

# **LOGICIEL EMBARQUE 2013**

Mission confiée par

**Arnaud Montebourg, Ministre du Redressement Productif**

**Fleur Pellerin, Ministre déléguée chargée des PME, de l'Innovation et de  
l'Économie Numérique**

**Louis Gallois, Commissaire Général à l'Investissement**

RAPPORT DE MISSION

**Dominique Potier**

28 février 2013



## Remerciements

Le contenu de ce rapport est le résultat de la réflexion collective conduite du 9 novembre 2012 au 28 février 2013 par les participants au Groupe de travail constitué pour la mission et dont les noms figurent ci-dessous :

Karim Azoum	Jean-Claude Derrien	Eric Lerouge
Eric Bantégnie	Jean-Luc Dormoy	Jean-Philippe Malicet
Daniel Benchimol	Gérard Duchêne	Chrystèle Ody
Romain Berrendonner	Jean Figue	Philippe Papin
Jean-Luc Chabaudie	Gérard Ladier	Fred Rivard
Gérard Cristau	Jochen Langheim	Bogdan Rosinski
François Cuny	Gilles Le Calvez	Philippe Roy
Nicolas Dattez	Christophe Lécluse	Marie-Line Valentin
Emmanuel de Cournon	Claude Lepape	Philippe Wieczorek
Fabrice Derepas	Thierry Leroy	

Je souhaite exprimer ici à chacun d'entre eux mes remerciements pour leur engagement dans cette mission et pour les contributions approfondies qu'ils y ont apportées en réponse aux questions posées.



# Sommaire

<b>PARTIE I. SYNTHÈSE DES PROPOSITIONS</b>	<b>7</b>
I.1 BILAN DES APPELS BGLE	7
I.2 ÉVOLUTION DES CONTEXTES INDUSTRIELS ET R&D	8
I.3 MISE À JOUR DES PRIORITÉS TECHNOLOGIQUES ET APPLICATIVES	10
I.4 ANIMATION DE L'ÉCOSYSTÈME DU LOGICIEL EMBARQUÉ	12
<b>PARTIE II. INTRODUCTION</b>	<b>15</b>
II.1 OBJECTIFS, CONTEXTE ET ORGANISATION DE LA MISSION	15
<b>PARTIE III. BILAN DES APPELS BGLE</b>	<b>19</b>
III.1 LES APPELS À PROJETS « BRIQUES GÉNÉRIQUES DU LOGICIEL EMBARQUÉ »	19
III.2 CARACTÉRISTIQUES DES PROJETS DÉPOSÉS ET SÉLECTIONNÉS	23
III.3 BILANS ET PROPOSITIONS	32
<b>PARTIE IV. ÉVOLUTIONS DES CONTEXTES INDUSTRIELS ET R&amp;D</b>	<b>43</b>
IV.1 CONTEXTE INDUSTRIEL	43
IV.2 CONTEXTE R&D	49
IV.3 PROPOSITIONS	55
<b>PARTIE V. MISE À JOUR DES PRIORITÉS TECHNOLOGIQUES</b>	<b>59</b>
V.1 STRUCTURATION DES PRIORITÉS TECHNOLOGIQUES	59
V.2 PROPOSITION	61
V.3 DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES PRIORITÉS TECHNOLOGIQUES	61
<b>PARTIE VI. MISE À JOUR DES PRIORITÉS APPLICATIVES</b>	<b>75</b>
VI.1 STRUCTURATION DES SECTEURS CIBLES	75
VI.2 PROPOSITION	76
<b>PARTIE VII. ANIMATION DE L'ÉCOSYSTÈME DU LOGICIEL EMBARQUÉ</b>	<b>77</b>
VII.1 SITUATION ACTUELLE : PRÉSENTATION ET CONSTAT	77
VII.2 ENJEUX POUR L'ANIMATION DE L'ÉCOSYSTÈME DU LOGICIEL EMBARQUÉ	83
VII.3 PROPOSITIONS	83
<b>PARTIE VIII. ANNEXES</b>	<b>91</b>
VIII.1 LETTRE DE MISSION	91
VIII.2 GROUPE DE TRAVAIL	93



# PARTIE I. SYNTHÈSE DES PROPOSITIONS

En synthèse du rapport, cette partie présente l'ensemble des propositions faites pour chacun des thèmes d'étude de la mission. Pour chaque proposition est indiqué le type de contribution principale qu'elle apporte aux objectifs de la mission en matière de :

- Constitution de masses critiques ;
- Diffusion des technologies génériques.

## I.1 BILAN DES APPELS BGLE

L'analyse des trois premiers appels BGLE et des projets sélectionnés à l'issue de ces appels conduit aux propositions suivantes.

PROPOSITIONS		Masses critiques	Diffusion
1	Engager dans une démarche pluriannuelle un nouveau plan d'appels BGLE afin de poursuivre les effets de structuration et de développement de la filière « logiciel embarqué » résultant des trois premiers appels et d'atteindre le niveau de masse critique d'efforts de R&D estimé à 500 M€.	X	
2	Conserver l'essentiel des ambitions et des modalités du cahier des charges des précédents appels BGLE, tant pour les caractéristiques des projets attendus que pour les modalités financières et les processus de sélection et de suivi des projets.	X	
3	Cadencer les futurs appels à projets BGLE selon une périodicité annuelle et les synchroniser avec l'un ou l'autre des appels du FUI. Renforcer la communication autour de ces appels et des différentes modalités d'intervention du Fonds pour la Société Numérique auprès de l'ensemble des communautés tant régionales que professionnelles concernées : pôles de compétitivité, grappes d'entreprises, syndicats, communautés du logiciel libre, associations spécialisées, etc.		X

PROPOSITIONS		Masses critiques	Diffusion
4	Renforcer la priorité sur les projets BGLE « système » et favoriser, avec l'appui des pôles de compétitivité concernés, l'émergence de projets structurants de ce type.		X
5	Approfondir les modalités par lesquelles les grands groupes industriels peuvent participer de façon attractive pour eux aux appels BGLE sur des projets ayant un couplage aussi étroit que possible avec le développement de leurs plans d'affaires.	X	X
6	Mettre en place la coordination avec les programmes sectoriels des Investissements d'Avenir, par exemple le programme CORAC pour l'aéronautique, afin de favoriser la diffusion des technologies BGLE dans ces secteurs.	X	X
7	Renforcer les coordinations et les possibilités de projets BGLE joints avec les programmes européens et multinationaux ARTEMIS et ITEA2.	X	X

## I.2 EVOLUTION DES CONTEXTES INDUSTRIELS ET R&D

Les marchés, activités et acteurs du logiciel embarqué sont en forte évolution du fait de la diffusion de plus en plus large de ces technologies dans l'ensemble des secteurs industriels et de services. Une compréhension approfondie de ces évolutions est nécessaire pour les anticiper et les exploiter au mieux. C'est l'objectif des propositions qui sont faites.

PROPOSITIONS		Masses critiques	Diffusion
8	Mieux comprendre et mesurer le périmètre et les enjeux du logiciel embarqué et les situer dans une vision prospective est indispensable. Il est recommandé qu'un plan d'études soit défini et engagé permettant de compléter et d'approfondir la vision du secteur dans toutes ses dimensions : périmètre, activités, emplois, compétences, modèles économiques (propriétaire / libre), etc.		X
9	Les mouvements des acteurs sont visibles et appréhendés de façon essentiellement qualitative ; une analyse plus quantitative et détaillée de ces mouvements permettrait d'anticiper et soutenir au mieux ces évolutions.	X	X

PROPOSITIONS		Masses critiques	Diffusion
<b>10</b>	<p>Les mouvements des acteurs sont essentiels pour la compétitivité de la filière. Ce doit être un des objectifs des futurs appels BGLE que de les préparer et les accompagner.</p> <p>La qualité et la pertinence des consortiums de projet au regard de cette dynamique reste donc un critère important à prendre en compte dans l'évaluation des propositions.</p>	X	
<b>11</b>	<p>Les modalités financières qui permettent d'optimiser la dynamique des acteurs doivent être favorisées, particulièrement en ce qui concerne le renforcement des fonds propres des PME, par exemple:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par l'intervention de grandes entreprises.</li> <li>▪ Par l'intervention de l'Etat en tant qu' « investisseur avisé », avec une attention particulière apportée aux partenaires de projets BGLE développés avec succès.</li> </ul>	X	
<b>12</b>	<p>Les questions posées par l'enjeu de maîtrise des « plateformes d'exécution » et des standards associés ne peuvent être traitées dans le cadre de cette mission mais une analyse approfondie de ces points reste essentielle pour définir les priorités futures aux niveaux national et européen et allouer avec la meilleure efficacité les moyens financiers disponibles.</p> <p>Il est proposé que les pouvoirs publics français prennent l'initiative d'une réflexion européenne sur ces questions.</p>		X

PROPOSITIONS		Masses critiques	Diffusion
<b>13</b>	<p>Afin d'atteindre la meilleure efficacité, profiter des économies d'échelle, renforcer les effets de masse critique, il est essentiel que les Instituts de Recherche technologiques créés et positionnés sur les systèmes et logiciels embarqués:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ concentrent leurs financements (investissements et fonctionnement) et leurs activités, en ce qui concerne les thématiques précitées, sur les Axes technologiques majeurs énoncés dans la Proposition n° 14 ;</li> <li>▪ assurent toute l'ouverture nécessaire de leurs ressources aux acteurs PME « Techno-providers » du domaine;</li> <li>▪ recherchent la constitution de masses critiques de compétences en s'appuyant sur les laboratoires disposant d'une taille significative dans le domaine ;</li> <li>▪ participent et contribuent aux activités d'animation de l'écosystème du domaine.</li> </ul>	X	X

### I.3 MISE A JOUR DES PRIORITES TECHNOLOGIQUES ET APPLICATIVES

Les priorités identifiées dans le rapport 2010 restent pertinentes pour l'essentiel. Les propositions qui sont faites visent à structurer et à afficher ces priorités de façon plus lisible et ouverte. Les points techniques spécifiques faisant l'objet d'évolutions sont détaillés dans V.1 Structuration des Priorités technologiques.

PROPOSITIONS		Masses critiques	Diffusion
14	<p>Trois axes prioritaires sont proposés sur lesquels concentrer les ressources des futurs appels BGLE, intégrant comme suit les priorités du rapport de 2010 :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Axe 1 Briques et plates-formes d'exécution : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1.1 Virtualisation et parallélisation pour calculateurs embarqués Mono / Multi / Many Core</li> <li>- 1.2 Architectures réparties, middleware et réseaux embarqués</li> <li>- 1.3 Plates-formes logicielles embarquées de service</li> <li>- 1.4 IHM et interfaces hommes-systèmes pour systèmes embarqués</li> </ul> </li> <li>▪ Axe 2 Outils de conception et de validation : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2.1 Conception orientée modèles de systèmes et logiciels embarqués</li> <li>- 2.2 Vérification et certification de la sûreté de fonctionnement et de la sécurité informatique des systèmes embarqués</li> </ul> </li> <li>▪ Axe 3 Algorithmie embarquée : <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3.1 Bibliothèque génériques pour le traitement (signal, image, contrôle ...) embarqué</li> <li>- 3.2 Gestion de l'énergie embarquée</li> </ul> </li> </ul>	X	

PROPOSITIONS		Masses critiques	Diffusion
15	<p>Afin de prendre en compte la diffusion des technologies du logiciel embarqué dans un champ de plus en plus large de produits et de services innovants, il est proposé que les appels BGLE ciblent un périmètre élargi au-delà des secteurs « historiques » du logiciel embarqué et incluant, de façon non limitative :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transports et mobilité</li> <li>▪ Santé et services à la personne</li> <li>▪ Habitation, bâtiment et ville numériques</li> <li>▪ Logistique et distribution</li> <li>▪ Sécurité des biens et des personnes</li> <li>▪ Robotique mobile</li> <li>▪ Confiance numérique</li> <li>▪ Énergie</li> <li>▪ Automatismes et processus industriels</li> </ul>		X

## I.4 ANIMATION DE L'ECOSYSTEME DU LOGICIEL EMBARQUE

Les propositions visent d'une part à rassembler les acteurs de l'écosystème du logiciel embarqué dans une structure unique, capable d'organiser de façon globale la réflexion et l'échange autour des enjeux du domaine et d'en porter les conclusions auprès des instances françaises et européennes ; d'autre part de développer et d'animer la communauté des entreprises et laboratoires partenaires des projets BGLE.

PROPOSITIONS		Masses critiques	Diffusion
16	<p>Créer une association, « Embedded France », fédérant les structures actuelles engagées dans le développement et la promotion du secteur – pôles de compétitivité, syndicats professionnels, associations professionnelles – et leurs membres entreprises et organismes de recherche et de formation avec la mission principale d'organiser et de porter la réflexion nationale sur les enjeux présents et futurs du domaine.</p>	X	

PROPOSITIONS		Masses critiques	Diffusion
17	Fixer une nouvelle ambition à la manifestation annuelle des « Assises de l'Embarqué » avec pour objectif de sensibiliser les décideurs des mondes politiques, industriels et de la recherche à l'importance économique et sociétal du domaine et à ses évolutions.		X
18	Coordonner les manifestations existantes et soutenir le développement des activités d'excellence de ces manifestations: conférences scientifiques internationales, expositions, rendez-vous d'affaires.		X
19	Développer, avec le support des pôles de compétitivité concernés et de l'association « Embedded France », la communauté des entreprises et laboratoires partenaires des projets BGLE engagés et futur : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Par l'organisation d'un « Séminaire BGLE » consacré aux résultats des projets BGLE et à l'approfondissement des priorités technologiques du domaine logiciel embarqué.</li> <li>▪ Par le suivi des entreprises partenaires des projets BGLE.</li> </ul>	X	



# PARTIE II. INTRODUCTION

## II.1 OBJECTIFS, CONTEXTE ET ORGANISATION DE LA MISSION

### II.1.1 Introduction et objectifs

Les technologies des systèmes embarqués, logiciel embarqué et microélectronique, ont la capacité de transformer tous les objets du monde physique - du plus petit au plus grand, du plus simple au plus complexe - en objets numériques, intelligents, autonomes et communicants. L'émergence du Web des Objets, jonction du monde du Web et de celui des systèmes embarqués, amplifie de façon considérable cette révolution.

De fait, le déploiement généralisé des systèmes embarqués modifie profondément notre environnement, est porteur de très nombreuses innovations de produits et d'usages et impacte l'ensemble des activités industrielles et de services.

La maîtrise des technologies des systèmes embarqués constitue donc un élément-clé de compétitivité industrielle. Le rôle du logiciel embarqué est rappelé dans la chapitre 3 « Accompagner la montée en gamme en stimulant l'innovation » du Pacte National pour la Croissance, la Compétitivité et l'Emploi<sup>1</sup> du 6 novembre 2012.

En 2010, dans le cadre de la mission « Briques Génériques du Logiciel Embarqué », a été élaboré une feuille de route pour ce domaine des logiciels embarqués. Cette feuille de route et les recommandations de sa mise en œuvre ont été publiées dans le rapport "Briques génériques du logiciel embarqué"<sup>2</sup> remis le 7 octobre 2010 au Ministre chargé de l'industrie, à la Secrétaire d'État à la prospective et au développement de l'économie numérique et au Commissaire général aux investissements d'avenir.

Les enjeux et les axes d'action prioritaires identifiés dans ce rapport ont servi de base aux trois appels à projets lancés sur cette thématique en 2010 - 2012 par le Fonds national pour la société numérique (FSN) des Investissements d'Avenir. Dans ce cadre, 16 projets ont été sélectionnés, représentant un effort de 192 M€ et bénéficiant d'un soutien public de 82 M€.

A l'issue de ces trois appels, il est apparu nécessaire de reprendre la réflexion selon les axes suivants :

1. bilan de ces appels ;
2. actualisation de la feuille de route stratégique établie en 2010;
3. animation dans la durée de l'écosystème du logiciel embarqué.

Ce sont les trois objectifs de la nouvelle mission lancée le 6 novembre 2012 par le Ministre du Redressement Productif, la Ministre déléguée chargée des PME, de l'Innovation et de l'Économie Numérique et le Commissaire Général à l'Investissement (cf. lettre de mission jointe).

---

<sup>1</sup> Pacte national pour la croissance, la compétitivité et l'emploi, Premier Ministre, 6 novembre 2012

<sup>2</sup> "Briques génériques du logiciel embarqué", Dominique Potier, La documentation française, Réf. : 104000528, octobre 2010

La base de « référence » de la mission a été le rapport de 2010 et les principales conclusions et recommandations qui y figurent. Celles-ci sont rappelées ci-dessous. L'organisation et le déroulement de la mission sont ensuite présentés.

## II.1.2 Rappel des analyses et recommandations de la mission de 2010

L'analyse des enjeux et priorités du domaine logiciel embarqué présentée dans le rapport de 2010 fut menée selon quatre axes :

- les programmes et initiatives internationales de R&D en logiciel embarqué ;
- la situation des acteurs, des effectifs et de leur structuration ;
- les enjeux des « écosystèmes du logiciel embarqué » selon les exigences propres à chaque marché ;
- les enjeux des différentes « briques génériques du logiciel embarqué ».

Concernant les programmes et initiatives internationales de R&D en logiciel embarqué, les plus significatives des initiatives par rapport aux enjeux et propositions identifiés par la mission de 2010 étaient les suivantes :

- la création en 2008 de la Joint Undertaking (JU) ARTEMIS<sup>3</sup> par les états membres et l'Union européenne;
- la publication en 2009 de la Nationale Roadmap Embedded Systems<sup>4</sup> allemande.

L'analyse de la situation des acteurs mettait en évidence un potentiel global fort et une situation de leadership dans plusieurs secteurs industriels. Mais elle révélait également un secteur industriel primaire - celui des éditeurs et plus généralement des techno-providers<sup>5</sup> de logiciel embarqué – fragile, ayant aujourd'hui trop peu d'acteurs de taille suffisante pour exploiter pleinement le potentiel technologique national, le pérenniser et le projeter au niveau international. La même situation d'un potentiel « éclaté » était constatée dans la recherche publique.

L'analyse des écosystèmes du logiciel embarqué et de leurs enjeux montrait que les différentes natures d'exigences – exigences « critiques », exigences de « qualité de service » - auxquelles doit satisfaire un système embarqué selon le domaine d'application déterminent fortement les caractéristiques des briques logicielles utilisées. Elle illustre également le fait que, dans un secteur donné, la maturité et l'ouverture de la plate-forme logicielle embarquée est un facteur déterminant pour la structuration de l'écosystème de ce secteur.

L'analyse confirmait que la nature des exigences structure encore significativement les acteurs et les technologies. Elle mettait également en évidence le déplacement et l'effacement des frontières entre les domaines des systèmes embarqués à exigences dites « critiques » (aéronautique, ferroviaire, énergie) et les domaines à exigences « non-critique » ou de « qualité de service » (la maison intelligente, l'électronique grand public, l'e-santé, la ville numérique, le smart-grid, etc.). Ainsi, les exigences de sûreté fortes qui étaient jusqu'à présent limitées aux premiers domaines cités vont progressivement s'étendre à l'ensemble des domaines de

---

<sup>3</sup> [www.artemis-ju.eu](http://www.artemis-ju.eu)

<sup>4</sup> Nationale Roadmap Embedded Systems, ZVEI, December 2009

<sup>5</sup> Dans l'ensemble du rapport, le terme « techno-providers » désigne de façon générique l'ensemble des acteurs qui développent et diffusent des briques technologiques du logiciel embarqué : éditeurs, communautés du logiciel libre, organismes publics de recherche.

déploiement des systèmes embarqués. De même, la connectivité généralisée des systèmes embarqués impose à l'ensemble des secteurs des exigences nouvelles de sécurité informatique et de confiance numérique. Enfin, le déploiement de systèmes embarqués devant satisfaire ces exigences dans des marchés de grands volumes fortement contraints en termes de coût et de Time-to-market est à l'origine de nouveaux enjeux technologiques et industriels majeurs.

Les briques génériques du logiciel embarqué étaient analysées selon une segmentation technologique, chaque segment définissant lui-même deux briques : la brique « embarquée » proprement dite, c'est-à-dire la brique logicielle dont le code s'exécute et fait fonctionner le système embarqué; la « brique outil » qui a servi à concevoir, configurer ou générer la « brique embarquée ». En conclusion de cette analyse, huit Priorités Technologiques étaient retenues et présentées.

L'ensemble des analyses précédentes conduisait à formuler huit propositions pour la maîtrise de briques génériques du logiciel embarqué et pour la structuration, dans la durée de masses critiques de compétences technologique :

1. Cibler les instruments vers les objectifs de masses critiques ;
2. Focaliser les ressources sur huit technologies prioritaires :
  - Conception orientée modèles de systèmes et logiciels embarqués.
  - Vérification et certification de la sûreté de fonctionnement et de la sécurité informatique de systèmes embarqués.
  - Virtualisation et parallélisation pour calculateurs embarqués Multi / Many Core.
  - Architectures réparties, middleware et réseaux embarqués.
  - Plates-formes logicielles embarquées de service.
  - IHM et interfaces hommes-systèmes pour systèmes embarqués.
  - Bibliothèque génériques pour le traitement (signal, image, contrôle ...) embarqué.
  - Gestion de l'énergie embarquée.
3. Mettre en place l'effort financier nécessaire pour structurer des masses critiques de compétences et pour saisir les opportunités ;
4. Structurer les projets « Logiciel Embarqué » selon les axes « Briques technologiques » et « Systèmes » ;
5. Assurer la cohérence technologique et industrielle des partenariats ;
6. Exploiter l'effet de levier des autres instruments de constitution de masses critiques ;
7. Établir une vision multi-annuelle et multinationale;
8. Jouer de l'approche « investisseur avisé ».

Etait également recommandée la mise en place d'actions d'accompagnement sur les thèmes suivants :

- Suivi et connaissance du domaine logiciel embarqué ;
- Animation et décloisonnement des écosystèmes ;
- Manifestation internationale Systèmes et Logiciels Embarqués ;
- Disponibilité et accès aux compétences en logiciel embarqué.

### **II.1.3 Organisation et déroulement de la mission de 2012**

La mission a été conduite avec un Groupe de Travail constitué avec l'objectif d'assurer une représentation aussi complète que possible des différents secteurs industriels et

technologiques et une couverture régionale large. Les personnes et organisations suivantes ont été sollicitées pour participer à ce Groupe de Travail :

- les experts du Groupe de Travail de la mission 2010, avec les actualisations nécessaires pour tenir des évolutions de certains de ces membres ;
- les pôles de compétitivité les plus directement impliqués dans le domaine du Logiciel Embarqué : Aerospace Valley, Cap Digital, iDforCAR, Images & Réseaux, I-Trans, Medicen, Minalogic, Moveo, Pôles Mer, S2E2, Systèmes Communicants Sécurisés, Systematic, TES ;
- les organisations professionnelles Cap'Tronic et Syntec numérique.

La composition finale du Groupe de travail est donnée en Annexe B.

Le déroulement de la mission a été organisé en trois phases :

- Appels à contributions écrites des membres du Groupe de Travail : dans la première phase (du 9 novembre au 10 décembre 2012), les membres du Groupe de Travail ont été sollicités pour fournir une contribution écrite sur chacun des trois axes de la mission ; 13 contributions, fournissant une réflexion approfondie sur ces axes, ont été apportées par :
  - Eric Bantégnie, Esterel Technologies
  - Romain Berrendonner, Adacore
  - Emmanuel De Cournon, ST
  - Gérard Cristau, Thales
  - Jean-Luc Dormoy, EDF
  - Gérard Duchêne, Pôle Id4Car
  - Gérard Ladier, Pôle Aerospace Valley
  - Christophe Lécluse, Kalray
  - Jean-Philippe Malicet, Captronic
  - Chrystèle Ody, Pôle Medicen
  - Bogdan Rosinski, Pôle S2E2
  - Philippe Roy, Pôle Cap Digital
  - Marie-Line Valentin, Airbus

auxquelles il faut ajouter de nombreux commentaires produits par les membres du groupe de travail sur l'un ou l'autre des axes de réflexion.

- Réunions de travail (Axes 1 et 2):

Deux réunions ont ensuite été organisées (les 18 décembre 2012 et 17 janvier 2013) avec l'ensemble du groupe de travail pour partager les contributions reçues et dégager des synthèses, particulièrement sur les deux premiers axes de réflexion, avec la participation suivante.

A l'issue de ces réunions, une version intermédiaire du rapport portant sur les axes 1 et 2 a été rédigée et remise aux pouvoirs publics le 31 janvier 2013.

- Réunions de travail (Axes 3):

Sur le troisième axe – Animation de l'écosystème du logiciel embarqué – la réflexion a été approfondie au cours de réunions du sous-groupe de travail spécifique composé des représentants des pôles de compétitivité (Gérard Ladier, Fred Rivard, Philippe Wieczorek, François Cuny), de Syntec numérique (Daniel Benchimol, Eric Lerouge) et de Cap'Tronic (Jean-Philippe Malicet).

## **PARTIE III. BILAN DES APPELS BGLE**

### **III.1 LES APPELS A PROJETS « BRIQUES GENERIQUES DU LOGICIEL EMBARQUE »**

Les informations et données présentées dans ce chapitre ont été reprises pour l'essentiel des cahiers des charges et des documents associés aux trois appels « Briques génériques du Logiciel embarqué ».

#### **III.1.1 Cadre et calendrier des appels à projets**

Trois appels à projets « Briques Génériques du Logiciel Embarqué » (BGLE) ont été lancés de 2010 à 2012 dans le cadre du programme « développement de l'économie numérique » des investissements d'avenir. Ils s'inscrivaient dans l'axe dédié aux « technologies de base du numérique », au sein de l'action « usages, services et contenus numériques innovants » opéré par le Fonds national pour la Société Numérique (FSN).

Ces appels à projets prenaient notamment en compte les conclusions du rapport « Briques Génériques du Logiciel Embarqué » déjà cité. Les deuxième et troisième appels prenaient également en considération les résultats des précédents appels à projets BGLE.

Ces appels visaient à contribuer à la structuration, dans la durée, de masses critiques permettant d'adresser les principaux verrous technologiques génériques du logiciel embarqué.

#### **III.1.2 Projets visés**

Les projets de R&D proposés dans le cadre de ces appels devaient correspondre à l'une des catégories définies au §2.1 du cahier des charges des Appels à Projets 1<sup>6</sup>, 2<sup>7</sup> et 3<sup>8</sup> :

- projet de R&D « Briques technologiques », pour le développement de briques élémentaires (ou de sous-ensembles cohérents de briques) génériques et à vocation de diffusion transversale dans les différents secteurs applicatifs, reposant sur des collaborations entre « techno-providers » de logiciel embarqué ;
- projet de R&D « Systèmes », visant à proposer et valider une architecture innovante de plate-forme logicielle caractéristique des contraintes d'un écosystème applicatif (en termes d'architecture, d'intégration, d'exigences non-fonctionnelles...), intégrant des ensembles de briques technologiques et reposant sur des collaborations entre des

---

<sup>6</sup> [investissement-avenir.gouvernement.fr/content/briques-generiques-du-logiciel-embarque](http://investissement-avenir.gouvernement.fr/content/briques-generiques-du-logiciel-embarque)

<sup>7</sup> [investissement-avenir.gouvernement.fr/content/briques-generiques-du-logiciel-embarque-2](http://investissement-avenir.gouvernement.fr/content/briques-generiques-du-logiciel-embarque-2)

<sup>8</sup> [investissement-avenir.gouvernement.fr/content/briques-generiques-du-logiciel-embarque-3-0](http://investissement-avenir.gouvernement.fr/content/briques-generiques-du-logiciel-embarque-3-0)

intégrateurs et opérateurs de cet écosystème et des « techno-providers » de logiciel embarqué ; on notera que, pour ce type de projet, les situations sont significativement différentes selon qu'il s'agit :

- d'un écosystème applicatif établi et organisé, techniquement mûr et stabilisé,
- d'un écosystème applicatif émergent et en voie de structuration, tant en termes d'acteurs que de solutions techniques.

Les projets de R&D proposés dans le cadre de ces appels à projets devaient par ailleurs porter sur l'une ou plusieurs des huit priorités technologiques pour la maîtrise des briques génériques du logiciel embarqué, énoncées au §2.2 du cahier des charges :

1. conception orientée modèles de systèmes et logiciels embarqués.
2. vérification et certification de la sûreté de fonctionnement et de la sécurité informatique de systèmes embarqués.
3. virtualisation et parallélisation pour calculateurs embarqués Multi / Many Core.
4. architectures réparties, middleware et réseaux embarqués.
5. plates-formes logicielles embarquées de service.
6. IHM et interfaces hommes-systèmes pour systèmes embarqués.
7. bibliothèques génériques pour le traitement (signal, image, contrôle ...) embarqué.
8. gestion de l'énergie embarquée.

Les axes 1 et 2 concernent directement le flot de conception dans ses dimensions de conception et de vérification (contexte « design ») ; les axes 3, 4, 5 et 6 portent sur les composants et architectures embarquées (contexte « run-time ») ; les axes 7 et 8 concernent deux aspects transverses aux thèmes précédents.

Une question / réponse sur la robotique, publiée dans le cadre du second appel, le 27 septembre 2011, a confirmé que des projets de R&D portant sur un robot, un système robotique ou une architecture robotique pouvaient être éligibles aux appels BGLE, dès lors qu'ils portaient sur des « briques génériques du logiciel embarqué », au sens de l'appel, et sur leur application au domaine de la robotique<sup>9</sup>.

### III.1.3 Calendrier des appels

Le tableau ci-dessous précise le calendrier des appels :

Appel	Ouverture de l'appel	Clôture de l'appel
1	7 décembre 2010	31 mars 2011 reportée au 29 avril 2011
2	21 juillet 2011	21 novembre 2011
3	12 janvier 2012	29 février 2012

Tableau 1 Calendrier des appels

### III.1.4 Communication et information

Pour chacun des appels, une réunion d'information et d'émergence de projets a été organisée conjointement par la DGCIS, le comité embarqué de Syntec numérique et les pôles de compétitivité Aerospace Valley, Images & Réseaux, Minalogic et Systematic. Les dates, lieux et participations sont données dans le tableau ci-dessous :

<sup>9</sup> [www.industrie.gouv.fr/fsn/logiciel-embarque/FAQ-AAP-BGLE2-robotique.pdf](http://www.industrie.gouv.fr/fsn/logiciel-embarque/FAQ-AAP-BGLE2-robotique.pdf)

Appel	Réunion d'information	Lieu	Participants
1	31 janvier 2011	Institut d'Optique, Palaiseau	Environ 40
2	7 octobre 2011	CDC, Paris	Environ 20
3	30 janvier 2012	CDC, Paris	Environ 30

Tableau 2 Réunions d'information

Par ailleurs, les communautés concernées – pôles de compétitivité, Syntec numérique – ont diffusé cet appel auprès de leurs membres et soutenu l'émergence de propositions.

### III.1.5 Modalités de sélection

#### PROCESSUS DE SELECTION

Un comité d'experts, présidé par deux personnalités qualifiées indépendantes et constitué de représentants de la DGCIS, de la DGRI et de la DGA, a été missionné pour examiner les dossiers reçus pour chaque appel. Le comité devait distinguer les projets selon les catégories suivantes :

- projets susceptibles d'être soutenus, sous réserve d'adaptations mineures en phase d'instruction, notés « verts »,
- projets susceptibles d'être soutenus, sous réserve d'adaptations significatives en phase d'instructions, notés « jaunes »,
- projets non susceptibles d'être soutenus pour cet appel, mais pouvant faire l'objet d'une recommandation de nouvelle soumission lors d'un prochain appel à projets, notés « oranges »,
- projets non susceptibles d'être soutenus, notés « rouges ».

Les conclusions du comité d'experts ont été remises au comité d'engagement qui a décidé de la suite donnée à chaque projet.

Les dossiers retenus à l'issue de la présélection ont fait l'objet d'une instruction approfondie par les services de la DGCIS, au cours de laquelle des informations complémentaires ou des modifications ont pu être demandées aux porteurs de projet. Les dossiers ainsi amendés et vérifiés ont été représentés au comité d'engagement qui a rendu une décision définitive quant à leur financement, à laquelle seront adjointes des conditions particulières portant notamment sur l'intéressement de l'État, et sur les conditions de lancement et de poursuite du projet à certaines étapes-clés.

La CDC, agissant en son nom et pour le compte de l'État, assure la gestion du FSN. À ce titre elle établit les conventions avec les bénéficiaires et réalise le paiement des aides.

#### REGLES D'ELIGIBILITE

Un projet est éligible à l'appel à projets s'il répond aux conditions suivantes :

- il s'inscrit dans l'un des types de projet précisés au § 2.1 du cahier des charges ;
- il s'inscrit dans l'un ou plusieurs des axes thématiques précisés en §2.2 du cahier des charges ;
- il est à fort contenu innovant, l'innovation pouvant porter sur des aspects matériels, logiciels, ou de mode de développement ;

- le financement demandé porte sur des travaux de R&D, réalisés en France, de type « recherche industrielle » ou « développement expérimental », au sens des définitions communautaires ;
- le consortium comprend a minima une entreprise et un établissement de recherche et le projet est coopératif au sens des règles communautaires.
- le consortium est conduit par une entreprise chef de file;
- les travaux n'ont pas commencé avant que la demande d'aide ait été soumise ;
- l'assiette éligible des travaux ne fait pas l'objet d'un autre financement ou autre demande de financement par l'État, les Collectivités Territoriales, l'Union Européenne ou leurs agences ;
- l'aide demandée par chaque partenaire est inférieure à 7,5 M€ ;
- le projet présente des perspectives de retombées économiques pour le territoire national en termes d'emploi (accroissement, maintien de compétences), d'investissement, de structuration d'une filière ou d'anticipation de mutations économiques ;
- le dossier de candidature est complet et a été remis avant la date de clôture de l'AAP.

Pour être éligible à une aide, le partenaire d'un projet éligible doit :

- être une entreprise, un établissement de recherche ou une association ;
- ne pas être en difficulté au sens des lignes directrices communautaires concernant les aides d'Etat au sauvetage et à la restructuration d'entreprises en difficulté ;
- avoir la capacité financière d'assurer, pour les travaux qu'il prévoit d'engager, la part des coûts restant à sa charge après déduction de l'aide ;
- avoir une feuille de route technologique cohérente avec les objectifs du projet ;
- avoir un plan de valorisation des résultats du projet (sauf laboratoire public).

En outre, les grandes entreprises doivent démontrer le caractère incitatif de l'aide demandée (l'aide accroît la taille, la portée, le budget ou le rythme des activités de RDI).

#### CRITERES D'EVALUATION POUR LA PRESELECTION

La présélection des projets se fonde, en premier lieu, sur l'appréciation du caractère générique des verrous technologiques du projet par rapport aux différents domaines applicatifs du logiciel embarqué.

Cette présélection s'appuie également sur les critères suivants :

- capacité à atteindre un niveau élevé de maturité technologique (le cas échéant, jusqu'à TRL 7) ;
- capacité à mobiliser un niveau d'effort de R&D suffisant (de l'ordre de 50 à 150 p.a.) pour réaliser les effets de masses critiques recherchés ;
- contribution à l'émergence de « techno-providers » leaders au niveau européen (éditeurs de logiciels, organismes de recherche technologique, communautés du logiciel libre, ...) et, en particulier, perspectives de renforcement du secteur industriel primaire des éditeurs « techno-providers » ;

- pour les projets de type « Systèmes », développer l'activité des acteurs impliqués sur les marchés sectoriels existants ou contribuer à la structuration et au positionnement de ces acteurs sur les marchés émergents<sup>10</sup> ;
- qualité du consortium : pertinence des partenaires, complémentarité technologique entre les partenaires, accords industriels, alliances ou plans d'affaires existants ou prévus entre les partenaires pour les technologies faisant l'objet du projet<sup>11</sup> ;
- structuration de l'écosystème, notamment des PME ; l'attribution d'une labellisation par un ou plusieurs pôles de compétitivité pourra être, à ce titre, un élément d'appréciation ;
- rupture par rapport à une simple amélioration incrémentale des technologies ;
- qualité du contenu technologique eu égard à l'état de l'art européen et mondial;
- perspectives économiques et commerciales (marchés visés), compte tenu du positionnement des partenaires sur ces marchés ;
- nature stratégique du projet pour les partenaires impliqués dans le projet ;
- retombées possibles en matière de création de valeur, d'activités et d'emplois (création d'emplois de personnel de R&D à court terme, développement potentiel de l'emploi dans la phase d'industrialisation et de déploiement commercial...)
- viabilité et réalisme technique, financier et économique du projet ;
- management du projet (organisation des travaux, règles de gouvernance entre les partenaires, gestion des risques, livrables, planification...)
- niveau du retour financier proposé à l'Etat.

Le niveau prévisionnel de la sous-traitance confiée par les entreprises partenaires aux établissements de recherche constitue en outre un élément positif d'appréciation de la contribution de ces entreprises au renforcement de l'écosystème de R&D du domaine.

## III.2 CARACTERISTIQUES DES PROJETS DEPOSES ET SELECTIONNES

Sont présentés dans ce chapitre les données qualitatives et quantitatives caractérisant les projets déposés éligibles et les projets sélectionnés dans le cadre des trois appels à projets.

Les informations et données présentées dans ce chapitre ont été communiquées par la DGCIS et le CGI. Elles sont de nature purement « factuelle ». Les bilans et propositions tirés de l'analyse de ces éléments sont décrits dans III.3.

---

<sup>10</sup> Le niveau de maturité technologique des plates-formes logicielles n'étant pas le même suivant les écosystèmes applicatifs concernés, l'évaluation de l'impact économique potentiel des propositions diffère suivant qu'il s'agit de marchés sectoriels déjà structurés ou de marchés émergents.

<sup>11</sup> A titre d'illustration :

- pour des projets associant intégrateurs et fournisseurs technologiques : référencement des partenaires fournisseurs dans les bases achat des intégrateurs ;
- pour des projets associant plusieurs fournisseurs technologiques : accord entre ces partenaires en matière d'interopérabilité de leurs technologies ou d'offre de solutions intégrées ;
- pour des projets de développement de plates-formes embarquées pour des secteurs émergents : accord de groupement stable des principaux partenaires.

### III.2.1 Propositions et projets sélectionnés

Le nombre de propositions éligibles et de projets sélectionnés est donné ci-dessous :

Appel	Nombre de propositions éligibles	Nombre de projets sélectionnés
1	16	6
2	5	4
3	9	6 (dont 2 projets en cours d'instruction)

Tableau 3 Nombres de propositions éligibles et de projets sélectionnés

Les projets sélectionnés au terme des trois appels et leurs descriptions résumées sont les suivants :

Projets BGLE 1	Description résumée
ACOSE	« Atelier pour le CO-développement matériel/logiciel des systèmes embarqués » (ACOSE) : Outils logiciels et méthodologiques pour le développement conjoint des composants matériels et du logiciel embarqué
ADN4SE	« Atelier de Développement & Noyau pour Systèmes Embarqués » (ADN4SE) : Outils logiciels et méthodologiques pour le développement de logiciels embarqués utilisant un système d'exploitation « temps réel » permettant de gérer les niveaux de « criticité »
AGESYS	« Atelier de Génie Système » (AGeSys) : Outils logiciels et méthodologiques pour le développement de systèmes complexes embarqués, utilisant une approche descendante et modulaire
CEEC	« Certification des Environnements de Confiance » (CEEC) : Outils logiciels et méthodologiques pour répondre aux exigences de sécurité informatique pour les systèmes embarqués
MANYCORELABS	« Plateforme « manycore » pour les systèmes embarqués » (ManycoreLabs) : Outils logiciels pour développer des systèmes embarqués sur plateformes « manycore » (i.e. avec un très grand nombre de processeurs) en optimisant les performances et la consommation énergétique.
OPENTHEBOX	« Plateforme partagée de services sur réseau domestique » (OpenTheBox) : Technologies de base d'une plateforme logicielle de services domotiques partagée par plusieurs acteurs et embarquée dans une set-top-box.

Tableau 4 Projets sélectionnés de l'AAP n° 1

Projets BGLE 2	Description résumée
CONNEXION	« Contrôle commande nucléaire numérique pour l'export et la rénovation » (Cluster Connexion) : plateforme de contrôle-commande caractéristique des contraintes inhérentes aux centrales nucléaires en France et à l'international
EMMA	« Embedded software for mass market connected applications » (Emma) : Développement d'architectures et de composants logiciels génériques pour des applications sur smartphones, tablettes, et objets connectés.
INTERABOT	« Interactions naturelles avec un robot compagnon » (Interabot) : Plate-forme robotique ouverte compatible avec les protocoles domotiques et incluant des fonctionnalités sophistiquées d'interaction avec l'utilisateur.
SYS2SOFT	« Physics-aware software » (Sys2soft) : Environnement de co-développement pour les logiciels critiques en interaction avec la physique de l'environnement.

Tableau 5 Projets sélectionnés de l'AAP n° 2

Projets BGLE 3	Description résumée
ARGILE	« Approches en Rupture pour Garantir l'Intégration de Logiciels Embarqués pour le MULTIMEDIA » : Développement de codes embarqués parallèles en incluant les technologies nécessaires pour la mise au point et la bonne exécution de composants logiciels sur une architecture multiprocesseurs.
DEPARTS	« DDesign PAtterns for Real-Time and Safe applications » : ensemble de méthodes, d'outils et de produits permettant la conception de systèmes embarqués critiques.
M44G	« Multimedia for 4G » (M44G) : Développement d'un module de réception LTE/eMBMS intégré sur une tablette.
MIMOSA	« Système de navigation et télématique par géolocalisation et hybridation de capteurs » (Mimosa) : Développement d'une solution professionnelle de navigation précise et robuste pour des applications spécialisées.
MULTISOC	« Briques génériques HdS pour architectures multi-SoC embarquées » (MultiSoC) : Intégration matériel/logiciel focalisée sur le Hardware Dependent Software.
SESAMGRIDS	« Safety security and standardisation for smart grids » (Sesam-grids) : Sûreté de fonctionnement des smart-grids.

Tableau 6 Projets sélectionnés de l'AAP n° 3<sup>12</sup>

### III.2.2 Types d'acteurs

Les projets sélectionnés rassemblent un total de 111 acteurs distincts se décomposant comme détaillés dans le tableau ci-dessous où figure également la répartition des budgets et des aides. Pour les grandes entreprises, celles qui sont intervenues selon les projets comme intégrateur ou comme techno-provider sont comptées comme « intégrateur ».

	Association	Etablissements de recherche (coûts complets)	Etablissements de recherche (coûts marginaux)	PME	ETI	Grandes entreprises	Total
<b>Intégrateur</b>	2	0	1	8	1	24	36
<b>Techno-provider</b>	1	11	14	39	4	6	75
<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>11</b>	<b>15</b>	<b>47</b>	<b>5</b>	<b>30</b>	<b>111</b>
<b>Budget %</b>	0,4%	19,4%	5,7%	38,0%	2,4%	34,2%	100,0%
<b>Aide %</b>	0,4%	18,6%	13,2%	43,9%	1,8%	22,2%	100,0%

Tableau 7 Acteurs des projets sélectionnés

Les graphiques suivants précisent la répartition de ces acteurs (comptés autant de fois qu'ils participent à plusieurs projets) selon les différents critères suivants :

- Figure 1 : répartition des acteurs des projets BGLE éligibles et sélectionnés selon leurs parts de dépense et leurs catégories;
- Figure 2 : répartition des acteurs des projets BGLE sélectionnés selon leurs parts de dépense et d'aides et leurs catégories.

<sup>12</sup> Liste provisoire, deux projets (ARGILE et DEPARTS) étant en cours d'instruction.

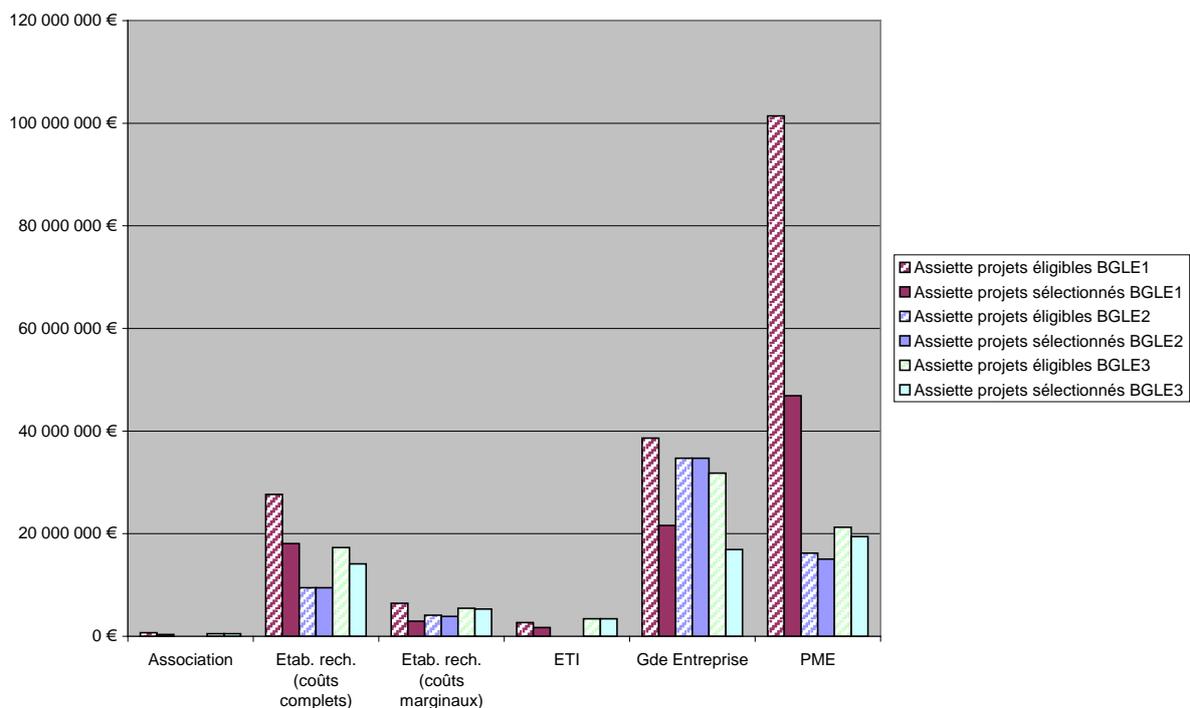


Figure 1 Répartition des acteurs des projets BGLE éligibles et sélectionnés selon leurs parts de dépense et leurs catégories

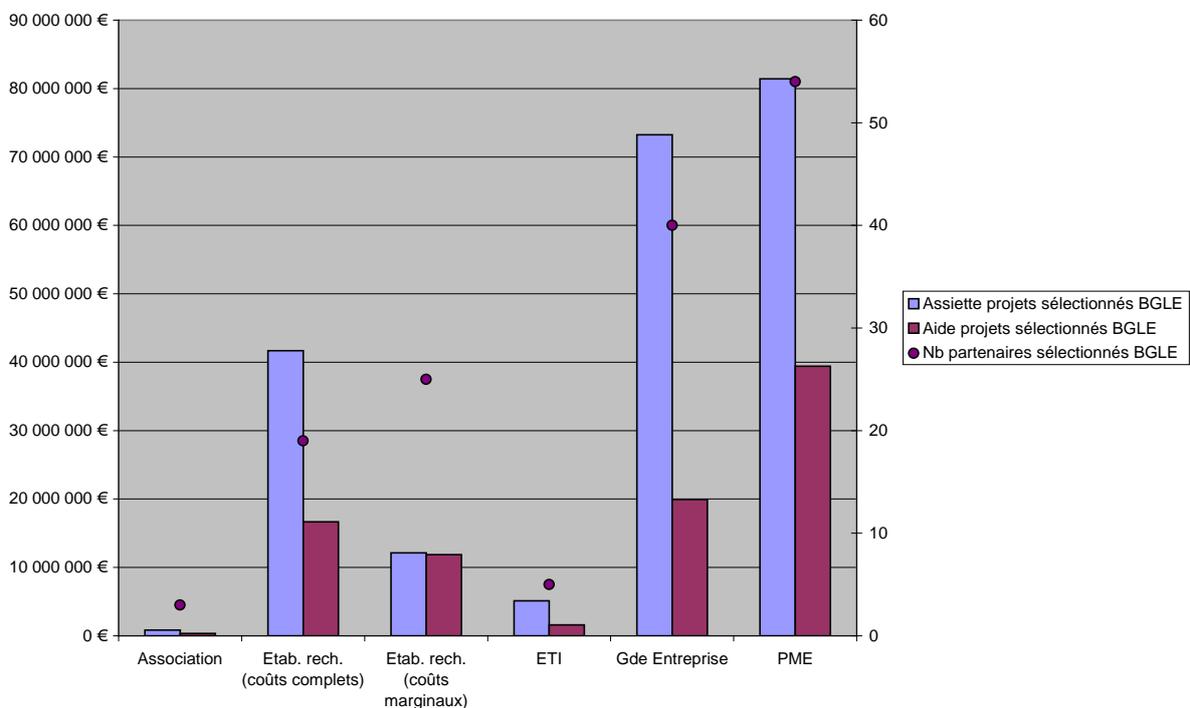


Figure 2 Répartition des acteurs des projets BGLE sélectionnés selon leurs parts de dépense et d'aides et leurs catégories

### III.2.3 Implantation régionale des projets

Les deux graphiques ci-dessous illustrent le positionnement géographique des acteurs des projets BGLE :

- Figure 3 : Répartition régionale des acteurs des projets BGLE, éligibles et sélectionnés, selon leurs parts de dépenses ;
- Figure 4 : Positionnement géographique des acteurs des projets BGLE sélectionnés selon leurs parts de dépenses et d'aides.

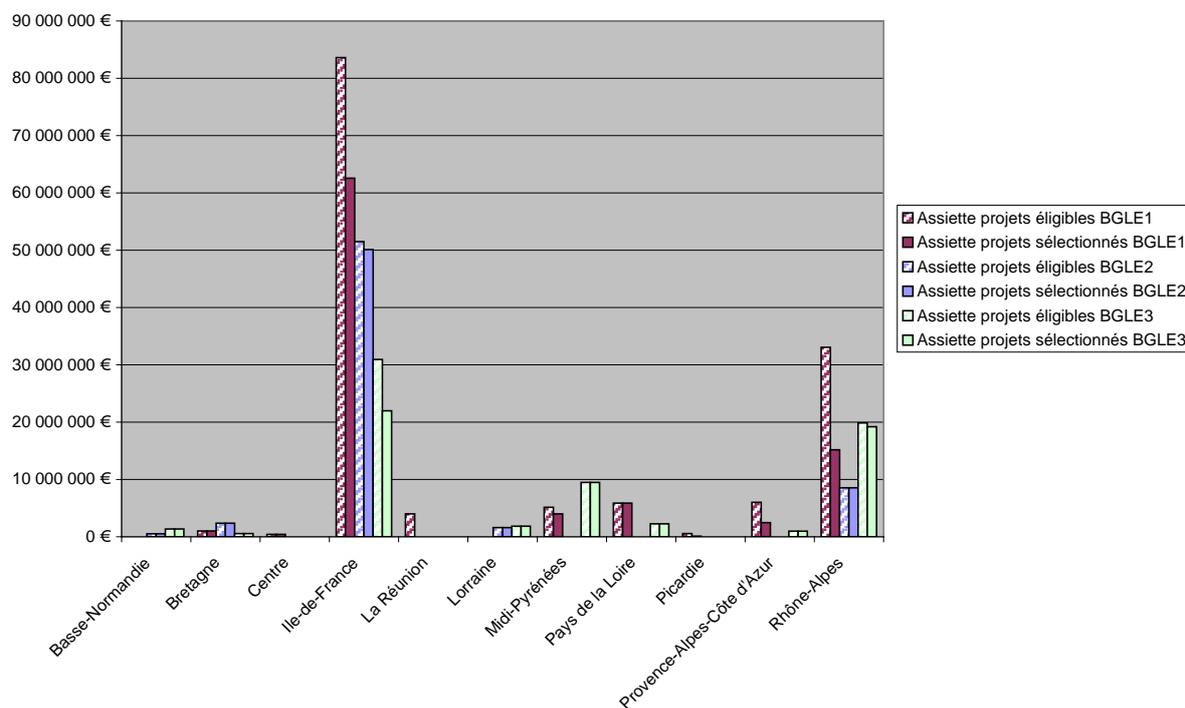


Figure 3 Répartition régionale des acteurs des projets BGLE, éligibles et sélectionnés, selon leurs parts de dépenses

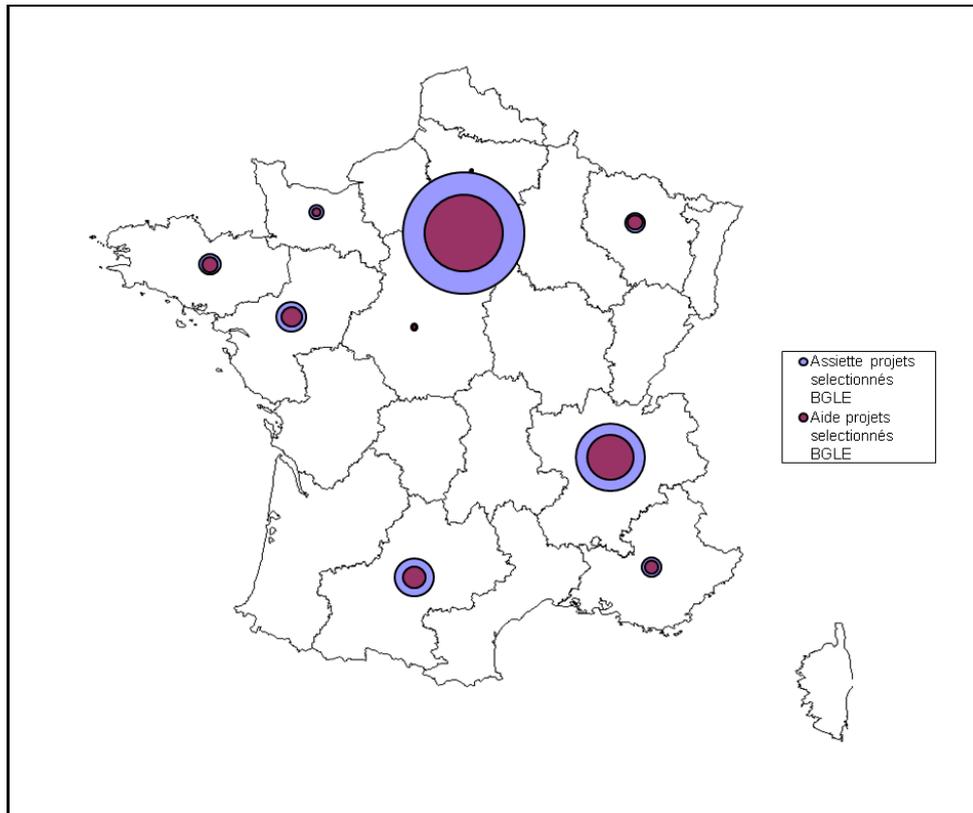


Figure 4 Localisation des acteurs des projets BGLE sélectionnés selon leurs parts de dépenses et d'aides

### III.2.4 Labellisation par les pôles de compétitivité

Projets BGLE sélectionnés	Aerospace Valley	Minalogic	Nucléaire Bourgogne	Systematic	TES
ACOSE		X		X	
ADN4SE		X		X	
AGESYS	X			X	
CEEC				X	
MANYCORELABS		X		X	
OPENTHEBOX		X			
CONNEXION		X	X	X	
EMMA					X
INTERABOT		X			
SYS2SOFT					
ARGILE					
DÉPARTS					
M44G				X	
MIMOSA	X			X	
MULTISOC					
SESAMGRIDS					
<b>Nombre de projets labellisés</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>1</b>

Tableau 8 Labellisation des projets par les pôles de compétitivité

### III.2.5 Catégories de projets déposés

L'appel à projet prévoyait deux catégories de projets : les projets « *briques technologiques* », visant à développer et améliorer des composants logiciels ou outils ayant vocation à être utilisés dans différents domaines industriels, et les projets « *systèmes* », où des acteurs représentatifs d'un domaine industriel établissent une architecture de référence répondant aux contraintes spécifiques au domaine, en s'appuyant autant que possible sur les briques technologiques génériques.

Le tableau ci-dessous donne la répartition des projets sélectionnés selon ces catégories.

Appel	Projet	Projet « Système »	Projet « Briques technologiques »
1	ACOSE		X
	ADN4SE		X
	AGESYS		X
	CEEC		X
	MANYCORELABS		X
	OPENTHEBOX		X
2	CONNEXION	X (Energie)	
	EMMA	X (Smartphones et tablettes)	
	INTERABOT	X (Robotique / Domotique)	
	SYS2SOFT		X
3	ARGILE		X
	DEPARTS		X
	M44G		X
	MIMOSA		X
	MULTISOC		X
	SESAMGRIDS	X (Energie)	
<b>Nombre</b>		<b>4</b>	<b>12</b>
<b>Part relative pondérée (coût)</b>		<b>24 %</b>	<b>76 %</b>

Tableau 9 Répartition des projets BGLE sélectionnés par catégorie de projet

### III.2.6 Couverture thématique

La plupart des axes thématiques prioritaires indiqués dans l'appel sont couverts par un ou plusieurs projets.

		1. Conception orientée modèles de systèmes et logiciels embarqués	2. Vérification et certification de la sûreté de fonctionnement et de la sécurité informatique	3. Virtualisation et parallélisation pour calculateurs embarqués multi/many-cores	4. Architectures réparties, middleware et réseaux embarqués	5. Plateformes logicielles embarquées de services	6. IHM et interfaces homme-système pour systèmes embarqués	7. Bibliothèques génériques pour le traitement (signal, image, contrôle...) embarqué	8. Gestion de l'énergie embarquée
Sélection AAP 1	ACOSE	X	X	X					X
	ADN4SE	X	X						
	AGESYS	X	X						
	CEEC		X						
	MANYCORELABS			X				X	X
	OPEN THE BOX				X	X			
Sélection AAP 2	CONNEXION	X	X		X	X	X		
	EMMA						X	X	
	INTERABOT				X	X	X		
	SYS2SOFT	X	X					X	
Sélection AAP 3	ARGILE MULTIMEDIA		X	X				X	X
	DEPARTS		X	X	X	X			
	M44G					X		X	
	MIMOSA					X		X	
	MULTISOC	X	X		X				X
	SESAM-GRIDS	X	X		X				

Tableau 10 - Couverture des axes thématiques par les projets sélectionnés

### III.2.7 Positionnement des acteurs dans la chaîne de valeur

Les partenaires des projets ont été classés de la façon suivante selon leur positionnement dans la chaîne de valeur :

- les laboratoires de recherche ;
- les *techno-providers* (fournisseurs de technologies) ;
- les intégrateurs systèmes.

Les techno-providers généralement apportent une brique technologique, un outillage ou une compétence méthodologique, à vocation plus ou moins multi-domaine, qui est ensuite intégrée et démontrée par un intégrateur dans un contexte industriel spécifique. Tous les projets sélectionnés s'appuient sur un ou plusieurs industriels intégrateurs.

La plupart des PME et ETI ayant répondu se positionnent en techno-providers, mais quelques grandes entreprises (par exemple Inéo et Thales) assument un rôle mixte, lorsque leur contribution au projet consiste à partager avec les partenaires des briques technologiques génériques et non à les expérimenter dans leurs contexte propre.

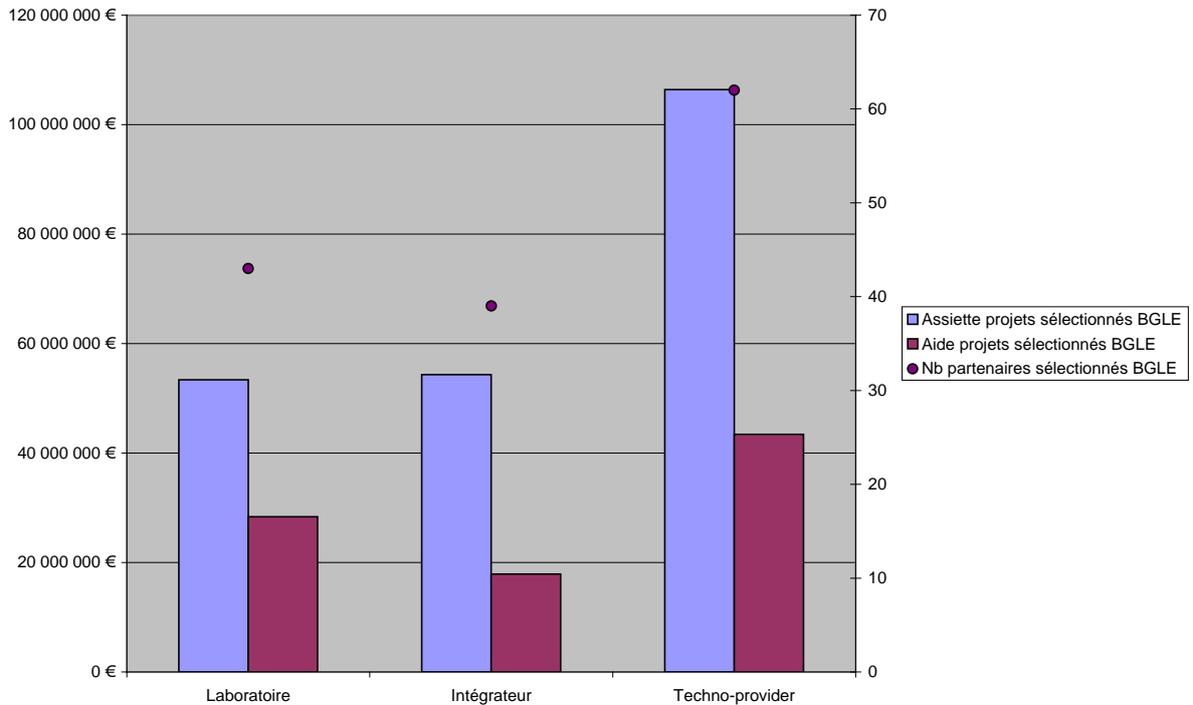


Figure 5 Répartition des acteurs des projets BGLE sélectionnés selon leurs parts de dépense et d'aides et leur positionnement dans la chaîne de valeur

### III.2.8 Domaines industriels

Les partenaires intégrateurs ont été classés par domaine industriel, le schéma suivant présente la répartition de leurs dépenses par domaine, pour les projets sélectionnés.

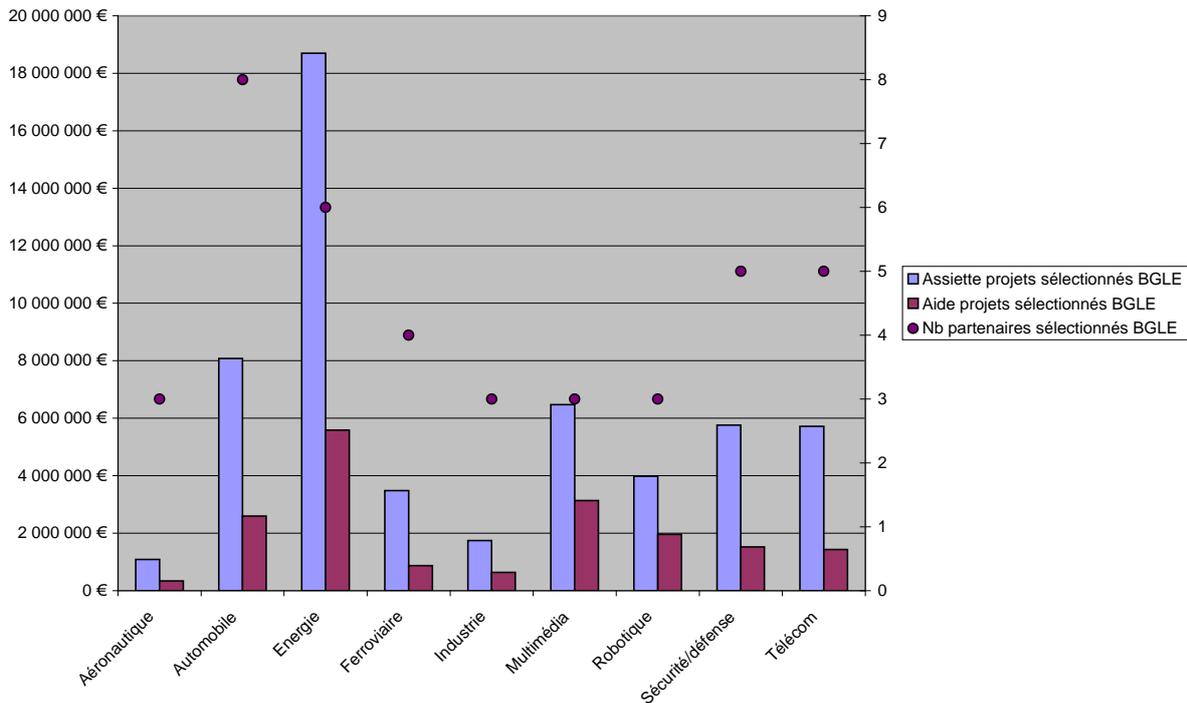


Figure 6 Répartition des acteurs intégrateurs systèmes par domaine pour les projets sélectionnés

## III.3 BILANS ET PROPOSITIONS

### III.3.1 Bilan pour les appels

#### PERTINENCE DES APPELS

Les PME technologiques soulignent la démarche novatrice des appels BGLE lancés avec l'objectif de favoriser l'émergence et la croissance de fournisseurs technologiques. Dans cette optique, les contraintes et caractéristiques de l'appel ainsi que les critères d'évaluation ont été jugés cohérents par ces d'acteurs:

- Projets importants (volume) : un effort important et focalisé est nécessaire pour atteindre aller des résultats technologiques matures (référence au TRL dans les appels) ;
- Favorables aux PME (taux d'aide): une grande part des technologies très innovantes sont portées par des PME ;
- Retours vers l'Etat : dès lors que le projet est focalisé sur une roadmap technologique/produit clairement identifiée par les partenaires, et avec un modèle économique associé, des retours vers l'état sous forme de redevances multi-annuelles sont estimées tout à fait acceptables.

Du point de vue de ces sociétés, les appels BGLE sont un outil qui :

- complètent bien les outils existants (FUI, ITEA, etc.) mais ne doivent pas y être directement comparés ;
- sont davantage à mettre en regard des outils OSEO/ISI et PSPC vis-à-vis desquels ils apportent une démarche focalisée sur le logiciel embarqué.

Les grandes entreprises manifestent un point de vue différent. En comparatif avec les appels existants FUI, ITEA2, etc. :

- Les spécificités des appels BGLE telles qu'indiqués plus haut n'ont pas été appréciées comme des opportunités réellement nouvelles ;
- Leurs modalités financières ont été jugées pour l'essentiel peu attractives (cf. ci-dessous).

#### CALENDRIER DES APPELS

La mise en œuvre des appels BGLE a été caractérisée par:

- **Un calendrier non planifié** : les appels 2, puis 3 n'étaient pas planifiés au départ ;
- **Un calendrier serré** : trois appels à projets ont été mis en œuvre sur une période d'environ un an (AAP1 clôturé le 31/03/2011, AAP3 clôturé le 29/02/2012), sans que les acteurs de la filière aient eu le préavis à temps pour s'y préparer.

Ceci dans un contexte innovant par rapport aux appels à projet connus :

- **Des ambitions fortes** en termes d'effort (50 à 150 p.an d'effort), de durée et de structuration de la filière (pour mémoire, les projets FUI n'ont pas vocation à structurer sur le long terme les partenaires entre eux, leur durée typique est de trois ans, et ils représentent au plus moitié moins d'effort).

- **Des caractéristiques nouvelles** : les appels à projet BGLE ont été les premiers à prévoir une règle de retour sur investissement au profit de l'Etat, en plus de l'évaluation des conséquences en termes de perspectives d'exploitation et de création d'emploi qui sont bien ancrées dans les mœurs des acteurs du FUI.

Il en est résulté que les acteurs ont eu moins de temps pour préparer des projets, alors même que ces projets devaient être plus ambitieux, à plus long terme, qu'ils impliquaient, du fait de la volonté des pouvoirs publics de structurer la filière, des négociations potentiellement plus délicates entre partenaires potentiels, et qu'ils présentaient des caractéristiques nouvelles en termes de schéma de financement.

La coexistence sur la période 2010-2012 de plusieurs initiatives de soutien de la R&D, établies ou nouvelles, concernant directement ou indirectement le domaine Logiciel Embarqué, a pu également être perçu comme une complexité accrue et avoir un effet de « saturation » des capacités de propositions disponibles chez certains des acteurs concernés.

- Programmes technologiques : FUI, ITEA2, JU ARTEMIS, FP7,
- Programmes technologiques IRT et IEED des Investissements d'Avenir.
- Programmes aéronautiques : CORAC (Investissements d'Avenir), JU CLEAN SKY

#### INFORMATIONS SUR LES APPELS ET MOBILISATION DES ACTEURS

La communication sur des appels BGLE et surtout sur leur positionnement spécifique aurait pu probablement être davantage développée :

- Une seule réunion « officielle » d'information et d'émergence de projets a été organisée, à Paris, pour chaque appel.
- Le relai a ensuite été pris par les structures régionales mais probablement de façon trop limitée comme le montre le nombre réduit de pôles impliqués dans la labellisation de projets.
- Les caractéristiques innovantes de l'appel ont été perçues et comprises progressivement.
- La diffusion de l'information a été focalisée vers les acteurs établis du secteur « Systèmes Embarqués » : des relais vers d'autres communautés et une animation plus spécifique aurait probablement été de nature à éveiller des vocations supplémentaires.

#### SELECTION ET INSTRUCTION DES PROPOSITIONS

En ce qui concerne les procédures de sélection et d'instruction des propositions, les avis sont positifs particulièrement sur les points suivants :

- Le recours à des experts indépendants pour l'évaluation offre des gages d'indépendance et de rigueur technique ;
- Les critères d'évaluation ont été en cohérence avec les objectifs affichés du programme ;
- La procédure était bien documentée et le recours à un dispositif de soumission électronique a facilité son déroulement.
- Les temps d'instruction sont assez courts et le suivi administratif est léger.

Cependant, il faut noter que le critère de sélection concernant la « capacité à mobiliser un niveau d'effort de R&D suffisant (de l'ordre de 50 à 150 p.a.) pour réaliser les effets de masses

critiques recherchés» a pu avoir un effet dissuasif auprès de certaines communautés rassemblant plutôt des PME.

## MODALITES FINANCIERES

### *Commentaires généraux*

Comme indiqué plus haut, les modalités financières concernant les retours vers l'Etat (redevances, avances remboursables) ont été perçues différemment selon les types d'acteurs. En résumé :

- Ces modalités sont perçues positivement par les PME technologiques;
- Ces modalités sont jugées peu attractives par les grands groupes industriels ;

Elles font par ailleurs l'objet de plusieurs commentaires concernant les points suivants :

- Partage de la valeur :

Dans les projets « briques », le produit final qui sera commercialisé et qui a un sens sur le marché considéré résulte de l'intégration d'un certain nombre de composants. Or ceux-ci peuvent n'avoir, pris individuellement, qu'une faible valeur. Dès lors, il peut y avoir un décalage entre les acteurs qui sont tenus de verser des redevances à l'Etat et ceux qui exploitent commercialement le résultat de l'intégration. Il peut en résulter des difficultés pour les acteurs situés en bas de la chaîne, qui ne reçoivent que peu de retour, comme pour les acteurs situés en haut de la chaîne, qui peuvent souffrir d'effets d'accumulation des redevances dues.

- Délai de mise sur le marché :

Dans les domaines d'activité, type développement de grands systèmes complexes, où les cycles sont longs, les innovations technologiques (portées typiquement par les PME) ne se traduisent pas directement et à court terme dans les produits. Ceci est vrai aussi bien pour les briques « outils » (AGeSyS, Sys2soft) que pour les briques « embarquées » (ManyCoreLabs, MultiSoc). Ainsi, il peut s'écouler plus de 5 ans entre la décision d'adopter dans un programme une brique générique (outil d'ingénierie système, composant logiciel, processeur multicore, ..), et la traduction externe (pour nos clients) de cette innovation.

La capacité à établir une relation directe et claire – à la fois dans le temps, au niveau de l'organisation de l'entreprise et au niveau financier - entre un projet de R&D et le produit ou service commercialisé qui en résulte explique probablement les différences d'appréciation entre les grandes entreprises et les PME concernant les exigences de retour financier vers l'Etat :

- Pour une PME, le projet de R&D est finalisé le plus souvent à court-terme sur un futur produit ou service ou l'extension d'un produit existant bien identifiés et qui font l'objet d'un plan d'affaire ;
- Pour un grand groupe, le projet de R&D est moins directement lié à un produit ou à un service identifié pour plusieurs raisons possibles:
  - le projet de R&D est conduit dans une structure de R&D corporate, avec un objectif de construction d'une base technologique générique non directement reliée à un produit ou une affaire précis ;

- le projet R&D vise le développement ou l'amélioration d'outils internes de productivité pour lesquels il est difficile d'évaluer un gain financier et donc un retour.
- le projet R&D s'insère dans un cycle de développement long, comme indiqué plus haut.

Il sera utile d'approfondir ces différents points et de voir comment dans les grandes entreprises les projets de R&D BGLE peuvent être plus directement connectés aux plans d'affaires de ces entreprises, par exemple :

- En y impliquant davantage les unités opérationnelles en charge de ces affaires ;
- En les focalisant sur des aspects technologiques critiques plus directement liés à ces affaires.

tout en conservant l'objectif de généralité.

#### *Trésorerie des PME :*

Le financement des projets de R&D subventionnés comporte typiquement une avance sur travaux (comprise entre 25 et 50% pour les PME), un ou plusieurs paiements intermédiaires sur justification des dépenses engagées, puis le paiement du solde à l'achèvement des travaux (typiquement 20% pour les PME).

Cette structure de financement peut poser des difficultés aux acteurs PME en matière de trésorerie.

En effet, à l'exception de l'avance, les sommes versées le sont bien après que les dépenses nécessaires (personnel, matériel, impôt) aient été payées. Les délais de prise en compte des demandes de paiement (typiquement plusieurs mois) n'arrangent pas les choses. L'avance devrait permettre d'attendre ces versements. Mais souvent son montant est insuffisant pour cela.

#### *Approche « investisseur avisé »*

La Proposition n° 7 du rapport de 2010 préconisait que :

« l'effort accompli dans le domaine de la R&D doit être complété par une incitation à la mise en œuvre des résultats de cette R&D. Autrement dit, et de manière très concrète, l'appel à projets « Briques Génériques du Logiciel Embarqué » doit trouver son prolongement dans une intervention du Fonds pour la Société Numérique agissant en tant qu'investisseur avisé... »

Cette préconisation reste pertinente même si elle n'a pas encore été mise en œuvre semble-t-il dans le cadre des projets sélectionnés.

### **III.3.2 Bilan pour les projets sélectionnés**

Les conclusions qui sont présentées ici concernent les caractéristiques des projets sélectionnés en regard du cahier des charges des appels BGLE.

#### **STRUCTURATION DE LA FILIERE ET CONSTITUTION DE MASSES CRITIQUES**

Les projets sélectionnés, à la fois par leur ambition et par la composition de leurs consortia, contribuent de façon très directe à la structuration de la filière autour des différentes thématiques prioritaires retenues pour les appels comme illustré dans le Tableau 10, page 30.

Le Tableau 7, page 25, montre que la part des PME technologiques représente 38 % des efforts de R&D engagés et celle des acteurs de la recherche publique 25 % de ces efforts, soit globalement une part des acteurs purement technologiques de près des 2/3 de l'effort global.

Par ailleurs, il faut noter le fait que chaque projet est focalisé sur un nombre limité de verrous technologiques. Ceci permet de fédérer de façon efficace les capacités technologiques rassemblées dans les consortia avec un risque minimum de dispersion. Toutefois, les masses critiques d'effort ne sont pas encore complètement établies. Elles étaient estimées dans le rapport de 2010 à :

- 80 M€ pour chacune des priorités thématiques n° 1, 2, 3 ;
- 70 M€ pour les priorités thématiques 4 et 5;
- 40 M€ pour chacune des priorités thématiques n° 6, 7 et 8 ;

soit un total de 500 M€.

L'objectif visé, c'est-à-dire l'émergence de projets originaux, ambitieux, focalisés et avec des engagements forts de réussite économique de la part de leurs porteurs a été donc atteint. La limite est le nombre encore relativement réduit de ces projets, contrepartie de l'ambition assignée. Afin d'atteindre l'objectif d'un niveau d'effort cumulé de 500 M€ sur l'ensemble du champ thématique, il faudra donc poursuivre le plan d'action initié par les trois premiers appels BGLE qui a permis de réaliser près de 40 % de cet objectif.

La Proposition n° 8 du rapport de 2010 préconisait l'intervention du Fonds pour la Société Numérique, agissant en tant qu'investisseur avisé, pour les entreprises « techno-providers » visant au développement et à la commercialisation de briques génériques du logiciel embarqué susceptibles d'être utilisées au titre des nouveaux usages du numérique. Cet aspect est essentiel pour la transformation de réussites techniques en succès commerciaux.

Il est proposé que les modalités de soutien aux projets et d'interventions en fonds propres auprès des entreprises « techno-providers » des projets BGLE fassent l'objet d'une coordination et d'actions de communications globales.

## COUVERTURE DU PERIMETRE TECHNOLOGIQUE

Au vu des données sur les projets sélectionnées présentées en III.2 dans le Tableau 10, on peut formuler les conclusions suivantes :

- la couverture des 8 priorités thématiques est bonne, aucune thématique n'est absente des projets sélectionnés ;
- les thématiques n° 1 « Conception orientée modèles de systèmes et logiciels embarqués » et n° 2 « Vérification et certification de la sûreté de fonctionnement et de la sécurité informatique » sont les plus souvent prises en compte ;
- les thématiques n° 6 « IHM et interfaces homme-système pour systèmes embarqués », n° 3 « Virtualisation et parallélisation pour calculateurs embarqués multi/many-cores » et n° 8 « Gestion de l'énergie embarquée » sont les moins souvent abordées.

Ces conclusions peuvent être affinées en approfondissant les analyses sur la base des différentes segmentations des briques génériques du logiciel embarqué présentées dans le rapport de 2010.

Une première segmentation (reprise pour l'essentiel de la Common Technical Baseline<sup>13</sup>) est rappelée sur le Tableau 11 ci-dessous :

Segment		Brique Embarquée	Brique Outil
IHM et Interfaces Systèmes		X	X
Plates-formes d'applications		X	X
Plateforme d'exécution		X	X
	Middleware	X	X
	OS	X	X
	Réseaux	X	X
	Logiciel spécifique Plateforme	X	X
Interface hardware (firmware et processeurs)		X	X

Tableau 11 Segmentation des briques Embarquées et Outils

Pour mémoire :

- les « briques embarquées » correspondent aux composants « run-time » embarquées dans le produit final ;
- les « briques outils » correspondent aux composants d'ingénierie utilisés dans les différentes phases du cycle de développement du produit.

Le Tableau 12 donne la répartition des projets sélectionnés sur cette grille.

Segment	Brique embarquée	Brique outil
IHM et interfaces système	MIMOSA EMMA	CLUSTER CONNEXION
Plate-forme d'Applications / Services		AGESYS CEEC CLUSTER CONNEXION SYS2SOFT SESAM-GRID
Plate-forme d'exécution (middleware, OS)	OPENTHEBOX ADN4SE EMMA INTERABOT	
Computing & Networking	ARGILE DEPARTS MANYCORELABS M44G	ACOSE MULTISOC

Tableau 12 Couverture des briques par les projets

Il met en évidence les deux points suivants :

- il y a équilibre entre les projets « Brique embarquée » et « Brique outil » aussi en nombre qu'en valeur ;
- en revanche, il n'y a pas de projet positionné sur les « briques embarquées » pour le développement de services à valeur ajoutée innovants et d'envergure<sup>14</sup>.

<sup>13</sup> Cf. [www.embedded-systems-portal.com/CTB/](http://www.embedded-systems-portal.com/CTB/)

<sup>14</sup> A noter cependant que c'était l'ambition initiale du projet OpenTheBox

Le rapport de 2010 avait également distingué les segments « critique » et « qualité de service ». Le segment « qualité de service » peut être plus précisément qualifié par :

- sa capacité a minima de se connecter au web et de dialoguer avec une ressource web distante ;
- voire de gérer des organisations entières de systèmes embarqués, plus ou moins dynamiques, hiérarchiques, privées ou publiques, etc. dans une vision « Web centric systems» ;

capacités correspondant à ce qui est communément désigné sous les termes « Internet des objets » ou « Web des objets ».

En simplifiant la dimension opérative en deux domaines :

- plate-forme d'exécution et outils associés (conception et implantation) ;
- plate-forme de services et outils associés (conception et implantation) ;

les projets sélectionnés sur les deux axes – critique / qualité de service – et – plate-forme d'exécution / plate-forme de service – se répartissent comme figuré ci-dessous dans le Tableau 13.

Segment	Outils Plate-forme	Plate-forme	Outils Services	Services
<b>Computing &amp; Networking</b>	ACOSE ARGILE MULTISOC	DEPARTS MANYCORELABS INTERABOT M44G		
<b>Critical, Security, Certification</b>		ADN4SE	AGESYS CEEC CLUSTER CONNECTION SYS2SOFT SESAM-GRID	MIMOSA
<b>Web centric</b>		OPENTHEBOX EMMA		

Tableau 13 Répartition des projets sur les axes criticité / plates-formes

Les parties principalement couvertes par les projets sélectionnés sont :

- Le segment Computing & Networking et les plates-formes d'exécution et outils associés ;
- Le segment Critical, Security, Certification et les outils associés.

qui représentent les 4/5 des projets.

En revanche, les technologies de base – briques embarquées et outils, plates-formes – pour le segment « Internet des objets » sont présentes de façon limitée. Cette situation doit être prise en compte d'autant plus que ce segment est porteur de marchés en croissance tels que Smart Cities, Smart Transportation, Smart Energy management, e-Santé, etc.

En ce qui concerne la typologie des projets – « brique » ou « système » - le rapport de 2010 mettait en évidence l'importance des projets « système », projets porteurs d'architectures de plate-forme et de standards structurants et donc la nécessité d'un effort de R&D partagé entre les niveaux « brique » et « système ». La répartition des projets sélectionnés selon leur catégorie fait apparaître que, comme présenté en III.2 dans le Tableau 9 :

- 75% des projets sont des projets « brique » ;
- 25% des projets sont des projets « système ».

L'équilibre attendu entre projets « brique » et projets « système » n'est donc pas encore atteint.

## DOMAINES APPLICATIFS

Les recommandations du rapport de 2010 étaient construites sur l'analyse des caractéristiques et des exigences propres aux domaines applicatifs suivants, considérés comme étant les plus concernés par les technologies du logiciel embarqué :

Domaines applicatifs du rapport de 2010	
Automobile	Ferroviaire
Aéronautique	Espace
Nucléaire	Énergie (production, distribution, utilisation)
Production industrielle	Instrumentation médicale
Bâtiment (domotique)	Télécoms
Électronique grand public	Logistique
Infrastructures urbaines	Sécurité
Transaction électronique	

Tableau 14 Domaines applicatifs du rapport de 2010

Au vu des projets sélectionnés et des domaines applicatifs qu'ils considèrent (cf. Figure 6 dans III.2), la couverture des domaines applicatifs du rapport de 2010 est figurée ci-dessous avec marqué en « jaune » les domaines couverts :

Domaines applicatifs du rapport de 2010	
Automobile	Ferroviaire
Aéronautique	Espace
Nucléaire	Énergie (production, distribution, utilisation)
Production industrielle	Instrumentation médicale
Bâtiment (domotique)	Télécoms
Électronique grand public	Logistique
Infrastructures urbaines	Sécurité
Transaction électronique	

Tableau 15 Couverture des domaines applicatifs

La couverture des domaines applicatifs est donc tout à fait satisfaisante. Le domaine « Production industrielle » est par ailleurs en partie couvert par le projet « CONNEXION ». Les domaines qui ne sont pas couverts sont :

- Espace ;
- Instrumentation médicale ;
- Infrastructures urbaines ;

En ce qui concerne les domaines « Instrumentation médicale » et « Infrastructures urbaines », ils se rattachent aux thèmes plus généraux « E-Santé » et « Ville numérique » qui ont fait l'objet d'appels à projets spécifiques du FSN en même temps que les appels BGLE.

### III.3.3 Propositions

Sur la base des bilans présentés ci-dessus, tant pour les appels que pour les projets sélectionnés, les propositions suivantes sont formulées :

#### PROPOSITION N° 1

Engager dans une démarche pluriannuelle un nouveau plan d'appels BGLE afin de poursuivre les effets de structuration et de développement de la filière « logiciel embarqué » résultant des trois premiers appels et d'atteindre le niveau de masse critique d'efforts de R&D estimé à 500 M€.

#### PROPOSITION N° 2

Conserver l'essentiel des ambitions et des modalités du cahier des charges des précédents appels BGLE, tant pour les caractéristiques des projets attendus que pour les modalités financières et les processus de sélection et de suivi des projets.

#### PROPOSITION N° 3

Cadencer les futurs appels à projets BGLE selon une périodicité annuelle et les synchroniser avec l'un ou l'autre des appels du FUI.

Renforcer la communication autour de ces appels et des différentes modalités d'intervention du Fonds pour la Société Numérique auprès de l'ensemble des communautés tant régionales que professionnelles concernées : pôles de compétitivité, grappes d'entreprises, syndicats, communautés du logiciel libre, associations spécialisées, etc.

#### PROPOSITION N° 4

Renforcer la priorité sur les projets BGLE « système » et favoriser, avec l'appui des pôles de compétitivité concernés, l'émergence de projets structurants de ce type.

#### PROPOSITION N° 5

Approfondir les modalités par lesquelles les grands groupes industriels peuvent participer de façon attractive pour eux aux appels BGLE sur des projets ayant un couplage aussi étroit que possible avec le développement de leurs plans d'affaires.

**PROPOSITION N° 6**

Mettre en place la coordination avec les programmes sectoriels des Investissements d'Avenir, par exemple le programme CORAC pour l'aéronautique, afin de favoriser la diffusion des technologies BGLE dans ces secteurs.

**PROPOSITION N° 7**

Renforcer les coordinations et les possibilités de projets BGLE joints avec les programmes européens et multinationaux ARTEMIS et ITEA2.



# PARTIE IV. EVOLUTIONS DES CONTEXTES INDUSTRIELS ET R&D

## IV.1 CONTEXTE INDUSTRIEL

### IV.1.1 Evolution du marché des logiciels embarqué en France

Les données présentées ici sont extraites de l'étude<sup>15</sup> conduite par PAC en fin 2012 sur l'évolution du marché des logiciels embarqués pour les offreurs de produits et services associés: éditeurs, SSII. Cette évolution est mesurée par rapport à la situation de 2007 décrite dans l'étude<sup>16</sup> PAC et IDC de l'époque.

Cette étude ne porte que sur les offreurs – éditeurs et sociétés de service – de technologies et services pour le logiciel embarqué. L'activité de développement interne de logiciel embarqué – briques embarquées et outils – chez les sociétés développant des systèmes embarqués ou des produits intégrant des systèmes embarqués n'y est pas pris en compte. Pour mémoire, la part de cette activité « internalisée » était estimée à près des 2/3 de l'activité totale (en effectifs) dans le rapport de 2010.

Les évolutions principales mises en évidence dans l'étude concernent les aspects suivants.

#### SPECIALISATION DES OFFREURS

- 40% des éditeurs et 29% des sociétés de services réalisent au moins 80% de leur CA dans l'embarqué contre 22% et 13% en 2007
- Depuis 2007, Le marché s'est orienté vers une spécialisation des éditeurs et des sociétés de services sur le segment du logiciel embarqué

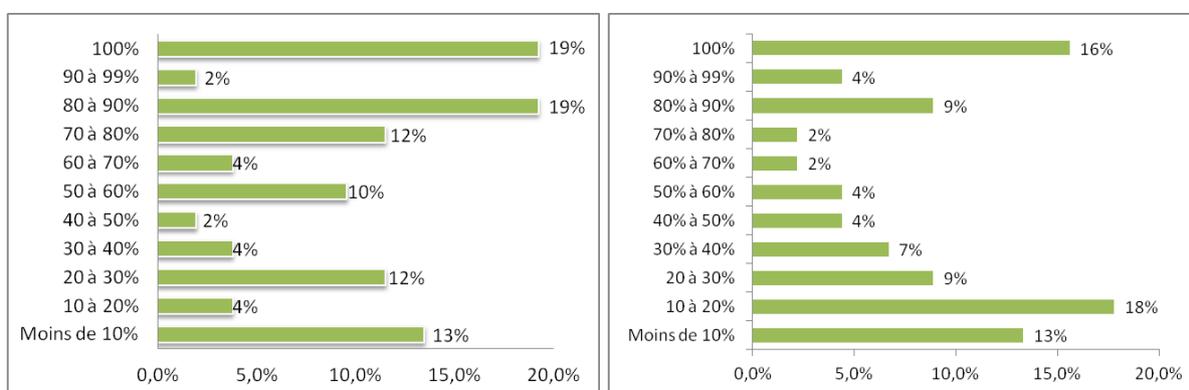


Figure 7 Part du CA systèmes embarqués chez les Editeurs et les SSII

<sup>15</sup> Cette section reprend les résultats de l'étude « Evolution du marché des logiciels et services embarqués en France » conduite par PAC pour Syntec numérique et présentée aux Assises de l'Embarqué 2012.

<sup>16</sup> Cartographie du secteur des fournisseurs de Logiciels et Services dans le domaine des systèmes embarqués, PAC et IDC, mars 2007

## CROISSANCE DU MARCHÉ

- 2/3 des acteurs sont en croissance en 2012 et 20% devraient même avoir une croissance supérieure à 20% en 2012
- Même tendance que 2011

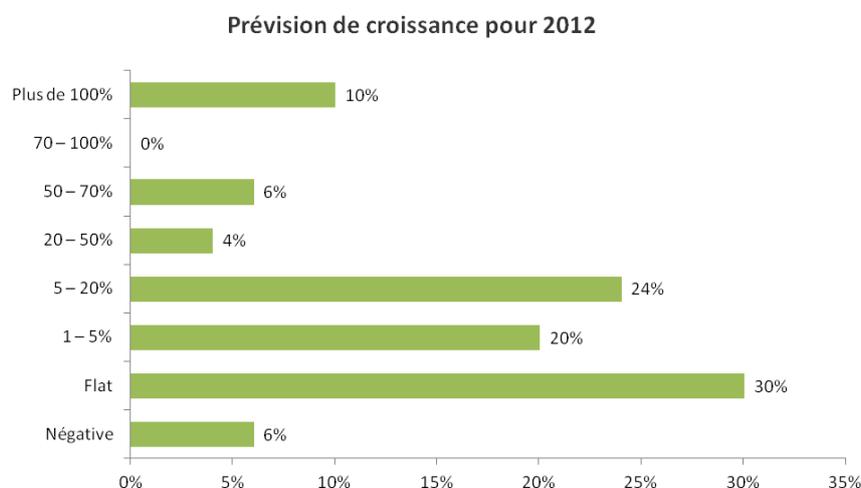


Figure 8 Croissance du marché

## DEVELOPPEMENT INTERNATIONAL

Les points marquants sont :

- La stratégie de développement à l'international prend une place majeure, aussi importante que le développement national pour les éditeurs
- Taille critique atteinte leur permettant de couvrir leur marché sur le plan national et de pouvoir exporter leurs produits
- La stratégie de développement à l'international commence à prendre une place importante dans la stratégie des sociétés de services en France
- Pour les sociétés de services, l'importance est toujours accordée au développement national

Comme figuré ci-dessous :

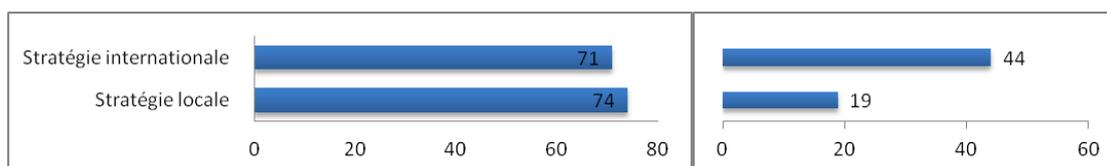


Figure 9 Places relatives international / national pour éditeurs et SSII

Avec les évolutions chiffrées entre 2007 et 2012 :

- Une pénétration relativement plus importante des acteurs étrangers sur l'embarqué en France (9% vs 7%)
- Un mouvement des acteurs français vers l'international plus prononcé

- Croissance des revenus éditeurs 2012 en Europe : 47% vs 28%, aux USA 22% vs 14%, en Asie 42% vs 10%
  - Croissance des revenus SSII 2012 en Europe : 38% vs 14%, aux USA 10% vs 4%, en Asie 26% vs 3%
- Le marché asiatique ne représente que 5% des volumes devant les Etats-Unis à 3%.

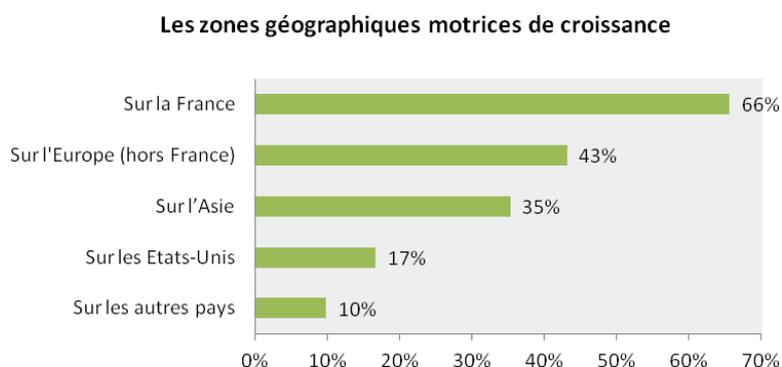


Figure 10 Zones géographiques de croissance

#### LES PRINCIPAUX SECTEURS INDUSTRIELS CIBLES

- 30% des acteurs adressent à la fois les secteurs de l'automobile et de l'aéronautique ;
  - Plus de 70% des acteurs adressant l'automobile adressent également l'aéronautique ;
  - 50% des acteurs adressant l'aéronautique adressent également l'automobile ;
- 9% des acteurs adressent à la fois les secteurs de l'électronique grand public et de la téléphonie mobile
  - Plus de 45% des acteurs du secteur de l'électronique grand public adressent également le secteur de la téléphonie mobile.

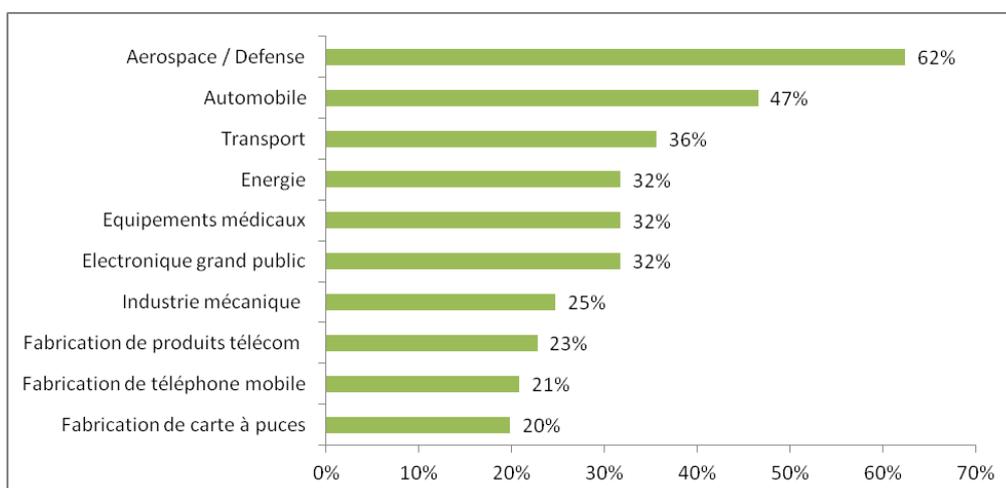


Figure 11 Classement des secteurs industriels cibles

## EQUILIBRE PRODUITS / SERVICES

- En termes de volume marché, les services représentent plus de 5 fois le poids du logiciel.
- En dépit du mouvement de standardisation qui anime l'écosystème, les services restent prépondérants :
  - Les éditeurs offrent des services de développement spécifique ;
  - Les sociétés de services ont développé des briques logicielles.

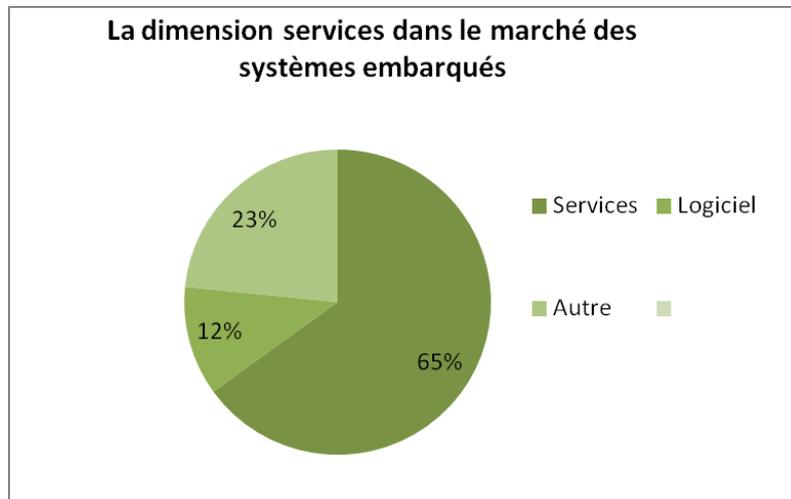


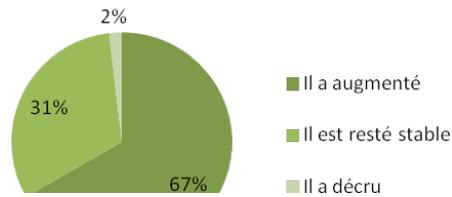
Figure 12 Répartition Services et Logiciel

## STRUCTURATION DE L'ECOSYSTEME

Les évolutions principales depuis 2007 sont les suivantes :

- Rôle structurant des pôles de compétitivité avec 80% des éditeurs et 65 % des SSII qui y adhèrent aujourd'hui contre seulement 11% en 2007.
- Bonne pénétration des outils Open Source, notamment au sein des outils de génération de code et de compilateurs.
- Des restrictions autour du code embarqué persistent néanmoins, avec l'importance croissante des problématiques de propriété intellectuelle.
- Augmentation de la participation aux communautés open source qui dénote la prise de conscience :
  - Du rôle des communautés Open Source comme vecteurs de convergence technologique et d'émergence de standards pour les éditeurs.
  - La pénétration forte de l'Open Source dans les outils et environnement de « Build & Test ».

Evolution depuis 3 ans de l'utilisation des outils libres dans les domaines des systèmes embarqués



Taux de participation à des communautés / projets Open Source ?

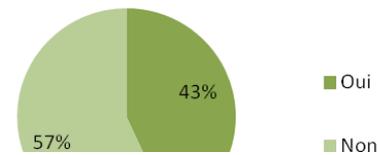


Figure 13 Développement du logiciel libre

## ACTIVITES DE R&D

- Plus de 75% des éditeurs cherchent à étoffer leurs équipes de R&D, dont 40% prévoient une augmentation des effectifs de plus de 10%.
- La répartition entre ingénieurs et techniciens est en ligne avec la répartition de la charge entre la conception et la recette.
- La répartition ingénieurs/techniciens reste stable.

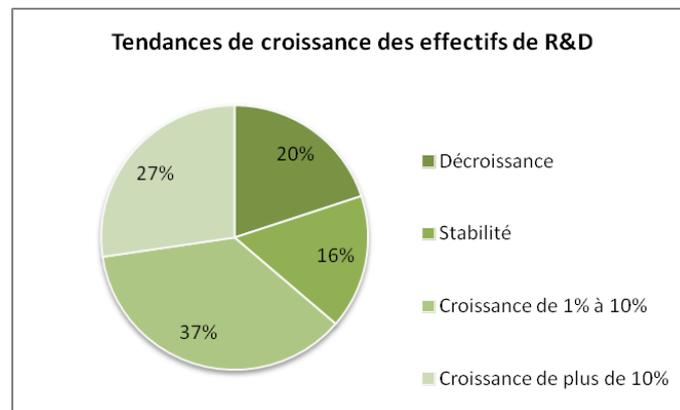


Figure 14 Croissance des effectifs de R&D

### IV.1.2 Evolution des acteurs

Les tendances fortes qui caractérisent l'évolution des acteurs de l'écosystème « logiciel embarqué » sont principalement :

Du côté des grands industriels du secteur :

- l'enjeu de maîtrise – par partenariat ou acquisition - de certaines technologies critiques par les grands intégrateurs des secteurs industriels intensifs en systèmes embarqués : aéronautique, automobile, sécurité, défense, etc.
- l'enjeu que représente la capacité de conception conjointe du produit « physique » et de sa composante numérique embarquée pour les grands acteurs de la simulation et de la conception des objets physiques : Dassault Systèmes, SAP, etc.

avec pour conséquence de ces deux enjeux la consolidation du secteur qui en résulte et qui s'accélère comme en témoignent les exemples récents suivants :

- Esterel Technologies racheté par ANSYS, acteur US leader de la modélisation-simulation numérique,
- Sysgo (OS temps réel) racheté par Thales ;
- LMS (modélisation-simulation) racheté par Siemens Automation.

Du côté des PME technologiques, l'émergence et la croissance forte:

- D'une part, plusieurs sociétés positionnées sur des briques embarquées ou outils, par exemple : Kalray, IS2T, SigFox, etc.
- D'autre part, de nombreuses sociétés positionnées sur des produits et services innovants mettant en œuvre des technologies embarquées.

### IV.1.3 Questionnement stratégique

#### « THE GAP »

« The Gap » dénomme l'écart grandissant entre les fournisseurs de composants micro-nanoélectronique et les applications au sein des systèmes embarqués. C'est ce que le rapport de 2010 dénommait « plate-forme d'exécution », et qui regroupe la plate-forme de calcul en tant que telle et le réseau (partie « hardware »), et le logiciel opératif (OS, virtualiseur, middleware).

La situation s'est fortement dégradée dans le mobile avec l'incapacité de Nokia de transformer Symbian en une véritable plate-forme ouverte (cf. « Modèle de maturité » dans BGLE 2010). Cela a laissé la place à iOS (Apple) et à Android (Google), puis peut-être à Windows (Microsoft).

Dans les autres domaines, à part des acteurs émergents comme Sysgo ou IS2T en France, il n'y a pas d'acteur européen, par exemple dans les OS temps réels.

Cet ensemble autour des plates-formes d'exécution constitue l'élément essentiel de domination de l'industrie US – l'Asie n'étant pas non plus parvenue à ce jour à combler ce gouffre.

#### TROIS QUESTIONS STRATEGIQUES

L'importance de l'intelligence embarquée dans les produits de toute notre industrie suffit à justifier l'effort qui a été accompli avec BGLE depuis 2010, et de continuer cet effort. Le plein essor de l'intelligence embarquée ne fait en effet que commencer, on voit ainsi apparaître grâce à l'émergence de la haute performance dans l'embarqué (multicore, manycore) la possibilité d'applications radicalement intelligentes, comme la reconnaissance de scènes complexes, la prise de commande d'un véhicule en situation d'urgence, l'automatisation extrêmement poussée d'une usine...

Mais cela ne suffit pas, il faut répondre à trois questions :

- la chaîne de valeur européenne des systèmes embarqués a encore des atouts, mais est en difficulté ; en particulier, « The Gap » détruit progressivement les positions initialement favorables.

- Quel est l'effet sur l'industrie finale d'une continuation de cette situation de faiblesse de la chaîne de valeur « proche » ? Lui sera-t-il possible de conserver sa place là où elle est forte, et de prospérer, si elle doit de plus en plus se fournir ailleurs qu'en Europe ? Aura-t-elle l'information, la connaissance, le savoir-faire nécessaires, et à temps, pour concevoir les nouveaux produits incluant la nouvelle intelligence ?

De la réponse à cette question dépend le montant de l'investissement en réponse aux deux questions qui suivent.

- Quels sont les éléments de la chaîne de valeur, et en particulier dans « The Gap », que l'industrie européenne peut supporter de ne pas avoir « à la maison » ? L'Europe a vécu depuis 3 décennies avec des processeurs et des logiciels opératifs pour ses PCs et ses serveurs dont elle était pratiquement absente. Elle vit aujourd'hui avec des mobiles US fabriqués en Asie. De façon générale l'Europe ne peut pas occuper et encore moins dominer tous les secteurs. Mais pourra-t-elle inclure dans ses voitures et ses avions des systèmes dont le cœur opératif viendra d'ailleurs ? *Car le passage à la phase de maturité « plate-forme ouverte » est inscrit dans les systèmes de transport, énergétique, etc.*
  - La France et l'Europe doivent décider consciemment quels points dans la chaîne de valeur elles décident d'abandonner et sur quels points elles souhaitent revenir ?

Cette décision ne peut pas être prise à la légère, notamment en ignorant l'effort d'investissement massif nécessaire.

- La dernière question concerne la masse critique. Il est peu probable qu'un pays européen, quel qu'il soit, soit en mesure de relever seul un de ces défis, ou même de freiner l'affaiblissement actuel. La grande difficulté est que chaque pays européen pense avant tout à sa propre chaîne de valeur et à sa propre spécialisation finale, ce qui est bien normal. Néanmoins, des réponses apportées aux deux questions précédentes qui ne seraient pas alignées entre pays européens diminueraient considérablement les chances de succès.
  - Quelle stratégie commune, et avec quelle volonté pour y aboutir, les pays d'Europe sont-ils prêts à définir ensemble, avec leurs industriels et leur chaîne de valeur ?

C'est sans doute la question la plus difficile.

## IV.2 CONTEXTE R&D

### IV.2.1 Europe : HORIZON 2020

L'architecture globale d'HORIZON 2020 est fixée comme représenté sur la Figure 15 ci-dessous.

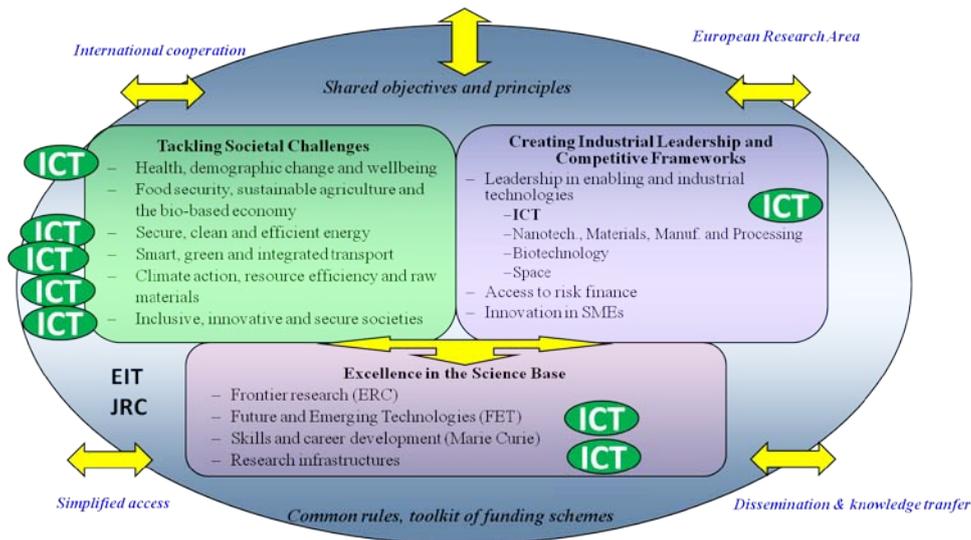


Figure 15 Architecture d'HORIZON 2020

Avec les répartitions budgétaires (encore en discussion) comme résumé dans le Tableau 16:

Priorités d'Horizon 2020	Proposition COMMISSION	
	million €	%
<b>I. Excellent science, of which:</b>	<b>27 818</b>	<b>31,71</b>
1. The European Research Council	15 008	17,11
2. Future and Emerging Science and Technologies	3 505	3,99
3. Marie Curie Actions	6 503	7,41
4. European research infrastructures	2 802	3,19
5. Spreading Excellence and Widening Participation		0
<b>II. Industrial leadership, of which:</b>	<b>19 780</b>	<b>22,54</b>
1. Leadership in enabling and industrial technologies	15 080	17,19
2. Access to risk finance	4 000	4,56
3. Innovation in SMEs	700	0,8
<b>III. Societal challenges, of which:</b>	<b>34 736</b>	<b>39,59</b>
<i>Science for and with society</i>		0
1. Health, demographic change and wellbeing	8 785	10,01
2. Food, agriculture, marine research and the bio	4 544	5,18
3. Secure, clean and efficient energy	6 327	7,21
4. Smart, green and integrated transport	7 443	8,48
5. Climate action, resource efficiency and raw	3 458	3,94
6. Inclusive, innovative and secure societies	4 179	4,76
7. Protecting freedom and security in Europe		0
European Institute of Innovation and Technology	3 194	3,64
Non-nuclear direct actions of the JRC	2 212	2,52
<b>TOTAL</b>	<b>87 740</b>	<b>100</b>

Tableau 16 Répartition budgétaire H2020

En matière de cadrage général, le rapport Riera Madurell<sup>17</sup> fait les préconisations suivantes (en cours de discussion):

- **orientation plus forte vers la cohésion** : article 5 « actions spécifiques et exemplaires encourageant les changements structurels dans les systèmes de recherche et d'innovation européens »; article 15a comparable à celui du Conseil renvoyant aux règles de participation d'Horizon 2020 la responsabilité d'améliorer l'attractivité des carrières des chercheurs au travers de l'UE; nouvel article 17a stipulant qu'Horizon 2020 doit contribuer à « réduire le fossé de recherche et d'innovation » entre les Etats en facilitant les synergies avec les fonds structurels.
- **souci de préserver un équilibre entre recherche fondamentale, recherche appliquée et innovation** : ITRE a précisé que l'ensemble des ces activités devaient être développées dans les défis sociétaux de façon égale.
- **davantage encadrer les PPP, y compris les JTI: Monitoring sur les PPP**; ITRE souhaite que les PPP, en particulier les JTI, ne soient pas poursuivies à l'issue d'une évaluation à mi-parcours approfondie d'Horizon 2020, si elles n'ont pas suffisamment démontré leur valeur ajoutée européenne.
- **restreindre le financement d'Horizon 2020 aux JPI**: contribution d'Horizon 2020 au JPI doit rester « limitée ».
- **nouvel instrument ascendant « Fast track to innovation »** : « Primauté industrielle dans les technologies génériques et industrielles » et « défis sociétaux »; financement de l'innovation, à travers des appels ouverts non prescriptifs au-delà du seul titre de l'objectif spécifique; pas de date de dépôt et deux évaluations par an; budget spécifique; 6 mois entre l'évaluation et le versement du préfinancement; nombre maximal de partenaires pour simplifier
- **forte ambition en matière de PME** : 20% du budget de « Primauté industrielle dans les technologies génériques et industrielles » et des « défis sociétaux » dédiés à l'instrument PME.
- **forte ambition sur le genre** : principe d'équilibre dans la représentation des sexes dans les comités d'évaluation, etc.
- **Coopération internationale**: prise en considération des capacités des PTOM; monitoring sur l'accès réciproque aux programmes de recherche des Etats tiers.

En conclusion, les points principaux à noter dans le contexte BGLE :

- Une priorité réduite sur les technologies génériques et industrielles – II. Industrial leadership – qui ne représentent que 22% du budget total, dont :
- la Partie II.1 Leadership in enabling and industrial technologies du programme représentant 17% du budget total ; cette partie inclut plusieurs technologies:
  - ICT
  - Nanotech., Materials, Manuf. and Processing
  - Biotechnology

---

<sup>17</sup> WORKING DOCUMENT on Establishment of Horizon 2020 - The framework Programme for Research and Innovation (2014 - 2020), Committee on Industry, Research and Energy, Reira Madurell, Rapporteur, 17 février 2012

- Space
- Sur ces bases, on peut estimer à environ 70 M€ maximum la part du budget qui reviendrait vers les acteurs français pour des projets du périmètre BGLE sur la période 2014-2020, soit 10 M€ par an ;
- les JTI, dont ENIAC et ARTEMIS, pourraient faire l'objet d'un « monitoring » renforcé et ne pas être poursuivies à l'issue d'une évaluation à mi-parcours approfondie d'Horizon 2020, si elles n'ont pas suffisamment démontré leur valeur ajoutée européenne.

## IV.2.2 Allemagne : Initiative Cyber-Physical Systems

La vision Cyber-Physical Systems (CPS)<sup>18</sup> est résumée sur la figure ci-dessous :



Figure 16 Vision CPS

La vision CPS développe le fait que les systèmes embarqués sont de plus en plus communicants, connectés et en même temps de plus en plus intimement liés à leur environnement physique.

Ces points étaient déjà mis en évidence dans les premières lignes du rapport de 2010 :

*« Les technologies des systèmes embarqués, logiciel embarqué et microélectronique, ont la capacité de transformer tous les objets du monde physique - du plus petit au plus grand, du plus simple au plus complexe - en objets numériques, intelligents, autonomes et communicants. L'émergence du Web des Objets, jonction du monde du Web et de celui des systèmes embarqués, amplifie de façon considérable cette révolution. »*

Le rapport CPS cité plaide également pour le soutien au développement de compétences Internet des Objets en Allemagne, compétences probablement moins développées qu'en France où existent déjà un bon niveau de ressources et d'expertises sur le sujet et un soutien fort des pouvoirs publics à travers les programmes des Investissements d'Avenir et les actions du ministère chargé des PME, de l'Innovation et de l'Économie Numérique.

<sup>18</sup> Cyber-Physical Systems, Driving force for innovation in mobility, health, energy and production, acatech (Ed.), Dec. 2011

La vision CPS n'apporte pas d'éléments radicalement nouveaux sur le sujet des systèmes et logiciel embarqué. Comme la roadmap ITEA2, elle propose une vision englobante rassemblant :

- Le niveau technologique, tel que couvert par les thématiques BGLE du FSN ;
- Le niveau applications et usages, tel que couvert par les thématiques usages du FSN : ville numérique, e-santé, smart-grid.

En ce qui concerne le niveau technologique, plusieurs points sont mis en avant à juste titre tels que :

- Les approches « Model in the loop », « System in the loop », c'est-à-dire l'utilisation de modèles physiques numériques en liaison avec des éléments réels pour la conception et le test des systèmes embarqués.
- L'utilisation de dispositifs « physiques » pour garantir la confidentialité dans le monde « virtuel ».
- L'intégration étroite dans les dispositifs de capteurs / actionneurs des traitements associés.

Ces aspects sont pris en compte dans les mises à jour des priorités thématiques du rapport de 2010 qui sont présentées en V.1.

### **IV.2.3 France : Instituts de Recherche Technologique**

Dans le contexte français, l'évolution principale est la mise en place des nouveaux instruments des Investissements d'Avenir et particulièrement des Instituts de Recherche Technologique (IRT).

Dans sa Proposition n° 6, le rapport de 2010 préconisait qu'afin d'atteindre la meilleure efficacité, profiter des économies d'échelle, renforcer les effets de masse critique, les nouveaux instruments concernés par les thématiques des systèmes et logiciels embarqués:

- concentrent leurs financements (investissements et fonctionnement) et leurs activités, en ce qui concerne les thématiques précitées, sur les huit priorités technologiques énoncées dans la Proposition n° 2 ;
- assurent toute l'ouverture nécessaire de leurs ressources aux acteurs PME « Techno-providers » du domaine;
- recherchent la constitution de masses critiques de compétences en s'appuyant sur les laboratoires disposant d'une taille significative dans le domaine.

Deux IRT positionnés de façon forte sur le périmètre BGLE sont en place et ont démarré leurs activités :

- Nanoélec, en Rhône-Alpes ;
- SystemX, en Île-de-France.

Un troisième, l'IRT Aéronautique et Systèmes embarqués, en Midi-Pyrénées, est en cours de finalisation.

#### **IRT NANOEELEC**

Les programmes et projets de l'IRT Nanoélec sont présentés ci-dessous :

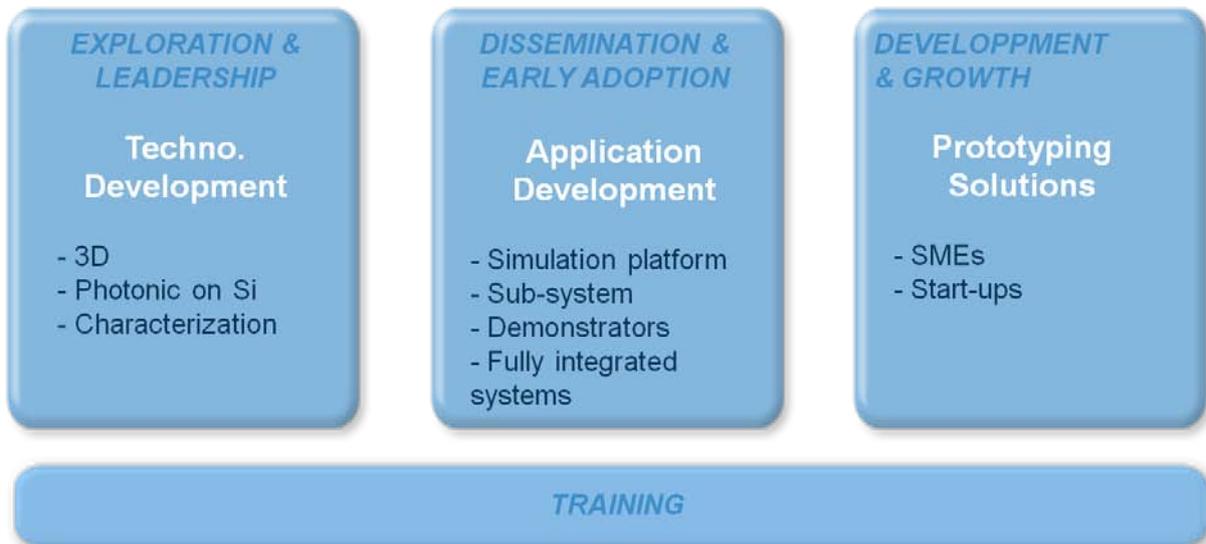


Figure 17 Programmes et projets Nanoélec

### IRT SYSTEMX

Dédié à l'ingénierie numérique des systèmes du futur, l'activité de SystemX vise le développement des briques technologiques permettant de piloter les systèmes complexes dans de nombreux secteurs actifs en termes d'innovation et en pleine révolution technologique : réseaux multimodaux de transport, réseaux intelligents d'énergie, systèmes de traitement de données pour la sécurité.

Elle est organisée en deux programmes de recherche : « Systèmes de systèmes » et « Technologies & outils d'ingénierie numérique » (cf. Figure 18) et un programme de formation.

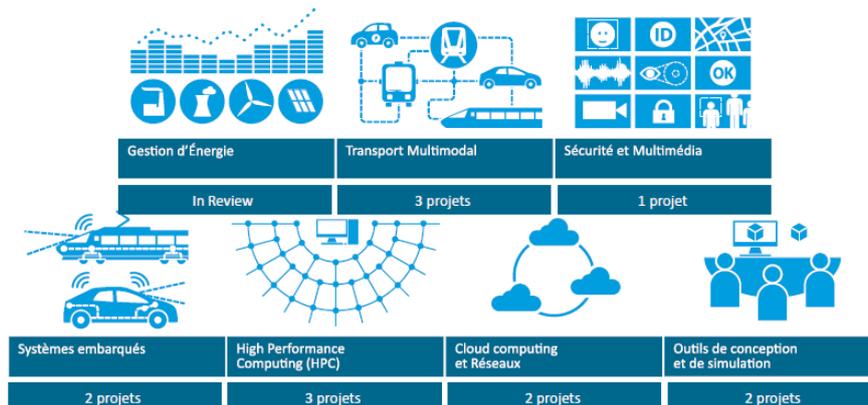


Figure 18 Programmes et projets SystemX

Les technologies du logiciel embarquées sont largement exploitées et développées à la fois dans les projets du programme Systèmes de Systèmes et dans deux projets technologiques dédiés :

- Fiabilité et Sûreté de Fonctionnement :
  - Etablir les preuves de sûreté dans un environnement Multi-core ;

- Maitrise de la conception des systèmes embarqués sûrs communicants : comment construire un système certifiable et performant mettant en œuvre des processeurs Multi-Coeur et/ou de la virtualisation.
- Electronique et Logiciel Automobile :
  - Définir une chaine de développement de plateformes logicielles pour l'automobile sur architecture distribuée assurant la conception et la validation centrée sur les modèles ;
  - Comment concevoir les systèmes pour le véhicule connecté et les aides à la conduite ?

## IRT AERONAUTIQUE, ESPACE, ET SYSTEMES EMBARQUES

Les programmes et projets de l'IRT AESE sont présentés ci-dessous :

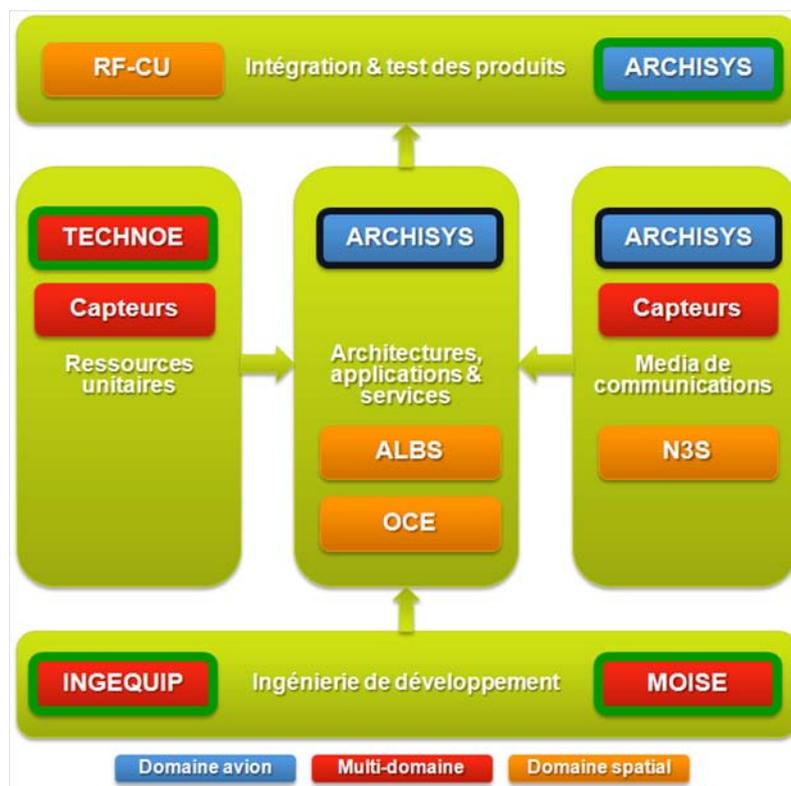


Figure 19 Programmes et projets AESE

## IV.3 PROPOSITIONS

### IV.3.1 Connaissance du secteur en France

L'étude concernant l'évolution 2007-2012 du secteur en France et dont les résultats ont été présentés en IV.1.1 avait une ambition limitée :

- Le cadre et le périmètre des études de 2007-2008 ont été repris, sans réévaluer ces cadres et périmètres eux-mêmes ;
- Le périmètre d'analyse a été limité aux offreurs – SSII et éditeurs - sans prise en compte des communautés du logiciel embarqués agissantes au sein des entreprises d'autres secteurs ou qui sont structurées selon d'autres modèles comme par exemple les communautés du Logiciel Libre.
- Les enjeux de compétences et de formation n'ont pas été abordés en profondeur.

#### **PROPOSITION N° 8**

Mieux comprendre et mesurer le périmètre et les enjeux du logiciel embarqué et les situer dans une vision prospective est indispensable.

Il est recommandé qu'un plan d'études soit défini et engagé permettant de compléter et d'approfondir la vision du secteur dans toutes ses dimensions : périmètre, activités, emplois, compétences, modèles économiques (propriétaire / libre), etc.

### **IV.3.2 Evolution des acteurs**

Comme montré en IV.1.2, les mouvements des acteurs traduisent à la fois l'évolution et le dynamisme de la filière.

#### **PROPOSITION N° 9**

Les mouvements des acteurs sont visibles et appréhendés de façon essentiellement qualitative ; une analyse plus quantitative et détaillée de ces mouvements permettrait d'anticiper et soutenir au mieux ces évolutions.

#### **PROPOSITION N° 10**

Les mouvements des acteurs sont essentiels pour la compétitivité de la filière. Ce doit être un des objectifs des futurs appels BGLE que de les préparer et les accompagner.

La qualité et la pertinence des consortiums de projet au regard de cette dynamique reste donc un critère important à prendre en compte dans l'évaluation des propositions.

#### **PROPOSITION N° 11**

Les modalités financières qui permettent d'optimiser la dynamique des acteurs doivent être favorisées, particulièrement en ce qui concerne le renforcement des fonds propres des PME, par exemple:

- Par l'intervention de grandes entreprises.
- Par l'intervention de l'Etat en tant qu'« investisseur avisé », avec une attention particulière apportée aux partenaires de projets BGLE développés avec succès.

### IV.3.3 Questionnement stratégique européen

Comme discuté en IV.1.3, la maîtrise par l'industrie européenne – tous secteurs confondus – des technologies et des standards de « plate-forme d'exécution » est un enjeu stratégique majeur. Cet enjeu est d'autant plus complexe que l'émergence d'une « plate-forme d'exécution » peut autant résulter du succès d'un produit ou service innovant qui impose sa plate-forme que d'une proposition de plate-forme nouvelle en tant que telle (p.e. Android).

#### PROPOSITION N° 12

Les questions posées par l'enjeu de maîtrise des « plates-formes d'exécution » et des standards associés ne peuvent être traitées dans le cadre de cette mission mais une analyse approfondie de ces points reste essentielle pour définir les priorités futures aux niveaux national et européen et allouer avec la meilleure efficacité les moyens financiers disponibles.

Il est proposé que les pouvoirs publics français prennent l'initiative d'une réflexion européenne sur ces questions.

### IV.3.4 Rôle structurant des IRT

Afin d'atteindre les objectifs de structuration de masses critiques, il est essentiel que les IRT créés, ou en cours de création, mentionnés en IV.2.3 mettent en œuvre les recommandations figurant dans la Proposition n° 6 du rapport de 2010. Elles sont reprises dans la proposition qui suit.

#### PROPOSITION N° 13

Afin d'atteindre la meilleure efficacité, profiter des économies d'échelle, renforcer les effets de masse critique, il est essentiel que les Instituts de Recherche technologiques créés et positionnés sur les systèmes et logiciels embarqués:

- concentrent leurs financements (investissements et fonctionnement) et leurs activités, en ce qui concerne les thématiques précitées, sur les Axes technologiques majeurs énoncés dans la Proposition n° 14 ;
- assurent toute l'ouverture nécessaire de leurs ressources aux acteurs PME « Techno-providers » du domaine;
- recherchent la constitution de masses critiques de compétences en s'appuyant sur les laboratoires disposant d'une taille significative dans le domaine.
- participent et contribuent aux activités d'animation de l'écosystème du domaine.



# PARTIE V. MISE A JOUR DES PRIORITES TECHNOLOGIQUES

## V.1 STRUCTURATION DES PRIORITES TECHNOLOGIQUES

Le rapport de 2010 avait retenu huit Priorités Technologiques pour la maîtrise des briques génériques du logiciel embarqué.

1. Conception orientée modèles de systèmes et logiciels embarqués
2. Vérification et certification de la sûreté de fonctionnement et de la sécurité informatique des systèmes embarqués.
3. Virtualisation et parallélisation pour calculateurs embarqués Multi / Many Core.
4. Architectures réparties, middleware et réseaux embarqués.
5. Plates-formes logicielles embarquées de service.
6. IHM et interfaces hommes-systèmes pour systèmes embarqués.
7. Bibliothèque génériques pour le traitement (signal, image, contrôle ...) embarqué.
8. Gestion de l'énergie embarquée.

Les deux premières priorités concernent directement le flot de conception dans ses dimensions de conception et de vérification. Les six autres priorités portent sur les différents composants embarqués et sur les outils associés.

Une estimation des besoins d'investissements technologiques pour chacune des priorités avait été également réalisée, en intégrant une vision réaliste des capacités françaises scientifiques et industrielles (que ce soit des grands groupes ou des techno-providers PME et ETI) et l'importance des enjeux.

Cette estimation est résumée dans le tableau ci-dessous :

N°	Priorité Technologique	Masse critique d'effort (M €)
1	Conception orientée modèles de systèmes et logiciels embarqués	80
2	Vérification et certification de la sûreté de fonctionnement et de la sécurité informatique des systèmes embarqués.	80
3	Virtualisation et parallélisation pour calculateurs embarqués Multi / Many Core.	80
4	Architectures réparties, middleware et réseaux embarqués.	70
5	Plates-formes logicielles embarquées de service.	70
6	IHM et interfaces hommes-systèmes pour systèmes embarqués.	40
7	Bibliothèque génériques pour le traitement (signal, image, contrôle ...) embarqué.	40
8	Gestion de l'énergie embarquée.	40
	<b>Total</b>	<b>500</b>

Tableau 17 Masse critique d'effort pour les priorités thématiques de 2010

Sur la base des analyses présentées dans Partie III et Partie IV, la mise à jour des priorités thématiques du rapport de 2010 a été conduite avec les trois objectifs suivants :

- Préserver la continuité en ce qui concerne les intitulés des priorités de 2010 et les estimations de masse critique afin de pouvoir mesurer et consolider la couverture et l'impact des résultats de l'ensemble des projets BGLE passés et futurs.
- Prendre en compte dans l'affichage des priorités et dans leur contenu détaillé :
  - le bilan des trois premiers appels BGLE ;
  - les nouveaux éléments des contextes industriels et technologiques.
- Améliorer la lisibilité des priorités en les regroupant selon trois axes majeurs ordonnés comme suit :
  - Axe 1 Briques et plateformes d'exécution, regroupant les Priorités 2010 n° 3, 4, 5 et 6 ;
  - Axe 2 Outils de conception et de validation, regroupant les Priorités 2010 n° 1 et 2 ;
  - Axe 3 Algorithmie embarquée (appellation à discuter), regroupant les Priorités 2010 n° 7 et 8.

La nouvelle structuration des priorités technologiques est résumée dans le Tableau 18 ci-dessous.

Axes majeurs 2012	Priorités Technologiques 2012	Masse critique d'effort (M €)	Masse critique d'effort (M €) par Axe
<b>1</b> <b>Briques et plates-formes d'exécution</b>	1.1 Virtualisation et parallélisation pour calculateurs embarqués Mono / Multi / Many Core <sup>19</sup> .	80	260
	1.2 Architectures réparties, middleware et réseaux embarqués.	70	
	1.3 Plates-formes logicielles embarquées de service.	70	
	1.4 IHM et interfaces hommes-systèmes pour systèmes embarqués.	40	
<b>2</b> <b>Outils de conception et de validation</b>	2.1 Conception orientée modèles de systèmes et logiciels embarqués	80	160
	2.2 Vérification et certification de la sûreté de fonctionnement et de la sécurité informatique des systèmes embarqués.	80	
<b>3</b> <b>Algorithmie embarquée</b>	3.1 Bibliothèque génériques pour le traitement (signal, image, contrôle ...) embarqué.	40	80
	3.2 Gestion de l'énergie embarquée.	40	
<b>Total</b>			<b>500</b>

Tableau 18 Mise à jour des priorités technologiques

<sup>19</sup> L'intitulé initial de cette priorité est précisé afin d'inclure explicitement les architectures mono-core.

## V.2 PROPOSITION

### PROPOSITION N° 14

Trois axes prioritaires sont proposés sur lesquels concentrer les ressources des futurs appels BGLE, intégrant comme suit les priorités du rapport de 2010 :

- Axe 1 Briques et plates-formes d'exécution :
  - 1.1 Virtualisation et parallélisation pour calculateurs embarqués Mono / Multi / Many Core
  - 1.2 Architectures réparties, middleware et réseaux embarqués
  - 1.3 Plates-formes logicielles embarquées de service
  - 1.4 IHM et interfaces hommes-systèmes pour systèmes embarqués
- Axe 2 Outils de conception et de validation :
  - 2.1 Conception orientée modèles de systèmes et logiciels embarqués
  - 2.2 Vérification et certification de la sûreté de fonctionnement et de la sécurité informatique des systèmes embarqués
- Axe 3 Algorithmie embarquée :
  - 3.1 Bibliothèque génériques pour le traitement (signal, image, contrôle ...) embarqué
  - 3.2 Gestion de l'énergie embarquée

## V.3 DESCRIPTION DETAILLEE DES PRIORITES TECHNOLOGIQUES

Les descriptions mises à jour des priorités technologiques de chacun des trois Axes majeurs sont détaillées dans les trois sections qui suivent.

### V.3.1 Axe 1 Briques et plateformes d'exécution

#### 1.1 VIRTUALISATION ET PARALLELISATION POUR CALCULATEURS EMBARQUEES MONO / MULTI / MANY CORE

Depuis maintenant plusieurs années, les difficultés de conception des microprocesseurs et la nécessité d'une meilleure maîtrise énergétique, ont conduit les fabricants à développer et mettre sur le marché des offres multi-cœurs. L'idée maîtresse est de mettre plusieurs processeurs sur une même puce de silicium et de les faire fonctionner à des fréquences d'horloges plus réduite.

Cette évolution répond aussi aux besoins croissants de puissance de calcul pour la mise en œuvre des fonctions embarquées « intelligentes » de type perception, contrôle, cognition. Elles correspondent à des applications de plus en plus nombreuses dans les domaines de la surveillance, de la mobilité, de la robotique, des automatismes, de l'imagerie, etc.

A titre exemple, NEC étudie un système de vision pour de la reconnaissance d'image dans un véhicule apportant 100 Gigaops ( $10^9$  opérations par seconde), mettant en œuvre 128

processeurs et ne consommant que 2 Watts. INTEL travaille sur ces approches avec son équipe de recherche Teraflops Research Chip. Le circuit réalisé par l'équipe d'INTEL met en œuvre 80 processeurs « simples », chacun contenant deux unités de calcul flottant.

D'autres approches dites massivement parallèles ont pour objectif de mettre plusieurs centaines de processeurs sur une même puce. De nombreuses sociétés de création récente sont actives dans ce domaine dans le monde, en Europe et en France.

Comme pour le domaine conjoint du Calcul Haute Performance (High Performance Computing ou HPC), le principal défi scientifique et technologique est de satisfaire à la fois les exigences de hautes performances et les exigences de facilité de programmation et de portabilité des applications. Pour les systèmes embarqués, s'y ajoutent celles de la gestion d'énergie, du coût et du time-to-market pour les marchés « grand public », de la sûreté et de la sécurité. Les couches de virtualisation à base de « core virtuel » (comme le processeur 32bit Java) adressent particulièrement ces dernières exigences de capitalisation du logiciel sur plusieurs supports sous-jacents physiques différents.

### *Description de l'enjeu*

- Pour le développement de systèmes embarqués, malgré l'augmentation importante des marchés et des volumes, il est devenu indispensable de réduire les coûts et temps de développement de circuits spécifiques dans les nouvelles microélectroniques. Les temps de cycle actuels ne sont pas adaptés à la dynamique de développement de ces marchés et le time-to-market est devenu un enjeu crucial de réussite.
- Les solutions classiques utilisées aujourd'hui pour l'embarqué (processeurs embarqués classiques ou les solutions FPGA) n'apportent pas la puissance de calcul nécessaire et ne garantissent pas une performance énergétique acceptable garantissant une autonomie suffisante à tous les objets nomades.
- La tendance actuelle est de faire appel à des plateformes matérielles de plus en plus génériques et programmables par logiciel mais pour rendre ces solutions encore plus attractives il est indispensable de disposer d'environnements de programmation utilisant un haut niveau d'abstraction, comme la virtualisation du « bas niveau », permettant de programmer de façon efficace et sûre des applications de plus en plus complexe.
- L'enjeu est donc de disposer de plateformes matérielles et logicielles supportant des applications multiples, dont les performances seront proches d'un System-on-Chip dédié, mais dont le coût et le temps de conception seront comparables à ceux d'un développement logiciel (6 mois comparé à 2 ou 3 ans pour une solution ASIC dédiée).

### *Priorité de R&D associée*

- Développer des langages de programmation pour le développement d'applications parallèles embarquées portables sur de multiples architectures embarquées (Mono / Multi / Many-Core).
- Favoriser l'apparition de langage standardisé de programmation parallèle sur des modèles de mémoire unifiée.
- Favoriser un rapprochement avec la communauté HPC (problématique assez similaire).
- Développer des techniques de compilation et support d'exécution (OS) permettant l'optimisation d'algorithmes sur des machines multi-cœur homogènes ou hétérogènes.

- Développer des chaînes d'outils logiciels permettant de prendre en compte les aspects validation, mise au point et de correction, analyse de performance et optimisation de la consommation.
- Développer l'environnement de conception et de développement permettant de concevoir des applications sûres, respectant des contraintes temps réel, et exploitant les fonctionnalités offertes par la virtualisation du matériel.
- Proposer un environnement de conception et de développement permettant d'intégrer de manière sûre des composants logiciels ayant différents niveaux de criticité, notamment pour les besoins de domaines d'applications comme l'Aéronautique, le Ferroviaire ou l'Automobile.
- Proposer un environnement de conception et de développement permettant le déploiement efficace d'applications s'exécutant en partie sur des plateformes embarquées, et en partie sur des infrastructures de type « cloud ».
- Développer un environnement de simulation permettant de simuler le comportement de son application dans sur un système virtualisé.
- Développer la virtualisation des plateformes matérielles utilisées pour le test logiciel, et travailler particulièrement sur les niveaux de représentativité de ces plateformes virtuelles afin de pouvoir tirer un crédit de certification des vérifications effectuées sur ces plateformes.
- La virtualisation est une tendance lourde des grands systèmes de calcul, qui s'interconnectent en réseau pour former à terme le Cloud-Computing. Porté par d'autres contraintes, cette tendance va également apparaître dans le domaine de l'embarqué.

## 1.2 ARCHITECTURES REPARTIES, MIDDLEWARE ET RESEAUX EMBARQUES

Les architectures de systèmes répartis sont relativement bien maîtrisées dans le contexte d'infrastructures fixes : SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition), Control Command (gestion du trafic aérien, surveillance maritime, systèmes de dispatching électrique) etc.

La mise en œuvre de ces architectures dans des contextes embarquées et contraints en termes de criticité et de qualité de service comporte de nombreux enjeux technologiques.

De même, pour les réseaux de capteurs, les caractéristiques fondamentales en termes de conception sont la longue autonomie de la batterie, un prix réduit, un faible encombrement, une topologie de réseau maillé afin de gérer les communications entre un grand nombre de dispositifs dans un environnement interopérable et multi-applications. Ainsi, la dynamique du lien radio impose des portées limitées, des capacités de calculs limitées et de faible capacité de stockage des capteurs, ainsi que des débits de communication faible. A l'inverse, pour les actionneurs, il est souvent envisagé qu'une partie d'entre eux soient connectés au réseau électrique.

L'essor des réseaux de capteurs et actionneurs intelligents nécessite de concevoir des solutions technologiques pour garantir la facilité de déploiement et de gestion de tels réseaux : zéro câblage, zéro configuration. A cela s'ajoute une grande hétérogénéité des capteurs/actionneurs, dont la gestion dynamique est cruciale dans une perspective de déploiement réel.

## *Description de l'enjeu*

- Les systèmes embarqués de supervision dans les domaines de la surveillance, de la gestion de trafic, des systèmes de transport (avion, train, voiture) prennent en compte un nombre croissant de fonctions, générant une augmentation de complexité que ce soit en termes d'électronique (calculateurs, réseaux) ou de taille de code. Ainsi, l'avionique des Airbus A310 en 1980 représentait 4 Mo de codes, s'appuyant sur 77 calculateurs et 136 bus numériques. En 1990, sur l'A340, le code faisait 20 Mo, s'appuyant sur 115 calculateurs et 368 bus numériques.
- Ces systèmes, pour des problèmes de maîtrise générale du système global, évoluent vers des architectures avec des réseaux et des calculateurs / capteurs / actionneurs banalisés. L'augmentation du nombre de fonctions et des échanges entre les fonctions, l'intégration croissante des systèmes ont conduit à augmenter les ressources de calcul et de surtout de communication. Ceci a entraîné le besoin de partager les ressources : bus multiplexés, ressources de traitement gérés par un exécutif temps réel, ressources de calcul et de communications banalisées, middleware assurant des services techniques communs. Ces tendances observées dans l'avionique (AFDX, ARINC 661, ARINC 429..) et l'automobile (avec AUTOSAR) va se généraliser dans le temps à d'autres systèmes : infrastructure routière ou ferroviaire communicante, systèmes de surveillance, communication "car-to-car", etc.
- Un nombre important d'applications ont des architectures logicielles basées sur des blocs applicatifs dont les communications inter-blocs sont uniquement des échanges de données. Deux modes de communication sont particulièrement utilisés : (1) pub/sub : les données sont publiées dans un espace partagé entre les producteurs des données, « Publish », et les utilisateurs qui s'abonnent aux données, « Subscribe », (2) streaming : les données sont « poussées » entre un producteur et un consommateur (mode FIFO).

## *Priorité de R&D associée*

- Développer les technologies de middleware permettant la migration dynamique des tâches en respectant des contraintes temps réel d'un composant à un autre.
- Développer les outils de distribution des applicatifs sur le middleware et les réseaux embarqués.
- Développer les outils de support des architectures client serveur distribuées critiques (AUTOSAR, ARINC 661).
- Développer les technologies de middleware permettant sur les réseaux de capteurs / actionneurs / objets intelligents de publier des données en mode Pub/Sub (bus virtuel) quelque soit les supports physiques sous-jacents supportant les communications.

### **1.3 PLATES-FORMES LOGICIELLES EMBARQUEES DE SERVICE**

Cette priorité concerne l'ensemble des technologies de logiciel embarqué permettant à un objet physique d'être pleinement intégré dans l'environnement interconnecté et de réaliser ainsi le concept de « Web des Objets ». Les applications potentielles, en émergence rapide, sont nombreuses et concernent des marchés de « volume » (souvent supérieur à des millions d'appareils) : réseau électrique intelligent, réseaux de senseurs, ville numérique, maison intelligente, etc. Plus généralement, cela correspond aux architectures M2M qui relient les « objets intelligents » aux bases de données « du Cloud ». Ainsi ces plateformes de services

forment le nœud reliant pour un écosystème donné l'amont (les serveurs : base de données / de services à téléchargés) avec l'aval (les capteurs / actionneurs).

Les enjeux technologiques portent d'une part sur les différentes briques logicielles – logiciels de base, moyens de communication virtualisé (web, rest, etc.), services logiciels (web, osgi, etc.) – et sur la mise en œuvre de ces briques dans des contextes fortement contraints : puissance de calcul, mémoires, énergie disponible.

### *Description de l'enjeu*

Les plates-formes de services sont porteuses de valeur au sens où elles permettent la création et le développement de quatre écosystèmes, chacun enrichissant les trois autres :

- Les fabricants de matériels ;
- Les fabricants de plates-formes logicielles de services et de briques logicielles pour ces plates-formes;
- Les opérateurs et administrateurs de ces plates-formes ;
- Les fournisseurs de services (applications logicielles).

Généralisant des revenus à l'usage, ces plates-formes représentent de forts potentiels de croissance en termes d'emplois et de création de richesse.

### *Priorité de R&D associée*

- Ubiquité des déploiements des services, non adhérence des logiciels et des services aux plates-formes matérielles, virtualisation des matériels ;
- Définition de standards transverses indépendants des couches matérielles et compatible avec des ressources limitées en bande passante (web des objets communicants) ;
- Compatibilité avec les contraintes (coût, faibles ressources tant mémoire que de calcul) induites par la massification (en centaines de millions) des plates-formes de services.

## 1.4 IHM ET INTERFACES HOMMES-SYSTEMES POUR SYSTEMES EMBARQUES

### *Description de l'enjeu*

L'ergonomie de l'interface utilisateur est un élément clé de la compétitivité et de l'acceptabilité des systèmes embarqués, manifeste par de multiples exemples qui vont de l'iPhone aux cockpits des Airbus.

Le développement d'interfaces homme-système comporte des enjeux également variés, qui vont de l'acquisition/extraction de données, aux facteurs humains et à la présentation des données pertinentes, l'intégration de capteurs, les interfaces multimodales (son, image, 3D, etc.), l'interactivité, les enjeux plus techniques de portabilité multiplateformes, les interfaces tactiles.

Les verrous principaux sont la certification logicielle des IHM embarquées post-WIMP (tactile, multitouch, animation, etc.), la définition de processus industriels de conception de systèmes homme-machine, et à terme l'analyse et la certification de systèmes homme-machine.

De plus la « régionalisation » des interfaces doit être prise en compte intégrant la dimension sociétale du contexte d'utilisation (Asie versus américano-européen par exemple).

Les outils pour ingénieurs, et la conception d'IHMs adaptées et efficaces, deviennent un enjeu de productivité pour les concepteurs de logiciels embarqués.

### *Priorité de R&D associée*

Sont particulièrement soulignés :

- les enjeux de la portabilité multiplateforme des IHMs et interfaces homme-système (capteurs, actionneurs..),
- L'ingénierie des systèmes interactifs. Il s'agit de combler le fossé entre IHM, Génie Logiciel et Systèmes Embarqués et de mettre en place des processus maîtrisés pour la conception de systèmes complexes, et les outils supports en lien avec les plateformes d'exécution et/ou de virtualisation associés.

## **V.3.2 Axe 2 Outils de conception et de validation**

### 2.1 CONCEPTION ORIENTEE MODELES DE SYSTEMES ET LOGICIELS EMBARQUES

#### *Description de l'enjeu*

Les processus traditionnels de développement de logiciels embarqués, assez fondamentalement séquentiels (le cycle en « V », font se suivre des phases de conception système, de définition de spécifications systèmes allouées aux fonctions logicielles, de spécification logicielle, de développement, de codage, d'intégration logicielle, d'intégration logicielle et matérielle et de test et validation finales et le cas échéant de certification), chacune des activités précédentes étant suivie d'une activité de vérification et de validation correspondante, ce qui amène à mettre en séquence ces activités à parfois à « cycler » un très grand nombre de fois avant d'obtenir un résultat satisfaisant.

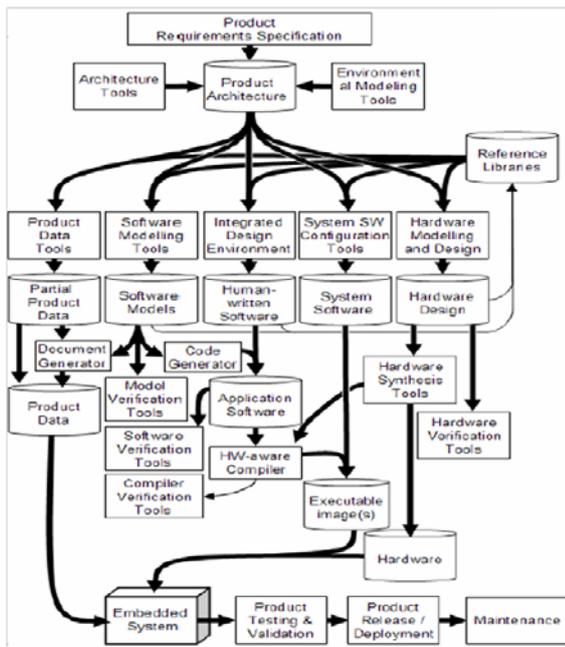
En particulier, le cycle conception, codage, vérification, amenant une re-conception, un re-codage et une re-vérification, etc. peut itérer un nombre inacceptable de fois, amenant des surcoûts et des délais significatifs, qui se chiffrent parfois en milliards d'euros dans le cadre de grands projets.

La conception orientée modèle permet de s'affranchir d'une grande partie de ces risques et de ces coûts, en rendant tout d'abord intelligibles les spécifications systèmes et les spécifications logicielles sous forme de modèles (UML, SysML, SCADE, etc....), ces modèles étant eux même exécutables, donc simulables, intelligibles et vérifiables.

Ces modèles permettent également une représentation précise d'une propriété intellectuelle, sont partageables entre des clients et des fournisseurs dans le cadre d'une plateforme commune de développement et permettent enfin une automatisation des phases de codage, de vérification du codage et de vérification que les spécifications systèmes ont été correctement tracées et implémentées (a fortiori quand des standards de certification requièrent une démonstration a priori de la qualité des produits avant leur mise sur le marché, et pas uniquement des tests). Ils autorisent de plus la simulation hybride, où une partie des logiciels sont exécutés en simulation tandis que l'autre partie s'exécute sur matériels réels.

Tout comme l'adoption large de la modélisation 3D a permis des gains de productivité et de qualité sans précédent en termes de conception physique, la modélisation système et logiciel permet des gains de productivité et de qualité pour le développement logiciel.

## Priorité de R&D associée



Assurer un déploiement optimal d'un flot de conception orienté modèles de systèmes et de logiciels embarqués nécessite la mise en œuvre non seulement d'outils individuels mais également de transitions optimales et productives entre les différents outils, sur la base du schéma ci-contre extrait la Common Technical Baseline.

En particulier, certaines transitions sont particulièrement critiques en termes de processus ou de productivité et doivent faire l'objet d'une attention particulière. La cohérence entre les descriptions systèmes (souvent multiples et informelles) et les modélisations logicielles (souvent formalisées et détaillées) est essentielle.

Les statistiques disponibles d'études de marché sur la cause des bugs dans les systèmes

embarqués montrent qu'environ 75 % de ceux-ci sont liés à des ambiguïtés ou des divergences de compréhension entre spécifications systèmes et spécifications/implémentations logicielles. Ce type de bugs a pour circonstance aggravante d'être généralement trouvé très tard dans les projets et donc d'être particulièrement coûteux à corriger.

- De ce fait, une véritable industrialisation des processus d'ingénierie basée modèle est indispensable, avec une définition claire des transitions système / logiciel / hardware et une prise en compte des différents partages industriels au sein de plateformes de développement cohérentes et communes et implique donc le choix de standards communs (comme par exemple SysML en modélisation système). Dans cette démarche de modélisation du système, il est vital également de prendre en compte les nombreux défis posés par l'implémentation pratique de ces systèmes, particulièrement en ce qui concernent les performances et l'interaction entre le hardware et le software ; ainsi il est important de disposer d'une capacité performante de modéliser le comportement réel de l'équipement électronique et du logiciel applicatif.
- Par ailleurs, si le développement, la vérification et la qualification des systèmes, par exemple dans les applications mobiles, fait aujourd'hui largement usage des plateformes virtuelles (plateformes Android, ios, Arduino ou Raspberry par exemple), les environnements de développement (IDE) incluant tous un modèle simulé de la plateforme sur lequel s'effectuent toutes les mises au point de logiciel jusqu'à la qualification opérationnelle, ce n'est pas encore le cas dans les systèmes embarqués. Or la disponibilité de plateformes virtuelles complètes s'est révélé un facteur décisif de réduction des coûts et des délais de mise au point. Il est donc prioritaire de se doter de capacités équivalentes afin d'optimiser ces phases critiques de l'ingénierie des systèmes embarqués.

- La mise en place d'un outillage quel qu'il soit ne doit pas non plus se faire au détriment de l'agilité nécessaire des processus : combiner méthodes formelles et agilité constitue donc un véritable enjeu de R&D.
- Une modélisation intégrée entre système et logiciel doit aussi assurer la possibilité d'analyses et de « trade-offs » entre architecture système et implémentation, avec une prise en compte des différents outils verticaux, propres à chaque métier ou domaine technique, mais aussi recouvrir des besoins transversaux, comme la simulation hybride (simuler les phénomènes physiques, l'environnement des systèmes autant que leur comportement logiciel).
- La représentativité de ces plateformes de simulation en phase amont de conception doit être travaillée de manière à pouvoir tirer un crédit de certification des résultats de vérification obtenus et ainsi alléger les phases de vérification sur le produit logiciel.
- Le concept de « lignes de produits », couplée à la gestion de la variabilité dans les modèles de conception, doit être pris en compte de manière efficace dans les environnements de développement, afin de favoriser la réutilisation de briques logicielles.
- En lien avec l'axe IHM (mais ici IHM des outils), l'ergonomie des outils et environnements de conception système et logiciel pourrait être repensée en tirant partie des nouveaux modes d'interaction, afin d'adapter les interfaces aux différents acteurs du développement.
- Au-delà de la conception orientée modèles, la notion de spécification basée sur des modèles va impacter de façon profonde l'ensemble du cycle d'ingénierie, au travers de la chaîne d'intervenants.
- La généralisation de l'utilisation de modèles tout au long des activités d'ingénierie, intégrant la gestion de la variabilité, se traduit du point de vue des briques technologiques en exigences de robustesse, notamment de « passage à l'échelle » qui ne seront pas satisfaites seulement par l'augmentation des puissances de calcul et de stockage.

## 2.2 VERIFICATION ET CERTIFICATION DE LA SURETE DE FONCTIONNEMENT ET DE LA SECURITE INFORMATIQUE DES SYSTEMES EMBARQUES

Le domaine de la certification de la sûreté de fonctionnement et de la sécurité informatique des systèmes embarqué recouvre des problématiques diverses, combinant des enjeux économiques essentiels (un retard d'un an de certification d'un programme d'avion ou de centrale nucléaire se chiffre en milliards d'euros), mais aussi des enjeux de souveraineté (protection de l'information, protection de la sûreté des biens, des personnes et de l'État...) tout à fait critiques

Dans ce cadre, le domaine des systèmes embarqués est soumis à une convergence et une combinaison croissante de contraintes mélangeant sûreté de fonctionnement (l'assurance que le système se comporte toujours comme il est sensé se comporter) et de sécurité informatique (authentification, protection des données, protection de la confidentialité et de la qualité de service, etc.)

## *Description de l'enjeu*

Plusieurs enjeux se combinent :

- Développer une solution de suites logicielles de base (langage de modélisation, de programmation et d'exécution, outils de compilation, OS, outils de test et d'évaluation de performances, ...) permettant de décrire des applications critiques avec un haut niveau d'abstraction et de garantir leurs exigences de sûreté de fonctionnement, quel que soit le standard de certification (DO-178B en aéronautique, IEC 61508 pour l'industrie, EN 50128 pour le ferroviaire, IEC 60880 pour le nucléaire, ISO 26262 pour l'automobile, ainsi que tous les standards « système » associés, etc....). Cette solution doit en particulier assurer le déterminisme d'exécution d'une application critique à forte exigence temps réel.
- Développer les formalismes et les outils permettant d'assurer la sûreté de fonctionnement depuis le niveau système jusqu'au code de l'application en particulier avec les spécificités du logiciel embarqué : parallélisme, nombres flottants, interaction avec l'environnement extérieur.
- Afin de satisfaire les exigences de sûreté de fonctionnement des applications critiques (automobile, avioniques, ferroviaires, nucléaires, ...), l'une des attentes du marché concerne la protection temporelle et spatiale de ces applications qui cohabitent avec des fonctions non critiques.
- Une autre attente est la détection et le confinement de faute dans l'exécution de fonctions critiques, en particulier le dépassement de budget temporel exprimant potentiellement une défaillance dans l'exécution. La maîtrise de la reprise en cas de défaillance et la garantie de disponibilité sont deux éléments clés de cette problématique.
- La disponibilité d'outils certifiés dans plusieurs domaines industriels et les besoins de convergence des standards de certification représentent aussi un enjeu essentiel.
- Dans le domaine des transactions électroniques, un verrou majeur pour le logiciel embarqué consiste à établir la confiance entre les différents éléments d'un système d'information, ainsi qu'avec les utilisateurs.
- En matière de sécurité informatique, des enjeux nouveaux résultent de la connectivité du système embarqué avec son environnement. Par exemple, dans le domaine du transport intermodal, l'intégration d'un véhicule dans le cadre d'une infrastructure de transport globale impose :
  - D'une part la sécurisation et la confidentialité de l'identification du voyageur dans le cadre des accès liés à la facturation et au suivi de son parcours ;
  - D'autre part la sécurisation des données échangées soit entre véhicules, soit entre les véhicules et l'infrastructure.

D'autres exemple sont les applications domotiques et les applications de télémédecine qui sont en forte croissance, impliquant une transmission de données personnelles de façon fréquente, voire quasi-continue (dans le cadre du maintien à domicile par exemple) avec des exigences forte de sécurité.

## *Priorité de R&D associée*

- Développer des chaines d'outils logiciels associées (notamment de codage automatique certifiés, de génération et de gestion des tests, de calcul du WCET et de preuves

formelles) permettant de prendre en compte les aspects validation, mise au point et de debug, analyse de performance et optimisation de la consommation du niveau système jusqu'au code source (en synergie avec le thème précédent « Conception orientée modèles »).

- Développer la vérification formelle à tous les niveaux d'abstraction de la modélisation, en garantissant le maintien des preuves établies au fil de transformations et raffinements de modèles, de manière là encore à pouvoir en tirer un crédit de certification et alléger l'effort de vérification sur le produit tout en garantissant les contraintes de sûreté de fonctionnement et de sécurité ; développer l'analyse dynamique de propriétés du logiciel (en complément à l'analyse statique) en exécutant le logiciel sur des environnements virtualisés.
- Faciliter pour l'utilisateur des environnements de conception et vérification l'usage des technologies de vérification formelle, en masquant leur complexité et leur multiplicité derrière un point d'entrée simplifié.
- Développer des solutions logicielles permettant de porter des applications critiques existantes fonctionnant sur une solution « Mono-Core » vers des solutions « Multi / Many Core / Core virtuel ».
- Assurer la cohabitation d'applications critiques et non critiques sur la même architecture matérielle.
- Travailler la certification incrémentale des systèmes embarqués, en lien avec le concept « lignes de produit » et la réutilisation de briques logicielles,
- Développer un noyau temps-réel orienté sûreté et une chaîne de compilation associée pour les applications embarquées. Cette chaîne permettrait au développeur de décrire la conception fonctionnelle de ses applications en termes de tâches temps-réel (modes dégradés inclus) et les outils en réalisent l'implantation fidèle et sûre, via des mécanismes innovants de protection et de confinement d'anomalies.
- Développer une véritable certification multi-domaine et intégrer les interactions entre sûreté et sécurité, par un alignement des standards.
- Développer les technologies de confiance numérique pour le logiciel embarqué : authentification, protection des données, protection de la confidentialité.
- Développer les moyens et les outils d'expérimentation et de test de conformité en matière de confiance numérique.

### **V.3.3 Axe 3 Algorithmie embarquée**

#### **3.1 BIBLIOTHEQUES GENERIQUES POUR LE TRAITEMENT (SIGNAL, IMAGE, CONTROLE ...) EMBARQUE**

L'intelligence embarquée dans les produits et systèmes repose de plus en plus sur du logiciel de traitement embarqué. Cette tendance lourde de "numérisation" des fonctions de traitement du signal ou des images, de contrôle ou de simulation temps-réel se traduit par le besoin de logiciels embarqués génériques pour le traitement, bibliothèques logicielles indispensables à la maîtrise des applications et services embarqués.

L'évolution dans le domaine des traitements embarqués est caractérisée par 3 tendances :

- La possibilité matérielle d'inclure des traitements numériques au plus près des interfaces avec le monde physique : traitements intégrés dans les capteurs, les actionneurs, plus généralement dans les « objets ».
- Le fait que ces « objets » sont de plus en plus communicants, à courte ou moyenne distance, et directement ou indirectement connectables à Internet (avec des enjeux majeurs de consommation pour les communications sans fil).
- S'appuyant sur ces 2 premières tendances technologiques, une extension considérable de l'espace de conception des chaînes de traitement et de contrôle, éventuellement en rupture avec les schémas architecturaux en vigueur : chaînes de traitement et de contrôle moins hiérarchisées, plus distribuées.

Cette priorité est doit être abordée en cohérence avec :

- la Priorité Technologique n° 1.1 : virtualisation et portabilité de ces bibliothèques sur différentes architectures Mono / Multi / Many-Core (et plus généralement adéquation des algorithmes de traitement avec les différents types de parallélisme).
- la Priorité Technologique n° 1.4 : support (middleware) au déploiement des traitements distribués.
- La Priorité Technologique n° 2.1 : lien entre les traitements effectués sur les signaux acquis avec les modèles de représentation du fonctionnement attendu des systèmes.
- La Priorité Technologique n° 2.2 : contribution de ces bibliothèques à l'obtention des niveaux de sûreté de fonctionnement requis.
- la Priorité Technologique n° 3.2 : optimisation de ces bibliothèques pour réduire la consommation d'énergie (liée en particulier au caractère communicant sans fil).

### *Priorité de R&D associée*

La priorité porte sur le développement de bibliothèques logicielles génériques pour le traitement embarqué prenant en comptes les contraintes physiques, environnementales et économiques, et sur le développement des outils de conception associés :

- Acquisition et de traitement du signal : numérisation, mesures, communications.
- Traitement d'image et plus largement calculs sur matrices: traitement bas niveau (pixels) et de plus haut niveau (classification, reconnaissance) vers la vision artificielle.
- Fusion multi-capteurs.
- Contrôle et commande de systèmes : robustesse, optimisation, auto-adaptation, sûreté de fonctionnement.
- Contrôle et management de réseaux de capteurs et d'actionneurs.
- Notamment pour les systèmes « autonomes », intégration de différentes chaînes de traitement capteurs/actionneurs avec des traitements de contrôle de haut niveau (intelligence « collective », complétant l'intelligence « locale » des capteurs).
- Amélioration de la qualité des données acquises et des analyses qui en sont faites par détection des données anormales ou manquantes, étiquetage et remplacement par des solutions logicielles.

- Développement d'approches génériques de compression auto-adaptative afin de réduire le volume de données à stocker et de méthodes d'analyse capables d'opérer sur ces données compressées sans passer par une décompression.
- Prise en compte dans les bibliothèques de traitement des différents modes de fonctionnement liées aux contraintes d'économie d'énergie (modes « veille » où la capacité de communication est réduite).

### 3.2 GESTION DE L'ENERGIE EMBARQUEE

La consommation énergétique est une des contraintes qui limite la qualité de service de certains (petits) systèmes embarqués, notamment ceux qui ne sont pas directement reliés à un réseau de distribution d'électricité. Elle constitue par ailleurs un enjeu environnemental important : réduire la consommation, éviter les pertes, récupérer l'énergie présente dans l'environnement, représentent autant de moyens d'améliorer l'efficacité énergétique des systèmes embarqués.

Pour faciliter la mise en œuvre de solutions efficaces d'un point de vue énergétique, il apparaît nécessaire de :

- développer des solutions logicielles permettant de mesurer et d'optimiser la consommation (et dans certains cas la production) énergétique d'un système embarqué (matériel et logiciel) ;
- développer des solutions logicielles permettant d'activer / désactiver des parties de matériel en conservant la réactivité nécessaire au respect des exigences de performance temps-réel (incluant éventuellement des solutions de stockage des données pendant l'activation des parties matérielles nécessaires) ;
- développer des solutions logicielles permettant de mesurer la variabilité d'un système embarqué (matériel et logiciel) et de prendre en compte automatiquement les mesures adéquates pour garantir un bon fonctionnement.

#### *Description de l'enjeu*

- Dans les systèmes embarqués, la consommation énergétique (statique et dynamique) est devenue un véritable enjeu non seulement pour les objets nomades et portatifs mais également pour tous les autres systèmes. En effet, l'augmentation importante de la puissance de calcul des systèmes embarqués nécessite aujourd'hui de repenser et d'optimiser leur consommation électrique. L'objectif est donc de mesurer la consommation électrique de chaque bloc du système (matériel et logiciel) à l'aide de sondes judicieusement positionnées et de jouer sur le couple tension d'alimentation et fréquence de fonctionnement pour optimiser la consommation énergétique globale tout en garantissant un fonctionnement global optimal. Pour assurer, cette gestion dynamique de la consommation globale d'un système, il est nécessaire de développer des outils logiciels systèmes adaptés.
- De plus en plus de systèmes embarqués incluront dans le futur des « capteurs d'énergie » permettant de générer ou de récupérer dans l'environnement toute ou partie de l'énergie nécessaire à leur fonctionnement : micro-panneaux solaires, conversion d'énergie mécanique ou vibratoire en électricité, récupération d'énergie lors du freinage d'un appareil, etc. La gestion de multiples sources d'énergie (réseau, batteries, énergie récupérée) devra donc, elle aussi, être assurée.

- Dans les technologies CMOS avancées (32-22-11 nm), la variabilité technologique (dispersion des paramètres de base des transistors MOS) devient importante non seulement dans un même lot de wafers, mais également sur chaque wafer et même à l'intérieur d'une même puce. Les sources de variabilité ne sont pas seulement liées à la fabrication collective des puces mais sont également liées aux conditions d'utilisations (température, tension). La maîtrise et la gestion dynamique/en fonctionnement de la consommation et de la température de ces circuits devient donc essentielle.
- L'effacement des frontières entre « silos » pour assurer des marchés homogènes et plus grand renforce la nécessité d'architectures génériques plus importantes. Aussi permettre la modélisation de systèmes avec un nombre important de variantes est un enjeu important. Cela passe par la maîtrise des technologies de conception orientées modèles.

#### *Priorité de R&D associée*

- Intégrer des sondes permettant de mesurer la consommation (et dans certains cas la production) électrique et sa variabilité ;
- Développer des IPs matérielles et logicielles permettant de contrôler finement la tension d'alimentation et la fréquence de fonctionnement d'un bloc ;
- Développer le logiciel de bas niveau et les mécanismes d'automatique, permettant de réguler et d'optimiser la consommation d'un bloc ;
- Développer le logiciel de bas niveau et les mécanismes d'automatique, permettant de réguler et d'optimiser la variabilité d'un bloc ;
- Développer les plates-formes logicielles (système) permettant de gérer et d'optimiser globalement la production, la consommation et la variabilité du système complet en intégrant la prise en compte des temps de réaction nécessaires à l'occurrence d'évènements extérieurs ;
- Développer les outils d'ingénierie dirigée par les modèles pour maîtriser la variabilité des systèmes.



## PARTIE VI. MISE A JOUR DES PRIORITES APPLICATIVES

### VI.1 STRUCTURATION DES SECTEURS CIBLES

Les recommandations du rapport de 2010 étaient construites sur l'analyse des caractéristiques et des exigences propres aux domaines applicatifs suivants, considérés comme étant les plus concernés par les technologies du logiciel embarqué :

Domaines applicatifs du rapport de 2010	
Automobile	Ferroviaire
Aéronautique	Espace
Nucléaire	Énergie (production, distribution, utilisation)
Production industrielle	Instrumentation médicale
Bâtiment (domotique)	Télécoms
Électronique grand public	Logistique
Infrastructures urbaines	Sécurité
Transaction électronique	

Les analyses des chapitres précédents de ce rapport ont mis en évidence les points suivants :

- Les technologies du logiciel embarqué se diffusent dans un périmètre toujours plus large de produits et de services innovants ;
- De ce fait, ce périmètre élargi est de plus en plus difficile à définir et à borner;
- Pour le succès des futurs appels BGLE, il est donc important de les ouvrir à ce périmètre élargi, au-delà des communautés « historiques » du logiciel embarqué.

Afin de prendre en compte cette situation nouvelle, l'affichage des secteurs applicatifs du rapport de 2010 est modifié comme suit, avec l'objectif d'avoir une dénomination de ces secteurs aussi peu restrictive que possible :

- en rassemblant en secteurs plus ouverts les principaux segments du rapport 2010, par exemple, Automobile, Aéronautique, Ferroviaire réunis dans Transports et mobilité, etc. ;
- en identifiant de nouveaux secteurs : Robotique mobile, Logistique et distribution.

La nouvelle proposition de secteurs cibles des futurs appels BGLE est donnée ci-dessous :

Secteurs cibles 2012	
Transports et mobilité	Robotique mobile
Santé et services à la personne	Confiance numérique
Habitations, bâtiments et villes numériques	Énergie
Logistique et distribution	Automatismes et process industriels
Sécurité des biens et des personnes	

Tableau 19 Secteurs cibles des futurs appels BGLE

## VI.2 PROPOSITION

### PROPOSITION N° 15

Afin de prendre en compte la diffusion des technologies du logiciel embarqué dans un champ de plus en plus large de produits et de services innovants, il est proposé que les appels BGLE ciblent un périmètre élargi au-delà des secteurs « historiques » du logiciel embarqué et incluant, de façon non limitative :

- Transports et mobilité
- Santé et services à la personne
- Habitation, bâtiment et ville numériques
- Logistique et distribution
- Sécurité des biens et des personnes
- Robotique mobile
- Confiance numérique
- Énergie
- Automatismes et processus industriels

# PARTIE VII. ANIMATION DE L'ECOSYSTEME DU LOGICIEL EMBARQUE

## VII.1 SITUATION ACTUELLE : PRESENTATION ET CONSTAT

Plusieurs organisations et actions concourent aujourd'hui à la structuration et à l'animation de l'écosystème du logiciel et des systèmes embarqués. Elles sont issues d'initiatives menées sur la période 2011 -2012, tant en Europe qu'en France. Ces initiatives sont brièvement rappelées ci-dessous et un constat des risques et opportunités de la situation actuelle est ensuite proposé en conclusion.

### VII.1.1 Initiatives européennes

#### LES RESEAUX D'EXCELLENCE ARTIST ET ARTIST 2

Historiquement, la première initiative est celle du Réseau d'Excellence (Network of Excellence) ARTIST (Accompanying Measure on Advanced Real-Time Systems) lancé dans le cadre du IST FP 5 à l'initiative du laboratoire CNRS VERIMAG et de son directeur Joseph Sifakis. L'activité d'ARTIST s'est déroulée du 1er avril 2001 au 31 mars 2007 avec une dernière année consacrée aux activités de coopération internationale.

ARTIST était une initiative académique, rassemblant 30 organismes de recherche, avec l'objectif de coordonner les activités de R&D en matière de systèmes temps-réel.

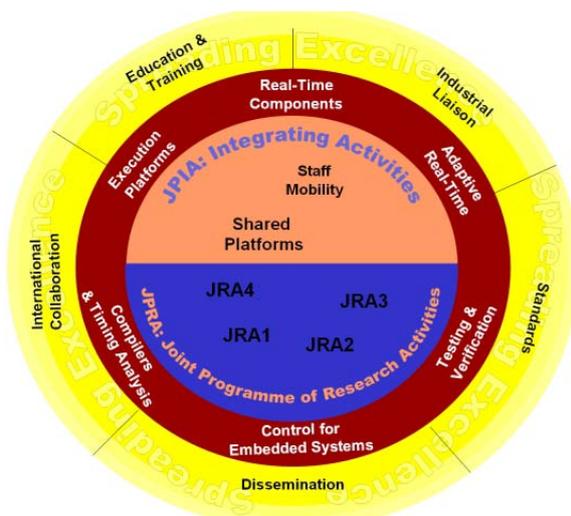


Figure 20 Activités du Réseau ARTIST 2

Le réseau ARTIST a été poursuivi du 1<sup>er</sup> janvier 2008 au 31 décembre 2011 sous la forme d'un nouveau Réseau d'Excellence, ARTIST 2 (European Network of Excellence on Embedded Systems Design) dans le cadre IST FP 6. Le consortium ARTIST 2 rassemblait 31 organismes de recherche ainsi que des partenaires associés : 15 industriels et 25 académiques – et 5 partenaires internationaux autour des activités décrites dans le schéma ci-contre.

Les réseaux ARTIST et ARTIST 2 et leurs responsables Joseph Sifakis, directeur, et Bruno Bouysonnouse, directeur opérationnel, ont joué un rôle déterminant dans la constitution du leadership européen dans le domaine et de son rayonnement international, particulièrement

en ce qui concerne les bases scientifiques et les technologies pour l'« Embedded System Design », priorité thématique du réseau ARTIST 2.

## LA JOINT UNDERTAKING (JU) ARTEMIS

Après une phase d'élaboration de 4 ans sur la période 2004-2007, la Joint Undertaking in Embedded Computing Systems, ou JU ARTEMIS, a été créée par la Council Regulation<sup>20</sup> du 27 décembre 2007 qui en définit les objectifs et la mise en œuvre.

ARTEMIS est un Partenariat Public-Privé (PPP) tripartite comprenant l'industrie, les États membres et la Commission européenne. L'objectif de budget global du programme ARTEMIS sur la période 2008-2013 a été fixé à 2.6 milliards d'euros, financés pour 33,3% par les États membres, 16,7% par la CE et pour 50% par le secteur privé (industrie).

La vision et les objectifs technologiques d'ARTEMIS sont fixés dans le Strategic Research Agenda (SRA) ARTEMIS comme représenté sur la figure ci-contre pour sa version 2011. Ces objectifs technologiques contribuent à résoudre des défis sociétaux.

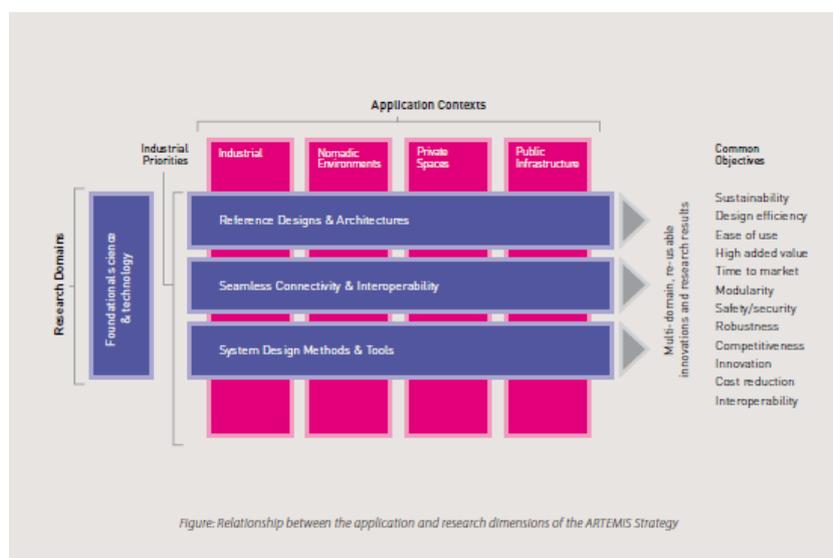


Figure 21 Strategic Research Agenda ARTEMIS

La *Second Interim Evaluation of the ARTEMIS and ENIAC Joint Technology Initiatives* est en cours. Ses conclusions n'ont pas encore été publiées à la date de rédaction de ce rapport.

## VII.1.2 Initiatives françaises

Plusieurs initiatives importantes dans les années 2005 – 2007 ont contribué à la structuration et à l'animation du domaine du logiciel et des systèmes embarqués en France.

### LES POLES DE COMPETITIVITE

En 2005, la mise en place de pôles de compétitivité positionnés sur le domaine du logiciel et des systèmes embarqués :

<sup>20</sup> Cf. [eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:030:0052:0068:FR:PDF](http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:030:0052:0068:FR:PDF)

- Aerospace Valley,
- Images & Réseaux,
- Minalogic,
- Systematic.

chacun couvrant de façon assez complémentaire une partie du champ, tant pour les aspects technologiques que les secteurs industriels cibles.

Sur la période 2015-2012, ces quatre pôles ont permis la réalisation de nombreux projets de R&D pour une large part consacrés aux technologies du logiciel et des systèmes embarqués. Par ailleurs, par leurs programmes de soutien au développement des entreprises ces pôles contribuent au développement et à la structuration des filières de l'embarqué au sein de leurs territoires respectifs.

Les chiffres présentés dans le tableau ci-dessous illustrent l'activité des pôles en termes d'animation de l'écosystème et d'innovation.

Pôle	Aerospace Valley	Images & Réseaux	Minalogic	Systematic
Organismes publics de recherche (2012)	22	27	12	83
PME et ETI (2012)	330	179	145	444
Grandes Entreprises (2012)	74	22	29	125
Montant cumulé des projets de R&D en M€ (2005-2012)	1 135	683	1 700	1 849

Tableau 20 Ecosystème des pôles

## COMITE EMBARQUE DE SYNTEC NUMERIQUE

La création en 2006 au sein de Syntec numérique, d'un Comité embarqué a marqué la reconnaissance par les entreprises du logiciel et des services numériques de l'importance croissante du logiciel et des systèmes embarqués dans leurs activités. Eric Bantégnie, à l'origine de cette initiative, a assuré la présidence du Comité embarqué de 2006 à 2011. Daniel Benchimol en assure la présidence depuis 2011.

Le Comité embarqué de Syntec numérique regroupe plus de 25 sociétés éditeurs de logiciels, sociétés de services et de conseil en technologie, pôles de compétitivité, organismes de recherche.

Le Comité embarqué a engagé depuis 2006 plusieurs actions structurantes pour la connaissance, la structuration et la visibilité du domaine :

- Etudes et rapports sur le secteur du logiciel embarqué :
  - Livre blanc des premières Assises Françaises du Logiciel Embarqué, Syntec informatique, RNTL, Ministère de l'Économie, des Finances et de l'industrie, mars 2007
  - Cartographie du secteur des fournisseurs de Logiciels et Services dans le domaine des systèmes embarqués, PAC et IDC, mars 2007

- Étude sur le marché et les compétences autour des logiciels embarqués, OPIIEC / PAC, 2008
  - Adéquation entre les besoins en compétence et l'offre de formation dans les 10 métiers clés de l'informatique embarquée, OPIIEC / KATALYSE, mai 2009
  - Le Livre blanc des Systèmes Embarqués, Syntec informatique, juin 2009
  - Le Livre blanc des Systèmes Embarqués, Syntec informatique, octobre 2010
  - Contributions au rapport de 2010 « Briques génériques du logiciel embarqué ».
- Manifestation des Assises de l'Embarqué : organisées annuellement depuis 2007 par Syntec numérique, avec le soutien de la DGCS et en partenariat avec Cap'Tronic et les pôles de compétitivité cités, les Assises de l'Embarqué réunissent acteurs industriels et institutionnels avec l'objectif de rendre compte des évolutions du domaine et de ses enjeux. Y sont remis les Trophées de l'Embarqué organisés par Cap'Tronic en partenariat avec DGCS et Syntec numérique ; en 2008 et en 2009, cette manifestation a pris une extension franco-allemande et a été organisée en partenariat avec le BITKOM, sous l'intitulé Assises Franco-Allemandes de l'Embarqué.

### CLUB DES GRANDES ENTREPRISES DE L'EMBARQUE (CG2E)

Le Club des Grandes Entreprises de l'embarqué (CG2E) a été créé en 2009 par le Comité embarqué de Syntec numérique. L'objectif était d'élargir les communautés professionnelles rassemblées dans le Comité embarqué, principalement les fournisseurs de logiciels et de services, aux entreprises industrielles des secteurs tels que l'aéronautique, l'automobile, la défense, la santé, etc. Ces entreprises sont à la fois acteurs de l'embarqué et donneurs d'ordre pour les fournisseurs. Pour mémoire, l'étude citée plus haut de 2007 sur la « Cartographie du secteur des fournisseurs de Logiciels et Services dans le domaine des systèmes embarqués » montre que 2/3 des effectifs du domaine logiciel et systèmes embarqués sont dans ces entreprises. Leur prise en compte dans l'animation de l'écosystème était donc indispensable.

Le CG2E a été présidé à sa création par Dominique Vernay, puis à partir de 2010 par Jean-Marc Thomas. Son activité principale s'est structurée autour des enjeux de standards et de certifications de sécurité dont les résultats ont été présentés aux Assises de l'Embarqué 2010.

### CAP'TRONIC

Avec le soutien du Ministère chargé de l'Industrie (le Ministère du Redressement Productif), l'association JESSICA France est chargée de la mise en œuvre du programme CAP'TRONIC.

Celui-ci a pour objectif d'aider les PME françaises, quel que soit leur secteur d'activité, à améliorer leur compétitivité grâce à l'intégration de solutions électroniques et de logiciel embarqué dans leurs produits.

Fin 2011, le périmètre du programme CAP'TRONIC a été renforcé et élargi pour lui permettre d'accompagner les PME dans la mise en œuvre et l'intégration de logiciels embarqués dans leurs produits.

Le périmètre d'intervention suivant a ainsi été défini sur la base de la définition suivante :

« *Le logiciel embarqué s'exécute sur des systèmes électroniques construits pour effectuer des tâches fonctionnelles précises, réunissant **toute ou partie** des caractéristiques suivantes :*

- *Contrôle et commande d'un autre organe,*
- *Disposant d'une interface homme / machine,*

- *Intégrés ou connectés à d'autres dispositifs.*

*Au vu de leurs très nombreuses applications, ils doivent, selon les cas, répondre aux contraintes suivantes : réactivité, capacités limitées (mémoires, puissance de calcul), consommation et dissipation énergétiques, autonomie, mobilité, sûreté de fonctionnement, environnement sévère, etc.*

*Leurs développements et validation requièrent des ingénieries spécifiques. »*

Cet élargissement s'est traduit par un budget d'intervention supplémentaire et par l'embauche d'ingénieurs spécialisés en Logiciel Embarqué qui viennent en soutien des 20 ingénieurs CAP'TRONIC présents sur l'ensemble de la France.

En termes d'activité, cet élargissement s'est traduit, en 2012, par :

- l'organisation de 42 Séminaires Techniques portant sur le logiciel embarqué (« Réussir l'IHM d'un produit », « Android : présentation générale et mise en œuvre », « Anticiper les exigences du DO178C », « Architectures des systèmes embarqués matériels & logiciels », « Sûreté de fonctionnement du logiciel » ...) ;
- l'organisation de 31 Ateliers Techniques (formation) dédiés aux PME et portant sur le logiciel embarqué (« Linux embarqué – Linux Temps réel », « Traitement numérique du signal. Les notions de bases et la mise en œuvre sur DSP et FPGA », « Développement pratique sur Cortex M3 : STM32 & FreeRTOS », « Sûreté de fonctionnement du logiciel », « développement d'applications Android industrielles », « Java Embarqué », « La norme DO178B, quels impacts sur le logiciel embarqué ? »...) ;
- l'accompagnement de PME (conseil et intervention d'experts) ayant des projets d'innovation intégrant du logiciel embarqué.

## MANIFESTATIONS CONSACREES A L'EMBARQUE

Au niveau européen, la référence est la manifestation internationale Embedded World qui a lieu tous les ans à Nuremberg (Allemagne). C'est probablement la plus grande manifestation du secteur associant exposition et conférences ; 850 exposants et 22 000 visiteurs (2012).

En France, les plus importantes manifestations sont :

- Embedded Real-Time Systems (ERTS<sup>2</sup>), conférence scientifique et exposition internationale organisée depuis 2004 à Toulouse (Midi-Pyrénées) ; cette manifestation bisannuelle est en croissance en terme de participation et prévoit de passer à partir de 2014 à un rythme annuel ;
- Embedded Days, Convention d'Affaires sur les Systèmes Embarqués & Systèmes Complexes organisée depuis 2012 à Orly (Ile-de-France) ;
- RTS Embedded, MtoM, DISPLAY, ESDT, exposition annuelle à Paris (Ile-de-France) ;
- Assises de l'Embarqué (cf. plus haut) à Paris (Ile-de-France) ;

Les principales caractéristiques de ces manifestations sont données dans le tableau présenté ci-dessous.

	Participants (2012)	Conférence Scientifique & Technique	Exposants (2012)	Rendez-vous d'Affaires	Organisateurs	Partenaires et soutiens
<b>ERTS<sup>2</sup> (Toulouse)</b>	600	Oui	60	Non	3AF Midi-Pyrénées SEE	Région Midi-Pyrénées Le Grand Toulouse Communauté Urbaine Pôle Aerospace Valley
<b>Embedded Days (Orly)</b>	3000	Non	600	Oui	CapTronic Proximum	Région Île-de-France Pôle Systematic Syntec numérique
<b>RTS Embedded (Paris)</b>	5800	Non	160	?	Salon Solutions Electroniques	Cap'Tronic Electronique Mag Electroniques Industrie & Technologies L'usine Nouvelle Le monde de l'Industrie Etc.
<b>Assises Embarqué (Paris)</b>	150	Non	Non	Non	Syntec numérique DGCIS CapTronic	Pôle Aerospace Valley Pôle Images&Réseaux Pôle Minalogic Pôle Systematic

Tableau 21 Principales manifestations du domaine Embarqué en France

### VII.1.3 Constats sur la situation actuelle

Les constats suivants sur la situation actuelle ont été partagés par les membres du groupe de travail :

- Le travail réalisé depuis 2006 par Syntec numérique, les pôles Aerospace Valley, Images & Réseaux, Minalogic, Systematic et par Cap 'Tronic a été fondateur pour la connaissance, la structuration et la visibilité du secteur ;
- La multiplication des initiatives illustre la dynamique du secteur mais présente un risque de dispersion des actions et des ressources et de difficultés croissantes de coordination et communication efficaces ;
- Cette situation de fragmentation pourrait limiter à terme la capacité des acteurs français dans leur ensemble de porter un message homogène et fort tant vers les pouvoirs publics français que vers les instances européennes ;
- Plusieurs de ces initiatives montrent des signes d'« essoufflement » qui traduisent la nécessité d'un ressourcement tant en matière de contenu que de mode de fonctionnement ;

- La visibilité européenne et internationale des capacités et forces françaises dans le domaine est restreinte par l'absence de marque commune et/ou d'événements fédérateurs ;
- Les ressources humaines et financières disponibles au sein des différentes initiatives sont parfois sous-critiques au regard des enjeux du domaine ;
- Il y a consensus partagé par les responsables des initiatives existantes pour établir une organisation commune de pilotage et d'animation de l'écosystème du logiciel embarqué en France ;
- Les pouvoirs publics français encouragent cette évolution.

## VII.2 ENJEUX POUR L'ANIMATION DE L'ECOSYSTEME DU LOGICIEL EMBARQUE

Sur la base des analyses des Partie IV, V et VI du rapport et des constats ci-dessus, les cinq enjeux principaux suivants sont à prendre en compte dans la définition des contours et des modalités d'une action globale d'animation de l'écosystème du logiciel embarqué :

1. Représentation et animation de l'ensemble de l'écosystème français du logiciel et des systèmes embarqués dans une définition élargie du secteur.
2. Approfondissement de la connaissance du secteur dans une vision prospective selon toutes ses dimensions : périmètre, marchés, modèles d'affaires, compétences et formation, technologies, etc.
3. Force de propositions auprès des pouvoirs publics français et des instances européennes en vue du développement du secteur et de ses acteurs.
4. Visibilité et promotion de l'écosystème et de ses acteurs tant en France qu'à l'Europe et à l'international.
5. Organisation et support d'actions spécifiques en liaison avec les pouvoirs publics français et les instances européennes.

## VII.3 PROPOSITIONS

Afin de répondre aux enjeux indiqués, les quatre propositions suivantes sont faites. Elles sont détaillées dans les sections qui suivent.

### PROPOSITION N° 16

Créer une association, « Embedded France », fédérant les structures actuelles engagées dans le développement et la promotion du secteur – pôles de compétitivité, syndicats professionnels, associations professionnelles – et leurs membres entreprises et organismes de recherche et de formation avec la mission principale d'organiser et de porter la réflexion nationale sur les enjeux présents et futurs du domaine.

### PROPOSITION N° 17

Fixer une nouvelle ambition à la manifestation annuelle des « Assises de l'Embarqué » avec pour objectif de sensibiliser les décideurs des mondes politiques, industriels et de la recherche à l'importance économique et sociétal du domaine et à ses évolutions.

### PROPOSITION N° 18

Coordonner les manifestations existantes et soutenir le développement des activités d'excellence de ces manifestations: conférences scientifiques internationales, expositions, rendez-vous d'affaires.

### PROPOSITION N° 19

Développer, avec le support des pôles de compétitivité concernés de l'association « Embedded France », la communauté des entreprises et laboratoires partenaires des projets BGLE engagés et futur :

- Par l'organisation d'un « Séminaire BGLE » consacré aux résultats des projets BGLE et à l'approfondissement des priorités technologiques du domaine logiciel embarqué.
- Par le suivi des entreprises partenaires des projets BGLE.

## VII.3.1 Association « Embedded France »

Les propositions présentées ici constituent une préfiguration du projet d'association « Embedded France ». Les statuts et les règles de fonctionnement de l'association seront à définir par ses fondateurs.

### ACTIVITES

Les activités d'« Embedded France » sont consacrées aux thèmes transverses d'intérêt général, dans un mode de type « Think tank », avec les activités de communication et de promotion associées. Les activités principales de l'association « Embedded France » sont :

- Approfondissement de la connaissance du secteur dans une vision prospective selon toutes ses dimensions : périmètre, marchés, modèles d'affaires, compétences et formation, technologies, etc.
- Propositions auprès des pouvoirs publics français et des instances européennes en vue du développement du secteur et de ses acteurs.
- Mise en visibilité et promotion de l'écosystème et de ses acteurs tant en France qu'à l'Europe et à l'international : site web, séminaires, présence active (organisation et programme) dans les manifestations spécialisées.

- Organisation et support d'actions spécifiques en liaison avec les pouvoirs publics français et les instances européennes.

## MEMBRES DE « EMBEDDED FRANCE »

Deux catégories de membres sont définies :

- Membres A : les membres A sont des organisations de type associatif rassemblant des communautés d'acteurs actifs dans le domaine du logiciel et des systèmes embarqués ; ils sont réunis dans le Collège A ;
- Membres B : les membres B sont des entreprises ou organismes de recherche et de formation actifs dans le domaine du logiciel et des systèmes embarqués, particulièrement celles qui sont porteurs ou partenaires de projets BGLE ; ils souhaitent soutenir directement les activités de l'association et y associer leur image ; ils sont réunis dans le Collège B ;

Les fondateurs de l'association sont les membres A suivant :

- Syntec numérique et le CG2E ;
- Les pôles de compétitivité Aerospace Valley, Images & Réseaux, Minalogic et Systematic ;
- JESSICA / Cap'Tronic.

A travers ses membres A et B, « Embedded France » assure la représentation de l'ensemble de l'écosystème du logiciel et des systèmes embarqués. L'association assurera la veille sur les communautés émergentes du domaine avec l'objectif de les associer à ses activités.

L'adhésion de nouveaux membres, A ou B, est décidée par le Conseil d'Administration de l'association.

## COTISATION DES MEMBRES

Les niveaux de cotisation proposés sont :

- Membres A : 2 000 € par an.
- Membres B : 5 000 € par an minimum (montant à moduler selon taille de l'entreprise).

## GOUVERNANCE DE L'ASSOCIATION

Il est proposé que la gouvernance de l'association soit constituée par :

- Un Conseil d'Administration rassemblant des représentants des Collèges A et B, deux personnalités qualifiées et deux représentants invités (sans droit de vote) des pouvoirs publics.
  - Pour le Collège A, les représentants sont des industriels désignés par la gouvernance de leur organisation ;
  - Les membres du Conseil d'Administration sont élus pour une durée de 3 ans, renouvelable ;
  - A la création de l'association, le Conseil d'Administration est constitué de ses fondateurs.
- Un président, personnalité appartenant à l'une des communautés des membres A, élu par le Conseil d'Administration pour une durée de 3 ans renouvelable une fois ;

- Deux vice-présidents, représentant des membres A, élus par le Conseil d'Administration pour une durée de 3 ans renouvelable une fois ;
- Un directeur opérationnel, possédant une expérience professionnelle dans le secteur, nommé par le Conseil d'administration ;
- Un comité opérationnel et des groupes thématiques organisés sur proposition du directeur opérationnel ; les membres des communautés des membres du Collège A et les membres du Collège B sont représentés dans le comité opérationnel selon des règles fixées par le règlement intérieur de l'association.
- Les groupes thématiques mènent les réflexions sur la connaissance du secteur et de son évolution selon un plan de travail établi par le Conseil d'Administration ; ils rapportent au Comité opérationnel qui en assure le suivi.

## BUDGET ET FINANCEMENT

« Embedded France » s'appuiera pour l'essentiel sur les ressources propres de ses membres pour réaliser ses activités. Pour des actions spécifiques (études sous-traitées, manifestations, etc.) elle recherchera à l'extérieur et auprès de ses membres les financements nécessaires.

En année pleine, ses dépenses propres sont constituées par les charges de sa structure opérationnelle estimée à 80 K€ par an.

Ses recettes propres proviennent :

- des cotisations des membres A ;
- des cotisations des membres B ;
- de prestations de service liées à son activité : manifestations, publications, etc.

Une première estimation du budget prévisionnel sur 3 ans est donnée ci-dessous :

	Année 1	Année 2	Année 3
<b>Dépenses (K €)</b>	<b>80</b>	<b>80</b>	<b>80</b>
Cotisation membres A	16	18	20
Cotisation membres B	20	24	48
<b>Recettes</b>	<b>36</b>	<b>42</b>	<b>68</b>

« Embedded France » sollicitera les pouvoirs publics pour un soutien financier durant ses trois premières années d'activités.

### VII.3.2 Assises de l'Embarqué

Il est proposé de poursuivre l'organisation annuelle des « Assises de l'Embarqué », en partenariat avec la DGCIS et le CGI, avec l'ambition réaffirmée:

- de constituer l'événement de référence de l'association « Embedded France » réunissant l'écosystème et les pouvoirs publics autour des enjeux actuels et futur de la filière;
- de rassembler de façon la plus large possible tous les acteurs de l'écosystème ;
- de présenter dans une vision prospective les différents enjeux et les problématiques du domaine ;

- de partager des propositions concrètes en faveur de la consolidation de la filière.

Elles s’adressent aux décideurs:

- du secteur public ;
- des entreprises et des communautés du domaine ;
- des organismes de recherche et des laboratoires.

avec l’objectif de rassembler en une journée de conférences 350 participants et une vingtaine d’intervenants de haut niveau.

Ces caractéristiques définissent un positionnement spécifique des « Assises de l’Embarqué » qui ne vise à être ni une manifestation scientifique, ni une exposition ou un rendez-vous d’affaires comme le sont pour l’essentiel les manifestations existantes.

Dans ce contexte, l’édition 2013 des Assises de l’Embarqué serait organisée dans les conditions suivantes :

- elles constitueront le Kick-off officiel de l’association « Embedded France » ;
- la période envisagée est septembre-octobre 2013 en complémentarité avec ERTS 2014 (début février 2014) ;
- les interventions illustreront les réalisations et enjeux du domaine dans toutes leurs dimensions : périmètre, marchés, acteurs, modèles d’affaires, compétences et formation, technologies, etc. et prépareront ainsi les feuilles de route des groupes thématiques de l’association.

### VII.3.3 Coordination et appui des manifestations et événements spécialisés

La politique d’ « Embedded France » en matière de manifestations et événements comportera une action active de coordination, d’appui et de participation aux manifestations et événements spécialisés du domaine :

- Attribution du label « Embedded France » à ces manifestations et événements ;
- Ce label sera associé à la mise en œuvre d’un cahier de charges définissant les apports réciproques de l’association et des organisateurs des manifestations et événements ;
- Promotion vers leurs communautés respectives par les membres A de l’association des manifestations et événements labellisés ;
- Coordination du calendrier des manifestations : au vu des agendas, le calendrier global des manifestations est actuellement le suivant :

Trimestre	Manifestations
T1	ERTS <sup>2</sup>
T2	Embedded Days et RTS Embedded
T3	-
T4	Assises de l’Embarqué

Tableau 22 Calendrier des manifestations

« Embedded France » se coordonnera avec les organisateurs des différentes manifestations afin de maintenir un calendrier global cohérent et d’éviter les situations de recouvrement.

### VII.3.4 Développement de la communauté des partenaires des projets BGLE

Les différents partenaires, entreprises et laboratoires publics de recherche, des projets BGLE sélectionnés à l'issue des trois premiers appels représentent déjà une communauté importante comme rappelé dans le tableau ci-dessous (cf. III.2.2).

	Association	Etablissements de recherche (coûts complets)	Etablissements de recherche (coûts marginaux)	PME	ETI	Grandes entreprises	Total
Intégrateur	2	0	1	8	1	24	36
Techno-provider	1	11	14	39	4	6	75
Total	3	11	15	47	5	30	111

Tableau 23 : Communauté des partenaires des projets BGLE engagés

Par son engagement dans les projets BGLE, cette communauté est porteuse de plusieurs briques logicielles majeures pour le développement du domaine et pour la maîtrise de ses bases technologiques.

Le développement de cette communauté et des échanges entre ses membres, la diffusion des résultats de ses projets constituent donc un enjeu important pour l'ensemble du programme Logiciel Embarqué des Investissements d'Avenir.

Deux activités sont proposées afin de répondre à cet enjeu. Elles seront mises en œuvre en liaison avec les services de l'administration.

#### SUIVI DES ENTREPRISES PARTENAIRES DES PROJETS BGLE ENGAGES

Il s'agit de suivre dans la durée – sur une période de 7 ans comme demandée dans le cadre des contrats de performance 2013-2018 des pôles de compétitivité – les entreprises partenaires des projets BGLE engagés. L'objectif est de mesurer l'impact du projet sur le développement de ces entreprises.

Ce suivi sera réalisé sur la base :

- d'indicateurs de développement de ces entreprises ;
- d'indicateurs de développement industriel et commercial des produits et services innovants de ces entreprises qui résultent des projets BGLE.

Pour la mise en œuvre pratique de cette action, il est proposé que le renseignement des indicateurs soit réalisé par le pôle auquel appartient l'entreprise partenaire, d'une part à partir des informations que le pôle collecte normalement sur ses membres, d'autre part si nécessaire à l'aide d'un questionnaire spécifique.

#### SEMINAIRE BGLE

Les deux objectifs principaux de ce « Séminaire BGLE » sont :

- d'une part de poursuivre le travail de réflexion mené par les groupes de travail des missions Logiciel embarqué 2010 et 2012 sur les priorités technologiques ; il s'agit de répondre à la rapidité des évolutions technologiques et la difficulté croissante pour chaque acteur d'en maîtriser tous les aspects
- d'autre part de rendre compte de l'avancement des projets BGLE engagés et développer le partage d'expériences et de solutions entre les partenaires de ces projets.

Le format proposé pour ce « Séminaire BGLE » est le suivant :

- Durée d'une demi-journée à une journée selon le contenu;
- Deux ou trois réunions par an, chacune adossée à une des manifestations du domaine : « Assises de l'Embarqué », ERTS<sup>2</sup>, etc.
- Contenu de chaque séminaire centré sur un des thèmes de la feuille de route BGLE et partagé entre :
  - Exposés technologiques par experts invités d'entreprises ou de laboratoires ;
  - Présentation d'avancement et de résultats de 2 ou 3 projets BGLE portant sur le thème du séminaire.
- Localisation et organisation tournante entre les pôles de compétitivité impliqués.

Le « séminaire BGLE » permettra ainsi :

- de rendre compte annuellement de 6 à 12 projets engagés ;
- de rassembler les éléments pour la mise à jour périodique des feuilles de route.

Un Comité de Programme rassemblant experts industriels et académiques des projets BGLE représentants de l'administration sera constitué. Il assurera la programmation des séminaires et leur mise en œuvre en liaison avec les pôles impliqués et l'association « Embedded France ».

Les séminaires seront ouverts. Les annonces des séminaires seront diffusées par l'association « Embedded France » et par ses membres A.



# PARTIE VIII. ANNEXES

## VIII.1 LETTRE DE MISSION



LE MINISTRE DU REDRESSEMENT  
PRODUCTIF

LA MINISTRE DÉLÉGUÉE CHARGÉE  
DES PME, DE L'INNOVATION ET DE  
L'ÉCONOMIE NUMÉRIQUE

LE COMMISSAIRE GÉNÉRAL À  
L'INVESTISSEMENT

Paris, le - 6 NOV. 2012

Monsieur Dominique POTIER

Monsieur,

Composante clé de la fiabilité et la performance dans les filières automobile et aéronautique, le logiciel embarqué devient un élément différenciant majeur pour un nombre toujours croissant de dispositifs, dans des domaines aussi variés que la santé, la gestion énergétique ou la domotique.

Vous avez bien voulu vous impliquer dans la mise en œuvre des investissements d'avenir, afin de renforcer le positionnement de l'industrie française dans le domaine du logiciel embarqué.

Votre contribution a porté en premier lieu sur l'élaboration, en lien avec les principaux acteurs, d'une feuille de route stratégique de ce domaine. Les enjeux et les axes d'action prioritaires identifiés dans votre rapport ont servi de base aux trois appels à projets lancés sur cette thématique par le Fonds national pour la société numérique (FNSN).

Vous avez également accepté de co-présider le comité d'experts chargé de l'évaluation des dossiers soumis. 16 projets, représentant un effort de 192 M€ et bénéficiant d'un soutien public de 82 M€, ont ainsi pu être sélectionnés dans ce cadre.

Nous tenons à vous remercier pour votre contribution à ces appels à projets, qui était un élément essentiel dans la bonne allocation des financements publics.

Cette contribution est d'autant plus significative que le logiciel embarqué constitue plus que jamais un domaine stratégique pour nos filières industrielles. Sa maîtrise par des fournisseurs de technologies de masse critique constitue ainsi un enjeu de premier plan pour la capacité d'innovation des acteurs industriels français.

...

C'est pourquoi nous vous confions une nouvelle mission, portant :

- d'une part, sur l'actualisation de la feuille de route stratégique du domaine du logiciel embarqué,
- d'autre part, sur l'animation de l'écosystème français du logiciel embarqué.

Au titre de l'actualisation de la feuille de route stratégique, votre analyse portera notamment sur les points suivants :

- le bilan des réponses reçues aux trois appels à projets précités, au regard des objectifs initiaux ;
- l'évolution des contextes technologique et industriel et identification des problématiques émergentes ;
- la formulation de propositions pour structurer dans la durée des masses critiques technologiques,
- la formulation de propositions pour favoriser la diffusion de ces technologies génériques vers les filières applicatives.

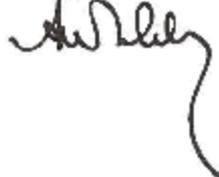
Vous menerez votre réflexion en lien avec les principaux acteurs économiques du domaine et pourrez utilement vous appuyer sur les services de la Direction générale de la compétitivité, de l'industrie et des services.

Vous voudrez bien nous faire part de votre analyse pour le 15 décembre prochain. Il nous serait utile de disposer d'un rapport intermédiaire au 15 novembre, présentant plus particulièrement le bilan des réponses aux trois appels à projets.

Au titre de l'animation de l'écosystème français du logiciel embarqué, vous nous proposerez, en lien avec les pôles de compétitivité concernés, des actions de nature à favoriser le développement d'une communauté des entreprises et laboratoires partenaires des projets issus des appels précités. Vous participerez ensuite à la mise en œuvre de ces actions en lien avec nos services. Vous voudrez bien nous faire part de vos propositions en ce sens pour le 15 novembre prochain.

Nous vous prions de croire, Monsieur, à l'assurance de nos sentiments les meilleurs.

Arnaud MONTEBOURG



Fleur PELLERIN



Louis GALLOIS



## VIII.2 GROUPE DE TRAVAIL

### VIII.2.1 Experts

Nom		Organisme	Responsabilité
Eric	Bantégny	Esterel Technologies	PDG Esterel Technologies
Fabrice	Derepas	CEA-LIST	Director of programs and strategy
Jean-Luc	Chaubaudie	ALTRAN	DG Adjoint ALTRAN PRAXIS
Romain	Berrendonner	AdaCore	Directeur juridique AdaCore France
Emmanuel	de Cournon	ST Microelectronics	R&D and Public Affairs, New Programs Manager
Gérard	Cristau	Thales	Project Manager, Thales Research & Technology
Jean-Luc	Dormoy	EDF	Directeur
Jean	Figue	SII	Directeur technique
Gilles	Le Calvez	Valeo	Directeur recherche, Valeo
Christophe	Lécluse	Kalray	Directeur Général Adjoint Paris
Claude	Lepape	Schneider-Electric	VP Recherche
Fred	Rivard	IS2T	PDG
Marie-Line	Valentin	Airbus	Coordination projets de recherche, Centre de compétence Avionique et Simulation d'Airbus Operations

### VIII.2.2 Pôles de compétitivité

Pôle	Président	Expert Mission Logiciel Embarqué
Aerospace Valley	Agnès Paillard	Gérard Ladier
Cap Digital	Stéphane Distinguin	Philippe Roy
IDforCAR	Yvon Peurou	Gérard Duchêne
Images & Réseaux	Vincent Marcatté	Fred Rivard
Medicen	Arnaud Gobet	Chrystèle Ody
Minalogic	Loïc Liétar	Philippe Wieczorek
Moveo	Jean-Claude Hanus	Nicolas Dattez, Jochen Langheim
Mer PACA	Bernard Sans	Philippe Papin, Thierry leroy
S2E2	Thierry Allard	Bogdan Rosinski
Systematic	Jean-Luc Beylat	François Cuny, Karim Azoum

### VIII.2.3 Associations professionnelles

Association	Président	Expert Mission Logiciel Embarqué
Syntec numérique	Guy Mamou-Mani	Daniel Benchimol, Eric Lerouge
Cap'Tronic	Yves Bourdon	Jean -Philippe Malicet