

# Les systèmes embarqués, une nouvelle filière industrielle pour la France

par

■ **Éric Bantegnie** ■

Pilote du plan Logiciels et Systèmes Embarqués

## En bref

Pour aider l'industrie française à se redresser et à réussir la double transition écologique et numérique, le ministre du Redressement productif a lancé le 26 novembre 2013 les trente-quatre plans de la Nouvelle France industrielle. Chacun est coordonné par un industriel et doit favoriser le développement d'un écosystème de fournisseurs et d'utilisateurs de technologies et de services. Éric Bantegnie, fondateur et PDG d'Esterel Technologies (outils de développement de systèmes et logiciels embarqués critiques, aujourd'hui filiale d'ANSYS), est pilote du plan Logiciels et Systèmes Embarqués. Le secteur de l'embarqué connaît actuellement une forte croissance et la France dispose d'atouts dans ce domaine. La synergie entre l'initiative des industriels (qui s'est traduite par la création d'une association, Embedded France) et le plan ministériel semble d'ores et déjà porter ses fruits, que ce soit à travers l'identification de défis à relever prioritairement ou le montage de partenariats avec des entreprises allemandes.

Compte rendu rédigé par Élisabeth Bourguinat

*L'Association des Amis de l'École de Paris du management organise des débats et en diffuse des comptes rendus, les idées restant de la seule responsabilité de leurs auteurs. Elle peut également diffuser les commentaires que suscitent ces documents.*

Séminaire organisé avec le soutien de la Direction générale des entreprises (ministère de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique) et grâce aux parrains de l'École de Paris (liste au 1<sup>er</sup> novembre 2015) :

• Airbus group • Algoé<sup>1</sup> • ANRT • Be Angels • Carewan<sup>2</sup> • CEA • Chaire "management de l'innovation" de l'École polytechnique • Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris • CNES • Conseil Supérieur de l'Ordre des Experts Comptables • Crédit Agricole S.A. • Danone • EDF • ESCP Europe • FaberNovel • Fondation Charles Léopold Mayer pour le Progrès de l'Homme • Fondation Crédit Coopératif • Fondation Roger Godino • Groupe BPCE • HRA Pharma<sup>2</sup> • IDRH • IdVectoR<sup>3</sup> • La Fabrique de l'Industrie • La Poste • Mairie de Paris • MINES ParisTech • Ministère de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique, DGE • NEOMA Business School • Orange • PSA Peugeot Citroën • Renault • SNCF • Thales • Total • UIMM • Ylios

1. pour le séminaire Ressources technologiques et innovation
2. pour le séminaire Vie des affaires

Une part essentielle de l'innovation et des créations de fonctionnalités dans tous les secteurs industriels (aéronautique, automobile, ferroviaire, équipements industriels, énergie, médical...) est aujourd'hui liée à l'incorporation d'intelligence dans les machines, que ce soit sous forme de contrôle-commande ou encore de capacités de dialogue avec les utilisateurs. Des objets qui ne contenaient pas une seule ligne de code il y a vingt ans, comme les systèmes d'aiguillage, en comportent désormais des dizaines ou des centaines de milliers. La multiplication du nombre de lignes n'entraînant pas d'augmentation du poids de l'objet ou de sa consommation électrique, le seul facteur limitant cette évolution est la puissance des calculateurs. Or, ce sont les fabricants de composants qui réalisent les investissements nécessaires à l'augmentation de cette puissance. Les perspectives de développement du secteur de l'intelligence embarquée paraissent donc colossales.

## Les secteurs concernés par les systèmes embarqués

### *L'aéronautique*

Un Airbus A380 contient huit millions de lignes de code, qui doivent être exemptes de bugs. Or, comme le souligne Gérard Berry, « *logiciel et absence de bugs sont des concepts antinomiques* ». Il faut donc disposer de *process* et d'outils sophistiqués pour atteindre ce résultat. D'après les estimations d'Airbus, un tiers des coûts de développement d'un avion est lié à ces logiciels.

Un avion comprend entre soixante-dix et quatre-vingt systèmes embarqués (commandes de moteur, commandes de vol, systèmes de puissance, management de l'air conditionné de la cabine, systèmes de maintenance, etc.) qui se répartissent en deux catégories, ceux à vocation de contrôle des systèmes physiques et ceux dédiés à l'interaction avec l'utilisateur, et sont interconnectés.

### *La défense*

Les avions militaires sont dotés, en outre, de systèmes de gestion des armes et des drones qui peuvent représenter 50% de lignes de code supplémentaires. L'importance majeure des systèmes embarqués pour l'industrie de la défense explique les investissements massifs réalisés par les pouvoirs publics dans ce domaine. De nombreuses technologies liées à la reconnaissance d'images, par exemple, ont été développées initialement dans le secteur de la défense.

### *L'automobile*

Dans l'automobile également, de plus en plus de fonctions sont désormais pilotées par des systèmes embarqués : moteur, freinage, assistance au conducteur, sûreté active et passive, module de *body control* permettant de piloter tous les petits équipements du véhicule, etc. Dans les voitures électriques ou hybrides, l'optimisation de la consommation nécessite de l'intelligence embarquée à la fois pour gérer les batteries et pour éteindre ou rallumer les équipements en fonction des besoins. Une voiture de milieu de gamme comporte quinze millions de lignes de code. Une voiture de haut de gamme peut en compter deux fois plus, d'où la formule d'Elon Musk pour caractériser la Tesla : « *A computer on wheels.* »

De nouveaux acteurs, venus notamment de la téléphonie mobile, investissent massivement dans l'automobile. Comme le taux de croissance de leur secteur est en train de se tasser, ils cherchent d'autres systèmes de mobilité leur permettant de capter de la valeur. La voiture de Google a déjà parcouru un million de miles en mode totalement autonome, d'une côte des États-Unis à l'autre, et nous ne sommes probablement qu'au début de la révolution des systèmes embarqués automobiles.

## *L'énergie*

Le secteur de l'énergie est également très concerné. Pour gérer une éolienne de façon optimale, il faut maîtriser la mécanique des fluides, les problèmes d'électromagnétisme, de vibration, les questions de sécurité, etc. Le pilotage de la plus grande éolienne du monde, d'une puissance de 8 MW, est assuré par un logiciel comprenant deux cent mille lignes de code. Tous les systèmes produisant ou consommant de l'énergie (turbines à gaz, moteurs électriques, compresseurs...) peuvent désormais inclure des systèmes embarqués.

## *Les équipements industriels*

Toutes sortes d'équipements industriels peuvent être pilotés par des logiciels: ascenseurs, pelleteuses, systèmes robotiques, etc. Un lève-palettes pourra, par exemple, déplacer des charges beaucoup plus lourdes que son propre poids en contrôlant à tout moment que celles-ci ne vont pas le déséquilibrer.

## *Le ferroviaire*

Le secteur ferroviaire est un très gros consommateur de systèmes embarqués. Depuis un certain temps déjà, des trains sans conducteurs ont été développés par Matra en France, puis ont proliféré dans le monde entier. C'est un domaine où l'essentiel de la valeur ajoutée réside dans l'intégration entre logiciel et capteurs. En Chine, le TGV est automatisé à 95 % et les nouvelles lignes de métro sont systématiquement pilotées par des systèmes embarqués.

## *Le médical*

On trouve de plus en plus d'intelligence embarquée dans le domaine médical, par exemple dans les piles cardiaques ou les pompes à insuline. Ce secteur est cependant encore assez fragmenté, faute de normes.

## *L'Internet des objets*

L'Internet des objets, qu'il s'agisse d'objets industriels ou grand public, mobilise également beaucoup de systèmes embarqués. Les industriels vont désormais être en mesure de connaître l'usage exact que chacun de leurs clients fait de leurs produits. Les capteurs installés dans les automobiles permettront, par exemple, de savoir précisément ce que tel conducteur fait de sa voiture chaque jour et l'importance relative des différentes fonctions qui lui sont offertes dans l'utilisation qu'il en fait.

Pour atteindre ce résultat, il faudra que les systèmes embarqués soient capables de stocker les informations et celles-ci devront être validées avant d'être analysées. Établir des statistiques sur des informations corrompues n'aurait aucun intérêt. En retour, l'utilisateur disposera d'informations de maintenance prédictive, du type: *« Compte tenu de l'utilisation que vous faites de votre système, vous devez prévoir le remplacement de telle ou telle pièce à telle échéance. »*

## **L'étude menée par Syntec Numérique**

Il y a sept ans, les éditeurs de logiciels et les sociétés de service regroupés au sein du syndicat professionnel Syntec Numérique ont constaté que le secteur d'activité qui se développait le plus dans leur domaine était celui de l'intelligence embarquée. Ils ont décidé de créer un comité professionnel pour mener une étude de marché sur ce sous-secteur du monde informatique. Ce travail, mené par une équipe de quatre personnes pendant près d'un an, n'est certainement pas parfait, mais il représente la meilleure approximation dont nous disposions actuellement sur le sujet.

## *Le chiffre d'affaires*

Le chiffre d'affaires du secteur de l'intelligence embarquée en France est estimé à 73 milliards d'euros, soit 3,7% du PIB. Le calcul de ce chiffre a été assez complexe et a nécessité un certain nombre de règles de trois, car il recouvre la valeur ajoutée liée aux systèmes embarqués dans tous les segments industriels.

Selon les projections, il devrait atteindre 83 milliards d'euros en 2017, soit une croissance de 3,3% par an entre 2013 et 2017.

### *Les emplois*

Le secteur de l'embarqué comprend 76 000 entreprises qui emploient 380 000 personnes, dont 200 000 dans l'industrie, 90 000 dans les sociétés de service et d'ingénierie, 12 000 chez les éditeurs de logiciels. Les principaux métiers sont l'ingénierie, le développement logiciel, l'architecture, les tests, l'intégration des systèmes, le support et la maintenance, la qualification, les *process* et méthodes. Les secteurs les plus pourvoyeurs d'emplois sont l'aéronautique et l'automobile, suivis du ferroviaire et de l'énergie.

Les sociétés de service sont souvent les premiers employeurs des spécialistes de l'embarqué. À la sortie des écoles d'ingénieurs, ceux-ci commencent généralement par rejoindre ce type de société, à la fois pour acquérir une compétence industrielle et pour découvrir plusieurs secteurs, ce qui augmente leur employabilité. En effet, cette industrie fonctionne un peu en silos: un spécialiste de systèmes embarqués en aéronautique aura du mal à travailler pour l'automobile ou l'énergie.

Le salaire moyen à l'embauche est de 38 000 euros par an. L'un des résultats les plus intéressants de l'étude est que le secteur de l'embarqué représente 9% des offres d'emplois de cadres, ce qui reflète bien la pénurie des compétences. Cette tension devrait se maintenir, car les profils recherchés sont assez exigeants: ils associent une compétence métier client / filière et une compétence technique en informatique et en électronique. Sur la période 2014-2017, on anticipe la création d'environ 41 000 postes, dont 30% concerneront les jeunes diplômés.

On note une très forte concentration des emplois en Île-de-France (36%), particulièrement pour l'automobile et une bonne partie du ferroviaire, de l'aéronautique et du médical. Les autres grands bassins d'emploi sont les régions Rhône-Alpes et Provence-Alpes-Côte d'Azur, ainsi que le Sud-Ouest.

### *La formation*

L'étude a permis de recenser quatre-vingt deux écoles d'ingénieurs et universités offrant des cursus de formation spécifiques à l'embarqué, généralement dans les derniers cycles. Les écoles ont pris conscience du potentiel de ce secteur et développé leur offre, mais les flux sortants sont encore insuffisants pour couvrir la demande.

Le temps moyen d'attente avant l'embauche à la sortie d'une formation d'ingénieur en systèmes embarqués est de vingt-sept jours seulement.

Un des problèmes de cette offre est qu'elle est encore trop peu visible. Quant à la formation continue, elle est surtout le fait des éditeurs de logiciels. Il reste donc beaucoup à faire.

### *Un métier à féminiser*

On peut également déplorer la faible présence des femmes dans ces métiers: moins de 17% sur l'ensemble de la filière. C'est un phénomène difficile à comprendre. Une bonne partie des activités de mon entreprise est située en Chine et, là-bas, j'embauche 55% de femmes en développement logiciel. En France, je ne réussis à embaucher que 15% de femmes... les bonnes années.

## **Embedded France**

En 2013, à la suite du rapport de Dominique Potier sur le logiciel embarqué, et à l'occasion des 6<sup>èmes</sup> Assises de l'Embarqué, a été annoncée la création de l'association Embedded France, à l'initiative d'Aerospace Valley, CAP'TRONIC, Images et Réseaux, Minalogic, Syntec Numérique et Systematic. Cette association réunit non seulement des offreurs de technologies et de services, mais aussi des donneurs d'ordres. J'ai accepté d'en prendre la présidence pour quelques années.

Outre la publication du rapport que je vous ai présenté, Embedded France a organisé des échanges entre donneurs d'ordres et sous-traitants sur des sujets importants pour le secteur. Elle a également lancé des discussions avec nos homologues allemands, essentiellement sur la partie robotique industrielle.

## La Nouvelle France industrielle

Cette initiative a coïncidé avec le lancement des trente-quatre plans de la Nouvelle France industrielle par le ministre Arnaud Montebourg. Il s'est avéré que ces plans sont très ouverts aux propositions des acteurs du terrain, et Embedded France a été retenue comme structure de pilotage du plan concernant l'embarqué.

### *Trois priorités*

Nous avons pu mettre en place une méthode relativement simple, consistant à réunir de grands donneurs d'ordres de l'embarqué, des représentants des pôles de compétitivité et des offreurs de technologie autour de deux questions simples: « *Quels seront, d'après vous, les domaines clés de l'intelligence embarquée dans les cinq ans qui viennent? Quels sujets vous paraît-il important de maîtriser en France?* »

C'était la première fois que les grands industriels intéressés par l'embarqué se réunissaient pour confronter leurs besoins. Le travail s'est poursuivi pendant neuf mois, avec des réunions assez fréquentes. Il a abouti à la définition de trois défis prioritaires pouvant servir de base à la construction de consortiums européens et internationaux. Nous voulions à tout prix éviter la dispersion et le saupoudrage.

### *Faire émerger une plateforme de systèmes d'exploitation européenne*

Un premier consensus s'est fait autour de l'idée qu'un des éléments clés de la valeur ajoutée des systèmes embarqués réside dans les systèmes d'exploitation: il est vital de ne pas laisser des acteurs comme Google capter la totalité de la valeur des objets industriels. Sachant qu'il existe des acteurs français et européens dans ce domaine, l'objectif est de faire émerger une offre de systèmes d'exploitation, une sorte d'Android européen. Un appel à propositions a été lancé par le ministère de l'Industrie. Au-delà de l'apport financier qu'il représente, il a surtout eu le mérite d'inciter les acteurs à se réunir et à réfléchir à une architecture permettant de développer des plateformes d'exécution pour les différents secteurs concernés. Un consortium a été créé et devrait être opérationnel à la fin de cette année.

### *Mettre au point des processeurs multi-cœurs*

Depuis trente ans, en vertu de la loi de Moore, la densité des circuits des processeurs n'a cessé d'augmenter. Aujourd'hui, cette évolution se heurte au "mur de la chaleur". La seule façon d'augmenter la capacité des puces électroniques consiste à implanter jusqu'à mille processeurs sur une même puce. Plusieurs start-up tentent de relever ce défi, avec des processeurs dits *déterministes*, c'est-à-dire dont la sûreté de fonctionnement peut être certifiée. Il se trouve que l'une de ces start-up, Kalray, issue du CEA, possède une capacité assez exceptionnelle en la matière. Plusieurs donneurs d'ordres se sont montrés intéressés par cette rupture technologique et sont en train de construire un projet industriel autour de ces microprocesseurs multi-cœurs. D'autres acteurs sont également en train de se positionner dans le domaine (multi-cœurs GPU, multi-cœurs CPU, architectures mixtes, etc.).

### *La simulation des systèmes cyber-physiques*

La troisième priorité concerne la simulation des systèmes cyber-physiques. Tous les systèmes embarqués contrôlant des phénomènes physiques doivent pouvoir simuler ces phénomènes de manière intégrée et atteindre des niveaux de fidélité très élevés. Les trois principaux éditeurs mondiaux du domaine (Siemens, Dassault Systèmes et ANSYS) font travailler des équipes de R&D en France sur le sujet. Airbus a également lancé un projet sur cette question, et notamment sur la possibilité de rendre les différents systèmes interopérables. Ce projet est en cours de discussion.

### *Un partenariat franco-allemand*

Plusieurs opérations sont en cours pour développer la communauté du logiciel embarqué dans les années qui viennent. La principale est la finalisation d'un accord franco-allemand préparé par Embedded France et par le principal cluster allemand de ce domaine. L'objectif est d'étendre les trois initiatives dont j'ai parlé à des acteurs allemands et, inversement, de pouvoir nous associer à des initiatives allemandes, notamment dans les domaines de la robotique et de l'électronique automobile, où nos voisins sont beaucoup plus avancés que nous.

### *Un groupe de travail sur l'emploi, les compétences, les métiers et les formations*

Embedded France va également se doter d'un groupe de travail sur les questions d'emplois, de compétences, de métiers et de formations. Nous avons réalisé une cartographie préalable et nous connaissons les besoins des entreprises. Nous devons maintenant créer une instance permanente de dialogue avec les écoles, de façon à leur présenter des suggestions sur les thèmes de formation ou d'analyser les besoins futurs.

### *Le passage de trente-quatre plans à neuf*

Les trente-quatre plans ont récemment été ramenés à neuf, ce qui nous a conduits à nous rapprocher des pilotes des plans concernant les semi-conducteurs, les nanotechnologies, les télécoms ou encore la cybersécurité, au sein d'un plan qui s'intitule désormais Confiance numérique. Cette réorganisation n'a pas eu d'impact négatif sur notre travail. Elle nous a, au contraire, permis de formaliser davantage les échanges que nous avons déjà avec ces interlocuteurs.

## Le nombre de lignes de code

**Un intervenant:** *Je suis surpris qu'il n'y ait que huit millions de lignes de code dans un Airbus A380, contre quinze millions dans une voiture. Intuitivement, on imaginerait plutôt le contraire.*

**Éric Bantegnie:** Dans l'aéronautique, il existe des normes très strictes en matière de sûreté, ce qui oblige à concevoir des systèmes très compacts. Dans l'électronique grand public, il n'y a aucune limite. Les deux secteurs où il n'existait, jusqu'à récemment, aucune certification obligatoire des logiciels sont l'automobile et la médecine. Ces deux domaines posent pourtant de nombreux problèmes de sûreté et de sécurité... mais cette situation est en train de changer. Il existe désormais une norme d'adoption volontaire, l'ISO 26262 à laquelle les Allemands et les Américains sont en train de se soumettre. Les autres pays devront, tôt ou tard, leur emboîter le pas.

## La spécificité des métiers de l'intelligence embarquée

**Int.:** *Quelle est la spécificité des métiers de l'intelligence embarquée? En quoi justifie-t-elle des cursus particuliers par rapport à l'informatique classique?*

**É. B.:** Lorsqu'un programmeur construit un système de comptabilité pour une banque ou pour une chaîne de magasins, il reste dans l'univers de l'informatique. La spécificité de l'intelligence embarquée est l'interaction très forte entre l'informatique et l'objet industriel. Que le logiciel concerne un ordinateur dans un avion ou un ABS (système antiblocage des roues) dans une voiture, il nécessite une très grande interdisciplinarité. D'ailleurs, beaucoup de jeunes gens choisissent ces métiers faute d'avoir pu travailler directement dans l'aéronautique ou dans l'automobile. L'intelligence embarquée permet d'entrer dans un secteur industriel avec un métier à très grande valeur ajoutée.

Une autre caractéristique, commune, celle-ci, avec l'informatique, est le fait que l'univers de l'intelligence embarquée change de fond en comble tous les dix ans. Par ailleurs, le taux de croissance du contenu logiciel de certains produits peut atteindre 300 à 400 % par an. Pour ceux qui aiment l'innovation, c'est extraordinaire.

## Les bacs techniques

**Int.:** *Vous avez évoqué le fait que les écoles d'ingénieurs se sont dotées de filières spécifiques. Qu'en est-il pour les profils de bac -2 à bac +2?*

**É. B.:** L'Éducation nationale a bien perçu la nécessité de créer des bacs technologiques et s'y est employée depuis trois ou quatre ans, avec par exemple le bac STI2D (Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable).

Cette filière rencontre toutefois deux difficultés. La première est que les salaires proposés par l'Éducation nationale ne permettent pas d'attirer facilement de bons enseignants, compte tenu de l'écart avec les rémunérations proposées par l'industrie. C'est une différence majeure avec l'Allemagne, qui rétribue bien mieux ses enseignants.

La deuxième difficulté est d'ordre culturel: la plupart des familles estiment qu'il est préférable pour leur enfant d'obtenir un bac général plutôt qu'un bac technique. Pourtant, ceux-ci ouvrent à des métiers bien payés et dans lesquels on peut faire de belles carrières. Le délai pour trouver un poste après une formation bac +2 est de deux à trois mois...

## De l'électronique vers le logiciel

**Int.:** *Les PME de l'électronique sont confrontées au défi consistant à basculer vers le logiciel. Ceci représente aussi un enjeu en termes de formations de niveau bac -2 à bac +2.*

**É. B. :** Depuis une dizaine d'années, le programme CAP'TRONIC, porté par l'association Jessica France qui est financée essentiellement par le ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, s'occupe d'inciter les PME à intégrer du logiciel embarqué dans leurs produits afin de développer leur chiffre d'affaires.

Cela dit, pour les entreprises françaises, la difficulté n'est pas d'innover, ce qu'elles font très bien, mais d'incorporer et de déployer les innovations. Lorsque mon entreprise lance la version n+1 d'un logiciel, les premiers clients à l'acheter sont les Chinois et les Américains. Les Français ne s'y mettent qu'une fois que tous leurs concurrents l'ont adoptée. Dans notre pays, nous sommes parmi les premiers à avoir des idées nouvelles et parmi les derniers à les mettre en œuvre...

## Les machines peuvent-elles se programmer elles-mêmes ?

**Int. :** *Compte tenu des enjeux de sécurité de certains programmes, notamment dans l'aéronautique, ne peut-on penser que la machine va prendre le pas sur l'humain pour assurer la programmation de ces systèmes ?*

**É. B. :** Ma société vend des outils de génération automatique de code destinés à programmer des systèmes embarqués. Ils permettent à des personnes qui, auparavant, écrivaient des lignes de code à la main, de façon artisanale (ce qui est la règle générale), de passer du statut de codeur à celui de concepteur et de designer. Il existe des millions de codeurs en Inde ou en Chine, et ils travaillent aussi bien que des codeurs français ou allemands. La valeur ajoutée du domaine de l'embarqué se situe désormais bien plus dans la compréhension du besoin industriel, dans sa traduction algorithmique et dans sa modélisation. Les Indiens et les Chinois l'ont d'ailleurs compris : ils sont de plus en plus nombreux à ne pas se contenter du codage et à se mettre à la conception. Cette étape-là sera toujours indispensable et ne peut pas être confiée à la machine, car un singe avec un outil reste un singe !

## Davantage d'embarqué, davantage de chômeurs ?

**Int. :** *Pour moi, plus d'intelligence embarquée signifie plus de chômeurs. Qui aura encore du travail demain, à part ceux qui écrivent les programmes des systèmes embarqués et ceux qui les fabriquent ?*

**É. B. :** L'embarqué n'est pas une nouvelle filière industrielle ; elle correspond à une transformation profonde de l'industrie.

J'ai commencé ma carrière dans les télécoms et, dès 1995, je prédisais à mes amis fournisseurs de l'époque que tous les supports matériels de type processeurs dédiés ou autocommutateurs, qui coûtaient très cher, seraient tôt ou tard remplacés par des lignes de code. Aujourd'hui, 80 à 90 % de l'industrie des télécoms passe par du logiciel. La *softwarisation* de l'industrie a commencé et va se poursuivre.

On assiste à la capture de la valeur ajoutée de l'industrie par le secteur du logiciel. Certains groupes américains réalisent des marges opérationnelles de 50 % en fournissant des outils de productivité à leurs clients industriels. Les bénéfices qu'ils dégagent leur permettent de racheter des sociétés, d'où une concentration de plus en plus forte. Leur prochaine cible est clairement l'automobile.

Il s'agit d'une dynamique industrielle très profonde et c'est la raison pour laquelle nous devons impérativement être présents dans l'embarqué. Cela dit, j'ai conscience que cela ne résout pas le problème que vous soulevez.

## Les produits grand public

**Int. :** *Les solutions que vous avez présentées peuvent-elles s'appliquer à des produits grand public ?*

**É. B. :** De nombreux champs sont en train de s'ouvrir dans le domaine de l'électronique grand public. Le succès des objets connectés dépendra beaucoup de leur consommation électrique : le système d'exploitation de certaines montres connectées est tellement gourmand qu'elles doivent être rechargées toutes les trois heures ! On peut s'attendre à des ruptures technologiques, par exemple sur des systèmes d'exploitation très peu consommateurs, destinés à de petits objets. L'intérêt et le risque du secteur de l'embarqué, c'est que tout change complètement tous les dix ans... Cela contribue à rebattre les cartes et ouvre de grandes opportunités, y compris en France, où nous n'avons pas construit d'ordinateurs depuis vingt ans.

**Int. :** *Le marché s'ouvre pour le logiciel, mais pas pour l'électronique... La fabrication physique de ces ordinateurs ne se fera pas en France, ni en Europe.*

**É. B. :** Il ne reste effectivement que trois fondeurs de semi-conducteurs en Europe. Comme l'industrie pharmaceutique, l'industrie des semi-conducteurs exige énormément de capitaux, et c'est un domaine où il n'existe pas de demi-succès. Le processeur qui équipera les voitures et avions du futur représente un énorme marché.

Cela dit, dans un processeur, la valeur ajoutée de la fabrication proprement dite est assez faible. On voit de belles entreprises qui n'ont pas eu besoin de maîtriser ce maillon pour réussir. Certaines sociétés produisant des objets connectés, par exemple, s'appuient sur un concept marketing très fort et délocalisent tout ou partie de la fabrication, tout en conservant la valeur ajoutée.

## Des produits *ITAR-free*

**Int. :** *Dans certains secteurs industriels, le fait de devoir utiliser des composants fabriqués à Taïwan ou aux États-Unis pose quand même problème...*

**É. B. :** L'une des raisons qui ont présidé au choix de nos trois priorités est de pouvoir disposer de composants *ITAR free*, c'est-à-dire non soumis aux règles de contrôle des exportations américaines (*International Traffic in Arms Regulations*). L'objectif est de faire émerger plusieurs fournisseurs européens d'OS (*Operating System*, ou systèmes d'exploitation). Pour l'instant, il en existe deux en France et deux en Allemagne, et leur taille est nettement inférieure à celle de leurs homologues américains. Certains industriels s'organisent déjà pour disposer de leur propre système d'exploitation *ITAR-free*. De leur côté, les constructeurs allemands ont fait émerger deux fournisseurs d'OS automobile, de façon à éviter de recourir à Microsoft ou à Google pour équiper leurs voitures. Ils ont défini ensemble un standard, AUTOSAR (*AUTomotive Open System ARchitecture*), qui a ensuite été internationalisé.

## La double casquette

**Int. :** *Comment fait-on, lorsqu'on est le représentant d'un groupe américain en France, pour être nommé coordinateur d'un plan français destiné à renforcer l'autonomie industrielle nationale? Comment gérez-vous les conflits d'intérêt potentiels entre Embedded France et ANSYS?*

**É. B. :** J'ai surtout du mal avec le conflit de disponibilité... Embedded France m'occupe surtout le week-end et le soir.

Pour le reste, tout est transparent. Au moment de l'acquisition par ANSYS d'Esterel Technologies, qui était fournisseur d'un certain nombre de programmes de défense, des discussions ont été menées avec le Trésor public et la DGA (Direction générale de l'armement) et il a été décidé que la société Esterel resterait française, que tous les produits continueraient à être fabriqués en France et qu'ils seraient *ITAR-free*. Nous sommes donc filiale à 100% d'ANSYS, tout en gardant notre autonomie dans la production des outils et en assurant à nos différents utilisateurs industriels, notamment dans la défense ou le nucléaire, des garanties d'approvisionnement spécifiques. Dans ces conditions, je n'ai pas rencontré, jusqu'ici, de conflit d'intérêts. À noter également que, depuis l'acquisition de la société par ANSYS, l'effectif basé en France a augmenté de manière continue.

Lors du lancement des plans de la Nouvelle France industrielle, les différents pôles souhaitaient que l'animation soit assurée par une personnalité qualifiée qui ne soit pas liée à une région particulière. Le fait d'avoir une vision binoculaire entre deux postes d'observation, l'un au sein d'une multinationale de technologies américaines cotée au NASDAQ, l'autre dans une PME française, me paraît aussi très intéressant, y compris pour la démarche française, à laquelle je peux apporter des éclairages internationaux sur un certain nombre de sujets, car je passe beaucoup de temps en Allemagne, aux États-Unis et en Asie.

**Int. :** *Manifestement, en optant pour une coordination industrielle des plans de la Nouvelle France industrielle, le ministère a considéré que les risques de conflits d'intérêt présentaient moins d'inconvénients que le risque d'absence de compréhension du sujet...*

## Le partenariat franco-allemand

**Int. :** *J'ai le sentiment que les Allemands n'ont besoin de personne pour mener à bien leur programme Industrie 4.0. Quel est leur intérêt à participer à des échanges avec Embedded France? De votre côté, qu'attendez-vous d'eux?*

**É. B. :** Le programme Industrie 4.0 est orienté essentiellement sur les systèmes de fabrication et l'automobile, et assez peu sur l'embarqué proprement dit. Dans plusieurs secteurs, comme l'aéronautique ou l'énergie, nous avons une petite avance en la matière. Notre objectif est de convaincre des industriels allemands de s'intéresser à nos plateformes, de nous faire part de leurs besoins, de contribuer à la définition de standards communs, dans le but d'en faire nos clients par la suite. Nous espérons également pouvoir accéder à certaines technologies allemandes afin de les intégrer dans nos systèmes embarqués.

Cela dit, notre rôle consiste simplement à faciliter le rapprochement et le montage de consortiums entre industriels. Chaque société devra ensuite prendre son "bâton de pèlerin" et aller discuter avec ses homologues allemands pour identifier plus précisément les sujets d'intérêt commun.

## Oui à la récupération politique!

**Int. :** *Vous avez montré que les industriels avaient pris l'initiative de créer Embedded France avant la publication des trente-quatre plans. Par ailleurs, le dispositif des pôles de compétitivité et des subventions du FUI (Fonds unique interministériel) était déjà en place depuis plusieurs années. Doit-on considérer l'annonce du plan sur les systèmes embarqués comme une simple récupération politique, ou a-t-elle eu des effets positifs concrets sur votre action?*

**É. B. :** Le fait que les plans ont été annoncés par le président de la République a permis de faire remonter l'information de deux ou trois niveaux dans la hiérarchie des groupes du CAC40. Elle a fortement contribué, par exemple, à mobiliser les patrons des achats, du développement industriel ou de l'engineering dans la définition d'une stratégie nationale commune sur les systèmes embarqués.

C'est particulièrement important en France, où je constate, depuis trente ans, un affaiblissement continu des équipes *corporate* de R&D dans les grandes entreprises, à quelques brillantes exceptions près. C'est très différent aux États-Unis, où un CTO (*Chief Technical Officer*, directeur de la technologie) a souvent autant de poids qu'un *VP Sales* (directeur commercial) dans les décisions...

Peut-être y a-t-il eu une forme de récupération politique, mais tant mieux, si celle-ci a permis de mettre à l'ordre du jour des conseils d'administration des entreprises – grandes et moins grandes – des thèmes comme les systèmes embarqués, le big data ou encore l'Internet des objets industriels : toutes ces questions sont vitales pour la compétitivité de notre industrie.

■ Présentation de l'orateur ■

**Éric Bantegnie:** ingénieur de l'École polytechnique (1982), ingénieur des Télécommunications (1985), ingénieur des Mines (1988), il est PDG d'Esterel Technologies et vice-président d'ANSYS, Inc (NASDAQ: ANSS); auparavant, il a été directeur de production à France Télécom, il a travaillé au ministère de l'Industrie, puis il a été PDG de Simulog et a contribué à la création de cinq start-up dans les logiciels embarqués et la cybersécurité; il est également administrateur de deux start-up, TrustInSoft et Kalray, et président d'Embedded France.

---

Diffusion novembre 2015

---