologies différenciantes du monde des nanosciences comme les nanotubes de carbone, transistors moléculaires.)</li> </ul>
<p align="center"><b>Objectifs visés</b></p>	<p>§ Coordonner, à l'échelle nationale, des moyens de formation pratique de haut niveau à l'ensemble des composantes de la filière électronique.</p> <p>§ Mettre en place un réseau de plateformes régionales pour la formation, couvrant l'ensemble du territoire et se déclinant essentiellement dans les différentes spécialités de la microélectronique, à savoir la conception, la fabrication en salle blanche, la caractérisation et le test, intervenant sur l'ensemble de la chaîne de réalisation d'un composant élémentaire, d'un circuit ou d'un système électronique complet.</p> <p>§ Assurer une formation pratique associée aux formations initiales de tout niveau de diplôme universitaire, vie professionnelle et travaux de recherche afin, d'une part, d'acquérir un savoir-faire complémentaire indispensable aux enseignements théoriques, qu'ils soient en présentiel ou sous forme numérique en ligne, et d'autre part, de se rapprocher de la fabrication.</p> <p>§ Assurer une mise à niveau permanente des outils et plateformes qui sont en permanente évolution technique, technologique et dans leurs applications sociétales, afin de répondre aux besoins d'une part, des entreprises de la filière, et d'autre part des nouveaux acteurs qui intègrent de plus en plus d'électronique dans leurs produits à l'image des objets communicants.</p> <p>§ S'inscrire dans une stratégie incitative auprès des établissements universitaires partenaires et usagers puisque seul un réseau structuré et coordonné peut donner accès à des outils pédagogiques de formation performants et donc très onéreux (certains équipements peuvent coûter entre 1 et 2M€). Dans un contexte de budgets contraints (diminution par 5 des financements sur les 20 dernières années), l'ensemble des plateformes (ou pôles) ne peuvent couvrir toutes les spécialités. C'est la raison pour laquelle, les pôles ont en général des domaines privilégiés et spécialisés liés à leur environnement industriel et de recherche.</p> <p>§ Sensibiliser et renforcer l'attractivité de la filière électronique auprès des jeunes en accueillant des lycéens chaque année sur les plateformes du CNFM afin de les sensibiliser au secteur.</p>

**Le Comité National pour la Formation en Microélectronique et Nanotechnologies**  
**Une offre de formation pratique d'excellence et évolutive couplée à une mutualisation des équipements pour répondre aux enjeux d'innovation et de compétences**

**Moyens et leviers**

Acteurs impliqués dans le projet /Parties prenantes : La gouvernance est fondée sur un Conseil constitué par l'Assemblée Générale des partenaires du GIP (Fig. 1), soit :

- Les **12 établissements** de rattachement **des pôles** inter-universitaires (Bordeaux INP, Grenoble INP, Univ de Lille, Univ de Limoges, INSA de Lyon, Aix-Marseille-Université, Univ de Montpellier, Univ Paris Sud, Sorbonne Université, Univ. Rennes 1, Univ de Strasbourg, INSA de Toulouse).
- **Le syndicat électronique du domaine**, à savoir ACSIEL Alliance Electronique. Depuis 2015, la FIEEC (Fédération des Industries Electriques, Electroniques et de Communications), s'est associée à ACSIEL Alliance Electronique pour être membre industriel du GIP. Cette Assemblée est présidée actuellement par le Président d'ACSIEL Alliance Electronique également directeur de STMicroelectronics Montrouge (Paris).

Le GIP-CNFM est dirigé par un directeur général nommé par l'Assemblée Générale en accord avec les statuts, qui met en œuvre la politique définie par les Assemblées Générales au cours desquelles il assiste le Président (Figure 2).



*Présentation géographique du réseau GIP-CNFM. Il couvre l'ensemble du territoire métropolitain. Des informations détaillées sont accessibles sur le site du GIP-CNFM : [www.cnfm.fr](http://www.cnfm.fr)*

**Ressources financières principales du GIP :**

§ Subvention d'environ 1M€ annuel du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche (DGESIP) via un contrat quinquennal. L'année 2016 a vu le renouvellement du contrat quinquennal entre le GIP-CNFM et le Ministère de l'Enseignement Supérieur en confirmant la stratégie d'innovation et de développement de la discipline dans le cadre de l'évolution sociétale vers le numérique.

§ Contributions des membres à hauteur de 60 000€.

§ Contributions FIEEC et ACSIEL à hauteur de 10 000 €.

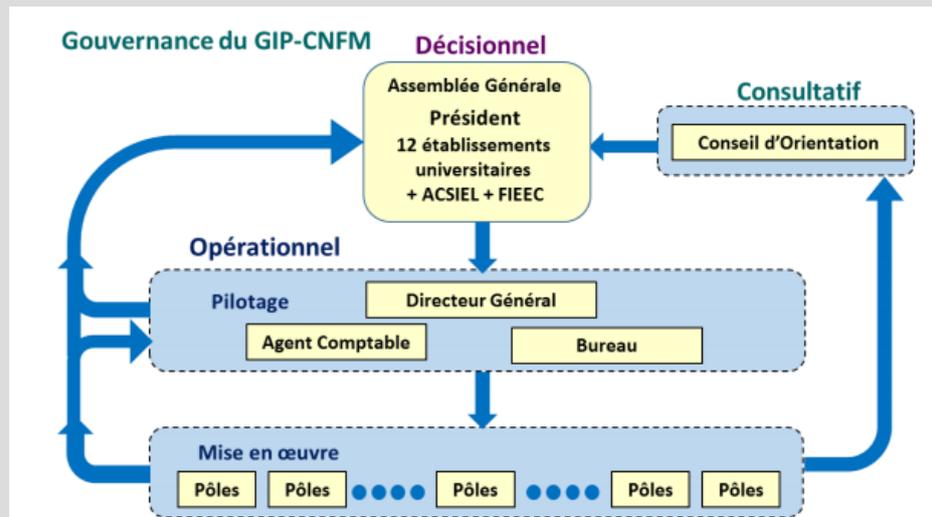
§ Produits financiers et subvention d'autres organismes ou programmes tel que IDEFI-FINMINA (projet en cours).

**Le Comité National pour la Formation en Microélectronique et Nanotechnologies**  
**Une offre de formation pratique d'excellence et évolutive couplée à une mutualisation des équipements pour répondre aux enjeux d'innovation et de compétences**

**Frais de fonctionnement et dépenses du GIP liés à sa contribution au :**

- § Fonctionnement général, des salles blanches et des pôles.
- § Services Nationaux (logiciels et tests), projets innovants, ...
- § Programmes spécifiques.

L'ensemble des pôles CNFM dispose au total d'un investissement cumulé (hors locaux, hors logiciels) de l'ordre de 55 M€ et d'un personnel technique de 36 ITA (ingénieurs, techniciens, administratifs).



**Schéma de gouvernance du GIP-CNFM. Des informations détaillées sont accessibles sur le site du GIP-CNFM : [www.cnfm.fr](http://www.cnfm.fr)**

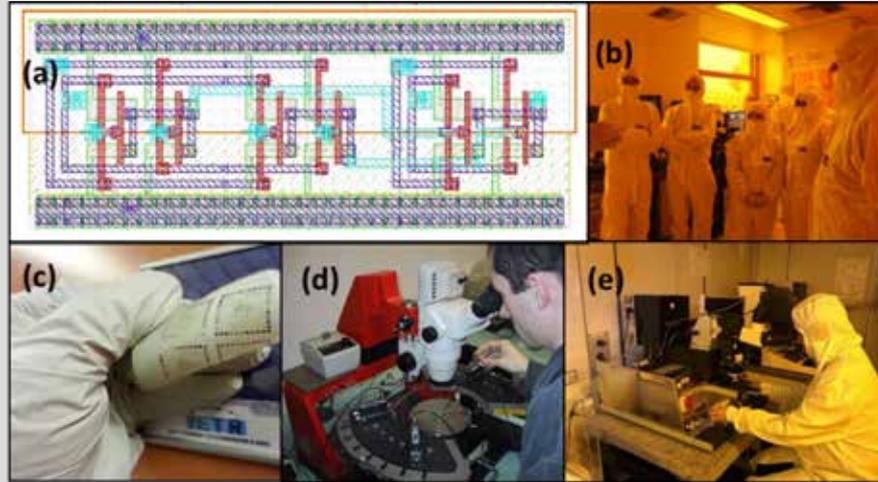
**Principaux résultats et enseignements de la démarche**

En 2017, le bilan simplifié de l'activité au sein des différents centres est le suivant :

- § **En formation initiale** : le flux moyen des spécialistes diplômés s'est établi à environ 1200 ingénieurs ou Masters provenant de 89 filières de formation différentes,
- § **En formation continue** : ce secteur représente toujours une part faible de l'activité totale avec des variations relatives importantes d'une année sur l'autre. Une action d'envergure a démarré dans le cadre du projet IDEFI-FINMINA avec la mise en place d'un guichet national. Elle devrait porter ses fruits dans les toutes prochaines années.
- § **En recherche** : ce secteur représente une part importante (43%) de l'activité globale, mais concerne essentiellement la conception et un nombre relativement restreint d'étudiants. En 2017, la contribution aux actions de recherche des pôles du GIP a concerné 1 259 chercheurs et doctorants appartenant à 60 laboratoires français. Ce nombre est resté équivalent aux années précédentes. Cette utilisation des plateformes par la recherche répond à un besoin de mutualisation des plateformes ce qui permet d'optimiser et mutualiser les coûts de maintenance de celles-ci.

Tout usage confondu, 16 150 personnes « physiques » utilisent les plateformes du CNFM chaque année, un même étudiant pouvant être pris en compte par deux pôles différents sur des thématiques différentes. Considéré indépendamment, le nombre d'utilisateurs est supérieur à 20 600. Les activités pratiques correspondantes couvrent tous les aspects du domaine : la conception de circuits et systèmes, les technologies de fabrication (technologie sur substrat massifs, technologies couches minces), la caractérisation et le test (Fig. 3).

**Le Comité National pour la Formation en Microélectronique et Nanotechnologies**  
**Une offre de formation pratique d'excellence et évolutive couplée à une mutualisation des équipements pour répondre aux enjeux d'innovation et de compétences**



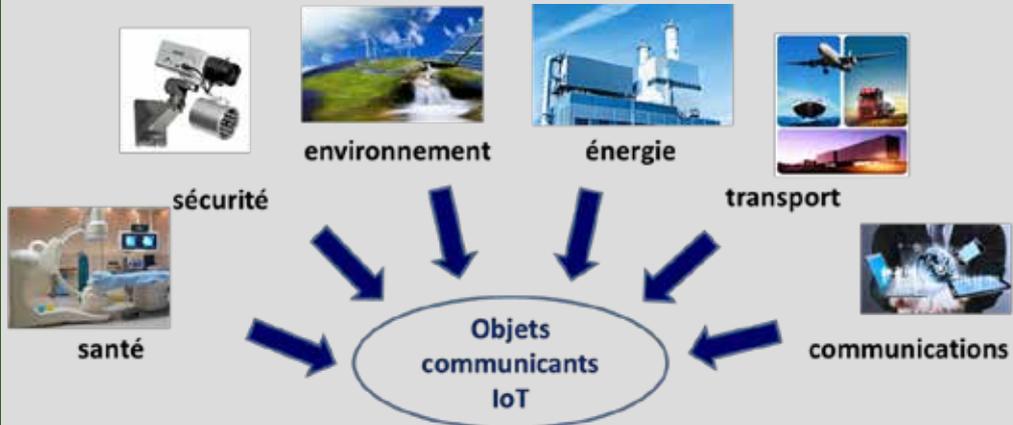
*Différents domaines de la microélectronique accessibles sur les plateformes. a) Conception de circuits et systèmes, b) technologie monolithique en salle blanche, c) technologie films minces, d) caractérisations électriques, e) alignement et contrôle optique.*

**Atouts majeurs du GIP CNFM :**

- § Structuration en pôles – Il répond au besoin de concentrer les plateformes dans un espace dédié et mutualisé pouvant inclure la conception, la fabrication, les caractérisations et les tests.
- § Achats groupés et distribution de logiciels par les services nationaux - Du fait de la nécessité d'avoir accès en permanence aux nombreux outils de conception et en raison du nombre très important de postes de travail nécessaires aux formations initiales d'ingénieurs et masters (principalement) réparties sur le territoire, des Services Nationaux de fourniture de logiciels ont été structurés et sont portés par le pôle de Montpellier. Cette organisation permet une négociation unique avec les fournisseurs de logiciels pour l'ensemble du réseau ce qui, d'une part, minimise le temps passé à ce type d'activité pour l'ensemble de la communauté, et d'autre part, permet de négocier avec plus de poids l'acquisition de nouveaux logiciels. Une évaluation récente a montré que pour l'ensemble du réseau, l'économie réalisée par cette mutualisation est supérieure à 3M€ rien que pour les logiciels de conception les plus utilisés.
- § Effort accru pour la formation en conception en correspondance avec l'offre d'emplois - Forte contribution à la formation à la conception du réseau en raison de la facilité de distribuer les licences de logiciels dans de nombreux sites physiques des établissements partenaires. A noter, que du fait d'investissements réguliers dans de nouveaux équipements technologiques et des frais de maintenance, il est beaucoup moins coûteux de former les étudiants en conception plutôt qu'en technologie.
- § Innovation permanente - Politique de développement de projets innovants proposant un catalogue dynamique (15 nouveautés par an, en moyenne) avec une flexibilité forte sur les thématiques et une réactivité en réponse aux besoins industriels exprimés par le syndicat.

**Le Comité National pour la Formation en Microélectronique et Nanotechnologies**  
**Une offre de formation pratique d'excellence et évolutive couplée à une mutualisation des équipements pour répondre aux enjeux d'innovation et de compétences**

§ Développement d'activités pratiques multidisciplinaires - De plus en plus de non spécialistes et de personnes provenant d'autres industries (mécanique, génie civil, énergie, biologie, pharmacie) utilisent les plateformes technologiques afin de se



préparer à l'intégration des objets connectés dans leurs applications (Fig. 4).  
*Différents domaines d'application des objets connectés ou communicants très utilisateurs de la microélectronique et des nanotechnologies.*

**Perspectives**

**Freins et points de vigilance identifiés lors de ce projet :**

- § La filière est actuellement en demande de techniciens mais de nombreuses formations (BTS) ferment et celles qui subsistent ne forment pas suffisamment aux technologies de l'électronique. Des élèves de ce cycle sont formés sur les plateformes du GIP CNFM mais c'est une mission complexe dans la mesure où les technologies sont de plus en plus pointues et les étudiants de moins en moins armés en termes de connaissances spécifiques. Cette demande de techniciens doit donc être nuancée. En effet, la communauté CNFM constate que la place de l'opérateur voire du technicien est de plus en plus limitée, du fait de la complexité croissante des technologies de fabrication (intégration, miniaturisation, hétérogénéité) et de son automatisation ou robotisation. Il est vraisemblable que le concept du docteur opérateur ou de l'ingénieur opérateur en charge de la supervision d'une ligne complète de fabrication soit de plus en plus approprié et donc recherché par les entreprises.
- § Une difficulté rencontrée par le réseau pour développer l'offre de formation continue du fait d'une part, de la réduction du personnel enseignant académique et d'autre part, du manque de considération par les instances académiques de l'importance de cette activité autant sur le plan financier des établissements qu'au plan socio-économique.
- § La filière santé très concernée par les objets connectés n'utilise pas encore à grande échelle les moyens du GIP, malgré une forte croissance observée ces dernières années et la création de plateformes innovantes adaptées.

**Nécessité d'une aide des pouvoirs publics pour favoriser la généralisation de ces cas d'école**

- § Relancer un programme de sensibilisation aux métiers de l'électronique dans les collèges et lycées avec des ateliers de découvertes des plateformes,
- § Soutenir les actions mutualisées et fédératives permettant une économie de moyens, une stratégie d'innovation et une meilleure disponibilité du support humain dans le cadre d'un réseau.

**Pistes de réflexions et prochains axes de travail :**

- § Mettre en place une formation continue certifiante et/ou diplômante - Soucieux d'être toujours à la pointe en matière de technologies et d'innovation, le CNFM propose un catalogue dynamique de formations certifiantes et diplômantes et a pour ambition aujourd'hui de devenir organisme de certification,

**Le Comité National pour la Formation en Microélectronique et Nanotechnologies**  
**Une offre de formation pratique d'excellence et évolutive couplée à une mutualisation des équipements pour répondre aux enjeux d'innovation et de compétences**

- § Poursuivre le déploiement de l'offre en formation continue et l'expérimentation de formations innovantes. Une action d'envergure a démarré dans le cadre du projet IDEFI-FIMINA (Réseau national pour les Formations Innovantes en Micro et Nanoélectronique ; formations initiales du lycée au doctorat, formation continue et transfert sur les plateformes du GIP-CNFM) permettant la mise en place d'un guichet national qui devrait porter ses fruits dans les prochaines années. Dans ce cadre, la contribution à des formations par des entreprises donnant accès à leurs équipements coûteux et non accessibles dans les pôles (par exemple des nouvelles techniques d'assemblage tridimensionnelles de cartes électroniques) serait d'un apport important dans la stratégie de développement de nouveaux produits,
- § Renforcer les relations avec l'industrie en élargissant par exemple le partenariat avec d'autres syndicats professionnels de l'électronique,
- § Maintenir et surtout conforter un tel réseau académique dans sa stratégie de mutualisation, d'innovation permanente mais également d'adaptation à de nouvelles spécialités liées à l'internet des objets et plus particulièrement l'assemblage hétérogène (composants, capteurs, circuits, cartes, sources d'énergie,) dont bénéficie la filière électronique française qui est considérée sur le plan international comme très avantagée sur ce point.

**Analogies possibles avec le secteur de la fabrication électronique :**

- § L'historique démontre qu'éloigner les sites de fabrication des centres de conception peut entrainer des problématiques de flexibilité et de qualité aussi bien en micro-électronique qu'en fabrication de cartes électroniques,
- § Pour le CNFM, les technologies qui arrivent progressivement chez les EMS (équipements, logiciels) sont de plus en plus proches de la microélectronique (automatisation, empilements tridimensionnels, pose de composants de plus en plus petits),
- § Au niveau de la fabrication électronique, les écoles et plateformes n'ont individuellement pas les moyens d'investir dans des technologies complexes et récentes pour former aussi bien les étudiants, les professionnels et les demandeurs d'emplois que le corps professoral. Il y a un besoin de concentration et de mutualisation des équipements au plus près de la demande. L'idée d'accélérer la formation des personnes en finançant des EMS surcapacitaires pour qu'ils organisent des sessions pratiques sur leurs outils industriels a pu être mentionnée,
- § Il existe certainement des synergies entre la microélectronique et les EMS : il est fréquent que des étudiants en micro-électronique soient recrutés par des EMS.

**Sources additionnelles**

[Magazine d'information, La puce à l'oreille n°42, Septembre 2017](#)

**Contacts**

Olivier BONNAUD, Directeur Général du GIP CNFM

## ■ Une raréfaction des sources de financements

En plus de pâtir d'un manque d'attractivité auprès des étudiants, les formations pour l'électronique subissent également la raréfaction des sources et moyens de financements de ces formations. En effet, elles apparaissent souvent comme **non prioritaires pour les financeurs (conseil régional, pôle emploi...)** par rapport aux d'autres métiers jugés plus dynamique et attractifs comme ceux du numérique ou ceux qui tirent un flux important d'emplois comme la restauration collective (20 000 recrutements par an environ). Compte tenu du manque de financement accordé par les institutions publiques, une nouvelle tendance se dégage : des financements individuels réalisés par les PME qui cherchent à recruter spécifiquement sur telles ou telles compétences.

Par ailleurs, les organismes de formation (et indirectement les industriels lors du recrutement) **sont impactés par la pression imposée par les financeurs sur les durées et donc le prix des formations**. En effet, il est certes possible de proposer des durées toujours plus courtes, mais la qualité des compétences et du savoir-faire transmis sont impactés, surtout pour des métiers liés à la fabrication et

l'assemblage de cartes électroniques qui nécessitent une gestuelle et une précision spécifique qui ne peut s'acquérir que par la pratique et la répétition des gestes. Une solution déjà expérimentée par certains EMS ayant une activité suffisante pour justifier des besoins en recrutement importants consiste à se faire **financer par les OPCA, le Pôle Emploi et parfois les régions une préparation opérationnelle à l'emploi collective (POEC)** pour une dizaine de personnes qui poursuivront ensuite avec un contrat de professionnalisation ou un CDD. La préparation opérationnelle à l'emploi collective permet de former des demandeurs d'emploi sur des métiers sur lesquelles les entreprises ont des difficultés à recruter. A la différence de la Préparation opérationnelle à l'emploi individuelle (POEI) initiée par l'entreprise, la POEC est mise en œuvre sur décision des partenaires sociaux d'une branche professionnelle et peut représenter une opportunité pour développer la création de formation sur-mesure inter-EMS.

## ■ Des exemples d'initiatives remarquables qui permettraient d'envisager de nouveaux axes d'amélioration

Pour pallier la pénurie de compétences, les industriels de la fabrication électronique (aussi bien du côté sous-traitance que du côté fabricant de sous-ensembles et systèmes électroniques) testent et mettent en place de nouvelles idées pour mieux accompagner **voire prendre en charge la mise à niveau des nouvelles recrues**. En effet, certains EMS privilégient la montée en compétence des équipes en place ou vont jusqu'à recruter des **techniciens et opérateurs non spécialistes** qui sont ensuite formés en entreprise. Si on peut entrevoir ici un frein à la compétitivité des acteurs de la filière, il est également possible de considérer ce rapprochement comme vecteur d'opportunités à l'image des deux initiatives suivantes :

- § **Un centre de formation mis en place pour et par un acteur de la fabrication électronique :** Afin de développer la polyvalence des équipes et d'anticiper les départs à la retraite tout en faisant face aux pics de production, Thales Microelectronics a créé en 2015 son propre centre de formation sur son site d'Étrelles. La formation débute par une mise en situation de 5 jours et se poursuit avec 400 heures sur une période de deux mois et demi avant un contrat en CDD de douze mois. Dans une dynamique similaire mais légèrement différente, SELHA dispose d'un centre de formation non seulement pour ses propres besoins de recrutement, mais aussi pour d'autres EMS ou clients finaux.
- § **Développer l'autonomie et l'auto-formation** des recrues tout au long de leur parcours en entreprise grâce à des outils d'apprentissage en ligne venant compléter le socle théorique dispensé dans les organismes de formations. Une initiative a été menée en ce sens par le SNESE en collaboration avec la société LATEM et l'EMS AQLE et est présentée ci-dessous sous forme de cas d'école :

**Tableau : Cas d'école sur une initiative menée par le SNESE en collaboration avec les sociétés LATEM et AQLE**

La sous-traitance électronique parie sur le e-learning pour muscler ses compétences en production – Focus sur l'initiative SNESE/AQLE/LATEM	
Thématique associée au cas d'école	Formation et compétence : Formation en situation de travail et digital-learning
Typologie	Secteur(s) applicatifs(s) concerné(s) : Fabrication électronique de manière transverse à l'ensemble des marchés applicatifs Maillon(s) de la chaîne de valeur : EMS (Electronic Manufacturing Services) Entreprise(s) interrogée(s) : AQLE, LATEM
	Le premier élément de contexte porte sur le fait qu'il n'est plus possible aujourd'hui de recruter un jeune opérateur issu des filières académiques historiques telles que le CAP ou le BEP Electronique. En effet, l'absence de formation initiale en fabrication électronique dans le secondaire couplée au trop faible nombre de licences professionnelles ou formations continues aggrave le manque de compétences auxquelles la filière est confrontée en France. Cette situation peut pousser au-delà de la normale certains sous-traitants à débaucher des opérateurs chez leurs concurrents ou certains clients finaux à recruter chez leurs sous-traitants.  Le deuxième élément de contexte porte sur le fait que, dans la fabrication électronique, il existe deux grandes normes sur le métier de la carte qui permettent d'uniformiser les méthodes et les résultats attendus : il s'agit de l'IPC A620 (qui traite

La sous-traitance électronique parie sur le e-learning pour muscler ses compétences en production – Focus sur l’initiative SNESE/AQLE/LATEM	
<b>Contexte de mise en œuvre</b>	<p>des exigences et des critères d’acceptabilité relatifs à l’interconnexion des faisceaux de fils et de câbles) et de l’IPCA610 (critères de réalisation pratique acceptés par l’industrie pour les assemblages électroniques). Ces critères d’acceptabilité sont illustrés au travers de points détaillés reflétant les conditions acceptables et les défauts courants grâce à des illustrations et des photographies en couleur. Selon la norme attendue par le client final, l’opérateur peut par exemple consulter le résultat attendu sur une brasure pour se rassurer ou progresser. Toutefois, ces normes n’apportent pas d’indications sur la manière d’atteindre le résultat demandé.</p> <p>Enfin, un troisième élément attire au fait qu’indépendamment du parcours de formation de la nouvelle recrue (session de formation dans une structure privée, par un programme de préparation opérationnelle à l’emploi collectif <sup>119</sup> ou des quelques formations initiales ou continues proposées), une période d’intégration de la personne dans l’entreprise est fortement nécessaire. En effet, il y a un fort besoin de mettre les opérateurs de câblage électronique à niveau sur les pratiques spécifiques de l’entreprise de sous-traitance et de s’assurer de la maintenabilité de leurs compétences dans le temps en détectant rapidement les personnes qui demandent une remise à niveau (intégration d’une démarche de GPEC).</p>
<b>Objectifs visés</b>	<p>L’objectif principal de cette initiative consiste à créer une solution mutualisée et gratuite d’apprentissage en ligne (e-learning) souple et efficace pour répondre aux enjeux de développement des compétences de la filière en production.</p> <p>De manière plus précise, cet outil d’e-learning vise à apporter un support aux opérateurs qui ont des doutes sur la bonne gestuelle et les bonnes pratiques grâce à des contenus vidéos commentés fournis par la communauté EMS. Il s’agit également de développer la formation en situation de travail via une transmission numérisée du savoir-faire par compagnonnage et de la vérification des acquis avec un support pédagogique en ligne.</p> <p>Cette initiative ambitionne notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>§ Augmenter les gains de productivité grâce à une maîtrise des bons gestes acquise plus rapidement</li> <li>§ Développer une approche innovante de formation combinant la formation en situation de travail et l’apprentissage digital</li> <li>§ Réduire le risque de non qualité en s’assurant que les personnes sur la ligne ont les bonnes pratiques et maintiennent leur niveau de compétence dans le temps. A l’image du secteur de l’aéronautique qui demande 1000ppm de non-qualité, un des objectifs de ce projet est également de conforter un positionnement en tant qu’EMS en réponse aux besoins du marché en matière de conformité.</li> <li>§ Responsabiliser le personnel, aussi bien au niveau des opérateurs qui se forment à l’outil qu’au niveau des profils expérimentés qui contribuent à l’enrichissement du contenu pédagogique et à la transmission du savoir-faire sur l’outil. Le savoir partagé s’inscrit dans le développement des équipes autonomes de production et dans un échange entre les fonctions de production et les fonctions de standardisation des procédés de type méthode ou qualité. L’inter-reconnaissance des compétences de chacun est un enjeu fort.</li> <li>§ Développer une organisation apprenante à tous les niveaux et accroître le savoir-faire de l’entreprise grâce à la diffusion des savoirs d’expérience.</li> <li>§ Concilier deux besoins de formation : le collectif proposé par le SNESE et le spécifique à développer par ses membres.</li> </ul> <p><b>Date de mise en œuvre du projet</b> : 2016</p>
	<b>Acteurs impliqués dans le projet /Parties prenantes</b> : le projet de plateforme

<sup>119</sup> Dispositifs d’accompagnement collectif avec création d’un module de formation de 400heures que les entreprises peuvent parfois mettre en place en cas de besoins de recrutement importants sur des métiers en tension et financés par les OPCA.

La sous-traitance électronique parie sur le e-learning pour muscler ses compétences en production – Focus sur l’initiative SNESE/AQLE/LATEM	
<b>Moyens et leviers</b>	<p>d’e-learning a été mené et financé par le Syndicat national des entreprises de sous-traitance électronique (SNESE) en collaboration avec le cabinet de conseil LATEM spécialisé dans le développement de stratégies RH combinant formation digitale et formation en situation de travail. Par ailleurs, le projet a pu bénéficier de l’implication du sous-traitant AQLE sur la partie de la captation vidéo de certaines opérations ou postes clés et de l’enrichissement des contenus pédagogiques.</p> <p><b>Investissements nécessaires :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Environ 1000 heures de travail opérateurs et techniciens</li> <li>○ Accompagnement du cabinet LATEM dans la structuration de la méthodologie</li> </ul>
<b>Principaux résultats et enseignements de la démarche</b>	<p><b>Description de l’outil réalisé :</b></p> <p>Pour développer la plateforme d’e-learning, le LATEM a choisi de s’appuyer sur Moodle, la solution open source la plus couramment utilisée par les universités et les écoles pour leurs cours en ligne et capable d’accueillir le triptyque de l’apprentissage : généralité, altérité et spécificité. La plateforme Moodle a été enrichie de séquences vidéo commentées de gestes d’opérateurs et captées à l’aide de tablettes ou de caméras. La démarche d’acquisition de contenus de gestes simples s’est construite en plusieurs temps :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>§ Besoin de création de confiance entre le caméraman externe et l’opérateur filmé car l’objectif était d’expérimenter et de faire progresser l’entreprise</li> <li>§ Montage des séquences vidéo par LATEM et implication des équipes pour expliciter la méthode et compléter le descriptif ou les commentaires associés (choix de la terminologie et enchaînement des séquences)</li> <li>§ Développement d’une situation d’échange avec un personnel qui commence à être force de proposition sur les tâches ou opérations à filmer jusqu’à devenir caméraman en plus d’acteur.</li> </ul> <p><b>Les principales satisfactions de cette initiative sont les suivantes :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>§ Gains en tant de cycle sur le démarrage d’une production petite série en dotant les opérateurs de capacités de transfert de leurs expériences.</li> <li>§ Au départ, le projet a observé une certaine réticence des équipes qui s’est transformée peu à peu en enthousiasme du fait et de la prise de conscience du savoir-faire possédé par chacun du fait de ses expériences et de la possibilité de s’enrichir de la vision des autres.</li> <li>§ Le retour sur investissement de la formation ou du maintien des compétences de ses salariés peut rapidement être trouvé dans la mesure où une non-qualité du fait qu’une erreur d’un câbleur a un impact économique important et peut aussi affecter l’image de l’entreprise.</li> <li>§ Des modules pédagogiques vidéo qui pourraient se déployer à titre d’information et de sensibilisation à destination de la clientèle finale des EMS</li> </ul>
<b>Perspectives</b>	<p><b>Freins et points de vigilance identifiés lors de ce projet :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>§ Un potentiel des outils d’e-learning qui n’est pas toujours partagé au sein des EMS du territoire et dont la complémentarité avec l’approche de formation en situation de travail doit être affirmée.</li> <li>§ Un outil qui doit se renforcer au niveau de la sécurité des données et de l’arborescence métier des contenus pédagogiques</li> <li>§ Une certaine résistance des sous-traitants à partager à la communauté et à leurs concurrents leur savoir-faire et bonnes pratiques internes du fait d’une concurrence vive et de certains savoir-faire sensibles</li> <li>§ Une numérisation des contenus pédagogiques qui nécessite un temps significatif</li> <li>§ Le fait de proposer une solution gratuite a rencontré quelques difficultés en termes de contribution en contenus pédagogiques et d’utilisation</li> <li>§ Besoin de développer les trois piliers du modèle 70/20/10 : 70% de notre</li> </ul>

## La sous-traitance électronique parie sur le e-learning pour muscler ses compétences en production – Focus sur l’initiative SNESE/AQLE/LATEM

apprentissage se fait au travers de nos expériences et pratiques de tous les jours, 20% de notre apprentissage se fait au travers de nos interactions sociales et 10% de notre apprentissage provient d’un mécanisme d’apprentissage conscient

§ Quid de la concurrence avec les centres de formation : un besoin de sensibilisation sur le fait que le e-learning est un outil complémentaire aux formations dispensées par les structures privées et qui permet de faire le relais en entreprise pour le suivi, la remise à niveau et l’évolution des salariés avec des compléments de formation sur des expertises spécifiques.

### **Accompagnement possible des pouvoirs publics pour favoriser la généralisation de ce cas d’école**

§ Financer le développement de modules de formation pratique de niveau V et IV en micromodule e-learning et les mettre à disposition des professionnels et des formateurs

§ Inciter fiscalement ou par la subvention les entreprises à réaliser un travail de capitalisation de filière dans la même optique que l’IPC : non plus sur les objectifs à atteindre mais sur le « comment faire » (Guide pratique e-learning). Le savoir d’expérience est souvent une adaptation contextuelle à des éléments de généralité

### **Pistes de réflexions et prochains axes de travail. Plusieurs scénarios décrivant les suites possibles de cette initiative ont été identifiés et discutés :**

§ Les quelques EMS ayant compris le potentiel du e-learning pourraient développer un outil similaire en interne, l’enrichir et l’exploiter en interne pour gagner en compétitivité et se démarquer de la concurrence

§ Le SNESE trouve le moyen de financer une deuxième phase du projet en impliquant un éditeur de logiciel et un centre de formation (pour renforcer les aspects liés à la sécurité des données et l’arborescence métier) afin de mettre gratuitement à disposition de ses adhérents une plateforme d’e-learning

§ Une structure de formation privée développe en interne une solution propriétaire (expertise métier reconnue pour gérer la captation vidéo, la création de contenus et l’arborescence métier de l’outil) commercialisée sous forme de licence annuelle par entreprise couplée à des jours de formation pour remettre à niveau les salariés qui en auraient besoin.

### **Les enjeux suivants seront également à prendre en compte :**

§ La maintenabilité ainsi que la mise à jour régulière de l’outil sont jugées primordiales pour être en phase avec les dernières pratiques, les dernières normes et surtout les dernières technologies. L’ouverture de l’outil aux fabricants d’équipement et de matériaux pourrait être une piste de réflexion

§ Travailler sur la mise en réseau de différents fabricants électroniques afin de proposer la mise en commun de ressources et qui nécessite un maillage de proximité autour de territoires. L’enjeu porte sur la constitution d’un socle de formation générique clé en main mutualisé pour les gestes simples tout en laissant à chacun la possibilité de développer des modules spécifiques pour transmettre en interne les savoirs et bonnes pratiques spécifiques

§ Mise à disposition de formation CLEA (socle de connaissances et de compétences professionnelles) en digital learning afin de développer les compétences d’apprendre à apprendre et à échanger en situation de travail

§ Travailler sur des modèles de formation hybrides entre e-learning et présentiel

§ Il est primordial dans la mise en œuvre d’outil d’e-learning d’anticiper les évolutions des métiers et des compétences liées à l’introduction de nouvelles technologies : par exemple, l’intelligence artificielle peut remettre en cause le modèle et la valeur ajoutée et digérer 40% des compétences de l’opérateur d’hier.

La sous-traitance électronique parie sur le e-learning pour muscler ses compétences en production – Focus sur l’initiative SNESE/AQLE/LATEM	
	<p><b>Enfin, de manière plus prospective, il a été mentionné les points suivants :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>§ Impact de la cobotique : l’introduction des cobots sur les lignes de fabrication électronique pourrait obliger les opérateurs à expliciter leur savoir-faire pour faciliter les collaborations et surtout réorganiser les activités de chacun.</li> <li>§ La captation vidéo des gestes et des bonnes pratiques ainsi que le développement du e-learning peut dans un futur proche constituer un socle de données pour une solution d’apprentissage basée sur des casques de réalité mixte associée à une intelligence artificielle capable d’afficher, dans le champ de vision et sur requête de l’opérateur, la procédure ou le contenu souhaité sans avoir besoin de quitter son poste.</li> </ul>
<b>Sources</b>	<p>La sous-traitance électronique parie sur l’e-learning pour muscler ses compétences en production, <a href="#">l’Usine Digitale, Décembre 2016</a>.</p> <p>La sous-traitance électronique mise sur l’e-learning, <a href="#">La Formation à Distance.fr</a></p>
<b>Contacts</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>§ Damien ASSELIN, Directeur Général, AQLE</li> <li>§ Dominique SEGURA, Dirigeant, LATEM</li> </ul>

## ■ Dernière initiative d’intérêt, l’utilisation d’un levier parfois méconnu pour développer les compétences en réponse à une demande locale : la formation complémentaire d’initiative locale (FCIL).

Elle permet d’acquérir une qualification plus pointue dans un secteur en rapport avec le marché local ou régional. Elle ne délivre pas de diplôme mais une attestation qui prouve que la personne a bien suivi la formation. Ainsi, afin d’assurer un vivier de techniciens spécialisés dans le domaine des hyperfréquences, le Lycée des Métiers Georges Brassens<sup>120</sup> de Courcouronnes (Académie de Versailles) a lancé en partenariat avec Thales et ACSIEL une FCIL Technicien en hyperfréquence : Il s’agit d’une formation d’une durée de 6 mois pour des étudiants diplômés Bac+2 titulaires d’un B.T.S. Systèmes Numériques - option Électronique et Communications. La formation offre des perspectives d’embauche dans les entreprises d’accueil ou dans des entreprises similaires à l’issue de la formation : Techniciens de caractérisation, Techniciens de mise au point de procédure de test. Cette initiative est encourageante et montre que d’autres pourraient voir le jour notamment pour les techniciens de tests et mesures ou d’opérateurs de production, de niveau bac et bac+2, ou les profils commerciaux ayant un solide bagage technique.

## ■ Une évolution des compétences à tous les niveaux couplés à l’apparition de nouveaux métiers pour accompagner la mutation de la filière

Les différentes réunions de travail et les entretiens réalisés ont permis d’arriver à la conclusion qu’il **n’y a pas, à ce stade, de métier qui pourrait disparaître du fait d’une transformation du besoin**. Certains métiers vont évoluer, des nouvelles compétences vont être nécessaires pour répondre aux nouvelles demandes mais l’ensemble des métiers actuels devrait persister à court terme.

## ■ L’opérateur d’aujourd’hui pourrait devenir le superviseur de ligne de demain

Les investissements réalisés dans des équipements de production plus automatisés et plus rapides, la transformation digitale des activités initiée chez certains EMS dans une dynamique d’Usine du futur ainsi que le positionnement sur des services complémentaires à valeur ajoutée bouleversent les compétences requises et la nature de certains métiers au sein de la filière de la fabrication électronique. En effet, si les nouveaux moyens de production individuellement représentent majoritairement une innovation

<sup>120</sup>Hyperfréquences : pénurie de techniciens et lancement d’une FCIL au lycée Georges Brassens <http://www.ac-versailles.fr/cid117735/formation-complementaire-d-initiative-locale.html>

incrémentale sans impact fort sur les compétences, c'est leur mise en ligne (automatisation, optimisation de la collaboration entre les machines de la ligne) couplée au poids grandissant de la donnée qui va transformer les métiers d'aujourd'hui et développer ceux de demain. A ce sujet, la place de l'opérateur de production électronique dans cette dynamique fait aujourd'hui débat :

§ Un premier constat consistera à faire un rapprochement avec l'industrie micro-électronique dans la mesure où les technologies de production électronique semblent afficher une complexité croissante (en matière d'intégration, de miniaturisation ou d'automatisation) et donc impliquer moins de personnel mais plus qualifié : on peut alors imaginer que le poste d'opérateur soit occupé par des profils techniciens supérieurs voire des ingénieurs capables de superviser une ligne complète et résoudre les problèmes. Dans ce scénario, le métier d'opérateur peu qualifié disparaîtrait au profit de plus hauts niveaux de qualifications.

§ Selon d'autres avis, la transformation de l'outil industriel et de l'industrie électronique représente au contraire une opportunité pour faire monter en compétence les équipes d'opérateurs en place afin qu'ils deviennent superviseurs de leur ligne et ne se concentrent que sur les tâches à plus haute valeur ajoutée. Par ailleurs, si les technologies de production se complexifient, les fabricants d'équipements mettent aujourd'hui en avant une grande ergonomie de leur interface homme machine et une simplification d'utilisation afin de rendre leur produit accessible au plus grand nombre. Dans ce scénario, l'opérateur est capable d'utiliser et de programmer les différentes machines de sa ligne, d'effectuer certaines tâches de maintenance et surtout d'être davantage moteur sur l'ordonnancement et la production.

Cette analyse soulève alors le questionnement de la place des conducteurs actuels des lignes de production électronique qui se retrouve sur le même plan que l'opérateur augmenté de demain et le technicien en électronique. On peut anticiper que le renforcement de l'automatisation des lignes et la réduction du nombre d'opérations manuelles vont accroître les besoins en pilotes de lignes expérimentés et que les personnes en poste actuellement vont trouver leur place aux côtés des opérateurs qui seront montées en compétences pour contribuer également à la supervision. L'évolution des conducteurs de ligne de production vers des métiers davantage orientés sur l'analyse de données de production ou sur des postes occupés actuellement par des profils ingénieurs peut également être envisagée.

**Tableau : Évolution des compétences et besoins de formation par fonction clé**

Métier	Evolution des compétences	Besoin de formation
<b>Opérateur de production électronique</b>	Réduction de la partie manuelle des opérations. Importance de la poly compétence de la part des opérateurs, qui doivent pouvoir s'adapter afin de réaliser plusieurs tâches Collaboration avec les cobots, auto-apprentissage, autonomie et responsabilisation	Sensibilisation sur la démarche Industrie du futur  Accompagnement à la transformation numérique des opérations et à la compréhension de la donnée
<b>Conducteur de ligne de production électronique</b>	Analyse de la donnée de production Profils plus qualifiés ou expérimentés Compétences approfondies pour assurer un second niveau de maintenance ou de paramétrage visant à optimiser la fabrication et solutionner les problèmes	Paramétrage et programmation des équipements
<b>Technicien en électronique</b>	Progression des exigences de qualité vis-à-vis des systèmes électroniques (fonctions d'industrialisation et de tests plus critiques) Gestion et analyse de la donnée Travail en groupe collaboratif et support aux autres services de l'entreprise comme le marketing achat	La mesure des signaux électroniques est mal prise en compte dans les formations initiales en électronique

<b>Dessinateur de cartes électroniques</b>	Peu d'évolution constatée sur ces postes en matière de compétences. Si la connaissance des procédés de fabrication est essentielle à ce poste, c'est principalement la capacité à s'adapter aux spécificités de chaque usine et à l'évolution technologique rapide qui est recherchée.	Connaissances de base sur la fabrication électronique et sur le Design for Manufacturing. Mise à niveau régulière sur les nouveaux composants et techniques de fabrication
<b>Ingénieur en électronique</b>	Poids de plus en plus important des concepteurs de firmware (optimisations entre les parties matérielles et logicielles) : le management de projet devient une compétence clé	Approfondissement des connaissances en conception électronique analogique (notamment l'électronique de puissance, l'électromagnétisme) et radiofréquence  Connaissances de base sur la fabrication électronique et sur le design for Manufacturing

## Une évolution des pratiques et des compétences attendues sur les fonctions supports

Considérant l'augmentation du nombre et de la variété de clients avec lesquels un EMS doit traiter, la quantité exponentielle de data à traiter et l'accélération des cycles d'innovation, les métiers supports à la fabrication électronique devraient également être impactés de manière significative.

- § Au-delà d'un management plus horizontal avec un fonctionnement en équipe projet pour dynamiser l'approche collaborative voire agile, les métiers des achats, des approvisionnements et de la planification vont intégrer davantage de gestion et d'analyse de données et mettre au point des méthodologies de traitement des demandes non-récurrentes afin d'augmenter la réactivité et la flexibilité du service proposé.
- § Par ailleurs, les EMS sont confrontés à une volonté de plus en plus forte de la part de leurs clients pour davantage de traçabilité et de transparence concernant leurs commandes, ce qui implique une gestion de la relation client plus poussée du service commercial ou encore des projets de développement d'interface web partagées avec le client pour lui permettre de suivre la progression de son produit. A noter que ce dernier point n'est possible que si les machines sont parfaitement intégrées au sein de la ligne et interconnectées.
- § Si l'utilisation des capteurs communicants dans un but de maintenance prédictive tend à se généraliser, aussi bien du côté des fabricants d'équipement que des producteurs électronique, l'axe de progression porte sur le tri et l'analyse des données pertinentes ainsi que l'intégration de cette stratégie de maintenance à la digitalisation des activités de l'entreprise.

S'il est probable de voir ces nouvelles tâches et compétences requises intégrées aux missions des salariés en poste dans les petites entreprises, on peut également s'attendre dans les années à venir à des recrutements sur des métiers totalement nouveaux dans l'industrie électronique.

## Une transformation numérique des opérations qui fait émerger de nouveaux métiers.

Une des premières caractéristiques d'une démarche de l'Industrie Electronique du Futur est d'organiser une continuité numérique de l'ensemble des activités industrielles. Ainsi, la conception du produit doit se rapprocher voire être entièrement reliée aux procédés de fabrication. Dans cette dynamique, **les compétences de virtualisation, de modélisation et de simulation** vont être de plus en plus recherchées. Les industriels les plus en avance sur le sujet, à l'image de Solvay dans le secteur de la chimie, ont d'ores et déjà développé **un jumeau numérique de leur site de production** afin de simuler l'implantation de nouvelles lignes, renforcer le suivi et la maintenance de l'ensemble des machines du site ou encore évaluer les impacts de nouvelles commandes ou produits sur les lignes.

Une seconde caractéristique d'une démarche d'Industrie Electronique du futur consiste à rendre communicants l'ensemble des équipements de production et à assurer une interconnexion entre elles. Ainsi, les industriels collectent une quantité très importante de données à traiter. Dans cette dynamique, **la filière aura besoin de spécialiste du traitement de données (data scientist, ingénieur big data, intelligence artificielle)** pour mieux valoriser les informations qu'elles contiennent et optimiser la transmission entre les différents services de l'entreprise. En effet, une meilleure connaissance de l'outil industriel permet de réduire les temps d'attentes entre les machines et trouver le meilleur niveau de synchronisation entre elles. Si la plupart des équipements disposent d'ores et déjà de données exploitables, il faut parfois rajouter de la connectivité et des capteurs sur des postes plus petits ou isolés ou encore compléter ce premier niveau d'information avec des mesures ponctuelles en supervision. Les données pouvant être exploitées au niveau de chaque appareil de production sont de trois types<sup>121</sup> :

- § Les données de procédés, correspondant aux informations collectées par les équipements lors de la fabrication du produit : température, de pression, de débits, de dosages des matières premières, etc.
- § Les données de « conditions » (condition monitoring), qui indiquent l'état dans lequel se situe l'outil de production lorsque le produit est fabriqué : diagnostic de moteurs, d'actionneurs, de cartes électroniques, de switch réseau, d'unité centrale d'automate, etc.
- § Les données de qualité. Il s'agit de toutes les mesures et analyses visant à vérifier l'adéquation du produit avec les exigences de qualité de l'entreprise.

La question se pose également du filtre appliqué lors de la stratégie de traitement de données : en effet, on peut s'interroger sur la pertinence d'analyser l'ensemble des données ou de n'en sélectionner qu'une partie. Deux approches qui impliquent une dynamique et des compétences légèrement différentes :

- § Les technologies « Big Data » favorisent l'exploitation de gros volumes de données non-structurées afin de trouver des pistes d'optimisation grâce à des algorithmes mathématiques et d'intelligence artificielle. Cette méthode a pour avantage de lancer des analyses sur de larges champs d'investigation de manière « intuitive », c'est-à-dire sans avoir des pistes de recherches précises.
- § Le « Smart Data Management » consiste quant à lui à sélectionner les données pour ne traiter que les plus pertinentes et donc d'évoluer sur un périmètre restreint (l'optimisation va se concentrer sur les données générées par ces équipements). Cette approche plus incrémentale est aujourd'hui privilégiée par les industriels.

Il convient de noter que les bouleversements au niveau des métiers et compétences est double : les spécialistes du traitement de données devront être formés aux fondamentaux du procédé industriel **tandis que les ingénieurs et techniciens électronique devront apprendre à travailler avec ces profils purement numériques et mathématiciens**. Dans la continuité de la chaîne de traitement et de visualisation de la donnée, **la question de la cybersécurité se pose inévitablement**.

---

<sup>121</sup> Smart Industries Magazine 2017 La data pour optimiser l'appareil de production <http://www.smart-industries.fr/fr/mag/14-septembre-2017/la-data-pour-optimiser-appareil-de-production>

## Conclusions et enseignements

### **Une filière composée de 70 000 emplois sur de nombreux métiers qui pâtit d'une pénurie de profils qualifiés.**

- § Malgré une baisse de l'effectif salarié dans la filière électronique d'environ 35% au niveau national entre 1997 et 2015, l'Europe et la France connaissent un nouveau souffle récent avec une croissance régulière de l'activité en fabrication électronique
- § Des profils employeurs variables selon les bassins d'emplois : Auvergne-Rhône Alpes, Provence Alpes Côte d'Azur, Grand-Est et Centre Val de Loire sont fortement orientées sur la fabrication de composants électroniques avec une majorité d'effectifs salariés dans ce segment, tandis que les Pays de la Loire, Bretagne, Nouvelle Aquitaine et Occitanie sont résolument orientées sur la sous-traitance électronique

### **La fabrication électronique regroupe un ensemble varié de métiers**

- § La fabrication électronique implique un large panel de métiers et de compétences associées, à la fois sur les parties matérielles et les parties logicielles, de la conception à la production en passant par les achats et la réparation.

### **Une filière confrontée à une double problématique : une vague de départ massif à la retraite et un déficit de visibilité et d'attractivité auprès des jeunes talents.**

- § La pyramide des âges observée dans les différents métiers qui composent le secteur électronique est vieillissante
- § Les métiers de l'industrie électronique souffrent d'un manque de visibilité et d'attractivité auprès des jeunes talents avant le baccalauréat (très peu d'électronique enseignée même pour le Bac S) et post-baccalauréat
- § Les profils techniciens électroniques, techniciens qualité, techniciens dépannage et les opérateurs qualifiés en fabrication électronique sont les plus recherchés et les postes proposés sont souvent non pourvus
- § La difficulté de recrutement est encore plus importante pour les entreprises de sous-traitance électronique, en grande majorité des PME et parfois isolées géographiquement, dans la mesure où elles sont moins visibles et attractives que les grands clients finaux.

### **Des formations et des diplômes pour tous les niveaux de qualification professionnelle à l'exception du niveau V suite à la disparition du BEP.**

- § L'appauvrissement des filières de formation est lié à une place de plus en plus importante du numérique et des technologies associées dans les cursus et les modules pédagogiques, laissant alors un socle minimal de connaissance spécifique à la filière électronique et créant ainsi un écart avec les besoins des industriels
- § Des formations spécifiques à la fabrication électronique rares et atomisées : quelques licences professionnelles, AFPA, Centre de réadaptation.

### **Adéquation entre l'offre de formation et les attentes des entreprises : des points de vigilances et des axes d'amélioration identifiés**

- § Dans une majorité de formations dispensées à tous les niveaux, les connaissances théoriques et pratiques apportées aux étudiants en matière d'industrialisation, de fabrication et d'assemblage de cartes électroniques sont réduites au minimum ou inexistantes.
- § Un enseignement de qualité sur les métiers liés à la fabrication électronique ne peut être assuré qu'avec un plateau technique représentatif d'une ligne de production industrielle. Ce point soulève une problématique de capacité d'investissement et implique une nécessaire concentration ou une mutualisation des équipements.
- § Un ensemble d'initiatives remarquables identifiées pour faciliter l'accès aux profils qualifiés et pallier la pénurie de compétences : un réseau de plateaux techniques régionaux et mutualisés (CNFM), le développement du mix learning (SNESE, AQLE, LATEM), ouverture de centres de formation au sein des usines de fabrication électronique (THALES, SELHA)
- § Une raréfaction des sources de financement : les formations en électronique apparaissent souvent comme non prioritaires pour les financeurs (conseil régional, pôle emploi...) par rapport aux autres métiers dynamiques ou tirant un flux important. Les organismes de formation (et indirectement les industriels lors du recrutement) sont impactés par la pression imposée par les financeurs sur les durées et donc le prix des formations
- § Une solution déjà expérimentée par certains EMS ayant une activité suffisante pour justifier des besoins en recrutement importants consiste à se faire financer par les OPCA, Pôle Emploi et parfois les régions une Préparation Opérationnelle à l'Emploi Collective (POEC)

### **Une évolution des compétences à tous les niveaux couplés à l'apparition de nouveaux métiers pour accompagner la mutation de la filière.**

- § L'opérateur d'aujourd'hui pourrait devenir le superviseur de ligne de demain : avec la réduction des opérations manuelles, l'accroissement du taux d'automatisation et l'introduction de systèmes d'aide à la décision, il est attendu que l'opérateur devienne superviseur de sa ligne et gagne en autonomie et responsabilité
- § Une évolution des pratiques et des compétences attendues sur les fonctions supports : le temps-réel, la flexibilité de la production et la variabilité de la demande impacte également les pratiques et les compétences requises dans les métiers des achats, de l'approvisionnement, des ventes ou encore des méthodes.

Une transformation numérique des opérations qui fait émerger de nouveaux métiers : modélisation, simulation, gestion de jumeau numérique, traitement des données (data scientist, ingénieur datamining et intelligence artificielle), cybersécurité

## VOLET 2

---

### Partie 3 : cartographie de la réglementation pour la filière électronique



L'encadrement réglementaire pour la filière de l'électronique<sup>122</sup> concerne les composants et les matières premières mais aussi la qualité et la fiabilité des produits ainsi que leur usage notamment au travers le stockage des données collectées. Ces réglementations visent un meilleur respect de l'environnement, la sécurité des utilisateurs et le respect de la vie privée.

Du point de vue des acteurs de la réglementation, **les normes doivent être perçues comme un outil ou des supports d'aide, permettant aux fabricants d'atteindre un certain retour sur investissement dans leur activité** (gain de part de marché, meilleure productivité). En outre, les réglementations peuvent être à l'origine de nouveaux marchés et donc de production supplémentaire. Toutefois, elles sont également un frein à la compétitivité internationale dans la mesure où elles ajoutent des coûts supplémentaires et une mise à niveau parfois complexe nécessitant un investissement significatif.

Ces directives sont en générale émises au niveau européen et le gouvernement français peut intervenir indépendamment pour ajouter certaines conditions supplémentaires (notamment sur le secteur de l'environnement) qui génèrent des coûts supplémentaires pour produire en France.

Ces dernières années, **la prise en compte de l'impact environnemental dans la production industrielle s'est manifestée par l'instauration de plusieurs réglementations** et directives telles que REACH qui s'applique à toutes les industries, ou encore la DEEE (Directive sur les Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques), qui avec la réglementation RoHS sont plus spécifiques à l'industrie électrique et électronique.

---

<sup>122</sup> L'encadrement réglementaire concerne l'ensemble des industries de l'électronique, mais également tous les types de débouchés applicatifs adressés par cette industrie, qu'il s'agisse de normes spécifiques à un secteur (la défense, l'aéronautique ou encore l'automobile) ou de normes communes à l'industrie portant sur l'efficacité énergétique, l'interdiction et/ou le retraitement des matières dangereuses

## La réglementation REACH

**Le règlement REACH permet d'assurer une transparence sur les substances chimiques dans les produits commercialisés au sein de l'Union Européenne et potentiellement dangereuses pour la santé du consommateur.**

Le règlement REACH (Registration, Evaluation and Autorisation of Chemicals) de l'Union européenne impose à tous les industriels (fabricants et importateurs) adressant le marché de l'Union Européenne de démontrer l'innocuité des substances contenues dans leurs produits.

Plus précisément, ces acteurs sont tenus de communiquer pour l'ensemble de leurs produits l'éventuelle présence de substances dangereuses pour la santé et plus particulièrement les substances SVHC (Substances of Very High Concern) qu'il s'agisse de substances cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction (CMR de catégorie 1 ou 2), de substances persistantes, bioaccumulables et toxiques (PBT), de substances très persistantes et très bioaccumulables (tPtB) ou pouvant perturber le système endocrinien.

Pour être conforme à la réglementation REACH, ces entreprises doivent pouvoir satisfaire plusieurs exigences (cf. tableau ci-dessous) qui nécessitent souvent une indispensable coopération avec les fournisseurs extra-communautaire.

**Tableau : Liste des exigences principales de la réglementation REACH**

N°	Détail des exigences
1	Les fabricants doivent connaître la présence de toute SVHC supérieure à 0,1 % dans leurs articles importés ou exportés. Dans le cadre de REACH et pour tout article fabriqué en dehors de l'UE, il est fort probable que le client demande au fournisseur d'identifier les SVHC présentes en quantités supérieures à 0,1 % en poids.
2	Les fabricants doivent suivre l'évolution de la liste des SVHC au fil du temps. Il y a actuellement 183 substances sur la liste candidate SVHC. La nature changeante de la liste des SVHC signifie que les fabricants sont tenus de se renseigner fréquemment sur les ajouts.
3	Les fabricants doivent inclure des informations sur l'utilisation sans risque de leurs articles. Dans le cadre de REACH, un article contenant une SVHC doit maintenant être fourni avec des informations d'utilisation sûre qui décrivent comment éviter d'être exposé aux risques associés aux dites substances à travers la transmission de fiches signalétiques (FDS).
4	En Europe, avec REACH, un consommateur a le droit de demander des informations sur la présence d'une SVHC dans n'importe quel produit. Ce consommateur doit alors recevoir une réponse de la société européenne dans un délai de 45 jours. Ce court laps de temps peut rendre très difficile le transfert de l'information à travers la chaîne d'approvisionnement pour qu'une entreprise reste conforme.
5	Les fabricants doivent s'adresser à leurs propres fournisseurs et leur demander tous les renseignements sur les SVHC et l'utilisation sécuritaire qui en découle. Une partie de cet effort peut consister à fournir des ressources, des directives et de la formation à ces fournisseurs afin de les aider à répondre à la demande d'information.

### Les conséquences de la réglementation REACH sur les industries de l'électronique.

En imposant une transmission d'information sur les substances SVHC contenues dans les produits (et leurs recommandations d'utilisation) au sein de l'Union Européenne, la réglementation REACH a nécessité une augmentation considérable **des exigences en matière d'information pour les fournisseurs et fabricants de produits électronique (européen ou non<sup>123</sup>)**. Par exemple, **la limite de 45 jours** pour fournir une réponse à une sollicitation du consommateur présente **de sérieux défis** pour les entreprises justifiant d'une activité sur le marché Européen, car généralement ces dernières doivent également solliciter en amont leurs fournisseurs, regroupés dans une chaîne d'approvisionnement internationalisée, rigide et complexe.

<sup>123</sup> Les fabricants non européens qui fournissent des entreprises de l'UE devront collecter et communiquer des informations sur les SVHC à leurs clients afin de s'assurer que ces derniers puissent se conformer à REACH.

Pour les fournisseurs de service en fabrication électronique (EMS), les opérations d'assemblage de carte électroniques requièrent souvent l'utilisation de composants électroniques et consommables ayant été fabriqués en dehors de l'Union Européenne et la transmission des informations en matière de substances SVHC potentielles n'est pas toujours systématique. Aussi, la réglementation REACH nécessite souvent une surcharge administrative conséquente pour ces acteurs et leurs fournisseurs (nouveaux processus de collecte de données, de gestion des données et de déclaration des données pour les SVHC)

Les concepteurs de produits qui comportent de l'électronique ont, dans les choix qu'ils font en amont, un rôle majeur à jouer sur la réduction de l'impact environnemental des produits. Dans ce secteur très concurrentiel, pouvoir appréhender suffisamment à l'avance les évolutions réglementaires pour une substance donnée, qui risquent de venir encadrer, voire interdire, son usage, et travailler activement à la recherche de substituts possibles constitue un facteur clé de compétitivité en permet de minimiser, dans le pire des cas, les risques d'arrêt de production et de suppression d'emplois.

Le cas échéant et lorsque cela fait sens pour une filière, les industriels peuvent se regrouper pour mener collectivement les démarches de lobby auprès des instances décidant des choix réglementaires pour les substances, et le cas échéant demander des dérogations particulières, si la substance a été incluse à l'Annexe XIV de REACH, donc interdite d'usage. Les actions de lobby visent à porter à la connaissance des instances de décision (ECHA et Etats Membres) les informations fournies par les industriels, notamment sur les aspects d'utilisation « technique » de la substance en cours d'interdiction, ainsi que sur les conditions opérationnelles de son utilisation (existence d'un substitut ainsi que sa complexité, son coût et son délai d'intégration) afin de ne pas mettre en danger la profession.

Les bonnes pratiques qui émergent pour les fabricants d'électronique vis-à-vis de la réglementation REACH sont :

- § L'accompagnement par des experts du domaine pour faciliter le respect des contraintes associées à REACH.
- § L'implication de toutes les parties prenantes : les clients et les fournisseurs et la hiérarchie de l'entreprise
- § L'identification d'une personne référente qualifiée qui réalise en interne la veille sur REACH.
- § La sensibilisation des équipes R&D sur la substitution des substances dangereuses.

## DEEE, RoHS, EUP pour une fabrication plus respectueuse de l'environnement.

Les directives **DEEE**<sup>124</sup> et **RoHS**<sup>125</sup> portant respectivement sur le **recyclage des déchets électroniques** et sur **l'élimination des substances nocives** contenues dans les équipements électriques et électroniques, ont des incidences importantes sur les modalités d'exercice des métiers de la filière, les incitant à évoluer vers des modes de production plus respectueux de l'environnement.

La directive 2002/96/CE, « directive DEEE » et la directive 2002/95/CE, « RoHS », encadrent la réglementation européenne en matière de collecte et de traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques.

Plus précisément, **la directive DEEE** impose notamment l'éco-conception des EEE, pour favoriser le réemploi et le traitement des DEEE, la collecte séparée des DEEE, le traitement systématique de certains composants et substances dangereux ainsi que la réutilisation, le recyclage, la valorisation des DEEE collectés, avec des objectifs de recyclage et de valorisation élevés.

**La directive RoHS** établit quant à elle une liste de substances dont l'utilisation est interdite ou très limitée dans la fabrication des équipements. La directive RoHS « Restriction of Hazardous Substances » (restriction de l'usage de substances dangereuses) exclut par exemple l'utilisation de divers composants chimiques (Pb, Hg, Cd, le Cr hexavalent) et les familles de retardateurs de flamme de type PBB et PBDE de toute une série de composants électriques et électroniques apparus sur le marché européen depuis le 1er juillet 2006. Le décret français 2014-928, codifié aux articles R. 543-172 à R. 543-206 du Code de l'environnement, transpose la directive 2012/19/UE.

---

<sup>124</sup>Déchets d'Équipements Électriques et Électroniques.

<sup>125</sup> Restriction of Hazardous Substances.

Les effets de cette directive touchent l'ensemble des entreprises de la chaîne d'approvisionnement des équipements électroniques, tant dans les processus de fabrication et la conception des produits que dans la gestion des stocks, le contrôle de la qualité, les relations avec les fournisseurs, les achats ou les relations avec la clientèle, .... Préoccupées par la qualité et la fiabilité de leurs produits, les entreprises font face à ce défi : respecter les nouvelles normes européennes (et par conséquent changer leurs pratiques) tout en maintenant leurs critères de qualité.

**Tableau : Conséquence de la directive RoHS sur la conception et la fabrication électronique**

Maillon	Le brasage	Le procédé CMS	Le procédé Vague
<b>Donneurs d'ordre</b>	Il incombe au donneur d'ordres de prendre les mesures nécessaires afin de s'assurer que le sous-traitant fournisse un produit conforme aux dispositions de la directive RoHS qui considère <b>l'importateur comme le fabricant</b> . Le sous-traitant n'a aucune autre obligation légale que de satisfaire aux accords contractuels entre le client et le fournisseur et de communiquer des informations correctes et conformes à la réalité, ce qui relève des pratiques commerciales normales.		
<b>Bureaux d'étude</b>	Concernant les bureaux d'études, ou les donneurs d'ordre, la directive ROHS peut impacter la conception de carte électronique. En effet, une mauvaise conception de carte sera plus sensible avec une soudure sans plomb par exemple à cause d'un bord de plage non recouvert, même s'il n'y a pas de design spécifique à une soudure conforme à la directive ROHS. Le respect de la certification passe notamment par deux points de vigilance : (i) la résistance de la carte à des températures plus élevées et (ii) la prise en compte des effets de dilatation entre circuit et le cuivre.		
<b>Fournisseurs de services en fabrication électronique (EMS)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ De alliages de substitution sont disponibles, tels que l'Étain, l'Argent, le Cuivre, le Zinc, mais tous ne sont pas encore recommandés par manque de retour quant à leur utilisation.</li> <li>■ Pour la soudure CMS, le SAC 305 est recommandé (étain, 3% argent, 0.5% cuivre)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Le « self-alignment » est plus sensible lors de soudure conforme RoHS. L'ajustement et la précision des machines restent un élément primordial même s'il n'y pas de directive spécifique quant à la hauteur de pose ou la pression.</li> <li>■ Alors que les fours ne nécessitent pas de modification spécifique, les équipements de contrôle par vision doivent subir une reprogrammation sous faute de voir augmenter le nombre de faux défauts compte tenu de l'aspect physique des soudures qui sont moins brillantes.</li> <li>■ Impact norme IPC-A610</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Les machines de fabrication permettant de réaliser le procédé de vagues ne sont plus d'actualité (avant 2001), car elles représentent un fort risque de dissolution de la matière en contact avec la soudure en mouvement.</li> <li>■ De plus ces défauts étant difficilement réparables, il est nécessaire de demander la confirmation de la compatibilité du matériel et de l'alliage aux fournisseurs.</li> <li>■ Dans le cas contraire un retrofit ou l'achat d'une nouvelle machine sont inévitables mais coûteux (&gt;25 000€).</li> </ul>
Les conséquences économiques de la directive RoHS est important, car les nouveaux alliages tels que la soudure SAC sans plomb coûte environ 2 à 3 fois plus chère que la soudure SnPb. Non seulement en raison de l'utilisation de l'argent, plus coûteux, mais également en raison de la présence dans l'alliage d'un pourcentage d'étain 50 % supérieur, qui remplace en grande partie le plomb, nettement moins cher. Pour les barres à souder, il en résulte une augmentation de prix de 100 %. Le soudage sans plomb s'accompagne également d'une réduction de la fenêtre de température du processus et une température supérieure. Cela exerce un impact négatif sur le rendement de la production, avec pour conséquence davantage de pannes et un coût de réparation supérieur. Ce surcoût intrinsèque impacte directement les EMS : étant donné les faibles marges, le surcoût ne peut pas être supporté par ces seules usines, de sorte qu'une augmentation du prix d'assemblage devient inévitable.			

<b>Entreprises de réparation</b>	La réparation de carte avec plomb peut être effectuée manuellement avec la soudure sans plomb même si la mixité est déconseillée pour certains composants (BGA).	La refusion CMS autorise la mixité des deux types de soudures même si l'inhomogénéité du mélange peut conduire à des défauts pour les composants BGA.	La refusion du passage à la vague peut créer des décollements du joint de soudure pouvant même arriver à des ruptures de joints sur les composants traversant.
<b>Distributeurs et fabricants de composants</b>	<p data-bbox="663 499 1062 840">L'augmentation de la température de fusion due aux alliages sans plomb fait s'accumuler de l'humidité dans les composants pouvant générer des défauts tels que le délaminage. Un stockage adéquat des produits doit donc être mis en place sur les recommandations des fournisseurs.</p> <p data-bbox="400 840 1406 1146">Les fournisseurs se doivent sous demande de leurs clients d'apposer une mention « RoHS compliant parts » pour chacun des bons de livraison ainsi qu'un certificat. Ce mode de fonctionnement permet de certifier au client qu'un produit fini vendu comme compatible RoHS intègre des pièces assemblées également compatibles. Néanmoins, un simple ordre de « livrer des produits conformes à la directive RoHS » ne suffit certainement pas dans ce cas. Il convient en l'occurrence de donner des instructions claires concernant les matériaux de soudure à utiliser, l'approvisionnement des composants, la gestion du stock ainsi que le contrôle et l'évaluation des méthodes de logistique et de gestion de la production chez le sous-traitant.</p>		

Plus largement, il convient de souligner que dans le cadre de l'application de la directive RoHS, il n'existe pour l'instant aucun CAS RoHS. **En effet, le texte de la directive RoHS ne spécifie pas comment la conformité RoHS doit être démontrée** et aucune certification ni label RoHS n'est prévue actuellement. Il est supposé que, si un produit doit être conforme à la directive RoHS à dater du 1er juillet 2006, cette même disposition s'applique à tous les produits mis sur le marché européen à dater du 1er juillet 2006. Même si des initiatives telles que la création du réseau européen des autorités chargées de l'application de la RoHS a été créé et a publié en mai 2006 la première version du guide de mise en œuvre de la directive RoHS, **celui-ci reste informel**. C'est pourquoi **le contrôle de cette directive repose aujourd'hui sur l'auto-déclaration des fabricants**, réalisée par la transmission de documents récapitulatifs relatifs à la directive RoHS et de documents de conformité. Les documents récapitulatifs doivent spécifier la personne de contact compétente en matière de RoHS au sein de l'organisation, fournir des informations pertinentes sur l'entreprise, décrire l'approche de conformité RoHS préconisée par l'entreprise et fournir une liste des systèmes de qualité de données utilisés pour contrôler l'exactitude et la qualité des données pertinentes en matière de RoHS.

En ce sens, il apparaît compliqué encore aujourd'hui de démontrer la conformité RoHS des produits électroniques même si la conception, l'approvisionnement et la production sont conformes RoHS. **Le test le plus pertinent est donc l'audit de la chaîne de réalisation du produit en termes de capacité à fournir des produits conformes à la directive RoHS** car en effet les tests de matériaux effectués sur un produit ne peuvent en aucun cas garantir que le produit est conforme à 100 %.

Il convient également de souligner que **la norme RoHS évolue dans le temps**. Ainsi la RoHS 2 établie en 2017, vient ajouter quatre nouvelles substances<sup>126</sup> avec une limite de concentration de 0,1% par rapport à la RoHS 1<sup>127</sup>.

<sup>126</sup> Bis(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP), Butyl benzyl phthalate (BBP), Dibutyl phthalate (DBP), Diisobutyl phthalate (DIBP)

<sup>127</sup> La RoHS 1 interdisait déjà l'utilisation de six substances à hauteur de 0,1% de concentration

Enfin, si cette réglementation a constitué **un réel défi pour les EMS pour se mettre en conformité au cours des dix dernières années**, à la fois sur le plan technique et organisationnel avec des résistances au changement parfois importantes, **il semblerait qu'aujourd'hui ces pratiques soient bien intégrées en rappelant toutefois que les** contrôles de cette directive porte principalement sur du déclaratif et il est estimé que seul environ un tiers des sous-traitants électronique sont réellement capables de respecter l'intégralité de la réglementation RoHS (organisation de la Supply Chain, achats, fabrication, contrôles, traçabilité). Le client final étant le seul impacté au niveau de la loi en cas de non-respect des directives (l'obligation du sous-traitant se limite au cahier des charges et à sa relation commerciale), l'EMS a même un rôle à jouer auprès des concepteurs et clients non électroniciens qui auraient tendance à négliger ou à oublier cette réglementation et les contraintes de fabrication associées dans leur développement et industrialisation.

Une activité de veille apparait comme obligatoire pour anticiper et se prémunir contre les menaces et difficultés que pourraient occasionner les nouvelles directives. En ce sens, il apparait pertinent de se tenir informé des évolutions aux prochaines dates clés :

- § 22 juillet 2019 : La transposition de la Directive rentrera en application.
- § 22 juillet 2019 : La limitation de l'utilisation de ces substances : DEHP – BBP – DBP et DIPB s'applique aux « câbles ou pièces détachées destinés à la réparation, au réemploi, à la mise à jour des fonctionnalités ou au renforcement de la capacité des EEE mis sur le marché » selon la Directive Européenne 2015/ 863.
- § 22 juillet 2021 : la limitation de l'utilisation de ces substances s'applique aux dispositifs médicaux incluant ceux in vitro, aux instruments de contrôle et de surveillance y compris industriels.

## La directive EuP : pour allier économie et écologie

La directive européenne EuP établit un cadre pour la fixation d'exigences en matière d'écoconception applicables aux produits consommateurs d'énergie (EuP). Les fabricants et les importateurs sont tenus d'évaluer les performances environnementales de leurs produits tout au long de leur cycle de vie. Les fabricants ont l'obligation d'informer les consommateurs sur l'utilisation durable du produit, le profil écologique du produit, les avantages de son écoconception mais également les instructions pour le démantèlement.

La directive EuP s'applique aux équipements électriques et électroniques consommateurs d'énergie, couverts par des mesures d'exécution. Ces produits doivent porter le marquage CE et les renseignements associés, afin de pouvoir être mis sur le marché de l'Union Européenne et y circuler librement.

## ■ Initiatives remarquables pour accompagner les acteurs de l'électronique dans leur mise en conformité aux réglementations environnementales

**ECO'TRONICs : une action collective à destination des PME d'Ile-de-France pour une démarche innovante d'éco-conception de leurs produits électronique.**

Si aujourd'hui, les grandes entreprises ont anticipé la mise en œuvre des différentes réglementations environnementales, ce n'est pas le cas de beaucoup de PME qui par manque de moyens et d'information se retrouvent en marge au niveau des réglementations environnementales (EuP notamment) impactant la production.

C'est ainsi qu'est née en 2006, ECOTRONICS - action collective à destination des PME d'Ile-de-France qui vise à mettre en œuvre une démarche innovante d'écoconception pour leurs produits électroniques au regard des nouvelles exigences et donc de renforcer leur compétitivité et leur différenciation.

Depuis son lancement en décembre 2006 et sa clôture en 2010, plus de 60 PME ont participé aux 3 séminaires de présentation d'ECO'TRONICs. Cette participation importante démontre l'intérêt des PME concernant les questions environnementales et atteste de leurs attentes quant à des projets de soutien dans ce domaine. En ce sens la démarche ECO'TRONICs proposait :

- § Un pré-diagnostic gratuit, sans engagement avec un expert consultant afin d'identifier les besoins (réalisation d'écobilans, d'aide à la reconception, d'aide à la valorisation des éco-produits, mise en œuvre de tests et de contrôles sur les produits)
- § Des formations-actions à l'écoconception gratuites dispensées aux PME (identification de manière simplifiée des points faibles environnementaux d'un produit électronique, mise en évidence des grands axes de la stratégie environnementale).
- § Un plan d'actions personnalisé pour chaque PME subventionné à hauteur de 64%, avec 67 jours d'accompagnement.



### « Wen Chimique » - la réponse de WeNetWork au règlement REACH

Le Règlement REACH impose aux industries chimiques de fournir les données de sûretés sanitaire et environnementale, sur toutes les substances qu'elles produisent ou importent. **Ainsi les entreprises électroniques sont obligées de mesurer la sécurité chimique des substances utilisées** et d'en gérer les risques associés. Dans le but d'aider les entreprises du secteur électronique à se conformer aux réglementations, une base de données nommée Wen Chimique a été mise en place par We Network et ses adhérents. Cet outil d'utilisation simple (pas de logiciel à installer) **recense plus de 600 fiches permettant d'analyser rapidement les produits utilisés par rapport à la liste des substances publiées par l'ECHA.**

**Cette base de données est alimentée fréquemment par Creative Eurecom, Eolane, Lacroix Electronics, et Tronico, Emka Electronique** permettant aux autres acteurs un gain de temps important. Wen Chimique couplée à la veille automatique mise en place par We Network assure une actualisation de la liste des substances extrêmement préoccupantes.

Ces deux initiatives remarquables sont riches d'enseignements et représentent des leviers possibles à dupliquer en cas de nouvelles réglementations imposant un accompagnement spécifique à l'adaptation des pratiques de conception et de fabrication électronique ou encore une transmission simplifiée des informations au sein des acteurs de la chaîne d'approvisionnement.

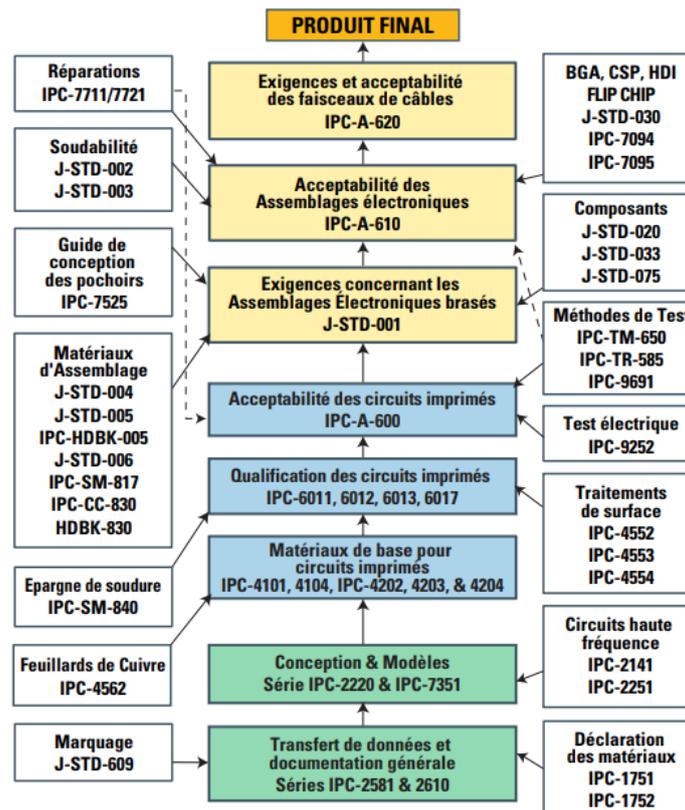
## Les normes IPC, un gage de montée en compétence au sein de la filière.

Depuis 1957, IPC soutient le secteur électronique par le biais de normes destinées à aider les entreprises et les opérateurs individuels à produire du matériel électronique de haute qualité. Pendant de nombreuses décennies, les normes IPC étaient considérées comme des normes « nord-américaines », mais depuis le début des années 1990, elles se sont étendues à l'ensemble du monde de l'électronique.

## ■ Utilisation des normes IPC chez les fabricants de cartes électroniques.

Pour répondre aux exigences techniques de plus en plus strictes en matière de qualité et de fiabilité, les fabricants électroniques doivent produire des cartes de plus en plus complexes et s'assurer de la bonne réalisation des différentes étapes (sérigraphie, assemblage, brasage...). Pour éliminer les risques de non-conformité, les clients finaux et/ou les sous-traitants exigent souvent que leurs usines respectent les normes IPC suivantes (cf. figure 40) dans leur processus de production.

**Figure : Déploiement des normes IPC sur les différentes étapes de la fabrication électronique**



L'utilisation des normes IPC procurent des avantages de plusieurs ordres. En premier lieu **des avantages économiques** : Lorsque le nombre de fonctions des appareils électroniques augmente, la complexité et le coût augmentent également de façon significative. Le prix d'une carte nue ajouté à celui d'autres composants sophistiqués, plus l'assemblage et le brasage le produit devient alors très coûteux. En considérant cette information, les fabricants électroniques sont conscients qu'un produit conçu et fabriqué conformément aux normes IPC permet d'augmenter significativement sa qualité et sa fiabilité et ainsi éviter des désastres financiers pour leurs clients mais aussi pour leur propre activité. En second lieu, les normes IPC permettent également de **faciliter les échanges de l'EMS** avec ses fournisseurs et ses clients finaux implantés dans le monde entier en utilisant **les mêmes standards**.

Cette démarche cohérente assure l'amélioration continue de la fabrication et la pérennité des actions mises en place<sup>128</sup>. Les Normes IPC apparaissent comme les principales normes utilisées, l'IPC A610 serait utilisée par plus de 70-80% des EMS français pour les produits de classe 1, 2 et 3. Ces normes qui devraient être intégrées dès le design pour pouvoir être respectées plus facilement sont devenues familières aux entreprises françaises qui en ont bien compris l'utilité par rapport à la fiabilisation de leurs produits en phase de fabrication. Toutefois, **l'application de l'extension de ces normes dès la conception**, semble **presque totalement inexistante en France**. L'application de ces normes en amont permettrait de quantifier et minimiser les risques dès la conception en analysant les défaillances possibles d'une carte, ces défaillances pouvant aller jusqu'aux problématiques d'approvisionnement ou de sous-traitance.

<sup>128</sup> IPC - Association Connecting Electronics Industries, « Normes IPC : ce que chaque fabricant devrait savoir », p. 2.

## ■ Une politique européenne ambitieuse en matière de cybersécurité

La commission européenne et les Etats Membres affichent depuis plusieurs années leur ambition en matière de leadership sur la cybersécurité<sup>129</sup> et la protection des données. Cette ambition se traduit par 3 directives clés qui ont été ou seront prochainement transposées dans les différents pays membres :

§ **La directive<sup>130</sup> de « cybersécurité » NIS** (Sécurité des Réseaux et de l'Information) oblige un large éventail d'entreprises du secteur privé à se conformer à de nouvelles exigences de sécurité et de signalement d'incidents. Elle stipule également que les « opérateurs d'infrastructures critiques » c'est-à-dire les entreprises des services publics, des transports et les entreprises de services financiers, doivent déployer des mesures appropriées pour gérer les risques de sécurité et signaler les incidents graves à une autorité nationale ou à l'équipe d'intervention informatique d'urgence.

§ **Le RGPD<sup>131</sup> (Règlement Général sur la Protection des Données)**, unifie les réglementations de protection des données existantes dans les pays de l'Union Européenne sous une législation unique, en introduisant des directives sur la manière dont les entreprises devront gérer des informations personnellement identifiables. Il sera applicable à toutes les entreprises ayant des activités en Europe, que les données personnellement identifiables qu'elles gèrent soient stockées dans le périmètre de l'Union Européenne, ou non. Il élargit également la définition des « données personnelles » pour inclure les adresses de courrier électronique, les adresses IP et les contenus postés sur des sites de réseaux sociaux.

§ **Le cybersecurity act** : La Commission européenne a proposé au Parlement et au Conseil un paquet dit « Cybersecurity Act » qui devrait être examiné au cours de l'année 2018 visant à approfondir le rôle de l'ENISA et ses pouvoirs avec notamment (i) la mise en place d'un Framework de certification (standard d'exigences techniques et de procédure d'évaluation de la conformité) des produits électroniques en matière d'électronique qui devrait compléter le marquage CE avec une évaluation spécifique sur le volet cybersécurité

Dans la mesure où leur responsabilité est directement engagée en cas de manquement<sup>132</sup> les fabricants de dispositifs communicants sont directement touchés par l'entrée en vigueur de ces applications. Cette dynamique européenne a le mérite d'accélérer la prise de conscience des enjeux de sécurité dans le domaine des objets communicants, souvent jugée secondaire dans les développements par les concepteurs.

	TOE	Conception (Ingénierie & constructeur)	Intégration de système (Systèmeur/Intégrateur)	Production (Fabricant)	Exploitation (Exploitant)
<b>Analyse de risques</b>	Hardware / Matériel	<ul style="list-style-type: none"> <li>Security by Design</li> <li>Analyse de la conception</li> <li>Tests des interfaces physiques et de communication</li> <li>Durcissement des composants</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tests des interfaces physiques et de communication (BV-HW-XXX)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suivre règle d'utilisation</li> </ul>	
	Système / Réseau	<ul style="list-style-type: none"> <li>Définition d'architecture / réseau adapté</li> <li>Segmenter le réseau</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concept Secure by Design</li> <li>Evaluation des COTS</li> <li>Système de détection d'intrusion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Additional class notation SYS-COM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestion des logs</li> <li>Gestion des incidents</li> </ul>
<b>Identification des biens à protéger</b>	Cloud / Données		<ul style="list-style-type: none"> <li>RGPD</li> <li>Privacy by design</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RGPD</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>RGPD</li> <li>Move Forward With Privacy</li> </ul>
	Système d'exploitation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilisation d'OS sécurisé</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paramétrage système d'exploitation</li> <li>Mettre en place une Gestion des accès logiques</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Suivre règle d'utilisation</li> <li>Appliquer politique de MdP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestion des mises à jour</li> </ul>
	Application Software	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concept Secure by Design</li> <li>Bonnes pratiques (BV-SW-200 Conception)</li> <li>Analyse du code source</li> <li>Test boîte blanche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paramétrage correct de l'application</li> <li>Utilisation selon recommandations constructeurs</li> <li>Mettre en place une Gestion des accès logiques</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Gestion des mises à jour</li> </ul>
	Personnes & Procédures	<ul style="list-style-type: none"> <li>SMSI</li> <li>ISO 27k</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SMSI</li> <li>ISO 27k</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SMSI</li> <li>ISO 27k</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>SMSI</li> <li>ISO 27k</li> </ul>

**Figure : La cyber sécurité tout au long de la supply-chain**

(Source : Bureau Veritas)

<sup>129</sup>Ensemble des technologies, des processus et des pratiques conçus pour protéger les réseaux, les ordinateurs, les programmes et les données contre les attaques & les dommages du cyber espace.

<sup>130</sup> Publiée au journal officiel le 19 juillet 2016, les Etats membres avaient jusqu'au 9/05/2018 pour la transposer.

<sup>131</sup> Le règlement est applicable dans les Etats membres à partir 25 mai 2018 sans transposition dans le droit national

<sup>132</sup> Jusqu'à 20 millions d'euros ou 2 à 4 % du chiffre d'affaires mondial de l'entreprise contrôlée.

Toutefois, ces directives portent principalement sur les briques réseaux et logicielles des dispositifs électroniques connectés et **les activités de fabrication électronique en tant que telles ne sont concerné que de manière marginale**. En effet, les acteurs interrogés estiment que les concepteurs et fabricants de dispositifs communicants ne devront faire évoluer leurs pratiques que dans un nombre de cas limité. Par exemple, cela pourrait inciter certains acteurs de penser protection et sécurisation des données à caractère personnel d'un projet dès son origine, en intégrant, par exemple, le concept de « Privacy By design » (prise en compte de la sécurité informatique dès la conception de l'objet). A ce titre le projet SECURIOT-2 est un bon exemple de cette tendance : il vise à développer un Microcontrôleur Sécurisé (SMCU) qui apportera à l'environnement de l'IIoT un haut niveau de sécurité, basé sur les techniques utilisées dans les cartes bancaires ou les passeports électroniques. Ce SMCU inclura également une gestion originale de l'alimentation pour répondre aux contraintes de faible consommation propres à l'IIoT des Objets

Aussi, **les concepteurs de systèmes électroniques pourraient à l'avenir intégrer de plus en plus d'éléments sécurisés** dans leur produit mais cette transformation au niveau de la carte électronique ne sera associée qu'à l'ajout d'un nouveau composant par l'EMS.

### **Des opportunités de marché qui se créent grâce à la réglementation dans les segments applicatifs finaux**

Généralement perçue comme une contrainte, la réglementation peut être un vecteur de croissance et être synonyme de nouveaux marchés pour la filière électronique par exemple entraînant **l'essor de nouvelles compétences** : l'application de la directive RoHS permet de stimuler l'innovation au sein de la société par une démarche de recherche et développement continue sur les procédés de fabrication. Elle peut également **stimuler la demande et créer un marché** pour des produits électroniques nouveaux. En effet, plusieurs projets se lancent sur le fondement d'opportunités réglementaires, ce qui peut représenter potentiellement **un flux de commandes** pour les acteurs français de la sous-traitance électronique.

Quelques exemples d'opportunités créés par la réglementation dans les marchés applicatifs pourraient être les suivants :

- Le volet sécurité ayant une importance capitale sur certains marchés comme l'automobile, le développement de nouveaux dispositifs électroniques doivent être proposés et sont mis en place. En ce sens, une législation européenne adoptée en 2015 rend obligatoire l'installation du système "eCall" à partir du 31 mars 2018 dans tous les nouveaux véhicules légers commercialisés.
- La réglementation du travail isolé est définie par l'article L.230-2 du Code du travail. Elle oblige l'employeur du travailleur isolé à prendre les mesures nécessaires pour sa sécurité et pour protéger sa santé physique ou mentale. Cette réglementation a favorisé le développement de Dispositif d'Alarme pour Travailleur Isolé (DATI) ou encore de chaussures de sécurité connectées pour alerter les services de secours en cas d'accident du travailleur isolé.
- L'obligation de mesure de la qualité de l'air dans certains établissements publics, instaurée par la loi Grenelle 2, est applicable aux crèches et aux écoles depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2018 (1<sup>er</sup> janvier 2018 pour les écoles élémentaires, 1<sup>er</sup> janvier 2020 pour les accueils de loisir et les établissements d'enseignement du second degré, 1<sup>er</sup> janvier 2023 pour les autres établissements). Cette obligation encourage alors le développement de dispositifs connectés de mesure de la qualité de l'air basés sur différentes technologies à destination des collectivités.

Cette liste d'exemples n'est pas exhaustive et vise à démontrer **l'importance d'une veille réglementaire active aussi bien sur les sujets transverses à l'électronique que dans les marchés applicatifs**.

## **■ L'importance de maintenir et d'amplifier la présence de la filière de l'électronique dans les comités de pilotage au niveau national et européen.**

Différents acteurs au niveau national et européen ont pour objectif de défendre les intérêts de l'industrie électronique dans les travaux de normalisation et de réglementation vis-à-vis des pouvoirs publics. Leur mission est d'animer, coordonner et représenter les divers membres auprès des institutions publiques afin de faire de la filière électronique française un acteur moteur de la normalisation et réglementation du secteur. En effet, les normes, avant d'être mise en place, sont discutées lors de comité de pilotage où se rencontrent industriels, syndicats et institutions publiques, dans le but de discuter sur les besoins en termes de réglementation. Trois stratégies apparaissent alors :

- § **Être acteur et jouer sur les normes** : Il apparaît que les principaux acteurs mondiaux sont toujours représentés au sein de ces comités et que leur voix a un poids particulièrement important. Ce type de lobbying permet aux géants de l'industrie d'être au courant des réglementations en amont ainsi que de poser en quelque sorte leurs « véto » en cas de proposition de réglementation trop menaçante pour leur activité ou a contrario de pousser des solutions technologiques privilégiant leurs propres innovations.
- § **Être présent et observateur** : Les plus petites structures essaient d'être présentes pour observer, réaliser une veille et anticiper les futures décisions.
- § **Ne pas être présent** : La troisième option est la plus menaçante. Elle doit être évitée sous peine de connaître les futures normes aux derniers moments et surtout de ne pas avoir pu s'exprimer en amont de leurs applications. Les syndicats et fédérations jouent ce rôle d'intermédiaire en participant aux comités et en remontant régulièrement les informations à leurs adhérents.

Les acteurs interrogés dans le cadre de cette étude soulignent deux points majeurs :

- § Grâce à la présence d'acteurs d'envergure mondiale dans le domaine de l'électricité tels que Schneider Electric et Legrand, la France joue un rôle moteur et une influence forte sur la normalisation dans l'industrie électrique (une stratégie qui a contribué à la croissance de leur part de marché mondiale)
- § Inversement dans le domaine électronique, le paysage industriel français est composé principalement de PME et rencontrent des problématiques de taille critique. Cette situation fait que la France comporte peu d'experts sur le sujet (moins de 10) rendant sa présence et son pouvoir d'actions assez faibles au sein des comités. C'est une des raisons qui explique que les EMS français subissent plutôt les normes établies. En effet, n'étant pas force de proposition au niveau mondial, la stratégie à adopter est différente, les entreprises françaises adoptent cette fois-ci une position défensive dans le but d'éviter que les normes ne soient trop contraignantes pour la fabrication.

Pour identifier les pays leaders aux niveaux des normes et mesurer la présence des français et leurs impacts il est intéressant de lister les membres des comités (observateur/ participants/ secrétariat et présidence). On observe alors la présidence de la France sur le sujet des équipements de mesure des grandeurs électriques et électromagnétiques et une position au secrétariat des groupes de travail sur la CEM-Phénomènes basse fréquence et les réseaux industriels où des sujets liés aux objets communicants et électroniques peuvent apparaître.

**Tableau : Comités de normalisation où la France joue un rôle moteur (présidence ou secrétariat)**

		Secrétariat	Président
TC 8	Aspects système de la fourniture d'énergie électrique	Italie	France
TC 13	Comptage et pilotage de l'énergie électrique	Hongrie	France
TC 38	Transformateurs de mesure	Italie	France
TC 64	Installations électriques et protection contre les chocs électriques	Allemagne	France
SC 65C	Réseaux industriels	France	Canada
SC 77A	CEM - Phénomènes basse fréquence	France	Belgique
TC 85	Équipement de mesure des grandeurs électriques et électromagnétiques	Chine	France
TC 86	Fibres optiques	Etats-Unis d'Amérique	France
SC 86A	Fibres et câbles	France	Pays-Bas

## Ouverture : des situations dans lesquelles une absence de réglementation est source d'insécurité juridique.

### ■ Une absence de support centralisant l'ensemble des réglementations applicables aux produits incluant de l'électronique.

L'un des facteurs majeurs pouvant constituer un frein, est qu'il n'existe pas aujourd'hui de support centralisant l'ensemble des réglementations applicables aux produits incluant de l'électronique. Au-delà de la Réglementation générale applicable aux matériels électroniques et électriques (Sécurité électrique, Compatibilité électromagnétique, Réglementations environnementales), de nombreux produits contenant des composants électroniques, sortent du champ de couverture, multipliant ainsi les cas spécifiques<sup>133</sup> :

- § **Si le produit est une machine** : il relève du Code du travail dont une partie transpose la directive européenne 2006/42/CE relative aux machines. Les objectifs de sécurité de la Directive Basse Tension (DBT) sont repris dans la directive machines. C'est pourquoi, les machines sont exclues du champ d'application de la DBT. Si la machine intègre des éléments électroniques actifs, elle relève également de la réglementation concernant la compatibilité électromagnétique.
- § **Si le produit est un jouet** : il relève du décret n°2010-166 du 22 février 2010 relatif à la sécurité des jouets transposant la directive européenne 2009/48/CE relative à la sécurité des jouets. Les jouets devant être alimentés en très basse tension de sécurité (TBTS), ils n'entrent pas dans le champ d'application de la DBT. Si le jouet comporte un chargeur externe alimenté sur le secteur, le chargeur seul relève de la DBT. Si ce jouet intègre des éléments électroniques actifs, il relève également de la réglementation concernant la compatibilité électromagnétique.
- § **Si le produit est de construction électrique** : il relève du Règlement (UE) 305/2011 relatif aux produits de construction et de la réglementation générale applicable aux produits électriques.
- § **Si le produit est un équipement radioélectrique** : il relève du Code des postes et des communications électroniques dont une partie transpose la directive européenne 2014/53/UE (RED) concernant les équipements radioélectriques. Des dispositions sont prévues pour la transition entre l'ancienne directive 1999/5/CE (R&TTE) et la nouvelle directive RED. Les aspects de compatibilité électromagnétique et de sécurité électrique sont inclus dans les réglementations R&TTE et RED. C'est pourquoi les produits relevant de cette réglementation ne relèvent ni de la DBT ni de la DCEM.
- § **Si le produit est un dispositif médical** : que ce soit un dispositif médical in vitro ou un dispositif médical implantable actif, les dispositifs médicaux sont exclus du champ d'application de la DBT. Les aspects de compatibilité électromagnétique sont inclus dans la réglementation relative à tous les dispositifs médicaux. La réglementation concernant la compatibilité électromagnétique ne s'applique donc pas aux dispositifs médicaux.
- § **Si le produit est un instrument de mesure ou un instrument de pesage** : les aspects de sécurité électrique basse tension ne sont couverts ni par la directive instruments de mesure ni par la directive instruments de pesage à fonctionnement non automatique. Le produit relève donc aussi de la DBT. Concernant la compatibilité électromagnétique, l'aspect « immunité » est inclus dans la réglementation Instruments de mesure et le produit est donc exclu du champ d'application de la réglementation concernant la compatibilité électromagnétique, pour ce seul aspect. En revanche, pour l'aspect « perturbations électromagnétiques », la réglementation concernant la compatibilité électromagnétique s'applique.
- § **Si le produit est un ascenseur** : Si l'ascenseur intègre des éléments électroniques actifs, la réglementation concernant la compatibilité électromagnétique s'applique.
- § **Si le produit est un appareil à gaz** : Si l'appareil à gaz intègre des éléments électroniques actifs, la réglementation concernant la compatibilité électromagnétique s'applique.

Au-delà de ces cas particuliers, c'est la Réglementation générale applicable aux matériels électroniques et électriques qui prend le relais sur les trois volets suivants :

- § **Sécurité électrique** : Si le produit fonctionne à des tensions d'entrée ou de sortie comprises entre 50 et 1000 V en courant alternatif et entre 75 et 1500 V en courant continu, il est soumis au décret n°2015-1083 du 27 août 2015, transposition de la nouvelle Directive Basse Tension 2014/35/UE. Depuis le 20/04/2016, le décret n°2015-1083 du 27 août 2015 remplace le décret n°95-1081 du 3 octobre 1995, transposition de l'ancienne Directive Basse Tension (DBT) 2006/95/CE.

<sup>133</sup><https://www.entreprises.gouv.fr/politique-et-enjeux/materiels-electriques-et-electroniques>

- § **Compatibilité électromagnétique (immunité / perturbations électromagnétiques)** : Si le produit comporte des composants électroniques actifs, il relève du décret n°2015-1084 du 27 août 2015, transposition de la nouvelle Directive compatibilité électromagnétique 2014/30/UE. Depuis le 20/04/2016, le décret n°2006-1278 du 18 octobre 2006 remplace le décret n°2006-1278 du 18 octobre 2006, transposition de l'ancienne Directive compatibilité électromagnétique 2004/108/CE.
- § **Réglementations environnementales** : Si le produit est un produit électrique ou électronique, il relève du décret n° 2013-988 du 6 novembre 2013, transposition de la directive RoHS 2011/65/UE limitant l'utilisation de substances dangereuses dans les produits électriques et électroniques (RoHS). Par ailleurs, la filière de recyclage et d'élimination des DEEE est réglementée et organisée au travers du décret 2014-928 du 19 août 2014, transposition de la directive 2012/19/UE relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques.

## ■ La responsabilité des objets connectés et systèmes autonomes : une réglementation embryonnaire sur le sujet

Le développement des technologies évoluant en autonomie et intégrant des **systèmes embarqués** va très certainement poser un problème de responsabilité en cas de litige. S'interroger sur les responsabilités associées aux systèmes d'information embarqués impose, d'une part, de décrypter les relations entre les différents intervenants, d'autre part, de se pencher sur la réglementation nationale et internationale.

Dans le cas de la voiture autonome, par exemple, si ce n'est plus le conducteur qui est responsable d'un accident causé par un véhicule indépendant, ce serait donc la machine qui aurait pris, par elle-même, certaines décisions. Au-delà de la question éthique qui alimente bien des débats, celle de la responsabilité reste très importante. Dans ce cas de figure, il faudra se reporter à la responsabilité du fait des produits défectueux. Les articles 1245 et suivants du code civil prévoient qu'en cas de défectuosité d'un appareil causant un dommage à autrui, le responsable est le fabricant et non son utilisateur. Ce serait donc le constructeur de la voiture qui serait responsable en cas d'accident de la circulation. Le recul de la responsabilité des conducteurs conduira ainsi à une augmentation de celle des autres intervenants : fabricants, producteur de pièces, programmeurs, fournisseurs de données. Autant de responsables que de recours sont à prévoir<sup>134</sup> pour la victime. Aux Etats-Unis, les Etats de Columbia, de Floride et du Nevada, qui ont déjà légiféré en la matière, ne retiennent pas la responsabilité du constructeur mais celle du concepteur du système autonome, qui peut être un autre intervenant dans la conception d'une voiture autonome. En effet, ce ne sont pas systématiquement les mêmes entités qui conçoivent la voiture et le système de navigation autonome qui y est inclus. Certains constructeurs ont choisi de se positionner avant toute législation. C'est le cas Volvo, dont le PDG a déclaré fin 2015 qu'en cas d'accident de la circulation impliquant une de leurs voitures autonomes, la responsabilité de la marque serait directement engagée. Il a été rejoint sur ce principe par le constructeur Mercedes mais aussi par Google début 2016. Il serait également possible d'invoquer l'application des dispositions relatives à la garantie des vices cachés, propre aux contrats de vente prévue dans les articles 1641 et suivants du Code civil qui rend responsable le vendeur d'un produit en cas de défectuosité de ce dernier. Néanmoins, c'est à la victime de prouver le dommage, le caractère défectueux du produit et le lien de causalité entre les deux.

Deux problématiques principales se posent alors dans ces différents cas de figure :

- § La dispersion des responsabilités du fait de la multiplicité des intervenants.
- § La multiplication des recours entre la victime et les responsables, puis entre les responsables.

---

<sup>134</sup><https://www.lecomparateurassurance.com/103363-e-assurance/108964-voitures-autonomes-quelle-responsabilite-cas-accident>

Autre secteur applicatif touché par l'absence de réglementation : les **objets connectés**. Il n'existe pour l'instant aucune réglementation spécifique applicable à l'IoT en matière de responsabilité civile. Néanmoins, le droit commun est précisément conçu de façon suffisamment large pour pouvoir généralement englober les innovations à travers deux grands concepts du droit civil : la responsabilité et le principe de précaution<sup>135</sup>. La communication autour de ce principe dans le cadre de l'utilisation des objets connectés permettrait de responsabiliser les utilisateurs. En effet, si par le biais de leur objet connecté, ils causent un dommage à autrui alors ce dernier pourra agir contre le propriétaire de l'objet pour obtenir réparation. Au-delà de ces principes de droit commun, le droit au respect de la vie privée et le droit relatif à la gestion et à la protection des données personnelles sont des points cruciaux car les objets connectés collectent des données personnelles au sens de l'article 2 de la Loi Informatique et Liberté<sup>136</sup>. Et bien que le droit français ne vise pas spécifiquement les objets connectés, la Loi Informatique et Libertés est suffisamment large pour englober cette innovation puisque celle-ci réglemente les traitements de données personnelles. Au niveau européen, ce sont les directives 95/46/CE et 2009/136/CE s'appliquent à l'internet des objets.

---

<sup>135</sup>T. Piette-Coudol, « Les objets connectés Sécurité juridique et technique », Lexis Nexis, 2015.

<sup>136</sup><https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexteArticle.do?cidTexte=JORFTEXT000000886460&idArticle=LEGIARTI000006528060&dateTexte=&categorieLien=cid>

# TROISIÈME VOLET : DEMANDE EN MATIÈRE DE FABRICATION ÉLECTRONIQUE

---

## Synthèse exécutive

*Nota : Ce volet a pour objectif d'analyser de manière détaillée les caractéristiques de l'évolution de la demande (prioritairement européenne) à la fois pour deux des principaux secteurs applicatifs historiques de la filière (automobile et aéronautique) mais également pour les besoins émergents issus des transformations de type Industrie du Futur et porté par une demande croissante en matière d'objets communicants.*

Les marchés de forts volumes (produits électroniques grand public, informatique, télécommunications) utilisant des composants de commodités et des technologies microélectroniques miniaturisés à l'état de l'art mondial <sup>137</sup>resteront majoritairement dominés à court, moyen et long terme par les acteurs asiatiques, sur l'ensemble des maillons de la chaîne de valeur. En revanche, les segments historiques de l'électronique professionnelle (automobile, aéronautique, transport, industrie ou encore médical) ainsi que les segments émergents, notamment les objets communicants, sont susceptibles d'offrir des débouchés durables pour les acteurs français et européens dans tous les maillons de la chaîne de valeur. En effet, dans leur ensemble, ces marchés seront demandeurs de produits plus spécifiques et qui nécessiteront une approche embarquée sécurisée ou fortement intégrée avec un étroit couplage entre procédé technologique-produit, ainsi qu'un recours quasi-systématique à la co-conception matériel-logiciel, des avantages évidents pour une fabrication électronique de proximité ou l'écosystème d'innovation et la réactivité des acteurs sont des facteurs clés de succès.

Concernant l'**industrie automobile**, plusieurs changements structurels ont influencé le secteur au cours des dix dernières années : réduction de la taille des moteurs, électrification et automatisation des mécanismes, réglementations plus strictes sur les émissions, connectivité grandissante des équipements, sophistication des options « Infotainment » (navigation, audio), et sécurité renforcée de dispositifs. Ces changements structurels ont permis à l'électronique automobile d'enregistrer une croissance importante ces dernières années. En 2014, l'électronique représentait 22% du coût de fabrication d'un véhicule, contre environ 40% en 2016<sup>15</sup>. Avec un taux de pénétration de l'électronique de plus de 55%, les véhicules haut de gamme sont de grands testeurs et intégrateurs de nouveautés électroniques. Les marges plus importantes, la capacité à intégrer plus facilement des innovations ainsi que le leadership européen sur le haut de gamme représentent une opportunité pour la fabrication électronique européenne. L'électronique, devenue un maillon stratégique, attire de plus en plus d'acteurs au sein de la chaîne de valeur automobile qui essaie de (re)prendre la main sur l'activité et la valeur ajoutée. Dans ce secteur, le choix stratégique de la part des donneurs d'ordres de réinternaliser ou non la compétence électronique sera déterminante pour l'avenir de la filière. En effet, le marché mondial de l'électronique automobile représentait en 2015 plus de 600 milliards de dollars et devrait atteindre 1 250 milliards de dollars en 2020 avec un taux de croissance moyen de 14,4% par an.

Dans le domaine de l'**aéronautique**, l'augmentation des exigences d'innovation, notamment en matière électronique, et l'accélération de cadences de production entraînent un phénomène généralisé de consolidation chez les équipementiers. En parallèle, une stratégie de réinternalisation des activités électroniques a été amorcée par les avionneurs (*i.e.* rachat de Zodiac Aerospace par Safran ou création par Boeing d'une division dédiée à la conception et à la fabrication de systèmes électroniques). La production électronique est principalement tirée par la demande en matière de systèmes de contrôle de vol et de

---

<sup>137</sup> Nécessitent la mise au point de technologies CMOS les plus avancées, avec des dimensions toujours plus petites ; cette expression fait référence à la « loi de Moore », énoncée en 1975 par l'un des cofondateurs de la société Intel, prédisant que le nombre de transistors par unité de surface des microprocesseurs sur silicium doublera tous les deux ans.

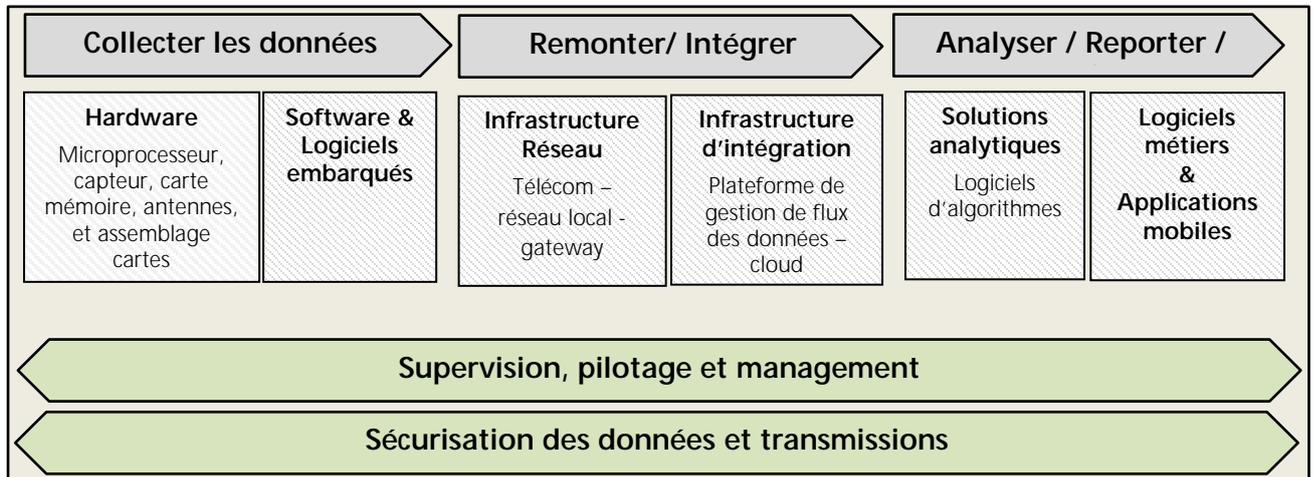
communication. Le domaine de l'aéronautique présente de nombreux avantages pour les fabricants français d'électronique, le secteur assurant une certaine visibilité en matière de carnet de commandes (les volumes de production d'avions sont connus pour les trois prochaines années) et les tailles moyennes d'une série sont limitées (de l'ordre de quelques dizaines). Cependant, l'augmentation des cadences impose à court terme aux acteurs de la fabrication électronique une amélioration structurelle de leur chaîne d'approvisionnement globale (*i.e.* outils numériques de supervision tels que proposés par le GIFAS). Par ailleurs, il est important de préciser que la diffusion des technologies hybrides et tout électriques pour l'aviation commerciale est encore faible du fait d'un nombre importants de verrous technologiques qui restent à lever. Par conséquent, bien que dynamique, la demande électronique du secteur aéronautique n'est pas susceptible, à elle seule, de stimuler la transformation de la filière. En effet, la valeur totale de l'assemblage électronique était de 1,4 milliards de dollars en 2016 et il est prévu qu'elle atteindra environ 1,7 milliards de dollars en 2021. Cependant, les exigences de productivité et d'accélération de cadences du secteur constituent de véritables défis à court et moyen terme pour les acteurs. Les efforts à fournir pour ce segment de clientèle pourraient servir de catalyseur à une mutation industrielle plus globale.

Enfin, les **objets communicants**, notamment destinés aux applications industrielles, à la santé B2B, ou encore aux villes intelligentes, peuvent représenter une formidable opportunité pour la filière électronique française : faibles volumes, grande variabilité, courts délais de mise sur le marché et fort besoin de personnalisation. Ces critères sont favorables à l'industrie française qui trouve ici des facteurs de compétitivité réels. Le marché des objets connectés présente une très forte croissance : un taux de croissance annuel moyen sur les 5 prochaines années de 20 à 40%. Le marché pourrait représenter 1 400 milliards de dollars au niveau mondial en 2021. Une dynamique similaire est observable sur le marché français avec près de 15 milliards d'euros de ventes d'ici 2020 et des segments de marché à plus forte dynamique comme le logement connecté (domotique, sécurité, électroménager) avec 4,3 milliards d'euros de chiffre d'affaires, ou l'industrie 4.0 et le *Smart Grid* avec 3 milliards d'euros de chiffre d'affaires.



La chaîne de valeur technologique d'un objet communicant est composée de trois briques distinctes : (i) **la collecte et le traitement local (individuel ou collectif) des données physiques** par les objets grâce à des capteurs, capacité de calcul et moyen de communication , (ii) **leur acheminement et leur stockage** (grâce à des infrastructures de communication, plateforme de gestion de flux des données, serveur cloud...) et **le cas échéant leur retraitement** au niveau des systèmes d'informations, avant d'être (iii) **exploitées par les utilisateurs**.

**Figure : Présentation de la chaîne de valeur technologique de l'IoT**



## Dynamiques du marché et positionnement des acteurs sur la chaîne de valeur

Les cas d'usages de ces objets communicants adressent différents marchés applicatifs qu'il est possible de distinguer selon leurs utilisateurs finaux (entreprises, particuliers...)

En premier lieu, les marchés où les objets communicants **sont achetés par des entreprises pour leurs besoins propres** (Business to Business ou « B2B »). Il s'agit notamment des marchés :

- *Industrie 4.0* : applications pour l'industrie manufacturière (production, supply chain, gestion des actifs et des stocks, sécurité et surveillance).
- *SmartCities* : applications pour les villes, les infrastructures et les lieux publics,
- *SmartBuildings* et *retail* : applications pour les bâtiments, bureaux, centres commerciaux et magasins.
- *SmartMetering/energy* : applications pour les « utilities » (eaux, gaz, électricité, pétrole...).

En second lieu, les marchés où les objets communicants **sont achetés par des entreprises qui les intègrent dans une solution/service pour des particuliers** (Business to Business to consumer ou « B2B2C »). Il s'agit notamment des marchés :

- *SmartHealth/Wellness* : applications pour la santé et le bien-être,
- *SmartHome* : applications pour la maison et la surveillance,
- *SmartTransport/Connected cars* : applications pour les transports (voiture, vélos etc...)

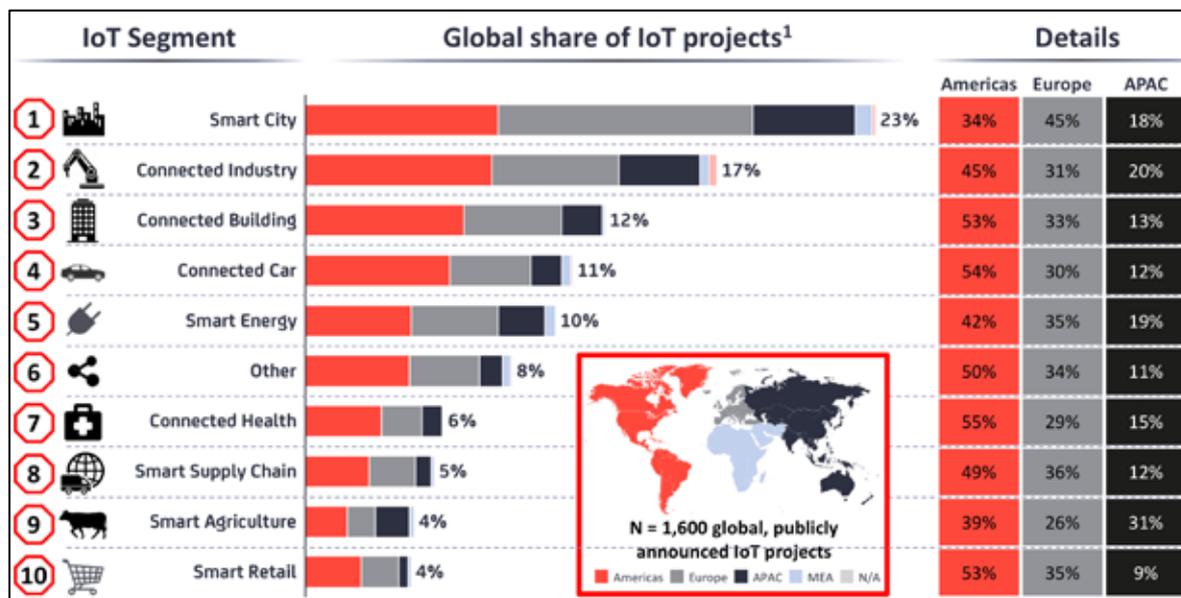
Enfin, les marchés où les objets communicants sont directement **achetés par les particuliers pour leurs besoins propres** (Business to Consumer ou B2C). Il s'agit généralement des marchés :

- *Wearables* : applications bien-être, *quantified-self*
- *SmartHome* : applications domotique et sécurité/alarme

De manière générale<sup>139</sup>, les applications des objets communicants ne cessent d’augmenter que ce soit sur les marchés B2C mais aussi et surtout pour les applications professionnelles (B2B et B2B2C) qui représenteront environ **80% de la valeur mondiale**<sup>140</sup> du marché des produits et solutions IoT dans les prochaines années.

**Au niveau mondial**, entre **30 et 40 milliards** d’objets communicants seront déployés d’ici **2030** pour une croissance moyenne annuelle de **20 à 40%**. La fourniture de matériels, de logiciels, de services et de connectivité réseau devraient générer au niveau mondial **700 Mds€ en 2018** et plus de **1000 Mds\$ en 2021**<sup>141</sup>. En 2017 trois segments applicatifs ont particulièrement porté le marché : le contrôle des processus industriels (**105Mds\$**), le secteur des transports et de la logistique (**78Mds\$**) pour le suivi de marchandise et le secteur des *Utilities* qui s’élèverait à environ **69Mds\$** (réseaux intelligents pour la gestion de l’électricité et du gaz). Bien que tiré par les applications professionnelles, le marché des objets communicants profite également des dépenses dans les applications grand-public à hauteur de **62 Mds\$** (principalement destinées à la domotique) soit un peu moins de **10%** en valeur du marché.

Géographiquement, et sur le fondement de l’étude menée par IoT Analytics<sup>142</sup>, deux grandes régions sont particulièrement actives : l’Europe, en particulier s’agissant des applications de la ville intelligente, et le marché Américain pro-actif concernant les applications liées à la santé connectée, le bâtiment connecté, la voiture connectée ou le smart-retail.



**Figure 2: Analyse de la répartition par marché, usage et pays sur plus de 1600 projets IoT en 2018** (Source : IoT Analytics)

**En France**, les prévisions de vente d’objets communicants<sup>143</sup> sont estimées à près de **15 Mds€**<sup>144</sup> en **2020**, porté pour moitié par les segments du logement connecté (domotique, sécurité, électroménager) ainsi que ceux de l’industrie et du smart Grid qui représenteront respectivement **4,3 Mds€** et **3Mds€**. Par ailleurs, à l’occasion du salon MedPi<sup>145</sup>, le cabinet GfK souligné la très forte progression, en France, des applications **B2C** qui, en l’espace de deux ans (2015-2017), ont enregistrées une progression de leurs revenus de près de **30%** : au total le secteur représente aujourd’hui environ **5M d’objets** communicants

<sup>139</sup> Si, les études de marché sur ces secteurs d’activités sont nombreuses, elles sont également très hétérogènes, tant dans leur périmètre géographique qu’applicatif. Aussi, les compilations d’études concernant les différents sous-segments révèlent d’importants écarts sur les différents segments de marchés et ne permettent pas de dégager des chiffres précis.

<sup>140</sup> Les marchés **BtoC** qui représenteront en valeur seulement **20%**, resteront en revanche en volume majoritaires.

<sup>141</sup> Selon une récente mise à jour réalisée par le cabinet IDC et publiée en décembre 2017

<sup>142</sup> Étude qui a recensé plus de 1600 projets industriels ouverts, (c’est-à-dire annoncés ou présentés de manière publique) dans le monde et intégrant des objets communicants sur l’année 2018 avec une répartition sur les 3 zones géographiques dont l’Europe.

<sup>143</sup> Tous segments confondus

<sup>144</sup> L’Institut Montaigne et le cabinet américain A.T Kearney - Big data et objets connectés Faire de la France un champion de la révolution numérique, Institut Montaigne, 2015 -

<sup>145</sup> Organisé à Paris du 4 au 26 avril 2018 et regroupant les distributeurs de nouvelles technologies grand public.

vendus sur le territoire, principalement sur les segments de la maison connectée (**57%** des ventes avec **3 millions d'objets vendus**), du gros électroménager (avec **42%** des ventes de ce segment affiche la plus forte croissance) et les *Wearables* écoulés à **1,6 millions** d'exemplaires et dominés par les montres connectées.

## ■ Chaîne de valeur et stratégie d'accès aux marchés B2B et B2C

La typologie des acteurs présents sur les marchés des objets communicants, est très hétérogène allant du grand groupe industriel<sup>146</sup> aux start-ups et PME. Ces acteurs peuvent être des fournisseurs de produits et de technologies « horizontales » permettant de servir plusieurs marchés applicatifs (il s'agit par exemple des fournisseurs de composants électroniques comme ST Microelectronics mais également des fournisseurs modules de communication<sup>147</sup> à l'image de Sierra Wireless, Gemalto, Telit, SimCom Wireless ou Ublox). A l'inverse d'autres acteurs ce sont, quant à eux, positionnés sur des segments verticaux ciblés en fournissant tout ou partie de la solution, depuis l'objet communicant jusqu'à la plateforme de service exploitant les données provenant des objets.

Dans tous les cas, le développement et la commercialisation de solutions nécessite un savoir-faire et une maîtrise technologique qu'il est généralement difficile d'assurer seul : aujourd'hui, de multiples acteurs concourent à la fabrication et la mise en services des objets communicants et leur positionnement<sup>148</sup> sur la chaîne de valeur peut se schématiser ainsi :

**Les fabricants d'objet communicants.** Ces acteurs (filiale de grands groupes, start-up, ODM) ne possèdent pas toujours toutes les compétences pour produire et concevoir l'ensemble des objets et s'appuient généralement sur d'autres acteurs en amont <sup>149</sup>de la chaîne de valeur (bureau d'étude, fournisseurs de services en fabrication électronique, éditeurs de logiciels, fabricants de composants électroniques).

**Les fournisseurs de services de réseaux communicants** qui proposent de la connectivité à couverture nationale voire internationale pour les objets. Il s'agit de service de type LWPA (Sigfox, LORA Wan, ...) ou GSM (2G, 3G, 4G) et sont le fruit d'opérateurs de télécommunication historique ou de nouveaux entrants à l'image de Sigfox.

**Les fournisseurs de plateformes logicielles et/ou des logiciels métiers** qui permettent la remontée, le traitement et l'organisation des données et la livraison des informations utiles aux acteurs métiers (IBM, Cisco, Breezometer, Vinci, Orange, Engie Ineo).

**Les acteurs intégrateurs des produits et technologies** qui proposent une solution IoT adaptée et fonctionnelle pour les acteurs des marchés BtoB verticaux. Les intégrateurs sont souvent responsables de la totalité de la chaîne de valeur (installation des capteurs communicants fabriqués en interne ou achetés à des partenaires externes, déploiement du réseau de capteurs, acheminement et gestion de la donnée voire parfois jusqu'au traitement pour offrir une donnée facilement exploitable au client final).

**Les utilisateurs finaux et exploitants d'objets connectés** qui opèrent dans différents marchés applicatifs B2B (Industrie 4.0, *SmartCities*, Bâtiments Intelligents, opérateurs de réseaux électriques, eau, gaz). S'agissant des objets connectés à destination des marchés *consumer* ces derniers sont généralement vendus par des réseaux de distribution de type GSB (Castorama, Leroy Merlin, Best Buy, ...), sur les grandes plateformes internet (Amazon, Cdiscount,) et par certains opérateurs de services qui peuvent packager une offre avec leurs propres services (Banques pour les alarmes, Assurances pour les détecteurs de fumée connectés, etc...). On observe par ailleurs l'émergence de boutiques physiques spécialisées ainsi qu'une intégration des produits de santé connectée dans l'offre proposée en pharmacie mais cela reste embryonnaire.

---

<sup>146</sup> De grands industriels commencent aujourd'hui à développer et/ou intégrer des objets communicants dans leurs offres. Il s'agit notamment de Legrand pour les marchés de la domotique, de Schneider Electric pour les marchés de l'industrie, d'Itron ou de SagemCom pour les marchés des compteurs intelligents.

<sup>147</sup> Le marché des modules radio-communicants (initialement M2M) représente environ 500M d'unités vendues en 2017, principalement sur des réseaux de type GSM, mais qui offrent tous maintenant des connectivités LPWA, WIFI, BLE.

<sup>148</sup> A noter que certains acteurs peuvent prendre plusieurs positions sur cette chaîne de valeur rendant ensuite les comparaisons entre acteurs assez difficiles.

<sup>149</sup> Ces acteurs en amont ont une faible visibilité et de pouvoir d'influence réduits sur les décisions prises par les donneurs d'ordres.

## Synthèse

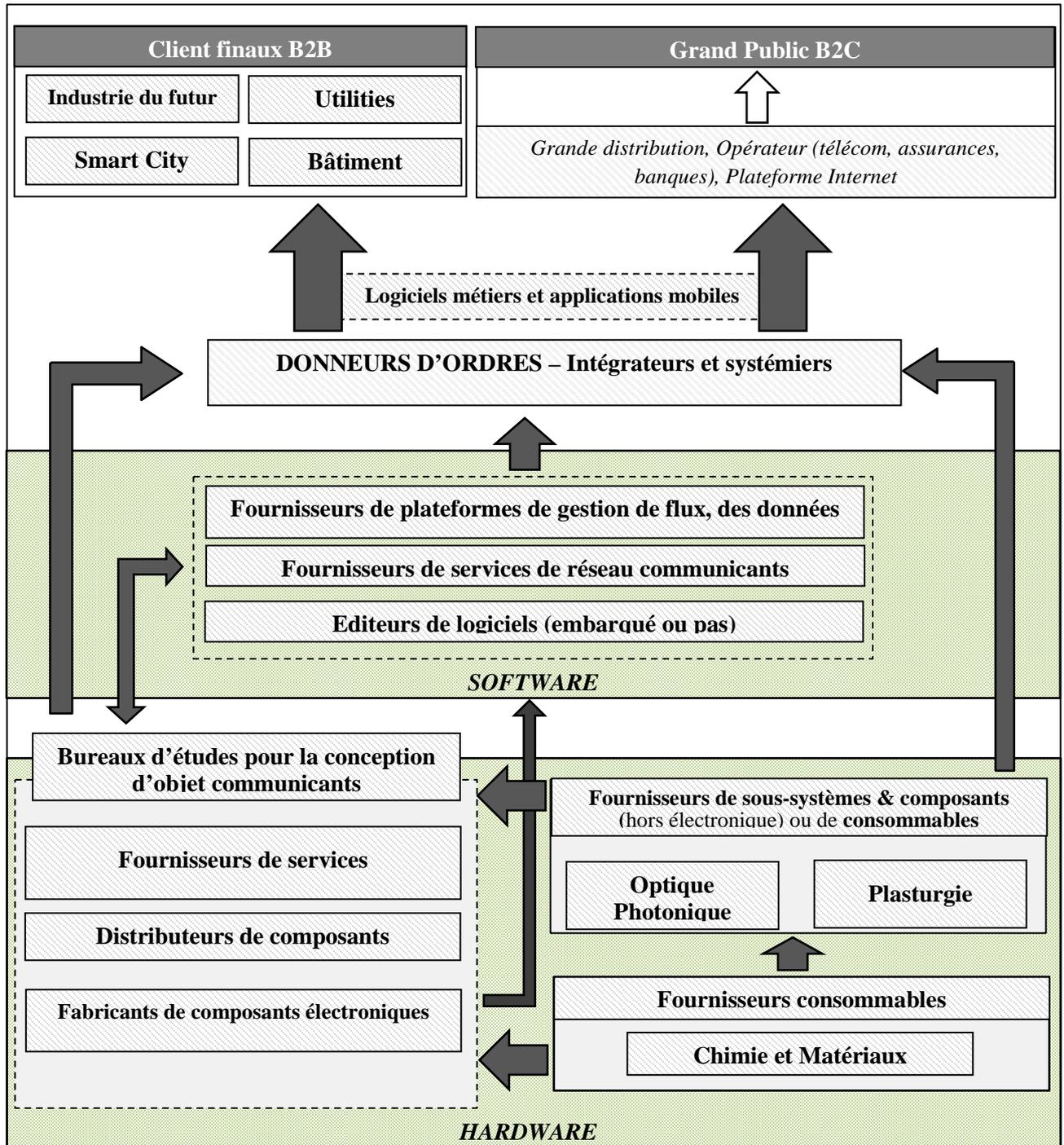
L'émergence de l'internet des objets (ou « Internet of Things ») et des technologies associées ont progressivement doté les objets de nouvelles fonctionnalités, de capacité de calcul, d'intelligence artificielle, leurs permettant d'interagir plus fortement tant avec leur environnement qu'avec les utilisateurs et de communiquer simultanément en utilisant de multiples protocoles avec des niveaux de sécurité divers.

Avec un taux annuel moyen de croissance sur les cinq prochaines années estimées entre **20 à 40%**, le marché des objets connectés présente une **très forte croissance** et devrait atteindre les **1400 Mds\$** en **2021** dans le monde, majoritairement porté par les marchés pour les applications professionnelles (industries, domotique, énergie, santé, automobile) qui représenteront environ **80% de la valeur mondiale**.

Le marché français est estimé à environ **15 Mds€** d'ici 2020, principalement porté par des applications dans le domaine du logement connecté (domotique, sécurité, électroménager, automobile) avec **4,3Mds€** de chiffre d'affaires ainsi que l'industrie et le *Smart Grid* avec **3 Mds€**.

Le paysage industriel est aujourd'hui composé de très nombreuses startups et PME. Leurs positionnement technologiques et marché est très hétérogène : marchés de niche ou diversifiés, création de valeur ajoutée sur un ou plusieurs blocs technologiques de la chaîne de valeur. Plusieurs grands groupes industriels se sont par ailleurs déjà positionnés sur certains domaines applicatifs comme celui de la domotique ou de l'énergie énergie ;

Figure : Chaîne de valeur industrielle des objets communicants -



## Analyse de trois sous-segments applicatifs : Industrie, Ville intelligente et santé connectée

### ■ Les objets communicants pour l'industrie : un marché émergent en forte croissance

Également appelé Industrie du Futur, l'industrie 4.0 désigne l'ensemble **des entreprises industrielles engagées dans un processus de numérisation de leurs activités productives pour gagner en compétitivité** (optimisation des processus de fabrication, réduction des dépenses énergétique, ...). Plus précisément, il est estimé, que l'utilisation des technologies de types « industries du futur » permettrait d'économiser près de **4%** des coût de fonctionnement de l'industrie manufacturière d'ici 2025, ce qui représenterait un gain de productivité de **5%** pour **80%** des usines de fabrication<sup>150</sup>. Le développement des objets communicants industriels, aujourd'hui arrivé à maturité<sup>151</sup> peut contribuer à l'atteinte de cette ambition en permettant de réduire le temps d'arrêt des machines, améliorer le suivi des inventaires ou le positionnement des objets dans les chaînes de production. De manière plus précise, parmi les principaux usages des objets communicants pour l'industrie, il est possible de relever :

**Instrumentation des machines et des équipements de fabrication à l'aide d'objets communicants** : si aujourd'hui une majorité d'équipementiers de production fournissent des équipements connectés, la majorité des équipements opérationnels dans les usines ne le sont pas. Ainsi, il existe un marché important d'installation de briques communicantes sur les machines des générations antérieures dans une démarche de *retrofit*. Implémentés sur une ligne de production manufacturière, les objets communicants servent principalement à optimiser les processus de production (via une synchronisation entre les machines et le produit, voire entre les machines, réduisant ainsi les temps d'attente) et à réduire les consommations d'énergie de la ligne mais aussi du site. Par ailleurs, l'optimisation des travaux de maintenance via la réalisation de diagnostics à distance (bientôt automatisés grâce à l'essor du *big data* et de l'intelligence artificielle) et d'analyses prédictives (réduisant ainsi les temps d'arrêt ainsi que le nombre d'indisponibilités machines non planifiées) fait partie des usages à forte valeur.

**Installation de balises/tags sur les équipements et les actifs industriels ainsi que sur les palettes, boîtes et outils utilisés dans les processus de production** : dans une logique d'accroissement global de la productivité des opérations, cette approche permet notamment d'optimiser les encours et les stocks qui affectent la trésorerie de l'entreprise ainsi que l'ensemble de la supply chain.

Enfin, certains produits permettent d'assurer **une meilleure protection des ouvriers et techniciens en charge des opérations** (ex dispositifs DATI, balisage de zones dangereuses).

---

<sup>150</sup> INSEE, PIB « Part des salaires, charges sociales et consommations intermédiaires dans l'industrie manufacturière » - coût de fonctionnement de l'industrie manufacturière estimés à 400 Mds€

<sup>151</sup> Aujourd'hui, les acteurs industriels estiment que la majorité des technologies liées à l'internet des objets industriel ont atteint une maturité suffisante (capteurs, connectivité, analyse de données, visualisation) pour envisager des projets d'envergure.

Quelques exemples de solutions connectées pour l'industrie du futur	
	La balise GLIAL mise au point par Gial Technology est un périphérique d'automatisme spécialisé dans la connectivité des machines, leur mise en réseau ainsi que dans la collecte et l'analyse d'informations issues du terrain. Son ambition est de rendre accessible la notion d'atelier connecté aux TPE et PME industrielles, facilitant ainsi le chemin d'une conversion de leurs unités de production vers le numérique.
	A l'aide de capteurs hybrides et modulaires RFID/LPWA, de la géolocalisation extérieure/intérieure, <b>Editag digitalise les opérations et les flux</b> au niveau de la production, la maintenance et la logistique.
	En décembre 2015, la startup toulousaine Ffly4u, annonçait une première levée de fonds de 700 000 euros pour accompagner le <b>déploiement de ses solutions de suivi d'actifs mobiles</b> à partir des technologies de connectivité bas débit de type Sigfox en France et à l'international.
	Les chaussures connectées, présentées par Izome lors de l'événement CES 2018 Unveiled qui a eu lieu à Paris le 24 octobre 2017, visent à détecter les personnes en danger notamment dans le cadre des travailleurs isolés. iZome est une émanation de la société Parade qui conçoit depuis 40 ans des chaussures de sécurité, elle-même filiale d'Eram, dont la marque est pour sa part associée au grand public et qui souhaite trouver via ces chaussures connectés un nouveau levier de croissance.

Aujourd'hui un nombre croissant d'entreprises industrielles expérimentent des déploiements IoT à grande échelle sur leurs sites de production. Plus précisément, **36%** des entreprises industrielles interrogées dans le cadre de l'étude Wavestone<sup>152</sup> déclarent préparer des déploiements de projets à base d'objets communicants d'ici l'an prochain et **21%** au-delà de deux ans. Le nombre d'entreprises européennes candidates à une transformation 4.0 est par ailleurs estimé entre **10 et 15 millions**.

Au total, le marché des objets communicants à usage industriel, **en croissance continue**, est estimé à plus de **100 Mds€** au niveau mondial et près de **4 Mds€** au niveau français en 2020.

Aussi, de nombreuses entreprises se sont positionnées sur ce créneau, le rendant alors relativement concurrentiel. Plus précisément, le marché est aujourd'hui composé de trois grandes catégories d'acteurs :

- Des PME et des startups proposant des objets et des solutions IoT destinés aux entreprises souhaitant instrumenter leur processus.
- Des PME et des startups proposant des objets et solutions IoT en marque blanche qui sont intégrés par des équipementiers fabricant d'automates et/ou de machines pour l'Industrie.
- Des grands acteurs fabricants d'automates et de machines diverses qui développent en interne des objets communicants pour les intégrer dans leurs équipements.

## Analyse des besoins des acteurs dans l'internet des objets industriels

Les principaux constats sur ce segment sont les suivants :

**Une demande en matière d'objets communicants pour l'industrie diversifiée.** Les nombreux cas d'usages couverts par ces objets communicants, nécessitent de concevoir et de produire des objets communicants avec des configurations diverses (communications sans-fil ou filaire, sur batterie ou sur secteur, multi-capteurs ou mono capteurs, capacités de traitement locale ou simple transmission des données, faible consommation, etc...). Les objets communicants pour l'industrie doivent par ailleurs répondre à des normes industrielles et présenter une grande fiabilité (résistance aux vibrations, aux environnements sévères, normes ATEX, normes de sécurité).

<sup>152</sup> « L'IoT industrie : du POC à l'industrialisation »

**Les retours sur investissement des projets de déploiement d'objets communicants dans l'industrie sont variables.** Les produits qui permettront d'automatiser des processus et de réduire les opérations de maintenance seront ceux qui présenteront les retours les plus rapides. **Certains autres produits seront imposés par des législations (par exemple qualité de l'air, polluants chimiques,)** sans qu'une rentabilité de l'investissement puisse être facilement démontrée.

**Le déploiement d'objets communicants dans les usines de production nécessite généralement entre 100 et 500 objets communicants par projet.** Les déploiements par projet restent relativement modestes en termes de volumes <sup>153</sup> mais le nombre de sites de fabrication et d'opérations en Europe et dans le monde mettant en œuvre ce type de démarche augmente chaque année.

Les activités de conception, de développement ainsi que les outils de test sont généralement réalisées en interne par le donneur d'ordre. En revanche, la fabrication reste **souvent réalisée par des sous-traitants locaux** (industrialisation et fabrication électronique, plasturgie, mécanique, outillage, marquage des produits, assemblage final).



**Figure : Analyse du nombre moyen d'objets communicants déployés par projet dans le domaine de l'industrie) (Source : Strategy Analytics, retours d'experts)**

## ■ Les objets communicants pour la ville connectée (*SmartCities*, bâtiment connecté et domotique)

Dans le domaine de la ville connectée, deux grands segments applicatifs se distinguent : les applications utilisant les objets communicants pour **la ville intelligente ou smartcities** et les applications utilisant les objets communicants pour **les bâtiments et habitations**. Dans ce segment, on parlera de bâtiments connectés pour des usages professionnels (bâtiments à usage de bureaux ou recevant du public) et de domotique pour des usages privés (habitations individuelles)

De manière simplifiée, les applications pour la ville intelligente concernent les applications « à l'extérieur » des bâtiments et les applications pour les bâtiments et habitations fonctionnent essentiellement à l'intérieur des bâtiments. Le segment des villes intelligentes est un segment essentiellement B2B tandis que le segment des bâtiments et habitations connectés est un segment principalement B2B (pour la partie Bâtiment Connecté) et B2C (pour la partie maison/appartement individuel).

**Le concept de ville intelligente : une réponse au phénomène mondial d'urbanisation massive.**

Le terme *SmartCity* ou « ville intelligente » désigne l'utilisation des technologies de l'information par une ville pour mieux gérer les services urbains, réduire les coûts de gestion des infrastructures et proposer de nouveaux services digitaux aux habitants et à l'écosystème des villes. Les technologies IoT ont une place importante dans l'évolution des villes vers les « smartcities ». Les applications B2B qui pourront être mises en œuvre dans les villes grâce aux objets connectés sont très nombreuses et peuvent être regroupées selon les thèmes suivants :

*Monitoring* intelligent : qualité de l'air, pilotage des luminaires et de l'éclairage, gestion des déchets, gestion des fluides (eaux, énergie, air,), gestion du bruit, gestion des ondes électromagnétiques, ....

Gestion du trafic et transport intelligent : gestion des feux de circulation, gestion des parkings et des voies d'accès, bus autonomes, véhicules partagés...

Sécurité et vidéosurveillance : alertes, détection de comportements dangereux, gestion des foules, gestion des vibrations des monuments/bâtiments

Signalétique intelligente : informations dynamiques et contextuelles aux habitants et aux usagers

<sup>153</sup> Les sociétés présentes sur ce marché ont un volume de production annuel de l'ordre de quelques dizaines de milliers, mais pour des références de produits différents

En 2011, 500 villes comptaient déjà plus d'1 million d'habitants. En 2025, le nombre de mégacités (plus de 10 Millions d'habitants) devraient être de 30. Les centres urbains rassemblent plus de 60% de la production de richesse et 40% de la consommation des ressources. Par ailleurs, une des principales grandes tendances observées dans la dynamique des villes intelligentes et durables repose **sur l'opportunité offerte aux populations de se réapproprier l'accès à la ville**. En effet, la valeur immatérielle des villes devient accessible. Le numérique se présente alors comme **un formidable outil pour redonner la main aux citoyens pour qu'ils agissent sur leur espace public** : budget participatif des villes, espace public requalifié via du crowdfunding, kit de fabrication de son propre capteur connecté, expérimentations citoyennes au sein de fablab pour développer une économie de quartier... Santander qui fut une des premières villes à expérimenter les applications IoT pour la *SmartCity*<sup>154</sup>, recense aujourd'hui 12000 capteurs et un réseau complet sans fil remontant les données à une plateforme ouverte.

Ainsi, le marché des *smartcities* **pourrait représenter près de 10 milliards d'objets connectés** (ce chiffre inclut dans son périmètre les objets connectés pour les applications domotiques) pour un chiffre d'affaires mondial de **147Mds\$** en 2020.

Au niveau national, deux études permettent d'apprécier la dynamique de la SmartCity sur le territoire :

Une première étude, concerne les services intelligents développés par une centaine de communes, métropoles et communautés d'agglomération françaises dans une dynamique *SmartCity*<sup>155</sup>. Cette étude montre que les principaux projets et postes de dépenses concernent les domaines de l'éducation (87% des communes ont déjà mis en place un projet), la sécurité et en particulier la vidéo surveillance (74%) et la vie citoyenne. A noter que les usages connectés dans le domaine du bâtiment intelligent, de l'éclairage public, de la mobilité et de la gestion de l'énergie et des déchets se déploient progressivement voire s'accroissent sur le territoire (entre 10 et 40% des collectivités ont lancé un projet sur ces thématiques).

Une seconde étude, commandité par la Caisse des Dépôts, le Syntec numérique et les pôles de compétitivité Systematic et Advancity, se propose de comparer cinq dispositifs et initiatives *smartcities*<sup>156</sup> **afin d'évaluer ceux qui sont les plus utiles, rentables et qui apportent le plus de valeur sociétale**. L'étude montre que trois dispositifs sont directement rentables, au bout d'un certain temps, pour les institutions publiques qui les financent :

**Eclairage intelligent** (cas de Rillieux-la-Pape- commune de la métropole de Lyon) : les lampadaires fonctionnent grâce à des LED et sont équipés de détecteurs de présence, permettant de varier l'intensité lumineuse selon le passage. Un investissement de 3 M€ amorti sur 11 ans grâce aux économies réalisées.

**« Gestion intelligente » des fluides** (eau, électricité, gaz) grâce à des capteurs posés sur les canalisations permettant d'avoir un suivi temps réel des consommations, détecter les fuites et gérer plus finement les temps de chauffe. Expérimenté par le département du Nord dans certains de ses collèges, l'initiative représente un investissement de 2 M€ et devrait atteindre l'équilibre au bout de la sixième année pour générer un bénéfice net de l'ordre de 3,7 M€ sur dix ans.

**Système d'information sur les places de parking** à Strasbourg permettant à la mairie de mieux connaître l'utilisation de sa voirie, de mieux détecter les véhicules en infraction, et aider en 2018 les conducteurs à localiser les places libres.

---

<sup>154</sup> [www.smartsantander.eu](http://www.smartsantander.eu)

<sup>155</sup> Etude IDC/SYNTEC Ingénierie : Smart City et transformation numérique des territoires – Octobre 2017

<sup>156</sup> (Eclairages intelligents, poubelles connectées, guichets virtuels pour accéder aux services publics, capteurs de fuites d'eau, système d'information sur les places de parkings)

Quelques exemples de solutions connectées pour les applications en Smartcity	
	<p>Les Hummbox-Soil de Green CitiZen utilisent l'IoT à des fins environnementales et permettent de collecter les paramètres d'humidité et de température dans les jardinières municipales. Ces capteurs LoRa ou SigFox, connectés à Internet, remontent en permanence des données qui sont ensuite traitées et restituées sous forme de cartographie de l'état des jardinières, permettant ainsi d'optimiser les tournées d'arrosage.</p>
	<p>Terradona lance un boîtier universel intelligent et connecté qui se pose sur les containers urbains déjà existants pour encourager les populations au tri sélectif. L'utilisateur peut s'identifier à l'aide d'une carte sans contact ou de l'application Cliink et, après avoir été reconnu par le container connecté, reçoit des points pour chaque déchet jeté qu'il pourra transformer en bons cadeaux. Objectifs : réduire les coûts et les impacts environnementaux liés au traitement des déchets, augmenter le pouvoir d'achat des populations et les inciter à trier.</p>

Dans le domaine de la ville et du bâtiment connecté, les caractéristiques principales attendues des produits et les opportunités associées pour les fabricants de systèmes électroniques portent sur les points suivants :

- **Les objets communicants pour le bâtiment représentent une large gamme de produits.** Il s'agit notamment des capteurs communicants (de tout type - air, eau, ondes, bruits, ...), des gateway multi-protocoles, des infrastructures et des systèmes de réseaux radio, des systèmes de vidéosurveillance, des balises d'alertes et de détection, des systèmes électroniques centralisés de gestion, de monitoring et de télégestion, des affichages intelligents, etc..... Une grande majorité des produits devront répondre à des fonctionnements « outdoor » avec notamment des plages de température de fonctionnement étendues, une durée de vie longue et nécessitant que peu d'opération de maintenance.
- **Les projets de déploiement sont généralement de taille moyenne avec des cycles de ventes relativement longs.** Dans le domaine de la Smartcities, le ROI difficile à démontrer peut pour partie l'expliquer. Par ailleurs, les besoins étant assez proche d'une ville à une autre, on peut anticiper une certaine « standardisation » des produits et une possibilité de produire en volume des séries importantes d'un même type de produit qui pourra ensuite être paramétré en fonction de l'utilisation.

### L'habitat connecté : un marché de près d'un milliard d'euros en France tiré par la domotique

Les marchés de l'habitat connecté ou « Smart Home » désignent des appareils connectés et plus ou moins automatisés utilisés dans la maison. Ils permettent d'améliorer le confort, le divertissement et la sécurité des habitants. C'est un marché assez ancien dans son concept et ses promesses mais qui démarre juste avec l'avènement des technologies IoT de masse. Sur ce segment, les objets connectés permettent des applications et services de nombreux types :

- Sécurité et surveillance : alarmes, détection incendie/fumée, caméra vidéosurveillance « indoor » et « outdoor »
- Domotique : serrures et ampoules connectées, produits blancs connectés (frigorifère, appareils de cuisson, cafetière etc....), automatismes variés (volets, portails, portes)
- Energie : mesure et efficacité énergétique (thermostat, chauffage, eau chaude, ampoules électriques).
- Divertissements : TV connectée, Boîtiers multifonctions vocaux (Google Home, Echo, Enceintes portables, ...

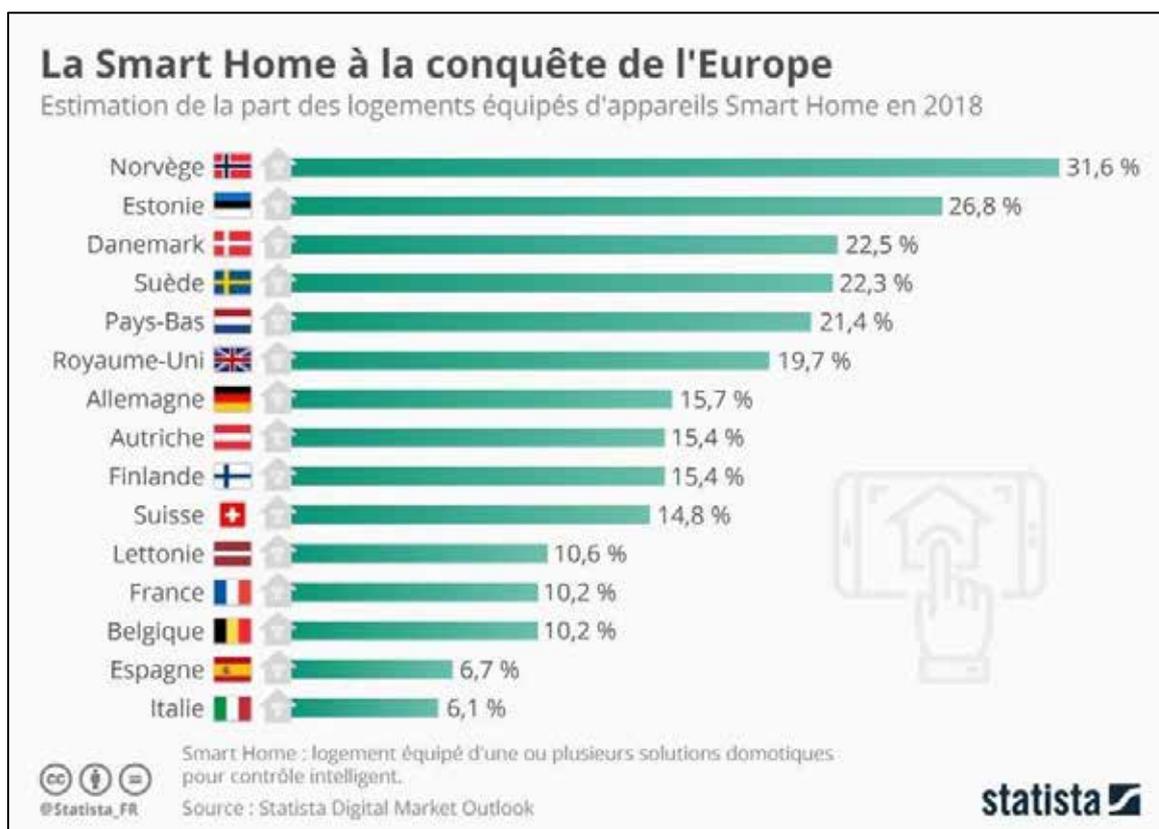
Longtemps, le marché de la *Smart Home* a reposé sur l'anticipation des usages de demain, c'est une des raisons qui explique son démarrage très récent. D'après les acteurs du marché, pour démocratiser la domotique, il est nécessaire de penser de façon inversée, **c'est-à-dire travailler sur des objets simples**

**et évolutifs dans le temps, capables de se connecter à tous les types d'autres objets.** Par cette démarche *Bottom-up*, les utilisateurs peuvent profiter de nouveaux usages définis tout au long de la vie du produit. Ainsi, il ne devient plus nécessaire de deviner, anticiper les besoins de demain, et les freins économiques et d'obsolescence prématurée à l'utilisation de la domotique seront levés.

D'après Strategy Analytics (2014), Il y aura environ **224M** maisons équipées en 2019 dans le monde pour une dépense moyenne de 160\$/foyer. Toujours d'après le cabinet (2017), le nombre d'objets connectés installés dans le monde en 2019 atteindra **3 Mds d'unités** soit environ 14 objets par maison. La croissance sera particulièrement soutenue de l'ordre de 200% sur la période 2016/2021. En ce qui concerne le marché français, le cabinet GfK estime que les objets connectés pour la maison sont en train d'entrer dans les mœurs avec **2,9M** d'unités vendues en 2017, soit une progression de **47%** par rapport à 2016. Un marché de l'habitat connecté qui pourrait même dépasser le milliard d'euros en 2019 <sup>157</sup>, tiré par les produits et services liés à la domotique (609M€) et à la sécurité (435M€) <sup>158</sup>

### Estimation de la part des logements équipés d'appareils Smart Home en 2018

Source : Statista Digital Market Outlook.



Les caractéristiques principales attendues par les utilisateurs et les opportunités associées pour les fabricants de systèmes électroniques portent sur les points suivants :

**Très concurrentiel et de grand volume**, le marché du SmartHome est un marché « consumer ». **Les produits du SmartHome, ne présentent par ailleurs généralement pas ou peu de verrous ou contraintes** technologiques et doivent, avant tout, obéir à une esthétique moderne et attractive.

§ La plupart des produits disponibles **restent aujourd'hui plus du domaine du gadget et les services rendus aux usagers sont encore de faibles valeurs**. La plupart des modèles économiques ne sont pas encore stabilisés. Dans la majorité des cas, les utilisateurs font l'acquisition d'un produit et le service fourni par la connectivité reste gratuit.

§ Pour les acteurs du marché interrogés, **l'interopérabilité est un critère primordial**. Les objets communicants du SmartHome doivent pouvoir communiquer avec des tiers de tout horizon. En effet

<sup>157</sup>La maison connectée, un marché d'avenir

<sup>158</sup> Statista Digital Outlook Market

la valeur ajoutée de ces objets réside dans leurs capacités à interagir avec les éléments environnants et qui vont inscrire le produit physique dans un écosystème complet. Aujourd'hui Beaucoup d'initiatives d'interopérabilité sont proposés sur le marché du SmartHome ce qui rend les choix difficiles. La plupart des offres fonctionnent sur des réseaux de type Wifi ou Bluetooth mais les protocoles de communication peuvent être différents d'une marque à l'autre ce qui rend souvent les utilisateurs captifs d'une marque. Les grandes marques telles que Legrand commencent à s'ouvrir à des initiatives partagées telles que le protocole « Thread » poussé par Google.

### Focus : Les objets communicants pour la gestion intelligente de l'énergie, une dynamique au cœur de la tendance smart city et habitat connecté

Le terme *SmartEnergy* désigne l'utilisation des technologies de l'information pour **mieux gérer la production, la distribution et la mesure de l'énergie** (électricité, gaz) et des fluides (eau) aussi bien au niveau de l'infrastructure de distribution, du comptage qu'en aval du compteur au niveau des bâtiments et des utilisateurs. Avec la prise en compte de plus en plus importante des contraintes d'environnement durable, **les enjeux de pilotage de la consommation, d'efficacité énergétique et de consommation plus vertueuse sont devenus clés** pour les grands gestionnaires d'énergie et d'eau ainsi que pour ceux qui gèrent d'importants ensembles immobiliers tertiaire ou résidentiel. Les technologies de l'information et en particulier les objets connectés jouent un rôle important dans la mise en place depuis quelques années d'infrastructure de mesure intelligente des consommations (*SmartMetering*). Ainsi en Europe, les **compteurs électriques traditionnels sont remplacés par des compteurs intelligents**, en France 10 Mu de compteurs de gaz sont remplacés par des compteurs communicants (Gazpard) et les différents opérateurs assurant la gestion de l'eau remplacent aussi leurs compteurs par des compteurs communicants.

On peut alors regrouper les usages selon trois catégories :

- § Comptage intelligent : gestion de la consommation, tarifs adaptés, détection rapide d'anomalies telles que les fuites dans le domaine de l'eau, réduction des tournées de relevés manuelles pour les gestionnaires.
- § Pilotage des réseaux ou *Smartgrid* : L'utilisation croissante des énergies renouvelables nécessitent l'injection dans les réseaux de source d'énergie différente à des périodes variables. Les opérateurs doivent donc gérer les flux et les sources de production au plus près et être capables de gérer des appels de charge variables suivant les zones et le type de client.
- § Pilotage intelligent de la consommation des bâtiments publics, tertiaires, industriels : c'est le marché du BEMS (*Building Energy Management Systems*)

Le marché de ces dispositifs de gestion intelligente de l'énergie est évalué à près de **1,5Mds€** d'euros en Europe avec une croissance affichée de près de **17%** par an<sup>1</sup>. Enfin, la Commission Européenne et les Etats membres « se sont engagés à déployer près de 200 millions de compteurs communicants pour l'électricité et 45 millions pour le gaz d'ici 2020, pour un investissement potentiel total de 45 milliards d'euros

Pour ce segment, les caractéristiques principales attendues par les utilisateurs et les opportunités associées pour les fabricants de systèmes électroniques portent sur les points suivants :

- Pour les compteurs intelligents, **les déploiements sont en général des déploiements de volume**. Pour les bâtiments, il s'agit de déploiement de petites séries unitaires mais comme pour l'industrie 4.0, il y a beaucoup de bâtiments à équiper et à surveiller.
- A la différence des autres marchés, **le marché des compteurs intelligents (notamment les compteurs électriques) est plus standardisé** et reste contrôlé par quelques grands fournisseurs qui obéissent à de grands donneurs d'ordre qui sont les opérateurs (ex Enedis en France). Ce marché obéit à des normes strictes notamment en termes de précision de la mesure (métrologie) et sécurité. **Les architectures électroniques présentent des différences d'un type de compteur à l'autre** (pas de courant dans le cas des compteurs eau et gaz donc nécessité de batteries et de faible consommation, nécessité de normes ATEX dans le cas des compteurs gaz, etc...)
- **Il reste des opportunités pour proposer des produits rendant des compteurs « traditionnels » communicants**. Cela est le cas notamment des compteurs d'eau où le marché est très fragmenté et où les concessionnaires, très souvent des collectivités, peuvent hésiter à remplacer l'ensemble du parc par de nouveaux compteurs.

- **Les marchés des smartgrids peuvent aussi représenter des opportunités importantes** de réalisation d'ensemble électroniques pour le pilotage des différents étages du réseau de distribution et d'instrumentation des transformateurs de puissance du réseau HT/MT/B. (équipements amont-compteurs).
- Pour ces segments compteurs et « amont-comptage », les produits devront répondre à des fonctionnements « outdoor » et en environnement difficile avec plages de température étendue et résistance aux agressions diverses.
- Le marché des compteurs intelligents est dynamique car non seulement des réglementations à l'échelle européenne imposent le déploiement de compteurs communicants mais le « ROI » est assez vite positif dans la mesure où la communication permet d'éviter l'envoi de personnel pour relever les compteurs.
- Les marchés du BEMS et du sous-comptage sont plus ouverts pour la réalisation de capteurs et objets communicants, de gateway et de systèmes électroniques de communication. Les contraintes sont moins importantes car les équipements sont en général à l'intérieur des bâtiments. Sur ces marchés, **les « ROI » sont essentiellement mesurés par les économies d'énergie et de fluides réalisées** grâce à l'utilisation de capteurs et d'objets connectés ainsi que les économies de personnel et de maintenance qui peuvent être réalisées en pilotant des opérations à distance.

## ■ Pratiques actuelles et tendances dans le domaine de la santé connectée

Contrairement à différents secteurs industriels qui cessent d'exister pour laisser place à d'autres plus efficaces, le domaine de la santé ne peut pas « disparaître » et doit donc se transformer. Ainsi, l'analyse prédictive de son évolution à l'horizon 2020 fait apparaître les principales tendances suivantes :

- **Le patient devient une partie prenante du soin, détenant une quantité importante d'informations sur sa santé, son activité, son bien-être**, etc. et a des attentes importantes en termes de qualité des soins, quitte à payer pour cela. En particulier, le « *quantified self* » se développe et le bénéficiaire devient consommateur, ayant l'option ou non d'utiliser les données en sa possession.
- **Le domicile devient le lieu où une part importante de la prise en charge a lieu**, grâce à l'ubiquité des systèmes de communication permettant à la relation docteur-patient d'être entretenue à distance. L'hôpital devient un environnement de spécialité et de soins aigus, et évalué sur la base de sa valeur ajoutée pour une population et de nouveaux modèles de remboursement apparaissent.
- **Les dispositifs portables, dits « *wearable* » structurent le système de santé en collectant différentes informations issues de nombreux capteurs**, au-delà des applications initiales dans le domaine du sport et de certaines spécialités médicales. Cette nouvelle collaboration clinicien/patient permet de mettre en place des approches préventives, remplaçant la vision traditionnelle de la santé.
- **Les données de santé sont considérées comme des infrastructures prioritaires mobilisant des financements importants et permettant aux patients, cliniciens et autorités** compétentes d'utiliser le « *big data* » pour transformer le diagnostic et le traitement de diverses pathologies. Les entreprises pharmaceutiques collaborent de plus en plus avec les patients et les systèmes de santé dans une logique de partage de risques et d'alignement des objectifs.
- **De nouvelles réglementations juridiques apparaissent prenant en compte les spécificités de convergence entre les sciences de l'ingénieur, les technologies de l'information et de la communication, ainsi que les sciences pour le vivant**, impliquant donc de nouveaux modes d'évaluation (ex : en vie réelle, dans la durée, etc.) de la qualité, de la sûreté, de l'efficacité et du gain médico-économique des nouveaux produits.
- **Les modèles de R&D et de commercialisation évoluent en favorisant les collaborations internationales public/privé ou privé/privé et débouchant sur la naissance d'offres complémentaires**, souvent digitales, perçues positivement par les patients, les praticiens, les payeurs et autres acteurs de la chaîne de soin, en appui des molécules et dispositifs médicaux traditionnels.
- **La formation médicale change, afin d'intégrer les nouveaux outils pédagogiques et numériques** afin de sécuriser l'apprentissage, de découpler les capacités d'enseignement et de créer de la valeur.

Au regard de ces tendances, **les dépenses de santé devraient atteindre 7 360 Mds€** d'ici 2020, en hausse par rapport aux 5 920 Mds€ de 2015<sup>159</sup>, soit 10,5 % du PIB mondial. **Les maladies cardiovasculaires, le cancer et les pathologies respiratoires devraient compter pour 50% des dépenses** d'ici 2020 (source : OMS).

Dans ce cadre, l'Amérique du Nord, l'Europe de l'Ouest et le Japon sont souvent vus comme les marchés les plus développés et dans lesquels les soins ambulatoires, de ville et hospitaliers comptent pour la majeure partie des dépenses et sont donc particulièrement impactés par les nouvelles tendances<sup>160</sup>.

Ainsi, l'affirmation de l'intérêt des objets connectés en santé auprès du grand public et des professionnels de santé **permet de soutenir une croissance de 24,8 % par an pour dépasser les 161 millions d'unités prévues en 2020**. Des barrières sont cependant encore présentes en termes de précision et de facilité d'usage des dispositifs connectés actuels, ainsi que de cybersécurité des équipements. Sur ce dernier point en particulier, à l'aube d'attaques informatiques majeures sur les infrastructures de santé, il est aujourd'hui acquis que le développement de la santé numérique et de l'IoT en santé doit aller de pair avec celui de la cybersécurité. **Depuis les années 2010, la cybersécurité des dispositifs médicaux connectés est donc reconnue comme une priorité** (avec par exemple l'introduction de la loi S.1656 sur la cybersécurité des dispositifs médicaux aux Etats-Unis en 2017, portant sur des contraintes supplémentaires avant l'accès au marché et sur une obligation de gratuité des mises à jour de sécurité).

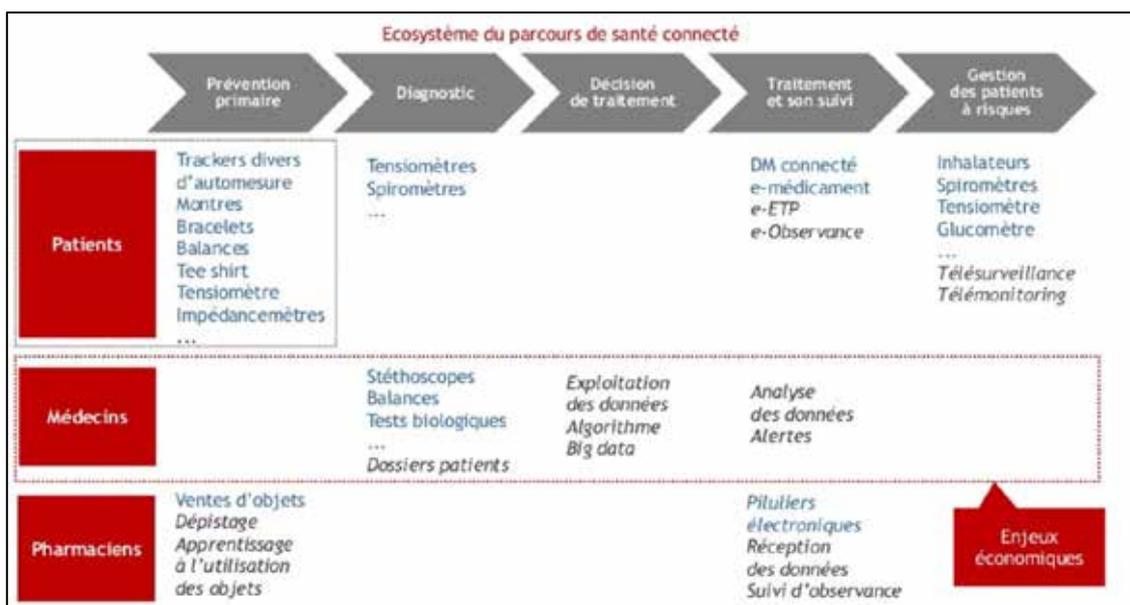
**En B2B et en B2B2C**, les usages des objets connectés dans les applications santé sont très variés :

- **Suivi médical des patients et prévention des maladies/accidents médicaux** : Améliorer la qualité du suivi médical et diminuer le coût global du suivi en permettant un suivi/monitoring à distance et un suivi par le patient lui-même. Les applications clés sont le suivi des maladies chroniques (diabète, AVC, allergie, asthme... grâce à un monitoring des paramètres cardiaques, respiratoires ou encore sanguin), le suivi post-opératoire/médecine ambulatoire ou encore le suivi des prises de médicaments et des traitements (pilulier, seringue connectée).
- **Amélioration de la connaissance et de la recherche** : capter des informations sur les patients permet de remonter des données. Une grande quantité de données récupérées sur des cohortes importantes permettra de réaliser des progrès dans les connaissances sur l'évolution des maladies et sur l'amélioration des traitements.
- **Hôpital Intelligent** : il s'agit ici davantage d'applications B2B dans la mesure où l'Hôpital de demain peut bénéficier des avancées apportées par les objets connectés et améliorer considérablement sa gestion : suivi des matériels et équipements par balise radio, suivi des opérations au niveau de la pharmacie (sortie, entrée, stock de médicaments...), chambres, lits instrumentés, maintenance préventive des équipements lourds (IRM, Radio etc...).
- **Amélioration de la précision du diagnostic des médecins** : à l'image du stéthoscope connecté permettant de comparer les enregistrements cardiaques aux bases de données médicales pour affiner la détection de troubles cardiovasculaires et ne plus se baser uniquement sur la qualité auditive du médecin, les outils de diagnostic connectés peuvent faciliter et améliorer la prise de décision.
- Les objets utilisés dans les deux premières catégories d'applications **sont en général des dispositifs portés par les patients**. Ils devront respecter toutes les étapes de certification médicale et être validés par les experts et le corps médical. Dans la catégorie des objets portés sur les patients, on peut distinguer les **objets implantables ou ingérables (pilules et implants) et les objets portés sur soi de type wearables** (montres, bracelets, lunettes, autres dispositifs) capables de prendre des mesures au contact du corps.

---

<sup>159</sup> Source: The Economist Intelligence Unit

<sup>160</sup> Dossier thématique "Le Boom des Objets connecté en santé" SATT Ouest Valorisation, In Extenso Innovation Croissance, Novembre 2017



**Figure : Proposition de segmentation du marché des objets connectés santé : une approche par l'usage, le contexte et l'intégration dans le parcours de santé du patient<sup>161</sup>**

Enfin, il convient de préciser que **les objets connectés de santé peinent encore à convaincre les médecins** (généralistes encore plus que les spécialistes<sup>162</sup>) aussi bien pour une utilisation B2B que B2C. En effet, ils ne sont que 10% en moyenne à les utiliser pour leurs diagnostics et à les prescrire à leurs patients. Les principales causes exprimées sont : la préservation du secret médical, le libre choix des patients et un doute des médecins parfois fondé sur la capacité réelle de leurs patients à utiliser correctement leurs objets communicants de façon autonome.

En termes de volume d'affaires, la santé connectée pourrait représenter **130 Mds€** en 2022, tirée par une forte dynamique du segment du suivi à distance des patients qui compterait pour la moitié des ventes. Au niveau du marché français, les revenus générés par les objets communicants dans le domaine de la santé sont estimés à près de **2,7 milliards d'euros** à l'horizon 2020<sup>163</sup>.

<b>Quelques exemples de solutions connectées pour les applications de santé (B2B2C et B2B)</b>	
	La start-up française @-Health a mis au point un dispositif prédictif pour les pathologies cardiovasculaires comprenant un vêtement muni de capteurs, et un suivi médical par une équipe de praticiens.
	Start-up installée dans l'incubateur de l'Institut du Cerveau et de la Moelle épinière, situé à l'Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, BioSerenity conçoit des vêtements connectés permettant notamment de surveiller les personnes épileptiques avec plus d'efficacité. Directement relié à l'iPhone du médecin, l'amplificateur serait ainsi à même de partager les enregistrements avec la base de donnée détenue par Eko. Il serait alors possible de comparer l'enregistrement du patient avec d'autres enregistrements diagnostiqués, ou même d'envoyer directement à un cardiologue l'enregistrement pour obtenir un second avis.
	Bodycap propose une gélule pour le monitoring de la température interne du corps pendant et après une intervention chirurgicale. Elle mesure en continu et sans fil la température, qui s'affiche sur un écran de contrôle et a été récemment testée par une équipe de football professionnel pour analyser la capacité de thermorégulation et évaluer l'efficacité de la récupération des joueurs

<sup>161</sup> Les Echos Etudes - Marché Français des Objets connectés santé - Quelles perspectives de croissance à l'horizon 2020 ?

<sup>162</sup> Les Echos Etudes - Marché Français des Objets connectés santé - Quelles perspectives de croissance à l'horizon 2020 ?

<sup>163</sup> Big data et objets connectés Faire de la France un champion de la révolution numérique, Institut Montaigne, 2015

Les caractéristiques principales attendues par les utilisateurs et les opportunités associées pour les fabricants de systèmes électroniques portent sur les points suivants :

- Les marchés des objets connectés pour la santé sont des marchés qui peuvent être importants en volume notamment dans le cas du suivi des maladies chroniques. *(Par exemple, le nombre de personnes atteintes du diabète dans le monde en 2014 était de 420 Millions et le taux de prévalence du diabète chez les personnes de plus de 18 ans est passé de 4,7% en 1980 à 8,5% en 2014-source OMS).*
- Généralement, les marchés de la santé sont des marchés difficiles d'accès nécessitant de forts investissements de lobbying, marketing et commerciaux. Les cycles de ventes sont longs et compliqués avec des interactions avec de nombreux acteurs aux priorités parfois différentes et contradictoires.
- Les développements technologiques pour la plupart des objets connectés notamment ceux qui seront portés par les patients nécessitent des avancées et la résolution de verrous technologiques importants : forte intégration et miniaturisation, problématique de consommation, packaging souple ou intégré dans des tissus, facilité d'utilisation, respect des règles d'interaction avec le corps humain, sécurité et confidentialité des données
- En conséquence, la plupart des modèles économiques ne sont pas encore stabilisés. De nombreuses startups se positionnent sur ces marchés mais il semble cependant que seulement les gros acteurs du domaine seront capables de soutenir les investissements nécessaires et de faire levier sur leurs canaux de marketing et de vente. Le rôle des mutuelles et des assurances privées sera aussi déterminant dans le décollage des dispositifs connectés pour la santé.

### **Les technologies wearables, une ouverture grand public pour le suivi des performances sportives, de la santé et plus généralement de l'activité quotidienne.**

Les marchés du bien-être ou « *lifestyle* » ou encore « *wearables* » comprennent des objets connectés, en général portés sur soi et reliés au smartphone, et apportent un certain nombre d'indicateurs permettant aux utilisateurs de mesurer et améliorer leurs performances sportives, leur sommeil et globalement leurs activités quotidiennes. Dans le segment « Bien-être », les objets connectés sont en général des montres connectées (*smart Watch*), des bracelets (par exemple, Fitbit), des lunettes (par exemple, Google Glasses), des T-shirts, chaussures, chaussettes, jeans ou autres habits et répondent à une logique B2C grand public. Ils fournissent des services variés de type **mesure de l'activité sportive et émotive, mesure du sommeil, mesure de l'activité** quotidienne (nombre de pas, position assise ou debout etc..), mesure des habitudes alimentaires, vitesse de déplacement, (Les appareils de santé homologués et qualifiés par le corps médical ne sont pas compris dans cette catégorie).

Au niveau mondial, le marché des *wearables* devrait atteindre 190 millions d'unités pour environ 16 milliards de dollars de chiffre d'affaires à l'horizon 2020. **Une dynamique similaire sur le territoire national puisque plus d'un million d'objets connectés *wearables* se sont écoulés en 2016**<sup>164</sup> pour un chiffre d'affaires générés de **253 millions d'euros**. Si la croissance observée actuellement semble légèrement en deçà des prévisions, c'est principalement pour des raisons de prix jugés encore trop élevés pour un tiers des consommateurs, une largeur de gamme et une qualité de conseil parfois limité en magasin.

## Synthèse des marchés pour les objets communicants

### ■ **Les objets communicants pour l'industrie : un marché émergent en forte croissance**

Évalué à plus de 100 milliards d'euros au niveau mondial et près de 4 milliards au niveau français, le marché des objets communicants lié à l'industrie est très porteur et offre de nombreuses opportunités. Le nombre d'entreprises européennes candidates à une transformation 4.0 pourrait être estimé entre 10 et 15 millions. Les entretiens réalisés ont également permis de mettre en évidence qu'aujourd'hui, principal enjeu pour secteur est davantage d'ordre organisationnel que technologique : faute d'avoir une vision suffisamment claire sur l'intégration d'objets communicants dans leurs processus industriels, de nombreuses entreprises retardent leurs déploiements à grande échelle d'objets communicants dans leurs usines.

<sup>164</sup>Etude (Référence des objets connectés) – Institut GfK

## ■ La ville intelligente : une réponse au phénomène mondial d'urbanisation massive

Au sens large le concept de « ville intelligente » (ou « *Smartcity* ») désigne l'utilisation des technologies de l'information par une ville pour mieux gérer les services urbains, réduire les coûts de gestion des infrastructures et proposer de nouveaux services digitaux aux habitants et à l'écosystème des villes. De manière plus précise les applications (B2B) des objets communicants dans le domaine de la ville connectée concernent : monitoring intelligent de la qualité de l'air, gestion de l'éclairage et des déchets, gestion des transports, sécurité, signalétique. Généralement, les projets de déploiement sont de taille moyenne avec des cycles de ventes relativement longs et des retours sur investissement difficilement estimables. Dans le monde, le marché de la ville intelligente *smartcities* pourrait représenter près de 10 milliards d'objets connectés (ce chiffre inclut dans son périmètre les objets connectés pour les applications domotiques) pour un chiffre d'affaires mondial de 147Mds\$ en 2020.

## ■ L'habitat connecté B2C et B2B : un marché de près d'un milliard d'euros en France tiré par la domotique

Au sens large, le marché de l'habitat connecté (« Smart Home ») regroupe l'ensemble des appareils connectés et utilisés dans la maison. Très concurrentiel et de grand volume le secteur regroupe un grand nombre de sous-segments applicatifs qui répondent à des logiques différentes de besoin (confort, divertissement mais également sécurité des habitants). D'après Strategy Analytics (2017), le nombre d'objets connectés installés dans le monde en 2019 atteindra **3 Mds d'unités**. En France, le cabinet GfK estime à près de 2,9M d'unités vendues en 2017. En valeur, le marché de l'habitat connecté pourrait, en 2019, dépasser le milliard d'euros<sup>1</sup>, principalement tiré par les produits et services liés à la domotique (609M€) et à la sécurité (435M€)<sup>1</sup>. Les produits du Smart Home, ne présentent par ailleurs généralement pas ou peu de verrous ou contraintes technologiques et doivent, avant tout, obéir à une esthétique moderne et attractive. Cependant une grande majorité des produits aujourd'hui disponibles restent du domaine du gadget et les services rendus aux usagers sont encore de faibles valeurs. Enfin, l'interopérabilité est un critère clé sur ce marché : si de nombreuses initiatives d'interopérabilité ont été observé et que la plupart des offres fonctionnent sur des réseaux de type Wifi ou Bluetooth, les protocoles de communication sont souvent différents d'une marque à l'autre ce qui rend souvent les utilisateurs captifs d'une marque.

## ■ Des dépenses de santé qui augmentent en parallèle d'une transformation digitale des activités médicales

En B2B et en B2B2C, les usages des objets connectés dans les applications de la santé sont très variés : suivi médical des patients et prévention des maladies/accidents médicaux, amélioration de la connaissance et de la recherche, hôpital intelligent, amélioration de la précision du diagnostic. Les objets utilisés dans les deux premières catégories d'applications sont en général des dispositifs portés par les patients. Ils devront respecter toutes les étapes de certification médicale et être validés par les experts et le corps médical. Dans la catégorie des objets portés sur les patients, on peut distinguer les objets implantables ou ingérables (pilules et implants) et les objets portés sur soi de type wearables (montres, bracelets, lunettes, autres dispositifs) capables de prendre des mesures au contact du corps

En termes de volume d'affaires, la santé connectée pourrait représenter **130 Mds€** en 2022, tirée par une forte dynamique du segment du suivi à distance des patients qui compterait pour la moitié des ventes. Au niveau du marché français, les revenus générés par les objets communicants dans le domaine de la santé sont estimés à près de **2,7 milliards d'euros** à l'horizon 2020.

Généralement, les marchés de la santé sont des marchés difficiles d'accès nécessitant de forts investissements de lobbying, marketing et commerciaux. Les cycles de ventes sont longs et compliqués avec des interactions avec de nombreux acteurs aux priorités parfois différentes et contradictoires.

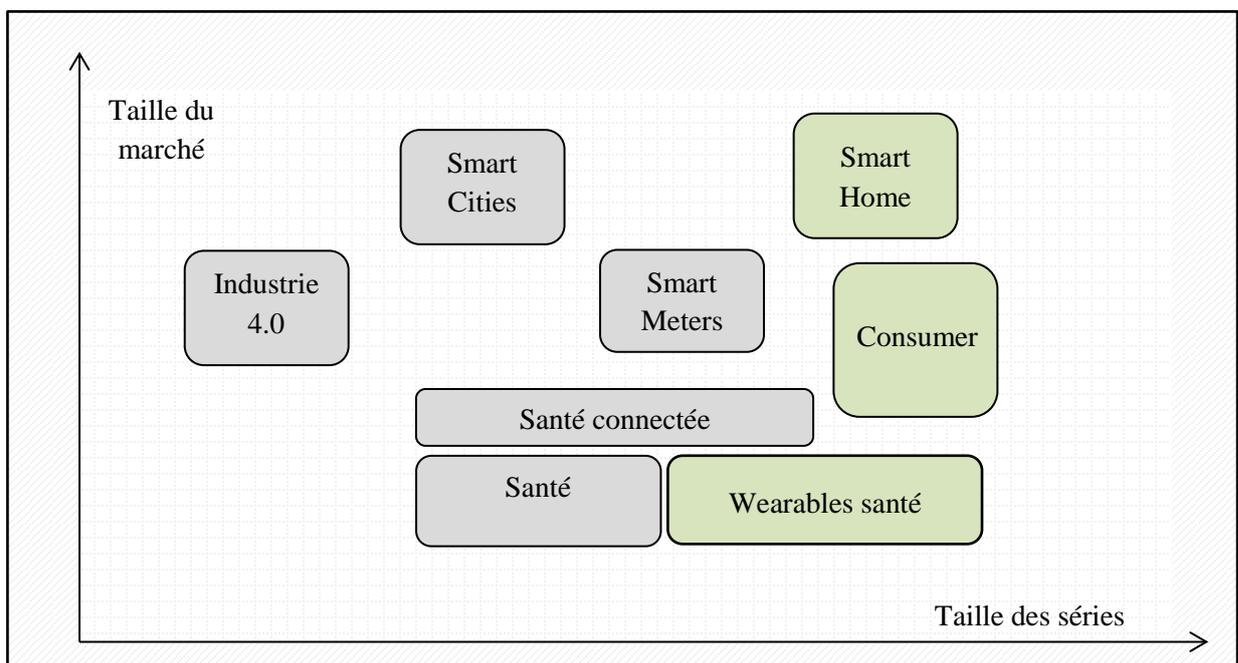
Les développements technologiques pour la plupart des objets connectés notamment ceux qui seront portés par les patients nécessitent des avancées et la résolution de verrous technologiques importants : forte intégration et miniaturisation, problématique de consommation, packaging souple ou intégré dans des tissus, facilité d'utilisation, respect des règles d'interaction avec le corps humain, sécurité et confidentialité des données. En conséquence, la plupart des modèles économiques ne sont pas encore stabilisés.

De nombreuses startups se positionnent sur ces marchés mais il semble cependant que seulement les gros acteurs du domaine seront capables de soutenir les investissements nécessaires et de faire levier sur leurs canaux de marketing et de vente. Le rôle des mutuelles et des assurances privées sera aussi déterminant dans le décollage des dispositifs connectés pour la santé.

## Caractéristiques des objets communicants par grande typologie

Bien que chaque segment applicatif présente des spécificités en termes de caractéristiques techniques à respecter et de stratégie d'accès au marché, leur analyse montre également qu'ils répondent à des dynamiques et attentes similaires que ce soit au niveau des volumes de fabrication et de la flexibilité/versatilité de la demande ou de leurs niveaux de standardisation. Plus précisément, il est possible de distinguer deux types de catégories de produits :

- § Ceux qui nécessitent d'être fabriqués en **petites et moyennes séries** avec un degré de **standardisation faible** et une **grande variabilité de la demande**. C'est notamment le cas de plusieurs applications **B2B** comme l'industrie 4.0, les *smartcities* et la santé connectée.
- § Ceux qui, au contraire, nécessitent d'être fabriqués en **moyennes et grandes séries** avec un degré de **standardisation important** et une **faible flexibilité de fabrication**. C'est majoritairement le cas des applications **B2C** de l'habitat connecté et des *wearables* santé et grand public.



**Figure : Synthèse de la demande en matière d'électronique dans le domaine des objets communicants**

A noter qu'il existe naturellement des exceptions permettant de pondérer cette classification dans la mesure où certains industriels (notamment possédant un historique et une culture d'entreprise basés sur le volume, la qualité et la répétabilité) peuvent aussi chercher à standardiser, même partiellement, les petites séries. Cela peut notamment être le cas lors de la sortie d'un produit de niche ou haut-de-gamme.

Plus largement, le déploiement des objets communicants est soumis à plusieurs grands enjeux incluant notamment :

- La visibilité des retours sur investissements concernant le déploiement d'objets communicants dans le cas des marchés B2B et par extension le coût unitaire des objets communicants, en particulier s'agissant des marchés B2C.
- La consommation énergétique des objets communicants qui devront, pour l'immense majorité d'entre eux, pouvoir fonctionner en totale autonomie sur une durée comprise entre deux et cinq ans.
- La résilience des objets communicants aux environnements industriels ou extérieurs. Que ce soit pour les marchés industriels, de la ville intelligente ou de la santé connectée, les objets communicants devront pouvoir évoluer dans des environnements souvent difficiles (hautes températures, vibrations, intempéries...).

- A consommation réduite, les objets communicants devront pouvoir justifier d'une puissance d'émission suffisante pour transmettre des données, parfois sur des distances longues et à faible tension de charge.
- Choix du protocole de communication et interopérabilité.
- Les contraintes réglementaires qui peuvent freiner, ou au à l'inverse accélérer le déploiement des objets communicants pour certains marchés (plage de fréquence disponibles, contraintes réglementaires en matière d'environnement ou de sécurité – cf. volet 2 réglementation).
- L'évolution des compétences dans les entreprises utilisatrices d'objets communicants.
- La sécurité des transmissions des données collectée par les objets communicants et qui constituent aujourd'hui l'une des principales préoccupations des utilisateurs finaux.

### Focus sur les enjeux de sécurité pour les objets communicants

La **sécurité des transmissions des données captée par** les objets communicants représente aujourd'hui la principale préoccupation des utilisateurs auprès des utilisateurs finaux<sup>165</sup>. Les moyens pour renforcer la sécurité numérique sont bien connus : identifier et authentifier, préserver l'intégrité de la communication, assurer la confidentialité de la communication, assurer la non répudiation d'un ordre ou d'un échange. Cependant, de nombreux objets (notamment professionnels) sont aujourd'hui soit développés avec une prise en compte minimale des enjeux de sécurité ce qui conduit généralement à une reconception totale de l'objet communicant<sup>166</sup>.

Si l'aspect sécurité est aujourd'hui majoritairement traitée au niveau du software, des solutions de sécurité à base de puce dédiées réalisant directement les opérations d'encryptage ou d'anonymisation des données avant leurs transmission peuvent également être envisagées et de nombreux acteurs français proposent des solutions – dont notamment Gemalto ou Idemia et ST Microelectronics (s'agissant des SoC sécurisée). Aussi une prise en compte dès la conception, des contraintes de sécurité (logiciel & matériel) et avec, le cas échéant, évaluation du prototype par un laboratoire indépendant constitue un facteur de réussite indispensable des projets IoT.

Plus largement, la question de la sécurité peut constituer un critère de sélection lors de la sélection du lieu de production. Par exemple, pour le producteur de smartphones pour déficients visuels Kapsys, la relocalisation de sa production de la Chine vers la France a notamment été motivé par la protection de son logiciel clé « smartvision2 » (dont l'entreprise ne souhaitait pas<sup>167</sup> confier son installation à des prestataires localisés en Chine).

<sup>165</sup> La presse fait régulièrement échos des failles de sécurité des objets communicants (virus Mirai en 2016 sur plusieurs milliers de caméras connectés non sécurisées, expérience de Valasek et Miller qui ont réussi à prendre le contrôle à distance d'un véhicule Jeep Cherokee, etc ...)

<sup>166</sup> La non-garantie de l'intégrité des données – ou un audit de sécurité défaillant concernant un objet communicant le rend généralement invendable.

<sup>167</sup> Dans le cas d'une localisation auprès d'un prestataire Chinois, Aram Hekimian (PDG du groupe) affirme : « Nous nous serions contentés de faire fabriquer le matériel, et aurions été obligés d'installer ensuite nous-mêmes le logiciel. Maintenant, cette opération est assurée par BMS Circuits [EMS Français], car nous lui faisons confiance. Cela nous libère de la contrainte d'avoir en interne une ligne d'installation de logiciel »

# Opportunités pour une fabrication électronique dans le domaine des objets communicants

Nota ; L'analyse concerne en premier lieu les fournisseurs de services en fabrication électronique (EMS)

## ■ Des fabrications en grandes séries à destination des marchés B2C qui échappent aujourd'hui aux acteurs français.

S'agissant généralement de séries **très standardisées à fort volume et avec une faible flexibilité de la production**, les donneurs d'ordre positionnés sur ces marchés recherchent, avant tout, un coût unitaire de production faible. Aujourd'hui l'offre en matière de fabrication proposée par les acteurs français, spécialisés sur les marchés de l'électronique industrielle, n'offre généralement pas d'avantage compétitif particulier. Ainsi, la quasi-totalité des campagnes de production sur ces segments sont aujourd'hui réalisées dans des pays à bas coût de main d'œuvre en Asie ou Europe de l'Est où l'écart de coût de production serait de l'ordre de 15-20%.

En revanche, **une opportunité** pour les acteurs peut être envisagée sur les préséries et volumes intermédiaires, ou une proximité entre le fabricant et le client peut apporter une réelle plus-value. Dans cette configuration, le passage à l'échelle serait par la suite réalisé soit chez les principaux EMS Asiatiques (probable) ou, plus intéressant, dans des sites de production d'acteurs français localisés dans des zones low-cost, sous réserve que leurs capacités et processus de production le permettent. Plus précisément, plusieurs acteurs interrogés ont souligné qu'une production française pourrait être envisagée pour ces campagnes de production en présérie, sous réserve toutefois que l'écart de coût n'excède pas les 10%. L'augmentation du coût de travail en Asie, et surtout l'automatisation croissante des chaînes de production dans le secteur, sont des avantages évidents pour les fabricants français. Par exemple, un objet communicant grand public qui, lors de sa conception, limiterait au maximum le nombre d'opérations manuelles (en privilégiant par exemple l'emboitage au vissage lors de l'assemblage final des produits), permettrait aux acteurs français les mieux organisés, c'est à dire ceux capables d'automatiser aux maximum les différentes étapes de la production, de proposer une offre globalement compétitive par rapport aux géants mondiaux qui captent actuellement et majoritairement ce segment de marché.

## ■ Des fabrications en petites et moyennes séries qui sont ou peuvent être produites par les acteurs français.

Si l'offre industrielle des fournisseurs français en fabrication électronique gagnerait à être optimisée elle n'en apparaît pas moins **adaptée et compétitive face** aux caractéristiques que requiert la production des objets communicants pour l'industrie, la santé B2B et la ville intelligente. En effet ces objets communicants seront majoritairement produits en **petites et moyennes séries** avec un degré de **standardisation faible** et une **grande variabilité de la demande**, des avantages évident **pour une fabrication de proximité**.

De manière plus précise, une analyse conduite dans le cadre de cette étude et qui intègre l'ensemble des coûts induits par une production éloignée (délais de livraison allongés a minima de six semaines de transport en porte-containers, frais divers de douanes, d'assurance, de traduction, de prestations portuaires, etc., frais de déplacements sur place, surcoûts considérables en cas de problème de qualité, de fiabilité, de défaillances logistiques, de litiges, etc.), montre qu'une production de proximité en France n'est pas globalement plus coûteuse qu'une production en Asie pour des petites et moyennes séries, tout en étant beaucoup moins risquée et présentant de nombreux avantages compétitifs sur la qualité des services rendus aux clients finaux.

Aujourd'hui, et pour ces raisons **de nombreux donneurs d'ordres ont déjà fait le choix d'industrialiser** leurs produits sur le territoire et **les cas de relocalisation de production de certains donneurs d'ordres sont en progression constante** (cf. cas d'écoles de BSE – Lacroix Electronics, ou autres) compte tenu des avantages que peut procurer une industrialisation de proximité.

## ■ Les fabrications réalisées aujourd'hui sur le territoire pâtissent parfois d'un manque d'acculturation de la part de certains donneurs d'ordres.

Aujourd'hui, la demande industrielle sur ces segments est portée par des donneurs de deux types :

- Les donneurs d'ordres **qui possèdent des capacités et des compétences pour réaliser l'industrialisation et la conception de leurs produits** mais qui généralement ont recours à de ponctuellement à une sous-traitance **de capacité** lorsqu'il s'agit de reproduire à l'identique des produits fabriqués en interne mais qui nécessitent une montée en volume impossible avec les moyens de production en propre, **stratégique** s'agissant par exemple d'une prise de commande dans un pays étranger ou un partenariat est à consolider, mais également **technologique**, lorsque les machines internes ne sont pas adaptées ou ne peuvent assembler de manière optimale les composants.
- Les donneurs d'ordres **qui ne possèdent pas de capacités et de compétences particulières pour réaliser l'industrialisation des produits** et qui ont recours de manière systématique à une sous-traitance de production et souvent de conception. Ces acteurs sont généralement des start-ups et PMI sont souvent non électronicien (venant de divers secteurs applicatifs du monde du logiciel, du design,)

Si la filière française de production électronique est compétitive, elle est également confrontée à plusieurs écueils :

## ■ Des contraintes d'industrialisation souvent méconnues et qui entraînent généralement un échec ou une hausse du prix de la prestation d'industrialisation de leur produit.

Généralement les acteurs ne possédant pas de capacités et de compétence particulière en électronique, méconnaissent les difficultés que requiert l'industrialisation d'un système électronique et ont besoin le plus souvent d'un accompagnement spécifique pour concevoir puis fabriquer leurs produits de façon compétitive en évitant les écueils de la première industrialisation. Il est en effet courant de voir des créateurs d'objets connectés qui, après avoir correctement défini leur besoin et validé la faisabilité technico-économique de leur projet, éprouvent des difficultés à passer à la phase de réalisation de leurs premiers prototypes représentatifs du produit final et à la fabrication de la première série.

Cela peut notamment s'expliquer par la méconnaissance des travaux qui sont nécessaires à ces deux phases bien distinctes de l'industrialisation des produits électroniques : le développement des prototypes représentatifs du produit final consiste à travailler sur une conception du produit qui en facilitera la fabrication (on parle alors de «Design to Manufacturability») ou les tests durant le cycle de vie du produit (on parle alors de «Design for Testing») alors que lors de la fabrication de la première série, industrialiser consiste à définir précisément les processus de fabrication ainsi que les paramètres des machines-outils afin de produire de façon répétable au meilleur coût, tout en maîtrisant la qualité et la fiabilité, et en protégeant la santé et la sécurité des opérateurs sur la ligne de fabrication.

Aujourd'hui un grand nombre de ces nouveaux créateurs d'objets électroniques privilégient durant la phase de conception les fonctionnalités du produit, en sous-estimant l'importance, dès cette phase de conception, des enjeux de la phase d'industrialisation qui ont pourtant un impact considérable sur le coût de revient final.

Par exemple, il est courant de voir des créateurs d'objets communicants ayant réalisés leurs développements des prototypes représentatifs sur des plateformes hardware en « freeware » de type Arduino ou Raspberry et persuadé qu'une industrialisation de leur preuve de concept à moindre coût est possible. Or, ces matériels ne sont généralement pas destinés à des usages industriels (et donc n'intègrent pas les exigences techniques associées telles que la tenue en température ou aux vibrations) ce qui nécessite de revoir l'ensemble de la conception avant de pouvoir industrialiser le produit.

Un autre exemple pourrait être celui de choisir d'utiliser des composants traversants lors du développement de la carte électronique. Or, lors de la phase d'industrialisation ces composants nécessitent des opérations de pose et de brasage manuels chez certains EMS qui ne sont pas équipés de machines spécifiquement adaptées, ce qui augmente inévitablement le prix de l'industrialisation. Inversement, l'utilisation de circuit intégré propre à une application ou ASIC reste mineure dans les plans de conception de ces startups des objets communicants, même lorsque ceux-ci peuvent s'avérer compétitif (fonction particulière, miniaturisation, grandes séries, dynamique).

Aussi, l'implication des fournisseurs de services très en amont dans le processus de développement permet d'adapter la conception des produits aux contraintes de la fabrication et réduit alors d'autant les risques d'une mauvaise industrialisation.

Plus largement, il convient également de souligner qu'il n'existe pas de cadre de référence largement partagé au sein de la filière décrivant précisément la nature des prestations tant des fabricants que des bureaux d'études, ce qui ne permet pas aux porteurs de projets de comprendre et d'évaluer correctement le rapport performance-prix des prestations de première industrialisation qui leur sont proposées.

### **■ Certains créateurs d'objet méconnaissent la filière française de production électronique et n'ont de fait à aucun moment envisager de collaborer avec des acteurs nationaux.**

Lors des échanges menés dans le cadre de cette étude, certains acteurs ont avoué méconnaître qu'il était possible de fabriquer des produits électroniques sur le territoire et considéreraient, souvent à tort, que produire dans les pays à bas coût de main d'œuvre permet d'obtenir les coûts de production les meilleurs. D'autres acteurs, pourtant convaincus de la pertinence de fabriquer sur le territoire, étaient à l'inverse fortement encouragés par leurs clients et prospects de réduire leurs coûts de manière importante et de délocaliser leur production, au risque de perdre le marché, ou pire de vendre un produit défectueux faute d'une bonne industrialisation. Aussi, une meilleure sensibilisation des services achats de certains intégrateurs au coût global de possession (et pas seulement au prix unitaire) pourrait être réalisé, en particulier s'agissant de produit nécessitant d'être performant et fiable dans un environnement industriel complexe.

Pour profiter pleinement de l'opportunité que constitue l'émergence du « Smart World » pour la filière française de l'électronique, il apparaît ainsi nécessaire de renforcer les collaborations vertueuses entre les entreprises qui développent des objets connectés et les fournisseurs de services en fabrication électronique.

## Focus : Les objets communicants de santé impliquent des stratégies de test poussées et un ensemble de certification pas toujours présents sur le territoire

Les acteurs du domaine des dispositifs médicaux connectés réalisent la majeure partie de leurs produits, c'est-à-dire qu'ils intègrent toutes les étapes de conception (software et hardware) jusqu'aux études d'industrialisation. Il émane de la part des acteurs interrogés une volonté de produire entièrement ces objets en France. Cependant, compte tenu des normes de fabrication pour ces produits critiques, tous les sous-traitants du territoire ne peuvent répondre à ces exigences. En effet, pour pouvoir être conforme, les donneurs d'ordre de l'IoT santé souhaitent disposer de sous-traitants intégrant toutes les compétences nécessaires (techniques, outils de production et accréditations comme la norme ISO 13485 qui précise les exigences des systèmes de management de la qualité (SMQ) pour l'industrie des dispositifs médicaux). La problématique repose donc sur la constitution de l'offre française et de l'intérêt affiché par les EMS par le segment médical :

- § Les petits EMS implantés en France n'ont pas forcément la technicité permettant une telle production mais produisent en termes de volume des quantités adéquates aux souhaits des donneurs d'ordre.
- § Les plus grosses structures possèdent la technicité nécessaire et les accréditations mais ne sont en général pas intéressés par des productions à faible volume.
- § Les EMS certifiées ISO 13485 en fabrication ne sont pas présentes dans toute la France (plutôt à l'Ouest et dans le Sud-Est), ce qui ne facilite pas un travail de proximité avec un certain nombre de donneurs d'ordre.
- § On observe également un manque important de prestataires certifiés ISO 13485 pour la conception.

Le regroupement de ces critères oblige donc dans certains cas les acteurs à importer. Il arrive en effet que ces critères soient respectés par des EMS françaises mais sur des sites de production délocalisés (par exemple en Allemagne). S'approvisionner auprès des sous-traitants français répondant à tous les critères s'avère donc difficile. Pour les acteurs, il manque au sein du tissu industriel français, des entreprises ayant une ligne de production flexible accréditée et pouvant répondre à des productions à faible volume. Les EMS qui ont d'ores et déjà entamé cette démarche ont pris de l'avance et contribueront au maintien de la production qui est parfois délocalisée par défaut.

Compte tenu des volumes de production, il n'est pour l'instant ni envisageable pour ces acteurs d'intégrer la phase de production ni de se délocaliser à l'étranger.

- § La délocalisation de la production en Asie ou dans les pays du Maghreb pourrait être pertinente quand un seuil minimum est atteint (en centaines de milliers)
- § L'internalisation de la production n'apparaît même pas envisageable dans le sens où les coûts d'investissement seraient trop élevés tout en n'optimisant pas la charge des outils et des moyens de production. De plus, il apparaît que les Medtech n'ont en générale pas de visibilité à long terme. Ces entreprises de croissance avec des matériels innovants font souvent l'objet d'acquisition par des grands groupes.

De ce constat, plusieurs initiatives émergent comme notamment le projet INforMed accompagné par Phillips et financé par l'Europe. Le projet consiste au déploiement d'une ligne pilote flexible qui permet à de petites entreprises de mutualiser les outils de production pour des produits de grande technicité en faible quantité. Ce projet regroupe de nombreux centres de R&D mais encore très peu d'industriels. Ce type de démarche pourrait cependant combler la brique manquante sur le territoire français et permettre à des entreprises innovantes de fabriquer plus facilement leurs produits et **pourrait être transposé à d'autres types de produits électroniques.**

**■ Si l'offre française en matière de fabrication électronique apparaît compétitive pour les marchés B2B, elle n'en demeure pas moins perfectible pour conserver et capter les futures productions des objets communicants, en particulier sur la fourchette 50 000 – 200 000 unités.**

Aujourd'hui, **les volumes moyens de production** réalisés sur le territoire dans le domaine des objets communicants industriels, de la santé, des villes intelligentes sont de l'ordre de **10 000 unités** par produit par an. La réduction année après année de l'écart des coûts de production entre l'Asie et la France (15-20% de différence généralement compensés par la proximité, la qualité, la flexibilité et la fiabilité) associé à une certaine **variabilité de la demande et une flexibilité des fabricants français** permettent de considérer à **court et moyen terme** un maintien de cette production sur le territoire.

Toutefois, l'évolution du marché des objets connectés entrainera inévitablement plusieurs enjeux pour la filière de l'électronique et par ailleurs déjà identifié dans le rapport « Vers l'Industrie Electronique du futur » :

- **Une accélération du rythme d'innovation** qui entrainera une réduction des temps de cycles de développement, d'industrialisation et de mise sur le marché des nouveaux produits.
- **Une augmentation du mix** due à la fois à la hausse du nombre de références par client mais aussi du nombre de référence de composants par produits. Aujourd'hui, les clients finaux et notamment les startups (qui adoptent souvent une méthode agile de gestion de projet et qui souhaitent réduire toujours plus les temps d'accès au marché) admettent souffrir de la conjoncture très tendue en matière d'approvisionnement des composants électroniques et soulèvent la problématique de la chaîne d'approvisionnement qui implique d'anticiper fortement et de planifier sa production plusieurs mois à l'avance
- **Une diminution accrue des temps de cycle de production et des volumes plus variables** : l'augmentation du mix induit également un enjeu fondamental de flexibilité sur les volumes, à la hausse ou à la baisse, pour saisir les opportunités de marché ou s'adapter à ses revers.
- **Une forte pression sur les coûts** : l'acceptation et la généralisation des nouveaux usages, même s'ils créent de la valeur, nécessite souvent de trouver rapidement un seuil économique et un « prix série optimisé » pour permettre une diffusion plus large sur les marchés

Par ailleurs, la croissance du marché, la maturité grandissante des clients finaux et une certaine standardisation des produits, il est par ailleurs envisageable que les volumes par campagne de production augmentent. Aussi, et sous réserve que la filière puisse maintenir son savoir-faire et s'adapter à ces nouveaux enjeux, tout en conservant un écosystème performant (centre de R&D, et filière industrielle connexes : mécanique, plasturgie, ...) ses nouvelles productions n'impliqueront pas automatiquement une délocalisation.

**En conséquence, il apparaît tout à fait envisageable que les volumes de production de l'ordre de 50 000 -200 000 unités par produit puisse être fabriqués de manière compétitive sur le territoire.**

**Focus : Les objets communicants constituent également une opportunité pour d'autres maillons de la filière, en particulier celui des fabricants de composants semi-conducteur.**

Les composants semi-conducteurs sont des éléments fondamentaux et indispensables au bon fonctionnement de tous les objets communicants : leurs ventes, estimées à environ 15Mds€ en 2015, affichent depuis plusieurs années des taux de croissance à deux chiffres et devraient dépasser les 30Md€<sup>168</sup> d'ici 2020. Cette croissance continue devrait perdurer et surtout s'intensifier dans les prochaines années, sur l'ensemble des marchés applicatifs.

Cette nouvelle demande, loin d'être une menace pour la filière française du semi-conducteur, constitue, au contraire, une formidable opportunité de développement et de diversification. En effet, indépendamment de leurs marchés applicatifs, les créateurs et concepteurs d'objets communicants seront demandeurs de composants<sup>169</sup> capables : de fonctionner à faible voltage tout en fournissant une puissance suffisante, d'être économes en énergie, et intégrable à moindre coût en grand nombre sur une même puce.

Ces caractéristiques diffèrent de celles attendues pour les composants d'autres secteurs industriels historiques comme l'informatique ou les télécommunications<sup>170</sup>, et qui nécessitent des composants miniaturisés à l'extrême, à haute performance et avec une puissance accrue. Aussi, la mise en œuvre de technologies qui suivent la loi de Moore (typiquement la technologie de type CMOS-FinFET), ne devraient plus constituer un avantage compétitif déterminant sur le segment des objets communicants (prix plus fort, consommation élevée ...). A l'inverse, ces nouvelles caractéristiques tendent à faire émerger une filière du semi-conducteur spécifique à ce secteur, utilisant notamment des technologies différenciantes et permettant de faire des systèmes sur puce (ou System On Chip - SoC) capables d'intégrer un nombre important de composants basse-consommation. Des avantages évidents pour la filière française des semi-conducteurs qui y possède de véritables atouts technologiques avec notamment la paternité de la technologie FDSOI qui offre un compromis très compétitif entre besoin de consommation énergétique, performance<sup>171</sup>, densité d'intégration et coût.

De manière plus précise, la technologie FDSOI, mis au point par Soitec (issue du CEA-LETI) avec le concours de STMicroelectronics<sup>172</sup> est aujourd'hui adoptée par plusieurs fonderies (Global Foundries, Samsung) qui, sous licence, proposent une offre de circuits gravés en 22nm, 18nm et bientôt 12nm. Plus largement, cette technologie fédère un écosystème de près de 30 partenaires<sup>173</sup> dans le monde et est d'ores et déjà dans de nombreux objets communicants<sup>174</sup>.

Dans les prochaines années, une certaine « standardisation » de la technologie FDSOI pourrait devenir une réalité dans le secteur des objets communicants, ce qui offrirait alors une réelle opportunité de développement pour le pays : en premier lieu pour STMicroelectronics (via son expertise, son offre à venir<sup>175</sup> et ses licences de production) et Soitec (qui fournit les tranches de FD-SOI au fondeurs) mais plus largement pour l'Europe avec notamment Global Foundries qui fabrique plusieurs puce sur substrat FD-SOI à Dresde en Allemagne en 22nm.

Plus largement et indépendamment des opportunités offerte par la technologie FD-SOI, la filière du semi-conducteurs française est aujourd'hui positionnée favorablement sur le marché des semi-conducteurs pour les objets communicants, et particulièrement STMicroelectronics qui propose une vaste gamme de produits incluant notamment les microcontrôleurs STM32 en technologie BI-CMOS programmables par logiciel, des composants de type MEMS (capteur de pression, ....) mais plus largement des solutions bout en bout (système sur puce ou SoC) incluant des modules de transmission compatibles (Bluetooth basse consommation BLE<sup>176</sup>, WIFI, NFC, LPWAN – Lora & Sigfox<sup>177</sup>) pour les

<sup>168</sup> Source IC Insight et Semiconductor Industry Association

<sup>169</sup> De tout type : composants radio et hyper fréquence, processeurs, capteurs divers, mémoires...

<sup>170</sup> Il s'agit par exemple de l'informatique avec les micro-ordinateurs ou le secteur des télécommunications avec les serveurs.

<sup>171</sup> Par exemple le 22FDX (technologie FDSOI 22nm de Global Foundries) offre la tension de fonctionnement la plus basse du marché, délivrant des fréquences allant jusqu'à 500 MHz à seulement 0,4V.

<sup>172</sup> Qui produit en France en 28nm et à récemment confié la production en 22nm à Global Foundries (plateforme 22FDX).

<sup>173</sup> Positionnés sur des fonctions de conception (IC Design).

<sup>174</sup> Par exemple la montre connectée Amazfit lancée par le chinois Huami.

<sup>175</sup> Fin 2018, ST Microélectronique a d'ores et déjà annoncé la mise au point d'une mémoire à changement de phase (PCM) embarquée en techno FDSOI et destinée à équiper ses microcontrôleurs automobiles (compte tenu de son surcout et ses caractéristiques) - Truly Innovative 28nm FDSOI Technology for Automotive Microcontroller Applications embedding 16MB PCM

<sup>176</sup> STMicroelectronics : équipe les produits de nouvelle génération connectés à l'Internet (IoT) avec un système sur puce multi protocoles Bluetooth® et 802.15.4 de très hautes performances

<sup>177</sup> Sigfox et STMicroelectronics annonçaient au MWC l'intégration du logiciel de connectivité de Sigfox dans ses outils de développement destinés aux microcontrôleurs, STM32

transmissions radiofréquence. L'offre de STMicroelectronics inclue également des outils de développement logiciels pour les créateurs d'objets connectés leur permettent de se concentrer davantage sur le marketing, la communication et surtout, la commercialisation rapide de leurs innovations. Par exemple la plateforme STM32 JAVA permet de créer des interfaces graphiques avancées pour des produits aussi variés que des appareils électroménagers, des machines de bureau, des outils industriels et autres instruments médicaux intégrant des microcontrôleurs STM32 haute efficacité.

Il convient toutefois de souligner que pour les créateurs d'objets connectés les produits hardware « pur » ne sont aujourd'hui pas un critère aussi différenciant<sup>178</sup> que les fonctionnalités offertes par les plateformes développées autour du hardware : compte tenu de la multiplicité des standards de communications sans fil, le manque d'interopérabilité ou plus largement de la relative incertitude sur la sécurité de la transmission de bout en bout chaque acteur souhaite développer en consortium, sa plateforme et l'imposer comme standard capable de fédérer tout un écosystème.

---

<sup>178</sup> Tout objet connecté peut fonctionner sur les microcontrôleurs de STMicroelectronics, Intel ou Qualcomm)

# VOLET 3

## Partie 2 : automobile



### Analyse des tendances du marché de l'industrie automobile

#### ■ Le marché de l'industrie automobile en passe d'atteindre les 100 millions d'unités vendues.

En 2018, le marché de l'industrie automobile représente environ **100 millions** d'unités vendues, en hausse de **+3,6%** par rapport à l'année précédente et où plus de **75%** des ventes mondiales totales sont concentrées dans quatre régions (Chine, Japon, Europe, et Etats-Unis).

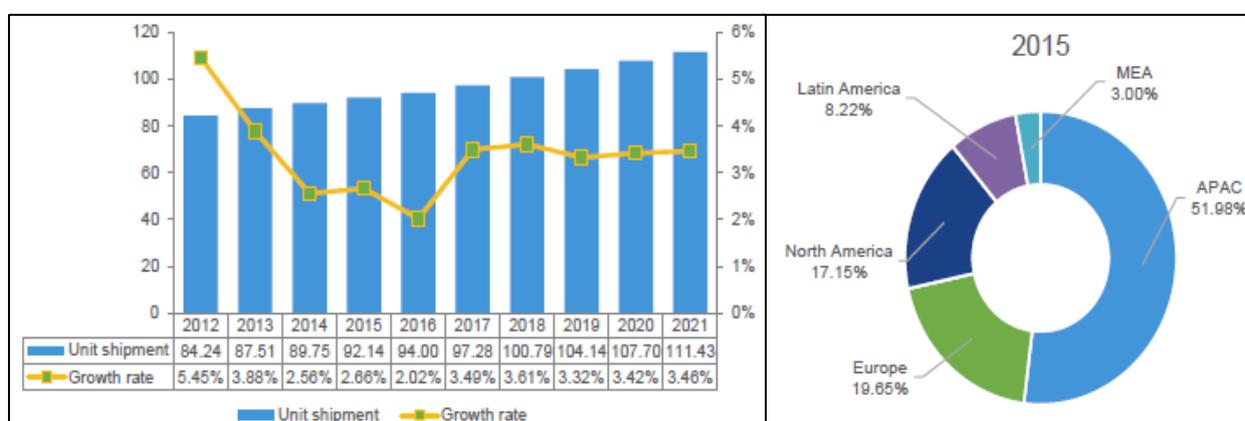


Figure : Nombre d'unités vendues au niveau mondial par an (à gauche) et pourcentage des ventes mondiales et taux de croissance 2012-2021 par zone géographique (à droite)

Géographiquement, la croissance attendue en 2018 pour les marchés Chinois (+3% à près de 30 millions d'unités), Européen (+2%), Russe (+5%) et Brésilien (+3,5%). Les marchés Japonais et sud-coréens devraient quant à eux se stabiliser pour 2018. A l'inverse, les Etats-Unis (-2% à 17 millions d'unités) et le Royaume-Uni afficheront de taux de croissance négatifs (-2% et -6%)

## ■ Une augmentation du poids de l'électronique dans la valeur et le coût total de fabrication

Plusieurs changements structurels ont influencé l'industrie automobile au cours des dix dernières années, notamment en termes de réduction de la taille des moteurs, d'électrification des mécanismes automobiles, de réglementations plus strictes sur les émissions, de connectivité grandissante des équipements et de dispositifs de sécurité renforcés. Ces transformations ont permis à l'**électronique automobile** d'enregistrer une croissance importante ces dernières années. En effet, le **marché mondial de l'électronique automobile** représentait en **2015 plus de 600 Mds\$** et devrait atteindre **1 250 Mds\$ en 2020** avec un taux de croissance moyen de **14,42%** par an. Cette croissance est liée d'une part à l'intégration de plus en plus importante de systèmes électroniques dans les véhicules de tout type et dans toutes les gammes mais également à l'accroissement du poids de l'électronique dans le coût total de fabrication, de l'ordre de **25%**.

## ■ Une pénétration de l'électronique qui diffère selon le niveau de gamme

**Tableau : Synthèse de la segmentation marché et du taux de pénétration par niveau de gamme et typologie de véhicule**

Segment	Marché 2015 (Mds\$)	Marché 2020 (Mds\$)	Croissance annuelle moyenne (%)	Taux de pénétration (%)
<b>Entrée de gamme</b>	158,8	273,7	12	10%
<b>Milieu de gamme</b>	213,7	402,7	13,5	25%
<b>Haut de gamme</b>	218,7	493,4	17,7	55%
<b>Utilitaires légers</b>	37,77	66,98	12,14	5%
<b>Utilitaires lourds</b>	8,44	13,66	10,1	5%

Avec un taux de pénétration de l'électronique de plus de **55%**, c'est dans le segment des véhicules haut de gamme que sont d'abord intégrées et testées les nouveautés électroniques ; il s'agit d'un segment d'excellence de l'Europe, à forte marge commerciale, qui représente une opportunité pour la fabrication électronique européenne.

## ■ Transformation de l'industrie : la voiture de demain sera autonome, électrique, connectée ou les trois à la fois.

L'industrie automobile et plus largement des transports routiers connaissent une mutation profonde représentée principalement par trois révolutions simultanées : **la voiture connectée, la voiture électrique et la voiture autonome**. L'objectif annoncé pour 2030 porte sur 80% de réduction de la pollution, 90% d'accidents en moins, 54% de places de stationnement en moins dans les villes et la fin de la congestion automobile urbaine.

**Les véhicules électriques** : l'électrification des véhicules progresse d'années en années et gagne même les engins de forte puissance comme certains engins agricoles ou de chantiers. Toutefois, le déploiement de la voiture électrique passe par une augmentation de l'autonomie des véhicules, ce qui implique de nombreux efforts de recherche et développement à plusieurs niveaux :

- Nouvelles batteries : augmentation de la densité énergétique, miniaturisation, réduction des coûts de fabrication grâce aux effets volumes et à des procédés de production alternatifs
- Efficacité énergétique des équipements embarqués : concepts de gestion thermique, de pompes à chaleur pour réduire l'impact du chauffage ou de la climatisation sur l'autonomie
- Poids des équipements : la miniaturisation et l'allègement des équipements est un axe majeur de progression en termes d'économie d'énergie et d'autonomie

**Les voitures autonomes :** Avec le développement de la voiture autonome, les autorités ont décidé de créer des normes permettant de classer les voitures selon leur niveau d'autonomie (nombre de fonctions primaires prises en charge par l'ordinateur de bord). Plus précisément il existe deux propositions de classement des systèmes d'assistance automatisée à la conduite (ADAS), qui ne sont ni l'une ni l'autre des standards reconnus au niveau international : celui proposé en 2014 par l'organisation internationale des constructeurs automobiles (OICA) en 6 niveaux, et celui de la société des ingénieurs automobiles (SAE) en 5<sup>179</sup> niveaux. La sécurité routière française a choisi celui de l'OICA. Il est important de noter que les véhicules autonomes de niveau 3<sup>180</sup> sont encore très peu commercialisés du fait de verrous techniques encore importants, notamment en ce qui concerne la fiabilisation. En ce qui concerne l'autonomie de niveaux 4 et 5<sup>181</sup>, d'autres progrès sont attendus en termes de nettoyage des équipements, d'éclairage de la route selon deux spectres lumineux différents (un pour les yeux du conducteur, l'autre pour la caméra) ou encore d'algorithmes pour analyser la quantité massive de données dans une approche intégrée à la ville intelligente. Plus largement, la faisabilité au niveau de l'autonomie dépend de l'usage : aujourd'hui on observe déjà des expérimentations de niveau 5 dans le domaine des transports publics ou sur grands sites industriels. Le déploiement de ces technologies dans ces transports spécifiques devrait être plus rapide que dans les voitures personnelles. La raison principale est que les navettes parcourent des itinéraires connus, couverts par le réseau 4G, où les piétons sont absents et les vitesses limitées. Les conclusions du colloque organisé par le think tank Mécacités en 2017 vont dans ce sens en estimant que les voitures autonomes personnelles de niveau 5 ne devraient arriver sur le marché qu'en 2026 au plus tôt, citant notamment la feuille de route des fonctions de conduite automatisée selon Bosch.

**Les voitures connectées :** Le marché mondial de l'automobile connectée devrait connaître un taux d'adoption élevé dans les prochaines années compte tenu de la demande croissante en matière de connectivité, de sécurité et d'info-divertissement des consommateurs. Évalué en 2015 à **35,81** milliards de dollars et le marché des voitures connectées devrait atteindre **144,95 Mds\$ en 2020**. Autrefois réservé aux au segment des voitures de luxe, ces nouveaux véhicules pénètrent progressivement l'ensemble des offres des constructeurs automobile.

Par ailleurs, il convient également de souligner que l'un des principaux éléments critiques concernant les voitures connectées, et bientôt autonomes, est le système d'exploitation. Traditionnellement, la concurrence entre les constructeurs automobiles se limitait à la capacité du moteur, à l'accélération et à la puissance du véhicule. Mais, récemment, les fabricants et les équipementiers se sont tournés vers l'exploitation du tableau de bord. « Le logiciel pour l'automobile de demain sera ce que le moteur était à l'industrie automobile depuis cent ans » déclarait Johann Jungwirth, le directeur digital de Volkswagen, en constatant que la mécanique et la thermique ne sont plus les piliers majeurs de l'industrie. Les acteurs interrogés ont confirmé que la tendance à la connexion des voitures contribuait à la transformation des véhicules en de « véritables smartphones sur roues ». Il est à noter que plusieurs stratégies émergent quant aux choix de l'architecture. **La première option serait de se reposer sur les smartphones** que l'on connecte à la voiture par câble ou Bluetooth, le smartphone servirait alors par extension de systèmes d'exploitation. La deuxième option serait **de développer des systèmes complètement intégrés à la voiture**, et pour ce cas de nombreux acteurs se positionnent. Google et Apple ont été les grands gagnants concernant le mobile, Microsoft pour les ordinateurs et ils souhaitent poursuivre leur hégémonie sur le marché automobile mais Amazon souhaite également entrer sur le marché en proposant Alexa son nouvel assistant vocal. **En plus des GAFAs, les acteurs traditionnels de l'industrie automobile tels que Renault travaillent sur ce sujet.** Par exemple, la reprise des locaux d'Intel à Sophia Antipolis par Renault ont permis de lancer Renault Software Labs. **De nouveaux acteurs innovants du numérique émergent également**, une startup française créée en 2015 et basée en Bretagne, IoT.BZH, développe 70% de l'OS Automotive Grade Linux adopté par Toyota. Par rapport à la profonde mutation observée, les constructeurs s'interrogent sur la place du hardware dans le véhicule de demain qui risque de devenir une commodité à faible valeur tandis que toute la valeur se reporte sur le logiciel.

---

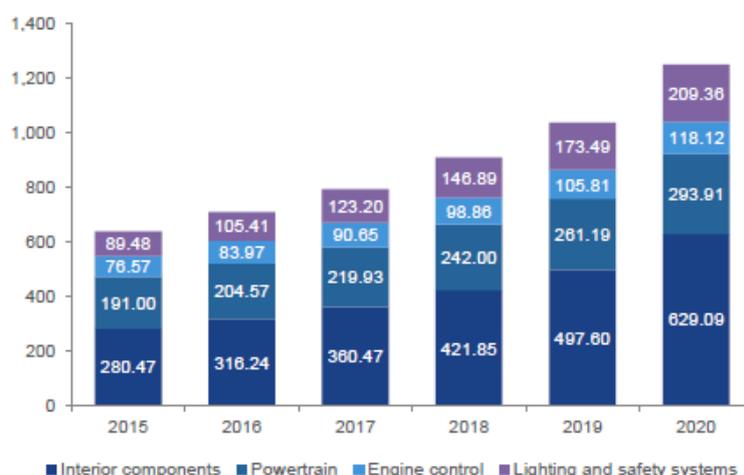
<sup>179</sup> Classement des niveaux d'autonomies d'un véhicule

<sup>180</sup> Au sens de la SAE – Automatisation conditionnée : le conducteur délègue totalement la conduite dans des situations prédéfinies.

<sup>181</sup> Au sens de la SAE – Niveau 4 : très haute automatisation (l'intervention du conducteur n'est plus du tout nécessaire, sauf dans certaines situations extrêmes) & niveau 5 l'automatisation totale (Le véhicule est entièrement automatisé. Plus de volant à bord, les passagers n'ont qu'à monter et renseigner leur adresse de destination).

## ■ L'électronique automobile est aujourd'hui tirée par la demande en matière de divertissement à bord et de sécurité

Les trois révolutions simultanées de l'industrie automobile présentées précédemment se traduisent donc par un élan d'innovation dans le domaine des systèmes de sécurité, de l'info-divertissement, de l'électrification des mécanismes moteurs et des technologies de propulsion. Ces tendances dans l'industrie font augmenter le contenu électronique des véhicules. Bien que le marché global de l'électronique automobile connaisse une forte demande, **des différences significatives sont observées dans la dynamique du marché basée sur les applications**. Il apparaît aujourd'hui que les grands équipementiers et constructeurs se soient mis d'accord pour standardiser les solutions électroniques. En effet, une analyse croisée confirme que la **demande** en matière d'électronique automobile est principalement tirée par un consommateur final soucieux d'augmenter son expérience à bord avec une **offre de divertissement complète** ou par les enjeux de **sécurité** en partie imposés par les nouvelles réglementations.



**Figure : Segmentation du marché électronique dans l'automobile par composants (en Milliards de \$)<sup>182</sup>**

**Composants intérieurs, croissance annuelle de 17,53 % :** L'infotainment est un domaine majeur de l'électronique pour l'intérieur des véhicules et qui inclue notamment les systèmes de navigation, audio et solutions de connectivité en tous genre. La concurrence entre les constructeurs automobiles a conduit à l'infotainment en tant que différenciateur de produit, conduisant ainsi à l'adoption rapide de tels systèmes dans les véhicules d'entrée de gamme. Ce segment devrait croître à un rythme relativement plus rapide que les autres domaines d'application de l'électronique automobile. Cela a amené les constructeurs automobiles à investir activement dans le développement de composants intérieurs de pointe. Enfin, l'esthétique du véhicule est un autre facteur clé influençant le marché de l'électronique automobile pour l'intérieur des véhicules. Il est observé que les équipementiers investissent activement dans l'offre de produits haut de gamme pour tous les types de véhicules, avec par exemple l'utilisation de panneaux LED intérieurs et de panneaux OLED.

**Groupe motopropulseurs, croissance annuelle de 9% :** Les composants du groupe motopropulseur comprennent les alimentations du véhicule, les transformateurs de puissance, les calculateurs et les capteurs de transmission. La transmission automobile, qui est l'élément clé, a évolué au cours des dix dernières années avec l'introduction de boîtes de vitesses automatiques sophistiquées. Le segment de la motorisation affiche une faible tendance à la croissance, avec le taux de croissance annuel le plus faible de tous les segments.

**Contrôle électronique du moteur, croissance annuelle de 9,06% :** Les composants de commande du moteur comprennent notamment l'ABS, les calculateurs, les systèmes électroniques d'injection de carburant et les systèmes de verrouillage automatisés. En d'autres termes, toutes les fonctions mécaniques des véhicules qui sont soit contrôlées par l'électronique, soit transformées en fonctions électroniques sont incluses dans les composants de commande moteur.

<sup>182</sup> Source : Source : Technavio : Global Auto Electronics Markets 2016-2020

**Eclairage et systèmes de sécurité, croissance annuelle de 18,53%** : La recherche de la sécurité automobile est considérée comme l'un des principaux moteurs du développement de l'électronique automobile. Des équipements électroniques tels que des capteurs et des caméras sont maintenant installés, même dans les véhicules d'entrée de gamme. Cela a accru la demande de dispositifs électroniques embarqués pour examiner les situations et prévenir les accidents tels que des systèmes d'aide à la conduite et de sécurité, les avertisseurs de collision avant, les systèmes de vision de l'environnement et les systèmes de vision nocturne. Le segment des systèmes d'éclairage et de sécurité affiche une forte croissance, avec le taux de croissance annuelle le plus élevé de tous les segments. L'une des principales raisons pour lesquelles ce segment a pu bénéficier d'un tel élan est la pression que lui ont imposée les autorités réglementaires. La réglementation récente a fait de la sécurité une priorité pour les constructeurs automobiles, compte tenu de la prévalence élevée des décès liés à l'automobile dans les pays des Amériques, en Europe et au Japon.

## ■ Focus sur les dynamiques d'innovation et maturités technologiques associées aux différents segments de marchés.

Les systèmes de sécurité apparaissent notamment comme les composants bénéficiant **du plus grand degré d'innovation** que ce soit pour des produits nouveaux tels que la vision nocturne, les *smart* airbags, les systèmes d'aides automatisées à la conduite (ADAS), ou les produits plus matures tels que l'ABS, les régulateurs de vitesse etc. Par ailleurs, on peut remarquer que **les composants intérieurs sont les principaux responsables de la nouvelle dynamique** du marché dans la mesure où tous les produits concernant cet aspect sont en pleine phase de développement et commencent à être introduits sur le marché. Ces produits pour l'instant apparaissent aux yeux de certains acteurs comme potentiellement intéressants à fabriquer pour les EMS français car **ils remplissent les principaux critères, à savoir la haute valeur ajoutée et les faibles volumes**. En effet, bien que les volumes globaux soient élevés, la gamme de produits est relativement restreinte, la fabrication à flux tendus rationalisée exige des lots de petite taille (entre quelques unités et 30) permettant d'entraîner une réduction des coûts de stockage. En ce sens, il apparaît primordial pour les acteurs d'avoir des lignes de production flexibles pour faciliter et accélérer le changement fréquent de produits et répondre aux attentes à court terme des constructeurs. Inversement d'autres acteurs pensent qu'il est déjà trop tard et que l'opportunité est déjà passée et que les EMS français ne sont déjà plus en capacité de produire ces équipements.

**Tableau : Cycle de vie des composants électroniques dans l'automobile**

Maturité technologique	Catégorie	Exemple de systèmes électroniques
Mise sur le marché	Sécurité	Caméras infrarouges pour la conduite de nuit
		Détection des angles morts
		Aide à la conduite automobile (freinage automatique, système anticollision, aide au parking...)
Croissance	Intérieur du véhicule	Dispositifs d'affichage tête haute
		Eclairage intelligent
	Sécurité	Correcteur de trajectoire
		Airbag intelligent
Maturité	Contrôle moteur	Start stop et transmission ECU
	Intérieur du véhicule	Systèmes télématiques
	Sécurité	ABS, ACC, TPMS
Déclin	Contrôle moteur	EFI, OBD
	Sécurité	Airbag conducteur standard
	Contrôle moteur	Unité de contrôle de suspension

## ■ Une demande de qualité croissante

Selon les données de l'Organisation mondiale de la santé, près de **1,3 million de personnes** meurent chaque année sur les routes dans le monde ; l'année dernière, **25 000** de ces victimes sont décédées dans l'UE. Au cours de la dernière décennie, le montant du préjudice financiers due aux accidents de la route est estimé à environ 160Mds\$. Il en découle une préoccupation croissante en matière de sécurité, tant chez les consommateurs que chez les autorités gouvernementales.

Les composants et systèmes électroniques pour les applications automobiles, qui évoluent souvent dans un environnement sévère (température, humidité, vibrations, accélération, etc.), exigent une conformité et une certification de contrôle de la qualité supérieure<sup>183</sup> à celles d'autres applications de l'industrie et grands-public (comme par exemple les applications pour le segment des « 3C »). Aussi, l'industrie automobile impose des normes strictes aux fabricants de composants électroniques à destination des véhicules. Par exemple, pour les applications automobiles une certification TS16949<sup>184</sup> supplémentaire est requise en plus des normes ISO 9000 et ISO 9001. Plus largement l'industrie de l'électronique automobile a mis en place des programmes d'excellence en assurance qualité visant un objectif de zéro défaut, ce qui nécessite une bonne coopération entre toutes les composantes de la chaîne d'approvisionnement.

	Consumer	Industrial	Automotive
Temperature	0 to 40°C	-10 to 70°C	-40 to 160°C
Operation time	2 to 5 years	5 to 10 years	Up to 15 years
Humidity	Low	Environment	0% to 100%
Supply	Average 1 year	2 to 5 years	Up to 30 years
Tolerated failure rate	<10%	<<1%	Target: 0% failure

**Figure : Analyse comparative des conditions opérationnelles de fonctionnement d'un système électronique entre le grand public, l'industrie et l'automobile**

## ■ Une Chaîne de valeur verticale et traditionnelle dynamisée par l'entrée de nouveaux acteurs

Jusqu'à présent, le marché de l'électronique automobile était réservé aux acteurs ayant une longue expérience dans le domaine de l'automobile. Cependant la pénétration de l'électronique dans les véhicules et les perspectives de marché associés ont conduit de nombreux acteurs (souvent non spécialistes du secteur), à s'y positionner<sup>185</sup>.

**L'industrie de l'électronique automobile se compose aujourd'hui d'un paysage concurrentiel assez complexe**, où le marché compte quelques méga-fournisseurs qui opèrent en tant qu'intégrateurs de divers composants électroniques automobiles et en tant que fournisseurs de systèmes pour les donneurs d'ordres.

<sup>183</sup> La défaillance d'un composant qui semble inoffensive dans un produit de consommation pourrait avoir des conséquences majeures pour la sécurité d'un véhicule en mouvement.

<sup>184</sup> Le TS16949 est une certification qui standardise les méthodes asiatiques, américaines et européennes de fabrication électronique pour l'industrie automobile. Cette norme représente une certification de bonne foi, comparativement à d'autres normes de contrôle de la qualité qui mettent l'accent sur le système et le processus de production pour maintenir la qualité dans la fabrication automobile.

<sup>185</sup> Source: Technavio: Global Auto Electronics Markets 2016-2020

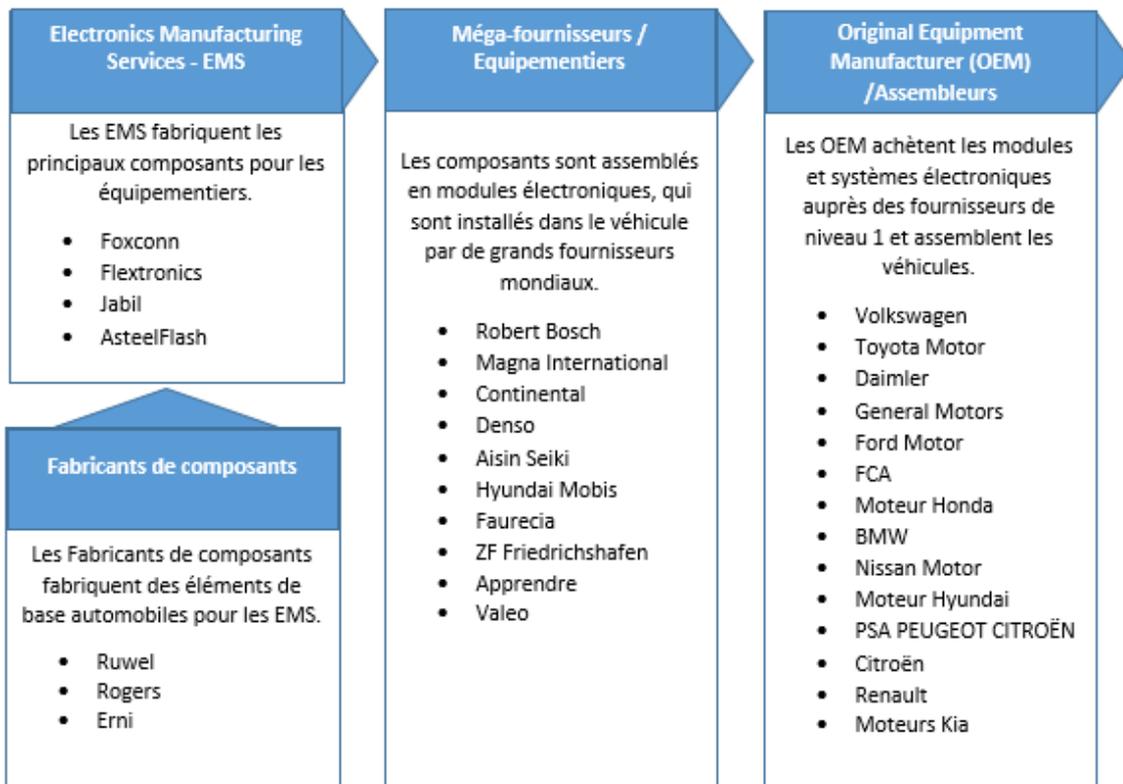


Figure 3: Description des acteurs dans le secteur de l'automobile

## Chaîne de valeur et analyse de la demande en matière de fabrication électronique dans l'industrie automobile.

### ■ Un modèle traditionnel encore dominant

L'externalisation de la fabrication de manière générale a commencé au début et au milieu des années 1980, lorsque le concept de compétence de base a gagné du terrain dans l'industrie automobile. Par exemple en jugeant que la valeur ajoutée de la fabrication électronique était trop faible, certains équipementiers ont décidé de sous-traiter sa production, en vendant ses sites de fabrication à des EMS. Pour les OEM, ceci a eu pour impact d'augmenter les marges, de développer de nouveaux produits mais également de réduire le délai de mise sur le marché. Aujourd'hui les EMS intègrent de manière croissante des activités de conception en plus des activités de production. Cette tendance est un souhait émanant des deux parties : **d'un côté les OEM ont perdu en compétences, ils sont donc favorables à ce transfert et de l'autre les EMS** apportent un complément à leur offre augmentant leur apport en valeur ajoutée. Il apparaît que cette stratégie impacte les EMS à plusieurs niveaux :

- § Leurs ressources humaines : les stratégies de recrutement évoluent que ce soit au niveau de l'atelier avec des profils plus expérimentés (ingénieurs et techniciens) et compétents mais également au niveau de la partie commerciale, où la relation clientèle a pris une tout autre dimension.
- § Leur développement commercial : les stratégies de prix évoluent également. Il faut savoir que dans un produit le prix est en majorité corrélé à la conception de celui-ci, et devrait même à terme impacté à plus de 80% son montant. Cette stratégie permet donc d'avoir plus de liberté.

## ■ Une nouvelle course à l'internalisation de la fabrication électronique chez les OEM

Néanmoins compte tenu de la pénétration de l'électronique dans le secteur automobile depuis ces dix dernières années, **certains équipementiers ont fait le choix de réinternaliser une partie de la production** pour valoriser au mieux leur nouveau cœur de métier et leur expertise, réduisant année après année la part de sous-traitance. En premier lieu car les équipementiers ne peuvent pas faire appel aux EMS pour tous les types de produits : en tant qu'intégrateurs qui livrent des modules complets aux constructeurs, les équipementiers doivent intégrer en plus des compétences électroniques, des compétences mécaniques (en complément des normes et règlements) que les EMS n'ont pas forcément acquises. Ainsi certains méga fournisseurs ont fait le choix de proposer une production interne sans passer par fournisseurs de services en fabrication électronique et approvisionnent directement les grands constructeurs de leurs produits « maisons ». Les bonnes performances économiques enregistrées par les acteurs ayant choisi cette stratégie sont pour eux significatives de la pertinence de ce choix. Il peut néanmoins arriver que des équipementiers non électroniciens viennent sous-traiter aux spécialistes de l'électronique les faisant ainsi reculer d'un rang dans la chaîne de valeur. Néanmoins pour pouvoir entreprendre ce modèle, certaines composantes apparaissent comme primordiales :

**Une innovation continue** : les grandes exigences de qualité et de performance dans un milieu toujours plus concurrentiel obligent ces acteurs à entreprendre des démarches innovantes sur plusieurs domaines :

- Les produits complexes sont un biais pour se différencier des autres acteurs, il faut donc intégrer des BU consacrées à la R&D.
- Les moyens de production sont également impactés. Il est évident que les performances des produits sont directement liées à l'efficacité des moyens de production. Les entreprises ayant choisies cette stratégie ont dû moderniser leur parc d'outil. Ainsi l'automatisation est privilégiée, que ce soit au niveau de l'assemblage ou du contrôle. Des machines spéciales intégrant des systèmes complets flexibles et évolués sont nécessaires (Machines CMS, cobots, contrôle laser...). Toutes ces innovations permettent aux acteurs de répondre aux exigences, à la qualité et aux cadences requises par le secteur.

**Une mise en compétition des différents business unit du groupe** : pour poursuivre cette montée homogène en compétence au sein du groupe, la stratégie mise en place repose sur l'édition d'appel d'offre interne. Ce cahier des charges exprimant les besoins du groupe permet de réaliser un benchmark des différents sites de production et de stimuler une compétition saine. Cette stratégie peut être complétée dans des cas très précis (surcharge ou outils de production non disponibles en interne) par des demandes de sous-traitance. Etant des demandes très ponctuelles, cette partie n'est pas très significative de l'activité globale et si jamais elles venaient à augmenter des investissements seront alors étudiés pour supprimer cette nouvelle dépendance.

## ■ Des constructeurs finaux qui souhaitent reprendre la main sur l'électronique

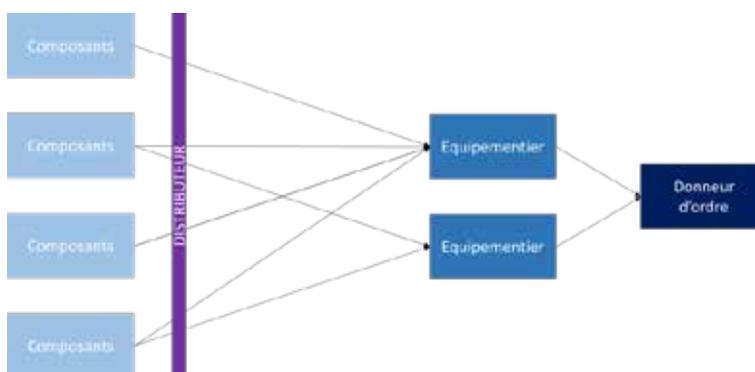
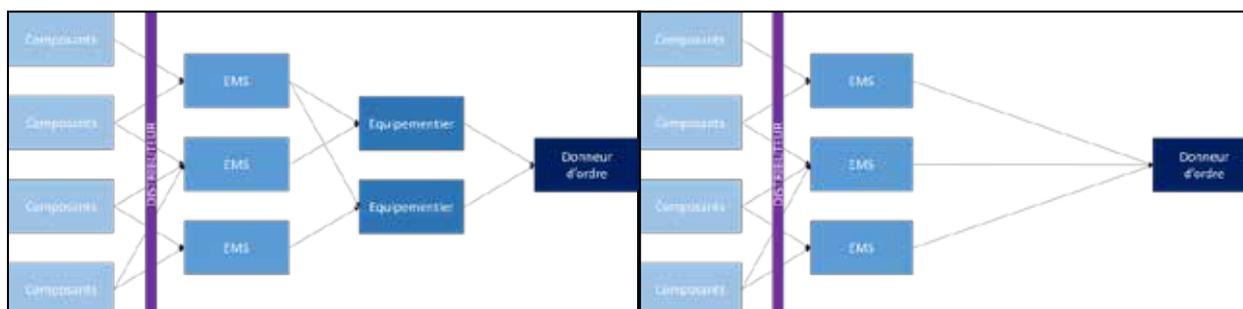
D'autres acteurs ont essayé, il y a une dizaine d'années, de briser les silos ainsi que les modèles économiques pour faire en sorte que les constructeurs discutent directement avec les EMS. Après s'être éloignés, années après années, de l'électronique et de la fabrication, les constructeurs réfléchissent aujourd'hui à des stratégies de make or buy afin de devenir leur propre équipementier de rang 1. Par cette stratégie les constructeurs espèrent par le biais d'usines électroniques réinternaliser une part des compétences qui sont un point technique différenciant sur le marché au vu du rôle de l'électronique au sein des 3 mutations technologiques décrites précédemment. Si les acteurs de la demande jugent la relation avec les EMS français bénéfique pour les phases de conception et de design (réalisation des tests sur les outils de production des EMS, placement des composants adaptabilités,), ils pressentent une inadéquation structurelle de ces entreprises par rapport au modèle de fabrication attendu. En effet que ce soit du point de vue financier, des effectifs ou surtout des outils de production (performance et qualité), le tissu des EMS françaises est en effet majoritairement composé de petites structures de moins de 50 employés ce qui ne rend pas la production en série de grand volume possible.

Ces deux stratégies traduisent la même volonté, simplifier la chaîne de valeur et s'appropriier le maximum de valeur ajoutée. Il apparaît que les EMS peuvent jouer un rôle déterminant en développant des compétences et en intégrant des phases de design tout en conservant l'aspect production ce qui leur permettra de monter dans la chaîne de valeur et décharger les méga fournisseurs. Ces modifications de la chaîne de valeur traditionnelle ne sont réalisables qu'avec un tissu industriel de sous-traitance compétent et efficace et il semble que pour l'instant toutes les caractéristiques ne soient pas réunies.

## ■ La supply Chain et sa potentielle évolution selon les différentes stratégies choisies

Dans le cas de la première ainsi que dans la troisième stratégie les distributeurs de composants conversent avec leurs clients ; les EMS qui sont en plus grands nombre que les équipementiers et les donneurs d'ordre, on aboutit donc à une distribution complexe avec des flux variables selon la taille d'acteurs avec des localisations et des besoins précis plutôt en faible volume. Pour un donneur d'ordre donné, les flux pour les distributeurs sont sensiblement les mêmes.

Dans le cas de la deuxième stratégie, les équipementiers, (OEM) viennent supplanter le rôle des EMS en internalisant toute la partie sous-traitance.



Les nombres d'acteurs étant moins importants à cibler pour les distributeurs de composants la supply en est simplifiée, les flux sont plus importants en termes de volume mais pas en termes de nombre. Pour conclure, dans le cas d'un volume de production électronique constant avec un donneur d'ordre. On peut aboutir à cette analyse :

$$\text{Nombre de flux de distributeurs} \times \text{Volume des flux de distributeur} = \text{Nombre de flux de distributeurs} \times \text{Volume des flux de distributeur}$$

## ■ Relations entre les EMS et leurs fournisseurs.

Généralement en France, un EMS sous contrat commande la plupart des composants par l'intermédiaire de distributeurs plutôt que directement auprès du fabricant de composants. Une prévision de la demande est établie et une caution représentant le nombre de pièces que le distributeur garantit disponible pour le projet est convenue. Cependant, il existe d'autres dynamiques qui rendent le risque de perturbation de la chaîne d'approvisionnement plus élevé que lors des années précédentes. Premièrement, il y a eu un changement générationnel dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement. Les anciens gestionnaires et les ingénieurs qui avaient établi des relations face à face avec leurs fournisseurs ont pris leur retraite. La nouvelle génération travaille à distance, l'industrie automobile est passée à l'échange de données électroniques et aux processus de portail en ligne pour faciliter et accélérer la communication. Les fabricants sous contrat ont adopté des méthodes similaires pour rationaliser le processus de la chaîne d'approvisionnement.

## ■ Une localisation des sites de production des EMS évaluée selon plusieurs critères

Toujours dans l'optique d'optimiser les coûts et de réduire les prix compte tenu des forts volumes produits dans le secteur automobile, les activités non essentielles des équipementiers ont ainsi été transférées à des sous-traitants dans des pays à faibles coûts, libérant ainsi le capital humain pour se concentrer sur les activités principales. Suite à cette délocalisation, les acteurs français de l'automobile déclarent qu'il est dorénavant très difficile depuis 10-15 ans se battre contre la Chine et les pays d'Europe de l'Est par rapport au prix de revient des produits, du fait du faible coût de main d'œuvre. L'Europe de l'Est apparaît comme une zone de plus en plus intéressante, dans le sens où le coût de main d'œuvre n'est pas extrêmement plus chère qu'en Asie et que les coûts de transport ont explosé ces dernières années.

- § **Coûts de main d'œuvre** : C'est pourquoi, même les principaux EMS Français ont commencé à délocaliser les produits peu complexes à fort volume, dans les pays tels que la Tunisie. Cependant cette stratégie ne semble pas pertinente pour toutes les EMS. En effet celles de taille plus raisonnable (moins de 50 personnes), ne sont pas compétitives pour ce type de produits et ne peuvent engager de tels investissements à l'étranger, conservant l'écart de coûts définitivement trop important entre la France et l'Europe de l'Est et l'Asie. Il reste néanmoins que cet écart se réduit d'année en année à cause de la hausse du niveau de vie en Chine et des investissements sur les outils de production. Toutefois la production d'électronique automobile a subi une hausse tellement importante ces dernières années, que même les sites d'Europe de l'Est n'étaient pas capacitaires. Ce surplus de production a pu être en partie transféré, aux EMS Françaises et a permis de maintenir une certaine activité.
- § **Complexité des produits et des compétences nécessaires...** Il est apparu que les produits dont la production avait été conservée en France correspondaient à des produits de haute valeur ajoutée et assez complexes avec des exigences relativement élevées en termes de robustesse, sécurité et qualité. La production de ces éléments qui sont fabriqués en volume plus faible que les composants standards, nécessite des compétences spécifiques mais également des moyens de production à la pointe de l'innovation. Il ressort donc un besoin conséquent vis-à-vis des machines qui doivent être flexibles et adaptables au possible pour permettre de fabriquer de nombreuses références différentes sans pour autant pénaliser la production. L'automobile fait également partie des secteurs très réglementés, il existe des certifications automobiles qu'il est obligatoire de respecter. Pour cela un processus cadré et du personnel qualifié sont des prérequis essentiels et interviennent dans le choix des sites de production.
- § **Proximité géographique entre la R&D et les unités de production** : Malgré cette tendance, certains donneurs d'ordre français éprouvent la volonté de sourcer des EMS français. La raison la plus importante restant la proximité, celle-ci facilite la communication et l'élaboration du design en analysant les procédés de fabrication utilisés. De plus la délocalisation qui a créée de la distance entre ces acteurs a été aussi responsable de la défaillance de composants essentiels et ont provoqué de nombreux accidents et décès, ainsi que des problèmes juridiques subséquents.<sup>186</sup> Même si la qualité de la production et des matières premières mis en jeu dans les pays à faibles coûts se stabilise de nombreux cas d'utilisation de composants contrefaits apparaissent. La proximité peut permettre d'éviter ce genre de situation, car le donneur d'ordre peut plus facilement observer et demander des

---

<sup>186</sup> The automotive electronics market: A view from a material supplier

comptes à ses sous-traitants, on voit même émerger des rapatriements de production depuis la Chine. En ce sens, étant donné que les EMS partent s'implanter ailleurs pour les différentes raisons évoquées ci-dessus, les donneurs d'ordres commencent à réfléchir à implanter des usines d'intégration pour poursuivre cette logique de proximité nécessaires à la relation EMS/OEM tout en conservant les coûts faibles de la main d'œuvre.

A contrario, au niveau des équipementiers développant leurs produits en interne, les centres de R&D sont souvent cantonnés aux pays d'origine (occidentaux) alors que les usines de production sont réparties à travers le monde, en fonction de la localisation du constructeur. En effet compte tenu des flux extrêmement tendus, le choix d'un site se fait prioritairement sur la proximité avec le client final mais également sur les compétences disponibles sur le territoire. On voit ainsi des sites de production répartis tout autour du monde (Mexique, Hongrie, Asie, Chine), qui dans le cas de sous-traitance vont sourcer des EMS au niveau local pour faciliter la réactivité. A l'aide de leurs usines les plus anciennes qui détiennent le savoir-faire original, (les mother plants), les nouvelles implantations mondiales. Ce constat couplé au fort volume de production, rend les EMS Françaises peu attractives pour les leaders mondiaux des équipementiers. Elles sont cependant sollicitées sur deux activités bien spécifiques :

§ Pour les activités de prototypage, leurs interactions avec les centres de R&D sont facilitées par la proximité : après validation des prototypes, la production est envoyée aux EMS de plus grandes capacités à travers le monde. L'intérêt de ce dispositif est la grande réactivité (quelques jours) ainsi que de ne pas pénaliser la production des usines en interne.

§ Pour les produits en after market, qui nécessitent obligatoirement une production de pièces détachées pendant les 10 prochaines années.

## ■ Des volumes associés aux véhicules du futur déjà très importants et qui pourraient déjà échapper à une fabrication en sous-traitance sur le territoire

Les perspectives des évolutions technologiques de l'automobile, voitures autonomes, connectées et électriques, en pleine expansion apparaissent comme des vecteurs de potentiel reprise de production sur le territoire français. Cependant, certains acteurs peuvent penser que le virage est déjà pris et que les demande étant de plus en plus conséquentes ne font plus apparaître les EMS françaises comme attractives pour de tels niveaux de production. **La possibilité serait de se consacrer aux marchés de niches (voitures de luxes ou navettes collectives)** même si les gouvernements mettent en place des législations facilitant l'achat de certains de ces types de véhicules. En effet, les voitures électriques commencent à devenir un standard, même si elles restent en général plus cher que d'autres modèles équivalents sur le marché, ainsi la production de ces équipements spécifiques sont déjà demandés en quantité supérieure à la capacité des EMS Française. Les concepts de la voiture en partage ou des navettes collectives pourraient être intéressants, ces marchés de niche à destination de plusieurs utilisateurs pourraient donc permettre de garder des prix élevés et de réduire les quantités de production compte tenu du regroupement des utilisateurs.

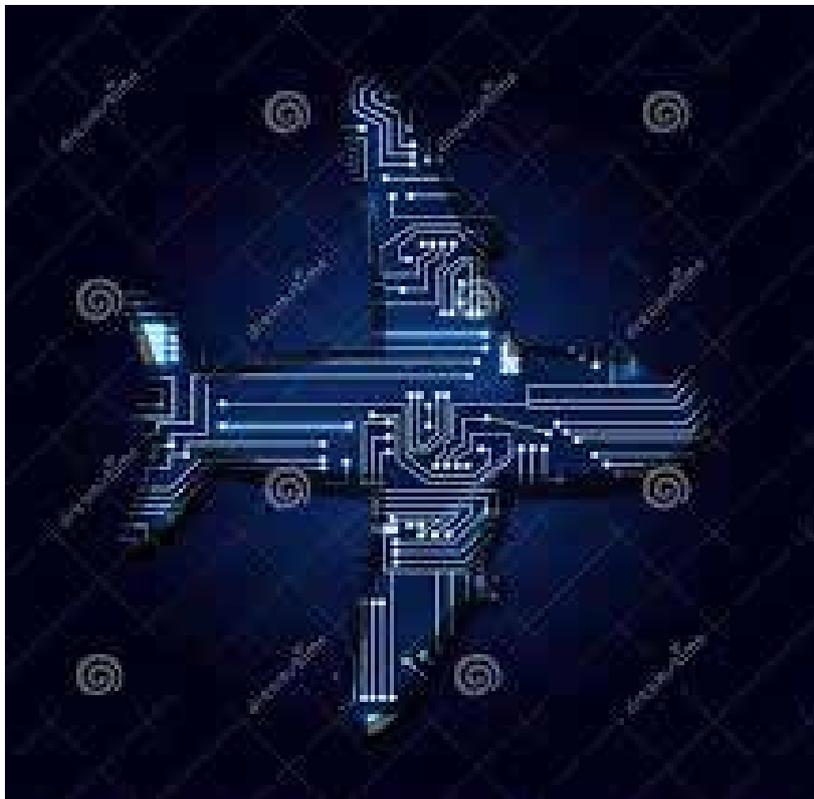
**Tableau : Synthèse SWOT de la demande de fabrication électronique dans l'industrie automobile**

FORCES		FAIBLESSES	
§	Le marché de l'industrie automobile présente une croissance mesurée de l'ordre de 2-4%.	§	L'électronique automobile est certainement la dernière industrie électronique grand volumes à développer et fabriquer sur le territoire européen.
§	La part de composants électroniques représente 22% du coût de fabrication d'un véhicule.	§	Une chaîne de valeur toujours très verticale malgré l'arrivée de nouveaux acteurs provenant de l'électronique grand public.
		§	Une sous-traitance pour partie délocalisée dans les pays à bas coût de main d'œuvre.
OPPORTUNITES		MENACES	
§	Une tendance des donneurs d'ordres à abandonner les phases de conception et de design au profit des EMS.	§	Un paysage concurrentiel très marqué.
§	Une chaîne de valeur en transformation.	§	Des volumes de production cohérents avec des stratégies de délocalisation.
§	La France mène une politique volontariste en matière de véhicule connectée (expérimentations de navettes autonomes, ...)	§	La supply chain devient un des enjeux stratégiques pour répondre de façon pertinente à la demande croissante en matière de production électronique.

# VOLET 3

---

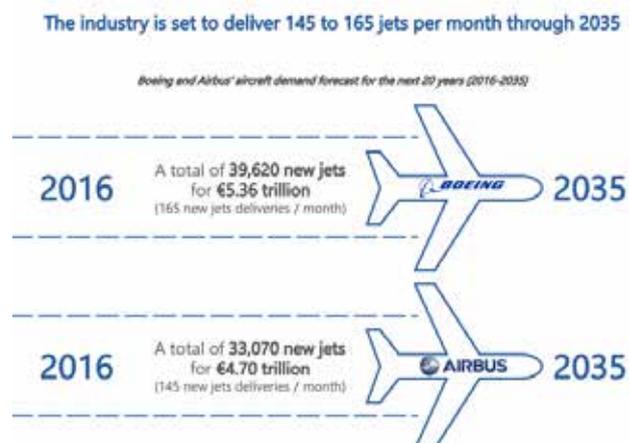
## Partie 3 : aéronautique



### Dynamiques économiques et tendances du marché de l'industrie aéronautique

#### ■ Un marché mondial en croissance de 250 milliards de dollars par an jusqu'en 2035

L'industrie de la fabrication d'avions civils affiche des perspectives de croissance favorable dans les années à venir. La flotte mondiale d'avions de transport de passagers et de fret devrait plus que doubler au cours des deux prochaines décennies. Avec une moyenne de 155 avions à livrer tous les mois chez les grands assembleurs tels qu'Airbus et Boeing, la flotte en service devrait croître de manière significative, atteignant les 45 240 appareils en 2035 contre 22 510 en 2015. La valeur du marché devrait atteindre environ 5 Mds\$ au cours de cette période ou une augmentation moyenne de 250 milliards de dollars par an. Une grande partie de cette croissance devrait être alimentée par des avions monocouloirs (71%).



**Figure : Les prévisions d'Airbus et Boeing d'ici 2035**

Une dynamique identique est constatée pour la demande en jets d'affaires qui, après avoir connu une dernière décennie morose, devrait se redresser avec des livraisons annuelles prévues de l'ordre de 840 par an sur la période 2017-2026, pour une valeur de marché annuel de 22 milliards, contre 793 livraisons annuelles et une valeur de marché annuelle de 17,7 milliards sur la décennie précédente.

La demande en avions commerciaux proviendra essentiellement de l'Asie-Pacifique tandis que celle pour les avions d'affaires d'Amérique du Nord. En 2035, l'Asie-Pacifique devrait accueillir 38% de la flotte mondiale d'avions en service.<sup>187</sup>

### ■ Une consolidation observée chez les équipementiers en parallèle d'une stratégie de ré-internalisation des activités amorcées par les avionneurs.

Par ailleurs, après des années d'externalisation, les avionneurs semblent amorcer un mouvement de réinternalisation de certaines activités pour notamment pérenniser leur approvisionnement et monter en compétence sur certains savoir-faire stratégiques à forte valeur ajoutée. Par exemple, le groupe Boeing a annoncé en 2017 la création d'une nouvelle division destinée à la conception et la fabrication avionique et qui a progressivement récupéré une partie des projets confiés aux équipementiers UTC et Honeywell dans un objectif de réduction des coûts.

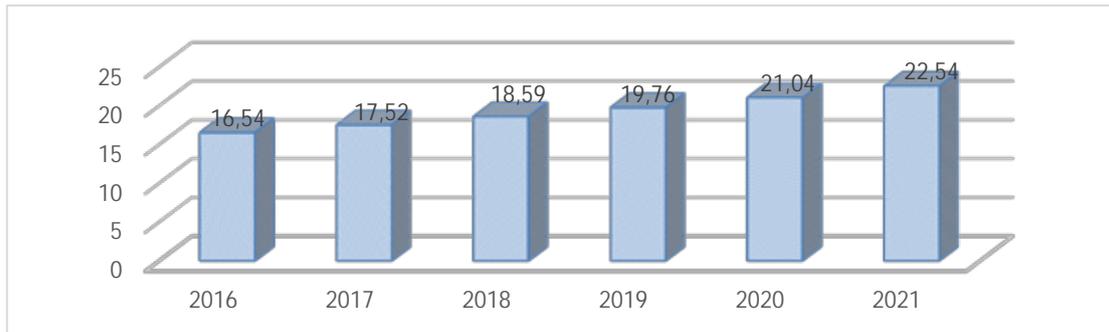
Parallèlement, le maillon des équipementiers de l'aéronautique connaît une forte tendance de consolidation avec notamment le rachat par Safran de Zodiac Aerospace ou le rachat par l'entreprise Rockwell Collins (par la suite acquise par United Technologies) de B/E Aerospace. Les synergies créées par ces consolidations permettent aux équipementiers de se positionner favorablement dans leurs relations avec leurs clients en matière d'innovation et de cadences de production.

### ■ L'électronique représente près de 20% des systèmes installés dans un avion

Désigné sous le terme « Avionique », les équipements et systèmes électroniques sont des éléments omniprésents dans le pilotage des aéronefs : la part de l'électronique dans l'industrie aéronautique, en croissance continue depuis plusieurs années, représente en 2017 plus de 17 Mds et près de 23Mds en 2021, soit une hausse de 29% en 4 ans.

Aujourd'hui, l'avionique représente 18% des composants présents dans un avion. Face à ce besoin croissant d'électronique dans les aéronefs, l'industrie aéronautique et aérospatiale constitue un marché applicatif important et pérenne pour les fabricants et distributeurs de composants électroniques.

<sup>187</sup> Source Boeing, The global aircraft Industry: The market



**Figure : Evolution du marché de l'avionique de 2016-2021 (milliards \$)**

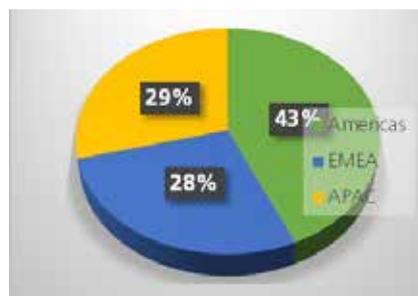
La présence des composants électroniques devrait par ailleurs être renforcée avec l'arrivée de la nouvelle génération d'avion comme le Boeing 787 ou encore le Airbus A350. Parallèlement, l'accroissement des normes de sécurité induit aussi de nouvelles demandes de systèmes électroniques tels que l'auto-GCAS permettant de détecter des problèmes dans le pilotage de l'avion.

L'augmentation du poids de l'électronique dans un avion en volume se traduit également par une augmentation de la part de l'électronique dans le coût total de l'appareil<sup>188</sup> :

- § Avant les années 2000 la part de l'électronique représentait 7% du prix de l'avion, soit 3M€ en moyenne (par exemple pour des modèles de type Airbus A320 et Boeing B737)
- § Dans les modèles plus récents à l'image des Airbus A350 et Boeing 787 qui sont aussi des plus gros porteurs, le contenu électronique avoisine les 12% du prix total soit 12M€ en moyenne. Certaines fonctions mécaniques et pneumatiques sont remplacées par des fonctions électroniques (les freins par exemple pour les systèmes d'atterrissage et de freinage, systèmes de sécurité et fonctions électroniques déportées dans les ailes et la carlingue)

## ■ Segmentation Géographique :

Porté par les Etats-Unis, (et dans une moindre le Canada, l'Argentine et le Brésil), le marché de l'avionique est dominé par le **continent américain qui représente totalise près de 40%**. Second marché mondial, **l'APAC**<sup>189</sup> devrait être la région qui enregistrera la plus forte croissance : en 2015, 6 350 avions étaient en service, contre 15 130 dans les années à venir, soit une croissance de 6% attendue chaque année<sup>190</sup>. De taille équivalente au marché Asiatique, le **marché Européen**<sup>191</sup> représente le troisième pôle majeur : **7 500 nouveaux appareils** d'ici 2021 seraient attendus.



**Figure : Segmentation géographique du marché mondial de l'avionique**

<sup>188</sup> L'électronique représente désormais 11% du prix d'un avion, Olivier Coulomb, Cabinet Decision

<sup>189</sup> Avec la Chine, Inde, Japon, Pakistan, Corée du Sud, Vietnam

<sup>190</sup> Global commercial aircraft avionics systems market 2017-2021

<sup>191</sup> France, Allemagne, Iran, Israël, Pologne, Russie, Arabie saoudite, Turquie et Grande Bretagne

## ■ Segmentation par typologie de composants :

Les systèmes et équipements électroniques présents dans les aéronefs peuvent être répartis en quatre grandes familles. Il s'agit :

- § Les systèmes **de contrôle de vol** (FCS) : capteurs de surveillance, radars primaires et secondaires : ce segment représente 7 milliards de dollars en 2017 et devrait atteindre 9 milliards en 2021
- § Les systèmes électroniques **utilisés pour la communication, la navigation et la surveillance** (CN&S) : ce segment représente 6 milliards de dollars en 2017 et devrait atteindre 7.5 milliards en 2021
- § Les **systèmes de surveillance de l'état de l'appareil** (AHS) : ce segment représente 2,2 milliards de dollars en 2017 et devrait atteindre 3,8 milliards en 2021
- § Les systèmes pour **la gestion du vol** (FMS) : ce segment représente 2,5 milliards de dollars en 2017 et devrait atteindre 3,2 milliards en 2021

La production électronique est principalement tirée par la demande en matière de systèmes de contrôle de vol et de communication qui représentent, à eux deux, 73% du marché.



**Figure : Evolution de la valeur du marché mondial de l'avionique par segment de composants**

Nota : La segmentation retenue ne prend pas en compte les dispositifs électroniques **de divertissement embarqués (Inflight Entertainment)** qui ne relèvent pas de l'avionique. Toutefois, ce segment de marché est fortement consommateur d'électronique : tiré par la demande du grand public pour avoir plus de confort et de divertissement à bord, les compagnies aériennes cherchent aujourd'hui à se différencier par leur offre en cabine. Ce segment pourrait représenter près de 17,5 milliards d'euros en 2019 avec un taux de croissance annuel de près de 5 %<sup>192</sup>. Le marché IFE se partage entre Panasonic, avec plus de 50% des parts, et Thales qui en détient 20 à 30%. Zodiac revendique avec son système "Rave" une croissance à deux chiffres.

<sup>192</sup> Les industriels de l'aéro veulent tous leur place en cabine ! <https://www.usinenouvelle.com/article/les-industriels-de-l-aero-veulent-tous-leur-place-en-cabine.N551408>

## ■ L'avion tout électrique rentable : un horizon encore très lointain et peu d'impact à court terme en matière d'électronique

A travers une feuille de route délivrée en 2011 pour partager sa vision du futur du transport aérien, la Commission Européenne fixe pour 2050 le cap d'une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 75 %, d'oxydes d'azote de 90 % et du bruit de 65 %<sup>193</sup>. Ces objectifs sont jugés non réalisables par l'ensemble des acteurs de la filière, du moins avec les technologies actuelles. Augmenter la performance et la disponibilité opérationnelle des équipements sont également des axes d'innovation majeurs qui poussent les constructeurs aéronautiques européens à rendre les aéronefs plus propres en réduisant les rejets polluants et les nuisances sonores. Pour atteindre ces objectifs, la transformation des systèmes de propulsion fait partie d'un des principaux axes de travail de la filière, une mutation qui interviendra probablement en trois temps :

- § **Court-terme : Consolidation du concept de l'avion plus électrique** : de l'ouverture des portes à la climatisation en passant par le freinage, de très nombreuses fonctions actionnées par des dispositifs pneumatiques, hydrauliques ou mécaniques sont assurées progressivement par des actionneurs électriques
- § **Moyen-terme : propulsion hybride (thermique et électrique)** : à l'image de l'industrie automobile, il sera possible de combiner selon les phases de vol une propulsion traditionnelle à base de carburant avec une propulsion électrique. Des moteurs électriques pour les déplacements au sol se développent pour réduire la consommation de carburants.
- § **Moyen-long terme : l'avion 100% électrique** : pas attendu sur les avions commerciaux avant 2030, la propulsion 100% électrique remplace la propulsion thermique

Si les démonstrateurs d'avions 100% électriques se développent de plus en plus (E-Fan, Cri-Cri, e-Genius), les tests réalisés depuis plusieurs années démontrent que le coût actuel des systèmes et la faible **autonomie ne permet pas de franchir le seuil de la rentabilité économique**. A noter également des problématiques de surchauffe dus au courant de haute tension et de forte puissance. A l'instar de l'automobile, les acteurs de l'aéronautique concentrent leurs efforts sur la propulsion électrique hybride : après avoir abandonné son projet E-Fan, Airbus a en effet annoncé une avec le motoriste Rolls-Royce et le groupe Siemens pour développer **à l'horizon 2020 un démonstrateur de vol à propulsion hybride**, thermique et électrique, pour les avions commerciaux baptisé E-Fan X.

En conclusion, le taux de pénétration des technologies hybrides et tout électriques pour l'aviation commerciale est encore faible du fait d'un nombre importants de verrous technologiques à lever. En tenant compte en plus des faibles volumes que représentent ce type d'aéronefs, l'impact sur la filière électronique sera relativement faible à court terme.

Une veille active associée à des participations dans les projets hybrides et électriques représentent une opportunité intéressante pour les acteurs de la fabrication électronique pour anticiper les évolutions futures en électronique de puissance. Enfin et encore à l'instar de l'industrie automobile, il est fort probable que ce soit un segment complémentaire qui pénètre le marché plus rapidement et donc concentre les développements en électronique à court-terme : celui des avions-navettes ou avions taxis. En effet, à l'image des concepts City Airbus, le transport de quelques passagers sur de courtes distances permettent d'envisager un modèle économique soutenable avec les technologies actuelles. Sur ce point, les verrous sont aujourd'hui davantage réglementaires (occupation de l'espace aérien)

## ■ Focus sur quelques actualités du domaine aéronautique :

En 2017, l'IRT Saint Exupéry signe son plus gros projet de recherche multi-partenariale dans le domaine de l'aéronef plus électrique, à propulsion hybride ou électrique, des voitures électriques et des nouvelles générations de trains électriques avec le projet HighVolt<sup>194</sup> (10,6 millions d'euros sur 4 ans) qui aura pour objectifs :

- L'augmentation de la densité de puissance et d'énergie.
- Utilisation des nouveaux composants émergents en électroniques de puissance pour augmenter la performance globale des convertisseurs, des divers composants et des moteurs électriques

<sup>193</sup> Objectifs de la stratégie "Transports 2050" <https://www.touteleurope.eu/actualite/la-politique-europeenne-des-transports.html>

<sup>194</sup> l'IRT Saint Exupéry se branche sur l'avion électrique <http://www.aeromorning.com/blog/lirt-saint-exupery-se-branche-lavion-electrique-plus-gros-projet-creation-highvolt/>

- o Analyse des phénomènes d'arcs électriques et des décharges partielles, qui seront responsables notamment en altitude, de défaillances de composants, de vieillissement prématuré et de dégradation des systèmes d'isolation électrique

En 2018, Safran prend le contrôle de Zodiac Aerospace pour élargir son périmètre d'activités dans le domaine des équipements et systèmes aéronautiques. En ce qui concerne le segment des systèmes électriques, les actifs de Zodiac (40% de l'activité dans l'électrique et l'électronique) vont venir renforcer le portefeuille de technologies de Safran pour se positionner pour les développements futurs de l' « avion plus électrique ».

A l'horizon 2030, EasyJet souhaite bouleverser la chaîne de valeur en lançant son avion 100% électrique : grâce à une collaboration avec la startup américaine Wright Electric, le prototype court-courrier, aurait une portée de 540 km et serait en mesure de prendre en charge 20% des passagers transportés par la compagnie.

## ■ Dans un contexte de concurrence internationale, la chaîne de valeur aéronautique doit augmenter sa performance industrielle

L'industrie Aéronautique est en pleine mutation industrielle. Avec cette volonté de produire des appareils toujours plus performants, l'industrie est en train de vivre une période de transition. Une augmentation du nombre de livraison d'appareil de 8% par an est prévue en raison de la hausse du nombre de voyageurs. L'industrie aéronautique s'est penchée sur des questions de gestion de production et de supply chain et sur des potentiels risques de manque de préparation de certains fournisseurs face à la croissance de cadence de production. L'industrie tend vers une mondialisation des schémas industriels en raison notamment des coûts grandissants des OEM sur la supply chain. Les fournisseurs sont amenés à se délocaliser, afin de répondre présent à l'ouverture notamment de FALs aux USA ou en Chine.

Une flotte en service plus récente, des équipementiers favorisant les contrats à la performance/à l'heure de vol, une augmentation des intervalles entre maintenance entraînant une baisse de la demande en pièce détachées ou encore des technologies d'impression 3D rebattent les cartes sur la chaîne de valeur de l'aéronautique mondiale.

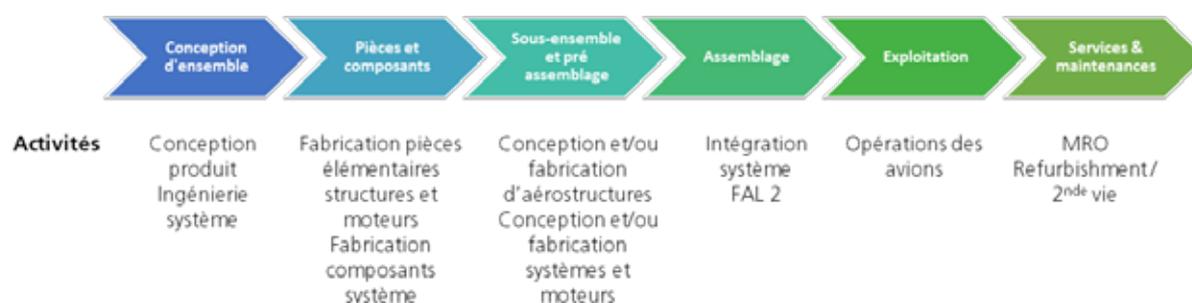
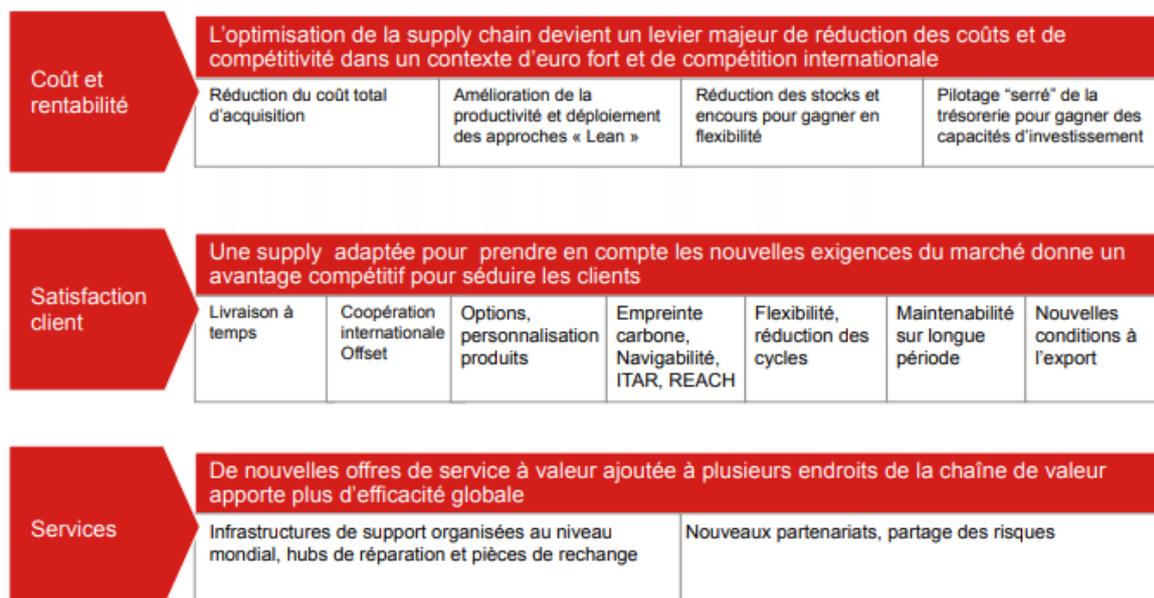


Figure 4: Chaîne de valeur dans l'industrie aéronautique

Types d'acteurs	Plate formistes ESP 1	Tier-2/Tier-3 Aérostructures Fabricants composants	Tier-1 aérostructures Équipementiers Motoristes Plate-formistes	Plate-formistes	Leasers Airlines Armées	Plate-formistes Tier-1 équipementiers Spécialistes MRO
<b>Exemple d'acteurs</b>	Airbus Dassault	Magellan Gardner Ducommun technologies	STELIA Safran Thales Zodiac Aerospace Rolls-Royce ATR	Airbus Airbus hélicoptère Dassault	Aifrance ILFC DORIC GE aviation	Air france industries KLM Lufthansa Zodiac Aerospace Airbus

Faute d'une pression internationale suffisante (structure oligopolistique du segment des avionneurs), la chaîne de valeur aéronautique européenne est encore loin des performances industrielles observées dans le domaine de l'automobile. En effet, les temps de fabrication sont jugés trop longs, les coûts et la chaîne d'approvisionnement non compétitifs. Si les gros assembleurs et principaux équipementiers de rang 1 ont réorganisé leur production en adoptant des principes du Lean Manufacturing, le tissu de sous-traitants est encore considéré comme « artisanal ». En effet, les sous-traitants de rangs 2 et 3 ne sont souvent pas au niveau en matière de production et leur faiblesse finit par pénaliser les donneurs d'ordre allongeant la durée de production des avions.



**Figure : Tendances fortes pour l'ensemble du secteur aéronautique**

(Source : ECDYS Consulting)

## Fabrication électronique dans l'industrie aéronautique

### ■ Évolution de la chaîne d'approvisionnement et impacts sur la fabrication électronique

Secteur historique de la filière de production électronique, le marché de l'aéronautique constitue un débouché porteur pour la filière de production électronique française : exigence spécifique et un savoir-faire français reconnu, des tailles de séries limitées (de l'ordre de quelques dizaines de milliers) et une certaine visibilité en termes de commandes et de volumes (les volumes de production d'avions sont connus pour les trois prochaines années). Toutefois, dans un contexte d'augmentation des cadences de production et avec comme objectif de certains donneurs d'ordres de parvenir à des taux de livraisons à temps de 98% et des niveaux de non qualité inférieurs) 1000 ppm, le développement de la filière de l'électronique sur ce marché sera dépendant de la **qualité des relations au sein de la chaîne de valeur** et d'approvisionnement entre les différents rangs de fournisseurs, des fabricants de composants aux équipementiers et avionneurs.

### Focus #1 : Les programmes de performance industrielle du GIFAS

Pour répondre à cette problématique, le GIFAS a mis en place des programmes de performance industrielle. Cette démarche soutenue par l'Etat et les Régions et avec l'association SPACE comme maître d'œuvre regroupe près de 400 sociétés spécialisées dans l'étude, le développement, la réalisation, la commercialisation et la maintenance de tous programmes et matériels aéronautiques et spatiaux. Le principe consiste à réunir environ 5-6 PME autour des donneurs d'ordre pour travailler sur la relation client fournisseur selon 4 axes : Planification, Lean, Qualité, Approvisionnement.

Par ailleurs, le GIFAS a développé un outil constitué de 43 briques (Planification / Flux physiques / Flux financiers / Pilotage de la Qualité), permettant de mesurer la maturité de la supply chain de chacun des acteurs. Grâce à cet outil, la maturité de la supply chain est évaluée à 41%<sup>1</sup>. Sur les 400 PME accompagnées depuis le lancement du programme, 13% sont issues du domaine de l'électronique.

Après cette évaluation, des méthodes et un accompagnement par des consultants externes ont été mises en place pour améliorer les performances industrielles. Les résultats de la phase 1 du programme Performances Industrielles sont encourageants avec une amélioration concernant la ponctualité de 47% de la profondeur des retards de 44% et de la non qualité à 47%.

### Focus #1bis : Programme de performance industrielle du GIFAS – Grappe THALES – Le cas de l'EMS Novatech

Novatech Technologies (Groupe Novatech Industries), co-concepteur et fabricant de cartes et sous-ensembles électroniques a rejoint le projet Performances Industrielles du GIFAS en décembre 2015 avec la grappe THALES Bretagne. Dans le cadre de l'accompagnement proposé par le programme, un consultant spécialisé en MRP2 a aidé l'EMS à mener et concrétiser plusieurs actions clés :

- 1/ Mise en place d'un outil de gestion charge-capacité, permettant d'avoir une vue à la semaine, voire à la journée, a été développé (contexte spécifique de petite et moyenne série complexe qui nécessitait de passer d'une planification macroscopique à une planification plus fine)
  - 2/ 500 gammes méthodes ont été redéfinies par centres de charges
  - 3/ Installation des tableaux de pilotage sur les lignes d'assemblage afin de réaliser des « points 10mn » en management visuel et ajuster quotidiennement l'ordre de passage des OFs
- Suite à cet accompagnement, Novatech a vu son taux de PPM retours clients a été divisé par 2 en 2016 et a poursuivi le plan d'action malgré la fin officielle du projet afin d'atteindre l'objectif de 87% de briques de maturité.

Par ailleurs, les équipementiers sollicitent de plus en plus leurs partenaires EMS pour des services complémentaires à la fabrication électronique : gestion de la chaîne d'approvisionnement, du marché des pièces de rechange, maintenance, réparation et opérations (MRO). L'industrie aéronautique offre aux EMS des marges plus élevées que la plupart des autres industries, ce qui conduit à une concurrence relativement importante<sup>195</sup>.

Il convient de noter également que les équipementiers dans le secteur aéronautique se sont montrés assez réticents au cours des dernières années à changer de prestataires de fabrication électronique du fait des coûts de commutation importants. Une observation également valable dans l'autre sens dans la mesure où des sous-traitants électroniques ont pu se développer en se spécialisant sur l'aéronautique et grâce à un très faible nombre de clients.

Du fait de l'augmentation des cadences et des besoins d'amélioration de la performance industrielle de la chaîne de valeur aéronautique européenne, **il est possible d'entrevoir deux évolutions majeures** :

- § Pour les EMS ayant une présence mondiale, une chaîne d'approvisionnement étendue et collaborative et des capacités technologiques avancées pourraient avoir un gros avantage à l'avenir du fait de leur positionnement sur les industries de plus gros volume comme l'automobile.
- § Une montée en compétence est également attendue chez les EMS locaux qui devraient être de plus en plus en mesure de répondre aux demandes des équipementiers grâce à une plus grande réactivité et à des investissements non seulement dans l'outil de production mais aussi dans des solutions de gestion de la chaîne d'approvisionnement.

<sup>195</sup> Report Linker Global EMS Providers Market in Aerospace and Defense

Par ailleurs, les équipementiers aéronautiques s'attendent de plus en plus à ce que les EMS mettent en place un système de contrôle strict de la qualité pour réduire le risque de composants contrefaits : en effet, l'approvisionnement en composants (et notamment ceux en tension ou en rupture d'approvisionnement) sont achetés au niveau mondial.

## ■ Un secteur de plus en plus compétitif et exigeant en matière de qualité :

Une des évolutions du secteur porte sur le degré croissant en matière d'exigence, (qualité, ponctualité et technicité). A titre d'exemple une ponctualité de 90% faisait, il a une dizaine d'années, d'un EMS un bon sous-traitant, alors que dorénavant ce même pourcentage le relègue à la catégorie des moins bons.

Malgré l'évolution croissante de la demande pour des produits de qualité, les pressions sur les prix ainsi que sur le niveau de réactivité ont contribué au développement de composants contrefaits. Cette problématique, commune à l'ensemble des secteurs applicatif utilisant des composants électroniques est renforcée pour l'aéronautique eu égard les cycles de vie des produits très longs et les enjeux de sécurité spécifiques du secteur.

## ■ L'aéronautique, secteur réputé conservateur où les produits électroniques ne sont pas toujours innovants.

Aujourd'hui, la fabrication d'une carte électronique n'est pas jugée comme une activité différenciante. Plus largement, l'aéronautique a tendance à être un secteur assez conservateur au sein duquel les ruptures technologiques sont assez faibles et l'innovation fournisseur<sup>196</sup> peu valorisée. Le marché de l'aéronautique et de l'avionique présente par ailleurs de fortes barrières à l'entrée : des compétences et un savoir-faire spécifique sont nécessaires et un acteur généraliste ne saurait y répondre.

La proximité entre les centres de développement et les sites de fabrication ont permis aux PME et aux grands groupes de s'imposer sur la scène internationale en jouant la carte de la réactivité. Pour les acteurs, être une société intégrée permet de conserver une avance technologique sur les concurrents. Le coût de la main-d'œuvre et le haut niveau des charges sont certes handicapants mais peuvent être compensés. En effet, concernant les PME spécialisées sur les petites séries, l'externalisation de la production n'est de toute façon pas économiquement viable. Les coûts cachés liés à la sous-traitance (contrôle qualité, perte de temps...) annihilent l'économie réalisée.

La fabrication en France est certes plus coûteuse, mais elle est synonyme de qualité pour le client final tout en autorisant une « surveillance » de la production et une capacité de réaction supérieure. A condition de proposer une offre supérieure, les clients sont prêts à payer plus cher. Pour les entreprises de haute technologie, la question ne se pose pas : le développement et la production sont obligatoirement liés. Les produits sont souvent conçus sur-mesure et la mise au point de nouvelles solutions passe obligatoirement par un travail étroit entre les ingénieurs de la conception et ceux de la fabrication.

Plus globalement, les stratégies en place dans le domaine aéronautique, font ressortir que les EMS apparaissent comme très étant proches du client final. Les relations sont basées sur la confiance et s'apparentent davantage à une relation partenariale qu'une relation donneurs d'ordres-sous-traitants.

## ■ Une fabrication électronique très européenne à l'exception des systèmes de divertissement

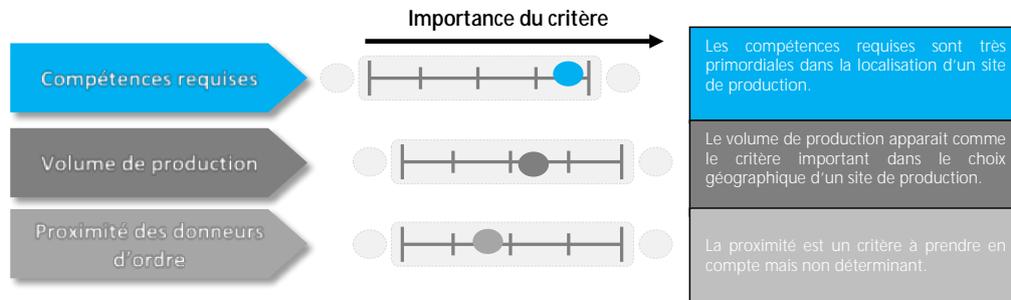
Actuellement, une grande partie des équipements électroniques pour l'aéronautique civile (contrôle électronique des moteurs, systèmes à bord du cockpit) est fabriquée en Europe tandis que les équipements de divertissement qui relèvent d'avantage du segment des « 3C » sont majoritairement produit en Asie.

---

<sup>196</sup> Les normes en matière de sécurité et de qualité restreignent drastiquement la part d'innovation dans la fabrication de produits électroniques aéronautiques.

Le choix d'une localisation géographique pour la production électronique de composants pour l'aéronautique repose sur plusieurs critères : le niveau de compétences exigé, le volume de production mais également la proximité avec les donneurs d'ordres. De manière très générale, les régions à coûts de main d'œuvre élevé concentreront la fabrication des séries à faible volume et haute-technicité et ceux à plus bas coût, des séries plus standardisées à fort volume.

Le seuil d'une dizaine de produits d'une même série par mois apparaît comme pertinent pour réaliser un transfert chez certains sous-traitants.



La stratégie des EMS qui intègrent les offres d'industrialisation, repose sur une phase d'étude et de mise au point sur le territoire français pour ensuite une fois le produit mature, s'orienter si le volume est suffisant vers des sites de production à plus bas coûts, comme le Maghreb (disposer de sites de fabrication « Low-costs » ainsi que de sites en France permet d'offrir une solution globale à leur client et donc de rester compétitifs. Il est à noter que les donneurs d'ordres commencent à développer des usines d'intégration dans ces mêmes zones à bas coûts.

## Conclusions et enseignements

- L'industrie de la fabrication d'avions civils devrait atteindre environ 5 000 Mds de dollars en 2021 avec une croissance annuelle moyenne de près de 250 Mds\$. Une grande partie de cette croissance devrait être alimentée par des avions monocouloirs (71%).
- Avec près de 18% de composants électroniques parmi l'ensemble des composants d'un avion « L'électronisation » des appareils volants a eu un effet immédiat sur la bonne santé des équipementiers aéronautiques et sous-traitants de rang 1 qui maîtrisent les technologies électroniques et qui se sont positionnés sur les avions électriques tels que Safran et Zodiac
- La production électronique est principalement tirée par la demande en matière de systèmes de contrôle de vol et pour la communication. Ils représentent à eux deux 73% du marché.
- Le taux de pénétration des technologies hybrides et tout électriques pour l'aviation commerciale est encore faible du fait d'un nombre importants de verrous technologiques à lever. En tenant compte en plus des faibles volumes que représentent ce type d'aéronefs, l'impact sur la filière électronique sera relativement faible à court terme.
- Si le domaine de l'aéronautique présente l'avantage de permettre une certaine visibilité en termes de commandes et de volumes (les volumes de production d'avions sont connus pour les trois prochaines années) et que les tailles moyennes d'une série sont limitées (les tailles moyennes sont de l'ordre de quelques dizaines), l'augmentation des cadences est un des challenges auquel doit faire face la filière électronique aéronautique. Sur le plan électronique, la réussite de ce nouveau challenge est basée sur la capacité des OEM, EMS et fabricants de composants à améliorer la chaîne d'approvisionnement globale.
- Les équipementiers sollicitent de plus en plus leurs partenaires EMS pour des services complémentaires à la fabrication électronique : gestion de la chaîne d'approvisionnement, du marché des pièces de rechange, maintenance, réparation et opérations (MRO). L'industrie aéronautique offre aux EMS des marges plus élevées que la plupart des autres industries, ce qui conduit à une concurrence relativement importante<sup>197</sup>. Il convient de noter également que les équipementiers dans le secteur aéronautique se sont montrés assez réticents au cours des dernières années à changer de prestataires de fabrication électronique du fait des coûts de commutation importants. Réciproquement, de nombreux sous-traitants électroniques ont pu se développer en se spécialisant sur l'aéronautique grâce à un nombre réduits de clients.
- Du fait de l'augmentation des cadences et des besoins d'amélioration de la performance industrielle de la chaîne de valeur aéronautique européenne, deux évolutions majeures se distinguent :
  - o Pour les EMS ayant une présence mondiale, une chaîne d'approvisionnement étendue et collaborative et des capacités technologiques avancées pourraient avoir un gros avantage à l'avenir du fait de leur positionnement fréquent sur les industries de volume comme l'automobile
  - o Une montée en compétence est également attendue chez les EMS locaux qui devraient être de plus en plus en mesure de répondre aux demandes des équipementiers grâce à une plus grande réactivité et à des investissements non seulement dans l'outil de production mais aussi dans des solutions de gestion de la chaîne d'approvisionnement.
- L'aéronautique, secteur réputé conservateur où les produits électroniques ne sont pas toujours innovants
- Actuellement, une grande partie des équipements électroniques pour l'aéronautique civile est fabriquée en Europe, principalement en ce qui concerne le contrôle électronique des moteurs ou les systèmes à bord du cockpit. En revanche, les équipements de divertissement comme les écrans incrustés dans les sièges sont davantage réalisés en Asie.

<sup>197</sup> Report Linker Global EMS Providers Market in Aerospace and Defense

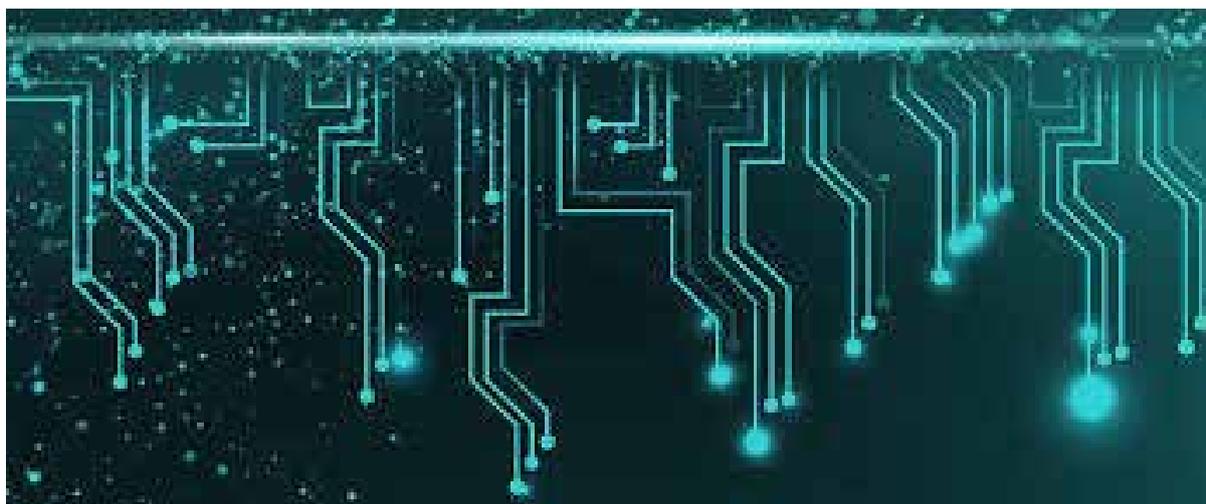
**Tableau : Synthèse SWOT de la demande de fabrication électronique dans l'industrie aéronautique**

FORCES	FAIBLESSES
<ul style="list-style-type: none"> <li>§ L'avionique est un marché porteur, qui profite de la bonne santé du secteur de l'aéronautique.</li> <li>§ Une visibilité importante due au fait que les commandes d'avions sont connues pour les 3 prochaines années.</li> <li>§ Des volumes de production assez faibles avec de multiples références qui permettent de continuer la production en France</li> <li>§ Des exigences qualité importantes qui nécessitent un savoir-faire de spécialistes</li> <li>§ La proximité des donneurs d'ordres et des EMS est un critère primordial pour la production, ce qui permet de garder la production locale.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>§ Le marché est de plus en plus concurrentiel avec l'émergence de nouveaux acteurs.</li> <li>§ La grande disparité des fournisseurs ainsi que de leurs tailles (50 personnes), rend parfois difficile le travail avec des acteurs réalisant 50Milliards de CA.</li> <li>§ Filière actuellement peu structurée pour faire face à l'augmentation des cadences de production, notamment au niveau des équipementiers de taille plus modeste</li> </ul>
OPPORTUNITES	MENACES
<ul style="list-style-type: none"> <li>§ L'avionique est un marché porteur, qui profite de la bonne santé du secteur de l'aéronautique.</li> <li>§ L'abandon des phases amont de conception et de design au profit des EMS permet la monter en compétence de ces derniers qui remontent au sein de la chaîne de valeur.</li> <li>§ La relation proche entre EMS et donneurs d'ordre est basée sur la confiance, et semble plus proche d'une relation partenariale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>§ La fabrication de cartes électroniques n'est plus un élément différentiant</li> <li>§ L'aéronautique est un secteur très conservateur et plutôt frileux vis-à-vis de l'innovation.</li> <li>§ Les constructeurs commencent à développer des usines d'intégration dans les zones à bas coût comme le Maghreb, ce qui peut pousser les EMS à installer leur usine aux mêmes endroits.</li> </ul>

# QUATRIÈME VOLET : ENJEUX ET PERSPECTIVES

---

## Partie 1 : enjeux actuels de la filière française de la fabrication électronique



### Analyse de la compétitivité de la filière française de production électronique

■ **Dans son ensemble, la filière française présente aujourd’hui un niveau de compétitivité acceptable sur de nombreux marchés de l’électronique (cf. volets : préliminaire, 1, 2)**

Aujourd’hui totalement internationalisée, la chaîne de valeur de l’électronique est un écosystème complexe composé d’une multitude d’acteurs aux typologies, dynamiques et problématiques parfois très différentes (cf. [annexe 1](#)).

Dans le cadre de cette vaste restructuration au niveau mondial, la France a réussi à préserver sur son territoire une chaîne de valeur quasiment complète et compétitive dans le domaine de l’électronique à destination des **marchés professionnels**<sup>198</sup> (cf. [volet 1](#)).

Par exemple, la France dénombre sur son territoire : plusieurs **donneurs d’ordres** et intégrateurs de renom (Thales, Valéo...) ayant conservé tout ou partie de leurs activités de production électronique, des champions nationaux au meilleur niveau mondial dans le domaine de la **microélectronique** (STMicroelectronics, ...) et de la **connectique** (Souriau, Radial...) ainsi qu’un secteur de service de **production de cartes et sous-ensembles électroniques leader en Europe** avec plusieurs acteurs dans le Top 50 mondial (Asteel Flash, Eolane, Lacroix Electronics, All Circuit).

Par-delà ces principaux acteurs, de nombreuses TPE et PME de la filière justifient également d’un **réel savoir-faire** qui leur permet d’adresser une **offre compétitive** sur des marchés de niches.

Aujourd’hui, la filière française des « Industries Electroniques » est composée, à minima<sup>199</sup>, de plus de 1000 entreprises qui réalisent **15 Mds €** de chiffre d’affaires (pour valeur ajoutée de près de 4,6 milliards d’euros), ce qui représente et un effectif salarié de plus de **75 000** emplois directs et environ **150 000** emplois induits.

---

<sup>198</sup> Industrie, aérospatiale/aéronautique, défense, automobile, ferroviaire, énergie.

<sup>199</sup> Certains secteurs n’ont pas fait l’objet d’une cartographie. cf. partie suivante « périmètre retenu »

Le pays se caractérise également par l'excellence de son écosystème de recherche mondialement reconnu (CEA Leti, LAAS-CNRS, IEMN...), employant environ **10 000** personnes et pourvoyeur de nombreuses entreprises à succès (Soitec, Sofradir, Tronics, Kalray...) ainsi que **plusieurs centres de compétences** (cf. volet 2) :

### ■ L'évolution des marchés de l'électronique peut constituer une réelle opportunité de développement pour la filière française de l'électronique (cf. volet 3)

Dans son ensemble, la production électronique française affiche, depuis plusieurs années, une croissance soutenue et régulière de l'ordre de **3 à 5%** selon les secteurs d'activités. A l'instar de ses homologues allemands, italiens ou espagnols, la demande nationale est stimulée par la croissance internationale, avec un chiffre d'affaires mondial qui est passé de **1 140 Mds€** en 2008 à plus de **1 500 Mds €** en 2017.

S'agissant des marchés de forts volumes (produits électroniques grand public, informatique, télécommunications) utilisant des composants de commodités et des technologies micro-électroniques miniaturisés à l'état de l'art mondial, les productions resteront majoritairement dominées par les acteurs asiatiques, sur l'ensemble des maillons de la chaîne de valeur. En revanche, les segments historiques de l'électronique professionnelle (automobile, aéronautique, industriels, médical) devraient continuer à offrir des débouchés durables aux acteurs français et européens, dans tous les maillons de la chaîne de valeur.

Par ailleurs, l'arrivée massive à court et moyen terme des **objets communicants**<sup>200</sup> pour les applications professionnelles (industries, santé ou encore aux villes intelligentes) pourront représenter une formidable opportunité pour la filière électronique française de production électronique et en particulier pour les fournisseurs de services en fabrication électronique (EMS).

En effet, si aujourd'hui l'offre industrielle des fournisseurs français en fabrication électronique gagnerait à être optimisée (cf. partie suivante) elle n'en apparaît pas moins dans son ensemble **adaptée et compétitive** face aux caractéristiques que requiert la production des objets communicant : **faibles volumes, grande variabilité, courts délais de mise sur le marché et fort besoin de personnalisation**.

De manière plus précise, une analyse conduite dans le cadre de cette étude et qui intègre l'ensemble des coûts induits par une production éloignée (délais de livraison allongés a minima de six semaines de transport en porte-containers, frais divers de douanes, d'assurance, de traduction, de prestations portuaires, etc., frais de déplacements sur place, surcoûts considérables en cas de problème de qualité, de fiabilité, de défaillances logistiques, de litiges, etc.), montre qu'une production de proximité en France n'est pas globalement plus coûteuse qu'une production en Asie pour des petites et moyennes séries, tout en étant beaucoup moins risquée et présentant de nombreux avantages compétitifs sur la qualité des services rendus aux clients finaux.

Aujourd'hui, et pour ces raisons de nombreux donneurs d'ordres ont déjà fait le choix d'industrialiser leurs produits sur le territoire et les cas de relocalisation de production – de certains donneurs d'ordres sont en progression constante<sup>201</sup> compte tenu des avantages que peu procurer une industrialisation de proximité.

### ■ L'évolution des différents marchés applicatifs et l'apparition de nouveaux acteurs (souvent non électronicien), entraîne dans son ensemble une complexification de la demande à différents niveaux pour la filière française (EMS)

Il s'agit notamment, d'une plus **grande fragmentation de la demande** compte tenu de la pénétration de l'électronique dans tous les produits et de la transformation numérique en cours dans notre société. Ainsi, la filière voit aujourd'hui arriver de nouveaux clients, de la start-up issue du monde du numérique aux nombreuses PME industrielles qui intègrent une part croissante d'électronique dans leurs produits dans le cadre

<sup>200</sup> Le marché des objets connectés présente une très forte croissance : un taux de croissance annuel moyen sur les 5 prochaines années de 20 à 40% et pourrait représenter 1400 milliards de dollars au niveau mondial en 2021 (et près de 15 Mds€ de vente en France d'ici 2020).

<sup>201</sup> Des acteurs comme Darty, Carrefour, Babolat ou encore Décathlon ont longtemps sous-traité en Asie mais sont en train de changer complètement de stratégie avec une volonté de produire à proximité du consommateur. L'objectif est de produire en Asie les produits vendus en Asie.

de leur transformation numérique en passant par une demande globale en hausse des acteurs historique de la filière. Ainsi, alors que le nombre moyen de client par EMS était évalué à une quinzaine dans les années 2000, celui-ci a été multiplié **par presque trois** pour un grand nombre de sous-traitants.

**Des volumes de production variables associés à une forte versatilité de la demande :** La personnalisation de masse induit (i) une augmentation significative du nombre de références par clients mais aussi (ii) une hausse du nombre de référence de composants par produit. Pour répondre à cette demande, l'infrastructure de la chaîne d'approvisionnement doit évoluer mais aussi l'organisation de la production en diminuant les délais et couts de changement de référence. Au-delà des parties techniques, l'approche marché doit être plus agile avec une accélération de préparation des devis et la proposition d'approches *test and learn*<sup>202</sup>

**Une accélération du rythme d'innovation** poussée par une volonté des acteurs de réduire le temps d'accès au marché de leurs produits et une réduction globale du cycle de vie. Si les clients historiques de l'électronique sont accommodés aux délais pratiqués, les nouveaux donneurs d'ordre issus des domaines de la mécanique ou de la plasturgie ne comprennent pas toujours les délais proposés : le délai moyen de livraison de la carte électronique est estimé à près de 16 semaines alors que les nouvelles demandes clients tournent autour des 8 semaines, traduisant un véritable décalage à ce stade entre l'offre et la demande.

Il existe un donc un réel enjeu de transformation pour réduire les temps de cycles de développement, d'industrialisation et de mise sur le marché des produits des clients et dans un contexte où les clients seront, dans leur ensemble, demandeurs de produits plus spécifiques et qui nécessiteront une approche embarquée sécurisée ou fortement intégrée avec un étroit couplage entre procédé technologique-produit ainsi qu'un recours quasi-systématique à la co-conception matériel-logiciel.

**Une forte pression sur les coûts** compte tenu de la forte concurrence à l'échelle mondial entre les fabricants électronique et de la nécessité pour les donneurs d'ordre de trouver rapidement un seuil économique pour leurs produits et un « prix série optimisé ».

Ainsi, si l'augmentation des volumes et de la valeur des commandes issues à la fois des donneurs d'ordres historiques (automobile et aéronautique) et des nouveaux marchés liés aux objets communicants constitue une **formidable opportunité** pour la filière de l'électronique française dans son ensemble, elle implique également de **nombreux enjeux de transformation dans un contexte où la filière pâtit de certains handicaps structurels**.

En effet, le vaste mouvement de réorganisation de la valeur au niveau mondial initié à partir des années 1980 et amplifié dans les années 2000, a eu pour conséquence de déstabiliser la filière française à différents niveaux :

## ■ Une filière française qui pâtit d'un manque de visibilité à plusieurs niveaux

La généralisation dans les années 2000 du concept d'entreprise sans usine ou « *fabless* » prôné par de grands industriels français<sup>203</sup> ont conduit à la délocalisation et l'externalisation des activités de production électronique à forts volumes hors des frontières nationales (en Asie et plus récemment en Europe de l'Est ou au Maghreb). La disparition progressive des activités de production hors du territoire national ont durablement dégradé l'image de la compétitivité de la filière française dans son ensemble et alimenté l'idée reçue, qu'il n'existe plus en France d'industrie de production électronique.

### ■ Un manque de visibilité politique

Ce constat, a de fait conduit les politiques des différents gouvernements successifs à capitaliser davantage sur les opportunités offertes par les économies de services, en progression constante depuis plusieurs années et sur lesquelles le pays est favorablement positionné. Par exemple, en matière de développement économique sectoriel, les actions ont souvent préférentiellement porté sur les volets numériques, dont la French Tech est le fer de lance. Il convient toutefois de souligner le pays a soutenu et soutien encore massivement les secteurs industriels les plus stratégiques – comme notamment celui de la microélectronique avec les différents plans Nano - et que de nombreux dispositifs comme la French Fab ou

<sup>202</sup> Pratique par laquelle une entreprise investit un levier ou une solution à des fins de tests sans réelle visibilité ou assurance sur l'efficacité potentielle, le budget est alors généralement modeste)

<sup>203</sup> Thomson, Philips ou Alcatel

la modernisation du Conseil National de l'Industrie témoignent aujourd'hui d'une réelle volonté politique de redynamiser l'industrie.

■ **Un manque de visibilité vis-à-vis des étudiants qui se traduit par un assèchement de la filière en matière de compétences et de formations à tous les niveaux.**

Ce constat a également eu pour conséquences un désintérêt des jeunes générations pour les métiers de l'industrie électronique et la disparition progressive de nombreuses filières de formation et d'apprentissage, comme par exemple le brevet d'études Electronique BEP, baccalauréat professionnel, ou encore l'absence de formation initiale dédiée dans le secondaire, et faible enseignement de la fabrication électronique dans les écoles d'ingénieurs.

Les impacts sont d'ores et déjà visibles : baisse générale de compétences techniques en électronique, et notamment en fabrication chez les concepteurs et les acheteurs à tous les niveaux de la chaîne de valeur. La pyramide des âges du secteur (plus de la moitié des dirigeants d'EMS ont plus de 60 ans) risque par ailleurs d'accentuer davantage cet état de fait dans les prochaines années.

On observe aujourd'hui une pénurie croissante de compétences au niveau des techniciens, des opérateurs mais aussi au niveau du corps enseignant s'agissant de certaines matières les moins théoriques. A noter qu'en plus des métiers de la production électronique, ceux des méthodes, des achats ou encore du contrôle qualité se retrouvent en flux tendus aussi bien chez les EMS que chez les donneurs d'ordres.

Si la France compte parmi les références mondiales en matière d'ingénieurs en électronique et contribue à la performance des structures de recherche, des grands industriels ou encore des équipements de production, de mesure et de test. Cependant, ce positionnement entraîne une problématique à deux niveaux :

§ L'enseignement en fabrication électronique au-delà du prototype va très rarement jusqu'à l'industrialisation, ce qui réduit le niveau de compétence en matière d'électronique et de conception. En effet, s'il existe des formations académiques dans le supérieur, les technologies de fabrication des cartes électroniques (industrialisation/ production) n'ont jamais été enseignées à l'exception de quelques licences professionnelles, les rares BTS Systèmes numériques option électronique et au niveau d'IUT Génie Electrique. Il a par ailleurs été soulevé que la plupart des étudiants en IUT préfèrent poursuivre en école d'ingénieur que de s'engager dans un cursus de licence spécialisée comme proposé à Redon ou à Montauban.

§ L'assèchement des filières de formations en fabrication électronique appauvrissent non seulement les entreprises de sous-traitance, qui ont de plus en plus de mal à recruter, mais aussi les clients (équipementiers, utilisateur final). En effet, ces derniers ont également perdu des compétences précieuses du fait de nombreux départ à la retraite et n'intègrent plus forcément les contraintes inhérentes au domaine de la fabrication, entraînant des imprécisions dans les cahiers des charges transmis.

■ **Un manque de visibilité chez le grand-public et une méconnaissance de l'électronique de certains donneurs d'ordres.**

Par ailleurs, la complexité de la filière de l'électronique et son positionnement très amont<sup>204</sup> dans la chaîne de valeur de la production des systèmes numériques, ne permet à la filière d'acquérir une visibilité suffisante chez le grand public et les nouveaux acteurs qui intègrent de l'électronique dans leurs produits. Ce constat se traduit notamment par le fait qu'un nombre significatif de startups cherchent encore aujourd'hui de manière quasi systématique à produire en Asie après leur levée de fond sans même analyser l'offre française. Cette pratique actuelle démontre une certaine méconnaissance de l'écosystème local à l'heure où faire produire à l'étranger n'est plus toujours plus intéressant. A Angers, la collectivité a beaucoup travaillé sur la sensibilisation et l'acculturation d'une partie du territoire à la transformation en cours pour faire prendre conscience aux acteurs industriels, académiques et au grand public du potentiel du territoire en électronique malgré les fermetures et la désindustrialisation.

**La méconnaissance des donneurs d'ordres sur les enjeux de l'industrialisation et les contraintes économiques des EMS peut être une source de malentendus, conduisant parfois à écarter une fabrication en France pourtant compétitive**

---

<sup>204</sup> Les systèmes électroniques étant le plus souvent intégrés dans un sous-ensemble ou un produit complet, les acteurs électroniques ne fabriquent que très rarement des produits finaux et commercialisables. Bien qu'ayant contribué au succès commercial du produit, leurs marques ne peuvent être imposées sur le produit final, ce qui les rendent le plus souvent méconnues des acheteurs finaux.

Les donneurs d'ordres, et notamment les startups qui adoptent souvent une méthode agile de gestion de projet afin de réduire les temps d'accès au marché, ont souvent du mal à comprendre les délais relatifs à l'industrialisation de leurs produits. Ces délais peuvent concerner l'établissement du devis pour la prestation de fabrication, l'approvisionnement des composants notamment lorsqu'il existe une pénurie sur le marché, la conception et la fabrication des outillages de production, ou encore la mise au point des paramètres de fabrication, de contrôle, et de tests. La réactivité est donc un facteur important de compétitivité des EMS, mais lorsque le temps de mise sur le marché (« *time to market* ») est un paramètre critique pouvant réduire la rentabilité du projet, on observe parfois des donneurs d'ordre préférant des EMS peu professionnels, souvent localisés en zone à faible coût de main d'œuvre, qui leur promettent des délais raccourcis mais au détriment de la qualité, de la fiabilité, voire de la conformité à la réglementation du produit final (et donc des surcoûts indirects ultérieurs rendant le projet irrémédiablement non rentable). Ces donneurs d'ordre prennent ce faisant un risque inconsidéré par méconnaissance des délais inhérents à une industrialisation dans les règles de l'art.

Au-delà des délais, le prix de la prestation de fabrication en série peut également être une importante source de malentendus. C'est notamment le cas lorsque la preuve de concept a été réalisée en utilisant des cartes de développement peu onéreuses (type Arduino ou Raspberry) sans tenir compte des conditions environnementales plus sévères auxquelles le produit final sera soumis (température, humidité, vibration, etc.) ; c'est également le cas lorsque les logiciels embarqués sont libres d'utilisation à des fins d'évaluation, mais requièrent le paiement d'une licence pour les produits commercialisés ; le coût des outillages de production pour les pièces plastiques et la tôle emboutie (les moules) peut également surprendre le donneur d'ordre, lorsque son prototype a été réalisé dans un *fab-lab* avec des imprimantes 3D et des machines de découpe laser. Par ailleurs, certains donneurs d'ordre ignorent que le prix d'achat des composants dépend fortement du volume acheté, et s'attendent à bénéficier des prix des grandes séries des marchés 3C, alors que leurs produits de spécialité ne seront fabriqués qu'en plus petites séries. Enfin, le coût d'acquisition des composants de la carte électronique n'est le plus souvent pas optimisé, alors qu'il s'agit généralement du principal poste dans le coût de revient d'un produit électronique ; ce coût d'acquisition peut en effet varier fortement d'un EMS à un autre notamment en fonction des autres références en cours de production (mutualisation des achats pour plusieurs références produits), et le donneur d'ordre n'a pas toujours les compétences en conception électronique suffisantes pour recourir à des solutions d'intégration telles que des circuits intégrés programmables pour les moyennes séries (CPLD, FPGA), les circuits intégrés spécifiquement conçus pour leur application pour les très grandes séries (ASIC), ou encore des « *Systems in package* » (intégration de plusieurs circuits intégrés dans un même boîtier), ou à des solutions d'interconnexions de spécialité (circuits imprimés Flex-rigides, composants enterrés, fonctions mécaniques ou de dissipation de chaleur intégrées ; plastronique ; électronique imprimée, etc.).

## ■ Une transformation inégale de la filière vers l'industrie électronique du futur, compétitive, innovante et durable

■ Diminution significative (ou hausse démesurée du coût) des investissements productifs a conduit (ou peut conduire) à une dégradation de la compétitivité du secteur dans son ensemble.

Ce constat est particulièrement vrai pour le **secteur des circuits imprimés** qui, entre 1990 et 2010, a subi une véritable hémorragie avec une perte de près **75%** des fabricants et du chiffre d'affaires. La situation économique difficile<sup>205</sup> de l'ensemble des acteurs durant ces dernières années a conduit à une baisse notable des investissements tant en production<sup>206</sup> (équipement de dernière génération et personnel qualifié) qu'en études avancées (point pourtant crucial pour l'avenir de ce secteur) : en 2018, l'immense majorité des acteurs français possède un outil de production datant de **plus de 20 ans** et ne dégagent aujourd'hui pas une **marge suffisante**<sup>207</sup> pour, investir dans les outils de production, s'internationaliser, ou accentuer leurs efforts de R&D pour gagner en compétitivité, en particulier s'agissant des marchés à plus grands volumes comme ceux de l'automobile ou de certains marchés industriels.

<sup>205</sup> Délocalisation des grands donneurs d'ordre et baisse des commandes, manque de visibilité, absence d'acteurs présentant une taille critique suffisante, ...

<sup>206</sup> Des efforts ont néanmoins été réalisés sur l'optimisation des process industriels de l'outil productif existant et répondant aux caractéristiques des marchés haut de gamme.

<sup>207</sup> Le CA moyen des entreprises de la filière se situe entre **5 et 6 M€**

S'agissant du secteur spécifique de **l'industrie des semi-conducteurs**, la France, hormis la paternité de la technologie FD-SOI, ne dispose plus d'acteurs au cœur de la course du *More Moore*<sup>208</sup> et à la miniaturisation technologique. Cette dernière est aujourd'hui centrée autour d'une poignée d'acteurs mondiaux les plus puissants, en partie à cause des investissements colossaux nécessaires pour maintenir un tel niveau d'innovation. Ces investissements récurrents et grandissants, sont une spécificité de l'industrie du semi-conducteur que l'on ne retrouve que dans peu de secteurs économiques. Très peu d'entreprises du secteur de la micro-électronique sont en capacité d'investir ces sommes pour continuer le *More Moore* : à simple titre d'illustration, STMicroelectronics ne peut pas suivre les niveaux d'investissements des leaders mondiaux avec un chiffre d'affaires qui était de 9,2 Mds \$ en 2018 (2% du CA mondial) – soit 8 fois moins que le n°1 mondial Samsung. Ainsi, à moyen et long terme, les perspectives concernant l'offre et les activités des industriels Français (et Européen) du semi-conducteur en matière de production de composants et circuits à technologie CMOS les plus avancées et compte tenu de l'état de l'art mondial, apparaissent limitées : la miniaturisation grandissante devrait amplifier le processus d'externalisation et de recours aux fondeurs internationaux, renforçant les passages en *fabless* – ou *fablite* – pour certaines entreprises historiques du secteur. Parmi les circuits en finesses de gravures antérieures, seuls seraient maintenus ceux contenant des spécificités qui les différencient sur le marché. Par exemple, la demande devrait persister pour les technologies FD-SOI de Soitec-ST Microelectronics et de GlobalFoundries. Sur cette offre, la compétitivité de l'outil de production des acteurs français est tout à fait remarquable. Exception faite de ces semi-conducteurs, les dynamiques de certains segments de marché à très fort volumes, particulièrement dans les télécommunications, PC & Multimédia, ou une partie de l'automobile<sup>209</sup>, vont converger rapidement vers les technologies les plus avancées et les technologies de gravures les plus fines pour répondre aux demandes de hautes performances. Plus largement, il convient de souligner que pour des raisons d'économie d'échelle et de rationalisation, l'immense majorité des acteurs français, ou implantés sur le territoire, ont d'ores et déjà fait le choix de ne pas poursuivre la course à l'extrême miniaturisation, et sont restés sur des outils industriels de générations précédentes. Cela ne les condamne pas pour autant : ces sites se sont positionnés sur des marchés divers et qui ne requièrent pas une extrême miniaturisation ou qui emploient des technologies différenciatrices, **de type « More than Moore »**<sup>210</sup>. Sans changer radicalement l'outil de production, l'industrialisation de ces technologies différenciées, qui permettent, pour un niveau de miniaturisation déjà très élevé, d'ajouter de nouvelles fonctionnalités, redonne de la compétitivité à ces unités industrielles sorties de la course à la miniaturisation extrême, sur des périodes longues. Cet axe de diversification englobe de nombreux leviers de croissance pour l'industrie électronique française de production de composant, qui apparaît très compétitive, en particulier sur des produits tels que les circuits analogiques, les MEMS, les modules RF intégrés, composants de puissances, capteurs d'images, ou encore les systèmes en boîtier (ou SiP) complexes à destination des marchés de l'automobile, des objets communicants, de l'énergie, de l'éclairage, du médical ou des marchés aéronautique, spatial et défense.

Concernant le secteur **des fournisseurs de services en production électronique (EMS)**, l'outil productif<sup>211</sup> des différents acteurs est **globalement satisfaisant (cf. cartographie)** et permet aujourd'hui de répondre de manière compétitive aux besoins de proximité des clients historiques positionnés sur les marchés de l'électronique professionnelle. Néanmoins, et bien qu'une majorité des acteurs de la filière soient **très flexibles** et travaillent depuis plusieurs années à **l'optimisation de leurs procédés de production**, les impacts et les retours sur investissements des technologies de type « Usine du futur » n'ont été que peu évalués, et les conclusions peu utilisées par ces derniers. Aujourd'hui seul un nombre restreint d'acteurs a véritablement initié des réflexions ou des actions sur sa transformation vers l'industrie électronique du futur. De fait, un grand nombre d'opérations manuelles et de manipulations sont encore à constater sur les lignes de production. Par exemple, trop peu d'acteurs sont équipés de solutions d'inspection visuelle automatisée (ou AOI) en ligne ou de solution d'inspection de la pâte à braser (« *Solder Paste Inspection* » ou SPI) pour contrôler la hauteur et

<sup>208</sup>Nécessitent la mise au point de technologies CMOS les plus avancées, avec des dimensions toujours plus petites : cette expression fait référence à la « loi de Moore », énoncée en 1975 par l'un des cofondateurs de la société Intel, prédisant que le nombre de transistors par unité de surface des microprocesseurs sur silicium doublera tous les deux ans.

<sup>209</sup> Whitepaper: Semiconductor Industry from 2015 to 2025, SEMI, 2015.

<sup>210</sup> Composants tirés par l'aval, dont la compétitivité repose sur l'innovation produit et/ou l'adaptation à un besoin de marché précis, qui ne requièrent pas une extrême miniaturisation et donc emploi des technologies de production éloignées de celle utilisées dans la course au « More Moore ».

<sup>211</sup>L'âge moyen du parc -machine de production électronique est estimé à 7-8 ans, majoritairement issue des marques des marques Fuji (distribuées en France par Fenwick), Mycronic et Europlacer (un des rares fabricants européens) sont très largement représentées sur le territoire avec 70% du parc machine installé chez les EMS (enquête SNESE).

le volume de pâte à braser entre la machine de dépôt de pâte à braser et les machines de placement, de robots collaboratifs pour réaliser des actions en périphérie des lignes CMS (manutention, enboilage, chargement/déchargement de machines, robotisation de bancs de tests de cartes...), mais également d'AVG (« Automated Guided Vehicle ») ou de magasins intelligents pour automatiser certains processus hors ligne à forte valeur ajoutée.

Face aux nouvelles demandes, qui vont entraîner une augmentation du nombre de références différentes à produire pour une capacité de production donnée<sup>212</sup>, la réduction de la variabilité de la production grâce à des opérations plus standardisées et automatisées constitue un enjeu fondamental pour la **consolidation et le développement**<sup>213</sup> **de l'activité des acteurs de la filière**. Il convient néanmoins de rappeler que ces enjeux de transformation restent complexes à appréhender de manière opérationnelle tant la trésorerie des EMS est sollicitée (achat amont des composants avec des allocations souvent non prioritaires, contrôle des délais de livraisons, stocks, délais de paiements pénalisants). Si la situation globale est satisfaisante pour des investissements de court terme de type « mise à niveau »<sup>214</sup>, seulement 50% des entreprises identifiées lors du travail de cartographie disposent de capitaux propres supérieurs à 500 000 € et seraient réellement capables de réaliser les investissements nécessaires pour initier une véritable transformation vers l'industrie électronique du futur. La faiblesse du niveau des capitaux propres entraîne mécaniquement une limitation de l'accès aux financements (prêts bancaires et certaines aides publiques). Les EMS ne possèdent généralement **pas assez de ressources en interne pour bien prioriser leurs investissements**, ou renouveler leurs outils de production pour rester compétitifs<sup>215</sup>.

Actuellement, seulement une vingtaine d'acteurs semble atteindre une taille critique suffisante pour répondre à une production en volume plus importante et agir au niveau national et international, dans un contexte de demande croissante en matière de fabrication électronique. De plus, une mise en œuvre de chantier de coopération à l'échelle de la filière pour les autres acteurs serait nécessaire.

## ■ Gagner en compétitivité par l'innovation, un enjeu stratégique pour les industries de l'électronique.

L'**innovation** constitue un enjeu capital pour l'industrie **de la micro-électronique** qui y investit plus de **20% de son chiffre d'affaire**. La compétition pour le contrôle de ce socle technologique est mondiale, intense, et plusieurs modèles s'affrontent, prenant appui sur les caractéristiques des forces en présence. La maîtrise de ces **enjeux technologiques**, nécessite une concentration de main-d'œuvre très qualifiée et qui relativise, au moins dans une certaine mesure, le poids du critère de coût dans la politique d'achat des OEM, dont certains souhaitent même éviter de dépendre entièrement de sites de production asiatiques, notamment pour les produits les plus avancés et relevant de **souveraineté économique et/ou de défense nationale**. Grâce au soutien actif des pouvoirs publics la France dispose **d'un pôle d'excellence**, reconnu au niveau mondial (région de Grenoble) et qui a permis de maintenir une certaine **avance technologique**, en témoigne notamment la paternité d'une technologie clé (FD-SOI). Plus précisément, si l'Europe et la France ont décroché dans la course du « More Moore » compte tenu de l'investissement productif à réaliser, le pays possède de réels atouts dans les produits de type « More Than Moore »<sup>216</sup> dont la compétitivité repose sur **l'innovation produit**. Plus précisément, les fonctionnalités de ces produits sont enrichies grâce à l'introduction de matériaux variés qui donnent accès à des technologies spécifiques, mais aussi grâce à des architectures

<sup>212</sup> Cf. partie précédente.

<sup>213</sup> Il est important de souligner que l'automatisation des opérations et la réduction des temps morts sont des facteurs clés pour produire de manière compétitive et favoriser la relocalisation. En effet, il est possible de maintenir des emplois en robotisant les tâches répétitives et surtout prévisibles afin de rendre le taux horaire (coût de main d'œuvre) caduque. Les critères de décision en faveur d'une relocalisation remontés lors des entretiens portent ainsi principalement sur les problèmes de qualité, de distance et de réactivité associés à une production en Asie, et sur les travaux d'automatisation et d'optimisation des postes de travail menés par les acteurs de la sous-traitance française.

<sup>214</sup> A titre d'exemple : L'investissement annuel moyen sur une ligne CMS pour la maintenir opérationnelle avoisine **800 k€ à 1 M€** (financement de type mise à niveau), les investissements sur l'outil de production des EMS représentent environ 5% du CA et le stock de composants d'un EMS de 100 salariés peut être évalué à **3 M€** pour un CA annuel de **16 M€** (besoin en fond de roulement).

<sup>215</sup> Par exemple s'agissant des solutions d'inspection de la pâte à braser (SPI), les entretiens réalisés durant l'étude ont mis en évidence que beaucoup de chefs d'entreprises hésitent à investir dans des machines de 150 k€ alors que le dépôt de pâte à braser est responsable d'une très grande partie des défauts observés lors de l'assemblage de cartes électroniques. Mais cela ne traduit pas systématiquement un enclin faible des acteurs à investir dans ces outils : l'amortissement de ces équipements peuvent augmenter significativement le coût de production qui se traduit alors soit par une diminution des marges, soit par une augmentation du prix final des cartes que tous les clients ne sont pas forcément prêts à accepter.

<sup>216</sup> Cf. partie précédente : composants qui existent industriellement de manière indépendante aux capacités CMOS.

et conceptions de composants adaptés aux marchés qu'ils adressent. Le développement de ces produits constitue une réelle opportunité pour la filière française puisqu'ils permettent d'offrir une réponse compétitive aux besoins d'intégration de l'électronique dans les différents marchés applicatifs<sup>217</sup>.

De par leur positionnement particulier dans la chaîne de valeur, les **fournisseurs de service** en fabrication électronique (EMS) ne participent que marginalement aux activités de R&D de la filière de l'électronique, principalement captée par les fabricants de composants en amont et les équipementiers en aval. Aujourd'hui les activités de **recherche et développement** d'une grande majorité d'EMS sont comprises au sens « *recherche de solution au service de l'industrialisation d'un produit* », ces activités consistent alors généralement à apporter des compléments d'études dans une optique d'industrialisation (reprise de routage, développement de cycles de tests de cartes) et en complémentarité des activités de conception proposées par les OEM/OPM, les BE ou encore les distributeurs (cf. partie bureau d'étude volet 1).

Toutefois, les gains en compétitivité indispensables pour le développement de la filière des fournisseurs de services en fabrication électronique gagneraient à être d'avantage porté par une amélioration de leur **compétitivité hors coût par l'innovation et les services**. Il s'agit par exemple d'élargir leur offre industrielle aux activités **de conception électronique comprises au sens « réalisation d'études spécifique pour le compte de leurs donneurs d'ordres »** pour acquérir un positionnement d'**ODM** : il ne s'agit pas ici de changer fondamentalement le métiers des **EMS** (par exemple en concevant, produisant et commercialisant eux même des produits en marque blanche) mais au contraire de pouvoir capter d'avantage de valeur ajoutée lors de la conception des produits pour le compte de donneurs d'ordres. Aujourd'hui, les principaux acteurs du secteur justifient d'activités de conception avec un ou plusieurs bureaux d'études internes<sup>218</sup> ou des collaborations éprouvées avec des bureaux études externes. Cependant, il convient également de rappeler qu'un certain nombre de fournisseurs français, de taille modeste, demeurent des « pures-players » de production : avec l'arrivée imminente de nouveaux acteurs non spécialistes du domaine et des défaillances constatées s'agissant de l'étape clé du « Design for Manufacturing » il semble primordial que ces collaborations puissent être renforcées.

Par-delà la recherche et le développement des produits, l'innovation chez les sous-traitants électronique s'entend surtout par l'innovation « **de procédé** » et « **organisationnelle** ».

Directement reliée au volet « industrie électronique du futur » (cf. page précédente), l'innovation **de procédé** repose sur la mise en œuvre d'outils techniques (nouvelles machines, nouvelles technologies, informatique, ...) pour améliorer la productivité (réduction des coûts, des délais) et la qualité, rendre la production plus personnalisable, réduire la consommation de matière première et des déchets, ... L'innovation **organisationnelle** concerne plutôt les systèmes de gestion (ex. flux tendus, 24/7, gestion des connaissances, de la qualité...), l'organisation du travail (méthodes de travail, organigramme, travail collaboratif, externalisation...) et les relations extérieures de l'entreprise (relations avec les fournisseurs, logisticiens, distributeurs et autres partenaires...). Elle complète souvent l'innovation de procédé (une nouvelle technique s'accompagne d'une réorganisation) mais peu également intervenir seule.

Pour les EMS, les investissements et axes de travail en matière d'innovation de procédé et d'organisation portent sur les leviers identifiés **lors de l'étude menée par le cabinet Roland Berger « Vers l'industrie Electronique du futur »**.

- § Par exemple dans **le processus de production en front –end**, il s'agit notamment de l'optimisation de l'automatisation de la pose CMS, de la minimisation des étapes de production non-automatisées d'assemblages post-CMS, traitant les poses de composants non-traitées par les machines Pick & Place et les étapes de contrôle visuels. A ce titre, les usages de la robotique industrielle et de cobots pour des actions en périphéries des lignes CMS (manutention, enboxage, chargement/déchargement de machines, robotisation de bancs de tests de cartes, ...), solutions de contrôles automatisés (système AOI) en ligne ou encore de solution d'inspection de la pâte à braser (Solder Paste Inspection ou SPI) pour contrôler la hauteur et le volume de pâte à braser entre la machine de dépôt de pâte à braser et les machines de placement peuvent y répondre. Il s'agit également de l'automatisation de processus hors-ligne et à fort enjeux d'automatisation comme par exemple sur la mise en place d'AVG ('Automated Guided Vehicle') ou de magasins intelligents. Plus largement d'autres actions d'optimisation concernant la réduction des temps non productifs machines ou la numérisation de l'usine (interopérabilité des systèmes d'information, centralisation des données, ...) et des procédures (réalisation de devis, gestion des commandes et des achats ...) peuvent être identifiées.

<sup>217</sup> Automobile, médical, industriel, énergie, intelligence artificielle dans les objets connectés

<sup>218</sup> Généralement par le rachat d'un bureau d'étude.

§ Sur le **processus de production en back-end**, la mise à disposition d'outil d'aide à la décision (IHM) pour les opérateurs (opérateurs augmenté), la généralisation de l'utilisation de cobots, la mise en place de ligne modulaires ou d'un jumeau virtuel, etc, constituent autant d'axe de travail pour améliorer la compétitivité des lignes de productions.

S'agissant du **secteur spécifique des circuits imprimé**, la **pérennisation d'une offre française** passera nécessairement par une **diversification des activités des entreprises vers de nouveaux marchés applicatifs** en sus de ceux de la défense et du militaire, comme par exemple celui de l'automobile ou du médical. Concernant l'automobile, s'il semble évident que les acteurs français ne pourront pas concurrencer les acteurs Asiatiques pour la production des circuits imprimés de commodités, largement utilisés dans ce secteur. Il semble en revanche tout à fait possible que les acteurs français puissent atteindre le niveau de compétitivité des entreprises Allemandes<sup>219</sup> et conquérir des parts de marchés suffisantes pour pérenniser leurs développements et cela passera en premier lieu<sup>220</sup> par **l'innovation** en anticipant **les évolutions technologiques** de ce secteur avec une offre industrielle sur de nouvelles briques technologiques (comme par exemple les composants de puissance ou enterrés). Pour y parvenir, il sera nécessaire pour les acteurs de mettre en place un panel d'actions à l'échelle de la filière, comme l'eut été le projet MEREDIT. Cela doit passer par une stratégie industrielle claire, chiffrée<sup>221</sup> tout en initiant sa transformation vers l'usine du futur connectée, optimisée et créative avec l'appui des grands donneurs du secteur dans cette démarche de transformation.

#### **Focus sur le projet de filière MEREDIT**

**Initié en 2012**, le projet de filière MEREDIT a pour objectif de fédérer et de rendre la filière française du circuit imprimé plus compétitive. Le projet MEREDIT permis la création d'une structure collaborative, sous la forme d'un GIE, qui regroupe les quatre principaux fabricants de circuit imprimé (représentant 70% de la production française) et qui met en œuvre des actions mutualisées permettant notamment ; d'identifier et d'industrialiser dans les meilleurs délais et à un coût maîtrisé des briques technologies clés, d'améliorer les performances économique par l'adaptation du modèle productif mais également de développer la gestion prévisionnelle des besoins de la filière en terme de compétence. A terme l'objectif du projet est de pouvoir en diversifier et élargir les activités de ces entreprises, principalement tournées vers l'aéronautique et le militaire, vers des domaines porteurs tels que l'automobile

### **■ Une filière de l'électronique, traditionnellement habitué à travailler en silos, pâtit d'un manque d'agilité et gagnerait à amplifier les coopérations entre les différents maillons et écosystèmes existants.**

Comme précédemment mentionné, l'intégration de l'électronique dans de nouveaux produits pour développer des services à plus haute valeur ajoutée dans des secteurs diversifiés complexifie de manière drastique la demande en matière de fabrication électronique : apparition de nouveaux clients et demande fragmentée, plus grande variabilité des volumes de production, accélération du rythme d'innovation et démarche de co-conception matériel-logiciel<sup>222</sup> entre les différents acteurs. Dans ce contexte, c'est l'agilité de la filière et la qualité des collaborations de son écosystème d'innovation dans son ensemble qui sera déterminante pour la compétitivité. Malgré de véritables atouts (nombreux laboratoires de recherches reconnus mondialement, structures de transferts technologiques efficaces ayant permis la création de nombreuses « spin-off », pôles de compétitivité et grappes d'entreprises fédérant un nombre important d'acteurs de la filière électronique), la filière pâtit toujours d'une certaine rigidité dans ses collaborations, ce qui ne permet pas, à ce jour, de proposer une agilité pleinement suffisante pour ces nouveaux clients.

Le manque de collaboration et d'échanges entre les différents acteurs français de l'électronique se traduit par exemple par :

<sup>219</sup> En Europe seule l'Allemagne tire son épingle du jeu ou les débouchés dans l'automobile y représentent plus de 30% de leur production.

<sup>220</sup> Puis dans un second temps de pouvoir **industrialiser à coût compétitif ses nouvelles solutions innovantes**, à tout du moins les premières séries.

<sup>221</sup> Besoin de financement CAPEX et objectiver les retombées économiques.

<sup>222</sup> Dont notamment la prise en compte des contraintes d'industrialisation (« *design for manufacturability* »).

■ **Une offre disparate en matière de fabrication électronique, difficilement compréhensible pour des non-spécialistes peut freiner la diffusion des technologies du numérique dans les produits des PME françaises.**

Les nouveaux clients de la filière, méconnaissent pour la plupart les difficultés de la fabrication électronique et nécessitent un accompagnement spécifique pour fabriquer et concevoir leur produit dans les meilleures conditions. Il est en effet courant de voir des créateurs d'objets connectés qui, après avoir correctement défini leur besoin, validé la faisabilité technico-économique de leur projet, et réalisé leurs premiers développements éprouvent des difficultés à passer à la phase d'industrialisation permettant la fabrication en série de leurs premiers prototypes. Cela peut notamment s'expliquer par une certaine ambiguïté dans la compréhension de la notion même d'industrialisation parmi les acteurs de la filière. Lors du développement des cartes électroniques, industrialiser consiste à travailler avec un bureau d'étude pour faciliter la fabrication (on parle alors de « *Design to Manufacturability* ») ou les tests durant le cycle de vie du produit (on parle alors de « *Design for Testing* ». Lors de la fabrication, industrialiser consiste à définir des outils et les paramètres pour produire de manière simple, sans risque et sans variabilité.

Aujourd'hui un grand nombre de ces nouveaux acteurs privilégient la phase de développement en recherchant avant tout une fonction plutôt qu'un design et tendent à sous-estimer l'importance de prendre en compte, dès la phase de développement, les spécificités de la production en pensant que cela aura peu d'impact sur le coût de revient. Aussi, les dossiers de fabrication transmis aux fabricants sont souvent de qualité modeste et peuvent engendrer un surcoût important pour le créateur en cas de problème.

Aussi, l'implication des fabricants dès le début de la phase de développement permet d'adapter le design des produits développés aux contraintes de la fabrication (par exemple, la présence de composants traversant sur la carte nécessite un procédé particulier qui n'est pas toujours standard chez les EMS) et réduit alors d'autant les risques d'une mauvaise industrialisation.

Or il convient de rappeler, qu'à l'exception des travaux d'acculturation entrepris par Cap'tronic, il n'existe pas de cadre de référence permettant de clarifier la nature des prestations des fabricants et bureaux d'études auprès des créateurs d'objets connectés. Dans ces conditions, il est souvent difficile pour les start-ups et créateurs d'objets connectés de comprendre et d'évaluer correctement le rapport performance-prix des prestations de première industrialisation qui leur sont proposées (la filière ne dénombre pas moins de 500 acteurs sur le territoire, aux compétences très hétérogène, et une erreur dans le choix du prestataire est souvent lourd de conséquence).

Pour y remédier, une meilleure qualité de dialogue entre les donneurs d'ordre (ainsi que les bureaux d'études le cas échéant) et leurs partenaires EMS, et ce le plus tôt possible dans les phases de conception, apparaît donc comme essentielle pour réussir une industrialisation au meilleur coût. **Une sensibilisation des donneurs d'ordre** sur les enjeux de l'industrialisation et les contraintes économiques des EMS, **ainsi que leur accompagnement très en amont dès la phase de preuve de concept** lorsqu'ils manquent de compétence en conception électronique, apparaissent comme des pistes de progrès importantes pour la compétitivité de la filière française de fabrication électronique : avec un coût optimisé, la fabrication française peut en effet parfaitement être compétitive pour de nombreux types de produits électroniques, même lorsque le donneur d'ordre est soumis à une forte pression sur les prix de la part de leurs clients (notamment lorsqu'il s'agit de la grande distribution), ou présenter un léger surcoût par rapport à une production délocalisée, mais qui serait compensé par les coûts indirects induits par une production éloignée (transport, frais administratifs de dédouanement ou de traduction, surcoûts en cas de non-qualité ou de litiges, etc.), l'avantage concurrentiel que confère la proximité avec le client final (réactivité, flexibilité, adaptabilité), ainsi que par l'attrait croissant des consommateurs pour le « *made in France* ».

■ **Une perte d'agilité pour atténuer collectivement les effets des problématiques d'approvisionnement de certains composants.**

La disponibilité des composants électronique constitue un enjeu crucial pour les fabricants et assembleurs de systèmes électroniques. Toutefois la complexité et la rigidité de la chaîne d'approvisionnement des industries électroniques entraînent régulièrement de fortes tensions et des allocations sur certaines références de composants<sup>223</sup>. (Cf. ANNEXE 5 pour une description détaillée).

La filière française de production électronique (EMS) subit généralement de plein fouet ses phénomènes de pénurie mondialisés et ce pour plusieurs raisons.

---

<sup>223</sup> Il s'agit notamment de certains composants actifs (mémoires SDRAM, Flash, NAND, capteurs) et plus récemment, de manière assez inédite, les condensateurs céramiques multicouches de très petite taille (MLCC).

La filière française, bien que première d'Europe, est caractérisée par **la petite taille de ses acteurs** : à part un grand groupe (Asteelflash) et quelques ETI (dont notamment Eolane, Lacroix et All circuits), tous les autres sont des PME. Ces PME disposent rarement **d'une fonction achats** capable d'aller négocier directement des contrats d'approvisionnement auprès des fournisseurs internationaux de composants, et utilisent généralement le réseau de la distribution électronique ; or, compte tenu du faible volume de leurs commandes, elles **ne peuvent pas bénéficier d'allocations prioritaires**.

Certaines entreprises ont par ailleurs affirmé faire face à des problèmes d'approvisionnement plus globaux, avec **des blocages concernant l'accès à certains stocks et zones géographiques**, en particulier s'agissant de certains composants non fabriqués et stockés Europe. Plus largement la récente augmentation de la demande du marché pour les condensateurs céramiques multicouches (MLCC), surtout pour les plus petits boîtiers, a eu pour effet que les fabricants abandonnent la fabrication des plus grands boîtiers afin d'augmenter leurs productions des plus petits. Or, ces grands boîtiers sont précisément ceux qui sont les plus utilisés par la filière de la fabrication électronique française notamment pour les applications de défense, aérospatial, nucléaire, industriel ou encore ferroviaire.

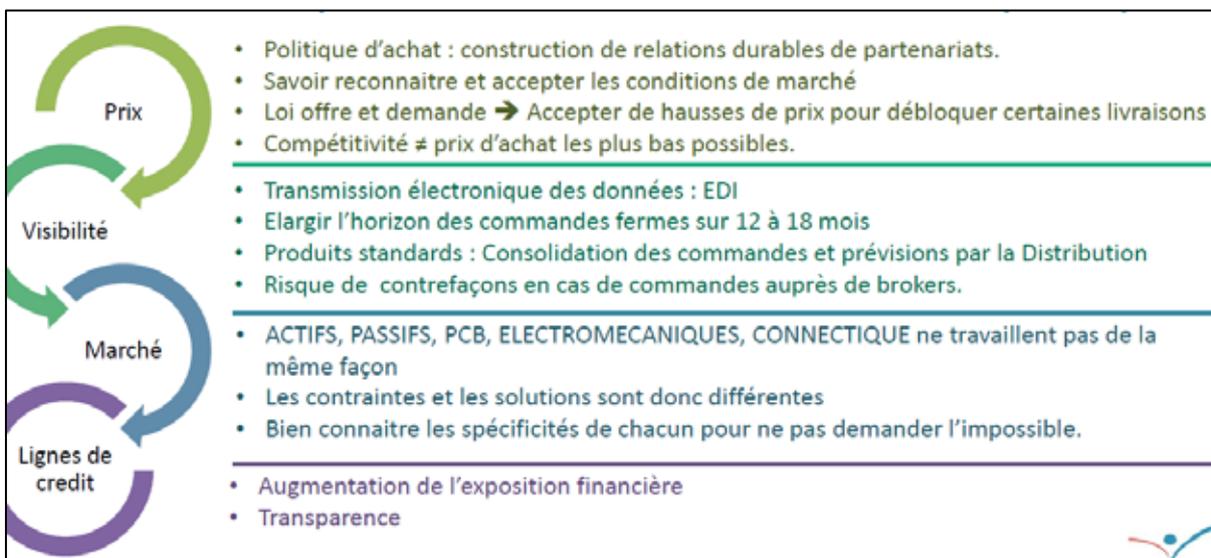
Par ailleurs, il a été constaté **un manque d'organisation** au sein de la filière française, ce qui contribue d'autant à une amplification des pénuries. Il s'agit par exemple des industriels de la filière française de production électronique qui sont souvent individualistes et n'ont que rarement recours à des actions types : groupement d'achat, consolidation de stock, gestion collective des surstocks, etc. Par ailleurs, **le SNESE** (le syndicat national de la sous-traitance électronique) **mentionne également un certain manque d'anticipation et de transparence des donneurs d'ordre** dans le planning de leurs commandes qui imputent les achats des composants aux EMS. Dans certains cas, les EMS français peuvent faire appel à des **brokers** avec les risques associés (non-conformité des produits : contrefaçon ou produit obsolètes).

Si la filière française ne peut échapper aux phénomènes cycliques des pénuries de composants qui affectent toute la chaîne de valeur (des utilisateurs finaux aux fabricants en passant par les intermédiaires), les acteurs et syndicats de la filière ont tous soulévé que la qualité de la relation client-fournisseur par l'établissement de partenariats solides et durables constitue un facteur clé pour en limiter les effets au niveau national et favoriser une meilleure sécurisation des approvisionnements.

Plus précisément, plusieurs pistes d'actions ont été soulevées par les acteurs et fédérations professionnelles :

Par exemple, le SNESE recommande notamment : de faciliter la circulation des excédents de stocks (API Net Tronics du SNESE), d'éclairer les fournisseurs de composants en leur communiquant des prévisions réalistes et sincères sur les besoins des EMS, de faciliter la perception de ces besoins par les fournisseurs de composants en utilisant les échanges de données numérisés et sécurisés pour fluidifier et sécuriser la supply-chain (service TICIO), de travailler avec des prévisions de commandes fidèles à la réalité pour permettre à la supply chain de mettre en adéquation les capacités de fabrication des composants avec les besoins, de contractualiser la relation client/fournisseur pour la fourniture des composants, de prévoir des stocks de sécurité suffisants chez les fournisseurs sur la base des informations fournies par les donneurs d'ordres, etc ...

**Figure : Quelques recommandations et bonnes pratiques – Source : ACSIEL**



### ■ Des coopérations et des croisements d'expertises avec les autres filières applicatives à intensifier.

L'intensification des coopérations et le croisement des expertises avec les autres filières applicatives clés (automobile, aéronautique, ferroviaire, énergie, industries de santé) et les filières amonts (chimie, métallurgie, mécanique, plasturgie, optique...) est indispensable pour gagner en compétitivité (montée en compétences dans les phases de conception et d'industrialisation des produits, mise en œuvre d'une offre de service adaptée, ...) dans un contexte où les clients seront, dans leur ensemble, demandeurs de produits plus spécifiques et qui nécessiteront une approche embarquée sécurisée ou fortement intégrée avec un étroit couplage entre procédé technologique-produit ainsi qu'un recours quasi-systématique à la co-conception matériel-logiciel.

Plus largement, il convient également de souligner que la qualité de dialogue entre les différents acteurs (donneurs d'ordre, bureaux d'études et leurs partenaires EMS) le plus tôt possible dans les phases de conception, constitue un facteur déterminant pour réussir une industrialisation au meilleur coût, et particulier s'agissant des donneurs d'ordre non issu des filières historiques de l'électronique.

Enfin, le bon développement de la sous-traitance électronique (qui fabrique essentiellement pour des donneurs d'ordres localisés dans le même bassin géographique), ne pourra être possible que par la mise en place de solide partenariat avec leurs clients et à ce titre le maintien des activités des donneurs d'ordres sur le territoire constitue un enjeu fondamental (par exemple, la délocalisation des activités industrielles des donneurs d'ordres conduisent généralement dans un second temps à l'externalisation des activités de R&D ce qui pénalisent alors doublement les sous-traitants impliqués dans la production et le prototypage ou les préséries).

## Analyse macro-économique de la situation à l'international

### ■ **Les acteurs étrangers organisent leur mutation : investissements volontaristes et automatisation de plus en plus poussée du parc machine, écosystèmes intégrés, montée en compétence généralisée.**

L'offre globale en matière de fabrication électronique est inégalement répartie dans le monde : l'Asie-Pacifique en tête (55% en 2017 dont 30% pour la Chine seule), suivie par l'Amérique du Nord (environ 18 % soit 300 Milliards \$)<sup>224</sup>. L'Afrique représente la plus petite région, avec une part de marché d'environ 3 %. De manière plus spécifique, il convient également de souligner la disparité de l'offre entre les différents pays ayant des activités de production électronique. Tandis que les pays de l'Europe occidentale (Allemagne, Italie, France) proposent une offre<sup>225</sup> en matière de fabrication électronique diversifiée sur l'ensemble des maillons de la chaîne de valeur, les pays de l'Europe de l'Est et du Maghreb se sont privilégiement orientés sur les segments spécifiques de la sous-traitance électronique pour le compte de tiers, en témoignent notamment les implantations de Videoton en Hongrie et Fideltronic en Pologne ainsi que plusieurs sites de production d'EMS occidentaux (Lacroix, AsteelFlash...), américains (Jabil, Flextronics) et asiatiques (Foxconn) D'autres pays comme la Corée du Sud ou le Japon tendent vers une intégration verticale de l'ensemble des activités de production électronique via des conglomérats (Samsung, LG, Sony, Hitachi) et justifient d'un savoir-faire reconnu mondialement sur certains segments spécifiques de la chaîne de valeur. Enfin l'Asie du Sud-Est rassemble sur son territoire un écosystème de production électronique complet et tout à fait remarquable qui regroupe à la fois les principaux leaders mondiaux en termes de sous-traitance électronique, (Taiwan qui place huit structures dans le top 50 à elle seule) mais également une multitude de petites structures.

<sup>224</sup> Electrical and Electronics Manufacturing Global Market Report 2018, Report Linker

<sup>225</sup> Portée par de nombreuses entreprises dont quelques leaders mondiaux sur certains maillons.

L'un des premiers constats transverses qui émerge de ce parangonnage international est le niveau **croissant des compétences** concernant la fabrication électronique. Bien que des postes (techniciens principalement) subissent des pénuries dans certains pays (France, Hongrie, Italie...), il apparaît que les différents systèmes éducatifs dans le monde ont développé des formations spécifiquement liées à l'électronique. Cette stratégie s'inscrit dans la prise de conscience liée à la pénétration de l'électronique dans tous les secteurs.

Un second constat transverse est la **politique volontariste d'investissements** menée de longue date par plusieurs pays dans le monde (Europe, Etats-Unis et de nombreux pays asiatiques) en soutien des industries électroniques, et en premier lieu pour le secteur spécifique de la microélectronique, compte tenu des investissements colossaux à réaliser (produits de commodité à l'échelle mondiale, intensité capitaliste, prime disproportionnée pour le premier à innover, etc.) et de son caractère particulièrement stratégique. Ainsi certains états asiatiques ont vu émerger sur le territoire de puissants **écosystèmes électroniques intégrés** – avec la présence d'acteurs étrangers mais également de champions nationaux capables de servir à la fois une demande « à bas-coût » mais également une clientèle à la recherche de solutions à forte valeur ajoutée.

De manière plus large, la montée croissante des compétences en électronique et les investissements massifs de la part de l'ensemble des acteurs dans le monde ont conduit les industries électroniques à posséder un **parc machine de plus en plus autonome**, réduisant d'autant les écarts de coûts de main d'œuvre à travers le monde ces dernières années. A titre d'exemple, l'écart est passé de 1-10 à 1-3 entre la France et la Hongrie en 10 ans. La comparaison avec l'Asie est plus délicate, mais le salaire horaire moyen chinois pour les techniciens et ingénieurs a triplé entre 2002 et 2009 et les économistes estiment qu'il atteindra le niveau du salaire horaire moyen européen dès 2020.

Aujourd'hui totalement internationalisée, la filière électronique est à la fois très concurrentielle et relativement concentrée. Le poids acquis par les groupes leaders sur le plan technologique témoigne de cette centralité indéniable : leurs chiffres d'affaires, et *a fortiori* leurs capacités d'innovation et d'investissements, confèrent à ces acteurs un poids colossal, supérieur à de nombreux états ou organisations internationales. Néanmoins, aujourd'hui, aucun pays ne maîtrise l'ensemble des technologies ni l'ensemble de la chaîne de valeur industrielle, conduisant de fait à une situation d'interdépendance, tant de nature technologique qu'en matière d'approvisionnement.

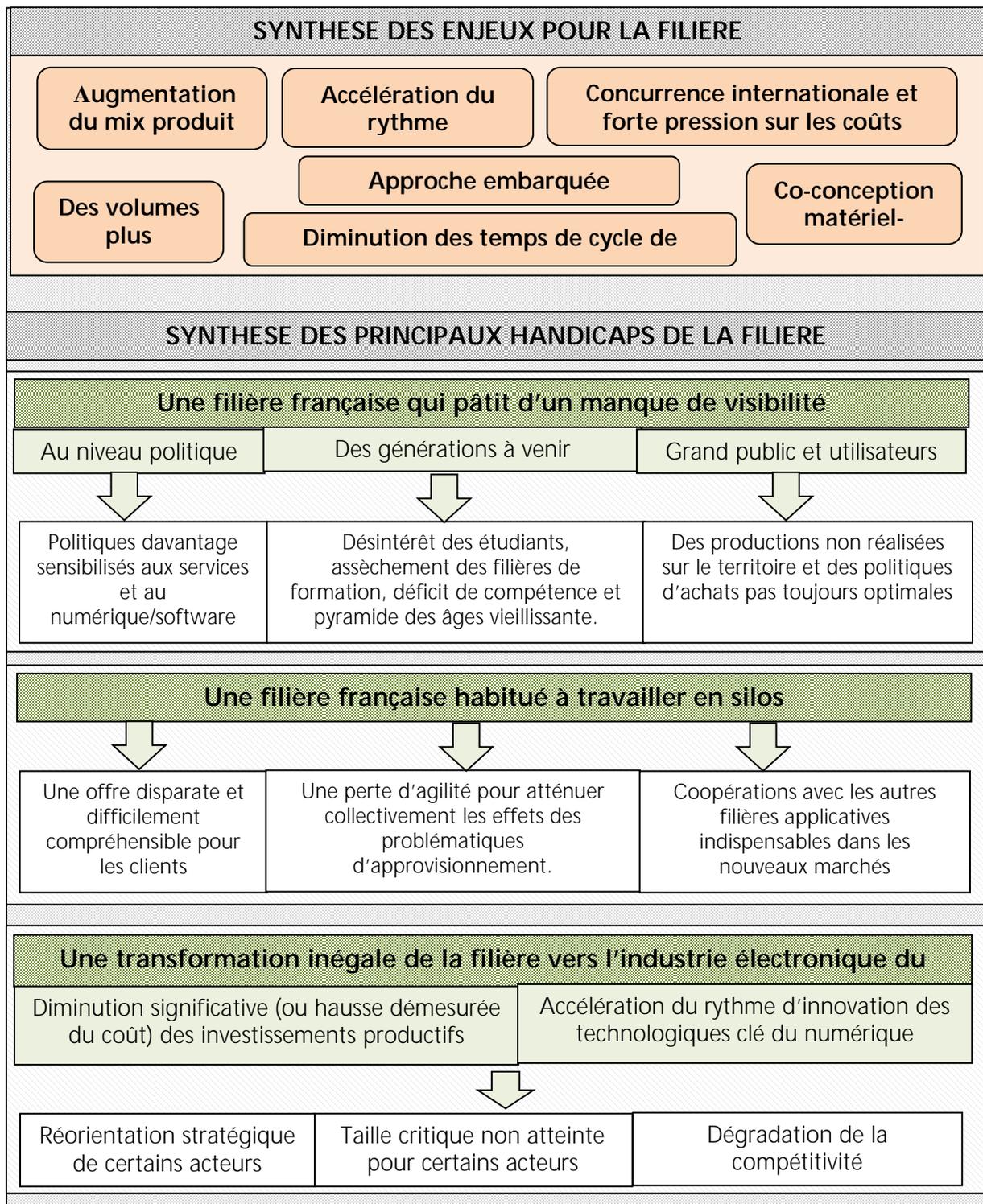
## ■ Une stratégie de localisation de la production de cartes électroniques répondant à des critères universels malgré des dimensions culturelles propres à chaque pays ...

Dans ces conditions, le choix d'implantation d'usines de production électronique répond à plusieurs critères : coût de la main d'œuvre, volumes de production, complexité du produit (et donc de sa valeur ajoutée). Par exemple pour les productions à fort volume et souvent à faible ou moyenne valeur ajoutée, des productions de bout en bout (souvent Asie-Asie et Europe-Europe) émergent avec des lieux privilégiés sur chaque continent : la Hongrie, la République Tchèque et la Pologne principalement en Europe, la Chine, Taiwan, les Philippines, la Thaïlande et la Malaisie en Asie. Néanmoins les stratégies de production (internalisation/externalisation) peuvent différer en fonction des dimensions et des stratégies industrielles propres aux pays.

En Europe, les grands donneurs d'ordre tendent vers une stratégie commune orientée sur la sous-traitance, et donc vers l'externalisation de la production en soulignant toutefois que certaines divisions stratégiques sont en train d'être réinternalisées car jugées cruciales/différenciantes à l'avenir (*i.e.* modules en lien avec les véhicules autonomes ou sécurité des objets connectés).

A l'inverse, d'autres pays comme la Corée ou le Japon ont développé une stratégie totalement différente en proposant une intégration verticale via des conglomérats regroupant tous les maillons de la chaîne de valeur de la production électronique. D'ailleurs des réglementations strictes existent au niveau étatique pour favoriser/obliger l'internalisation, et ainsi réduire les risques de transfert technologique, dans le but de garder un avantage compétitif sur le secteur.

## Synthèse et conclusion.



# VOLET 4 : ENJEUX ET PERSPECTIVES

---

## Partie 2 : scénarios prospectifs de développement pour la filière française de l'électronique (EMS)



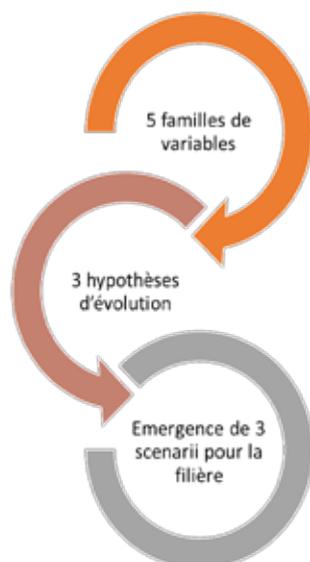
### Rappel méthodologique

*Nota : Les scénarii prospectifs ont été construits autour du maillon spécifique des fournisseurs de services en fabrication électroniques (EMS)*

La méthodologie de construction des scénarios prospectifs se base sur l'identification de variables clés pour la filière. Ces variables et leurs champs ont été identifiés et qualifiés à partir des travaux menés dans le cadre des volets 1 à 4. Les données recueillies en amont permettent dans le cadre d'une analyse rétrospective de caractériser les évolutions passées des variables et de déterminer les tendances probables de leur évolution. L'évolution probable des variables est construite en prenant simultanément en compte des tendances lourdes, des signaux faibles et de facteurs exogènes à la filière. Pour chaque variable, les micro-scénarii envisagés sont probables, contrastés, incompatibles entre eux et portent exclusivement sur le champ de la variable. Les scénarii prospectifs émergent ensuite de l'articulation des micro-scénarii d'évolution des variables clés.

Les travaux issus des volets 1, 2, 3 et 4 ont permis de faire émerger cinq grandes familles de variables :

- Famille 1 : technologies, compétences et offres métiers,
- Famille 2 : marché et besoins clients,
- Famille 3 : organisation de la chaîne de valeur et de ses externalités,
- Famille 4 : CAPEX et accès financement public et privé
- Famille 5 : Chocs externes.



**Figure : Rappel de la méthodologie globale de constitution des scénarios**

Afin de valider les tendances probables (micro-scénarii) de chaque variable et de construire des scénarios les plus proches de la réalité industrielle, un atelier impliquant un panel diversifié d'acteurs (syndicats, industriels de la filière et donneur d'ordre) a été organisé. Les participants à l'atelier (liste en annexe) ont été invités à questionner et à caractériser l'évolution possible de ces différents facteurs afin d'évaluer plus précisément la faisabilité des différents scénarii, et les conditions d'accès associées. Après une revue critique de chaque scénario, les participants ont convergé vers une représentation prospective de la filière et des enjeux associés en matière d'actions à mettre en œuvre.

## Identification et caractérisation des facteurs exogènes

Les facteurs suivants, bien qu'indépendants des actions des industriels français, sont susceptibles d'avoir un impact indirect sur les scénarios et devront être pris en compte pour moduler les paramètres de réalisation :

- Accès aux composants électroniques dans une logique de tension concurrentielle ;
- Faible capacité d'investissement financier de la plupart des acteurs de la filière ;
- Pyramide des âges des collaborateurs au sein de la filière et des chefs d'entreprises ;
- Acceptabilité sociale de la dissémination des objets connectés ;
- Contexte politique international en matière de relations commerciales notamment avec la Chine ou les Etats Unis (statu quo, durcissement des relations, ou au contraire retour à plus de multi latéralité) ;
- Contexte européen en matière de réglementation et de programmes de financement de la RDI, période de renégociation du Framework Programme FP9 ;
- Contexte national en matière, politique fiscale et soutien aux efforts de RDI (CIR, Investissements d'Avenir, ...).

Par définition, les variables se différencient de facteurs exogènes par le fait que des actions peuvent influencer sur l'évolution de ces variables. Chaque scénario pourra être modulé par l'impact possible de certains facteurs externes

## Construction des scénarios

Les scénarios sont construits en combinant des évolutions possibles des variables clés. Les scénarios représentent des visions possibles de l'avenir.

Les trois types d'hypothèses retenues sont les suivantes :

- *Hypothèses type 1 : Poursuite de la croissance tendancielle des marchés historiques.*
- *Hypothèses de type 2 : Accélération des marchés IoT. Montée en gamme des besoins clients.*
- *Hypothèses de type 3 : Recomposition de la chaîne de valeur sous la pression de chocs externes.*

L'exercice de prospective par les scénarios ne visent pas à identifier le scénario le plus probable mais les conditions favorisant le développement de chaque scénario. La réalité de l'avenir pourra s'envisager comme une combinaison de ces différents scénarios.

Il est aussi important de noter que certains projets industriels et positionnements peuvent être à la croisée de ces scénarios. Comme indiqué précédemment, chaque scénario pourra être modulé par des facteurs externes pour lesquels aucune action identifiée à venir ne pourrait impacter ces facteurs.

## Scénario 1 : « statu quo assumé » - une filière portée par l'augmentation des commandes dans les marchés historiques

Famille 1 : Technologie, compétences, métiers	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3
Capacités des acteurs à répondre aux exigences d'évolution des procédés de fabrication et transformation vers l'industrie du futur	Faible, évolution incrémentale et mutation lente avec des investissements très ciblés (cout de revient)	Moyenne : Evolution accélérée et proactive. Politique sélective d'investissement, mise à niveau et rattrapage du retard sous 36 mois.	Forte : Changement d'échelle. Mise en place d'un plan d'investissement ambitieux et sous 18 mois.
Capacité des acteurs pour répondre à des besoins en renforçant les liens avec les partenaires traditionnels (plasturgie, logiciel, mécanique)	Marginale	En réponses aux demandes clients	Fondamentale, réorganisation de la valeur du produit, intégration de nouvelle compétences
Capacité des acteurs à répondre à des besoins en matière de services associés	Nulle	Ciblée sur quelques briques clés d'excellence	"
Capacités des acteurs à répondre à des besoins en favorisant le recours à des technologies de rupture : impression 3D, électronique imprimée, cybersécurité, ...	Faible	En réponses aux demandes clients	"
Evolution de la profession auprès des jeunes diplômés.	Amplification de la dégradation	Statu quo	Image redynamisée politique de communication

<b>Famille 2 : Marchés et besoins clients</b>	<b>Hypothèse 1</b>	<b>Hypothèse 2</b>	<b>Hypothèse 3</b>
Capacités des acteurs à répondre aux besoins clients (tous marchés)	Limitée à des gains de productivités mineurs.	Limitée aux besoins en matière d'agilité industrielle et d'excellence techno	Réponse aux besoins évoluant vers un modèle de cotraitance 4.0
Capacité des acteurs à répondre aux besoins spécifiques du marché automobile	Statu quo : faible capacité à répondre aux exigences de volume et compétitivité prix.	Ciblés sur l'accélération des besoins en lien avec la voiture connectée ou autonome.	Forte : émergence de nouveau type d'acteurs alliant design et conception
Capacité des acteurs à répondre aux besoins spécifiques du marché aéronautique	Statu quo : limité à des commandes de niches.	Réponse ciblée en matière de traçabilité et de qualité totale	Forte : accélération des logiques partenariale (ex : plan du GIFAS).
Capacité des acteurs à répondre aux besoins spécifiques du marché des objets communicants	Limitée.	Ciblée, en lien avec l'accélération de la demande B2B/industrie 4.0	Forte avec l'émergence de marché solvables (IoT B2B, santé, ..)
Capacité des acteurs à collaborer avec de nouveaux acteurs, non électroniciens	Statu quo : relations difficiles.	Limitée et dans le cadre d'une cotraitance ponctuelle.	Réelle capacité pour piloter des projets complexes.
<b>Famille 3 : Organisation de la chaîne de valeur et de ses externalités</b>	<b>Hypothèse 1</b>	<b>Hypothèse 2</b>	<b>Hypothèse 3</b>
Flexibilité de la supply-Chain (partage de la data, traçabilité, réactivité, ...)	Statu quo	Evolution de manière ciblée (thématique, ou par groupe d'acteurs)	Refonte globale des relations entre les acteurs.
Coopération entre les acteurs dans une logique territoriale	Statu quo : faible ou inexistante	Evolution ciblée sur des territoires pilotes.	Refonte globale des relations
Coopération entre les acteurs dans une logique thématique (marché notamment)	Statu quo : faible ou inexistante	Evolution de manière ciblée (thématique, ou par groupe d'acteurs)	Refonte globale des relations entre les acteurs.
Interface avec d'autres filières industrielles (logiciel, plasturgie, mécanique)	Marginale, statu quo	Evolution de manière ciblée (thématique, ou par groupe d'acteurs)	Refonte globale des relations entre les acteurs.
Capacité à utiliser les leviers de la réglementation	Faible	Evolution opportuniste par rapport à la tendance historique.	Lobbying actif et anticipation des réglementations.
Développement de logiques industrielle duales : site de production en France au contact du DO et un site secondaire en zone low-cost.	Marginale, statu quo	Logique ciblée et en réponse à la demande de certains clients.	Mise en place de politiques proactives

<b>Famille 4 : CAPEX et accès au financement</b>	<b>Hypothèse 1</b>	<b>Hypothèse 2</b>	<b>Hypothèse 3</b>
Accès au financement public (PIA, ...)	Limitée pour la majorité des acteurs	Sélectif pour les meilleurs projets	Facilitée ; politique ciblée.
Accès financement bancaire	Limitée pour la majorité des acteurs	Sélectif pour les dossiers les plus solides en cap. propres	Facilité dans le avec la mise en place de tableaux de bords
Accès au financement privé (capital développement)	Limitée pour la majorité des acteurs	Sélectif pour les meilleurs projets	Facilité dans le cadre de la création d'un fond Adhoc.
<b>Famille 5 : chocs externes</b>	<b>Hypothèse 1</b>	<b>Hypothèse 2</b>	<b>Hypothèse 3</b>
Accès aux composants au niveau international pour les acteurs de la filière	Dégradation pour un grand nombre de références	Statu quo : pic de tension conjoncturelle sur certaine références	Amélioration plus grande capacité de volumes d'achats
Contexte politique international en matière de relation commerciales	Retour progressif à plus de multi latéralité.	Statu quo pour les prochaines années.	Durcissement et affrontement de blocs.
Arrivée d'acteurs industriels et/ou financiers dans une logique d'acquisition d'acteurs nationaux.	Statu quo : peu d'appétences pour le territoire national.	Appétence ciblée pour les compétences critiques (RF, logiciel embarqué, ...)	Appétence forte dans une logique de consolidation de l'offre européenne.
Internationalisation de la compétence de fabrication électronique par les donneurs d'ordres.	Statu quo : pas de virage stratégique des DO dans les années à venir.	Reprise ciblée de certaines compétences pour certains DO historiques.	Mouvement de fond impulsé par l'ensemble des donneurs d'ordres

Le premier scénario est celui du **statu quo**, c'est-à-dire celui d'une filière qui se laisse porter par la dynamique sous-jacente actuelle de la demande électronique et qui agit de manière prudente avec un risque limité.

La mise à niveau de l'outil industriel est réalisée de manière incrémentale et programmée dans le cadre d'un renouvellement du matériel industriel comptablement amorti.

Au niveau technologique, l'augmentation tendancielle de la demande se traduit par l'intégration progressive d'équipements capables de poser de plus de composants par heure ou de poser des composants de plus en plus petits. En parallèle, le scénario implique une automatisation plus importante de la ligne de production à l'image des systèmes d'inspection automatique par vision industrielle ou encore l'utilisation de cobots pour la manutention de cartes ou l'insertion de composants traversants.

D'un point de vue marché, les relations avec les clients finaux restent dans un schéma traditionnel où les axes de développement principaux portent sur l'augmentation de la traçabilité et du partage de la donnée entre les acteurs couplée à une meilleure sensibilisation des acheteurs à l'industrialisation électronique et une meilleure prévision de leurs besoins et commandes pour réduire la non-qualité et les retards de livraisons.

Par ailleurs, la transformation organisationnelle est secondaire dans ce scénario dans la mesure où le schéma de fabrication électronique reste classique avec une conception réalisée chez le client final ou par un bureau d'études externe avant une industrialisation et fabrication chez le sous-traitant ou en interne. Le principal facteur de développement organisationnel repose alors sur l'amélioration de la collaboration sous-traitant client final sur les aspects industrialisation et prises en comptes des contraintes de fabrication et de tests pour optimiser à la fois la productivité du site et mettre rapidement les produits sur le marché (réactivité).

Relativement conservateur dans la mesure où il représente une situation d'ores et déjà observée dans certaines structures du territoire, ce scénario représente tout de même une évolution notable dans la mesure où les développements technologiques, la dynamique des marchés clients historiques associés à un accroissement des exigences de qualité et de rapidité de livraison peuvent encourager les petites structures à mettre à niveau leur outil industriel. Les efforts en matière de standardisation amont doivent permettre de gagner en productivité en aval, notamment grâce à l'accès à une masse critique, à

l'homogénéité des produits, des processus et des compétences (des retours d'expérience en ce sens ont été démontrés dans le cadre de programmes Usine du Futur).

Une réduction des coûts de **5%** et une augmentation de la productivité de **10 à 15%** peuvent alors être envisagés, **rendant la filière ainsi plus compétitive sur les moyens volumes.**

Ce scénario est donc celui de la mise à niveau de l'outil industriel dans les territoires et les entreprises de manière maîtrisée et impulsée par la demande client. Cependant, ce scénario présente un certain nombre **de risques majeurs**, dans la mesure où il ne permet pas, même à moyen terme, de répondre aux enjeux de taille critique des acteurs, de retard d'investissement ou d'attractivité des talents.

Par exemple, pour des groupes comme Renault Nissan, il est difficile d'acheter ou de faire sous-traiter à des structures trop petites, notamment pour des règles de notation des fournisseurs basés sur la taille en matière de chiffre d'affaires et ou d'effectif. En sus, les donneurs d'ordres soulèvent expressément le retard accumulé par les acteurs en matière d'investissements et d'équipements de type « Usine du Futur ». Pour le secteur automobile, un retard d'investissement très critique a été mentionné comparativement aux acteurs chinois et allemands et même italiens.

*« Le manque d'investissement structurel des acteurs français sur les technologies nouvelles ne nous permettent pas d'envisager de relocaliser la production\* » (\*Verbatim issu de l'atelier 1)*

En outre, ce scénario de type statu quo doit prendre en considération que la relative bonne santé actuelle du secteur est avant tout due à la reprise d'activité des secteurs traditionnels (surtout automobile qui concentre 30-40% du marché) et qu'un palier est sans doute à attendre. La croissance mondiale à venir sera sans doute beaucoup plus sélective et seuls ceux qui auront fait les efforts indispensables d'investissement pourront rester dans la course y compris à une échelle nationale, échelle jusqu'alors relativement protégée.

Par ailleurs, historiquement la pression d'acteurs étrangers sur le sol français était relativement faible mais cela ne durera pas. De nouveaux acteurs (américains et chinois) vont apparaître dans le paysage soit directement soit indirectement par le rachat d'acteurs nationaux. Des initiatives de ce type ont été soulignées de manière confidentielle lors des ateliers.

En outre, ce scénario ne permet pas aux acteurs de répondre à la demande potentielle des clients start-ups ou issus de la filière IoT, tant B2B que B2C.

## Scénario 2 : « Agilité et excellence technologique – une filière agile et proactive en matière d’innovation pour pénétrer de nouveaux marchés »

<b>Famille 1 : Technologie, compétences, métiers</b>	<b>Hypothèse 1</b>	<b>Hypothèse 2</b>	<b>Hypothèse 3</b>
Capacités des acteurs à répondre aux exigences d'évolution des procédés de fabrication et transformation vers l'industrie du futur	Faible, évolution incrémentale et mutation lente avec des investissements très ciblés (cout de revient)	Moyenne : Evolution accélérée et proactive. Politique sélective d'investissement, mise à niveau et rattrapage du retard sous 36 mois.	Forte : Changement d'échelle. Mise en place d'un plan d'investissement ambitieux et sous 18 mois.
Capacité des acteurs pour répondre à des besoins en renforçant les liens avec les partenaires traditionnels (plasturgie, logiciel, mécanique)	Marginale	En réponses aux demandes clients	Fondamentale, réorganisation de la valeur du produit, intégration de nouvelles compétences
Capacité des acteurs à répondre à des besoins en matière de services associés	Nulle	Ciblée sur quelques briques clés d'excellence	''
Capacités des acteurs à répondre à des besoins en favorisant le recours à des technologies de rupture : impression 3D, électronique imprimée, cybersécurité, ...	Faible	En réponses aux demandes clients	''
Evolution de la profession auprès des jeunes diplômés.	Amplification de la dégradation	Statu quo	Image redynamisée par des politiques de communication
<b>Famille 2 : Marchés et besoins clients</b>	<b>Hypothèse 1</b>	<b>Hypothèse 2</b>	<b>Hypothèse 3</b>
Capacités des acteurs à répondre aux besoins clients (tous marchés)	Limitée à des gains de productivités mineurs.	Limitée aux besoins en matière d'agilité industrielle et d'excellence techno	Réponse aux besoins évoluant vers un modèle de cotraitance 4.0
Capacité des acteurs à répondre aux besoins spécifiques du marché automobile	Statu quo : faible capacité à répondre aux exigences de volume et compétitivité prix.	Ciblés sur l'accélération des besoins en lien avec la voiture connectée ou autonome.	Forte : émergence de nouveau type d'acteurs alliant design et conception
Capacité des acteurs à répondre aux besoins spécifiques du marché aéronautique	Statu quo : limité à des commandes de niches.	Réponse ciblée en matière de traçabilité et de qualité totale	Forte : accélération des logiques partenariale (ex : plan du GIFAS).
Capacité des acteurs à répondre aux besoins spécifiques du marché des objets communicants	Limitée.	Ciblée, en lien avec l'accélération de la demande B2B/ industrie 4.0	Forte avec l'émergence de marché solvables (IoT B2B, santé, ...)
Capacité des acteurs à collaborer avec de nouveaux acteurs, non électroniciens	Statu quo : relations difficiles.	Limitée et dans le cadre d'une cotraitance ponctuelle	Réelle capacité pour piloter des projets complexes.

<b>Famille 3 : Organisation de la chaîne de valeur et de ses externalités</b>	<b>Hypothèse 1</b>	<b>Hypothèse 2</b>	<b>Hypothèse 3</b>
Flexibilité de la supply-Chain (partage de la data, traçabilité, réactivité, ...)	Statu quo	Evolution de manière ciblée (thématique, ou par groupe d'acteurs)	Refonte globale des relations entre les acteurs.
Coopération entre les acteurs dans une logique territoriale	Statu quo : faible voire inexistante	Evolution ciblée sur des territoires pilotes.	Refonte globale des relations
Coopération entre les acteurs dans une logique thématique (marché notamment)	Statu quo : faible voire inexistante	Evolution de manière ciblée (thématique, ou par groupe d'acteurs)	Refonte globale des relations entre les acteurs.
Interface avec d'autres filières industrielles (logiciel, plasturgie, mécanique)	Marginale, statu quo	Evolution de manière ciblée (thématique, ou par groupe d'acteurs)	Refonte globale des relations entre les acteurs.
Capacité à utiliser les leviers de la réglementation	Faible	Evolution opportuniste par rapport à la tendance historique.	Lobbying actif et anticipation des réglementations.
Développement de logiques industrielles duale : site de production en France au contact du DO et un site secondaire en zone low-cost.	Marginale, statu quo	Logique ciblée et en réponse à la demande de certains clients.	Mise en place de politiques proactives
<b>Famille 4 : CAPEX et accès au financement</b>	<b>Hypothèse 1</b>	<b>Hypothèse 2</b>	<b>Hypothèse 3</b>
Accès au financement public (PIA, ...)	Limitée pour la majorité des acteurs	Sélectif pour les meilleurs projets	Facilitée ; politique ciblée.
Accès financement bancaire	Limitée pour la majorité des acteurs	Sélectif pour les dossiers les plus solides en cap. Propres	Facilité dans le avec la mise en place de tableaux de bords
Accès au financement privé (capital développement)	Limitée pour la majorité des acteurs	Sélectif pour les meilleurs projets	Facilité dans le cadre de la création d'un fond Adhoc.
<b>Famille 5 : chocs externes</b>	<b>Hypothèse 1</b>	<b>Hypothèse 2</b>	<b>Hypothèse 3</b>
Accès aux composants au niveau international pour les acteurs de la filière	Dégradation pour un grand nombre de références	Statu quo : pic de tension conjoncturelle sur certaine références	Amélioration plus grande capacité de volumes d'achats
Contexte politique international en matière de relation commerciales	Retour progressif à plus de multi latéralité.	Statu quo pour les prochaines années.	Durcissement et affrontement de blocs.
Arrivée d'acteurs industriels et/ou financiers dans une logique d'acquisition d'acteurs nationaux.	Statu quo : peu d'appétences pour le territoire national.	Appétence ciblée pour les compétences critiques (RF, logiciel embarqué, ...)	Appétence forte dans une logique de consolidation de l'offre européenne.
Internationalisation de la compétence de fabrication électronique par les donneurs d'ordres.	Statu quo : pas de virage stratégique des DO dans les années à venir.	Reprise ciblée de certaines compétences pour certains DO historiques.	Mouvement de fond impulsé par l'ensemble des donneurs d'ordres

Le deuxième scénario est celui d'une filière proactive, c'est-à-dire qui **investit et agit** sans forcément de **demande identifiée à court terme de la part de ses clients**, dans l'objectif de s'imposer du fait d'une excellence technologique sur de nouveaux marchés applicatifs de l'électronique professionnelle qui représenteront entre 10 000 et 100 000 unités par an à moyen-long terme. En effet, les dynamiques de marché associées aux objets communicants et à l'industrie connectée font émerger une multitude de nouveaux acteurs aux pratiques et niveaux de connaissances électroniques en rupture par rapport au modèle traditionnel, impliquant une transformation profonde de l'offre électronique, aussi bien au niveau technologique, qu'organisationnel.

De manière transversale, cette nouvelle typologie de clients souvent non-électronicienne présente un besoin de sensibilisation à l'industrialisation et d'accompagnement à la fabrication encore plus fort mais n'en n'a pas toujours conscience. La prise de conscience de l'importance de cet accompagnement associée à une acceptation de cette clientèle de payer pour ce service d'étude d'industrialisation est considérée comme un levier de développement majeur.

Au-delà d'un investissement en avance de phase pour se positionner sur ces nouveaux marchés, ce scénario implique d'investir pour se différencier sur le plan technologique à différents niveaux et de manière simultanée.

La filière met en avant **ses domaines d'excellence** en matière de fabrication électronique (électronique de puissance, RF, low-power) pour rayonner à l'international et récupérer une production partie à l'étranger. Une réflexion qui part du constat que si les clients finaux identifient rapidement les cadences de fabrication et capacité à poser les petits composants comme une force de l'Asie ou le positionnement d'excellence de l'Allemagne sur l'électronique automobile, la visibilité des forces françaises peut être améliorée.

La filière **investit en avance de phase** sur de nouvelles compétences technologiques dans le domaine électronique pur (électronique de puissance, ATS, PC intégrés, composants enterrés, spécialisation dans la pose de composants sur substrats souples, réduction des opérations d'intégration finales cartes électroniques/boîtier grâce à l'impression 3D et la fonctionnalisation électronique) associées à des marchés émergents.

La filière développe **une stratégie volontariste de partenariat** avec des fournisseurs de briques technologiques de rupture (nanomatériaux, intelligence artificielle, cyber sécurité à la fois au niveau software au niveau hardware, ...) et s'organise pour être en capacité de les intégrer dans une logique de produit à forte valeur ajoutée.

Au niveau technologique, les prévisions d'évolution de la demande (à la fois en termes de versatilité, de tailles de séries ou encore de cycles d'innovation) se traduisent par une automatisation et intégration toujours plus forte, couplée à une stratégie d'Usine 4.0 où l'interopérabilité de la donnée et le partage d'informations au sein de la supply chain permettant davantage d'agilité et de réactivité. Plus que de rupture technologique, il s'agit ici d'interconnecter les différents services de l'entreprise et fluidifier les échanges de données pour optimiser la gestion de la production.

Au niveau organisationnel, le partage de l'information entre les différentes divisions métiers de l'entreprise, les fournisseurs et les clients finaux entraîne une dynamique davantage tournée vers la collaboration et la réactivité. Par un exemple, la mise en place d'un nouvel ERP capable de prédire en temps réel l'impact d'une nouvelle commande sur le planning de fabrication et sur les besoins d'approvisionnement en composants ou la création d'un espace partagé avec son client pour lui permettre de suivre en temps réel l'état d'avancement de son ordre de fabrication, l'organisation en silo devient plus horizontale et agile.

Les enjeux de mutualisation et de coopération entre les acteurs notamment à une échelle territoriale sont clés pour la mise en œuvre de ce scénario. « *Le groupement de plusieurs entités permet de compenser le problème de tailles des structures et de répondre avec des outils industriels variés \** ». Selon les donneurs d'ordres « *Le généraliste n'apporte pas de caractère différenciant par rapport à la spécialisation \** ».

Attention toutefois à ne pas évoluer vers une trop grande spécialisation marchée et/ou technologique car aujourd'hui il n'existe aucun segment susceptible de présenter une taille critique suffisante pour garantir un volume de production dans la durée. « *On ne peut pas imaginer une supply chain spécialisée par secteur. Nous avons besoin d'une transversalité minimum pour réduire les risques. \** ».

La filière a fait historiquement la preuve de sa capacité à s'adapter à des types de demandes client très hétérogènes (volumes, cycles, standardisation, ...). C'est une force en matière d'agilité qu'il faut savoir mettre à profit dans le cadre de ce scénario pour les années à venir. Les nouveaux équipements automatisés de type Usine 4.0 sont en mesure de renforcer cette flexibilité.

L'objectif de ce scénario est le développement de briques d'excellence « Made in France » appréhendée à deux niveaux :

- *Une excellence technologique pour accompagner les feuilles de routes des clients traditionnels,*
- *Une excellence en matière d' « agilité » pour proposer de manière ultra-réactive des solutions pour les nouveaux acteurs issus du monde « smart ».*

Dans les deux cas, cette excellence doit sortir du cadre classique des métiers de l'assemblage/intégration pour évoluer vers une approche globale et intégrée d'industrialisation à valeur ajoutée.

Les acteurs de la fabrication électronique, dans le cadre de ce scénario, se réapproprient des domaines stratégiques tels la R&D et la conception pour ne plus se restreindre au seul maillon de l'assemblage. « *Il faut développer la culture R&D au sein des EMS et participer beaucoup plus aux consortiums de R&D \** ».

Les acteurs gagnent en compétence métiers pour devenir des partenaires force de proposition pour leurs clients en aval, sans pour autant créer des *supply-chains* en silo par marché. « *La supply-chain doit s'adapter aux mutations en cours en stimulant les liens entre industrialisation/fabrication/ conception. Il faut créer des ponts. Inventer de nouveaux métiers entre les OEM et les EMS \** ». « *Il faut changer la nature des relations : Les EMS doivent pouvoir travailler avec les concepteurs sans pour autant se substituer aux bureaux d'études. \* ».*

Le scénario 2 implique une redistribution des cartes au sein de la chaîne de valeur dans le sens d'un modèle beaucoup plus participatif et ouvert (la culture de l'« Open »).

En matière de potentiel de relocalisation des commandes sur le territoire national, le scénario 2 est susceptible de faire évoluer la politique de certains donneurs d'ordres en faveur d'acteurs français.

Cependant, ce scénario exige de repenser l'organisation territoriale des écosystèmes en favorisant des clusters mixtes alliant une grande palette de compétences susceptibles de travailler efficacement en partenariat : électronique, mécanique, plasturgie, logiciel, bureau d'études, tests...

Dans la décision de la localisation des commandes des donneurs d'ordres, il y a de plus en plus la capacité d'un écosystème à proposer une offre de compétences en synergie avec des acteurs de proximité qui se font confiance et ont l'habitude de travailler ensemble. Ainsi, certains donneurs d'ordre ont accéléré leur politique de délocalisation car ils ne trouvaient pas en France d'écosystème intégrant suffisamment la compétence en matière de moules « plastique », compétence clé recherchée.

Le scénario 2 permet d'envisager une réponse efficace aux besoins des acteurs IoT B2B, mais ne permet pas d'adresser ni l'IoT B2C ni la clientèle start-ups. Les politiques en cours en lien avec les mutations vers l'Usine 4.0 sont des vecteurs d'accélération pour les transformations de la filière dans la logique du scénario 2.

## Scénario 3 : « Nouveau paradigme » – Evolution structurelle des métiers au sein de la chaine de valeur de l'électronique française.

<b>Famille 1 : Technologie, compétences, métiers</b>	<b>Hypothèse 1</b>	<b>Hypothèse 2</b>	<b>Hypothèse 3</b>
Capacités des acteurs à répondre aux exigences d'évolution des procédés de fabrication et transformation vers l'industrie du futur	Faible, évolution incrémentale et mutation lente avec des investissements très ciblés (cout de revient)	Moyenne : Evolution accélérée et proactive. Politique sélective d'investissement, mise à niveau et rattrapage du retard sous 36 mois	Forte : Changement d'échelle. Mise en place d'un plan d'investissement ambitieux et sous 18 mois.
Capacité des acteurs pour répondre à des besoins en renforçant les liens avec les partenaires traditionnels (plasturgie, logiciel, mécanique)	Marginale	En réponses aux demandes clients	Fondamentale, réorganisation de la valeur du produit, intégration de nouvelle compétences
Capacité des acteurs à répondre à des besoins en matière de services associés	Nulle	Ciblée sur quelques briques clés d'excellence	''
Capacités des acteurs à répondre à des besoins en favorisant le recours à des technologies de rupture : impression 3D, électronique imprimée, cybersécurité, ...	Faible	En réponses aux demandes clients	''
Evolution de la profession auprès des jeunes diplômés.	Amplification de la dégradation	Statu quo	Image redynamisée politique de communication
<b>Famille 2 : Marchés et besoins clients</b>	<b>Hypothèse 1</b>	<b>Hypothèse 2</b>	<b>Hypothèse 3</b>
Capacités des acteurs à répondre aux besoins clients (tous marchés)	Limitée à des gains de productivités mineurs.	Limitée aux besoins en matière d'agilité industrielle et d'excellence techno	Réponse aux besoins évoluant vers un modèle de cotraitance 4.0
Capacité des acteurs à répondre aux besoins spécifiques du marché automobile	Statu quo : faible capacité à répondre aux exigences de volume et compétitivité prix.	Ciblés sur l'accélération des besoins en lien avec la voiture connectée ou autonome.	Forte : émergence de nouveau type d'acteurs alliant design et conception
Capacité des acteurs à répondre aux besoins spécifiques du marché aéronautique	Statu quo : limité à des commandes de niches.	Réponse ciblée en matière de traçabilité et de qualité totale	Forte : accélération des logiques partenariale (ex : plan du GIFAS).
Capacité des acteurs à répondre aux besoins spécifiques du marché des objets communicants	Limitée.	Ciblée, en lien avec l'accélération de la demande B2B/ industrie 4.0	Forte avec l'émergence de marché solvables (IoT B2B, santé, ...)
Capacité des acteurs à collaborer avec de nouveaux acteurs, non électroniciens	Statu quo : relations difficiles.	Limitée et dans le cadre d'une cotraitance ponctuelle	Réelle capacité pour piloter des projets complexes.

<b>Famille 3 : Organisation de la chaîne de valeur</b>	<b>Hypothèse 1</b>	<b>Hypothèse 2</b>	<b>Hypothèse 3</b>
Flexibilité de la supply-Chain (partage de la data, traçabilité, réactivité, ...)	Statu quo	Evolution de manière ciblée (thématique, ou par groupe d'acteurs)	Refonte globale des relations entre les acteurs.
Coopération entre les acteurs dans une logique territoriale	Statu quo : faible voire inexistante	Evolution ciblée sur des territoires pilotes.	Refonte globale des relations
Coopération entre les acteurs dans une logique thématique (marché notamment)	Statu quo : faible voire inexistante	Evolution de manière ciblée (thématique, ou par groupe d'acteurs)	Refonte globale des relations entre les acteurs.
Interface avec d'autres filières industrielles (logiciel, plasturgie, mécanique)	Marginale, statu quo	Evolution de manière ciblée (thématique, ou par groupe d'acteurs)	Refonte globale des relations entre les acteurs.
Capacité à utiliser les leviers de la réglementation	Faible	Evolution opportuniste	Lobbying actif et anticipation des réglementations.
Développement de logiques industrielles duales : production en France et en zone low-cost	Marginale, statu quo	Logique ciblée et en réponse à la demande de certains clients.	Mise en place de politiques proactives
<b>Famille 4 : CAPEX et accès au financement</b>	<b>Hypothèse 1</b>	<b>Hypothèse 2</b>	<b>Hypothèse 3</b>
Accès au financement public (PIA, ...)	Limitée	Sélectif pour les meilleurs projets	Facilitée ; politique ciblée.
Accès financement bancaire	Limitée pour la majorité des acteurs	Sélectif pour les dossiers les plus solides en cap. Propres	Facilité dans le avec la mise en place de tableaux de bords
Accès au financement privé (capital développement)	Limitée pour la majorité des acteurs	Sélectif pour les meilleurs projets	Facilité dans le cadre de la création d'un fond Adhoc.
<b>Famille 5 : chocs externes</b>	<b>Hypothèse 1</b>	<b>Hypothèse 2</b>	<b>Hypothèse 3</b>
Accès aux composants au niveau international pour les acteurs de la filière	Dégradation pour un grand nombre de références	Statu quo : pic de tension conjoncturelle sur certaine références	Amélioration plus grande capacité de volumes d'achats
Contexte politique international en matière de relation commerciales	Retour progressif à plus de multi latéralité.	Statu quo pour les prochaines années.	Durcissement et affrontement de blocs.
Arrivée d'acteurs industriels et/ou financiers dans une logique d'acquisition d'acteurs nationaux.	Statu quo : peu d'appétences pour le territoire national.	Appétence ciblée pour les compétences critiques (RF, logiciel embarqué, ...)	Appétence forte dans une logique de consolidation de l'offre européenne.
Internationalisation de la compétence de fabrication électronique par les donneurs d'ordres.	Statu quo : pas de virage stratégique des DO dans les années à venir.	Reprise ciblée de certaines compétences pour certains DO historiques.	Mouvement de fond impulsé par l'ensemble des donneurs d'ordres

Le troisième scénario est celui **du changement de paradigme**, c'est-à-dire celui d'une évolution forte des métiers au sein de la chaîne de valeur **qui implique de repenser le positionnement, l'offre de service et les modèles économiques**. Le scénario reflète une perspective plus ambitieuse que les autres scénarios bien que présentant un niveau de risque plus important pour les acteurs de la fabrication électronique.

Le scénario 3 prend notamment en compte l'élément structurel du désinvestissement des donneurs d'ordres en matière de compétences et de culture en fabrication électronique. Ce désinvestissement a entraîné une perte majeure de compétences au sein de la chaîne de valeur. « Le désengagement des donneurs d'ordres, n'a pas été suffisamment compensée au sein de la supply chain. \* »

En effet, du fait de la perte de compétence électronique chez le client final, il existe une véritable opportunité de développement de services à valeur ajoutée de la fabrication électronique tels que les études amont et la conception, le développement logiciel, l'ingénierie système ou encore l'intégration finale de la carte électronique. Cette hypothèse d'évolution peut s'appliquer aussi bien aux entreprises de sous-traitance électronique qui développent des capacités de conception et de marketing stratégique interne, qu'aux clients finaux soucieux de (re)prendre la main sur l'électronique suite aux vagues d'externalisation et à l'augmentation du poids de l'électronique dans le coût et la valeur ajoutée des produits finaux.

Cette diversification pourrait alors d'un côté simplifier la relation fournisseur vis-à-vis du client final qui peut compter sur un nombre plus limité de prestataires pour une offre plus complète, et de l'autre côté favoriser la « (re)conception pour la fabrication » du fait de l'expérience des acteurs de la fabrication électronique. En effet, le fait de confier la totalité du développement, de l'industrialisation et la fabrication électronique dans une logique ODM (Original Design Manufacturing) permet de mieux dimensionner le produit et la ligne et ainsi encourager une sous-traitance à valeur ajoutée et de proximité. Un scénario qui permet alors d'envisager des besoins de recrutement et de formation complémentaires sur des activités de conception ou des rapprochements forts avec des bureaux d'études électroniques indépendants. Par ailleurs, l'internalisation des activités finales d'intégration et d'assemblage pourrait entraîner un investissement parallèle sur des équipements automatisés ou au contraire envisager une production multi site avec une partie de l'intégration manuelle réalisée en zone *low-cost* de proximité (Europe de l'Est ou Maghreb).

Dans le cadre de ce scénario, l'une des clefs de voûte est la maîtrise du volet logiciel de bout en bout (hardware embarqué jusqu'au software applicatif) tant d'un point de vue développement technique que des aspects de sécurité / cybersécurité. En effet, à moyen terme, l'essentiel de la valeur du secteur se concentrera dans les aspects « smart ». La maîtrise des couches hautes restant le cœur de métier des OEM, les fabricants d'électronique doivent se concentrer sur les couches basses du logiciel (notamment la partie embarquée et sur les systèmes d'opération /OS) tout en étant capables d'échanger à haut niveau pour comprendre les besoins et attentes des OEM. Une meilleure articulation des compétences et collaboration au niveau des liaisons « Hardware/ Software » est considérée comme un facteur fort de relocalisation sur le sol français. La capacité des acteurs à travailler de manière collaborative au sein de la chaîne de valeur sur les interfaces « Hardware/Software » et la maîtrise partagée des innovations en matière d'OS est un axe fort de différenciation pour les écosystèmes nationaux. « *La conception du software ne peut plus se faire en « hors sol » indépendamment du hardware\** ».

Dans le cadre de ce scénario, c'est la capacité à mettre en œuvre des stratégies territoriales d'Open Knowledge qui permettra de faire la différence dans une logique de concurrence mondiale. Les modèles de co-conception et de cotraitance avec les clients devront être favorisés.

Ce troisième scénario est le réellement le seul susceptible de permettre aux acteurs de la filière d'être en capacité de répondre aux besoins de la clientèle startups. La filière de la fabrication électronique ayant historiquement rencontré de nombreux échecs vis-à-vis de cette clientèle, a aujourd'hui tendance à être très prudente et a tendance à se tenir à l'écart de cette nouvelle clientèle. « La relation one-to-one entre les acteurs n'est pas souhaitable compte tenu de l'immaturité de la demande des startups\* ». « *Il faut créer des pools d'expertises pour accompagner les acteurs de l'IoT\** »

Le scénario 3 permet aux acteurs de se saisir du potentiel des solutions IoT notamment B2B, qui présente de véritables modèles économiques avec un besoin de petites séries à forte valeur ajoutée. Ces quantités étant parfaitement compatibles avec la capacité des acteurs français sous réserve de prévoir une co-conception amont avec l'utilisateur industriel en bout de chaîne.

Ce scénario permet de proposer une solution pour transformer la formidable créativité IoT de la France ; facteur fort de différenciation au niveau mondial, ie la participation des acteurs nationaux au CES las

Vegas, en succès industriel et commercial de ces nouveaux acteurs. « *La filière doit proposer une solution pour maximiser ce potentiel.\** » « *Il faut faire émerger un nouveau type d'acteurs qui accélère ce potentiel.\** »

Le scénario 3 peut être considéré comme une mutation radicale de la *supply-chain* vers un **modèle de cotraitance 4.0** d'excellence mondiale. Cette nouvelle organisation de la filière permettant de servir efficacement la croissance des marchés historiques, de capter les marchés émergents et de stimuler la relocalisation de la production en France dans une logique d'écosystèmes ouverts, agiles et coopérants.

Ce scénario ambitieux exige d'acquérir rapidement de nouvelles compétences (Conception, Mécanique, Software (couche basse), Prestation globale (service), ...).

Ce scénario implique de développer des offres différenciées pour :

- § Les PME dans leur stratégie de pivot vers la « smart Industry »
- § Les startups dans leur passage de la phase prototypage vers industrialisation

La poursuite de la réflexion sur cette évolution des métiers au sein de la chaîne encourage le parallèle avec les transformations observées au sein des filières de la fonderie, de la forge ou de la plasturgie où la grande partie des sous-traitants qui ont affichés une forte croissance malgré un contexte de concurrence internationale forte sont ceux qui ont su innover en propre.

A l'image de l'équipementier Plastic Omnium qui, en quelques années et grâce à ses investissements en recherche et développement à la fois sur les procédés de mise en œuvre (nouvelles techniques de fabrication de réservoirs) que de nouveaux concepts produits (pare-chocs ultra-compacts alors qu'ils avaient tendance à s'allonger depuis l'arrivée des normes sur les chocs piétons) à dépasser son rôle de sous-traitant, pour devenir force de proposition auprès des constructeurs. Son positionnement stratégique est riche d'enseignement puisqu'il consiste à industrialiser en grande série tout ce qui se fait dans le haut de gamme en petites séries en développant des briques technologiques propriétaires ou nouveaux produits.

Enfin, ce scénario, compte tenu de l'évolution des métiers et des investissements à réaliser, fait apparaître la nécessité **de créer des acteurs d'une taille significative avec une solidité financière avérée**. Cette croissance est d'autant plus nécessaire que des marchés significatifs de l'automobile par exemple ne seront plus accessibles à des petites structures pour des raisons de rationalisation des achats de sous-traitances.

Cette nouvelle organisation de la filière permettrait alors de servir efficacement la croissance des marchés historiques, de capter les marchés émergents<sup>226</sup> et de stimuler la relocalisation de la production en France dans une logique d'écosystèmes ouverts, agiles et coopérants. Plus précisément ce scénario permettrait de capter efficacement les marchés applicatifs B2B qui représenteront entre 10 000 et 100 000 unités par an à moyen/long terme et de transformer la formidable créativité IoT de la France en succès industriels et commerciaux.

**Compte tenu de la taille des entreprises de la filière, ce scénario ne se fera que par une mutation majeure de l'écosystème et qui devra être soutenu tant par les donneurs d'ordres que les pouvoirs publics.**

---

<sup>226</sup>Cf. marchés des objets communicants qui fait émerger une multitude de nouveaux acteurs aux pratiques et aux niveaux de connaissances électroniques en rupture par rapport au modèle traditionnels et qui implique de pouvoir adapter l'offre électronique existante aussi bien au niveau technologique qu'organisationnel.

## Un sursaut collectif devrait permettre à la filière de mettre en œuvre sa transformation industrielle indispensable (scénario 2) ou souhaitable (scénario 3)

Bien que la filière électronique française ait su prouver sa forte capacité de résilience ces 20 dernières années, le statu quo (scénario 1) n'est pas une option viable pour les années à venir. Les acteurs de la filière de la fabrication électronique ont été peu touchés historiquement par les vagues de digitalisation. Ils doivent se saisir rapidement des retours d'expérience des initiatives en lien avec la mutation digitale pour accélérer leur transformation. En cas de statu quo, certaines filières qui en auront les moyens investiront et créeront en interne des *pools* de compétences électroniques, ce qui aura pour conséquence un assèchement des compétences au sein des acteurs historiques (*i.e.* EMS). La filière automobile est sur le point de réinternaliser les compétences électroniques, en particulier celles liées aux enjeux des véhicules autonomes et électriques, pour éviter de se trouver en situation de trop forte dépendance vis-à-vis des équipementiers. Les autres filières seront durablement fragilisées dans leur propre mutation numérique et, en conséquence, susceptibles d'accélérer les mouvements de délocalisation. Dans cette situation, un phénomène de cercle vicieux risque de s'enclencher. Le scénario 2, basé sur l'innovation et une coopération intelligente à l'échelle des territoires permettrait de résoudre le verrou lié à la taille sous-critique des acteurs et aux besoins à venir des filières applicatives. Le scénario 3, plus ambitieux propose un changement de paradigme : il s'agit notamment de repenser le positionnement, l'offre de services et les modèles économiques (cotraitance, co-conception, ...) et de favoriser l'émergence d'acteurs d'une taille critique suffisante pour rester compétitif et capable soutenir une croissance notamment à l'international. La réalisation de scénario permettrait de servir efficacement la croissance des marchés historiques, de capter les marchés émergents et de stimuler la relocalisation de la production en France dans une logique d'écosystèmes ouverts, agiles et coopérants. Il n'en nécessite pas moins un important besoin de **capex** et une certaine **acceptabilité**<sup>227</sup> de la part des acteurs.

## Par ailleurs, une accélération brutale des chocs externes<sup>228</sup> ne peut pas être écartée dans cette industrie profondément mondialisée.

Dans cette hypothèse, une mutation devra être réalisée à très court terme (d'ici 24 mois) et les acteurs du maillon de la fabrication électronique ne disposeront alors ni de suffisamment de temps<sup>229</sup>, ni de capacité à mobiliser rapidement des ressources financières pour impulser par eux-mêmes la mutation industrielle nécessaire. Rapidement, le maillon de la fabrication électronique <sup>230</sup> sera confronté à une vague de départs à la retraite sans précédent et le manque récurrent d'investissements dans l'outil de production pèsera lourdement dans l'effondrement probable de la valeur des actifs à céder sur l'ensemble du territoire national.

### ■ Face à cette évolution, trois types de réactions peuvent être anticipées :

La première réaction, et la plus probable, est l'arrivée opportuniste d'acteurs étrangers qui profiteront de la situation nationale pour effectuer des rachats de compétences, de carnets de commandes (ou référencements) et plus marginalement d'actifs industriels à prix cassés. Des initiatives nord-américaines et chinoises ont été évoquées de manière confidentielle dans le cadre des ateliers.

Le deuxième type de réaction serait un sursaut, soit des donneurs d'ordres historiques, soit d'autres filières industrielles, visant à sécuriser un accès à des briques technologiques indispensables à leur propre mutation numérique ou au développement de nouveaux usages pour leurs clients. Ce revirement stratégique s'effectuerait dans une logique de consolidation de compétences clés au sein de leur

<sup>227</sup> Les entretiens réalisés durant l'étude ont révélé une prudence de la part des acteurs à évoluer vers de nouveaux positionnements.

<sup>228</sup> Guerre commerciale Chine/Etats-Unis, remontée des taux, volatilité des marchés boursiers, ralentissement brutal de la croissance dès 2019...

<sup>229</sup> Les temps de mises en œuvre des scénarios 2 et 3 sont relativement longs (pas d'effet réel à attendre avant 2022-2025) et ne permettront pas de répondre à l'urgence en cas d'accélération des chocs externes

<sup>230</sup> Bien que non analysée dans cette étude, il est intéressant de noter une situation similaire voir plus préoccupante, des fabricants français de circuits imprimés

écosystème de proximité. Ce sursaut passerait sans doute par la reprise ou le débauchage des profils les plus qualifiés ou expérimentés et la création *ex nihilo* de nouvelles cellules de production, soit en interne soit dans le cadre de structures *ad hoc* (i.e. *joint-ventures*), au contact des bassins d'activités des donneurs d'ordres.

Le troisième type de réaction serait une prise de conscience des grands donneurs d'ordre et des autorités publiques de la nécessité d'accélérer la mutation industrielle dans une logique de « remembrement accéléré », à l'instar de celle opérée dans le cadre de la politique agricole des années soixante. Ce troisième axe prend pleinement en considération **l'urgence de la situation**, qui implique une réorganisation à très court terme du maillon de la fabrication électronique, afin de maintenir de manière durable, sur le territoire national, une activité industrielle indispensable à la mutation 4.0 de nombreuses filières stratégiques. Ce « remembrement industriel » s'appuierait sur des acquisitions ciblées dans le cadre de départs à la retraite et prendrait la forme de regroupements imposés d'acteurs au sein d'écosystèmes ciblés. Cette stratégie passerait par une reconstruction complète d'outils (lignes de production neuves), par un effort massif de formation, d'investissement avec la mise en œuvre d'une ingénierie financière innovante susceptible de soutenir l'effort d'investissement nécessaire, ainsi qu'un effort massif de formation et une politique affirmée de communication pour recruter de nouvelles générations de talents.

	<b>Scenario 1</b>	<b>Scenario 2 &amp; 3</b>	<b>Scenario d'urgence</b>
<b>Titre</b>	<b>Statu quo assumé</b>	<b>Agilité et Excellence technologique &amp; changement paradigme</b>	<b>Remembrement accéléré</b>
Facteurs déterminants	Poursuite de la croissance tendancielle des marchés historiques.	Accélération des marchés IoT. Montée en gamme des besoins clients.	<b>En cas d'accélération de chocs externes</b> , l'urgence de la situation implique une réorganisation à très court terme.
Conditions de réalisation	Automatisation/Robotisation permettant d'abaisser les coûts de production, d'augmenter les cadences et de gagner en flexibilité.	R&D et excellence technologique sur les briques clés (nanomatériaux, intelligence artificielle, cybersécurité). Logique de partenariat et d' <i>open design</i> au sein de la filière et avec de nouveaux acteurs.	Restructuration capitalistique et industrielle à l'échelle nationale. Capacité à démultiplier à court terme les capacités d'investissement (CAPEX).
Principaux risques	Dépendance à la croissance en volume de la demande. Pas de réponse possible au manque de taille critique et de capacité d'investissement des EMS.	Temps de transformation (36 mois). Incapacité à atteindre un niveau suffisant d'excellence par rapport à l'état de l'art mondial.	Absence de prise de conscience de l'urgence de la situation par les donneurs d'ordres et pouvoirs publics.
Facteur d'accélération	Usine 4.0, <i>design for excellence</i> et fidélisation des donneurs d'ordres.	Nouveaux modes de collaboration entre les acteurs. Collaborations européennes en matière de R&D. Renforcement des collaborations industrielles Emergence d'une marque orientée « <i>French Fab</i> ».	Ingénierie financière <i>ad hoc</i> pour la filière. Reconquête de la confiance des donneurs d'ordres.
Conséquence à terme pour la filière	Consolidation subie de petits acteurs. Rachats par des acteurs étrangers. Perte de savoir-faire. Déficit d'Attractivité	Montée en gamme des acteurs. Attraction et fidélisation de talents. Consolidation de la confiance vis-à-vis des donneurs d'ordres. Montée en compétences sur la période 2022-2025 pour saisir la consolidation des marchés IoT.	Maintien d'une activité de fabrication électronique sur le territoire.

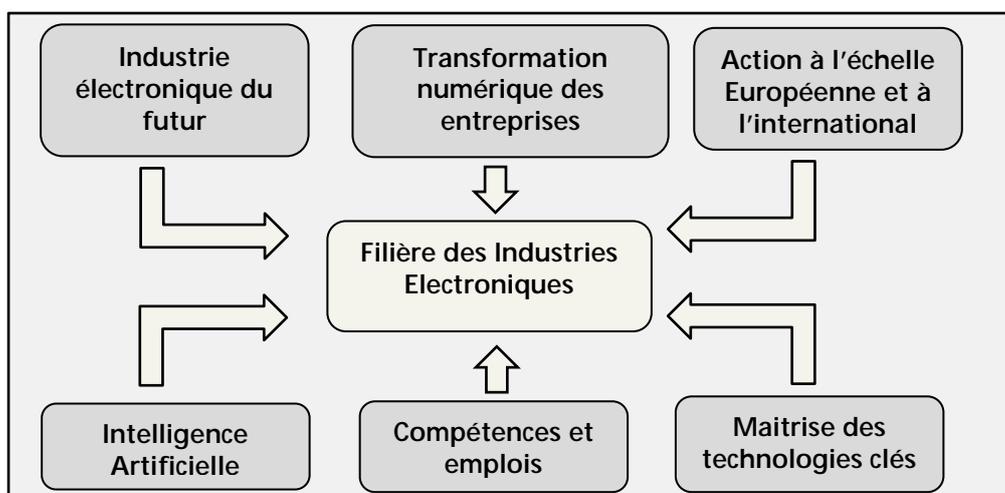
Conséquence pour le territoire France	Poursuite de l'hémorragie de compétences. Mise en risque de la souveraineté nationale sur les briques stratégiques. Décrochage par rapport aux territoires de concurrence historique (Allemagne et Italie) et concurrence frontale avec montée en gamme de certains pays en zone euro (Pologne, Tchéquie, Hongrie).	Sécurisation de briques d'excellence « made in France ». La France devient un pilier de la structuration de l'offre européenne en partenariat avec l'Italie et l'Allemagne	Maintien de l'emploi et sécurisation de briques d'excellence « made in France ».
---------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------

## Des plans d'actions sont déjà initiés...

Conscients des enjeux, les syndicats de la filière ont réalisé une analyse détaillée de la situation, et, en particulier, sur la base de la présente étude. Dans le cadre de la labellisation récente par l'Etat du Comité Stratégique de Filière « Industries Electroniques », la construction d'un plan stratégique pour la filière est déjà engagée par les acteurs de terrain, afin de proposer des actions concrètes permettant de répondre rapidement aux besoins des industriels. Le contrat de filière signé par le Ministre de l'Economie et des Finances le 15 mars dernier ambitionne notamment :

- ü De **maintenir l'excellence française dans les technologies clé du numérique** en amplifiant l'effort de R&D&I, avec le **plan Nano2022** pour les composants électroniques au cœur de cette ambition, et en développant des partenariats stratégiques dans toute l'Europe afin de faire face à la puissance des écosystèmes numériques américains et asiatiques ;
- ü **D'adapter les compétences en anticipant les évolutions des besoins** avec le lancement d'un engagement de développement de l'emploi et des compétences (EDEC). Il s'agit également de développer l'offre de formation par alternance avec comme **objectif de doubler le nombre d'alternants dans la filière** ;
- ü De **promouvoir une fabrication électronique *Made in France* compétitive partout sur le territoire** en accélérant la transformation de la filière vers l'industrie électronique durable du futur grâce au lancement de plateformes d'accélération pour accompagner les entreprises de la filière dans leur démarche de transformation ;
- ü De **positionner la filière en tant qu'acteur clé de la transformation numérique** en accompagnant la diffusion des technologies de l'électronique et du logiciel dans les PME des autres secteurs d'activité, ainsi que la définition **d'une feuille de route à l'international** dans le cadre du CNI International.

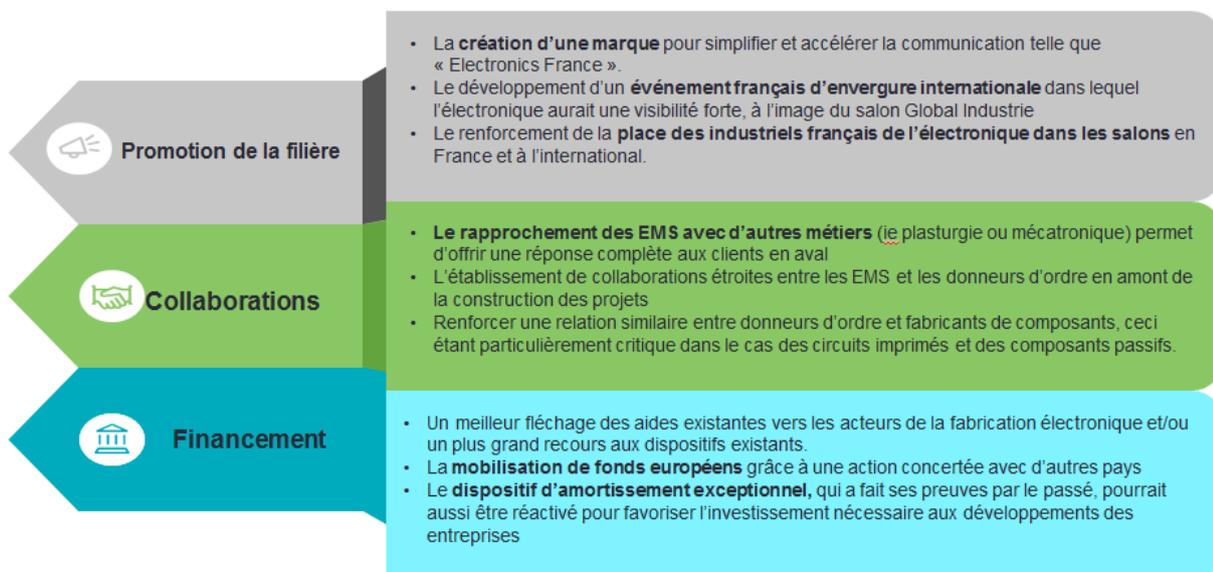
### Grandes thématiques retenues dans le contrat de filière des industries électroniques.



... mais d'autres actions doivent les compléter

## Synthèse et actions spécifiquement recommandées dans le cadre de l'étude Pipame

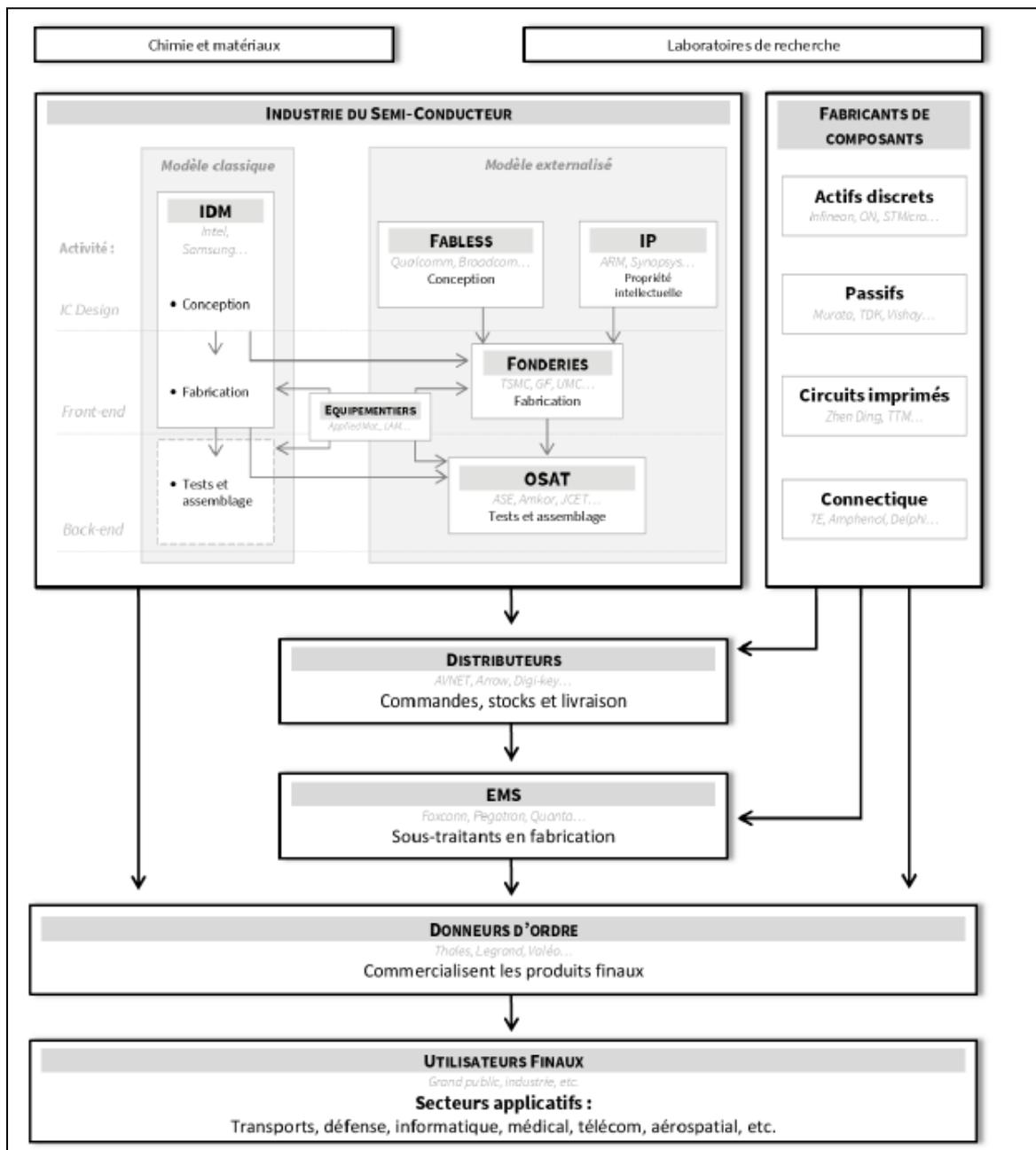
En complément, la présente étude a fait émerger quelques thèmes forts qui viennent enrichir les travaux du Comité Stratégique de Filière (CSF) :



# ANNEXES

## Annexe 1 : analyse des acteurs de la chaîne de valeur de l'électronique

La chaîne de valeur de la filière de l'électronique peut être segmentée en six secteurs industriels correspondant chacun à des savoir-faire spécifiques et des logiques industrielles sensiblement différentes. Les différents acteurs et métiers appartenant à la filière de l'électronique sont représentés sous forme simplifiée sur le schéma suivant. Une analyse détaillée pour les différents maillons<sup>231</sup> est effectuée dans la suite du présent rapport.



Source : Direction Générale des Entreprises – Thomas Philippe.

<sup>231</sup> A l'exception du secteur industriel des semi-conducteurs.

## Les donneurs d'ordres et fournisseurs de services en fabrication électronique (EMS)

Compte tenu du caractère diffusant de l'électronique, les donneurs d'ordres sont positionnés sur l'ensemble des verticales industrielles (Automobile, Informatique, Industriels et médical, aéronautique et défense, électroménager) et leurs poids dans l'économie est considérable. A simple titre d'illustration les principaux donneurs d'ordre dans le secteur du matériel informatique et des « high-tech » comme Apple, HP. Inc., Dell, ou encore Lenovo représentent à elles-seules plus de **330Mds\$** de chiffre d'affaires cumulés. Dans le domaine de l'automobile, le chiffre d'affaires cumulé en 2017 des 100 principaux équipementiers dépassent les **860Mds**<sup>232</sup> de dollars et dans l'aéronautique les 100 principaux équipementiers ne représentent pas moins de **550Mds** de dollars.

Parmi ces donneurs d'ordres, deux typologies se distinguent :

- § Les « **Original Product Manufacturer** » (OPM) ou « **Original Brand Manufacturer** » (OBM) qui conçoivent et fabriquent leurs produits sous leur propre marque.
- § Les « **systémiers** », « **équipementiers** » ou « **Original Equipment Manufacturer** » (OEM), qui conçoivent et fabriquent tout ou partie de leurs produits en se conformant aux spécifications techniques du cahier des charges des clients finaux.

Nota : Certaines entreprises peuvent par ailleurs être considérées sous plusieurs étiquettes. C'est notamment le cas de l'entreprise Samsung qui peut être considérée à la fois comme un OPM (produits propres avec leurs propres spécifications) mais également comme un OEM s'agissant par exemple de certains produits fabriqués pour le compte d'Apple sur la base de spécifications fournis par Apple.

Les réorientations stratégiques<sup>233</sup> opérés par les OEM et OPM au cours des quarante dernières années ont redimensionné d'autant le partage de la valeur des produits ce qui a permis l'émergence de différents modèles de sous-traitance de production électronique<sup>234</sup> :

- § Les « **Original Design Manufacturer** » ou « **constructeurs de concepts original** » qui conçoivent et fabriquent des sous-ensembles électroniques en marque blanche pour le compte d'un client qui y appose par la suite sa marque. Dans ce cas de figure, et contrairement aux OEM, le client final n'a qu'une marge de manœuvre limitée sur les spécifications ou le design du produit. Les principaux acteurs du secteur sont Lite-On (1975), Inventec (1975), Compal (1984), Quanta (1988), etc ...
- § Les « **EMS** » qui réalisent des activités de service en fabrication électronique. Ces activités regroupent généralement l'assemblage, la fabrication et le test de cartes et ensembles électroniques de la phase de prototypes, préséries à la production série. Il convient également d'ajouter à cette définition les activités d'intégration (de la carte électronique dans un sous-ensemble, du sous ensemble dans un ensemble complet) et d'aide à la mise sur le marché (emballage du produits final, stockage, livraison au client final) qui sont des sources de valeur ajoutée et des services attendus par les clients finaux. Jabil Circuits (1966), Foxconn (1974), Solectron (1977), Samina (1980) Elcoteq (1980) ou Flextronics (1990). Cette typologie d'acteur intervient en sous-traitance des OPM, OEM et parfois ODM.

En réalité, il convient de souligner que le degré d'intégration des entreprises qui commercialisent les différents systèmes, sous-systèmes et équipements de l'électronique professionnelle et grand-public est très hétérogène et il n'existe pas de modèle type de sous-traitance électronique : chaque maillon de la valeur ajoutée pouvant être tout ou partie sous-traitée à un ou plusieurs sous-traitants (qui eux même s'appuient sur un réseau de fournisseurs - en particulier s'agissant des distributeurs et fabricants de composants électroniques).

<sup>232</sup> Automobile ; aéronautique

<sup>233</sup> Recentrage du métier des donneurs d'ordres autour des activités à forte valeur ajoutée de leurs produits : R&D, d'ingénierie, de design, de services et contenus au détriment des activités de production électronique jugée moins différenciantes, onéreuses et peu flexibles.

<sup>234</sup> Avant les années 1980, la sous-traitance électronique était organisée entre une sous traitance de spécialité, destinée à mettre œuvre des techniques de production spécifiques n'étant pas maîtrisée en interne par les équipementiers et une sous-traitance de capacité, qui permettait d'appuyer temporairement les équipementiers suite à une brusque augmentation de la demande en leur apportant des capacités additionnelles de production. Les modèles actuels dépassent les seules activités de production.

Par exemple Sony, Dell, Toshiba, Lenovo, Panasonic ou HP ont fait le choix, années après années, de réduire leurs capacités industrielles en propre et sous-traitent une partie de leurs productions auprès d'EMS et d'ODM comme Compal, Foxconn, Inventec, MSI, MiTac, Pegatron, Quanta. A l'extrême, certains acteurs des high-techs se sont orientés vers un positionnement 100% « fabless » comme par exemple Apple, Amazon, et plus récemment IBM ou Facebook qui ne disposent pas d'usine de fabrication en propre et sous-traitent l'intégralité de leurs productions auprès de Foxconn ou Quanta. Mais à l'inverse, il convient également de souligner que certains autres acteurs comme Samsung ont préféré conserver un modèle intégrér pour ne pas être exposé aux retard ou défaillances éventuelles de ses sous-traitants.

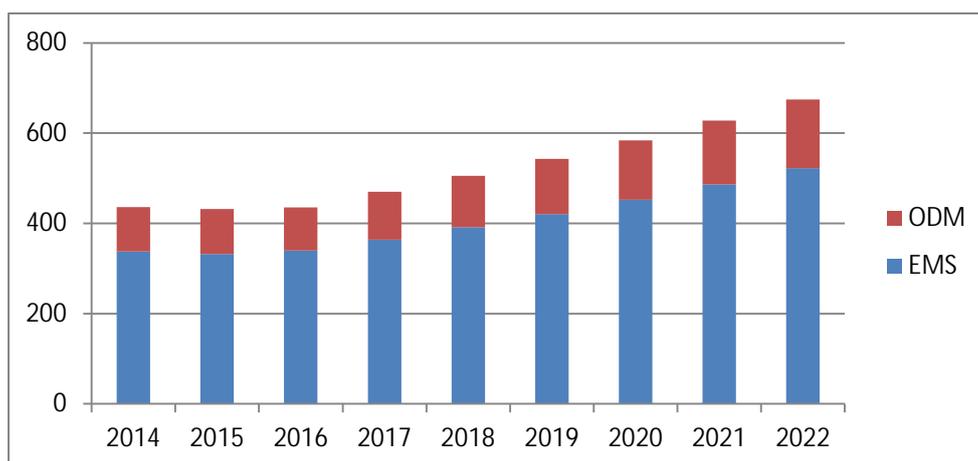
#### ■ Focus sur les fournisseurs de service en production électronique EMS et ODM <sup>235</sup>

Le marché de la **sous-traitance en fabrication électronique** (ODM & EMS) occupe une place centrale dans la chaîne de valeur de l'électronique. Il représente près de **470 Mds \$** en **2017 soit près de 40%** de l'ensemble de la valeur des marchés d'assemblage estimée à environ **1500Mds\$**. L'externalisation croissante fait de ce marché un segment en hausse : certaines projections tablent sur une croissance annuelle de plus de 5% d'ici 2021 <sup>236</sup>.

La production mondiale de l'assemblage réalisée en sous-traitance est majoritairement réalisée par les EMS <sup>237</sup>(cf. figure suivante) et est largement dominée par les acteurs Asiatiques dont certains ont su atteindre une taille critique supérieure à leurs clients.

Les trois premiers acteurs mondiaux Foxconn, Flextronics et Jabil réalisent près de **46 %** de la production mondiale et les 50 premiers sous-traitants mondiaux totalisent près de **60%** des parts du marché. Parmi ces acteurs 11 sont européens et trois sont Français.

**Figure : Répartition du marché des activités d'assemblage réalisées en sous-traitance**



Le sous-traitant électronique le plus important est le groupe taiwanais **Foxconn**, de son nom complet Hon Hai Précision Industry. Cette entreprise s'est développée de manière exponentielle depuis le début des années 2000 et l'obtention du contrat de fabrication des cartes Intel en 2001. Depuis lors, Foxconn est devenu un groupe ayant acquis une dimension colossale : le groupe emploie plus de **1,3 million de salariés**, dont plusieurs centaines de milliers dans son usine de Shenzhen (Chine). Il s'agit de l'un des plus importants employeurs du monde, dans des proportions similaires à l'armée chinoise (2,3 M) ou l'armée américaine (3,2 M) <sup>238</sup>.

Foxconn a réalisé plus de **145 Mds \$** de chiffre d'affaires en 2017 <sup>239</sup>. Sa présence est **incontournable** dans la filière électronique mondiale, particulièrement sur les marchés de forts volumes. Foxconn tire plus de la moitié de ses revenus des commandes d'Apple, principalement pour la fabrication de l'iPhone. Ce produit lui octroie des revenus considérables mais crée également une forme de dépendance aux

<sup>235</sup> Ces acteurs précités ne fabriquent pas de composants électroniques (cf. partie composants électroniques) qui est un maillon particulier de la chaîne de valeur de l'électronique

<sup>236</sup> New Venture Research, 2017; Research And Markets, 2017.

<sup>237</sup> Toutefois, il convient de souligner que les frontières sont poreuses entre ces acteurs reprendre le paragraphe de Foxconn en position d'EMS mais également d'OEM.

<sup>238</sup> "Company Milestones", Foxconn, 2018 ; "Which is the world's biggest employer?", BBC News, 2012.

<sup>239</sup> Chiffres tirés de Circuits Assembly, 2018.

fluctuations des ventes. Le groupe fabrique également pour Sony, Nintendo, Amazon, Huawei, Cisco, Microsoft, etc. De par sa taille, ce groupe est donc sans équivalent dans le monde de l'électronique. Depuis plusieurs années, Foxconn poursuit une stratégie de transformation, avec pour ambition de devenir un fournisseur de produits finis sur certains marchés. Ainsi, en 2017, le groupe taiwanais a racheté le japonais **Sharp** pour 3,5 Mds \$ pour se positionner sur les marchés d'écrans TV de très haute définition ; en 2018, il acquiert la branche PC de **Toshiba** (Japon) et annonce acquérir **Belkin** (Etats-Unis), fournisseur de batteries et d'accessoires, pour 866 M\$. La transaction demeure en attente d'une validation des autorités<sup>240</sup>.

Le deuxième EMS mondial est **Pegatron** (Taiwan), qui a réalisé un chiffre d'affaires de plus de 40 Mds \$ sur ses activités d'assemblage en 2017. Pegatron est issu du groupe ASUS et est également l'un des principaux sous-traitants d'Apple<sup>241</sup>. Suivent les ODM **Quanta** (Taiwan, 34 Mds \$ de revenus), leader sur le marché des ordinateurs portables, Compal (Taiwan, 30 Mds \$) également actif dans le domaine des TV et **Wistron** (Taiwan, 28 Mds \$), l'un des leaders dans les communications.

Ces leaders taiwanais, qui fabriquent très majoritairement dans leurs usines situées en Chine, sont au cœur de la production mondiale et occupent une place clé dans la chaîne de valeur des produits électroniques. Leur puissance de marché les a rendus quasiment indispensables pour la fabrication de très gros volumes de produits sophistiqués.

Deux entreprises américaines sont également parmi les leaders mondiaux : il s'agit de **Flex** (24 Mds \$ de chiffre d'affaires, basé à Singapour) et de **Jabil** (19 Mds \$). On peut également citer Celestica (Canada), **Sanmina**, **Plexus** ou **Benchmark Electronics** (Etats-Unis) qui disposent de sites en Amérique du Nord, même si le marché de fabrication est largement localisé en Asie.

Le **marché européen** des sous-traitants en électronique est évalué à **33 Mds €** (2017). Les trois premiers fabricants sont des grands groupes mondiaux : à eux seuls, **Foxconn** (Taiwan), **Flex** (Singapour) et **Jabil** (Etats-Unis) représentent 44% du chiffre d'affaires de la sous-traitance en Europe<sup>242</sup>.

Cependant, au-delà de ces gros volumes produits par les principaux fabricants mondiaux, il existe un écosystème important de fabricants en électronique basés en Europe, constitué de quelques groupes de taille significative et d'un vaste écosystème de PME. Peu portés par le 3C, les fabricants de l'Europe de l'Ouest sont davantage tournés vers les marchés industriels (moyenne et petites séries à forte valeur ajoutée).

Dans les pays développés ou les équipementiers se spécialisent sur les marchés professionnels de l'électronique, la sous-traitance de production se développe néanmoins de façon dynamique. Contrairement aux marchés de masse, les sous-traitants positionnés **sur les marchés professionnels sont des acteurs de taille moyenne ayant souvent des logiques de marchés nationaux ou régionaux.**

---

<sup>240</sup> "Apple's main supplier Foxconn may look to reduce dependence on iPhones", *Hindustantimes*, 2018 ; "Foxconn builds products for many vendors, but its mud sticks to Apple", *Macworld*, 2012 ; « Foxconn achète Sharp moins cher que prévu », *L'usine digitale*, 2016 ; « Foxconn achète Belkin (et Linksys, et Wemo) », *Igen*, 2018.

<sup>241</sup> "Wistron not picked to make new iPhones", *Taipei Times*, 2018 ;

<sup>242</sup> Chiffres tirés de Reed Electronics Research, 2018.

# Synthèse : fournisseurs de services en fabrication électronique – EMS et ODM

## Marché mondial des activités de production et d'assemblage électronique

**1500 Mds en 2017**

en croissance de 5% jusqu'en 2021

& dont

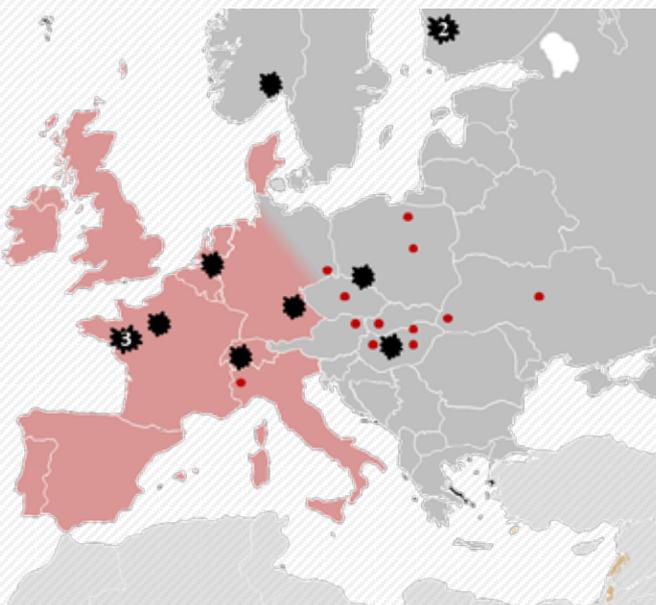
**470 Mds\$** en sous-traitance (EMS)

Source – New Venture Research & 2017, Roland Berger- Décision

		Chiffres d'affaires 2017 En millions \$
Foxconn Electronics	TAI	145 370
Pegatron	TAI	40 633
Quanta	TAI	34 757
Compal	TAI	30 207
Wistron	TAI	28 457
Flextronics	USA	24 293
Jabil Circuit	USA	19 543
Inventec	TAI	15 912
BYD Electronic	HKG	13 490
TPV	HKG	9 585

10 premiers EMS & ODM mondiaux  
- Source – Circuit Assembly, 2018.

## Marché Européen de la sous-traitance électronique (EMS)



**33 Mds\$ en 2017**

~ 8 % de la production mondiale

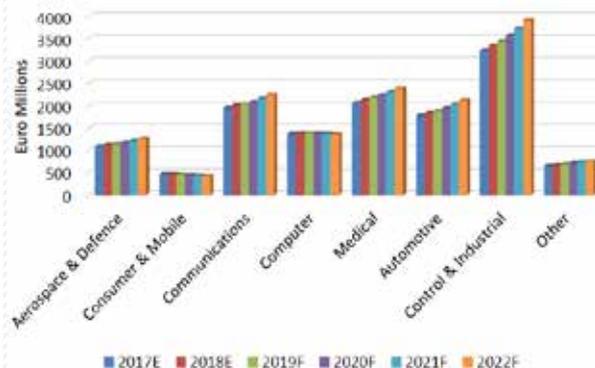
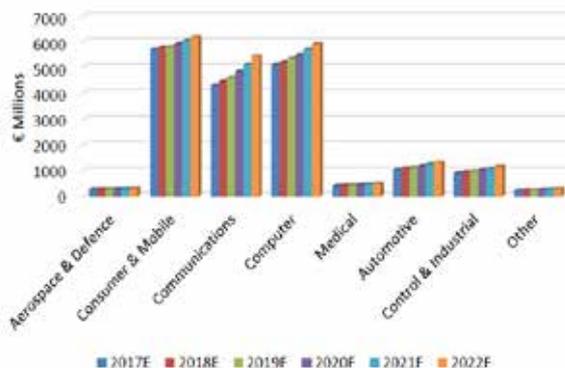
Europe Occidentale ~ 11Mds€  
(source : Reed Electronics Research)

Europe centrale-orientale  
Afrique- M-O (CEE/MENA)  
~ 18 Mds€  
(source : Reed Electronics Research)

Principaux sites de production de  
Foxconn, Flextronics, Jabil.  
~ 45 % du CA Européen.  
(source : Reed Electronics Research)

12 EMS Européen dans le TOP 50

## Segmentation du marché Européen de la sous-traitance électronique



## ■ Focus sur les bureaux d'études et activités de conception de cartes et systèmes électroniques, sous-ensembles et ensembles complets.

Les bureaux d'études en électronique exercent une activité de conception de cartes électroniques **à partir d'un cahier des charges ou de spécifications techniques définies par ou avec leurs clients.**

Ces opérations de conception portent notamment sur :

- § La définition de l'architecture des cartes et systèmes électroniques (matérielle, logicielle, mécatronique).
- § La conception assistée par ordinateur pour effectuer la schématique puis le routage de les cartes et systèmes électronique.
- § Le choix des composants électroniques
- § L'écriture du code source (firmware, électronique logicielle) nécessaire pour faire fonctionner l'électronique embarquée.
- § Le prototypage et la mise au point permettant de valider le concept des cartes et systèmes électronique.
- § Les tests et la qualification
- § L'accompagnement à l'industrialisation des cartes électroniques.

On peut trouver ces activités directement intégrées chez les fournisseurs de services en fabrications électronique (ODM), chez le client final ou encore chez un grand nombre de bureaux d'études indépendants chargés du lien entre le client final et le fabricant électronique en sous-traitance.

Certains bureaux d'études indépendant vont **jusqu'à l'accompagnement à la fabrication série**, soit via un réseau de fabricants électroniques (EMS) partenaires, soit en interne sur des équipements propres. Il arrive également que le bureau d'étude ne traite pas ces aspects et laisse son client contractualiser et mener le suivi avec un fabricant en direct. A noter que **de plus en plus d'acteurs au sein de la chaîne de valeur tentent de capter l'activité** de conception pour sécuriser l'activité ou encore se positionner sur des services à plus haute valeur ajoutée. Les acteurs interrogés ont en effet souligné cette tendance de fond où l'ensemble de la filière essaie de faire la « *design chain* en plus de la *supply chain* ».

Il convient également de souligner l'importance d'une bonne coopération entre les bureaux d'études et les fabricants de l'électronique compte tenu des contraintes d'industrialisation « Design For Manufacturing »

## Le secteur de la distribution industrielle de composants électroniques.

### ■ Le domaine de la distribution industrielle de composants électronique constitue un autre pôle d'activité majeur de la filière électronique.

Les distributeurs de composants électroniques font le lien entre deux maillons de la chaîne de valeur aux dynamiques et problématiques très différentes : d'un côté les fournisseurs de composants pour lesquels il y a des délais et des lots irréductibles de production et une volonté de rationaliser leurs coûts et d'adresser une clientèle plus importante de manière indirecte, et, de l'autre côté, les acteurs de la demande (clients finaux, EMS, ODM, bureau d'études) en recherche de toujours plus de rapidité et de flexibilité et qui n'ont souvent pas les volumes d'achat suffisants pour se fournir directement auprès des fabricants de composants.

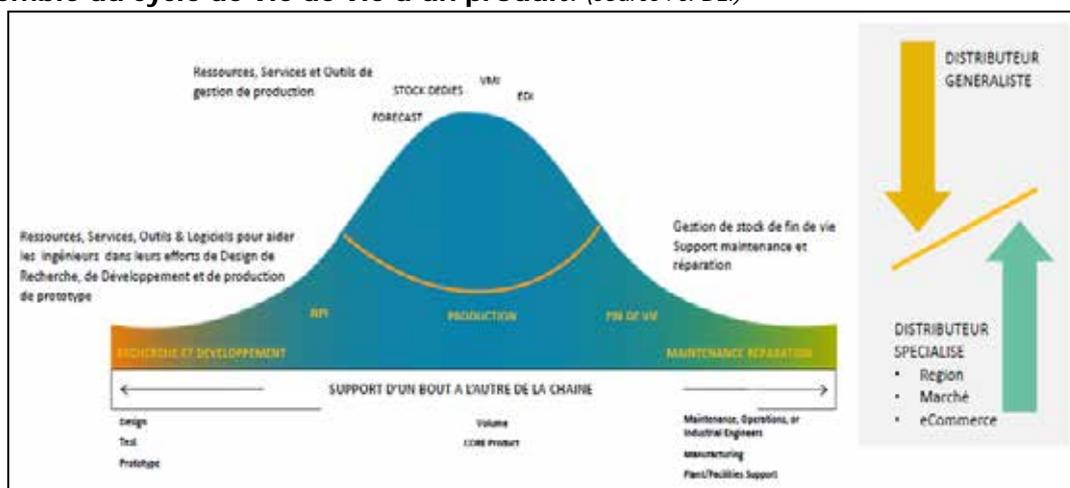
En faisant le lien entre les carnets de commandes des clients finaux et les contraintes auxquelles les fabricants sont soumis, les distributeurs sont les orchestrateurs des flux d'information au sein des chaînes d'approvisionnements et permettent d'offrir à tous les acteurs une meilleure visibilité entre l'offre et la demande et matière de fabrication de composants électronique.

Si le cœur de métier des distributeurs consiste en des activités de logistique, d'inventaire, de livraison et d'acheminement, les distributeurs ont progressivement développé des services à **plus haute valeur ajoutée** pour répondre aux besoins de leurs clients : conseil technique ou commercial, traçabilité, mise à disposition d'outils adaptés (plateformes en ligne), marketing, gestion de portefeuille...

De manière plus précise, le Syndicat Professionnel de la Distribution en Électronique Industrielle (SPDEI) distingue au sein du métier de distributeur quatre activités ou offres de services :

- § **L'accompagnement des clients dans leur choix** en proposant les solutions techniques des fabricants de composants partenaires les plus adaptés au besoin.
- § **La représentation commerciale des fabricants de composants** sur un territoire donné en assurant par délégation les opérations de marketing, relations clients, ventes et services après-vente.
- § **L'optimisation de la chaîne logistique** depuis le fabricant de composants et jusqu'au client : gestion du portefeuille de commande, mise en place de stock ou encore gestion des fins de vie.
- § **L'ingénierie et plus généralement la fourniture de services à valeur ajoutée** en s'appuyant sur leur connaissance des produits et des besoins du marché : programmation, constitution de paniers garnis, intégration, assemblage. De manière plus large, il convient de souligner qu'aujourd'hui les distributeurs peuvent intervenir à toutes les étapes de la vie des produits ; du design et prototype jusqu'à la fin de vie en passant par la maintenance et réparation.

**Figure : Représentation de services pouvant être proposés par les distributeurs sur l'ensemble du cycle de vie de vie d'un produit. (Source : SPDEI)**



## ■ Au sein du secteur deux grandes typologies d'acteurs se distinguent : les distributeurs franchisés et les distributeurs non-franchisés.

Les distributeurs **franchisés** établissent des accords contractuels avec un ou plusieurs fabricants de composants électroniques pour distribuer et vendre en leur nom<sup>243</sup> lesdits composants. La mise en œuvre de ces accords, qui **portent généralement sur plusieurs critères distincts** comme la zone géographique, la typologie de clientèle, la taille des lots de fabrication minimale, entraînent souvent une mise œuvre et des modèles économiques différents les uns des autres.

Ces acteurs peuvent par ailleurs être **des distributeurs mondiaux généralistes** qui centralisent leur logistique par grande région ou de manière mondiale avec une relation privilégiée avec les fabricants de composants, une largeur de gamme importante, **des distributeurs régionaux ou locaux spécialisés** par zone géographique, segment applicatif ou typologie de composants et dont le modèle économique repose sur la proximité client et les prestations à forte valeur ajoutée plutôt que sur les volumes de commandes mais également **de distributeurs à très haut niveau de service** qui privilégie un positionnement de niche en assurant une livraison immédiate de très petites quantités de composants au sein d'un catalogue de plusieurs millions de références. Ces acteurs disposent généralement de très grosses infrastructures informatiques.

Inversement, les distributeurs de composants électroniques **non franchisés** sont ceux dont la raison sociale n'est pas couverte par la définition ci-avant (i.e. distributeur franchisé). Ces distributeurs **peuvent acheter des composants chez les fabricants, chez les distributeurs franchisés ou par tout autre canal d'approvisionnement (marchés ouverts)**. Parmi cette typologie d'acteurs, on retrouve notamment les **centrales d'achat et les brokers** qui peuvent se positionner sur l'approvisionnement et la fourniture de composants obsolètes ou difficiles à trouver en rachetant des stocks invendus grâce à des réseaux d'échanges de composants à travers le monde).

Bien que ce constat ne doit pas être généralisé, les distributeurs non franchisés peuvent ne pas apporter toutes les garanties et le support du réseau franchisé et présenter certains risques qualité (existence de composants frauduleux associée à une grande difficulté à détecter les contrefaçons, lots non homogènes, faible traçabilité, composants démontés ou défaillants) et industriels (défauts visibles ou cachés lors du câblage du fait de mauvaises conditions de stockage des composants, coûts liés aux rebuts de production du fait d'une détection tardive de composants défectueux, retrofit des équipements)

**Table 1 : Différence entre les deux grandes typologies de distributeurs<sup>244</sup>**

Distributeur	Franchisés	Non Franchisés
Définition	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Accord contractuel avec un ou plusieurs fabricants de composants électroniques, afin de distribuer et de vendre en son nom lesdits composants sous conditions (zone, clientèle, volume minimum de commande).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Distributeur indépendant contractuellement du fabricant (grossiste, broker, stockiste) et qui commercialisent ses produits sans condition.</li> </ul>
Points d'intérêt	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Approvisionnements sécurisés. Garantie et traçabilité des produits.</li> <li>■ Possibilité d'accord d'exclusivité</li> <li>■ Largeur de gamme</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Prix (toutefois, les composants en rupture d'approvisionnement commercialisés par ces réseaux sont souvent plus chers). Parfois seule solution en cas de non disponibilité d'un composant.</li> <li>■ Liberté promotionnelle</li> </ul>
Points de vigilance	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pas de contrôle sur les prix</li> <li>■ Délais d'approvisionnement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Traçabilité des composants parfois moins maîtrisée.</li> <li>■ Risques qualité et industriels</li> </ul>

<sup>243</sup> Le distributeur franchisé s'engage par contrat à commercer sous l'enseigne et dans le réseau commercial du franchiseur (en l'occurrence, le fabricant de composants électronique).

<sup>244</sup> Guide pour la maîtrise des approvisionnements des composants électroniques auprès des distributeurs non franchisés, Glossaire, GIFAS Groupe Technique Composants, 2008

## ■ Le marché de la distribution électronique est concentré autour de plusieurs grands distributeurs mondiaux généralistes.<sup>245</sup>

De manière générale, la distribution de composants électronique supporte entre 25% et 35% des livraisons composants mais plus de 90% des clients<sup>246</sup>. Parmi les différents types de composants distribués, plus de la moitié du marché des composants semi-conducteurs vendu par le biais de la distribution et est capté par un nombre restreint de distributeurs. A l'inverse, les composants passifs sont distribués de manière plus éclatée par un grand nombre d'acteurs.

Le plus gros distributeur mondial en électronique à l'heure actuelle est l'entreprise américaine **Arrow Electronics**. Le groupe a réalisé 26,8 Mds \$ de chiffre d'affaires en 2017, et emploie plus de 18 000 personnes dans 90 pays. Arrow dispose donc d'une force de marché colossale dans le secteur très internationalisé de la distribution<sup>247</sup>.

**AVNET** (Etats-Unis), qui a réalisé 17,4 Mds \$ en 2017, est l'autre acteur historique de la distribution. Fondée en 1921, l'entreprise a recentré son activité autour de l'électronique en vendant sa division informatique à TechData en 2017 pour plus de 2,6 Mds \$, ce qui lui a mathématiquement fait baisser son chiffre d'affaires. En 2016, AVNET a acquis le groupe anglais **Premier Farnell**, spécialiste de la distribution de petites séries, pour environ 907 M \$, afin de renforcer sa position dans le seul domaine de la distribution<sup>248</sup>.

Par ailleurs, il convient de noter l'importance prise par le groupement taiwanais **WPG Holdings** avec 17,5 Mds \$ de ventes en 2017. Ce holding rassemble des entités particulièrement présentes sur le marché asiatique : les groupes WPI, SAC, AIT, YOSUN ainsi que les branches américaines et coréennes de WPG. Il s'agit de distributeurs franchisés gérant le portefeuille d'approvisionnement et de distribution de nombreux grands groupes de la filière électronique. Très peu d'informations sont disponibles sur ce holding, qui est devenu l'un des acteurs centraux de l'écosystème électronique en Asie.

Parmi les autres acteurs mondiaux de la distribution, on peut noter la présence du groupe canadien **Future Electronics**, présent dans 44 pays, avec un chiffre d'affaires estimé à 5 Mds \$ ; **Digi-Key** (Etats-Unis), qui a réalisé 2,3 Mds \$ de ventes en 2017. Le cinquième acteur mondial est le groupe **TTI Inc.** (Etats-Unis), avec 2,2 Mds \$ de chiffre d'affaires à lui seul dans la distribution en 2017. TTI est la propriété du conglomérat Berkshire Hathaway de Warren Buffett depuis 2007. TTI Inc. est également la maison-mère d'autres distributeurs majeurs très présents à l'international : **Mouser**, **Sager** ou **Symmetry Electronics**<sup>249</sup>.

Ces groupes disposent de nombreux points de distributions et d'antennes dans les principaux pays producteurs d'électroniques.

Le **marché européen** de la distribution est principalement dominé par les filiales des multinationales américaines. Un nombre conséquent de petites et moyennes entreprises sont cependant actives sur des marchés de proximité. Les groupes européens majeurs à l'international sont peu nombreux. Depuis le rachat de Premier Farnell, on peut citer **Electrocomponents PLC** (Royaume-Uni), 7<sup>ème</sup> distributeur mondial en électronique (1,87 Mds \$ de chiffre d'affaires en 2017), également présent dans le domaine de l'industriel. L'autre entreprise importante est **Rutronik Elektronische** (Allemagne), avec 1,17 Mds \$ de ventes ce qui fait du groupe le 11<sup>ème</sup> distributeur mondial<sup>250</sup>. Les autres entreprises dominant les marchés européens sont les branches des groupes internationaux de distribution.

---

<sup>245</sup> Sur le fondement du rapport de stage de Thomas Philippe - DGE

<sup>246</sup> Source SPDEI. Les fabricants de composants électroniques se concentrent généralement sur peu de clients directs (téléphonie mobile, informatique/réseau/télécom, quelques clients automobiles très exigeants, des segments de marchés particuliers par exemple celui de la carte à puce. Le nombre d'acteurs se fournissant directement auprès des fournisseurs diminue tous les ans, mais pas le chiffre d'affaire (quelques marchés très dynamique).

<sup>247</sup> " Arrow Electronics Reports Fourth-Quarter and Year-End 2017 Results" , *Businesswire*, 2018.

<sup>248</sup> « Tech Data boucle le rachat d'Avnet Technology Solutions », *ChannelBiz*, 2017 ; « Avnet finalise l'acquisition de Premier Farnell », *Electroniques*, 2016.

<sup>249</sup> Chiffres tirés de SourceToday, 2018 ; " Digi-Key Fast Facts" , Digi-Key, 2018.

<sup>250</sup> Source Today, 2018.

## Les fabricants de composants passifs

A l'inverse des composants actifs, les composants passifs ne permettent pas d'augmenter la puissance d'un signal électrique et réduisent généralement la puissance en sortie par dissipation de l'énergie électrique. Les **composants passifs sont des éléments indispensables au bon fonctionnement de tous systèmes électroniques** car ils permettent de réaliser certaines opérations fondamentales de traitement de signaux, comme par exemple les opérations de filtrages.

Plus précisément, les composants passifs sont regroupés en plusieurs familles de composants selon leur fonctionnalité : condensateurs (céramique, aluminium, tantalium, carbone) résistances (cms, axiale ou en réseau) composants magnétiques (inductance cms/torique, ferrites), piézoélectriques (résonateurs, oscillateurs). Pour chaque famille de composants, il existe de nombreuses références<sup>251</sup> qui diffèrent de par leur structure, leur forme, leurs caractéristiques électriques et selon l'emploi auquel ils sont destinés – par exemple les condensateurs référencés sur le marché affichent des capacités allant du picofarad à plus d'un farad. Cette grande diversité de famille de composants passifs (et le nombre conséquent de références disponibles par produit) est rendue possible par l'utilisation de matériaux très divers (cuivre, nickel, zinc, argent, or, palladium, platine, oxydes métalliques, métaux rare, plastiques) ainsi que par la mise au point de plusieurs processus et technologies de fabrication (couches minces, couches épaisses, encapsulation, bobinage, empilage, ...)

Les composants passifs sont généralement des produits de **commodités de faible valeur** vendus par l'intermédiaire de distributeurs agréés. Présents en très grand nombre dans tous les dispositifs électroniques - à titre d'illustration un iPhone X dénombre plus de 1000 condensateurs céramiques multicouches, dits MLCC – les composants passifs échangés annuellement s'élèvent à plus milliers de milliards de pièces. Pour 2018, la consommation des deux composants passifs les plus utilisés, les condensateurs MLCC et résistances à couches épaisses s'élèverait respectivement à plus de 1800 Mds et 1600Mds de pièces<sup>252</sup>.

Par ailleurs, les composants passifs présentent un cout unitaire faible - en témoigne le prix unitaire d'un condensateur<sup>253</sup>. Cela peut, pour partie, s'expliquer par le faible poids des achats de matériaux<sup>254</sup> (bill of material - BOM) nécessaire à la fabrication des différents composants, par des rendements d'échelle acquis **sur plusieurs années** par l'optimisation des process de fabrication et la production de composants en moyenne et grande série, mais également par des couts d'investissement dans des outils de production<sup>255</sup> nettement inférieur à ceux nécessaires pour la fabrication de composant actifs.

Les composants passifs constituent une large gamme de produits discrets et disponibles sous un grand nombre de références. Ce sont généralement des produits de commodités<sup>1</sup> de faible valeur et vendus par l'intermédiaire de distributeurs agréés.

<sup>251</sup> Le marché référence cinq fois plus de composants passifs que de composants actifs – source Acsiel.

<sup>252</sup> Référence à retrouver.

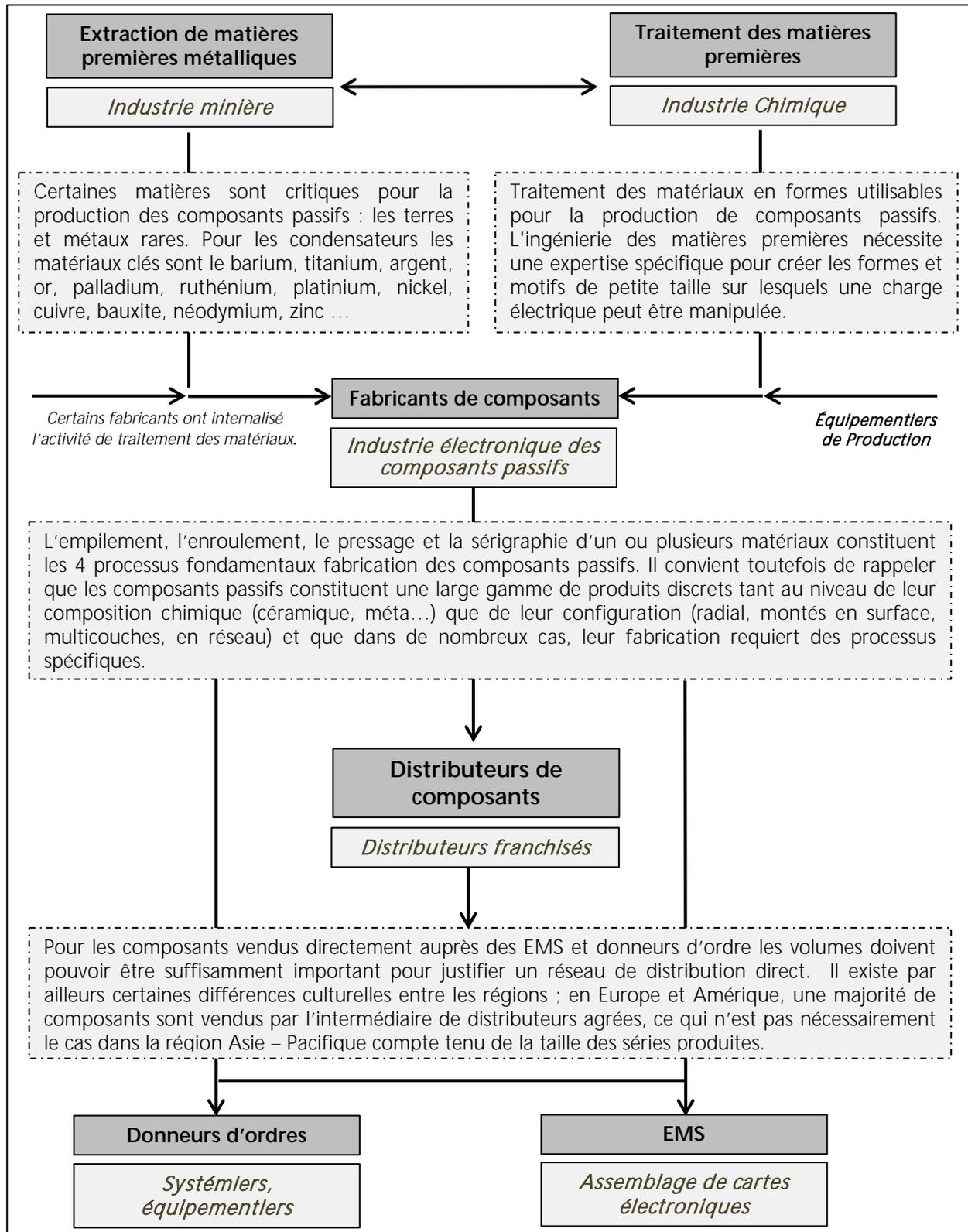
<sup>253</sup> Par exemple le prix unitaire d'un condensateur est de l'ordre de 0.01\$

<sup>254</sup> La BOM des composants passifs est cinq fois moins importante que celle des composants actifs.

<sup>255</sup> Le cout d'acquisition d'un outil de production pour la fabrication de composant passif ce chiffre à une dizaine de million d'euros.

## ■ Chaîne de valeur de la filière des fabricants de composants passifs

La chaîne de valeur de la fabrication des composants passifs peut, de manière simplifiée se décomposer de la manière suivante :



## ■ Marchés de la filière des fabricants de composants passifs<sup>256</sup>

Le marché des composants passifs représente environ 25 Mds\$ (2016)<sup>257</sup>. Avec une croissance annuelle estimée à 6 %, le marché des composants passifs pourrait atteindre les 32Mds d'ici 2021<sup>258</sup>. C'est un marché de très gros volume avec plus de 4000 Mds de pièces échangées chaque année.

En termes de produits, le marché, le plus important est celui des **condensateurs**, estimé en valeur à environ 16 Mds de dollars<sup>259</sup>. Le condensateur céramique multicouche (MLCC) représentait à lui seul environ 50% du marché des condensateurs en valeur (et beaucoup plus en volume)<sup>260</sup>. Avec 22% des parts du marché en valeur, le marché des condensateurs électrolytiques aluminium arrive en second position. Le marché **des composants magnétiques** - dont celui des inductances estimé à 3Mds en 2015 et à 4 Mds en 2022 est un marché important des composants passifs. Sur le segment des inductances, les leaders du marché sont japonais : Murata, TDK Corporation, Taiyo Yuden, Avx Corporation. On retrouve également Samsung Electro-Mechanics (SEMCO), du groupe Samsung (Corée du Sud). Enfin, le **marché des résistances**, est dominé par l'entreprise Taiwanaise **Yageo**. Sa part de marché est estimée à 34%, devant **KOA** (Japon) avec 9%, **Rohm** (Japon, 6%) et **Panasonic** (Japon, 6%).

En termes de demande<sup>261</sup>, le principal marché d'utilisation finale est celui des télécommunications (téléphones portables et fixes, stations de communications,) en croissance continue et estimé en 2017 à environ 9Mds\$. Le marché des ordinateurs et machines de bureaux (cartes mères, moniteurs et disques durs) stable sur plusieurs années, représente, en 2017, environ 4.47 Mds\$. En croissance constante depuis plusieurs années le marché de l'automobile (unité de commande moteur, carte ABS, système de divertissement et de navigation) arrive, en 2017, en troisième position à hauteur de 3.37 Mds\$. En décroissance continue sur plusieurs années, le marché des équipements d'imagerie audio et vidéos grands publics (téléviseurs, home cinéma, consoles de jeu, appareils photo numériques, ...) estimé à environ 3.41 Mds\$ ne constitue plus le principal marché débouché pour les composants passifs : il faut principalement y voir le déclin des téléviseurs au profit des tablettes et smartphones. Enfin, le marché électrique et industriel, qui inclue notamment les équipements de transmission et de distribution, ainsi que les gros appareils ménagers constitue le cinquième marché débouché et est estimé à environ 2.34Mds\$. Enfin, il convient également de souligner que dans le marché de l'électronique de spécialité, estimé à moins d'un milliard de dollars en 2017, représente seulement 4% de la demande mondiale en composant passifs. Sur ce marché, celui de la défense constitue le segment dominant (68% des débouchés), suivis de celui du médical et de celui de l'électronique pétrolière et gazière.

Le marché, des composants passifs est estimé à environ 25 Mds. En termes de produits, les condensateurs constituent les principaux marchés des composants passifs tant en valeur qu'en volume. Ces composants sont fabriqués dans leur immense majorité au Japon. Aucun acteur européen significatif n'est présent sur le marché des composants passifs. En termes d'usage, le principal marché est celui des télécommunications, estimé à environ 9Mds. Le marché des équipements d'imagerie, en décroissance depuis plusieurs années, ne représenterait plus que 3.41 Mds.

## Les fabricants de composants de connectiques

La connectique regroupe toutes les techniques liées aux connexions physiques des liaisons électriques ainsi que des transmissions de données (signaux, puissance, HF/Hyper, optique). A la frontière de plusieurs disciplines (matériaux, plasturgie, chimie, mécanique, électronique), les industriels du secteur de la connectique conçoivent et produisent les connecteurs et prises, qui assurent les connexions entre les différents circuits imprimés (PCB) dans un système électronique, ou entre un PCB et l'extérieur du système, sous la forme de liaison électrique ou de transmission de données.

<sup>256</sup> Sur le fondement du rapport de stage de Thomas Philippe - DGE

<sup>257</sup> Paumanok Publications, Inc., 2016. – sur le marché des condensateurs, composants magnétiques et résistances fixes uniquement.

<sup>258</sup> Technavio – globalpassive market 2017-2021.

<sup>259</sup> Estimation basse - recoupement d'estimation entre les années 2008 et 2013.

<sup>260</sup> Janet Ho, T. Richard Jow, Steven Boggs - Historical introduction to capacitor technology, 2010.

<sup>261</sup> Dennis M. Zogbi - Paumanok Publications Estimates 2017

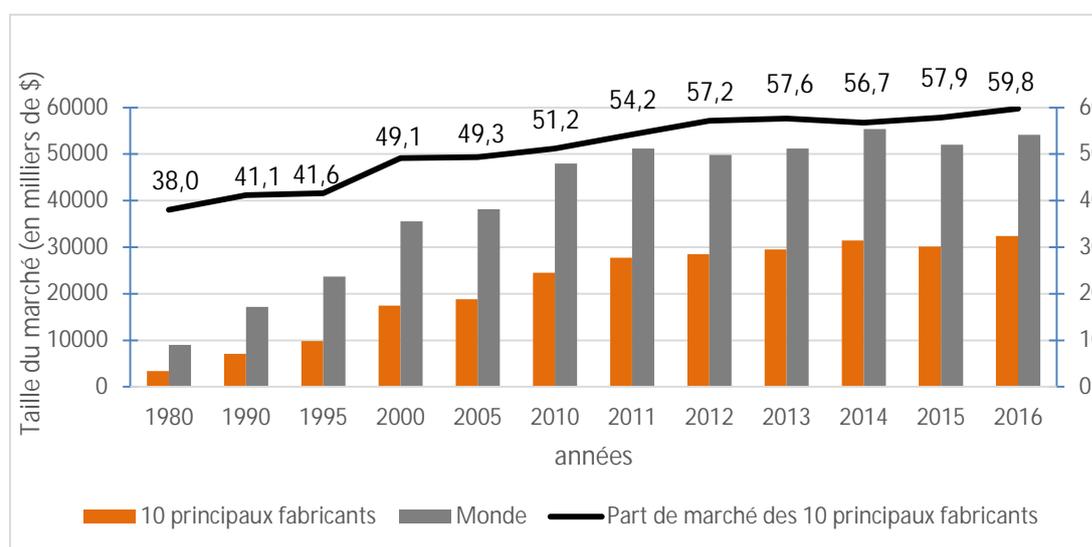
Eléments essentiel au bon fonctionnement de tous les systèmes et équipement électronique, ils constituent aujourd'hui une large gamme de produits utilisés sur l'ensemble des verticales industrielles : connecteurs cylindriques plastique, métal étanche, connecteurs audio (RCA, Jack...) et rectangulaires industriels, connecteurs rectangulaire d'entrée/sortie ou internes (carte à carte, 'fond de panier', carte à fil, auto dénudant pour câble en nappe), connecteurs de cartes hautes performances (empilables, mezzanines, pour liaison par Flex...), connecteurs coaxiaux, connecteurs 'datas' (informatique, réseaux). Pour chaque famille et fonction de leur caractéristiques<sup>262</sup>, de nombreuses références sont disponibles sur le marché, près de 100.000.

La production de composants de connectique est un processus complexe qui nécessite de nombreuses opérations, incluant notamment le prototypage (3D), le décolletage et l'usinage (boîtier et contact), la découpe fine et frappe de bande (contacts), emboutissage de boîtiers, les traitements de surface (boîtiers, contacts), le moulage et surmoulage (inserts, boîtiers), les opération d'assemblage et d'assemblage final (manuel, semi-automatique ou automatique), le packaging (sachets, blisters, bandes tubes, ...). Les premiers cycles de lancement de production, sont généralement long, pouvant atteindre plusieurs mois et les process de fabrication sont relativement lourds (travaux de R&D amonts, utilisation de technologies de pointes – CEM, intégrité du signal, contrôle qualité à tous les stades de développement et de fabrication, certification et réglementation, ...).

Par ailleurs, il convient également de souligner deux typologies de connectiques : les connectiques dites « standardisés », qui correspondent à des standards du marché et disponibles directement sur catalogues ainsi que les connectiques dites de spécialité non- directement disponibles sur le marché. Le recours aux connecteurs de spécialités, c'est-à-dire, à la personnalisation des connecteurs, est souvent indispensable quand il s'agit de proposer des solutions particulières pour des applications en environnement industriel sévère, ou plus largement quand les conceptions électroniques, de par leur environnement, imposent des caractéristiques spécifiques. Qu'ils soient standardisés ou de spécialité les connectiques sont souvent produites en faibles à moyenne quantités sur des marchés professionnels et industriels et à plus fort volume sur les marchés de l'automobile, produits bruns et Télécoms.

Le marché de la connectique est évalué à **54 Mds \$** (2016). Ce marché est en croissance et pourrait, selon certaines estimations, atteindre **80 Mds \$** en 2023<sup>263</sup>.

**Figure : Évolution de la production mondiale de connecteurs dans le monde**



Source : Bishop & Associates Inc., 2017

<sup>262</sup> Il s'agit par exemple de leur caractéristiques électriques (courant, tension, résistance de contact, tension de tenue, résistance d'isolement, mécaniques, dimensionnelles, de leur température d'utilisation, de leurs modes de raccordement -à souder, à sertir, auto-dénudant etc ....

<sup>263</sup> Bishop & Associates Inc., 2017 ; "The global connector market is expected to reach an estimated \$80.4 billion by 2023 with a CAGR of 4.9% from 2018 to 2023", BizJournals, 2018.

C'est un marché très concentré : les dix premières entreprises représentent plus de **32 Mds \$** de chiffre d'affaires mondial, soit **59%** – contre **38%** en 1980. Ce marché s'est donc progressivement concentré et continue à faire l'objet de nombreuses opérations d'acquisition et de consolidation comme en témoigne notamment les différentes opérations de M&A de FCI<sup>264</sup>. Il convient également de souligner que seules trois entreprises sont présentes dans le top 10 mondial depuis 1980, il s'agit de TE Connectivity, Molex et Amphenol.

	1980	1990	2000	2005	2010	2016 (CA Md\$ & pays)
1	Amp	Amp	Tyco Elec.	Tyco Elec.	Tyco Elec.	TE Con. 8.5 - USA
2	Amphenol	Molex Inc.	Molex Inc.	Molex	Molex	Amphenol 5.9 - USA
3	ITT Canon	Amphenol	FCI	Amphenol	Amphenol	Molex 4.3- USA
4	DuPont	ITT Canon	Delphi	FCI	Yazaki	Delphi 2.9 - USA
5	3M	3M	Amphenol	Delphi	FCI	Yazaki 2.5 – JAP
6	Augat	Burndy	Yazaki	JST	JST	Foxconn 2.5 – TAI
7	Winchester	DuPont	ITT Canon	Yazaki	Foxconn	JAE 1.5 - JAP
8	Cinch	JST	3M	Foxconn		LuxShare 1.4 - CHI
9	Burndy	Hirose	JAE	Hirose	Hirose	JST 1.4 - JAP
10	Molex	JAE	JST	JAE	JAE	Hirose 1.0 – JAP

Source : Bishop & Associates Inc., 2016

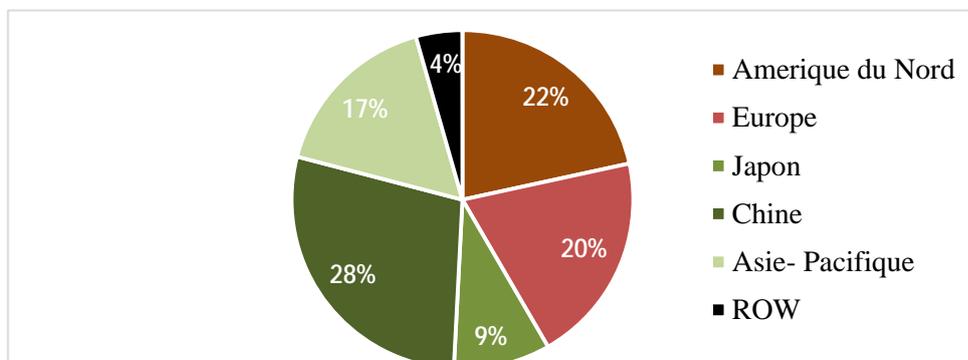
Il convient également de souligner, la part croissance d'entreprises Asiatiques sur ce secteur passant d'aucune entreprise dans le TOP 10 en 1980 à plus de la moitié en 2016. Plus précisément deux pôles géographiques dominant actuellement le marché. Il s'agit des Etats-Unis qui dénombre plusieurs entreprises historiques dont **TE Connectivity**, leader du marché (8,5 Mds de chiffre d'affaires en 2016), **Amphenol** (Etats-Unis, 5,2 Mds \$) et **Molex** (Etats-Unis, 5,1 Mds \$). Par ailleurs, le groupe américain **Delphi Connection System** (2,7 Mds \$), quatrième entreprise en 2016 s'est réorganisée en 2017, se séparant entre **Delphi Technologies** et **Aptiv**, dont le siège social est à Dublin. L'autre pôle majeur de la connectique est le Japon. Les principales entreprises sont **Yazaki**, **Japan Aviation Electronics (JAE)**, **JST** ou **Hirose Electric**.

Au-delà des producteurs américains et japonais, deux acteurs sont à mentionner : **Foxconn Interconnect Technology (FIT)**, filiale du groupe taiwanais Foxconn qui a réalisée 2,5 Mds \$ de chiffre d'affaires (2016), ainsi que le fabricant chinois **Luxshare Precision**, avec 1,4 Md \$ de chiffre d'affaires (2016).

Le marché de la connectique est très lié à celui de l'automobile. Plusieurs fabricants, tels que **Delphi** ou **Yazaki**, sont des équipementiers automobiles. De manière globale, ce secteur représente 23% des débouchés du marché de la connectique (2016), soit plus de 12 Mds \$. La multiplication des systèmes électroniques au sein des véhicule devrait engendrer une demande pérenne et importante émanant de **l'industrie automobile** pour les connecteurs, certaines projections présentant une croissance de plus de 7% annuels jusqu'en 2023<sup>265</sup>. Les autres secteurs tirant la demande sont l'informatique, l'industrie, le transport ainsi que les télécoms et autres opérateurs de données (*data centers*).

Aujourd'hui, la principale zone géographique en termes de débouché pour les acteurs du secteur est le continent Asiatique auquel est destiné plus de **50%** de la production mondiale.

#### Figure : Répartition des ventes par régions



Source : Bishop & Associates Inc., 2016

<sup>264</sup> Voir volet 1 – Rachat de Dupont par FCI. Rachat par Delphi d'une division de FCI avant d'être rachetée par Amphenol.

<sup>265</sup> Reports Worldwide, Bishop & Associates, Inc., 2018 ; Mordor Intelligence, 2018.

L'Europe représente **20%** de la demande mondiale sur le marché des connecteurs, soit environ 10,5 Mds \$ (2016). Dans le top 10 européen (en termes de chiffre d'affaires réalisé en Europe), les quatre premiers acteurs sont américains (TE Connectivity, <sup>266</sup>Amphenol, Delphi Connection Systems, Molex avec trois d'entre eux qui fabriquent en France) seules trois sociétés sont européennes (Allemande). Il s'agit de

- Le plus gros fabricant est l'entreprise allemande **Rosenberger**, qui est le 11<sup>ème</sup> groupe mondial dans le marché de la connectique. Comptant parmi les leaders dans la connectique haute-fréquence et la fibre optique, le groupe emploie plus de 10 000 personnes à travers le monde.
- Le groupe **HARTING** (Allemagne) est le 15<sup>e</sup> fabricant mondial. Son chiffre d'affaires s'élevait à 672 M€ en 2016, avec plus de 4.000 employés dont une filiale française.
- L'entreprise **Phoenix Contact** (Allemagne) est aussi internationalisée. Ce groupe est actif sur d'autres marchés (batteries, automates, cloud), avec un chiffre d'affaires total de 2,2 Mds €. Dans le domaine de la connectique, il s'agit du 18<sup>e</sup> acteur mondial<sup>267</sup>.

Parmi les autres leaders européens, on retrouve principalement des PME et ETI allemandes, française (Souriau, Radiall) et Suisses principalement positionnés sur les marchés de l'aéronautique/défense, de l'automobile et des applications industrielles. L'Allemagne représenterait aujourd'hui près de 45% de la fabrication de connecteurs en Europe. Les acteurs français, de taille restreinte, sont positionnés sur des marchés peu touchés par la crise (aéronautique / défense, industriel, transports) avec une connectique de spécialité : Souriau est très bien positionné au niveau mondial en aéronautique, spatial et transports ; Radiall est le septième acteur mondial de l'aéronautique et spatial.

## Les fabricants de circuits imprimés<sup>268</sup>

Le **circuit imprimé**, ou **PCB** (*Printed Circuit Board*) est le support physique sur lequel sera brasé un ensemble de composants électroniques. Aussi, la performance, la qualité et la fiabilité des systèmes électroniques est donc fortement dépendant du PCB qui devient un élément fondamental de tous les systèmes électroniques. Les acteurs du circuit imprimé, situés en amont de la chaîne de valeur, sont les fournisseurs des fabricants de cartes et systèmes électroniques dont ils sont fortement dépendants.

Plus précisément, le PCB est un support (généralement semi-rigide mais parfois souple) d'environ un millimètre d'épaisseur constitué d'un empilement d'une ou plusieurs fines couches de résine (généralement de la résine FR4) et de cuivre sur lesquelles sont gravées des pistes électroniques permettant de relier électriquement les composants entre eux.

Les circuits imprimés constituent **une large famille de produits allant du produit de commodité au produit hautement spécialisé** : technologiquement, ils peuvent se différencier par le nombre de couches conductrices (simple face, double face, multicouche), leur rigidité (rigide, souple, Flex-rigide), la présence ou non de liaisons métallisées entre plusieurs couches conductrices ou encore la manière dont seront brasés les composants (montés en surfaces ou traversants). Les circuits imprimés se différencient également par leur niveau de qualité (niveau IPC, qualification spécifiques – ou demande spécifique clients) en fonction notamment de leur utilisation et donc de la finesse de fabrication.

Généralement, le PCB **est perçu avant tout comme un produit de commodité** ou le prix unitaire, la réactivité et la technicité du fabricant et sont déterminants. Néanmoins, il convient de souligner que plusieurs autres éléments doivent être pris en compte lors du choix du fabricant dont notamment sa capacité ; à produire le produit à la qualité requise (homologation, qualification, fiabilité) ou encore sa capacité à apporter des services associés (analyse du dossier de fabrication, DfX).

Ce constat est particulièrement vrai pour des marchés exigeants comme celui de la défense et du spatial ou une bonne coopération entre intégrateurs et fabricants de PCB est essentielle ;

- Le PCB est souvent l'un des points faibles en termes de fiabilité<sup>269</sup> d'un système électronique.
- Les architectures de PCB avancées offrent des solutions pour la conception au meilleur coût avec l'intégration de composants magnétiques, LEDs, touches, connecteurs spéciaux, écrans, étanchéité.

<sup>266</sup> Qui y réalisait ainsi un chiffre d'affaires de plus de 2,7 Mds \$ (2015)

<sup>267</sup> Global Information, Bishop & Associates, Inc., 2018 ; Annual Financial Statements", Harting, 2017 ; "Overview, Phoenix Contact Group, 2018.

<sup>268</sup> Sur le fondement du rapport de stage de Thomas Philippe - DGE

<sup>269</sup> Il est possible de remonter la conception

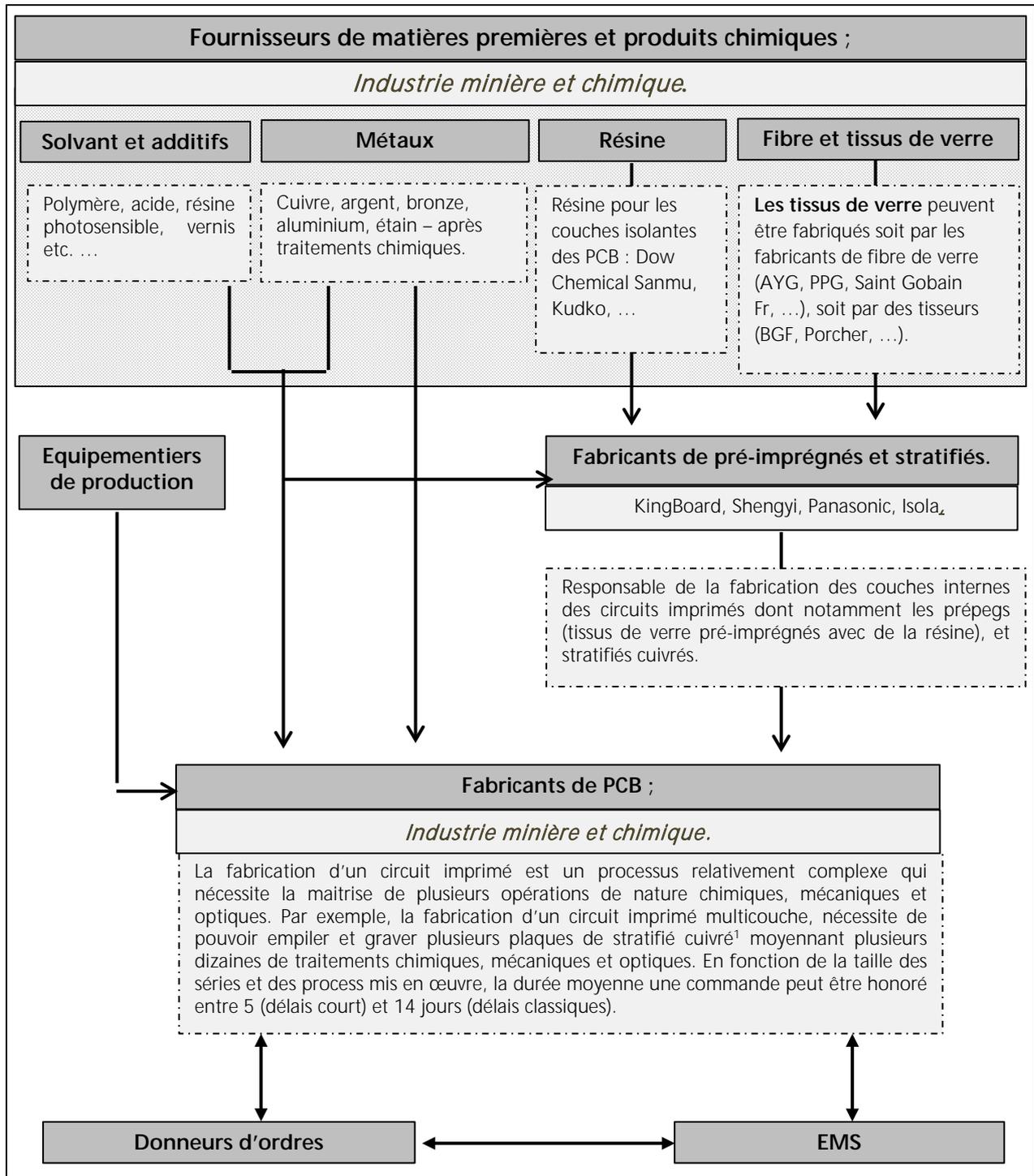
**Le marché mondial de la filière PCB** était estimé à plus de **58 Mds \$** en 2016. C'est un marché relativement éclaté, les 10 premières entreprises ne captant que **33%** du chiffre d'affaires mondial en 2017.

Le leader est le holding taiwanais **Zhen Ding Technology** (ZDT), avec 3,5 Mds \$ de chiffre d'affaires en 2017, devant **Nippon Mektron** (Japon, 3,3 Mds \$). Le groupe américain **TTM Technologies** est le troisième fabricant mondial : la taille de l'entreprise avait doublé après l'acquisition de **Viasystems**, autre entreprise américaine majeure, en 2015.

Plus globalement, plus de la moitié du marché PCB (en valeur) est produit en Chine. Cependant, ce sont les fabricants taiwanais qui restent dominants technologiquement et qui sous-traitent beaucoup. La production de PCB est donc très largement localisée en Asie : Chine, Taiwan, Japon et Corée du Sud représentent plus de **80%** de la production mondiale. Au sein de ce vaste marché, les PCB flexibles sont en forte hausse : ils permettent de diminuer les coûts de connectivité significativement dans certaines applications avec des contraintes d'espace (électronique embarquée, portée sur soi, etc.). Ce marché spécifique, qui représentait 12 Mds \$ en 2016, pourrait attendre les 32 Mds \$ en 2024 selon les estimations, avec un taux de croissance supérieur à 12% par an 108.

En Europe, le marché des PCB représente environ **1,8 Mds €** (2017, soit 2,1 Mds \$). La part de marché des groupes européens ne représente que 3,8% du marché mondial. La production européenne, qui dépassait les 4,7 Mds € au début des années 2000, a diminué de plus de moitié. Le nombre de fabricants a également diminué de manière très importante sur cette période sur le continent, passant de **555** en 2000 à **228**, en 2015. Aujourd'hui, les principaux pays producteurs sont l'Autriche, l'Allemagne, la Suisse, la Belgique et les Pays-Bas : cumulés, ces pays accueillent 70% de la production européenne. Le groupe autrichien **AT&S** est la première entreprise européenne. Son chiffre d'affaires de 1 Md € fait d'AT&S le seul acteur européen, avec le groupe allemand **Würth Elektronik** (926 M € de chiffre d'affaires sur toutes ses activités en 2017), capable de rivaliser avec les leaders asiatiques. Parmi les autres acteurs principaux, on peut citer les entreprises allemandes **Schweizer Electronic** (120 M € en 2017) puis **KSG** (95 M € en 2017), et enfin le groupe français **Elvia** (voir-ci-dessous). En 2016, la **production européenne** de PCB était destinée à 40% à l'industrie, suivie par le secteur automobile (20%) ainsi que le domaine militaire et aéronautique (13%). En 2016, la **production européenne** de PCB était destinée à 40% à l'industrie, suivie par le secteur automobile (20%) ainsi que le domaine militaire et aéronautique (13%)

La chaîne de valeur de la fabrication des circuits imprimés peut, de manière très simplifiée, se décomposer de la façon suivante ;



## Annexe 2 – précisions méthodologiques sur les travaux de cartographie.

**Tableau 1 : Liste non exhaustive de mots clés d'activité utilisée en entrée**

<b>Commande électronique</b>	Les contacteurs	Moteurs électriques
<b>Composants électroniques</b>	Les circuits logiques	Turbines
<b>Composants passifs</b>	Les connecteurs	Photorésistances
<b>Composants Interconnexions</b>	Montage de composants sur des CI	Microcontrôleurs
<b>Composants actifs</b>	Ensembles électroniques	Object connectés
<b>Assemblage de carte et équipement</b>	Test de cartes	Measurement
<b>Industrie électronique</b>	Test de câblage	Computer Technology
<b>EMS - Electronic Manufacturing services</b>	Test de systèmes électroniques	Composants ordinateurs
<b>Analyseurs de réseaux et composants</b>	Générateurs et analyseurs de signaux	Equipements de mesure manuels ou robotisés
<b>Colles, Vernis, Gaz, ESD</b>	Equipements de traitement et de conditionnement des composants	Equipements pour la fabrication de CI
<b>Assemblage de circuits imprimés</b>	Micro-informatique	Télécommunications
<b>Cartes électroniques</b>	Microprocesseurs	Digital communication
<b>Circuits imprimés et substrats</b>	Electronic microscopy	Potentiomètres
<b>Sous-ensembles</b>	Electronic Board	Varistances
<b>Circuits hybrides</b>	Bobines et tores	Résistances
<b>Circuits intégrés</b>	Sous-traitants électroniques	Régulateurs
<b>Semi-conducteur</b>	Sous-ensembles complets	Transistors
<b>Fabrication de circuits imprimés et de cartes électroniques</b>	FPGA	Circuit EPLD
<b>Fabrication de cartes d'interface</b>	Circuit logique programmable	Triacs
<b>Appareils électroniques</b>	Signaux électriques	Diacs
<b>Équipement électronique</b>	Convertisseur numérique analogique	Thyristors
<b>Fabrication en sous-traitance d'ensemble électronique</b>	Électrotechnique	Fibres optiques
<b>Terminaux électronique</b>	Transducteurs	Microsystèmes
<b>Machine de placement des composants</b>	Puces électroniques	Optoélectronique
<b>Equipements de dépose de produits de brasage</b>	Equipements de brasage, soudage, marquage	Fours de refusions et polymérisation ; étuves
<b>Machine de flip-chip</b>	Condensateurs	Composants magnétiques
<b>Placement CMS</b>	Diode	Composants RF et super
<b>Machine report semi-automatique</b>	Tétrade	Capteurs
<b>CMS</b>	Pentode	Cordons assemblés
<b>Microélectronique</b>	LEDs	Produits de brasage et de soudage

**Tableau 2 : Codes NAF d'entrée avant croisement**

Code NAF	Activité
2611Z	Fabrication de composants électroniques
2612Z	Fabrication de cartes électroniques assemblées
2620Z	Fabrication d'ordinateurs et d'équipements périphériques
2630Z	Fabrication d'équipements de communication
2640Z	Fabrication de produits électroniques grands publics
2651A	Fabrication d'équipements d'aide à la navigation
2651B	Fabrication d'instrumentation scientifique et technique
2711Z	Fabrication de moteurs, génératrices et transformateurs électriques
2712Z	Fabrication de matériel de distribution et de commande électrique ...
2731Z	Fabrication de câbles de fibres optiques
2732Z	Fabrication d'autres fils et câbles électroniques ou électriques
2733Z	Fabrication de matériel d'installation électrique
2790Z	Fabrication d'autres matériels électriques

**Tableau 3 : Emergence de codes NAF après extraction croisée**

<b>Activité d'ingénierie, études techniques</b>	Fabrication d'appareils d'éclairage électrique	Fabrication de supports magnétiques et optiques
<b>Activités liées aux systèmes de sécurité</b>	Fabrication d'appareils électroménagers	Fabrication d'engrenages et d'organes mécaniques de transmission
<b>Activités spécialisées, scientifiques et techniques diverses</b>	Fabrication d'autres équipements automobiles	Fabrication d'équipements aéronautiques et frigorifiques industriels
<b>Analyses, essais et inspections techniques</b>	Fabrication d'autres fils et câbles électroniques ou électriques	Fabrication d'équipements d'aide à la navigation
<b>Autres activités de soutien aux entreprises n.c.a.</b>	Fabrication d'autres machines d'usage général	Fabrication d'équipements de communication
<b>Autres activités de télécommunication</b>	Fabrication d'autres machines spécialisées	Fabrication d'équipements d'emballage, de conditionnement et de pesage
<b>Autres intermédiaires du commerce en produits divers</b>	Fabrication d'autres machines-outils	Fabrication d'équipements d'irradiation médicale, d'équipements électromédicaux et électrothérapeutiques
<b>Autres travaux d'installation n.c.a.</b>	Fabrication d'autres matériels électriques	Fabrication d'équipements électriques et électroniques automobiles
<b>Commerce de détail d'appareils électroménagers en magasin spécialisé</b>	Fabrication de câbles de fibres optiques	Fabrication d'instrumentation scientifique et technique
<b>Commerce de détail de matériels de télécommunication en magasin spécialisé</b>	Fabrication de cartes électroniques assemblées	Fabrication d'ordinateurs et d'équipements périphériques
<b>Commerce de gros d'appareils électroménagers</b>	Fabrication de composants électroniques	Fabrication d'outillage portatif à moteur incorporé
<b>Commerce de gros (commerce interentreprises) de composants et d'équipements électroniques et de télécommunication</b>	Fabrication de machines agricoles et forestières	Ingénierie, études techniques

<b>Commerce de gros (commerce interentreprises) de fournitures et équipements industriels divers</b>	Fabrication de machines d'imprimerie	Installation d'équipements électriques, de matériels électroniques et optiques ou d'autres matériels
<b>Commerce de gros (commerce interentreprises) de machines-outils</b>	Fabrication de machines et d'équipements de bureau (à l'exception des ordinateurs et équipements périphériques)	Intermédiaires du commerce en machines, équipements industriels, navires et avions
<b>Commerce de gros (commerce interentreprises) de matériel électrique</b>	Fabrication de machines pour le travail du caoutchouc ou des plastiques	Intermédiaires spécialisés dans le commerce d'autres produits spécifiques
<b>Commerce de gros (commerce interentreprises) d'ordinateurs, d'équipements informatiques périphériques et de logiciels</b>	Fabrication de machines pour les industries du papier et du carton	Location et location-bail de machines et équipements pour la construction
<b>Commerce de gros (commerce interentreprises) non spécialisé</b>	Fabrication de machines pour les industries textiles	Location-bail de propriété intellectuelle et de produits similaires, à l'exception des œuvres soumises à copyright
<b>Commerce de gros d'équipements automobiles</b>	Fabrication de machines pour l'extraction ou la construction	Programmation, conseil et autres activités informatiques
<b>Conception d'ensemble et assemblage sur site industriel d'équipements de contrôle des processus industriels</b>	Fabrication de machines pour l'industrie agro-alimentaire	Recherche-développement en autres sciences physiques et naturelles
<b>Conseil en systèmes et logiciels informatiques</b>	Fabrication de machines-outils pour le travail des métaux	Réparation de machines et équipements mécaniques
<b>Construction aéronautique et spatiale</b>	Fabrication de matériel de distribution et de commande électrique	Réparation de matériels électroniques et optiques
<b>Construction de bateaux de plaisance</b>	Fabrication de matériel de levage et de manutention	Réparation d'équipements électriques
<b>Construction de locomotives et d'autre matériel ferroviaire roulant</b>	Fabrication de matériel d'installation électrique	Réparation et maintenance d'aéronefs et d'engins spatiaux
<b>Construction de navires et de structures flottantes</b>	Fabrication de matériels optique et photographique	Réparation et maintenance d'autres équipements de transport
<b>Construction de réseaux électriques et de télécommunications</b>	Fabrication de moteurs et turbines, à l'exception des moteurs d'avions et de véhicules	Télécommunications filaires
<b>Construction de véhicules automobiles</b>	Fabrication de moteurs, génératrices et transformateurs électriques	Télécommunications par satellite
<b>Construction de voies ferrées de surface et souterraines</b>	Fabrication de piles et d'accumulateurs électriques	Télécommunications sans fil

## Annexe 3 : méthodologie de la cartographie des laboratoires de recherches

Le travail de cartographie des laboratoires s'appuie sur plusieurs outils d'analyse :

### ■ Laboratoires du CNRS :

L'application Annuaire des Laboratoires du CNRS permet d'accéder aux unités du CNRS, aux activités de ces unités et au personnel permanent. Les données présentes (1 700 unités, 55 000 personnel permanents, 16 000 activités) sont extraites de l'application Labintel, le système d'information du CNRS sur les activités et les moyens des unités du CNRS.

Une première extraction de 350 unités de recherche du CNRS (UPR, UMR, ...) distinctes<sup>270</sup> a été réalisée sur le fondement de la section<sup>271</sup> par laquelle elle se définit. Au total 6 des 41 sections existantes ont été retenues :

<b>Section 3</b>	Matière condensée : structures et propriétés électroniques ;
<b>Section 4</b>	Atomes et molécules, optique et lasers, plasmas chauds ;
<b>Section 6</b>	Sciences de l'information : fondements de l'informatique, calculs, algorithmes, représentations, exploitations ;
<b>Section 7</b>	Sciences de l'information : traitements, systèmes intégrés matériel-logiciel, robots ; commandes, images, contenus, interactions, signaux et langues ;
<b>Section 8</b>	Micro et nanotechnologies, micro et nano-systèmes, photonique, électronique, électromagnétisme, énergie électrique ;
<b>Section 9</b>	Ingénierie des matériaux et des structures, mécanique des solides, biomécanique, acoustique

Une seconde extraction par indexation thématique des activités de recherche sur l'ensemble des unités du CNRS a par la suite été réalisée. L'indexation thématique permet classer une activité de recherche (pour chaque département d'unité des référentiels ont été définis et comprennent une liste de disciplines et sous disciplines scientifiques que couvre l'unité ou le département ou la liste des grands domaines et sous domaines :

Domaine science & ingénierie des TIC	Sous-domaines associés (non exhaustif)
<b>Semi-conducteurs, Micro-électronique et optoélectronique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ technologie et physique des composants et des matériaux associés</li> <li>■ optoélectronique, télécommunications, composants et systèmes.</li> <li>■ Microélectronique et nanoélectronique.</li> <li>■ Microtechnologies et nanotechnologie, microsystèmes</li> </ul>
<b>Architecture des systèmes informatiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Conception de circuits</li> <li>■ Architectures matérielles et logicielles.</li> <li>■ Multimédia, télécommunications</li> <li>■ Système distribué et parallèle.</li> <li>■ Principe d'organisation et de traitement de l'information</li> </ul>
<b>Ondes électromagnétiques, optiques, acoustiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Comptabilité électromagnétique</li> <li>■ Capteurs, métrologie, instrumentation.</li> <li>■ Acousto-optique, Acousto-électronique.</li> <li>■ Ondes électromagnétiques, micro-ondes</li> <li>■ Génération, propagation, détection</li> <li>■ Matériaux acoustiques</li> <li>■ Transducteurs</li> </ul>
<b>Génie Electrique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Stockage de l'énergie électrique</li> <li>■ Matériaux pour le génie électrique.</li> <li>■ Electronique de puissance.</li> <li>■ Actionneurs et convertisseurs.</li> </ul>

<sup>270</sup> Certaines unités relevaient de plusieurs sections thématiques.

<sup>271</sup> Champ disciplinaire qui compose le CNRS par laquelle l'unité est évaluée. Il existe 41 sections.

<b>Transferts et milieux hétérogènes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Surfaces et interfaces</li> <li>■ Théorie quantiques des champs</li> <li>■ Changements de phase</li> <li>■ Phénomènes radiatifs</li> <li>■ Surfaces et interfaces</li> <li>■ Transferts thermiques et massiques</li> </ul>
<b>Signaux et images</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Traitement du signal ;</li> <li>■ Analyse et reconnaissance d'image</li> <li>■ Transmission de l'information et télécommunications</li> </ul>
<b>Automatique, aide à la décision</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ système à évènement discrets</li> </ul>
<b>Ingénierie pour la santé.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Biocapteurs, microsystemes, IOCAPTEURS, MICROSYSTEMES</li> <li>■ BioMEMS Micro et Nano Systemes</li> <li>■ Imagerie médicale</li> </ul>
<b>Matériaux de structures</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Comportement des matériaux</li> <li>■ Propriétés mécaniques et de surfaces</li> <li>■ Microstructures</li> <li>■ Elaboration et mise en œuvre de matériaux</li> </ul>
<b>Milieux réactifs et hors équilibre</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Processus de dépôt et de gravure.</li> <li>■ Sources photoniques</li> <li>■ Ablation et gravure laser</li> </ul>
<b>Structures et systèmes mécaniques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Microsystemes</li> </ul>
<b>Génie des procédés</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Elaboration et transformation des matériaux.</li> <li>■ Conception intégrée et simulation.</li> <li>■ Optimisation des procédés</li> <li>■ Transports et transferts couplés de masse, chaleur et quantité de mouvement</li> </ul>

<b>Domaine science Physique</b>	<b>Sous-domaines associés</b>
<b>Matière condensée : structures/propriétés électroniques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Supraconducteurs ; Semi-conducteurs ; Nanostructures ; Fluides quantiques ; Métaux</li> <li>■ Propriété de transport</li> <li>■ Magnétisme et Matériaux magnétique</li> </ul>
<b>Atomes/molécules, optique/lasers, plasmas chauds</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Structures des molécules</li> <li>■ Lasers, Optique quantique, ultrarapide, non linéaire</li> <li>■ Matériaux pour l'optique, métrologie optique, dispositif et systèmes optiques.</li> </ul>
<b>Phénomènes physiques, théorie et modèles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ système dynamique</li> <li>■ simulation numérique</li> <li>■ Physique statistique</li> </ul>
<b>Matière condensée : organisation et dynamique</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Structure de cristaux ; microstructures et défauts.</li> <li>■ Surfaces et interfaces ; Croissance cristalline</li> <li>■ Milieux désordonnés, verres</li> </ul>

Le traitement des données issues des deux extractions à aboutit à une liste non redondante de près de **400** unités de recherche distinctes.

Enfin, un traitement manuel de ces unités de recherches a permis d'aboutir à une liste consolidée d'au moins **90** laboratoires justifiant d'activités de recherche et développement dans les thématiques suivantes :

Catégories	Thématiques
Composants	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Composants microélectronique, silicium et III-V</li> <li>■ Composants nanostructurés en couche minces</li> <li>■ Nanoélectronique intégrée sur silicium</li> <li>■ Microtechnologies et nanotechnologie, microsystèmes</li> </ul>
Circuits	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Electronique HF, RF et microonde,</li> <li>■ Electronique organique</li> <li>■ Electronique sur couches minces,</li> <li>■ Electronique spatiale,</li> <li>■ Fiabilité électronique et des composants</li> <li>■ Technologies des micro-assemblages</li> </ul>
Conception (CAO)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Conception sécurisée numériques</li> <li>■ Conception de circuits et systèmes</li> </ul>
Systèmes électroniques	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Test des composants et circuits</li> <li>■ Systèmes sur puce, biopuces,</li> <li>■ Systèmes électronique embarqués</li> <li>■ Systèmes de télécommunications</li> <li>■ Système hétérogènes</li> </ul>
Systèmes hétérogènes vers les applications	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Système de gestion de l'énergie</li> <li>■ Capteurs intégrés intelligents, objets connectés</li> <li>■ Optoélectronique, photonique</li> <li>■ Bioélectronique et systèmes pour la santé</li> <li>■ Plastronique</li> </ul>

■ **Les organismes de recherche - hors CNRS :**

Les organismes de recherche comprennent :

- Les établissements publics à caractère scientifique et technologique (E.P.S.T.) dont les personnels ont le statut de fonctionnaires.
- Des établissements publics à caractère industriel et commercial (EPIC) dont les personnels ont le statut de salariés de droit privé, comme le C.E.A. pour l'atome ou le CNES pour l'espace.

Pour la filière de l'électronique, seul le **CEA** (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives), et plus particulièrement le **CEA LETI**, ainsi que le **CNES** (Centre national d'études spatiales) ont été retenus ;

Enfin, et sur le fondement des centres de formation de 3ème cycle cartographiés, un dernier recoupement des laboratoires a été effectué. Ce travail permet de s'assurer que l'ensemble des laboratoires soit pris en compte, indépendamment de leur statut (EA, UMR, FRE, USC, ...).

## Annexe 4 : analyse des phénomènes de pénuries de composants électroniques

Les tensions sur certains composants électroniques s'expliquent généralement par des cycles conjoncturels assez violents et caractéristique de l'industrie du semi-conducteur.

### Focus : Cycles de croissance de l'industrie des composants électronique.

L'émergence de nouvelles applications d'un composant électronique (ou l'apparition de nouveaux composants permettant de servir de nouveaux usages) entraîne inévitablement un « hausse soudaine de la demande » de la part des consommateurs finaux. Pour répondre à cette hausse de la demande et **faute de prévisions suffisamment fiables à moyen terme** sur la pérennité de la nouvelle application, les fabricants de composants et privilégient en premier lieu **un allongement des temps de production** (le temps de production d'un composant est d'environ 12 semaines). En cas de succès de la nouvelle application, les lignes de production sont rapidement saturées et la demande excède l'offre ce qui entraîne alors une augmentation conséquente des prix des composants électroniques.

Pour se prémunir d'une éventuelle pénurie et garantir leurs approvisionnements, une réaction naturelle des utilisateurs (EMS, ODM, OEM) consiste à surévaluer leurs besoins en créant d'importants stocks de composants ce qui conduit inévitablement à accentuer (virtuellement) la demande sur ces composants (à ce stade leurs prix peuvent parfois augmenter de 30% par rapport au prix initial).

Par la suite, les industriels du semi-conducteur annoncent généralement de nouveaux investissements pour l'extension de nouvelles capacités de production et qui se concrétisent quelques temps plus tard (environ 18 mois) en capacité supplémentaires de production. A ce stade l'offre compense généralement la demande. Progressivement, le besoin du marché en composants électroniques ralentit et la tendance est inversé : l'offre surpasse alors la demande et une chute brutale des prix des composants est généralement observée. Dans un même temps, les stocks constitués par les clients sont utilisés, ce qui diminue d'autant la demande en nouveaux composants.

Enfin, le faible coût de ces composants incite généralement les clients à transformer leurs gammes de produits : complexification des produits, diminution substantielle du prix des produits « bas de gamme », pour élargir la clientèle. Ainsi la demande rééquilibre progressivement l'offre.

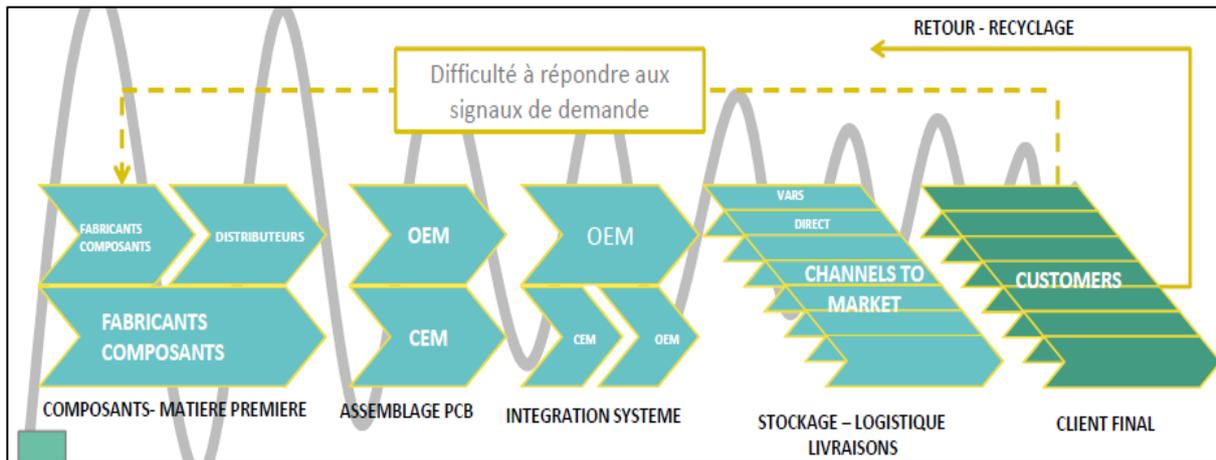
Parallèlement, il convient également de souligner que pendant les phases d'équilibre du marché où il y a adéquation entre l'offre et la demande, voire surcapacités, la mise en concurrence à l'échelle mondiale conduit à des baisses de prix sans rapport avec les gains de productivité et donc à une baisse de rentabilité des fabricants de composants et de leurs fournisseurs de matières premières. Cette situation a un impact immédiat : le gel d'investissements dans l'extension des capacités de production chez les fabricants de composants, a fortiori en l'absence de prévisions fiables, lesquels relèvent leurs prix en période d'allocation pour corriger cet effet et procéder aux investissements nécessaires

Plus largement de nombreux facteurs additionnels viennent amplifier ce phénomène. Par exemple, **la complexité croissante des business models** au sein de la chaîne de valeur ( multiplication des intermédiaires entre les fabricants et les clients finaux illustré notamment par le recours à de nombreux distributeurs et sous-traitants<sup>272</sup> par les équipementiers, des parts de marché de composants allouées par certains OEMs aux distributeurs et aux fabricants de cartes et systèmes électroniques fluctuant d'un trimestre à l'autre...), **l'utilisation d'outils informatiques de planification non optimisés**<sup>273</sup>, **la multiplication des commandes**<sup>274</sup> par des donneurs d'ordres ou sous-traitants pour un même type de produit auprès des différents distributeurs et la quasi absence d'un langage commun de référence contribuent par exemple à **dégrader la visibilité des prévisions** réelles et nécessaires pour **une allocation optimale des composants** électronique de la part des fabricants et des distributeurs.

<sup>272</sup> Les cartes électroniques fabriquées par les différents sous-traitants nécessitent chacune plusieurs milliers de références de composants avec une durée de vie et des délais de livraison variables,

<sup>273</sup> Par exemple : Les mises à jour automatiques des systèmes des clients reçoivent tous en même temps une alerte pour un délai qui passe de 4 à 8 semaines : ces systèmes clients passent tous commande alors que leur besoin réel est resté le même. Un besoin virtuel se crée. Cela peut encore être amplifié par une estimation à la hausse des prévisions de vente des commerciaux irréalistes chez les clients et la conjugaison des deux phénomènes génère un besoin virtuel qui n'a plus rien à voir avec le besoin réel.

<sup>274</sup> Une analyse d'avril 2018 de la banque Morgan Stanley (source 2018) notait que les « commandes doubles » de la part des donneurs d'ordre auprès des distributeurs avaient atteint un niveau record



**Figure : Principe de l'« effet lasso » sur la chaîne de valeur des industries de l'électronique.**

(Source SPDEI).

Par ailleurs, d'autres facteurs contribuent également à amplifier les phénomènes de pénuries de certains composants. Il s'agit par exemple de la **variabilité croissante** de la demande en matière de volumes et de références produit **et des difficultés de prévision sur certains marchés et applications émergentes** (en forte croissance et tirée par des besoins sociétaux) de l'accélération des **misés sous obsolescence** de certaines références ou de **leur arrêt de production au profit d'autres composants à plus forte valeur ajoutée**.

Enfin, le caractère mondialisé de la chaîne de valeur la rend également particulièrement sensible **aux conjonctures macroéconomiques** comme par exemple : **l'appréciation ou la dépréciation de monnaies** de grands pays producteurs, **les tensions d'approvisionnement** sur certaines **matières premières** (cuivre, tranches de silicium...).

#### Focus #1 : Les tensions en matière de composants actifs

La forte demande émanant de l'électronique grand public associée à des capacités de production limitées des principaux fabricants entraîne régulièrement des pénuries sur des composants actifs couramment utilisés comme les mémoires SDRAM, NAND Flash. Plus précisément, les projections actuelles concernant les capacités de production de mémoires NAND à l'horizon 2020 indiquent qu'une forte concentration géographique devrait persister : 8 usines en Corée, 6 au Japon, 5 en Chine, 3 à Taiwan et 2 à Singapour<sup>1</sup>. Les Etats-Unis sont le seul pays hors d'Asie accueillant deux sites de production. Dans ce contexte, par-delà une dépendance technologique, l'Europe pâtit également d'une certaine dépendance géographique auprès des pays asiatiques.

## Focus #2 : Les tensions en matière de composants passif - le cas des MLCC

Les MLCC sont les composants très utilisés dans un champ varié d'applications : système automobiles, smartphones, tablettes, robots industriels, etc. Au cours des derniers mois, une situation critique de pénurie de MLCC s'est créée sur le marché des composants passifs mondiaux. Elle s'explique par plusieurs éléments :

D'une part, une **augmentation conséquente de la demande de MLCC**. Elle se manifeste particulièrement dans le domaine des smartphones et tablettes, où l'élargissement de l'offre - avec la montée en gamme des acteurs chinois tels que Huawei ou Oppo - est combiné à la sophistication croissante des modèles produits (il y a près de 1 000 MLCC dans un seul iPhone X soit deux fois plus que dans un iPhone 6, par exemple). Cette augmentation est également tirée par le secteur de l'automobile, avec les véhicules électriques ou les systèmes de conduite<sup>1</sup>.

D'autre part, il convient de noter une **contraction de l'offre de MLCC** sur le marché. Les principaux fabricants ont augmenté leurs prix et supprimé certaines références pour privilégier les boîtiers les plus petits (utilisés dans les smartphones et les tablettes), et ce parfois sans en avertir les utilisateurs suffisamment à l'avance. Les capacités de production n'ayant pas augmenté significativement, les difficultés d'approvisionnement de ces composants clés, notamment pour les boîtiers de plus grande taille. Aussi, cette situation conduira inévitablement à moyen-terme, une réingénierie de la part des donneurs d'ordres sur leurs cartes électronique qui utilisent aujourd'hui ces boîtiers de grande taille (par exemple en remplaçant les MLCC avec des condensateurs aluminium polymère dont la disponibilité est très bonne) ; le processus de qualification et de certification de ces références pourrait s'avérer long et soulever des enjeux stratégiques.

Par-delà les conséquences sur les clients finaux qui voient la commercialisation de leurs produits retardé (pour une référence manquante, les cartes et systèmes électronique ne peuvent être livrés au client), les phénomènes de pénuries de composants électronique conduisent également à d'importantes difficultés pour les acteurs de la sous-traitance électronique (EMS). En effet, l'allongement significatif des délais de livraison de composants entraine généralement **une forte contrainte sur leur trésorerie**<sup>275</sup> mais également à de **fortes pénalités de retard de la part de leurs clients**. Dans les cas les plus extrêmes, ces pénuries peuvent conduire à **l'annulation de commandes** et mettre alors en péril de l'existence des acteurs les plus fragiles.

<sup>275</sup> Les EMS sont parfois contraints par leurs donneurs d'ordres à faire des stocks de composants ou de produits semi-finis. Il convient toutefois de souligner que plusieurs grands donneurs d'ordre acceptent au contraire de prendre à leur charge les actifs circulants de leurs fournisseurs.

## Annexe 5 : relocalisation de production électronique - Debflex et Einea

Afin d'illustrer la tendance de relocalisation des productions à petits/moyens volumes et préciser les bonnes pratiques et points de vigilance associés à cette réflexion, un cas d'école a été réalisé avec l'aimable contribution de la société Debflex et l'EMS EINEA (Groupe SELHA) et est présenté ci-dessous

Debflex relocalise en France la production de ses interrupteurs électriques connectés	
<b>Thématique associée au cas d'école</b>	Relocalisation d'une activité de fabrication de cartes électronique
<b>Typologie</b>	Secteur(s) applicatifs(s) concerné(s) : bâtiment intelligent Maillon(s) de la chaîne de valeur représenté(s) : Sous-traitance électronique, client final Entreprise(s) interrogée(s) : EINEA (Groupe SELHA)
<b>Contexte de mise en œuvre</b>	<p>Entreprise familiale implantée dans la Somme depuis plus de 40ans, Debflex est devenue au fil des années un acteur majeur dans les appareillages électriques domestiques (interrupteurs, prises, disjoncteurs, etc.). Avec une conception et une fabrication de ses produits réalisées majoritairement en Asie (Chine), Debflex a lancé un travail de réflexion après avoir observé certaines évolutions du marché :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>§ Problématiques au niveau de la maîtrise de la qualité de réalisation dans les temps par les partenaires asiatiques entraînant une débauche d'énergie pour corriger les défauts identifiés et mettre sous contrôle les sous-traitants.</li> <li>§ Forte évolution des produits dans le domaine du matériel électrique et plus généralement dans le bâtiment intelligent : renouvellement de gammes fréquent, cycle de vie et temps d'accès au marché plus courts</li> <li>§ Augmentation du poids de l'électronique dans certains produits dans une dynamique de connectivité et d'intelligence</li> </ul> <p>Ainsi, la production délocalisée dans des pays très éloignés sur certains produits (haut de gamme, petit-moyen volume et changement de gamme fréquent) s'est révélée parfois contraignante. Face à ce constat, Debflex s'est lancée dans le cadrage et la mise en œuvre opérationnelle d'une stratégie de relocalisation de la conception et de la fabrication sur le territoire pour ses produits connectés.</p>
<b>Objectifs visés</b>	<p>Dans le cas de son virage vers l'intégration de l'électronique dans ses produits et le développement de ses premiers produits connectés (interrupteurs et prises électriques pilotables par smartphone pour des fonctions de détection de présence ou programmation horaire), Debflex a eu pour objectif de faciliter la fabrication en France pour raccourcir les délais, mieux répondre aux attentes des clients et gagner en réactivité et en proximité avec les partenaires de production sur place.</p> <p>Ces premiers produits connectés représentant un volume annuel moyen de 10 000 pièces, Debflex s'est fixé comme indicateur de performance la réduction de la part de la main d'œuvre à 5% du coût de revient (contre 25% pour l'équivalent réalisé en Chine) pour pouvoir basculer d'une production asiatique à une production française.</p>
<b>Moyens et leviers</b>	<p>Dans sa stratégie de relocalisation en France de sa production et afin d'atteindre son objectif de 5% dans la part de la main d'œuvre dans le prix de revient, la PME a travaillé sur deux axes principaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Reprise en main de la conception</b> : afin de maîtriser cette étape, Debflex a constitué une équipe formée d'un électronicien et deux apprentis, l'un en logiciel et l'autre en automatique.</li> <li>- <b>La conception pour la fabrication</b> : afin d'optimiser la conception du produit en tenant compte des contraintes de fabrication et tenir les objectifs de prix, Debflex a collaboré étroitement avec le sous-traitant électronique EINEA (Groupe SELHA). Ce rapprochement entre la conception et un acteur maîtrisant l'industrialisation et la fabrication électronique a notamment permis de revoir le choix et le nombre de composants, la stratégie de tests ou encore les opérations manuelles. La fermeture des enveloppes plastiques, effectuée habituellement par encapsulation à main, a été confiée à un robot.</li> </ul> <p>EINEA a mis au service de son client son savoir-faire en électronique télécoms (complexité, gros volumes, outils d'analyse et de test) et donné du champ en termes de solutions technologiques : aide en matière de choix et d'achat des composants et des circuits imprimés, de tests et de packaging.</p>

Debflex relocalise en France la production de ses interrupteurs électriques connectés	
	<p>Cette collaboration entre EINEA et Debflex a représenté environ un an et demi de réflexion et un support de 0,5 homme/an du sous-traitant électronique. Un projet financé sur fonds propres par le client final (pas de subvention) et mené sans mobilisation d'acteurs publics. A noter que cette initiative n'a pas provoqué d'investissement particulier du côté du sous-traitant électronique, aussi bien en termes de technologie, de matériel ou de ressources humaines dans la mesure où EINEA possédait déjà plusieurs lignes de fabrication et d'assemblages de cartes et est habituée à apporter une expertise à ses clients.</p>
<b>Principaux résultats /enseignements de la démarche</b>	<p>La démarche de (re)conception des interrupteurs et prises électriques connectés en intégrant les contraintes de fabrication aura permis d'optimiser la stratégie d'industrialisation globale pour atteindre l'objectif fixé de réduction de la part de la main d'œuvre à 5% du coût de revient et donc une fabrication sur le territoire.</p> <p>Une montée en compétence à la fois sur la conception et l'industrialisation a pu être observée au sein de Debflex. Les temps de mises sur le marché des produits, le renouvellement des gammes ainsi que la qualité ont pu être mieux maîtrisés pour raccourcir les délais et répondre aux attentes clients.</p>
<b>Perspectives</b>	<p>Cette initiative illustre bien le rôle clé que joue le sous-traitant électronique entre la recherche et développement/conception chez le client final et la partie industrielle/fabrication. Les facteurs clés de succès identifiés par EINEA sur ce projet sont triples :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'impact d'une démarche de relocalisation est bien plus fort à partir du moment où le client comprend que c'est en concevant ses produits avec un industriel qu'il pourra atteindre ses objectifs prix/qualité. L'EMS joue un rôle important dans cette prise de conscience et intervenir au plus tôt afin que son client parfois non électronicien intègre l'accompagnement à l'industrialisation dans son budget.</li> <li>- Il est important que les activités de R&amp;D/innovation et de fabrication ne soient pas en conflit : en effet, les sous-traitants électroniques pouvant parfois remettre en cause certains choix des concepteurs, le dialogue et la collaboration sont essentiels pour la réussite d'un tel projet</li> <li>- Une équipe sensibilisée à la fabrication électronique au sein du client final qui a permis d'accélérer la compréhension du besoin d'accompagnement et le déroulé de la démarche.</li> </ul> <p>En termes de perspectives suite à cette initiative, d'autres produits comme le variateur de lumière, les détecteurs de présence ou les minuteries pourraient bénéficier à leur tour de cette démarche de relocalisation, qui, de manière plus globale, est adaptée aux produits à valeur ajoutée, en petites séries et fort taux de renouvellement. En effet, il est clair que tout ne sera pas relocalisé dans la mesure où l'automatisation de gros volumes tels que les disjoncteurs représenteraient plusieurs dizaines de millions d'euros.</p>
<b>Réflexion Autres</b>	<p>Une fois la conception et l'industrialisation d'un produit stabilisée et que le marché (et donc les volumes de commandes) va commencer à décoller, il est possible de voir la fabrication électronique repartir dans des pays low-cost au Maghreb ou en Europe de l'Est. Ce point rejoint une réflexion menée dans le cadre de l'étude sur le fait que pour pouvoir « produire en France, une capacité de production en zone low-cost et nécessaire pour pouvoir proposer une solution à son client ». Pour éviter de perdre la production à fort volume post-industrialisation au profit d'un EMS étranger, une alternative dans ces pays est à considérer.</p> <p>L'autre point majeur de réflexion porte sur la dualité entre durée de vie du produit et son volume dans la mesure où il s'agit d'un levier de décision majeur d'une relocalisation ou délocalisation : tant qu'on sera sur des petites ou moyennes séries avec des renouvellements de gamme, on pourra rester en France mais dès lors qu'on aura une gamme qui tient dans le temps et à gros volume, cela semble moins pertinent.</p>
<b>Sources</b>	<p>Réunion téléphonique réalisée par In Extenso Innovation Croissance/Deloitte</p> <p>Communiqué de presse : « Debflex relocalise en France la production de ses interrupteurs électriques connectés » <a href="#">Usine Nouvelle Mai 2017</a></p>
<b>Contacts</b>	<p>Philippe MASSELIN – Directeur, Nicolas PEULEVEY – Directeur Technique ; EINEA - Jean-Eric RICHE – Président Directeur Général - Debflex -</p>

## Annexe 6 : relocalisation de production électronique - Intervox et BSE

Afin d'illustrer cette tendance avec un autre exemple de relocalisation précisant le rôle du sous-traitant en tant que partenaire de proximité et souvent au-delà de l'activité de fabrication, un cas d'école a été réalisé avec l'aimable contribution de la société Intervox et l'EMS BSE Electronic et est présenté ci-dessous :

Proximité, flexibilité, aide à la reconception et à l'industrialisation et services complémentaires à la fabrication : des facteurs clés de succès dans la relation BSE/Intervox dans le projet de relocalisation des terminaux de téléassistances Quiatil	
<b>Thématique associée au cas d'école</b>	Relocalisation d'une activité de fabrication de cartes électronique
<b>Typologie</b>	<p><b>Secteur(s) applicatifs(s) concerné(s) :</b> Alarme sociale/ Téléassistance / Bâtiment intelligent</p> <p><b>Maillon(s) de la chaîne de valeur représenté(s) :</b> Sous-traitance électronique, client final</p> <p><b>Entreprise(s) interrogée(s) :</b> BSE Electronic (Le Creusot – France), Intervox (Legrand)</p>
<b>Contexte de mise en œuvre et objectifs du projet</b>	<p>Depuis plus de 20 ans, INTERVOX SYSTEMES conçoit, fabrique et commercialise, sous la marque Quiatil®, des terminaux de téléassistance favorisant la qualité de vie des personnes fragilisées, âgées ou dépendantes et ce à domicile comme en Ehpad. Leader sur le marché français de l'alarme sociale, INTERVOX SYSTEMES compte à ce jour plus de 200 000 Quiatil® en fonction en France et compte parmi ses clients de nombreuses collectivités. En 2011, dans une volonté de renouveler son offre, INTERVOX a lancé une étude pour affiner l'esthétique et intégrer de nouvelles fonctionnalités à sa gamme de produit (portail Web, connexion GSM/GPRS ou par box, commande à distance via smartphone par exemple).</p>  <p>En parallèle, une évolution de la demande et des pratiques en matière d'approvisionnement ont pu être constatées : en effet, quelques années auparavant, les commandes clients étaient prévisibles et planifiées sur l'année, puis la demande a évolué vers plus de réactivité, des séries plus petites avec toujours moins de stocks. Cette nouvelle exigence de disponibilités de la part des clients d'INTERVOX a permis de soulever des problématiques en termes de fabrication électronique du fait d'une production réalisée majoritairement en Asie sur cette gamme de produit :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Problématique de réactivité : en produisant en Chine, il fallait 6 mois entre la commande et la livraison, des minimums de commandes importants par référence de produits ainsi que des coûts de transport associés à des contraintes douanières importants. Des délais devenus trop importants vis-à-vis des attentes clients</li> <li>– Problématique de stocks de produits finis et immobilisation financière importante : remporter un appel d'offres peut entraîner une demande soudaine qui n'est pas tout le temps facile à anticiper, obligeant à avoir un stock tampon de produits finis de 3-4 mois</li> <li>– Problématique en matière de personnalisation et différenciation retardées des produits difficiles à réaliser sur des produits fabriqués en zones éloignées</li> <li>– Difficulté de faire évoluer les processus avec l'organisation industrielle : décalage horaire, barrière de la langue, différence de culture dans l'approche client)</li> </ul> <p>Face à ce constat, INTERVOX s'est lancée dans le cadrage et la mise en œuvre opérationnelle d'une stratégie de relocalisation de la conception et de la fabrication sur le territoire pour cette gamme de produit afin de gagner en flexibilité sans pénaliser la marge.</p>
	<p>Afin d'optimiser la conception du produit en tenant compte des contraintes de fabrication et tenir les objectifs, INTERVOX a collaboré étroitement avec le sous-traitant électronique BSE Electronics situé à proximité. BSE est une PME créée en 1987 et basée en Bourgogne qui, depuis trente et un an, oriente sa stratégie d'entreprise de manière à avoir une forte adaptabilité et proposer à ses clients une agilité financière et industrielle afin</p>

**Proximité, flexibilité, aide à la reconception et à l'industrialisation et services complémentaires à la fabrication : des facteurs clés de succès dans la relation BSE/Intervox dans le projet de relocalisation des terminaux de téléassistances Quiatil**

**Moyens et leviers**

d'accompagner les évolutions de leurs marchés. BSE ne cible pas des marchés en grand volume à faible valeur ajouté, comme l'automobile, produit très simple en volume, ou des produits grand public sans configuration technique (exemple : balance ou télécommande ne font pas partie de nos cibles produits).

D'une durée d'environ un an et mobilisant les équipes techniques, marketing et achats des deux acteurs, le projet a porté sur plusieurs axes de réflexions où l'apport de l'EMS a été important :

§ **Phase de re-conception du produit** : L'intégration de nouvelles fonctionnalités et la transformation souhaitée en termes de design ont impliqué une réflexion approfondie en termes de re-conception et réindustrialisation pour justifier une production sur le territoire : en effet, le temps de fabrication, d'intégration du produit et de test fonctionnel représentait à l'origine 45 min de main d'œuvre ce qui ne permettait pas un positionnement économique entendable en le produisant en France. BSE a pu apporter son savoir-faire en matière d'équipements, de contraintes de fabrication ou encore de stratégies de test afin de rendre la fabrication électronique compétitive.

§ **Rapprochement des activités de conception et de fabrication** : INTERVOX est partie d'un positionnement avec une activité de conception intégrée couplée à une sous-traitance externe en matière de fabrication électronique à une relation de sous-traitance plus complète avec son partenaire EMS en déléguant également la partie de conception et développement à partir d'un cahier des charges orientés davantage vers des fonctionnalités et usages dans une approche ODM.

§ **Accompagnement en matière de choix des composants et gestion des obsolescences** : l'aide au choix des composants afin de simplifier ou automatiser la fabrication des cartes électroniques ou encore le support dans la requalification des équivalences de composants et la recherche d'alternatives en cas d'obsolescence ou rupture dans la chaîne d'approvisionnement et cela est un vrai avantage de la relation avec BSE

§ **Prise en charge d'activités complémentaires** : en parallèle de la fabrication de son transmetteur, INTERVOX a confié à BSE la gestion de la logistique, transport et service après-vente.

Pour répondre aux besoins client, BSE a ainsi proposé **une complète réindustrialisation selon la méthode DFX** : l'AMDEC achats (DFC) a permis d'optimiser la valeur de la matière avec les études de BSE. L'industrialisation (DFM & DFT) a eu pour but de réduire le temps de main d'œuvre en effectuant les opérations suivantes, soit :

- Réduire le nombre de composants utilisés, en privilégiant des composants conditionnés en bobines
- Supprimer au maximum les composants traversants, source principale de non compétitivité avec les pays low-cost
- Concevoir une mécanique plus simple à monter (moins de vis et pas de collage)
- Encycler les opérations de test et d'intégration (45 minutes à 2,5 minutes au global pour l'intégration d'un produit)
- Améliorer l'emballage de produit

En parallèle de ce projet et afin de répondre aux sollicitations de plus en plus nombreuses, BSE lancé un plan de développement de l'entreprise ambitieux porté sur la refonte complète des processus organisationnels de l'entreprise :

§ Qualification de la demande client avec une analyse des facteurs stratégiques par affaire (matière, main d'œuvre, équipements, compétences)

§ Évolution de l'ERP intégrant la gestion des produits complexes en petites et moyennes série

§ Paramétrage de la supply chain selon la typologie du produit à fabriquer

§ Investissements matériels pour s'anticiper les futures technologies dans l'Electronique (ligne automatisée CMS de dernière technologie, machines de contrôles rayons X, soudure par vagues sélectives, chambre CEM, robot de vernissage...) et réalisés grâce au soutien de financements publics (950k€ prêts et obligations convertibles de BPIFRANCE et 130k€ subventions auprès du Conseil régional) et de structures bancaires.

Proximité, flexibilité, aide à la reconception et à l'industrialisation et services complémentaires à la fabrication : des facteurs clés de succès dans la relation BSE/Intervox dans le projet de relocalisation des terminaux de téléassistances Quiatil	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Une première vague d'investissements a été réalisée en 2013 : afin d'augmenter la capacité et la capabilité, une nouvelle ligne de pose de composants en surface a été installée en production : avec une cadence de 55 000 composants à l'heure, BSE a augmenté sa capacité industrielle à gérer ce marché, puis d'autres projets selon la stratégie commerciale mise en place.</li> <li>- Une seconde vague d'investissements a été réalisée en 2014 : l'achat de 2 vagues sélectives a eu pour but d'augmenter la compétitivité de main d'œuvre chez BSE vis à vis des procédés manuelles historiques. La machine d'inspection aux rayons X 3D a permis de contrôler et d'améliorer la répétabilité des processus de soudure pour les composants traditionnels. La machine de lavage et un robot de vernissage ont permis un gain de coût et une amélioration de la qualité.</li> <li>- A partir de 2015, les investissements ont été programmés sur les bases de 5% du CA annuel. L'amélioration de l'ERP a été un point essentiel en 2017. Ils s'établissent à environ 1Me en 2018, avec la mise en plan d'un robot de montage permettant l'intégration de produits complexes avec le contrôle à 100% des procédés spéciaux (montage, collage, sertissage).</li> </ul> <p>§ Formation dans la maîtrise des procédés spéciaux pour proposer des gains de productivité lors de la conception et lors de la fabrication des produits.</p> <p>§ Développements de moyens de tests en interne permettant de réduire le temps de fabrication et augmenter la qualité des produits livrés</p> <p>§ Densification des maillons en termes de niveau de compétences, de flexibilité et d'optimisation des OPEX grâce à des actions Lean Manufacturing et Lean Management conduites par un cabinet extérieur (bassin Bourgogne).</p>
<b>Principaux résultats et enseignements de la démarche</b>	<p>Le travail de reconception du produit en tenant compte très tôt des contraintes d'industrialisation a permis d'atteindre toutes les spécificités technologiques et dimensionnelles attendues en réduisant la part du coût de main d'œuvre de 45 min à quelques minutes. L'optimisation dans le choix des composants, dans les stratégies d'intégrations, de tests et d'assemblage aura permis de rendre viable économiquement une production sur le territoire et ainsi proposer à INTERVOX :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Une réduction des stocks de produits finis (et des immobilisations financières associées) à 30 jours</li> <li>- Une diminution du délai de livraison de plusieurs mois à quelques jours</li> <li>- Une augmentation de la flexibilité de fabrication</li> <li>- Davantage de souplesse et de flexibilité dans la personnalisation retardée (notamment au niveau des versions logicielles)</li> <li>- Capacité de configurer les produits en différentes versions et quantités en un jour avant livraison client</li> <li>- Coûts de transport et de douane réduits ou supprimés</li> <li>- Protection stratégique des données programmées (maîtrise du risque de piratage) : développement logiciel réalisé par INTERVOX et flashage du soft dans les transmetteurs chez BSE</li> </ul>
<b>Perspectives</b>	<p>Même si les coûts horaires en Asie sont de moins en moins attractifs par rapport à l'Occident, les écarts de coûts subsistent. Par rapport à cela, les facteurs clés de succès identifiés par BSE et INTERVOX lors de la collaboration sont triples :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Être capable de regarder au-delà du seul critère prix unitaire : il est important que le client final considère l'ensemble des coûts dans une approche globale. En effet, intégrer les coûts de stocks, de transports et de suivi fournisseur et les besoins clients dans les éléments de prise de décision permettent d'arriver plus facilement à une logique de fabrication de proximité. Pour cela, il est très important d'impliquer les équipes techniques, marketing et achat dans le processus de décision. En prenant les coûts globaux, il est possible de rester compétitifs tout en améliorant la qualité de services pour les utilisateurs finaux.</li> <li>- Travailler très tôt (dès l'émergence de l'idée) sur l'industrialisation pour orienter le design ou les choix techniques en fonction des contraintes de fabrication</li> </ul>

Proximité, flexibilité, aide à la reconception et à l'industrialisation et services complémentaires à la fabrication : des facteurs clés de succès dans la relation BSE/Intervox dans le projet de relocalisation des terminaux de téléassistances Quiatil	
	<p>- La prise en compte des contraintes connexes (mécanique, design, packaging, cas d'usages des produits, ...) à chaque étape du développement tout en s'appuyant sur un réseau de partenaires (designers, bureaux d'études, plasturgistes, mécaniciens, opticiens, sous-traitants ainsi que les fournisseurs dans les différents domaines de la mécatronique).</p> <p>A noter que ce type de démarche peut être dupliqué pour les produits à faible volume mais à valeur ajoutée dont la production peut être automatisée. Aujourd'hui, INTERVOX communique beaucoup sur cette stratégie de production sur le territoire qui est devenue un argument commercial.</p> <p><u>Points de vigilances et enjeux :</u></p> <p>Depuis plusieurs années, le secteur de l'électronique subit de très fortes évolutions : la durée de vie commerciale des produits s'est réduite fortement. L'accélération des cycles d'innovation en parallèle des réductions des stocks de produits finis chez les clients complexifie la vision à long terme des sous-traitants pour organiser ses achats et sa charge en production. L'enjeu pour l'EMS passe aussi par une plus grande flexibilité du travail et une plus grande polyvalence par poste. Pour cela, il est nécessaire d' :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Avoir l'adhésion des actionnaires sur le plan de développement (marché, structuration interne, savoir-faire, processus, ...)</li> <li>- Investir et moderniser les outils de production</li> <li>- Dépoussiérer les processus ancrés qui ne conviennent plus pour les besoins de l'IoT professionnel ou Startup par exemple</li> </ul> <p>Revoir les méthodes de gestion de projets et pouvoir créer des équipes projets multidisciplinaires sur tout le cycle de vie série du produit</p>
Réflexions Autres	<p>Un autre axe de réflexion porte sur le fait que certains grands groupes ou investisseurs, qui servent d'incubateurs / accompagnateurs techniques / financiers pour les start-ups repérées prometteuses, encouragent ces mêmes startups à privilégier l'Asie pour la fabrication de leurs produits sans même consulter les sous-traitants français en parallèle.</p> <p>A l'heure des réflexions sur la nouvelle ère de l'Etat actionnaire et les conditions d'actionnariats, il serait intéressant de pouvoir échanger sur les pratiques et/ou réflexes de ces grands groupes pour mieux impliquer les EMS dans leurs démarches (moyens industriels, recrutement, écosystème, montée en compétences pour optimisations diverses, productivité, etc...)</p> <p>Par ailleurs, il serait intéressant de réfléchir à une manière d'encourager voire d'exiger les startups bénéficiant de subventions publiques à solliciter des sous-traitants électroniques français ou à minima mener des études d'industrialisation.</p> <p style="padding-left: 40px;">L'Allemagne est souvent citée en exemple, en termes de « protection » de l'activité locale, de la chaîne de sous-traitance. Ce peut être un modèle à suivre pour toute la filière, en particulier via de nouvelles pratiques promues par les clients finaux (startups, PME/ETI, grands groupes) sur la filière française.</p>
Sources	<p>Audit industriel réalisé par In Extenso Innovation Croissance/Deloitte dans les locaux de BSE au début de l'année 2018. Conférence téléphonique organisée entre In Extenso Innovation Croissance/Deloitte, BSE et Intervox en Octobre 2018.</p>
Contacts	<p><b>BSE Electronics</b> : Sandrine LONAK - Responsable Développement Commercial &amp; Département Introduction Nouveaux Produits Marketing et Communication - Marc BALUSSAUD - Président Directeur Général</p> <p><b>Intervox Systèmes</b> : Olivier VALLEE - Directeur Silver Economie France - Directeur Intervox - 616 Avenue de l'Europe, 71204 Le Creusot</p>

## Les rapports Pipame déjà parus

- Industrie du futur : secteurs de la chimie et du papier-carton – amélioration des outils de production et apport du numérique, février 2019
- Intelligence artificielle : État de l’art et perspectives pour la France, février 2019
- Industrie du futur : enjeux et perspectives pour la filière aéronautique, décembre 2018
- Marchés des objets connectés à destination du grand public, mai 2018
- Potentiel de développement de l’économie sociale et solidaire dans les quatre secteurs économiques, octobre 2017
- Les acteurs, l’offre et le marché de l’efficacité énergétique à destination de l’industrie, octobre 2017
- Perspectives de développement de la filière des drones civils à l’export, juin 2017
- Enjeux et perspectives des producteurs pour tiers de principes actifs et de médicaments, mars 2017
- L’avenir du marché de la téléassistance et des services associés, février 2017
- Futur de la Fabrication additive, janvier 2017
- Marché actuel et offre de la filière minérale de construction et évaluation à échéance de 2030, novembre 2016
- Enjeux et perspectives des industries du sport en France et à l’international, juin 2016
- Filières industrielles de la valorisation énergétique du sous-sol profond, mars 2016
- E-santé : faire émerger l’offre française en répondant aux besoins présents et futurs des acteurs de santé, février 2016
- Usages novateurs de la voiture et nouvelles mobilités, janvier 2016
- Enjeux et perspectives de la consommation collaborative, juillet 2015
- Mutations économiques du secteur de l’industrie des métaux non ferreux, mars 2015
- Les innovations technologiques, leviers de réduction du gaspillage dans le secteur agroalimentaire : enjeux pour les consommateurs et pour les entreprises, novembre 2014
- Benchmark européen sur les plateformes chimiques, quels sont les leviers pour améliorer la compétitivité des plateformes françaises ?, septembre 2014
- Relocalisations d’activités industrielles en France, décembre 2013
- Imagerie médicale du futur, octobre 2013
- Évolutions technologiques, mutations des services postaux et développement de services du futur, juillet 2013
- Chaînes logistiques multimodales dans l’économie verte, mars 2013
- Enjeux économiques des métaux stratégiques pour les filières automobiles et aéronautiques, mars 2013
- Étude sur la location de biens et services innovants : nouvelles offres, nouveaux opérateurs, nouveaux modèles économiques ?, janvier 2013
- Potentiel et perspectives de développement des plates-formes d’échanges interentreprises, janvier 2013
- Enjeux et perspectives des industries agroalimentaires face à la volatilité du prix des matières premières, octobre 2012
- Le développement industriel futur de la robotique personnelle et de service en France, avril 2012
- La gestion des actifs immatériels dans les industries culturelles et créatives, mars 2012
- Marché actuel des nouveaux produits issus du bois et évolutions à échéance 2020, février 2012
- M-tourisme, décembre 2011
- Étude prospective des bassins automobiles : Haute-Normandie, Lorraine et Franche-Comté, novembre 2011
- Dispositifs médicaux : diagnostic et potentialités de développement de la filière française dans la concurrence internationale, juin 2011
- Pratiques de logistique collaborative : quelles opportunités pour les PME/ETI ?, février 2011
- Maintenance et réparation aéronautiques : base de connaissances et évolution, juin 2010
- Mutations économiques dans le domaine automobile, avril 2010
- Mutations économiques dans le domaine de la chimie - volet compétences, février 2010
- Mutations économiques dans le domaine de la chimie, février 2010
- Réflexions prospectives autour des biomarqueurs, décembre 2009

- Mutations économiques pour les industries de la santé, novembre 2009
- Le commerce du futur, novembre 2009
- Dimension économique et industrielle des cartes à puces, novembre 2009
- L'impact des technologies de l'information sur la logistique, novembre 2009
- Logistique : compétences à développer dans les relations « donneur d'ordres-prestataire », novembre 2009
- Logistique et distribution urbaine, novembre 2009
- Logistique mutualisée : la filière « fruits et légumes » du marché d'intérêt national de Rungis, octobre 2009
- La logistique en France : indicateurs territoriaux, septembre 2009
- Étude de la chaîne de valeur dans l'industrie aéronautique, septembre 2009
- Diffusion des nouvelles technologies de l'énergie (NTE) dans le bâtiment, juin 2009

**Crédits photographiques**

Couverture (horizontalement de gauche à droite) : © Kynny – GettyImages ; © Gorodenkoff – GettyImages ; © Jean-Bernard NADEAU – Phovoir ;  
© Matejmo – GettyImages.

Transversale et diffusante, la filière électronique est aujourd'hui un partenaire stratégique pour de nombreuses filières industrielles, aux premiers rangs desquels figurent l'automobile, l'aéronautique, le spatial ou les télécoms. Qu'il s'agisse du véhicule autonome ou des objets connectés, la généralisation de l'électronique dans tous les produits et services positionne par ailleurs la filière au cœur de la transformation numérique et énergétique de notre société.

Si l'augmentation des commandes issues des clients historiques et des nouveaux marchés liés aux objets communicants peut constituer une formidable opportunité de développement pour la filière électronique française dans son ensemble, elle impose également la prise en compte de nombreux enjeux : forte pression sur les coûts de production, apparition de nouvelles typologies de clients et de nouveaux modes de collaborations. Ce constat est d'autant plus vrai que la filière électronique française a connu de nombreuses mutations depuis les années 2000, en particulier la spécialisation des acteurs français sur les marchés professionnels.

Dans ce contexte, la Direction générale des entreprises (DGE), le Syndicat National de la Sous-traitance Électronique (SNESE), ACSIEL Alliance Électronique, le Syndicat Professionnel de la Distribution en Électronique Industrielle (SPDEI) et la Fédération des Industries Électriques, Électroniques et de Communication (FIEEC) ont mandaté In Extenso pour réaliser une étude portant sur les enjeux et les perspectives de la filière de production électronique. Après une étude précise des acteurs et forces en présence sur le territoire, l'étude distingue trois scénarios prospectifs, construits autour du maillon spécifique des fournisseurs de services en fabrication électroniques (EMS). Elle formule également des recommandations qui visent à accentuer l'effort de promotion du secteur, améliorer les collaborations entre les acteurs de la filière et d'autres familles de métiers ou renforcer l'utilisation et la visibilité des dispositifs de financement.

