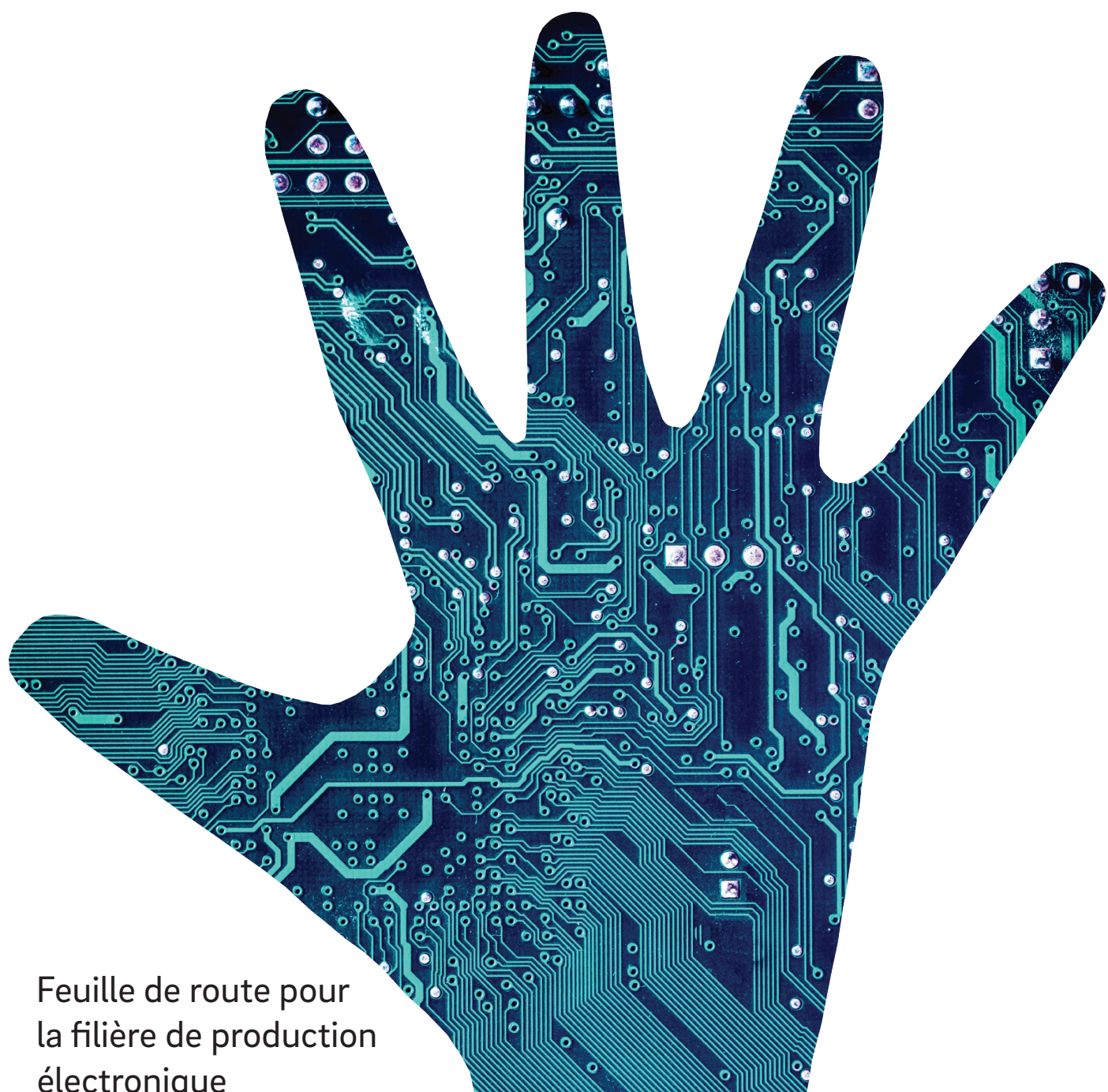


Vers l'industrie électronique du futur



Feuille de route pour
la filière de production
électronique





Table des matières

Préambule	5
Synthèse exécutive	6
Synthèse du rapport	8
Diagnostic d'une filière confrontée à des défis majeurs de transformation	8
Feuille de route pour l'Industrie Electronique du Futur : 7 axes de transformation	11
Introduction	17
Une industrie encore jeune et à fort potentiel de croissance	17
Chaîne de valeur de l'industrie électronique	19
Le développement de l'IoT va être majeur et impacter tous les secteurs de l'industrie	19
L'électronique, clé de voûte du développement de l'IoT et de la transformation digitale de l'industrie française	22
Un terrain favorable pour repositionner la France et l'Europe comme leader de l'IoT B2B	23
L'écosystème d'innovation français de l'IoT est dynamique, propice à la créativité et en plein développement	24
Impact de ces nouveaux marchés IoT pour la transformation de la filière électronique	25
Des filières de production française et européenne face à des défis majeurs pour s'adapter et répondre à l'importance des enjeux	26
Sept axes pour transformer la filière	27
Une filière qui peut prendre le leadership de l'industrie du futur en France	28
1. Pour une supply chain plus flexible et réactive, ou comment introduire la notion de temps réel dans une industrie aux temps longs	30
1.1 Une <i>supply chain</i> complexe : entre une demande volatile et une structure d'approvisionnement complexe	31
1.2 Interopérabilité et échanges d'informations entre les acteurs de la <i>supply chain</i> : vers un écosystème global	34
1.3 Une supply chain qui manque de transparence avec de forts enjeux de digitalisation	35
1.4 Quatre pistes pour une <i>supply chain</i> robuste face aux nouveaux défis de l'Industrie du futur	37
2. Vers une industrie électronique française digitalisée et flexible pour redonner de la compétitivité à la production française	40
2.1 Des inefficiences à toutes les étapes de la production	46
2.2 Identification des leviers de compétitivité sur les processus de production <i>front-end</i> et <i>back-end</i> : une refonte pour une efficacité optimale	47
2.3 L'usine électronique française du futur, un outil de production compétitif	55
2.4 Une approche filière de co-développement, mutualisation et veille / lobbying	63

Table des matières

3. La traçabilité en électronique, un enjeu de transparence, de compétitivité et de qualité de production	64
3.1 Quels sont les enjeux de traçabilité pour l'industrie électronique de demain ?	65
3.2 Traçabilité origine composants : un numéro unique de production pour accéder aux informations d'origine	67
3.3 Vers un suivi de la traçabilité par carte en temps réel	70
3.4 Traçabilité inspection-test, pour la remontée des données de testabilité et le déploiement du DfT	75
3.5 La <i>blockchain</i> : de nouvelles technologies au service de la traçabilité	77
3.6 Panorama des systèmes de traçabilité opérationnels sur le marché	77
3.7 Synthèse des actions de filière envisageables	78
4. Pour faire converger les roadmaps composants et procédés de fabrication	80
4.1 Collaborer avec les donneurs d'ordre pour déployer des technologies de rupture	81
4.2 Quels territoires de collaboration ?	82
4.3 PLEIADE 2.0 : une <i>roadmap</i> technologique pour la filière	85
5. Attirer les talents, une problématique critique pour l'industrie électronique	88
5.1 Trois régions majeures concentrent la majorité des 130 000 emplois de la filière électronique	89
5.2 Les métiers de la production électronique et les formations associées	92
5.3 L'industrie électronique subit un déficit de visibilité et peine à attirer une main d'œuvre adaptée à ses besoins, notamment au niveau technicien	96
5.4 Une structure en réseau multirégionale pour unir la filière sur les problématiques d'accès aux compétences	102
6. Comment aider à l'émergence du Smart World ?	106
6.1 Faire évoluer les modes de relations entre acteurs traditionnels des industries d'application et start-ups de l'IoT pour favoriser l'innovation « à la française »	108
6.2 Vers une plateforme efficiente pour connecter start-ups de l'IoT et acteurs traditionnels des industries d'application ?	113
6.3 Synthèse des actions collectives à mener par l'écosystème	121
7. Accompagner les acteurs dans leur transformation vers l'Industrie Electronique du Futur	122
7.1 Guide à destination des acteurs de la filière pour mener à bien leur transformation	123
7.2 Un dispositif filière pour accompagner la transformation des acteurs	125
Glossaire	131
Bibliographie	132
Illustrations et graphiques	132
Contributeurs	134
Pour en savoir plus	139

Préambule

Le présent Livre Blanc est issu d'un processus de création et d'élaboration inédit pour l'industrie électronique en France : tous les syndicats mobilisés (ACSIEL, SNESE, SPDEI), 25 ateliers d'échanges et d'approfondissement, plus de 50 sociétés réunies sur une période de 100 jours entre juillet 2017 et le World Electronics Forum qui s'est tenu à Angers du 26 au 28 octobre 2017.

L'écriture de ce Livre Blanc est motivée par l'émergence du *Smart World*, ce monde physique numérisé et connecté à des services dans le cloud. Le *Smart World* représente en effet un potentiel de transformation inédit pour l'ensemble des secteurs de l'industrie. L'Internet des Objets et plus particulièrement l'Industrial-IoT en est à la fois le principal marqueur et le principal vecteur. L'industrie électronique constitue ainsi le socle industriel sur lequel s'appuie cette transformation digitale.

C'est un nouveau paradigme pour la filière de production électronique qui doit elle-même se transformer afin de répondre aux enjeux des nouveaux marchés porteurs. Elle est en première ligne, en complémentarité avec les filières des composants et des fournisseurs d'équipements, pour assurer le lien avec les industries d'application qui s'engagent dans le *Smart World*. Plus largement, de nouvelles approches et modèles relationnels doivent être développés pour optimiser le fonctionnement de la chaîne de valeur, depuis le fabricant de composant jusqu'au donneur d'ordre final.

Ce Livre Blanc propose une feuille de route collective pour donner un cap et accompagner cette transformation vers l'Industrie Electronique du Futur.

Synthèse exécutive

Nous vivons une période de transformation de l'économie sans précédent

La vague digitale ouvre une période de transformation profonde de tous les secteurs de l'économie, services comme industries. Au sein de celle-ci, l'Internet des Objets (IoT) fait converger les technologies numériques et électroniques et offre de multiples applications ; autant de réponses aux défis et besoins sociétaux et environnementaux.

La pervasion de l'électronique s'accroît dans tous les secteurs d'application

Socle industriel de ce futur *Smart World*, l'électronique sera demain encore plus présente dans un monde numérisé et connecté à des services dans le cloud. La filière de production électronique devient alors un pivot essentiel de la transformation digitale en complémentarité avec les filières des composants et des fournisseurs d'équipements. Dans des écosystèmes renouvelés, agiles et orientés clients – usage, la proximité entre tous les maillons de la chaîne de valeur est un facteur de compétitivité décisif.

Une opportunité pour la filière électronique : ne ratons pas la vague

Cette évolution constitue une opportunité historique pour l'Europe et pour la France, premier pays sur les services de production électronique du continent, au même titre qu'a pu l'être l'essor des télécoms avant les années 2000. Leaders de l'électronique professionnelle (e.g. Automobile, Aéronautique, Défense, Ferroviaire, Médical), habitués à de hauts standards de qualité et de fiabilité, les industriels européens et français de l'électronique disposent de pôles d'excellence sur toute la chaîne de valeur. Ils ont tous les atouts pour faire de l'industrie électronique euro-

péenne un pivot essentiel du développement des objets connectés industriels (l'IoT B2B ou Industrial-IoT), lesquels sont amenés à dépasser en valeur les objets connectés grands publics à partir de 2020.

Des challenges majeurs à relever pour saisir les opportunités de demain

Ce chemin de croissance accélérée passe néanmoins par la capacité des industriels à répondre à quelques défis majeurs. Le *Smart World* impose son tempo : accélération du rythme d'innovation, *time-to-market* serré, hausse des références produits ou personnalisation de masse, diminution des temps de cycle de production, volumes de production plus variables et une pression sur les prix toujours accrue. Ces challenges sont symptomatiques des défis auxquels l'industrie électronique sera confrontée dans les cinq prochaines années et plus particulièrement les services de production de ce secteur qui sont au cœur de ce nouveau paradigme.

Construisons une roadmap pour et par les industriels vers « l'Industrie Electronique du Futur »

La compétitivité relève de la stratégie de chaque acteur industriel ; face néanmoins à la hauteur de la marche, seule une approche collective fondée sur le principe de coopération¹ au sein de la filière de production, en lien avec les industries d'application en aval et les fabricants de composants en amont, permettra de répondre aux défis : *supply chain* plus flexible et réactive, intelligence artificielle, digitalisation de la production, automatisation accrue, renouvellement profond des compétences, ... L'enjeu est de mutualiser certains développements entre les acteurs et de porter ainsi l'ensemble des protagonistes de la filière vers ce nouvel horizon. L'objectif du présent

¹ La coopération est une collaboration ou une coopération de circonstance ou d'opportunité entre différents acteurs économiques qui peuvent être des concurrents. Coopération est un mélange des deux mots : coopération et compétition.

Livre Blanc est donc d'apporter un guide pour accompagner les industriels et dans le même temps proposer une feuille de route collective vers l'Industrie Electronique du Futur. Conçu sur la base de l'expertise et de l'intelligence collective, il s'articule autour de 7 axes de travail qui structurent un modèle de transformation vertueux.

Cette transformation permettrait ainsi aux industriels français, non seulement de maintenir une activité de production dans l'électronique mais aussi de gagner en productivité, flexibilité et donc en compétitivité. Le gain de valeur ajoutée par ETP serait de l'ordre de 25%, ce qui replacerait la France dans la course internationale vers le leadership de l'IoT B2B de demain, avec un effet de levier considérable sur l'ensemble de l'industrie.

Synthèse du rapport

DIAGNOSTIC D'UNE FILIÈRE CONFRONTÉE À DES DÉFIS MAJEURS DE TRANSFORMATION

Une industrie encore jeune et à fort potentiel de croissance...

L'industrie électronique est beaucoup plus jeune que les autres secteurs industriels puisque sa naissance remonte seulement à la fin de la Seconde Guerre mondiale. La chaîne de valeur électronique est un écosystème complexe composé de cinq typologies d'acteurs majeurs : des fabricants de composants, des distributeurs de composants, des fabricants de cartes électroniques également appelés EMS², des fabricants d'équipements de production ou de tests et mesures, et des donneurs d'ordre ou OEM³ dépositaires du produit. La production d'équipements électroniques s'appuie sur la filière des composants pour produire des cartes et des sous-systèmes eux-mêmes intégrés dans des équipements finaux. La filière des composants est donc le fer de lance d'une pyramide de création de valeur à l'effet de levier gigantesque (plus de 10% du PIB mondial), encore amené à s'étendre par l'ouverture de nouveaux marchés et le développement des services associés.

... portée par le développement de l'IoT qui impacte l'ensemble des secteurs de l'économie...

L'IoT et plus particulièrement l'Industrial-IoT va doper la croissance du marché en touchant l'ensemble des secteurs de l'industrie et des services qui jusqu'ici n'avaient encore pas ou peu recours aux technologies électroniques. De nouvelles typologies de clients vont faire appel à l'électronique, de la start-up au grand groupe industriel en passant par le tissu de PME et ETI industrielles qui font évoluer leur proposition de valeur et s'engagent dans leur trans-

formation digitale. Ces nouveaux types de clients découvrent les jalons clés du processus de fabrication du *hardware* électronique et requièrent un accompagnement plus important que les clients traditionnels de l'industrie ce qui place *de facto* les services de production électronique comme la clé de voûte du développement de l'IIoT et de la transformation digitale de l'économie française.

... constituant donc une opportunité historique pour la France qui bénéficie d'un terreau fertile

Aujourd'hui, l'Europe reste une composante majeure de l'industrie électronique mondiale et la France a un rôle éminent à jouer dans cette période de transformation et de changement de modèle. Leader en Europe sur les services de production électronique et centrée sur les marchés professionnels (défense, automobile, systèmes industriels, aéronautique, médical), la filière de production française est déjà au plus proche des marchés porteurs du *Smart World*. L'écosystème d'innovation français de l'IoT est en outre parmi les plus dynamiques au monde, propice à la créativité et en plein développement. Enfin, les enjeux d'industrie du futur y sont particulièrement présents, avec de nombreuses initiatives portées par les gouvernements français et européens depuis 2013 créant un terrain favorable pour repositionner la France comme leader de l'IoT B2B.

Cependant, la demande se complexifie, ...

Si le développement de l'IoT représente un nouveau pan de marché pour l'industrie électronique, il est surtout représentatif des changements et des challenges auxquels la filière de production sera confrontée dans les cinq prochaines années. Les enjeux se situent à quatre niveaux : 1) **Une accélération du rythme d'in-**

² Electronic Manufacturing Services = services de production de cartes ou sous-ensembles électroniques assemblés pour compte de tiers
³ Original Equipment Manufacturer

novation entraînant une réduction des temps de cycles de développement, d'industrialisation et de mise sur le marché des nouveaux produits, conjointe à une réduction du cycle de vie des produits et du temps d'amortissement des investissements ; 2) **Une augmentation du mix** due à la fois à la hausse du nombre de clients par fournisseur, du nombre de références par client mais aussi du nombre de références de composants par produit. La combinaison de tous ces mix clients/produits & cartes/composants/fournisseurs associée à une grande versatilité des informations portées à la connaissance des acteurs (besoins en volume, prix, disponibilité et *lead time*, ...) engendre une croissance exponentielle des données et informations à gérer pour les électroniciens ; 3) **Des volumes de production plus variables**. L'augmentation du mix induit également une diminution moyenne des quantités et un enjeu fondamental de flexibilité sur les volumes à la hausse ou à la baisse pour saisir les opportunités de marché ou s'adapter à ses revers ; et 4) **Une forte pression sur les coûts**, avec l'acceptation et la généralisation des nouveaux usages qui tout en créant de la valeur nécessitent souvent de trouver rapidement un seuil économique et un « prix série optimisé » pour permettre une diffusion plus large sur les marchés.

... pour une filière française pas encore prête pour s'adapter et répondre à l'importance des enjeux

La filière de production électronique française a de nombreux challenges à relever pour saisir les opportunités de demain :

- **Une supply chain rigide et non encore digitalisée :** La supply chain électronique met en relation une demande à la volatilité accrue avec une structure d'approvisionnement rigide. Au-delà de ces caractéristiques,

elle est considérée comme peu transparente et peu réactive vis-à-vis d'une demande toujours plus mouvante. Une dynamique qui s'explique notamment par une digitalisation relativement peu présente et un langage commun quasi absent. Des protocoles d'interopérabilité existent entre les acteurs, notamment l'EDI (Electronic Data Exchange) qui fait office de référence. En revanche le déploiement de l'Industrie Electronique du Futur doit permettre non seulement d'optimiser des SI interopérables, mais également de digitaliser tout ou partie du processus de sourcing de composants, afin de permettre les réactions de la chaîne en temps réel ;

- **Un outil de production manquant de flexibilité à toutes les étapes de la fabrication des cartes électroniques :** De nombreux points sensibles sont mis en avant par les industriels pour expliquer les problématiques de performance des lignes de production. Les inefficiences se situent à tous les niveaux de la chaîne de production, entre des phases d'introduction de nouveaux produits, en passant par le *front-end*, le *back-end*, la planification et l'interface clients-fournisseurs. Les systèmes d'information, le partage de renseignements dans l'usine de production et la flexibilité des lignes de production *back-end* concentrent de nombreux irritants. Ces inefficiences ne feront qu'être amplifiées avec l'augmentation de la complexité et sont au cœur des enjeux du déploiement de l'Usine électronique du Futur ;
- **Une traçabilité à optimiser :** La traçabilité dans les usines de production est aujourd'hui principalement résumée à la mise à disposition d'informations sur le processus de fabrication, pour entre

autres maîtriser les coûts des processus de rappel. Les enjeux de la traçabilité du futur vont bien au-delà. Il s'agit de pouvoir mettre à profit cette remontée d'informations pour pouvoir fluidifier les stocks « dormants », et ainsi donner une visibilité en temps réel de l'usine de production. Sans perdre de vue d'aider au diagnostic et à la prévention de la non-qualité ;

- **Une électronique présente au sein des marchés professionnels en inadéquation avec les technologies de pointe de l'électronique grand public :** La filière de production électronique française doit être capable de mettre à disposition de ses donneurs d'ordre des marchés professionnels les technologies électroniques de pointe, notamment celles déployées dans les environnements moins contraints de l'électronique grand public. Cela nécessite en revanche d'échanger plus étroitement sur les besoins à moyen terme des marchés applicatifs pour anticiper et orienter les efforts et les investissements. Par ailleurs, les évolutions des *roadmaps* composants ne sont actuellement pas partagées au sein de la filière de production. S'en dégage un enjeu de travailler plus en amont avec les fournisseurs de composants et d'équipements pour intégrer plus rapidement ces innovations technologiques dans les procédés de production électronique ;
- **Une pyramide des âges vieillissante et un accès aux compétences toujours plus complexe dans un contexte de changement radical de l'atelier de production :** L'industrie électronique emploie aujourd'hui plus de 130 000 employés à travers la France, principalement dans le Grand Ouest, l'Île-de-France et en Auvergne-Rhône-Alpes. Dans la filière de production, l'emploi des électroniciens est industriel, rural, relativement féminin et majoritairement spécifique à l'industrie. Cette filière subit un déficit de visibilité et d'attractivité auprès des étudiants qui, allié aux réformes de certaines formations (BEP, Bac Pro STI Electronique), a

entraîné une chute des effectifs formés depuis 20 ans. Cela se traduit donc par une tension sur le marché de l'emploi, et plus particulièrement sur les niveaux « techniciens ». Cette contraction est même considérée comme critique par les industriels, faisant ressortir un véritable sentiment d'urgence sur la formation en raison de l'appauvrissement du vivier naturel (au niveau technicien) et d'une pyramide des âges vieillissante. Une dégradation qui fait courir le risque d'une perte de savoir-faire pour l'industrie dans son ensemble ;

- **Une nécessité d'accompagnement des innovations collaboratives entre acteurs traditionnels et start-ups de l'IoT :** La concrétisation des nouveaux débouchés de marché de l'IoT pour l'industrie électronique aura lieu à la condition que les processus d'innovation collaborative soient couronnés de succès et que les modes de financement et d'investissement tiennent compte de la spécificité du marché de l'IoT B2B ;
- **Une capacité d'investissements limitée par rapport aux acteurs asiatiques et américains :** Alors que les principaux acteurs de production en Asie et aux USA ont atteint des tailles critiques de plusieurs milliards de dollars de chiffre d'affaires, leur permettant d'innover sous l'impulsion principalement de leurs grands comptes clés, les acteurs européens et français de taille plus petite paraissent moins bien armés pour franchir les prochaines étapes technologiques.

FEUILLE DE ROUTE POUR L'INDUSTRIE ELECTRONIQUE DU FUTUR : 7 AXES DE TRANSFORMATION

Ce Livre Blanc vise donc à accompagner les acteurs dans cette transformation en apportant un guide mais aussi une feuille de route collective pour réussir la transformation vers l'Industrie Electronique du Futur. Cette feuille de route s'articule autour de 7 axes clés :

AXE 1 – Supply chain :

Pour une *supply chain* plus flexible et réactive, ou comment introduire la notion de temps réel dans une industrie aux temps longs. Quatre types d'actions doivent être menés :

- Favoriser le dialogue dans l'écosystème pour faire évoluer les modèles relationnels dans la *supply chain* de l'industrie électronique et élaborer des bonnes pratiques de fonctionnement ;
- Proposer des outils d'aide à la décision que ce soit des études de faisabilité et des PoC (Proof of Concept) sur des outils utilisant les technologies de types Big data ou Intelligence Artificielle, ou un Observatoire en temps réel de la disponibilité des composants permettant de casser les silos ;
- Déployer des mesures de mise en commun entre les EMS pour réduire le coût de la *supply chain* dans son ensemble ;
- Développer une codification standard des composants utilisée par l'ensemble des acteurs de la *supply chain* et permettant la traçabilité complète des composants.

AXE 2 – Compétitivité :

Vers une industrie électronique française digitalisée et compétitive pour accélérer la relocalisation de la production. Trois types de démarches doivent être menés :

- S'aligner sur une vision « Usine du Futur » pour accompagner les acteurs de la filière dans leur transformation vers l'Industrie Electronique du Futur. **1**

- Co-développer des briques élémentaires de « l'Usine du futur » incluant la mise en place de PoC et la mutualisation des moyens à travers les différents acteurs de la filière ;
- Mener des actions de lobbying, veille et référencement filière, soit pour mutualiser des commandes et réaliser des gains directs d'achats, soit pour appuyer le déploiement de standards.

AXE 3 – Traçabilité :

La traçabilité en électronique, un enjeu de transparence, de compétitivité et de qualité de production. Trois types de démarches doivent être menés :

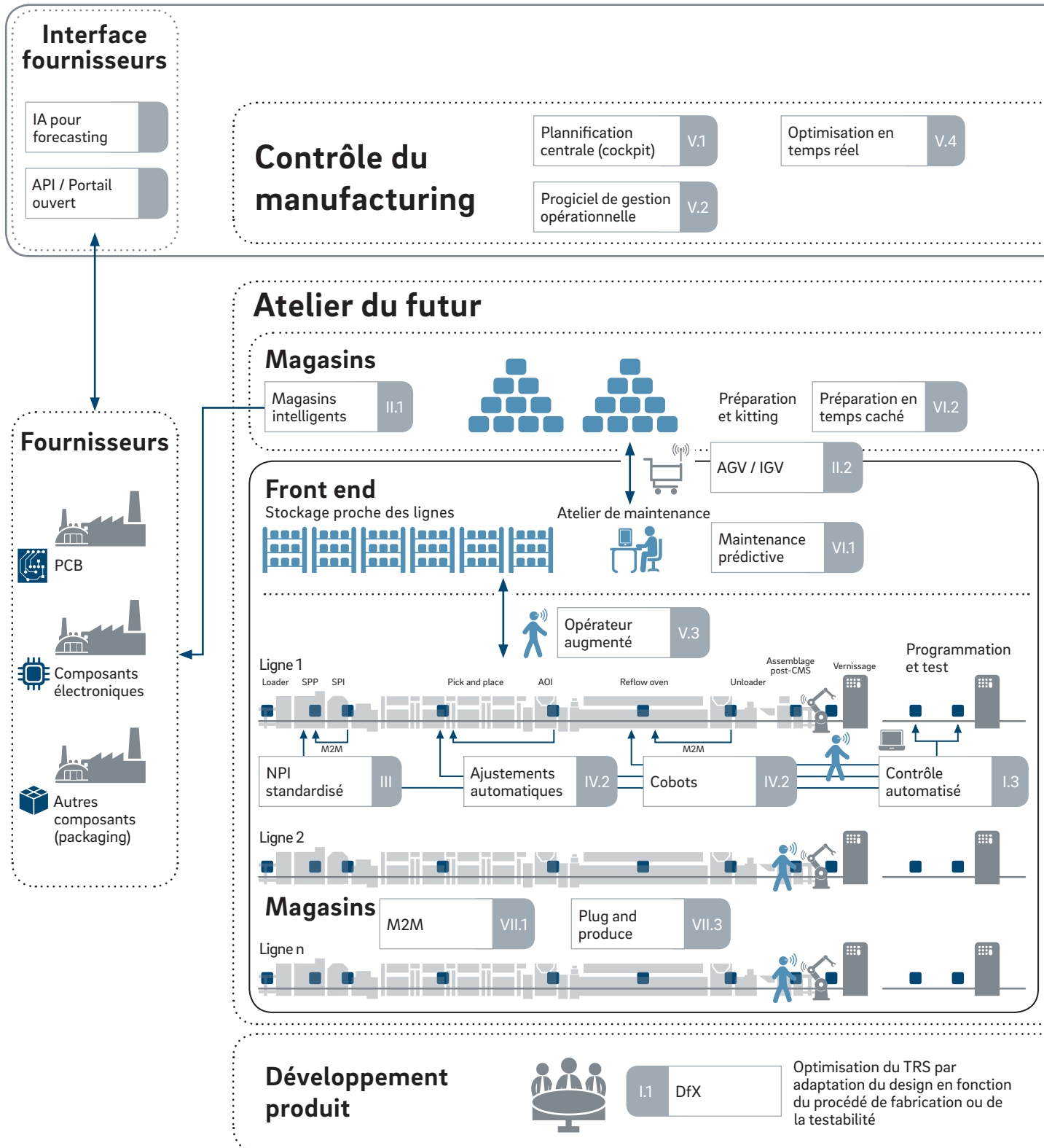
- Mettre en place une traçabilité d'origine des composants commune entre les acteurs, avec notamment la possibilité de rendre opérationnel un numéro unique pour les composants ;
- Collaborer avec les collectifs déployant des standards d'interopérabilité machines ;
- Lancer des démarches d'acculturation sur la traçabilité d'inspection / test et lancer une démarche de taxonomie de l'univers des défauts possibles.

AXE 4 – Roadmaps technologiques :

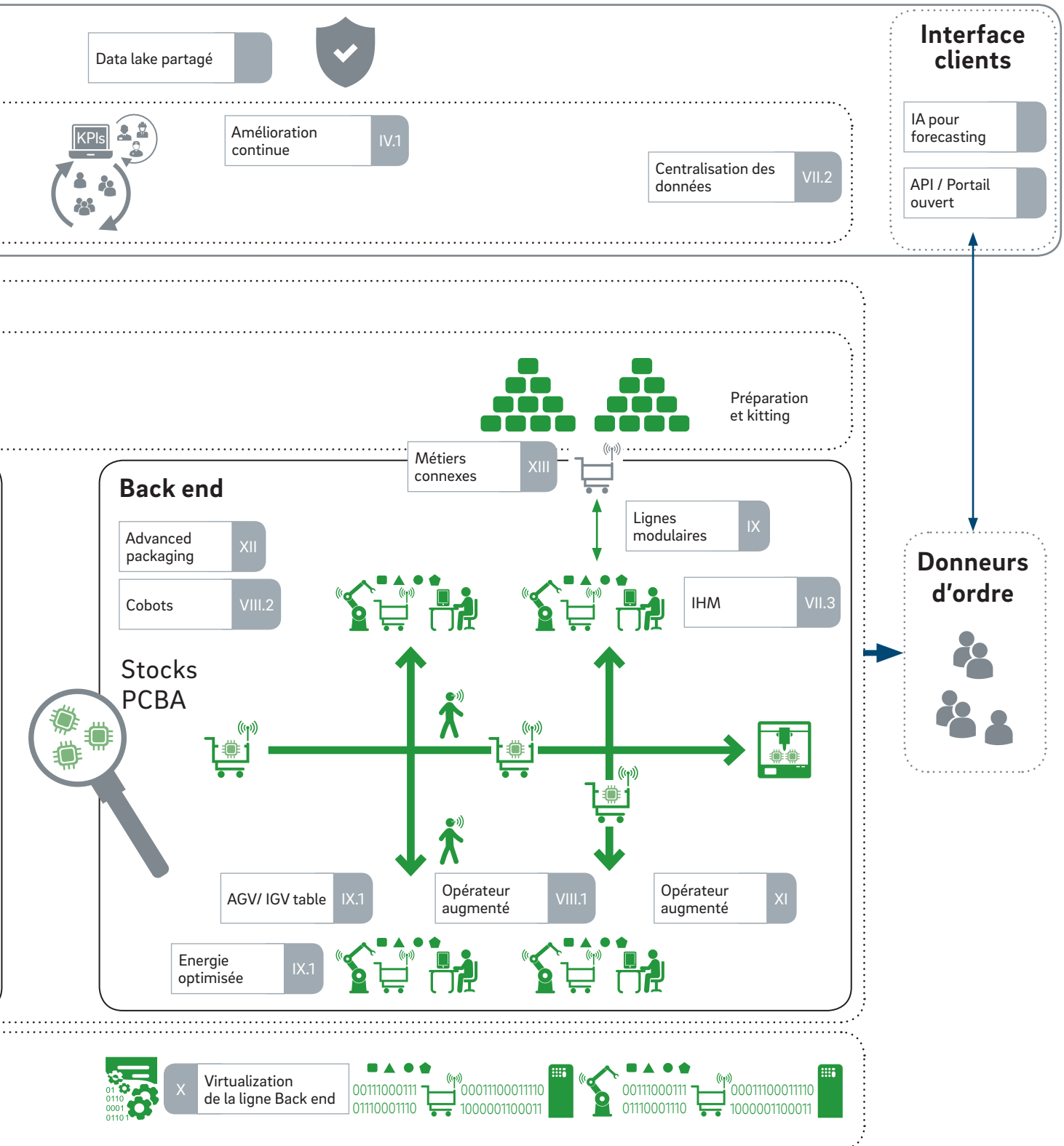
Pour faire converger les *roadmaps* composants et les procédés de fabrication. L'ambition est de définir une roadmap sur les procédés de fabrication prenant en compte les besoins d'un large panel de donneurs d'ordre ainsi que les *roadmaps* composants. Pour ce faire, la filière de production française devrait tirer profit de l'existence du programme PLEIADE ⁴ et le déployer à plus grande échelle dans l'ensemble des secteurs applicatifs porteurs du B2B. Ce qui donnera l'impulsion à la conduite d'un programme nouvelle génération ou PLEIADE 2.0 s'inscrivant en totale complémentarité avec les programmes adressant plus spécifiquement les *roadmaps* et technologies de composants (MEREDIT sur le Circuit Imprimé, IPCEI pour la microélectronique, etc.)

⁴ Programme de coopération industrielle sur les procédés d'assemblage électronique mobilisant à ce jour 6 EMS (Actia, Emka, Eolane, Lacroix Electornics, Laudren, Tronico) et 1 donneur d'ordre (THALES)

1 : L'Usine Electronique du Futur déploiera l'ensemble des leviers Industrie du Futur pour améliorer la compétitivité



Source : Entretiens experts, Roland Berger



AXE 5 – Accès aux compétences et Formations :

Attirer les talents, une problématique critique pour l'industrie électronique. Pour unir et mobiliser la filière sur les thématiques d'accès aux compétences, il semble urgent de mettre en place une « task force » dédiée. Cette *task force* pourrait donc développer des démarches collectives autour de quatre axes animés et coordonnés au niveau régional en raison de la nécessaire proximité avec les bassins d'emplois et les besoins des entreprises locales :

- Mener une GPEC (Gestion Prévisionnelle des emplois et Compétences) i.e. un état des besoins métiers dans la durée et dans une logique d'anticipation des compétences ;
- Développer la formation continue en mutualisant les formations inter-entreprises, en développant des méthodes d'apprentissage à distance de type *e-learning* ou en mettant en place un passeport de formations et de l'expérience ;
- Déployer un plan de communication au niveau national et local via notamment une campagne vidéo nationale, la synchronisation des journées portes ouvertes établissements et industriels ou encore la mise en place de cas d'usage Education Nationale ;
- Développer les formations initiales en fléchant la taxe d'apprentissage sur des établissements voire des programmes cibles, et en développant les interfaces entre formations et entreprises ;
- Adresser les problématiques de financement des formations aujourd'hui supportées par les industriels au détriment de leur compétitivité.

AXE 6 – Relations start-up / acteurs traditionnels des industries d'application :

Faire évoluer les modes de relations pour favoriser l'innovation « à la française » et créer des leaders mondiaux. De nombreuses initiatives pourraient être lancées :

- Déployer une check-list pour mener un projet IoT collaboratif pour pallier à l'asymétrie de maturité sur les sujets IoT entre les acteurs du partenariat ;

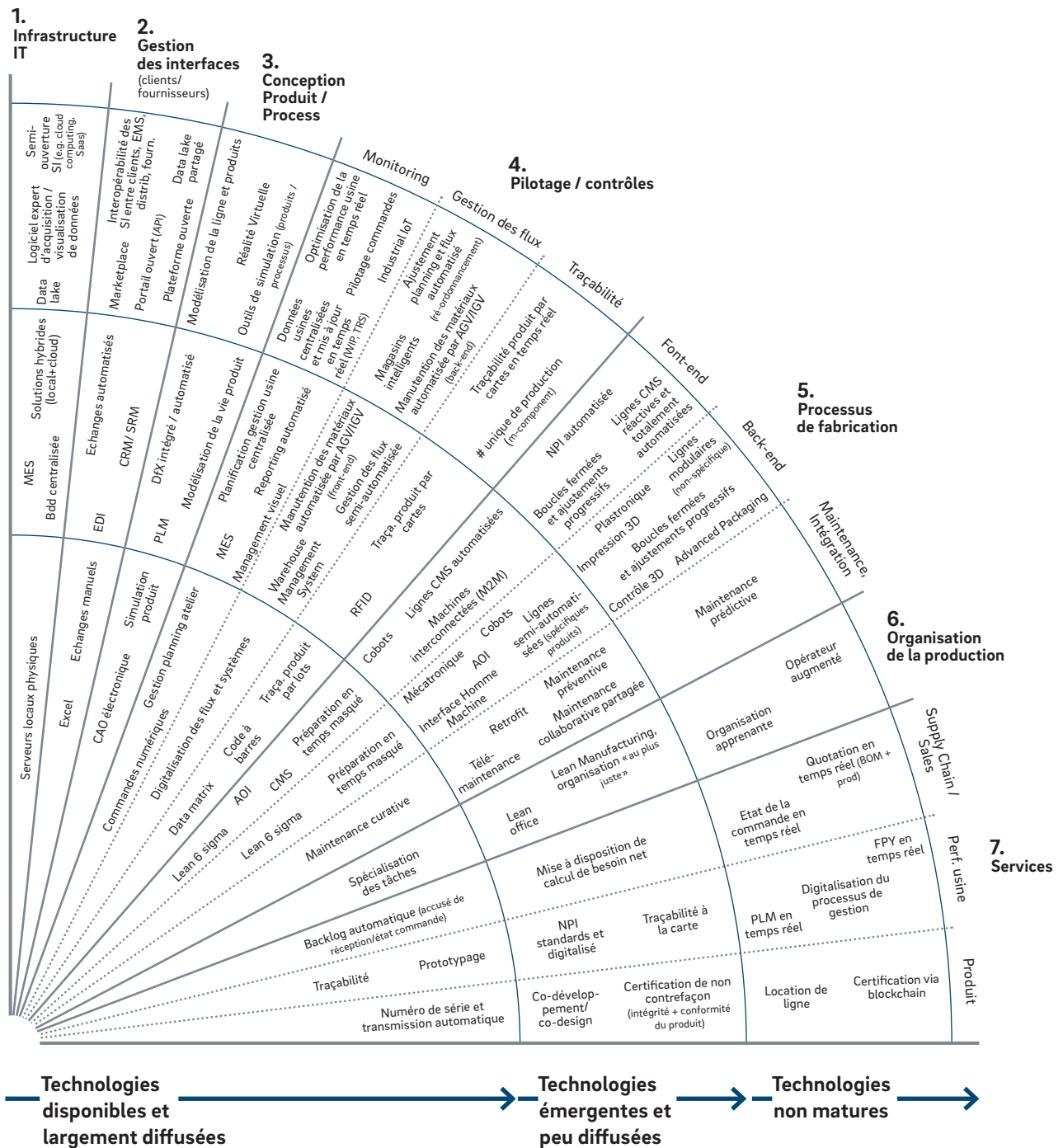
- Soutenir l'investissement pour garder les *scale-ups* dans l'hexagone et soutenir l'acculturation des structures d'investissement sur les besoins de BFR élevés, inhérents à la production de *hardware* ;
- Accompagner la protection intellectuelle pour protéger les start-ups dans la mise en place de collaborations avec des acteurs traditionnels ;
- Donner des bonnes pratiques pour le partage de la valeur ajoutée et de contractualisation des collaborations ;
- Accompagner les acteurs traditionnels dans le processus d'innovation en mettant en cohérence et en les aiguillant dans l'écosystème parmi la multiplicité d'acteurs et de structures d'accompagnement ;
- Déployer une plateforme efficiente pour connecter start-ups de l'IoT et acteurs traditionnels des industries d'application.

AXE 7 – Processus de transformation :

Guide à destination des acteurs de la filière pour mener à bien leur transformation. Une démarche d'accompagnement des acteurs de la filière dans leur transformation doit être déployée. Cette démarche comprend :

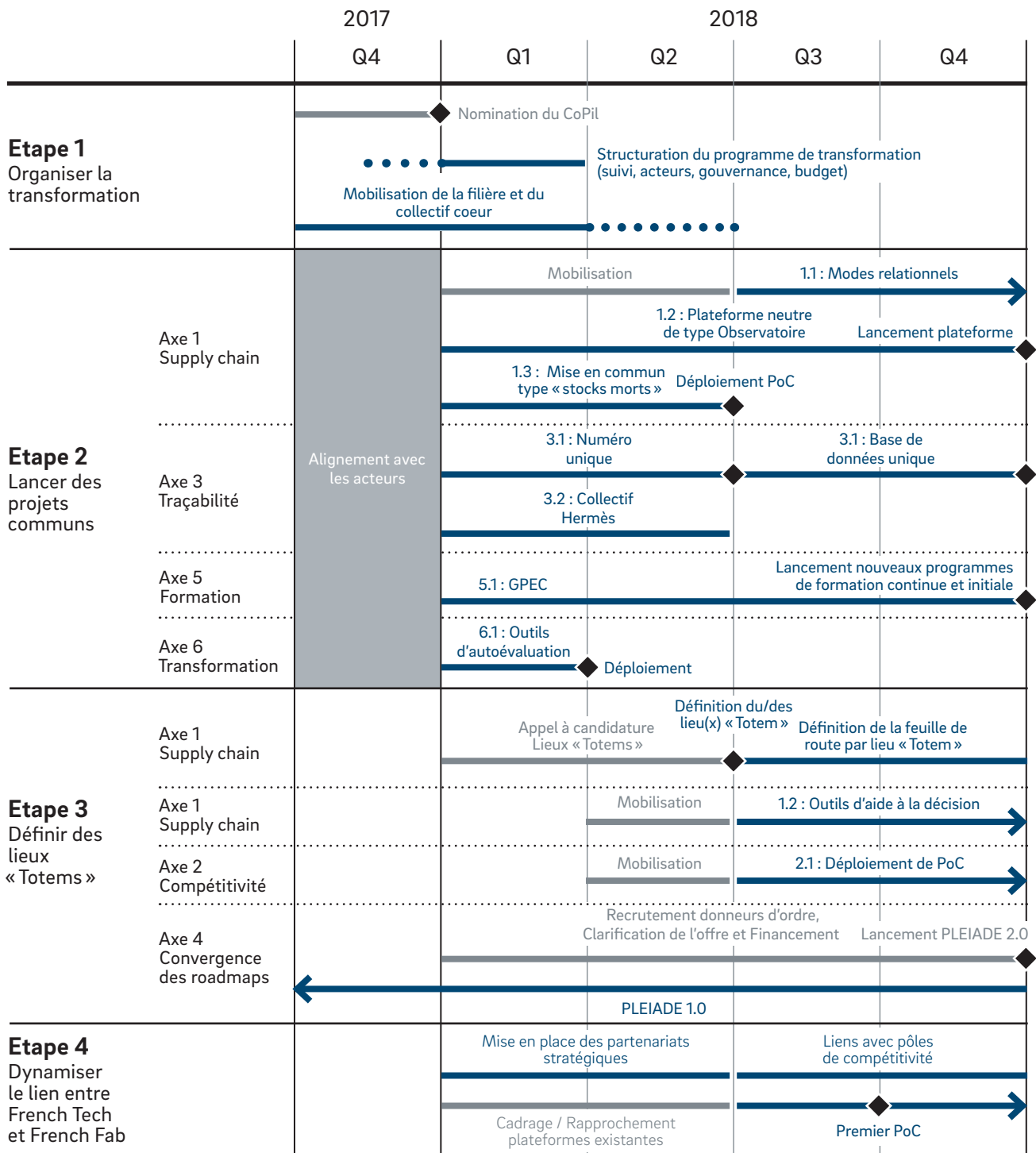
- Une feuille de route « Industrie Electronique du Futur » cartographiant les enjeux et technologies disponibles [2](#), pour permettre aux différents acteurs de la filière de définir leur propre *roadmap* de transformation Industrie du futur ;
- Un outil d'autoévaluation afin d'évaluer la maturité de mise en œuvre d'une stratégie orientée Industrie du futur ;
- Un guide de définition de feuille de route architecture SI ;
- Un guide de constitution d'une Task Force Industrie du futur pour mener à bien le changement en interne.
- Une feuille de route commune pour la transformation de la filière de production. [3](#)

2 : Feuille de route « Industrie Electronique du Futur » pour les acteurs de la filière – Enjeux et panorama de solutions



Source : Entretiens experts, Roland Berger

3 : Feuille de route de la filière pour l'Industrie Electronique du Futur



Préparation **Mise en Oeuvre**

La mise en œuvre de la feuille de route est sujette au déploiement des ressources nécessaires au déploiement des différents chantiers de transformation

Source : Entretiens experts, Roland Berger

Introduction

La révolution digitale transforme en profondeur l'ensemble des secteurs de l'économie, de l'industrie et des services traditionnels. Symbolisée par le développement de l'Internet des Objets (IoT), cette mutation contribuera à relever les défis d'une transformation globale et profonde de la société. L'IoT permet d'accélérer l'intelligence des systèmes en faisant converger les technologies électroniques et numériques. L'électronique devient alors le socle industriel sur lequel repose le développement de tous ces nouveaux usages digitaux, en constituant la partie matérielle « Hard » de ce nouveau monde connecté. L'électronique permet de digitaliser un monde physique qui, numérisé et connecté à des services dans le cloud, constitue le *Smart World*.

Une industrie encore jeune et à fort potentiel de croissance

L'industrie électronique est beaucoup plus jeune que les autres secteurs industriels. Sa naissance remonte seulement à la fin de la Seconde Guerre mondiale. L'électronique est par ailleurs présente dans de nombreux secteurs d'activités (consumer, computer, communication, automobile, aéronautique, défense, ferroviaire, medtech).

Cette transversalité nuit profondément à la visibilité de l'électronique comme filière industrielle à part entière. Elle se traduit également dans l'outil statistique qui ne couvre que partiellement la chaîne de valeur électronique au travers du code NAF 26 lequel n'intègre pas les activités de conception ou la production d'électronique dite embarquée i.e. produite chez les OEMs qui n'appartiennent pas aux secteurs traditionnels des 3C (Computer, Communication, Consumer) ou de l'électronique de défense. Une des spécifi-

ités de l'industrie est sa forte cyclicité à l'échelle mondiale. Ces cycles sont extrêmement marqués et définissent des périodes de croissance de plus ou moins grande amplitude au cours des cinquante dernières années. [4](#)

L'industrie électronique a ainsi connu une première période de dynamisme fort dans les années 1970. Sa croissance annuelle atteignait alors 20 à 25%, essentiellement portée par la commande publique. S'en est suivi un nouveau cycle de croissance dynamique jusqu'au début des années 2000, période pendant laquelle le marché fut tiré par les besoins des entreprises puis des individus avec les émergences de l'informatique, des télécoms et d'internet.

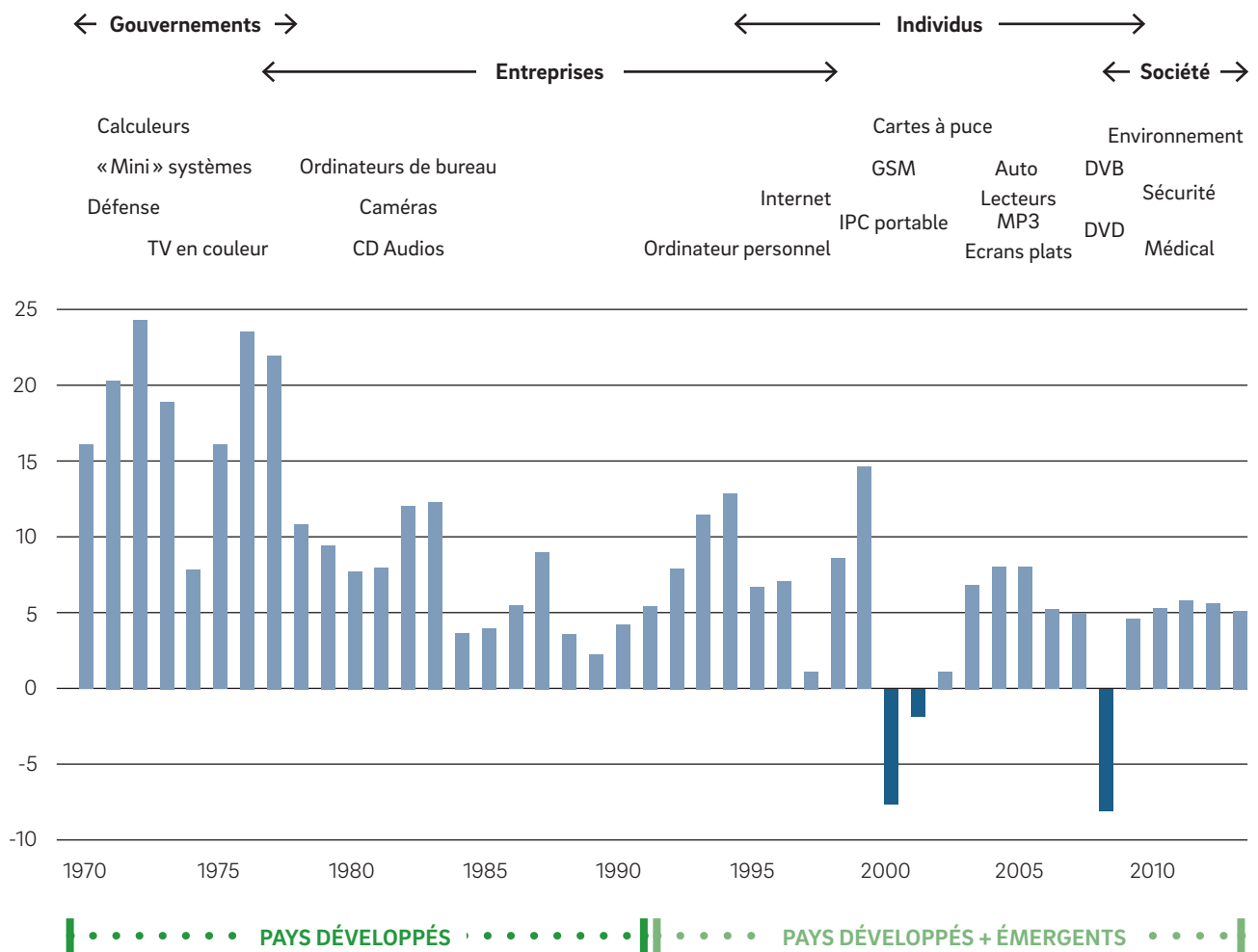
Cette dynamique a été brutalement arrêtée à l'aube des années 2000 par la crise dite des « télécoms » qui a profondément bouleversée l'industrie et entraînée la première récession de son histoire. C'est une bulle spéculative qui a affecté les secteurs de l'informatique et des télécommunications et, par ricochet, celui de l'industrie électronique. Cette crise a atteint son apogée en 2000-2002 et a conduit en France comme en Europe à une vague de délocalisations quasi systématiques des activités de production électronique des grands groupes positionnés sur les marchés de masse, notamment vers la Chine et l'Extrême Orient.

Au cours des quinze dernières années, l'industrie électronique a connu une croissance de plus 5% à l'échelle mondiale, et ce sans jamais s'essouffler. Un rythme qui s'explique entre autres par la généralisation des usages d'internet, la standardisation et la démocratisation des marchés 3C à l'échelle planétaire (ordinateurs, portables et smartphones) mais

aussi le développement continu de l'électronique dans les marchés B2B. Plus tard, comme l'ensemble de l'économie mondiale, l'industrie électronique n'a pu échapper à la forte récession de 2009. Mais ses causes diffèrent de la crise des télécoms (2000-2002) car elles sont externes au secteur et ne remettent ainsi pas en question les besoins en électronique et les perspectives de croissance à long terme. Par certains aspects, cette crise de 2009 a même éclairci cet horizon !

En effet, la diffusion de l'électronique dans tous les secteurs offre des leviers de développement multiples et diversifiés. Cette croissance est soutenue soit par des marchés consommateurs d'électronique eux-mêmes en croissance, soit par l'intégration progressive de l'électronique dans les équipements et les systèmes finaux de secteurs applicatifs stables (e.g. automobile, aéronautique, ferroviaire, industrie).

4 : Evolution du taux de croissance annuel de la production électronique [% par an]



Source : DECISION, Roland Berger

Chaîne de valeur de l'industrie électronique

Au-delà du positionnement en termes de verticales industrielles, la chaîne de valeur de l'industrie électronique se décompose en cinq types d'acteurs :

- Les producteurs de machines et matériaux (ex. ASM, Europlacer, ASML, Seica), de plus en plus intégrés ou connectés dans les systèmes d'information, ainsi que les producteurs de machines de mesures et de tests (ex. Keysight, National Instrument, AOIP) ;
- Les producteurs de composants électroniques (e.g. STMicroelectronics, Souriau, Infineon, Samsung, TDK, Murata), en distinguant différentes filières entre les composants actifs et semi-conducteurs (au cœur de l'architecture du design fonctionnel du produit), les composants passifs (résistances, condensateurs, etc), la connectique (cruciale pour l'électronique embarquée en environnement sévère), les pièces à plan (circuits imprimés, l'emballage mécanique), et les consommables (pâtes à brasée, vernis, résines, ...) ;
- Les distributeurs de composants (e.g. Avnet, Arrow, Acalbf, Digkey, Rutronik) ;
- Les producteurs d'équipements électroniques (équipementiers OEM) ...
- ... et leurs sous-traitants électroniques type EMS ou ODM.

La production d'équipements électroniques s'appuie donc sur la filière des composants électroniques et des semi-conducteurs pour produire des cartes embarquées et des sous-systèmes eux-mêmes intégrés dans des systèmes électroniques. **5**

La filière des composants est le fer de lance d'une pyramide de création de valeur à l'effet de levier gigantesque. Ce dernier est encore amené à se développer grâce à l'Internet des Objets (IoT) par l'ouverture de nouveaux marchés et le développement des services associés. Au sein de la chaîne de valeur électronique, les activités de sous-traitance de production sont principalement portées par des acteurs spécialisés dans le

report de composants sur les cartes. On parle également de composants montés en surface (CMS).

Le développement de l'IoT va être majeur et impacter tous les secteurs de l'industrie

Après quinze ans de croissance dans le sillage des grands secteurs traditionnels menant à une standardisation continue et à l'optimisation des actifs de production, l'industrie électronique doit dorénavant accompagner l'arrivée en masse de nouveaux usages et acteurs (e.g. start-ups, acteurs traditionnels non-consommateurs d'électronique) qui font levier sur l'Internet des Objets (IoT) pour faire évoluer leur proposition de valeur et s'engager dans leur transformation digitale et électronique.

L'IoT est défini par l'Union internationale des télécommunications (UIT) comme une extension de l'Internet tel que nous le connaissons aujourd'hui, par la création d'un réseau omniprésent et auto organisé d'objets physiques connectés, identifiables et adressables grâce à des puces intégrées, permettant le développement d'applications au sein de secteurs verticaux clés. L'IoT s'appuie donc sur une intelligence non pas centralisée mais distribuée à l'échelle des systèmes et des objets au travers de quatre leviers principaux que sont :

- Les smart connected devices (les objets connectés) ;
- Les smart sensors pour capter l'information du monde physique ;
- Le smart power pour gérer et optimiser l'énergie requise par les systèmes intelligents. La cybersécurité pour assurer la confiance nécessaire au développement des usages.

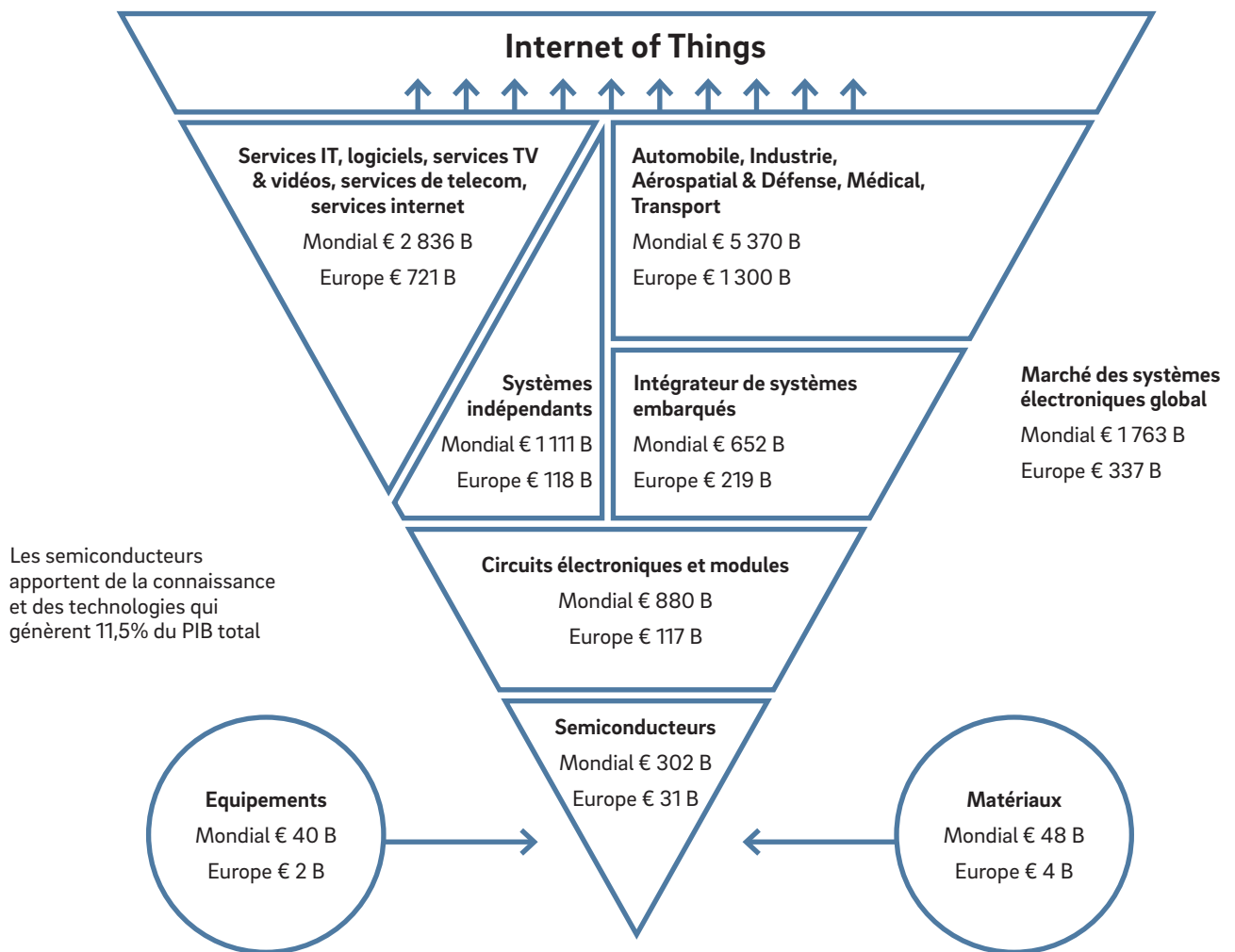
«L'horizon de l'Internet des objets et du Big data est celui d'un monde toujours plus densément connecté qui relie les hommes, les données et les objets dans un écosystème numérique désormais global», soulignait l'Institut Montaigne ⁵. L'IoT va ainsi accélérer la connexion et la mise en réseau des personnes, des processus, des données et des objets, touchant l'en-

5 « Big data et objets connectés Faire de la France un champion de la révolution numérique », avril 2015

semble des secteurs de l'économie et plus particulièrement les secteurs de la santé, des villes, de la mobilité, de l'industrie et du logement ⁶. Plus qu'un phénomène de mode, l'IoT devrait représenter selon les sources retenues, entre 20 et plus de 50 milliards d'objets connectés d'ici à 2020 et un marché pouvant atteindre jusqu'à 2 500 milliards d'euros dans le monde. ⁶

En France, on estime que les ventes d'objets connectés devraient s'envoler pour représenter 15,2 milliards d'euros en 2020. Alors que les applications les plus visibles à ce jour sont des objets connectés de grande consommation, tous les secteurs seront touchés, en particulier les marchés professionnels : ils devraient représenter 40% des applications et jusqu'à 50% du marché en 2020 ⁷. ⁷

5 : La filière des composants est le fer de lance d'une pyramide de création de valeur à l'effet de levier gigantesque



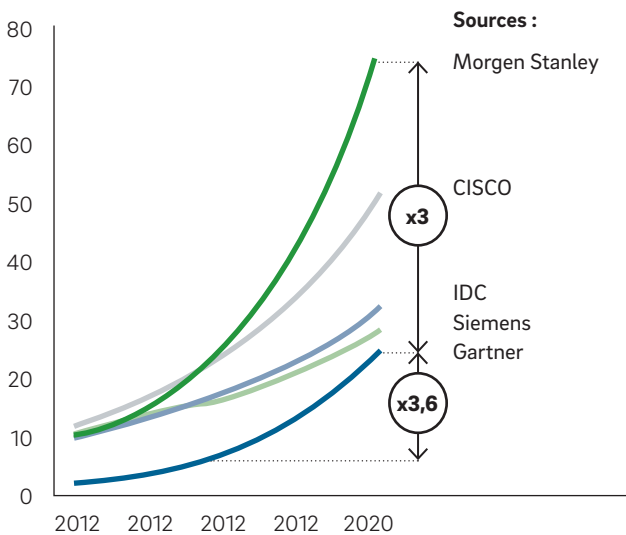
Source : DECISION, Roland Berger

⁶ Selon l'enquête IoT ESEO réalisée auprès de 701 entreprises françaises

⁷ Selon Gartner

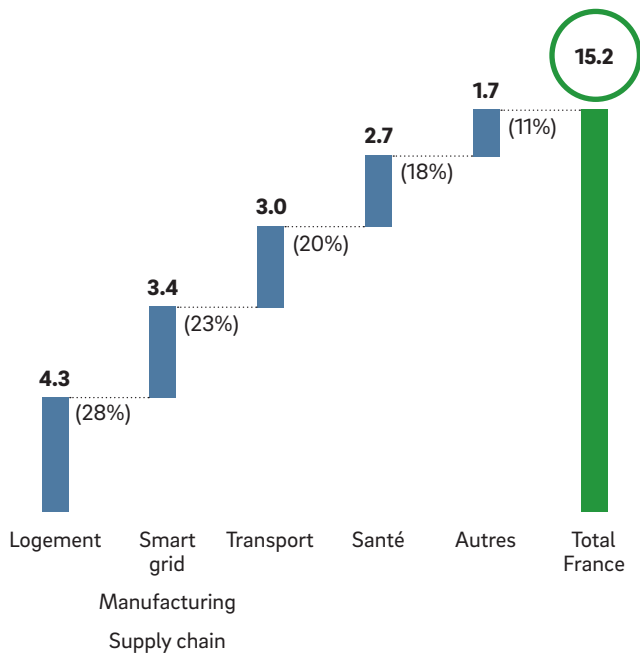
6 : Développement de l'IoT et des objets connectés

Base installée d'objets connectés par segments dans le monde [2016-2020 ; milliards d'objets]



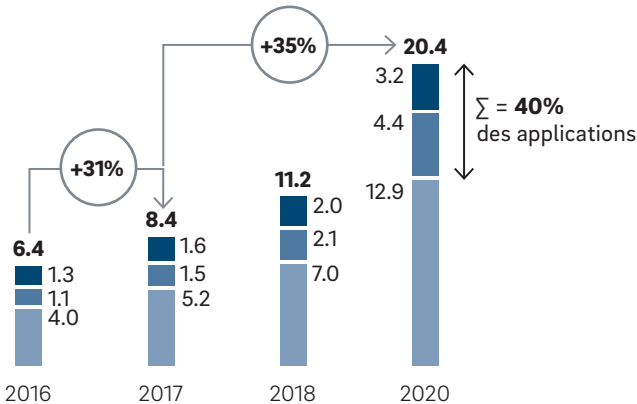
Source : WE-Network, Gartner, Siemens, IDC, Cisco, Morgan Stanley, expert interviews, Roland Berger

Marché des objets connectés en France [2020 ; EUR Mds]

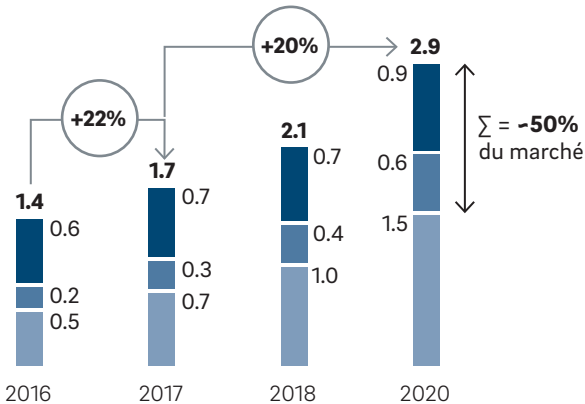


7 : L'IoT des marchés professionnels devraient représenter 40% des applications et jusqu'à 50% du marché en 2020

Base installée d'objets connectés par segments [2016-2020 ; milliards d'objets]



Dépenses mondiales IoT [2016-2020 ; USD tn]



■ B2B - Spécifique à une verticale industrielle ■ B2B - Transverse ■ B2C

Source : Gartner, Roland Berger

L'électronique, clé de voûte du développement de l'IoT et de la transformation digitale de l'industrie française

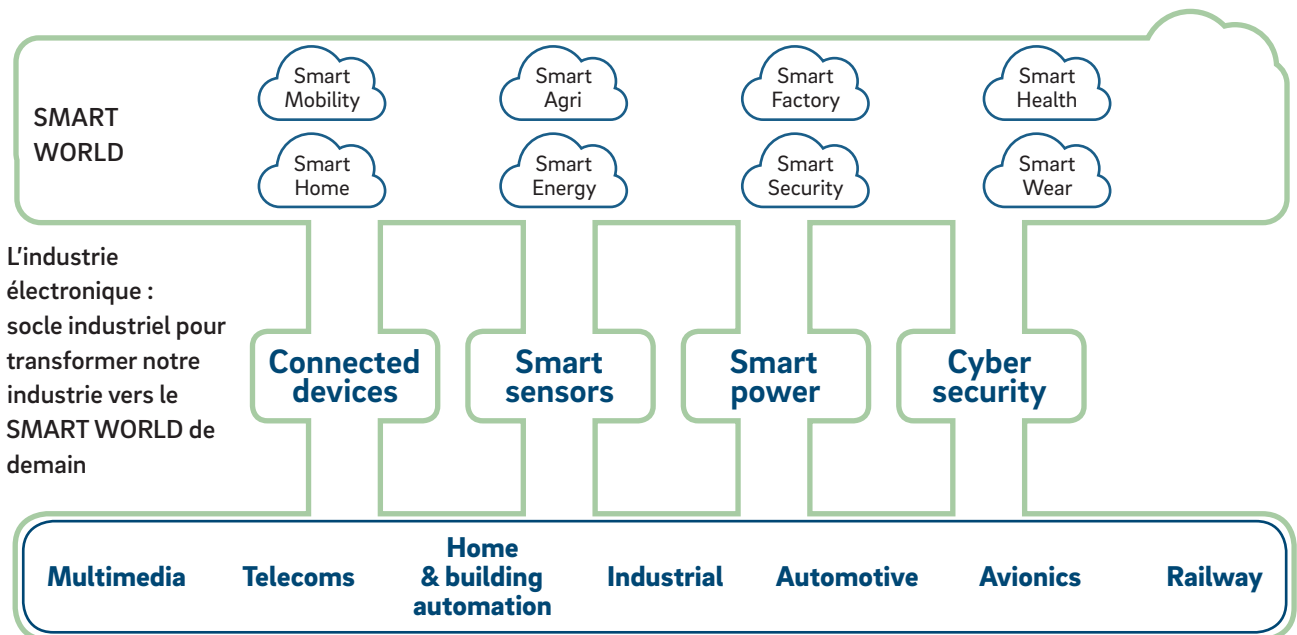
Ce développement ne sera possible que grâce à un contexte technologique propice et un environnement technique favorable :

- **Hardware** : des capteurs de moins en moins chers (le prix moyen d'un capteur passera de USD 1,5 à USD 0,3 entre 2004 et 2020 ⁸) ;
- **Software** : une forte concurrence entre les différents acteurs (e.g. AWS, Intel, IBM), les opérateurs et les fabricants amenant à des prestations en hausse pour des coûts toujours en baisse ;
- **Réseaux** : des réseaux de communication en développement avec la mise en œuvre et la fiabilité des réseaux cellulaires bas débit (Qowisio, Sigfox, LoRa) spécialement conçus pour l'IoT. Sans occulter les réseaux 2G/3G/4G et 5G, ainsi que le wifi et le LiFi ⁹, qui forment un ensemble complémentaire.
- Une adéquation qui accroît dès lors les opportunités de marché.

L'omniprésence de l'électronique à toutes les étapes du processus (a. collecte de données, b. traitement des données, c. action) implique nécessairement le développement d'une filière forte, innovante, compétitive et proactive pour accompagner tous les secteurs d'application dans leur intégration d'électronique permettant la mise en œuvre d'usages digitaux.

C'est une condition *sine qua non* pour que les entreprises françaises intègrent la transformation digitale. Dès lors, le développement de l'IoT va accélérer massivement la croissance de l'industrie électronique sur laquelle s'appuieront les réponses aux enjeux sociétaux qui sont les macro-tendances des vingt prochaines années. **8**

8 : L'électronique est la clé de voûte du développement de l'IoT et de la transformation digitale de l'industrie française



8 Selon Goldam Sachs et BI Intelligence
 9 Cette technologie consiste à utiliser la modulation de lumière à haute fréquence pour coder et transmettre des informations

Un terrain favorable pour repositionner la France et l'Europe comme leader de l'IoT B2B

En France et en Europe, les filières de production électronique sont spécialisées sur les marchés professionnels, tout comme l'IoT B2B

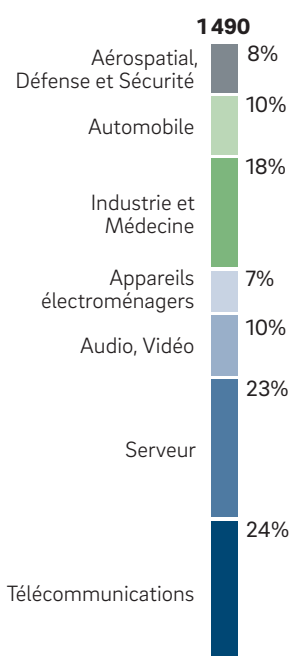
La production d'équipements électroniques représente ~1,490b€ dans le monde et est composée de systèmes *stand-alones* et de systèmes embarqués. ⁹ Une partie de cette production, environ 25%, est donnée à la charge de sous-traitants électroniques produisant pour compte de tiers (EMS) voire fournissant leur propre design (ODM). Ce taux de sous-traitance est stable, voire en légère augmentation au cours des dernières années. Comme mentionné précédemment, l'électronique est présente dans tous les secteurs applicatifs industriels à la fois B2C (e.g. 3C : Consumer, Computer, Communication) à forts volumes et mix limités ainsi que B2B (automobile, aéronautique, défense, ferroviaire, medtech) à volumes plus limités et forts mix. Au niveau mondial, les 3C représentent plus des 2/3 de la production électronique.

Une part prépondérante de la production électronique a été délocalisée en Asie tout au long des dernières décennies, mais environ 1/5ème des équipements électroniques sont toujours produits en Europe aujourd'hui. L'électronique européenne s'est spécialisée depuis le début des années 2000 sur les marchés professionnels au détriment des marchés de masse. Ce constat est valable pour la France : à titre d'illustration, la France était en 1999 parmi les trois principaux pays producteurs de téléphones mobiles dans le monde et n'en produit plus aucun dorénavant. La production électronique n'a donc pas disparu en Europe, elle s'est spécialisée sur les marchés professionnels. Le phénomène est encore plus marqué en France. L'Hexagone est en effet leader en Europe sur le marché des services de production de cartes électroniques, devant l'Allemagne, l'Italie et le Royaume-Uni avec 3.8 milliards d'euros de chiffre d'affaires. ¹⁰

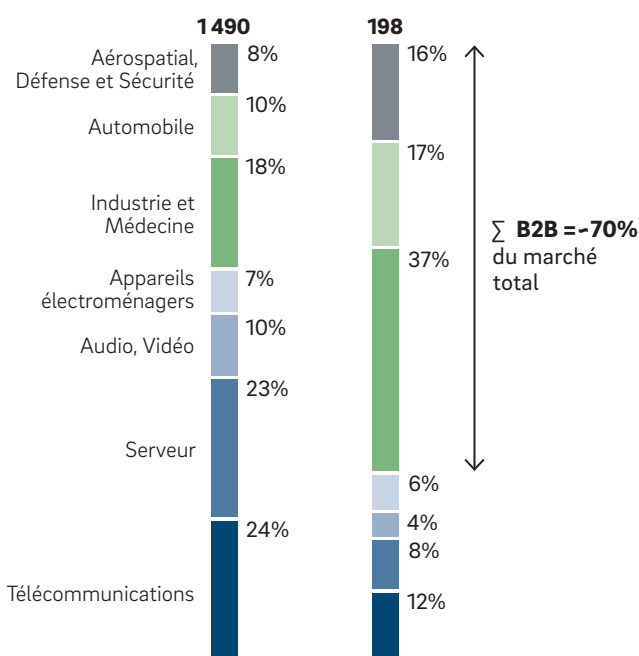
La filière de production électronique représente ~1,490b€ au niveau mondial, dont 198b€ en Europe et 49b€ en sous-traitance

9 : Taille de marché de la production électronique [EUR bn]

Production électronique Mondiale par secteur industriel [2014]



Production électronique Européenne par secteur industriel [2014]



49¹

Marché de la sous-traitance électronique en Europe [2015 ; EMS + ODM]

¹ USD = 0,937 EUR

Source : DECISION, New Venture Research, Roland Berger

Bien qu'aucun EMS majeur ne soit d'origine européenne ou française, dix acteurs (dont quatre français) se situent dans le Top 50 mondial des EMS. Centrée sur les marchés professionnels (défense, automobile, systèmes industriels, aéronautique, médical), la filière de production française est déjà au plus proche des marchés porteurs du *Smart World* et de leurs particularités. Par rapport aux marchés grands publics, ceux de l'électronique professionnelle ont pour spécificité :

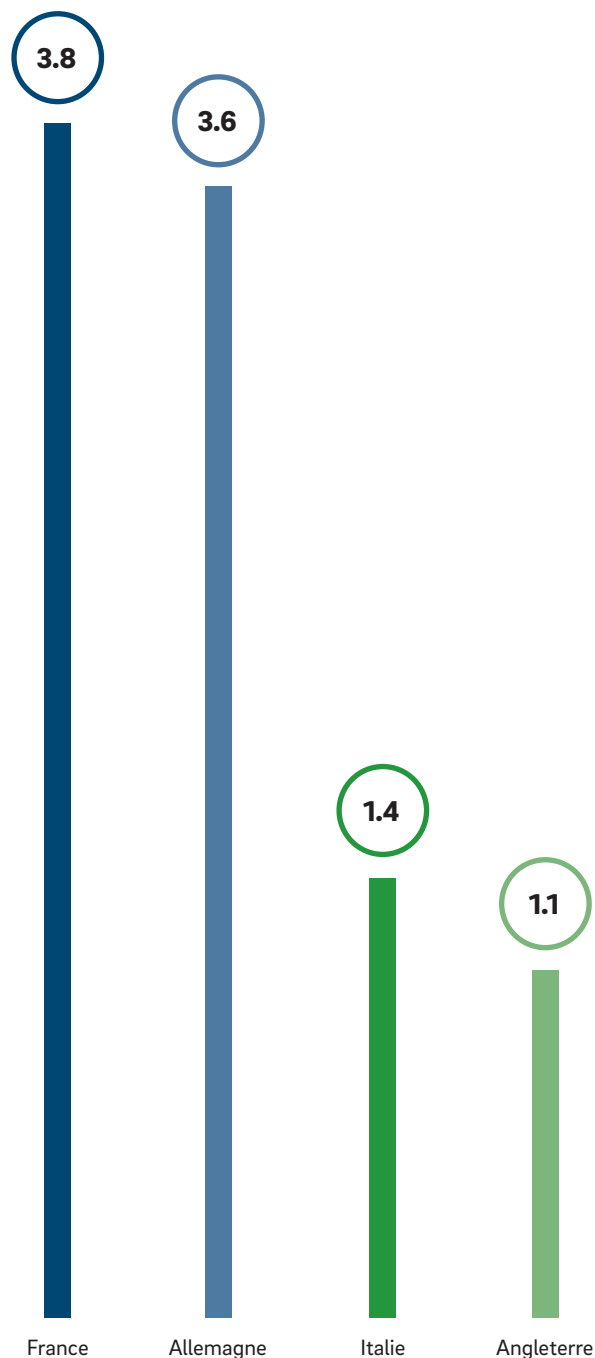
- Un investissement productif plus prégnant dans le P&L du fait de la plus faible taille des acteurs de la sous-traitance professionnelle ;
- Une valeur ajoutée relative essentiellement liée à l'activité de production et d'intégration d'une électronique complexe et robustifiée ;
- Une flexibilité et une réactivité industrielle nécessaire pour produire des petites et moyennes séries ;
- Un poids important du service associé à la vente de l'équipement.

L'écosystème d'innovation français de l'IoT est dynamique, propice à la créativité et en plein développement

Selon Jim Tully, Research Director chez GARTNER, 50% des solutions IoT en 2018 proviendront de start-ups de moins de 3 ans. Dans ce contexte l'écosystème d'innovation français, et notamment celui de l'IoT, se distingue par son dynamisme et sa créativité.

Cette vitalité se traduit notamment par une présence de plus en plus marquée des start-ups de la French Tech au Consumer Electronics Show de Las Vegas, le grand rendez-vous annuel mondial de l'électronique grand public. Alors que les start-ups françaises présentes au CES n'étaient qu'au nombre de 66 en 2015, la délégation de la French Tech de janvier 2017 était composée d'un contingent de 178 start-ups, constituant la deuxième délégation mondiale derrière les 203 stands américains et loin devant les 16 israéliens. La French Tech de l'Internet des objets s'impose donc depuis 3 ans et confirme sa place parmi les leaders mondiaux.

10 : Fabrication de cartes électroniques assemblées¹ [EUR bn]



1 Code NAF 2612

Source : DECISION, Roland Berger

Enfin, les problématiques de compétitivité industrielle et d'industrie du futur sont adressées avec force au travers des initiatives portées par les gouvernements français et européens depuis 2013 dont l'Alliance pour l'Industrie du Futur en France ou le plan Industry 4.0 en Allemagne. L'industrie électronique en France se positionne à l'avant-garde sur ces sujets considérés comme un levier d'amélioration majeur de la compétitivité des EMS et d'accélération de l'innovation électronique et digitale dans tous les autres secteurs.

Le terrain est donc favorable pour repositionner la France et l'Europe comme leader de l'industrie électronique dans sa partie de prédilection : l'électronique professionnelle et l'IoT B2B.

Impact de ces nouveaux marchés IoT pour la transformation de la filière de production électronique

Dans un marché non mature dont le développement est basé sur la profusion de nouveaux usages qu'il faut identifier et commercialiser avant la concurrence, les enjeux qui reposent sur la filière de production électronique se situent à quatre niveaux :

1. TIME TO INNOVATION – Une accélération du rythme d'innovation entraînant une réduction des temps de cycles de développement, d'industrialisation et de mise sur le marché des nouveaux produits. L'accélération du cycle d'innovation induit également la réduction du cycle de vie des produits et donc du temps d'amortissement des investissements ;

2. TIME TO MULTIPLICATION & DATA – Une augmentation du mix due à la fois à la hausse du nombre de clients par fournisseur, du nombre de références par client (avec un grand nombre de variantes) mais aussi du nombre de références de composants par produits, rendus possible par la miniaturisation, et nécessaire par des fonctionnalités toujours plus pointues. En effet, face à ces nouveaux usages et l'incertitude de leur adoption, les industriels multiplient les lancements de nouvelles générations de produits ou

de produits différents, en quantités moindres, pour tester le marché et les besoins clients. La combinaison de tous ces mix clients / produits & cartes / composants / fournisseurs associée à une grande versatilité des informations portées (besoins en volume, prix, disponibilité et *lead time*, ...) génère un effet de multiplication exponentielle des données et informations à gérer pour les électroniciens ;

3. TIME TO MARKET – Une diminution des temps de cycles de production et des volumes plus variables : l'augmentation du mix induit également une diminution moyenne des quantités et un enjeu fondamental de flexibilité sur les volumes, à la hausse ou à la baisse, pour saisir les opportunités de marché ou s'adapter à ses revers ;

4. TIME TO COST – Une forte pression sur les coûts : l'acceptation et la généralisation des nouveaux usages, même s'ils créent de la valeur, nécessite souvent de trouver rapidement un seuil économique et un « prix série optimisé » pour permettre une diffusion plus large sur les marchés.

L'industrie électronique doit désormais répondre aux nouveaux enjeux de fort mix et de volumes variables et plus difficiles à prévoir. Il faudra donc être capable d'expérimenter de nombreuses pistes, d'accélérer très vite les succès naissants et de gérer les rebonds d'un marché à cycles courts.

La filière de production doit par conséquent transformer son mode d'organisation pour augmenter sa flexibilité et répondre à la croissance tendancielle du mix produits. C'est en particulier sur les activités de développement et d'assemblage électronique que repose ce nouveau paradigme de « high mix variable volumes » et *in fine* la capacité de la filière à accélérer le développement du *Smart World* et le positionnement de toute l'industrie française sur ces nouvelles terres de conquêtes.

Des filières de production française et européenne face à des défis majeurs pour s'adapter et répondre à l'importance des enjeux

Au sein de la chaîne de valeur de l'industrie électronique, les activités d'assemblage et de production sont mises sous pression en amont par les producteurs de composants et en aval par les équipementiers donneurs d'ordre qui captent l'essentiel de la valeur. La capacité d'investissement sur ce maillon de la chaîne de valeur « activités de sous-traitance de production » est faible au regard de son poids économique (maillon permettant la diffusion de l'électronique dans tous les secteurs et acteurs de l'industrie) et social (nombre d'emplois). On estime à 1% des ventes l'investissement en recherche et développement normatif des sous-traitants de production électronique, ce qui correspond à environ 5-6% des bud-

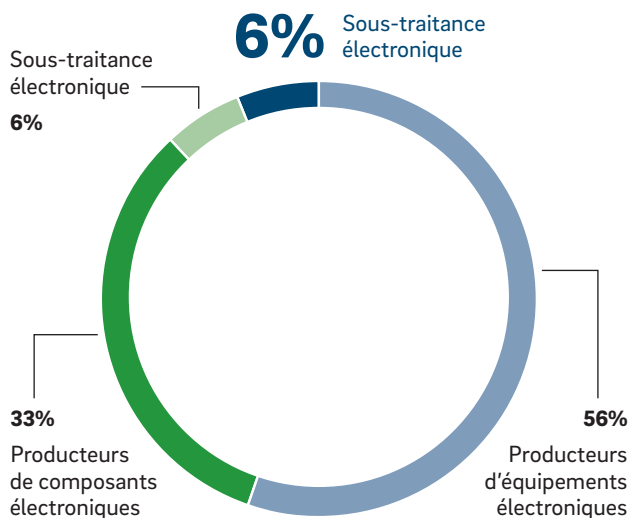
gets d'investissements R&D de l'industrie. **11** C'est pourtant sur ce savoir-faire que repose une grande partie du potentiel d'accélération du *Smart World*.

Une taille critique plus faible dans l'électronique professionnelle

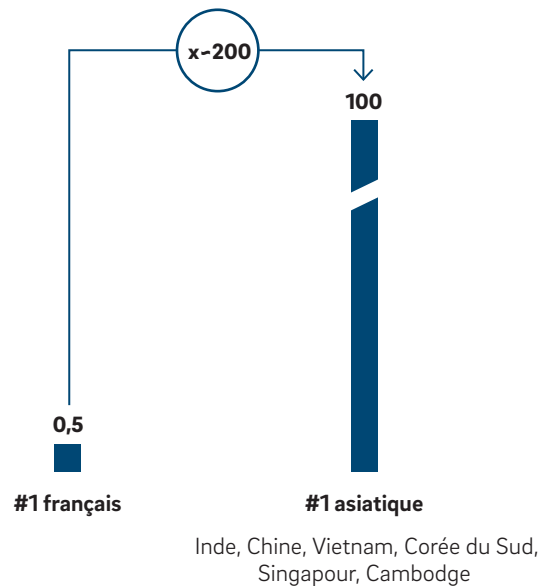
Des déséquilibres importants existent entre les acteurs de la sous-traitance électronique. Alors que les principaux acteurs asiatiques et américains ont atteint des tailles critiques de plusieurs milliards de dollars de chiffre d'affaires, leur permettant d'innover sous l'impulsion notamment de leurs grands comptes clés positionnés sur les marchés de masse, les acteurs européens et français de taille plus petite paraissent en retrait pour franchir les prochaines étapes technologiques.

11 : Une capacité d'investissement limitée pour transformer la filière, notamment par rapport aux acteurs asiatiques

Répartition des investissements de R&D dans la filière électronique



Comparaison en termes de chiffre d'affaires dans la filière de sous-traitance électronique



Source : DECISION, Roland Berger

Une supply chain modérément adaptée à l'expérimentation

La réduction des temps de cycles de développement et les nouveaux types de clients requièrent expérimentation et faibles volumes dans les étapes de pré-séries, alors que la filière est dimensionnée pour des tailles de lots plus importantes, notamment dans les phases de lancement. L'outil industriel et les contraintes d'approvisionnement (temps d'approvisionnement, tailles de lots, etc.) sont donc considérés comme peu flexibles pour les petites séries... alors que le prix de main d'œuvre est élevé.

Une offre complexe

Alors que les clients historiques de l'industrie électronique maîtrisent le processus de production et les jalons clés de la fabrication de matériel électronique, les nouveaux types de clients les découvrent aux détours de leurs premières expériences de production ou requièrent un accompagnement et un niveau de service plus important. Hors la chaîne de valeur électronique est complexe avec de nombreux acteurs dont le rôle paraît difficile à identifier pour de nouveaux entrants. Ce qui renvoie à une image d'experts plutôt réservée aux initiés (difficile de faire développer une solution *hardware* sans être issu de l'industrie électronique).

Sept axes pour transformer la filière

Le présent Livre Blanc se concentre donc sur la filière de production électronique et plus particulièrement sur la filière de sous-traitance électronique en raison de son rôle clé dans l'accélération du *Smart World*. Cette filière de production doit accélérer sa transformation pour répondre aux enjeux posés par ces nouveaux marchés. [12](#)

Cette transformation nécessitera le concours de l'ensemble des parties prenantes de la chaîne de valeur électronique : industriels, filière, pouvoirs publics.

En effet :

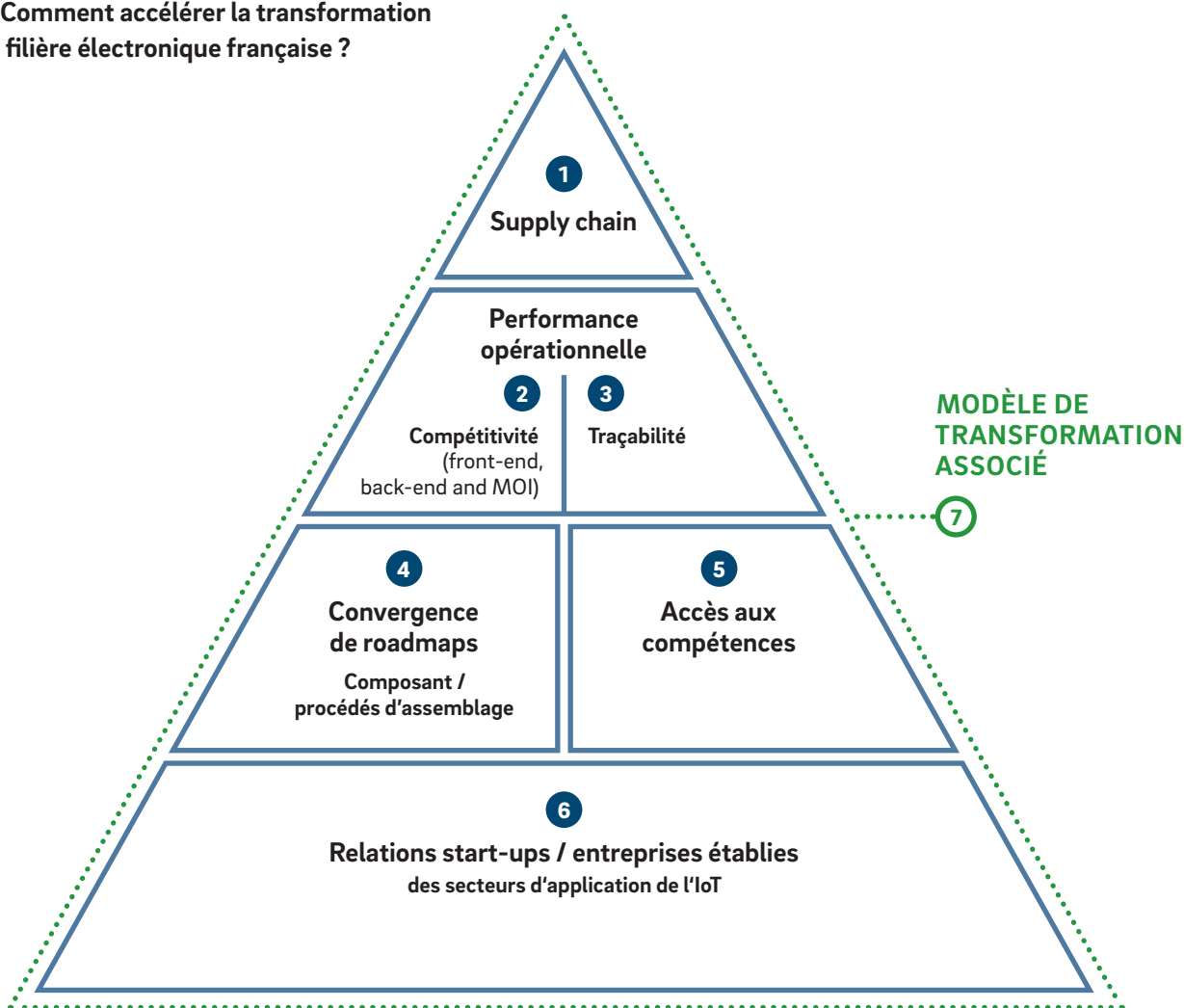
1. Il est primordial qu'ils travaillent ensemble pour définir de nouveaux modèles de coordination de la *supply chain*, pour fluidifier ainsi les flux le long de celle-ci afin de faire baisser le BFR et par conséquent recouvrer des liquidités pour se transformer ;
2. Il faudra faire lever sur les concepts de l'Industrie du futur pour améliorer la compétitivité et la flexibilité des outils de production et ainsi gagner en agilité ;
3. Poussés par les demandes des grands donneurs d'ordre, les sous-traitants en électronique devraient investir dans des nouveaux processus de traçabilité de la production, pour *in fine* améliorer la qualité de la production et la compréhension de l'appareil productif dans son ensemble ;
4. Il faudra collaborer avec la filière des fournisseurs de composants pour développer et faciliter l'accès aux briques technologiques ; les industriels pourraient se fédérer pour financer d'éventuels développements et leurs industrialisations complexes ;
5. Il est urgent de renforcer les filières de formation à la fois dans les métiers de l'Électronique et dans les métiers liés à l'Industrie du futur ;
6. Stimuler la créativité et consolider les projets en favorisant la connexion entre les industries d'application et les entrepreneurs sera également crucial pour permettre l'essor du *Smart World* et des nouveaux relais de croissance de l'industrie électronique ;
7. Cette transformation devra donc être gérée par la filière comme un grand projet visant le développement d'une véritable Industrie Electronique du Futur qui permettra d'accélérer le *Smart World* et contribuera à la compétitivité de l'ensemble de l'industrie.

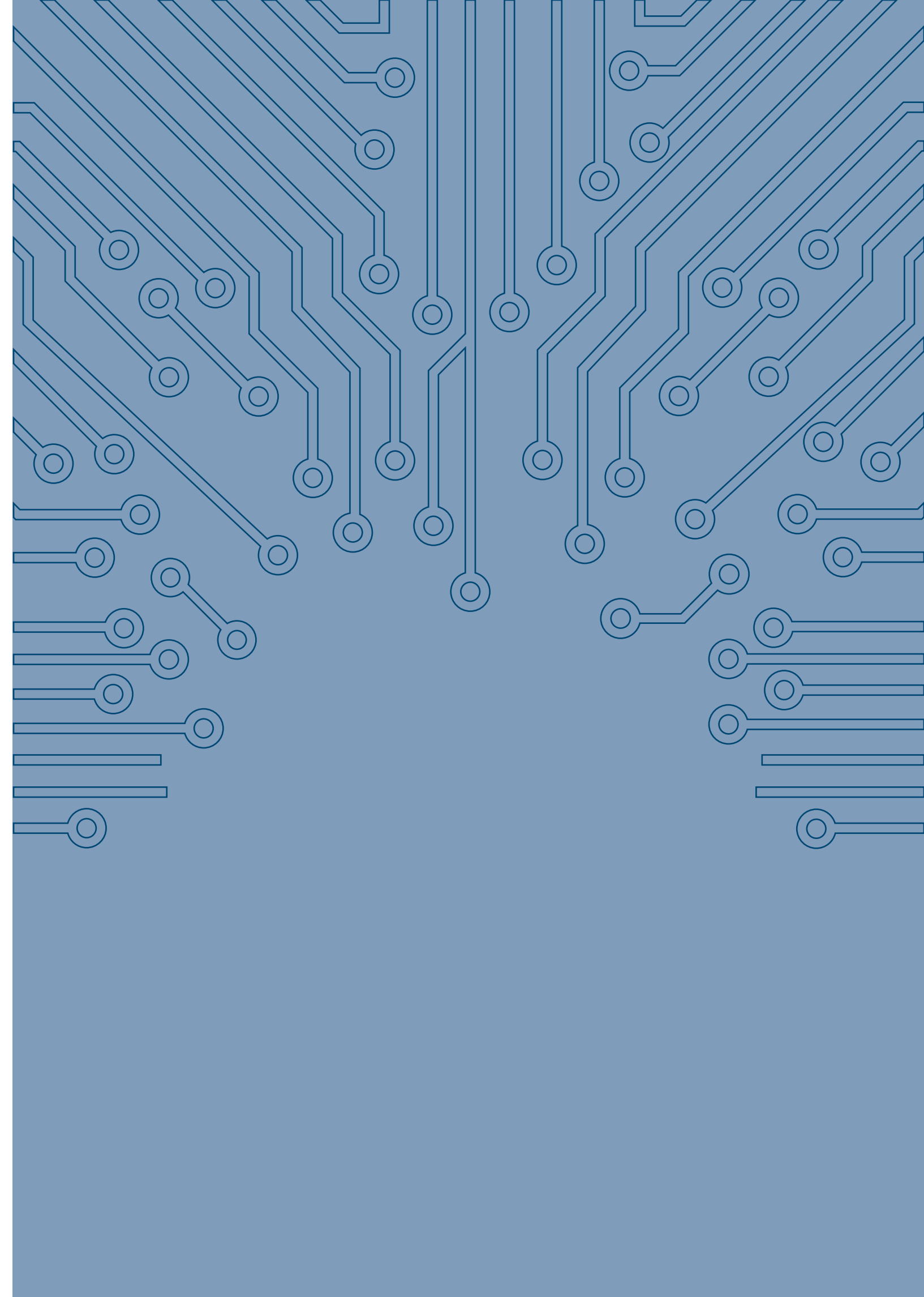
Une filière qui peut prendre le leadership de l'industrie du futur en France

Par rapport aux autres industries, la grande miniaturisation des composants électroniques a déjà poussé l'automatisation des procédés de production plus loin que dans d'autres filières. La complexité des informations à gérer dans une usine de production électronique nécessite de surcroît l'investissement dans des systèmes d'information plus développés que la moyenne. L'industrie électronique se positionne donc parmi les plus matures dans sa transition vers l'industrie du futur et peut légitimement tirer vers le haut le reste de l'industrie.

Ses enjeux d'innovation, de compétitivité et de financement seront à appréhender malgré une taille critique actuelle en défaveur des acteurs européens par rapport aux acteurs asiatiques et américains qui peuvent s'appuyer notamment sur le marché de l'électronique grand public (3C). L'amélioration de la compétitivité et de la flexibilité d'une base industrielle de production électronique française et européenne en mesure de maîtriser l'augmentation du mix aura un impact direct sur l'accélération de l'innovation électronique et digitale dans tous les autres secteurs.

12 : Comment accélérer la transformation de la filière électronique française ?







**Pour une Supply chain
plus flexible et réactive,
ou comment introduire
la notion de temps réel dans
une industrie aux temps longs**

Synthèse

La *supply chain* de l'électronique met en relation une demande de plus en plus volatile et une structure d'approvisionnement rigide. Cette rigidité associée à un manque de transparence et de digitalisation rend la *supply chain* peu réactive et génératrice de stocks à toutes les étapes de la chaîne de valeur. Cette accumulation de stocks obsolètes génère en particulier un poids financier énorme au niveau des sous-traitants de production. L'enjeu de la mise en place d'initiatives communes est donc non-seulement de fluidifier les échanges dans la *supply chain* pour la rendre plus réactive, mais également de libérer des capacités d'investissement sur d'autres thématiques pour les acteurs de la sous-traitance électronique. On estime à 15% le potentiel de réduction du stock total par la mise en place de leviers permettant notamment d'amener plus de transparence dans l'écosystème et des mises en commun entre EMS.

1.1 UNE SUPPLY CHAIN COMPLEXE : ENTRE UNE DEMANDE VOLATILE ET UNE STRUCTURE D'APPROVISIONNEMENT COMPLEXE

La *supply chain* de l'industrie électronique est composée de quatre typologies d'acteurs majeurs : des fournisseurs de composants (composants actifs, passifs, connectique ou modules), des distributeurs de composants, des fabricants de cartes électroniques et des donneurs d'ordre ou OEM dépositaires du produit sans oublier les fournisseurs de machines et d'équipements intégrant le processus de production. Le donneur d'ordre peut quant à lui avoir une *supply chain* aval plus ou moins complexe qui le relie au consommateur final.

La *supply chain* de l'électronique a des caractéristiques singulières :

Une structure d'approvisionnement rigide : les fabricants de composants sont majoritairement issus de la filière des semi-conducteurs qui représente environ 70% du marché global. Ils ont un *business model* reposant sur le développement d'innovations technologiques fortes pour lesquels ils investissent environ 15% de leurs revenus en R&D. L'activité de production de composants repose également sur des investissements en CAPEX importants (plusieurs milliards d'euros) sans commune mesure avec les activités d'assemblage et de production de cartes électroniques. *In fine*, le temps de production d'un composant s'élève de 12 à 20 semaines. Par ailleurs, au-delà du temps de fabrication relativement élevé, l'ajustement des capacités de production est fortement limité par le temps de mise en œuvre, 18 mois en règle générale. De sorte que la production de composants et la structure de d'approvisionnement qui en découle est extrêmement rigide ;

Une demande volatile : la demande de produits finis est fortement volatile et imprédictible, et cette tendance s'accroît. En effet, les clients finaux des OEMs demandent de plus en plus de personnalisation (« mass customization ») et ce quelle que soit la typologie de *business model*. L'éloignement potentiel de l'OEM vis-à-vis du client final (i.e. existence d'un intégrateur système, de canaux de distribution non propriétaires), ainsi que l'incertitude de plus en plus marquée liée au lancement des produits par la multiplicité des acteurs accentuent la volatilité de la demande ;

Une forte complexité : la fabrication de cartes électroniques requiert l'utilisation de dizaines de milliers de références composants ayant des délais de livraison variables, des durées de vie limitées, le tout dans un marché global. Le rythme d'évolution technologique est également très rapide (Loi de Moore) entraînant

1. Pour une Supply chain plus flexible et réactive

un niveau de complexité supplémentaire. En effet, avec l'apparition de nouveaux composants, il faut gérer la *supply chain* sur tout le cycle de vie du composant et ce sur une durée limitée.

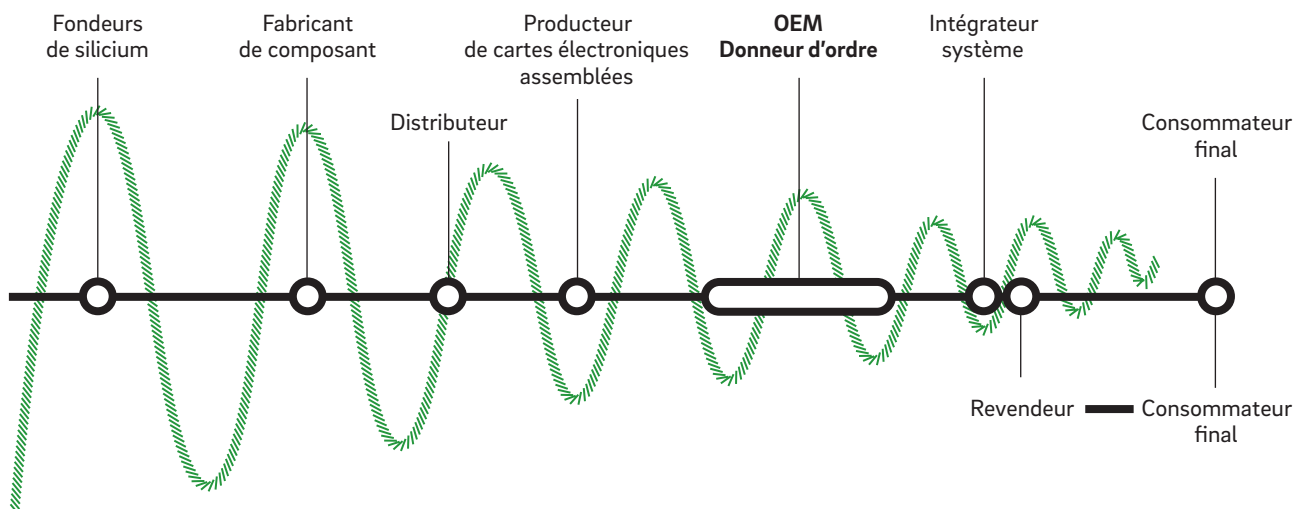
Pour gérer la complexité de cette *supply chain* et les aspects logistiques, les fabricants de composants font appel à des distributeurs agréés (entre 10% et 100% de leur canal de vente). Pour leurs composants de pointe, les fabricants contrôlent même les prix de revente au consommateur notamment pour maîtriser les équilibres d'offres et de demandes.

Ce différentiel entre une demande volatile et une *supply chain* amont extrêmement rigide entraîne régulièrement des phénomènes de tension sur certains composants spécifiques. Lorsque le marché se tend, les délais de livraison augmentent sensiblement. La réaction optimale pour les fabricants de cartes électroniques est de commander les quantités les plus importantes possibles sur ce composant pour ne pas tomber en rupture de stocks et limiter la production des systèmes intégrant ledit composant en bout de chaîne.

Chaque fabricant en électronique réagissant de manière identique, le marché a tendance à se tendre d'autant plus. Le fabricant de composants peut alors rentrer dans une phase d'allocation où il arbitre et attribue des montants de composants en fonction de sa perception du besoin client réel. Pour éviter ce genre de réactions et d'escalade, les fabricants de composants ont tendance à masquer tout signe potentiel de rupture de stocks pour ne pas faire paniquer le marché. Ces périodes d'allocations sont relativement cycliques (tous les 3 à 5 ans) et elles illustrent parfaitement les phénomènes d'amplification de variabilité entre un bout de la chaîne de production et l'autre connus sous le nom «d'effet lasso». **13**

Ceux-ci sont d'autant plus importants que la confiance et la transparence entre les acteurs est faible. Il est également important de comprendre que ces situations portent préjudice en premier lieu aux européens qui sont pénalisés par les arbitrages lors des périodes d'allocation puisque la taille critique et les centres de décision / fabrication proviennent du secteur grand public (les 3 C) où les acteurs américains et asiatiques détiennent le leadership.

13 : Les variations en aval de la chaîne de valeur sont amplifiées par effet lasso en amont de par la rigidité de la supply chain



Source : SPDEI, Roland Berger

Deux typologies d'acteurs, distributeurs et producteurs de cartes, se retrouvent donc au centre de cette *supply chain* et sont pris en étau par les maillons extrêmes de la chaîne de valeur. Par ailleurs, il est à noter que les distributeurs ne représentent qu'une faible part du marché final des composants (~25-30%) et que les producteurs de cartes électroniques européens ne représentent également qu'une faible portion (<5%) du marché final des composants. De sorte que ces acteurs intermédiaires ont un poids extrêmement limité pour impacter le marché du composant et ses caractéristiques intrinsèques.

Malgré leur faible bras de levier vis-à-vis des fabricants de composants, les distributeurs jouent un rôle central dans la *supply chain* électronique pour les fabricants et les producteurs de cartes électroniques, notamment ceux de l'électronique B2B en Europe. Ils sont un bras commercial majeur des fabricants, leur permettant de réduire leur nombre de clients et leur donnant une visibilité marché agrégée. Ils sont des interlocuteurs incontournables des producteurs de cartes électroniques, leur permettant de réduire leur nombre de fournisseurs, leurs inventaires et limitant leurs risques (notamment de défaut ou d'extension de délais). Le marché des distributeurs est composé de plusieurs typologies d'acteurs ayant des *business models* distincts :

Des distributeurs mondiaux généralistes (e.g. Avnet, Arrow, Future, TTI) : Ces acteurs centralisent leur logistique par région ou de manière mondiale. Ce segment d'acteurs représente une part importante du marché avec deux leaders de marché Avnet et Arrow réalisant plus de chiffre d'affaires au global que les 50 distributeurs mondiaux suivants. **14**

La proposition de valeur des acteurs mondiaux généralistes est centrée autour de la largeur de leur offre, leur couverture mondiale et leur accès privilégié aux composants. Engagés dans des productions de volume, leurs contraintes de compétitivité entraînent la mise

en place de quantités minimums de commandes (Minimum Order Quantity ou MOQ) adaptées, pouvant paraître élevées pour les consommateurs finaux ;

Des distributeurs régionaux (e.g. WPG en Asie, Macnica au Japon et Rutronik en Europe) : Ces acteurs ont une portée régionale et des droits de franchises régionaux également. Leur proposition de valeur est aussi centrée sur une large profondeur de gamme avec des MOQ relativement élevées, mais une proximité logistique pouvant réduire les délais d'approvisionnement ;

Des distributeurs locaux spécialisés par région (e.g. Acal BFI), verticale industrielle (e.g. le rail) ou les types de composants (e.g. énergie). Leur business model est complètement différent, centré sur la proximité client, le conseil et des prestations à forte valeur ajoutée. Ces acteurs se retrouvent peu en compétition frontale avec les acteurs globaux ;

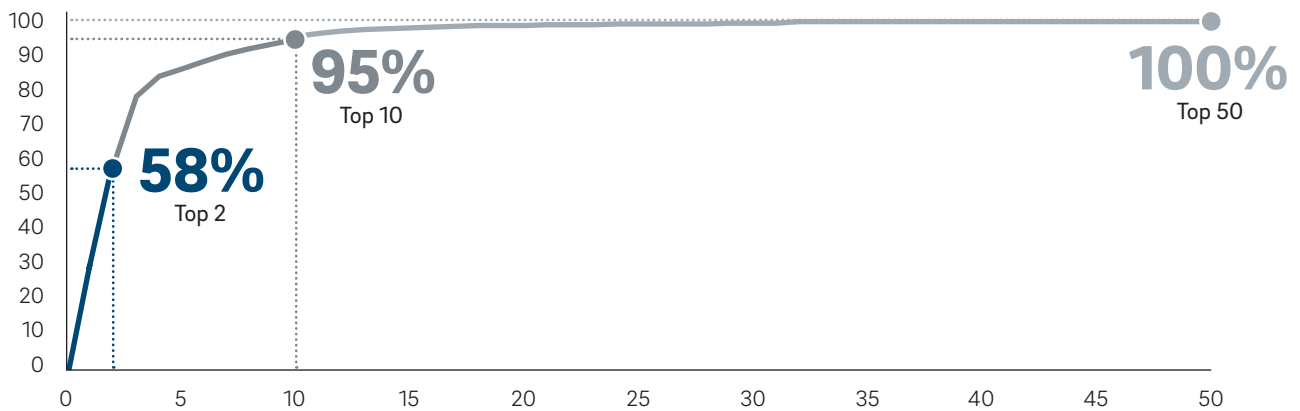
Des distributeurs à haut niveau de service, aussi appelés « cataloguistes » (e.g. Digi-Key, Farnell-Avnet Group, Mouser-TTI Group) se positionnant sur des territoires de niches, pour le prototypage, la R&D, le design, les petites séries, la maintenance ou encore le service après-vente. Leur proposition de valeur est, elle, centrée sur leur largeur de portefeuille et leur capacité à fournir des millions de références en petites quantités (à partir d'une pièce unitaire) immédiatement. Leur *business model* est différent des acteurs globaux. Ils fournissent des pièces avec une tarification adaptée au haut niveau de service apporté (stock, déconditionnement, réactivité, ...) et participant peu à la fourniture des composants en prix série compétitif, même s'ils le déploient sur certaines références ;

Enfin, des acteurs plus confidentiels, les **brokers** qui alimentent le second marché du composant. Ils rachètent des stocks de composants invendus auprès des distributeurs et des assembleurs de cartes électroniques, les reconditionnent avant de les remettre sur le marché.

1. Pour une Supply chain plus flexible et réactive

14 : Le marché de la distribution est très concentré sur les dix plus grands distributeurs mondiaux et notamment sur les deux premiers

Répartition des distributeurs par chiffre d'affaire [2016 ; Top 50 = 100%]



Source : Source Today, Roland Berger

Les distributeurs ont donc un rôle complexe à jouer dans la *supply chain*. Le métier de distributeur peut ainsi se décliner en quatre verticales :

Consultant technique en guidant les choix des clients vers les solutions techniques de ses fabricants les plus adaptés

Commercial car ils représentent les fabricants et assurent, par délégation, toutes les fonctions commerciales (connaissances marché, marketing, relations clients, négociations, ventes, etc.)

Logisticien car ils assurent la chaîne logistique complète du fabricant jusqu'au client (fabricant de cartes électroniques)

Prestataire de service à valeur ajoutée (e.g. ingénierie et outils d'aide au développement) en s'appuyant sur leur connaissance des produits

1.2 INTEROPÉRABILITÉ ET ÉCHANGES D'INFORMATIONS ENTRE LES ACTEURS DE LA SUPPLY CHAIN : VERS UN ÉCOSYSTÈME GLOBAL

Le métier de distributeur a fortement évolué au cours des quinze dernières années, notamment vers des prestations de conseil technique, de tiers de confiance. Une autre transformation majeure vécue par les distributeurs provient de la digitalisation et du besoin d'opérer «à la vitesse du numérique». Ce challenge provient du fait que la norme n'est pas fixée par les concurrents usuels, mais par des acteurs disruptifs type Amazon, même si ce dernier reste pour l'instant à l'écart de la distribution de composants électroniques. Quoiqu'il en soit cette tendance entraîne la digitalisation de la coordination des acteurs le long de la *supply chain*. A ce jour, plusieurs méthodes sont utilisées pour rendre des systèmes d'information entre les fabricants de cartes et les distributeurs interopérables :

Echange de données par fichiers : ce format d'échanges d'informations requiert une extraction, souvent réalisée de manière manuelle, d'une base de données SQL avant transfert sous format « fichier excel » des données. Si cette méthodologie a l'immense avantage de s'appliquer à toutes les situations, elle est malheureusement asynchrone, manuelle et donc coûteuse en temps et peu « scalable » ;

Electronic Data Interchange (EDI) : ce protocole d'échanges de données est vastement utilisé dans la profession. Il peut être issu par le distributeur en direction du client EMS et vice-versa. Il a le mérite d'être bidirectionnel et synchrone, même s'il requiert un module SI spécifique et l'utilisation d'une plateforme de routage ce qui crée nécessairement une barrière d'utilisation pour les acteurs de petite taille ;

Utilisation de web services : plusieurs protocoles existent pour rendre interopérables et interfacier les web services des différents acteurs. Les API REST sont les plus largement étendues et utilisées par les distributeurs majeurs (Avnet, Arrow, Digikey, Farnell, Mouser, RS, TME, etc.). L'interfaçage des web services permet de créer des échanges de données bidirectionnels et synchrones, mais reste complexe à mettre en œuvre car spécifique aux différents fournisseurs, même si le protocole de communication utilisé est standard (protocole http) ;

Logiciels Extract-Transform-Load (ETL) : l'utilisation de ces logiciels reste à ce jour relativement confidentielle via des éditeurs type Dataiku, Talend ou Rapid Miner et ce malgré des bibliothèques de connecteurs disponibles avec les ERP classiques.

Ces méthodes d'interopérabilité permettent donc de coordonner le flux d'informations entre des acteurs en 1:1 i.e. un acteur de la chaîne de valeur avec un autre. Une tendance forte observée sur le marché de la distribution est l'émergence progressive de plateformes de marché ouvertes de type Ariba ¹⁰ permet-

tant de connecter un écosystème d'acteurs EMS avec un écosystème de fournisseurs de composants et de distributeurs. A ce jour, aucune plateforme ne détient de position dominante sur le marché qui ne dispose donc d'aucun standard ou norme de fonctionnement.

1.3 UNE SUPPLY CHAIN QUI MANQUE DE TRANSPARENCE AVEC DE FORTS ENJEUX DE DIGITALISATION

Un des premiers constats partagés par l'ensemble des acteurs de l'électronique est l'opacité et le manque de transparence dans la *supply chain* électronique dans son ensemble. Cette opacité provient de plusieurs facteurs :

Manque de dialogue entre les différentes mailles de la supply chain et fonctionnement en silo des différents acteurs. En effet, les différents acteurs de la *supply chain* se parlent peu ou se transmettent des informations partielles. Par exemple, un distributeur n'aura aucune visibilité sur la demande d'un donneur d'ordre majeur dans une région donnée et vice versa, sauf si une relation commerciale lie les deux acteurs. Pour répondre à cette problématique, les donneurs d'ordre, ayant suffisamment de bras de levier sur les autres acteurs de la chaîne de valeur, peuvent déployer des solutions de type « control tower » leur donnant de la visibilité en amont et en aval de leur positionnement sur la chaîne de valeur. Par exemple, la « control tower » d'un OEM aura la visibilité en aval sur les prévisions de demande de ces revendeurs locaux. Elle aura également de la visibilité sur ces sous-traitants de rang 1, 2, voire 3. Le déploiement de telles solutions est à la fois extrêmement coûteux, nécessitant la collaboration de nombreux acteurs et requérant l'interopérabilité des systèmes d'information de l'ensemble des acteurs impliqués

¹⁰ Solution SAP

1. Pour une Supply chain plus flexible et réactive

Défiance entre les différents types d'acteurs exacerbée par les phénomènes d'allocation et les fortes variations de leadtime entre les valeurs normatives et les valeurs réelles

Un autre constat fort et unanime des différents acteurs est la nécessité de poursuivre les efforts de digitalisation de la filière. En effet, alors que de nombreuses technologies de transfert d'informations et d'interopérabilité entre les systèmes d'information sont disponibles, matures et maîtrisées, une part importante des échanges entre acteurs fonctionne encore à l'aide d'échanges de fichiers, type Excel, le format le plus archaïque, mais le plus flexible. Si l'EDI est le format standard d'échanges d'informations en fonctionnement récurrent i.e. sur des productions à relativement gros volumes et sur des temps de cycles de l'ordre de quelques mois. Une démarche d'accélération du processus d'Industrie du futur doit permettre non seulement d'optimiser des SI interopérables, mais également de digitaliser tout ou partie du processus de sourcing de composants, pour notamment permettre les réactions de la chaîne en temps réel.

Enfin, l'industrie électronique se doit d'accroître sa réactivité. Sachant que pour certains projets la vérification de la BOM ¹¹ peut prendre de 48 heures à 3 semaines, le processus de production de cartes électroniques se désaligne de la tendance de raccourcissement des temps de cycle et s'éloigne donc du besoin client. Pour que l'appareil productif permette à la fois un prototypage rapide et soit moteur dans l'industrialisation des projets électroniques, notamment IoT, il est essentiel d'augmenter la réactivité de la *supply chain* électronique. Les leviers de l'Industrie du futur doivent permettre à terme de permettre d'introduire la notion de réaction en temps réel dans les modes de relation entre les différents acteurs de celle-ci.

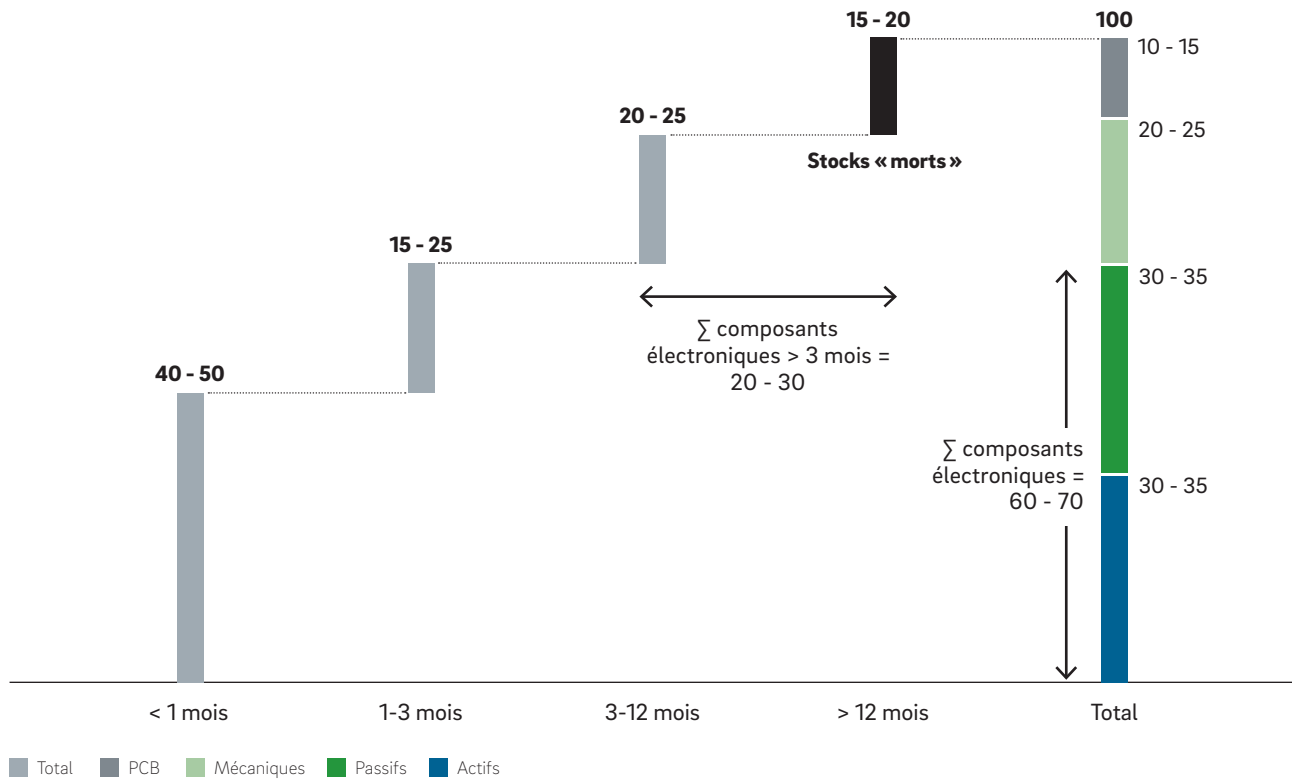
Un autre constat est le manque de fluidité et l'absence de langage commun dans la *supply chain*. Si le *Manu-*

facturing Part Number (MPN) est commun aux différents acteurs de la chaîne de valeur et sans équivoque, notamment chez les distributeurs, chaque acteur de la chaîne codifie à nouveau les informations contenues suivant ses propres règles. Pour chaque référence de composants, les donneurs d'ordre approuvent différents fabricants et références (Approved Manufacturer List ou AML) et codifient ce qui constitue le composant i.e. l'ensemble de références donnant des caractéristiques techniques considérées identiques. Le fabricant de cartes électroniques codifie également chaque référence composant pour chaque client dans son langage propre pour intégrer des données de clients et ses correspondances. De sorte que, pour une même bobine de composants, on retrouve trois voire quatre étiquettes différentes correspondant au MPN, au code EMS, au code donneur d'ordre voire au code distributeur. Quatre codifications différentes font donc référence à la même référence de composants et complexifient les communications entre les différents acteurs de la chaîne de valeur. Ce constat de multiplicité des codifications des composants dans la *supply chain* induit également des problématiques de traçabilité ou de standardisation de la traçabilité entre les différents maillons de la chaîne.

De par les délais importants de fabrication de composants et les CAPEX requis et immobilisés par tous les acteurs de la chaîne de valeur, la problématique de gestion du niveau de ces stocks est particulièrement critique. Détenir du stock n'est cependant pas mauvais en soit. Chaque acteur calcule au mieux ses niveaux de stocks requis pour atteindre un niveau de service ciblé. Cependant, les fabricants de cartes électroniques et notamment les sous-traitants en électronique souffrent financièrement du haut niveau de stocks immobilisés limitant leur capacité d'investissement. En effet, compte tenu de la durée de vie limitée des composants, les stocks de composants sont en règle générale dépréciés dès qu'ils sont immobilisés plus de 12 mois en inventaire, représentant jusqu'à 20% du stock total pour un EMS. **15**

¹¹ Bill of Material

15 : Niveau de stocks par typologie de composants moyen chez les EMS [% du stock total]



Source : DECISION, Roland Berger

Si les procédures de dépréciation des stocks morts ou dormants peuvent être limitées par des process opérationnels de gestion proactives ou de recouvrement par les clients finaux, le poids de ces stocks sur le BFR est énorme et peut représenter autant que les créances pour les fabricants.

L'industrie électronique dans son ensemble doit donc se préparer pour répondre aux enjeux forts rencontrés par l'ensemble des parties prenantes et tenter de proposer des solutions pour apporter plus de transparence, de fluidité et de réactivité dans la *supply chain*.

1.4 QUATRE PISTES POUR UNE SUPPLY CHAIN ROBUSTE FACE AUX NOUVEAUX DÉFIS DE L'INDUSTRIE DU FUTUR

Les problématiques de diminution des niveaux de stocks et de réactivité ainsi que de flexibilité de la *supply chain* ne peuvent pas être isolées l'une de l'autre. L'initiative la plus simple à mettre en œuvre par la filière électronique est d'aider à apporter plus de transparence dans le système. Une initiative en quatre temps pourrait être mise en place :

1. Favoriser le dialogue dans l'écosystème pour faire évoluer les modes relationnels et les réactions dans la supply chain.

Créer un groupe de travail réunissant l'ensemble des acteurs de la supply chain (fabricants, distributeurs, EMS, donneurs d'ordre) permettrait de confronter les points de vue des différents acteurs et d'avoir un regard holistique ou pour le moins 360° des problématiques de la *supply chain* et de les aborder de manière collégiale ;

Normaliser des contrats logistiques par grande verticale industrielle (e.g. aéronautique, automobile, start-ups) pour faciliter les échanges et réduire les temps dédiés à la contractualisation ;

Cristalliser des référentiels de bonnes pratiques de fonctionnement sur base d'un catalogue : la mise en place d'un tel catalogue permettrait de recenser l'existant et les méthodes utilisées par les acteurs les plus en avance de phase et d'aligner l'industrie sur les meilleures pratiques. Ce partage pourrait s'établir en deux temps :

- **Relations point-à-point** i.e. comment optimiser les relations client – fournisseur (e.g. EMS – distributeur). Le guide aurait pour but de donner des pistes d'amélioration de la qualité des relations, mais également des meilleures pratiques sur la contractualisation des relations. Il permettrait d'apporter de la pédagogie auprès de tous les acteurs sur la nécessité de transparence au niveau supra-filière et de démocratiser le partage clients-fournisseurs de process type S&OP¹² ou DDMRP¹³ ;
- **Relations écosystèmes** i.e. comment apporter de la transparence sur l'ensemble de la chaîne pour optimiser la *supply chain* dans son ensemble et pas simplement les maillons individuels. Par exemple, la mise à disposition des volumes de production prévisionnels¹⁴ des grands donneurs d'ordre des industries d'application (automobile, aéronautique, ferroviaire, etc.) est une piste de réflexion afin de donner de la visibilité à l'ensemble de la chaîne en amont, un peu à l'image d'une *control tower* ;

2. Proposer des outils d'aide à la décision pour les acteurs de la filière :

Réaliser une veille sur les outils d'aide à la décision IA utilisant des technologies d'analyse non matures telles que le big data ou l'intelligence artificielle. Le développement de tels outils est indispensable pour l'ensemble des acteurs de la chaîne pour permettre de proposer des informations scénarisées et aider les gestionnaires de la *supply chain* à gérer la complexité croissante. La mise en place de PoC pour valider la faisabilité semble indispensable pour mutualiser les investissements initiaux et accélérer la mise en œuvre chez les acteurs de la filière. L'utilisation de ces outils est clé pour gérer la complexité grandissante des *supply chain* des différents acteurs et ne sera possible qu'au travers d'une digitalisation forte de l'ensemble des acteurs de la chaîne de valeur ;

Mieux partager l'information existante en créant un « Observatoire en temps réel de disponibilité des composants » qui s'appuierait sur l'agrégation des niveaux de stocks et des informations composantiers. La mise en place d'une telle plateforme neutre, portée par exemple par la fédération professionnelle la FIEEC, pourrait se faire en plusieurs temps :

1. Créer des notes de conjonctures orientées données de manière mensuelle (e.g. agrégation des états de stocks) ;
2. Digitaliser les échanges de données de stocks et de disponibilité pour fournir des informations en temps réel. L'observatoire devra être géré au niveau de la filière, à un niveau supra-acteur pour contourner le problème de sincérité de ceux-ci et gérer la confidentialité. Il permettrait non seulement de casser les silos, mais également de mettre à jour des données simples à la maille du *product part number* (e.g. lead-time), voire plus complexes pour intervenir comme inputs des outils d'aide à la décision et de scénarisation (e.g. niveaux de stocks chez les acteurs de la filière).

¹² Sales & Operations Planning

¹³ Demand Driven Material Requirement Planning

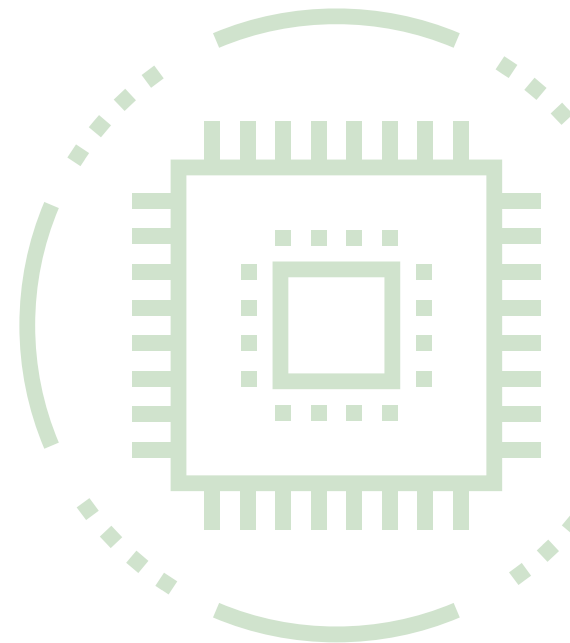
¹⁴ Via l'utilisation de base de données de type IHS ou Silicon expert

Déployer des mesures de mise en commun entre les EMS pour réduire le coût de la *supply chain* ou de la logistique externe dans son ensemble. Plusieurs mesures peuvent être imaginées :

- **Mise en commun des «stocks morts»** ou excédents entre EMS pour permettre de faire circuler à nouveau des composants immobiles dans le stock d'un EMS parmi d'autres. Cette mise en commun pourrait faire lever sur la plateforme ou Observatoire développé. La mise en visibilité de ces stocks dormants permettrait de libérer des moyens de financement pour chacun des acteurs du secteur. Le déploiement de cette mesure pourrait s'appuyer sur un PoC existant, développé par le SNESE ;
- **Mise en commun du transport logistique** entre EMS via des plateformes collaboratives telles que Cinatis. C'est une plateforme collaborative en mode SaaS (software-as-a-service) qui centralise les données opérationnelles en provenance et à destination des partenaires (transporteurs, logisticiens, EMS, fournisseurs, ...). *In fine*, l'utilisation de tels outils permettrait de mutualiser les coûts de transport des composants ou d'augmenter la fréquence de livraison à coût constant.

Faire lever sur le Manufacturing Part Number et assurer la correspondance entre les codifications de chaque acteur. La mise en place d'une telle correspondance ou « dictionnaire » ne permettrait pas de résoudre les problèmes de transparence et de flexibilité, mais sa mise en œuvre représenterait un pas en avant important pour apporter plus de fluidité à la *supply chain*. En effet, il permettrait à l'ensemble des acteurs de disposer d'un langage commun et faciliterait les échanges entre les différents systèmes d'information, pour *in fine* digitaliser la relation entre les différents fournisseurs et clients de la chaîne de valeur. La digitalisation de ces échanges permettrait alors la mise en œuvre de systèmes de demandes et de réponses en temps réel sur la disponibilité et le coût des composants et ainsi réduire la durée de vérification de la BOM à quelques secondes.

L'ensemble des leviers proposés devrait permettre de limiter le poids des stocks morts ou obsolètes. Si certaines typologies de composants sont spécifiques (e.g. PCB, Mécaniques) notamment client, on estime que les leviers mentionnés permettraient de diminuer de moitié la part de composants électroniques actifs et passifs de plus de trois mois, soit 10 à 15 % du stock total, ce qui représente un enjeu de performance majeur et permettrait donc de libérer des capacités d'investissement sur d'autres thématiques.



2

**Vers une industrie électronique
française digitalisée et
flexible pour redonner de la
compétitivité à la production
française**

Synthèse

L'industrie du futur implique non seulement la modernisation et la digitalisation de l'appareil productif, mais également l'accompagnement des entreprises dans leur changement de paradigme. Malgré la diversité des acteurs de la filière de production, une vision d'usine électronique du futur émerge, basée sur des lignes de production *front-end* incluant les phases de test quasi-automatisées et des lignes de production *back-end* modulaires, flexibles et non-spécifiques produit. La mise en place de l'usine électronique du futur devrait permettre aux acteurs de la filière de production de répondre aux inefficiences actuelles de l'appareil productif, mais également de le rendre plus flexible et de gagner en compétitivité. Ce gain de compétitivité de l'ordre de -25% par ETP doit permettre de maintenir et développer l'emploi sur le territoire et dans les usines tout en améliorant la proposition de valeur de l'industrie française. Compte-tenu des enjeux communs et des besoins d'investissements requis, des initiatives de co-développement et d'unification pour déployer notamment un référencement filière sont nécessaires pour permettre à chacun des acteurs de la filière de développer sa compétitivité dans la course internationale

De nombreuses initiatives nationales ont été lancées depuis 2010, notamment en Allemagne qui reste le pays le plus moteur et le plus avancé sur le sujet. La France a, quant à elle, lancé le programme « Industrie du Futur » en avril 2015 dans la continuité du projet « Usine du futur ».

Il élargit l'objectif du programme en incluant non seulement la modernisation et la digitalisation de l'appareil productif, mais également l'accompagnement des entreprises dans leur changement de paradigme, voire de *business model*.

Le programme « Industrie du futur » s'appuie sur 5 piliers :

1. Développement de l'offre technologique pour l'industrie du futur ;
2. Accompagnement des entreprises vers l'industrie du futur ;
3. Formation des salariés ;
4. Promotion de l'industrie du futur ;
5. Renforcement de la coopération européenne et internationale.

L'Industrie du futur est la nouvelle révolution qui bouleverse le monde de la production industrielle. Il s'agit de la quatrième vague de changements radicaux depuis le développement de la production au sens industriel du terme. En effet, la mécanisation, l'électrification et l'automatisation ont déjà fortement influencé l'outil productif et le phénomène d'Industrie du futur est une nouvelle étape d'automatisation. [16](#)

2. Vers une industrie électronique française digitalisée et flexible

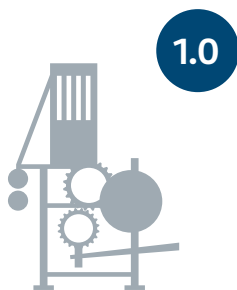
L'Industrie du futur représente l'intégration complète et la digitalisation de la création de valeur industrielle. Elle fait partie d'une transformation plus large de la société, la transformation digitale qui fait référence aux changements associés à l'application des technologies digitales dans tous les aspects de la société du développement du e-commerce en passant par la généralisation du car-sharing ou des objets connectés. L'Industrie du futur est l'application au monde industriel des concepts développés dans la transformation digitale. Il s'agit de la digitalisation complète de l'environnement industriel, de la mise en place de gestion de l'outil industriel en temps réel, de l'interconnexion entre les différents acteurs de la

chaîne industrielle ou encore de la modularisation de l'appareil productif. L'Industrie du futur n'est cependant pas restreinte au système de production, mais inclut les interfaces avec tous les acteurs de la chaîne de valeur, du client au fournisseur en passant par l'opérateur. [17](#) et [18](#) Cette nouvelle révolution aura donc un impact fort sur l'infrastructure de production et sur l'activité de la main d'œuvre.

16 : L'industrie du futur correspond à la 4^{ème} révolution industrielle

Phases de développement de la production industrielle

1^e RÉVOLUTION INDUSTRIELLE



1784

Métiers à tisser mécaniques

Apparition d'outils de production mécaniques qui fonctionnent grâce à l'énergie générée par l'eau et de la chaleur

2^e RÉVOLUTION INDUSTRIELLE



1923

Apparition de lignes d'assemblage « dynamiques » chez Ford Motors

Début de la production de masse basée sur la division du travail et sur l'énergie électrique

3^e RÉVOLUTION INDUSTRIELLE



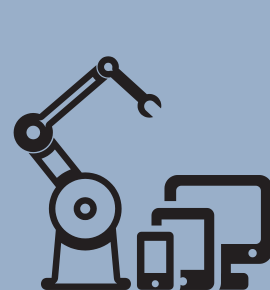
1969

Premier automate programmable industriel (API)

Début de l'utilisation de l'électronique et de l'informatique pour automatiser davantage la production

INDUSTRIE DU FUTUR

4^e RÉVOLUTION INDUSTRIELLE



2014

Systèmes connectés en temps réel et auto-optimisés

Actuellement
< 10% avancement

Source : DECISION, Roland Berger

17 : L'Industrie du futur ne concerne pas que les systèmes de production mais également d'autres fonctions et maillons de la chaîne de valeur

PÉRIMÈTRE DE L'INDUSTRIE DU FUTUR

AVANTAGES

Réponse plus rapide aux attentes du client

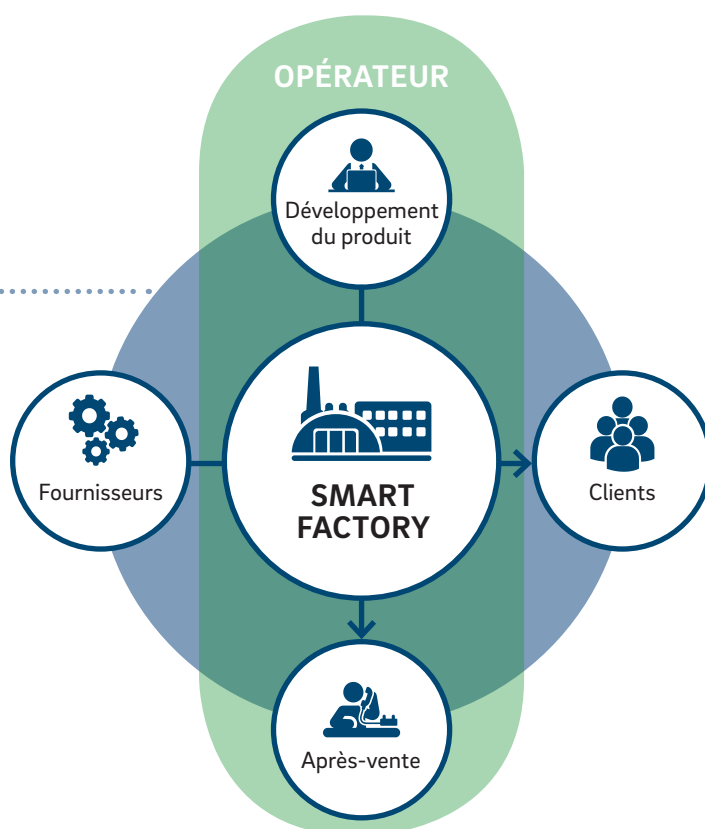
Plus de flexibilité dans la production

Rentabilité de la production de lots en petite quantité

Meilleur taux de disponibilité et amélioration de la stabilité des processus

Produits de meilleure qualité

Utilisation plus efficace des ressources

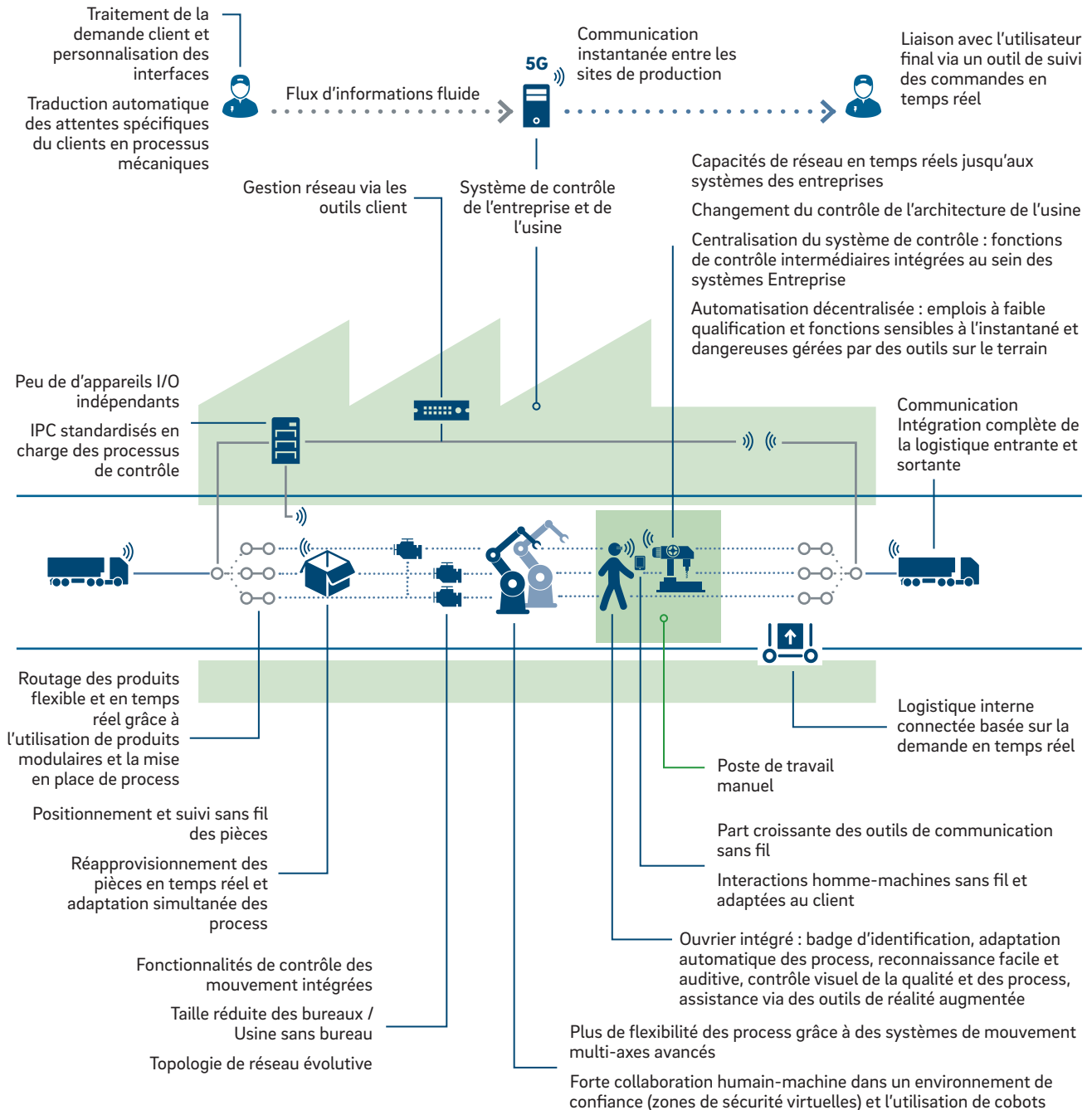


Source : Roland Berger

Si l'on s'intéresse uniquement à l'appareil productif, l'Usine Intelligente ou *Smart Factory*, un nouveau paradigme semble émerger.

La *Smart Factory* va en effet connecter directement clients et fournisseurs, ouvriers / techniciens et machines-outils pour optimiser le processus de production d'un bout à l'autre de la chaîne. Les sous-traitants en électronique devront donc, eux-aussi, répondre aux enjeux de cette nouvelle révolution industrielle et adapter leur outil de production aux exigences de l'Industrie du futur pour gagner en compétitivité.

18 : L'Usine du Futur met en relation clients, fournisseurs, employés et machines afin de contrôler l'intégralité du processus de production



Source : Roland Berger

Le process de fabrication d'un module électronique se décompose en 6 macro-étapes, de la production du PCB et des composants à l'intégration finale. Le périmètre classique d'un sous-traitant électronique englobe l'ensemble des étapes allant du *front-end* au *back-end*. **19**

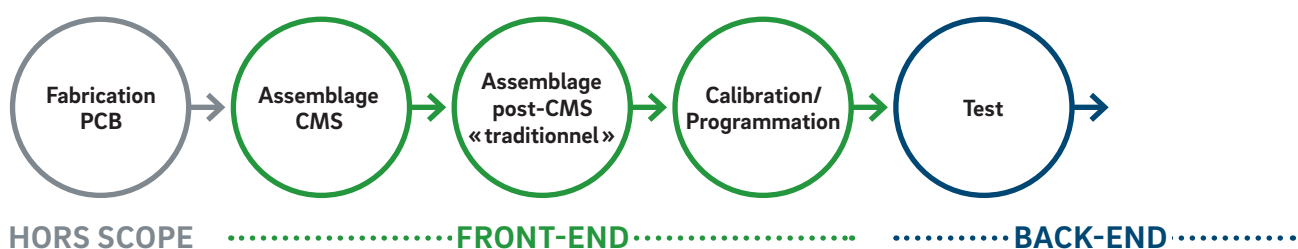
Les étapes de production entre les process de *front* et de *back-end* sont fortement différenciées et isolées dans l'espace dans une usine de production. Alors que le *front-end* s'attache à fournir une carte électronique fonctionnelle, le *back-end* l'intègre dans son environnement global et réalise son conditionnement. Historiquement, les processus de tests sont inclus dans les processus *back-end*.

L'usine de production d'un sous-traitant électronique doit répondre aux mutations du marché électronique et de la spécificité du marché de la production électronique européen et français.

Celui-ci est bouleversé par une complexification de la demande qui se traduit par :

- Une accélération du rythme d'innovation entraînant une réduction des temps de cycle de développement ;
- De nouvelles typologies de clients, de la start-up de l'IoT au grand groupe industriel en passant par le tissu de PME et d'ETI industrielles ;
- Une augmentation du mix due à la fois à la hausse du nombre de clients par fournisseur et du nombre de références par client ; l'ordre de grandeur de cette augmentation est compris entre 30% et 50% à un horizon 5 ans ;
- Une diminution des temps de cycle de production et des volumes plus variables ;
- Une forte pression sur les coûts de production.

19 : Processus simplifié de production d'appareils électroniques



2.1 DES INEFFICIENCES À TOUTES LES ÉTAPES DE LA PRODUCTION

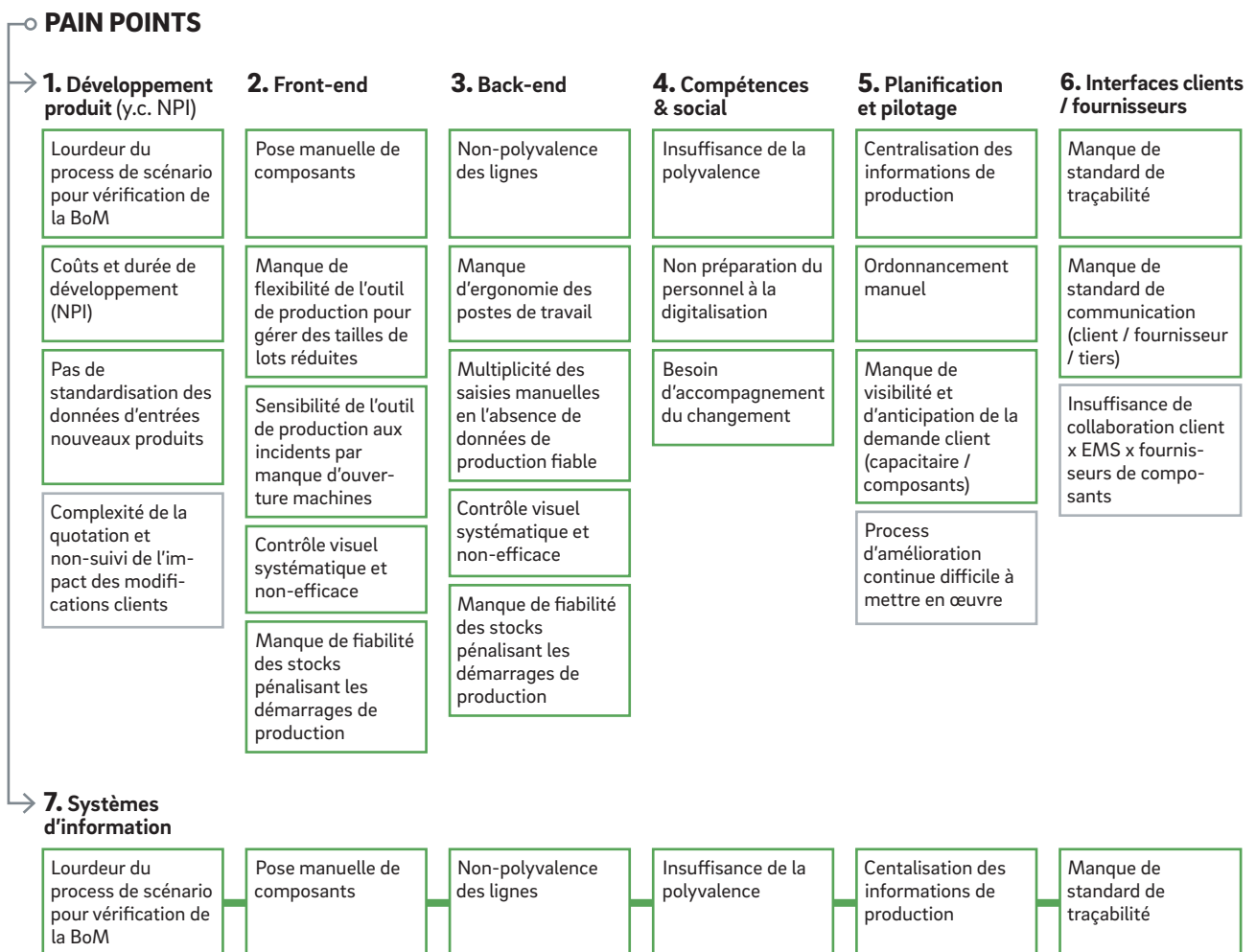
Plusieurs points sensibles sont mis en avant par les industriels pour expliquer les problématiques de performance des lignes de production. **20**

Les inefficiences se situent à tous les niveaux de la chaîne de production entre des phases d'introduction de nouveaux produits, en passant par le *front-end*, le

back-end, la planification et l'interfaçage clients-fournisseurs. Cependant, les systèmes d'information et le partage de l'information dans l'usine de production et le manque de polyvalence des lignes de *back-end* semblent concentrer de nombreux irritants. Ces inefficiences ne feront qu'être amplifiées avec l'augmentation de la complexité causée par les augmentations de mix et la diminution des temps de cycle.

20 : Les systèmes d'information, le partage de l'information et le manque de polyvalence des lignes de back-end semblent concentrer de nombreux irritants

Décomposition des pain points expliquant la non-performance des lignes de production



 Pain points adressables via l'Industrie du futur

Source : entretiens, Roland Berger

Ces inefficiences pèsent sur la compétitivité de la filière de production française, ce qui se traduit sur les indicateurs de performance qualifiant la performance des usines de production françaises. Ils mesurent :

- **Qualité** : *First Pass Yield* permettant de mesurer la qualité de ressources produites ou le pourcentage de cartes électroniques considérées « bonnes » sur le nombre total d'unités produites ;
- **Productivité** :
 - *Daily Output* i.e. le volume de production par ligne de production,
 - TRS ou Taux de Rendement Synthétique des moyens de production et de test,
 - Productivité des ressources #ETP/ligne x Temps passé par unité produite,
 - Temps de cycle correspondant à la durée de production d'un produit
- **Besoins de fond de roulement immobilisé** : *Work in Progress* ou *WIP* correspondant aux stocks (composants et PCB) et encours de production

Pour pallier à ces points de blocage et améliorer la compétitivité de l'appareil productif en France, la filière française doit mettre en avant des leviers d'amélioration à la fois spécifiques aux étapes de fabrication *front-* et *back-end* mais aussi transverses, notamment au regard de la productivité de la main d'œuvre indirecte qui pourrait augmenter fortement compte tenu des évolutions attendues.

2.2 IDENTIFICATION DES LEVIERS DE COMPÉTITIVITÉ SUR LES PROCESSUS DE PRODUCTION FRONT-END ET BACK-END : UNE REFORTE POUR UNE EFFICACITÉ OPTIMALE

De nombreux leviers à actionner pour une production front-end efficace et pour limiter le traditionnel

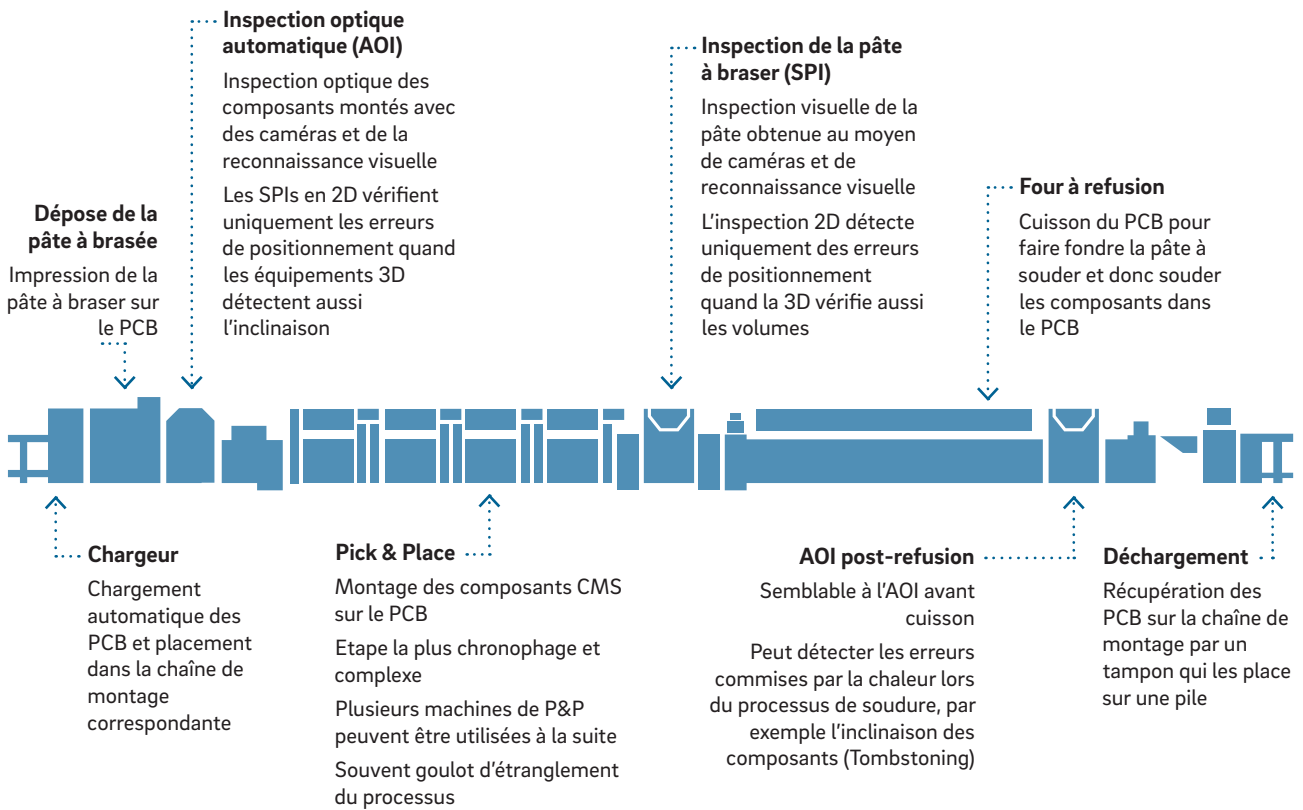
Le processus de production *front-end* est centré sur l'étape dite de CMS ou « Composants Montés Surface »

et l'étape de *Pick & Place* permettant de saisir les composants et de les positionner sur le PCB « Printed Circuit Board ». [21](#)

Cette étape rythme le débit de production de la ligne. Le processus CMS est intensif en capitaux investis (Capex), mais relativement mature et aucune évolution technologique significative dans les équipements n'a vu le jour au cours des cinq à dix dernières années. Les équipementiers proposent chaque année des évolutions marginales d'augmentation de cadence, de diminution de pas de pose et d'amélioration de précision de la pose. En aval de l'étape CMS ont lieu les deux étapes de pose manuelle de composants, pour les composants non pris en charge par les machines de pose et de calibration / programmation des composants programmés.

L'étape de production CMS est un processus fortement automatisé. Les EMS et les autres producteurs électroniques optimisent ce processus depuis de nombreuses années, de sorte que les leviers d'amélioration ne correspondent pas aux leviers d'automatisation classiques qui pourraient se trouver dans d'autres industries. Par ailleurs, le parc machines de la filière électronique française est au niveau standard du secteur. Même si la dynamique concurrentielle du début des années 2000 s'est centrée sur la consolidation des acteurs et donc la gestion et la rationalisation d'un parc machines existant, les cinq dernières années ont vu l'ensemble des acteurs ETI et PME de la filière investir dans leur appareil productif.

21 : Illustration d'équipement front-end



Source : entretiens experts, Roland Berger

L'étape de production CMS est un processus fortement automatisé. Les EMS et les autres producteurs électroniques optimisent ce processus depuis de nombreuses années, de sorte que les leviers d'amélioration ne correspondent pas aux leviers d'automatisation classiques qui pourraient se trouver dans d'autres industries. Par ailleurs, le parc machines de la filière électronique française est au niveau standard du secteur. Même si la dynamique concurrentielle du début des années 2000 s'est centrée sur la consolidation des acteurs et donc la gestion et la rationalisation d'un parc machines existant, les cinq dernières années ont vu l'ensemble des acteurs ETI et PME de la filière investir dans leur appareil productif.

Les principaux enjeux de compétitivité dans le processus de production *front-end* se situent non seulement dans la réduction des coûts de production unitaires, mais également dans la flexibilisation de l'outil de production dans sa globalité. Plusieurs macro-leviers d'optimisation ont ainsi été identifiés :

Levier I – Lignes CMS automatisées : maximiser l'automatisation de la pose CMS et minimiser les étapes de production non-automatisées d'assemblage post-CMS, traitant les poses de composants non-traitées par les machines de *Pick & Place*, et les étapes de contrôles visuels. Trois leviers peuvent être utilisés pour limiter l'impact de ces poses manuelles :

- **Levier I.1** – DfX incluant DfM (Design For Manufacturing), DfT (Design for Test) and DfR (Design For Reliability). Le *Design for Manufacturing* (DfM) correspond à la prise en compte des contraintes de fabrication dans les phases de design et d'industrialisation. De nombreux outils et logiciels existent pour faire du DfM, mais sa mise en œuvre n'est absolument pas systématisée. Par ailleurs, alors que les logiciels de DfM existants s'appuient majoritairement sur des connaissances experts, l'analyse des données de production actuelle devrait prendre le pas dans le futur.
- **Levier I.2** – Cobots ou semi-automatisation de la pose via l'utilisation notamment de cobots ou collaborative robots. Si quelques exemplaires sont d'ores et déjà disponibles sur le marché, la maturité de la technologie est relativement faible et la prise en compte des contraintes de sécurité n'est pas encore satisfaisante. Les avancées sur le sujet sont cependant très rapides et le déploiement de normes de sécurité devrait être mis en pratique rapidement.
- **Levier I.3** – Postes de contrôles automatisés et l'utilisation de systèmes AOI et contrôle 3D en sortie de production pour contrôler la qualité des cartes produites.

Si le processus de production *front-end* le long de la ligne de production est fortement automatisé, les processus hors-ligne le sont beaucoup moins et sont particulièrement intensifs en main d'œuvre, notamment indirecte. L'automatisation des processus hors-ligne est donc un enjeu majeur du développement de l'usine électronique du futur. Deux catégories de processus hors-ligne ayant un fort potentiel d'automatisation ont été identifiées :

Levier II – Logistique interne automatisée : la gestion de la logistique interne se situe à 2 niveaux :

- **Levier II.1** – Manutention des matériaux automatisée : il s'agit du processus le moins automatisé de tout le processus de fabrication front-end. Pour l'étape de *Pick & Place*, le processus consiste à

prendre les bobines de composants, à positionner les bobines dans les chargeurs et les chargeurs dans les chariots, transporter les chariots de l'entrepôt principal aux zones de stockage intermédiaires, et enfin charger le contenu du charriot et des bobines dans les machines. L'automatisation de ce processus revêt d'autant plus d'importance dans les environnements à forts mix où les temps de transition prennent le pas sur la performance des lignes et où le nombre de composants se démultiplie avec le nombre de références produits. Des AGV (« Automated Guided Vehicle ») ou IGV (« Intelligent Guided Vehicle ») permettent déjà de réaliser le transport du magasin aux zones de stockage bord de ligne.

- **Levier II.2** – Mise en place de magasins intelligents : ils contribuent au processus de transition et de changement de référence produit en gérant les flux de composants nécessaires à la production. Par ailleurs, ils supervisent la consommation des composants et assurent le réapprovisionnement pour limiter les périodes d'immobilisation provoquées par des ruptures de composants. L'étape ultime d'intelligence de tels magasins est l'automatisation des commandes et des approvisionnements fournisseurs.

Levier III – Automatisation du paramétrage, de la programmation et de la mise au point des outils : l'enjeu est ici de limiter au maximum la programmation et les mises au point des équipements au moment de changement de produits à fabriquer et lors des nouvelles introductions de produits (NPI). La standardisation du NPI du client à l'usine de production est également un levier majeur de productivité qui permettrait de limiter l'utilisation de main d'œuvre indirecte, notamment pour l'introduction de petites séries. Des leviers de compétitivité peuvent également être mis en œuvre pour maximiser la performance de l'usine en améliorant son organisation et en optimisant la planification et l'ordonnancement.

Levier IV – Systématiser les processus d'amélioration de la performance : l'amélioration de la performance est un enjeu majeur de toute usine de fabrication. Si les processus d'amélioration continue sont vastement déployés à travers des industries telles que l'industrie automobile, la maturité des acteurs de l'électronique sur le sujet d'excellence opérationnelle est bien plus diverse. Plusieurs leviers peuvent donc être activés en ce sens:

- **Levier IV.1** – Amélioration continue classique de type Lean 6-Sigma : la première étape pour la supervision de la performance et l'amélioration de la performance opérationnelle est la remontée d'information et la mise en place d'indicateurs de performance (KPIs). Les processus d'amélioration de la performance se greffent ensuite sur la mise en lumière des dérives des indicateurs de performance choisis.
- **Levier IV.2** – Maximisation de l'ajustement automatique progressif des outils i.e. mise en place de boucles fermées dites closed loops permettent via la communication M2M de corriger des dérives dans le processus de production. Plusieurs niveaux d'ajustement peuvent être mis en place, au niveau de l'équipement ou au niveau de la ligne complète en sortie de test fonctionnel. L'automatisation de ces ajustements nécessite en prérequis l'interopérabilité entre les différentes machines de production de la ligne de *front-end*.

Levier V – Optimisation de la production : à date, l'ordonnancement est généralement réalisé en deux temps : a/ planification de manière globale par l'ERP ; b/ au niveau de l'atelier de fabrication par les techniciens conducteurs de lignes à l'aide d'un fichier Excel à horizon 24 à 48 heures. Trois leviers majeurs peuvent être utilisés pour optimiser l'ordonnancement et introduire la notion de temps réel :

- **Levier V.1** – Cockpit central permettant de contrôler au niveau de l'usine les flux de production par ligne de production front-end, sachant que les lignes CMS sont généralement contrôlées de manière décentralisée.

- **Levier V.2** – Progiciels de gestion opérationnelle pour gérer la production en temps réel et notamment réordonnancer en cas d'incidents sur les lignes de production. Ces progiciels se basent sur l'ordonnancement haut niveau issu de l'ERP et fondé sur les commandes clients et les dates de livraisons. Ils mutualisent ensuite les ordres de production ayant des paramètres de feeders communs et réalisent l'optimisation du compromis performance de la ligne vs. temps de changements et paramétrages feeder. Ils allouent ensuite de manière optimale les tâches aux lignes de production pour maximiser la performance de la ligne. L'apparition de ces logiciels est récente. En effet, la planification de la production CMS est complexe à cause de la forte dépendance de la durée du process et de la préparation des feeders. Si l'optimisation du processus de Pick & Place est mature, la prise en compte des restrictions des autres machines du front-end est elle aussi complexe.
- **Levier V.3** – Opérateur augmenté i.e. la mise à disposition d'outils d'aide à la décision (IHM) notamment sur les composants à disposition, les vitesses de production etc. permettant de réaliser l'ordonnancement en bord de ligne et de gérer la complexité.
- **Levier V.4** – Optimisation de l'ordonnancement en temps réel i.e. la capacité à optimiser la production en temps réel via la mise à disposition de l'information de production en temps réel et son optimisation par des logiciels d'ordonnancement en temps réel.

Levier VI – Réduire les temps non-productifs machines : le TRS des machines et moyens de tests est limité soit par le débit nominal de production, soit par des ruptures de composants, soit par des changements de paramétrages machines dus aux changements de séries, soit en dernier lieu par des pannes machines. Plusieurs leviers d'amélioration peuvent être déployés pour limiter ces temps non-productifs :

- **Levier VI.1** – Maintenance prédictive permet d'éviter des périodes de maintenance programmées tout en diminuant simultanément les risques de pannes. Les pannes machines peuvent être prédites en mutualisant les données opérationnelles de plusieurs machines, idéalement de toute la base installée de machines de l'EMS/OEM
- **Levier VI.2** – Préparation en temps masqué des changements de séries autres que la préparation des lots composants i.e. notamment la préparation des paramétrages machines ou pré-programmation des mises au point

Levier VII – Interopérabilité de tous les systèmes d'information : les machines de production et logiciels d'exploitation (e.g. MES, logiciels de traçabilité, etc.) sont peu compatibles entre eux et nécessitent de nombreuses adaptations lors de mises en œuvre souvent coûteuses. L'interopérabilité entre les différents systèmes (e.g. entre les machines de production CMS avec par ex. le protocole Hermès) doit permettre d'améliorer la numérisation de l'usine qui passe par les trois leviers suivants :

- **Levier VII.1** – M2M : La mise en place de machines communicantes entre elles et avec les magasins intelligents (M2M) ou la communication produits-machines (P2M) permet la disponibilité et la remontée de l'information de production en temps réel.
- **Levier VII.2** – Centralisation des données ou l'existence d'une base de données unique. Aujourd'hui l'information n'est pas consolidée, il y a peu de remontées de l'atelier de production vers le central. La centralisation des données de production permet également d'avoir une vision usine consolidée.
- **Levier VII.3** – *Plug & Produce* i.e. la mise à disposition de machines de production interopérables entre elles, ne nécessitant pas ou peu d'ajustements pour être en état de fonctionnement.

Les trois premiers macro-leviers semblent les plus impactant dans le cadre du développement de l'In-

dustrie du futur. La numérisation de l'usine et l'interopérabilité des systèmes d'information n'est qu'un moyen pour déployer notamment les leviers d'optimisation de la production et les processus d'amélioration de la performance en temps réel. La mise en place de l'ensemble de ces leviers aura un impact fort sur l'organisation du travail sur les lignes de production et donc sur la structure de coûts de l'Usine du Futur.

Vers la mise en place de lignes de production back-end modulaire : flexibilité de la production et opérateur augmenté

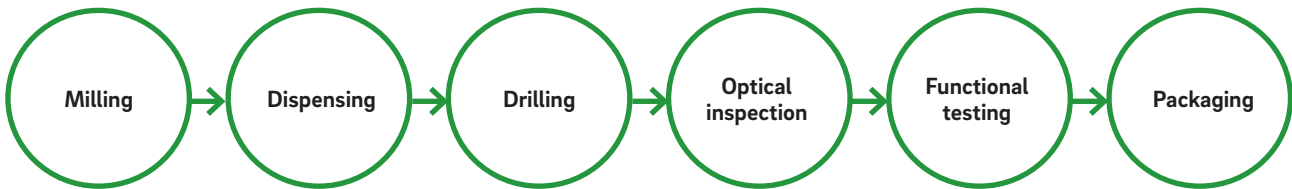
Les principales étapes de production du *back-end* correspondent aux phases de tests fonctionnels et de packaging. Le back-end comprend l'intégration de nombreux métiers connexes à l'électronique en bout de chaîne de production sur demande des principaux donneurs d'ordre. Il n'existe pas de ligne de production back-end standard. Ainsi, les lignes peuvent inclure diverses étapes très variées de vissage, de vernissage, d'usinage, de perçage, d'assemblage, etc. [22](#)

Le *back-end* est l'étape de production la moins standardisée de l'industrie électronique B2B et reste pour partie non-automatisé. C'est l'étape de production qui concentre le plus de main d'œuvre et en particulier d'opérateurs. La fabrication d'un nouveau produit nécessite de façon quasi-systématique la mise en place d'une ligne de production dédiée, ce qui entraîne de fortes exigences de préparations spécifiques produits et nuit donc fortement à la rentabilité de la production, notamment pour les petites séries. Par ailleurs, toutes les usines de production électronique ne réalisent pas l'intégration et la production du *back-end*.

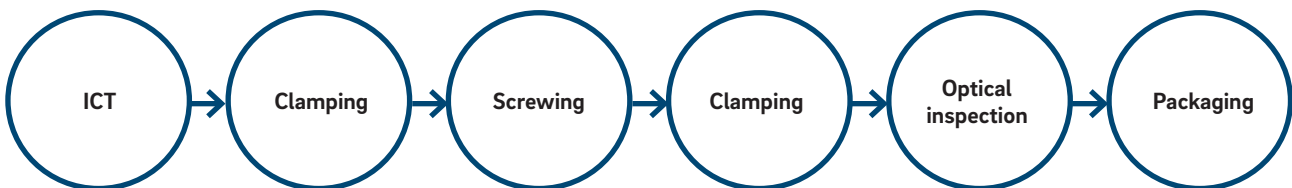
Cette étape de production n'était pas le cœur de métier de l'industrie électronique et s'apparente plus à de l'assemblage classique similaire à l'industrie automobile.

22 : Line base setup [illustratif]

PRODUCT 1



PRODUCT 2



Dans ce domaine la filière de production électronique n'est pas à l'état de l'art industriel. Si la majorité des cartes embarquées ne sont pas intégrées dans des éléments de packaging, une part de plus en plus importante le sera néanmoins dans les années à venir. Les enjeux de compétitivité dans le processus de production *back-end* sont donc doubles, de l'automatisation classique des processus de production à la flexibilisation de l'outil productif dans son ensemble (incluant la formation et la polyvalence de la main d'œuvre et l'apparition de solutions hybrides opérateur + cobot sur un même poste de travail). Quatre macro-leviers d'optimisation majeurs ont ainsi été identifiés :

Levier VIII – Automatiser les processus d'intégration :

il s'agit d'un levier d'automatisation de la production classique. Plusieurs solutions sont à mettre en place :

- **Levier VIII.1** – Opérateur « augmenté » i.e. la mise à disposition d'outils d'aide à la décision (IHM) notamment sur les composants à disposition, les vitesses de production etc. permettant de réaliser l'ordonnancement en bord de ligne et de gérer la complexité.
- **Levier VIII.2** – Généralisation de l'utilisation de

cobots : la mise en place de robots collaboratifs ou cobots permet de semi-automatiser une tâche initialement dédiée à un opérateur. Le principal avantage de ce type de solution est l'augmentation du débit de production et de la fréquence tout en conservant l'opérateur au centre de la réalisation de la tâche. Plusieurs inconvénients majeurs sont à noter et la maturité de la technologie est encore très faible. En dehors du coût d'acquisition d'un tel outil, le premier inconvénient qui freine l'adoption de ces solutions est la complexité de programmation. Aujourd'hui, pour paramétrer et programmer un cobot pour réaliser une tâche, il faut mobiliser un ingénieur robotique (ressource rare et onéreuse dans l'usine) pour plusieurs heures. Le deuxième inconvénient majeur est l'aspect sécuritaire de l'environnement de travail autour du cobot qui n'est pas encore satisfaisant pour déployer cette solution à grande échelle. Cependant, les avancées sont très importantes sur le domaine avec notamment le développement de la programmation des cobots par apprentissage qui réduirait significativement les besoins de programmation. Par ailleurs, des normes de sécurisation et de réglementation

devraient voir le jour dans les prochains mois pour pallier au déficit de sécurité dans l'environnement de travail et ainsi permettre le déploiement de « zones sécurisées ».

- **Levier VIII.3** – IHM : des Interfaces Hommes Machines (IHM) modernes et mobiles i.e. centrées sur l'humain sont développées, permettant de rendre l'opérateur plus polyvalent dans les tâches à exécuter. En effet, les nouveaux concepts d'IHM permettent une intégration forte de l'opérateur dans les systèmes de contrôle de l'usine ce qui permet d'améliorer la qualité et l'efficacité globale de la production. Les nouveaux ateliers de travail guident les opérateurs à travers l'ensemble des tâches à réaliser et gèrent leur activité. Les processus de tests et de contrôles peuvent être inclus directement dans le système qui détecte automatiquement des erreurs de production. L'aide et le guidage de l'opérateur peuvent être réalisés par le déploiement de simples LED, de faisceaux lasers ou de lunettes de réalité virtuelle. L'ensemble de ces outils permet de diminuer la complexité des tâches à gérer par l'opérateur, de le guider et de le centrer sur les tâches à plus forte valeur ajoutée. L'opérateur peut même recevoir des ordres de production via tablettes, montres connectées ou par ses lunettes.

Levier IX – Mettre en place des lignes de production modulaires : il s'agit du levier d'optimisation le plus disruptif parmi ceux identifiés. Il permet le remplacement de lignes de production *back-end* qui sont spécifiques par produit par des configurations modulaires non-spécifiques à un produit. La mise en place de telles lignes de production ne fait pas de sens sur les étapes de production *front-end* au vu du haut niveau de standardisation du processus de production et de la disponibilité d'équipements de production relativement flexibles. En revanche, le potentiel estimé pour les étapes de production *back-end* est très important par le haut niveau d'automatisation des tâches primaires de production qu'elle permettrait sans nécessiter la mise en place de lignes spécifiques au produit.

- **Levier IX.1** – Utilisation d'AGV/IGV « tables » : Le produit circule alors le long de la ligne de production sur un charriot manuel ou un AGV (Automated Guided Vehicles) circulant de manière autonome d'un atelier d'intégration à un autre. Les principaux enjeux liés au développement de lignes modulaires sont : a/ la mise à disposition de la matière / des composants spécifiques le long des lignes d'assemblage et b/ la gestion de la complexité pour l'opérateur sur la ligne de production.

Levier X – « Jumeau virtuel » et virtualisation de la ligne de production back-end : permettant la modélisation des lignes de production et l'optimisation de la mise en place des lignes.

Levier XI – Automatiser les processus de tests et contrôles : la mise en place des phases de tests automatisés et des contrôles, notamment visuels, est particulièrement développée sur les phases de production *front-end*, en revanche la maturité sur les étapes de production *back-end* est moindre. Le développement de ces contrôles visuels (Advanced Optical Inspection ou AOI) et de contrôle 3D représente un levier à fort impact pour limiter le flux de systèmes défectueux avant test-fonctionnel et repérer au plus tôt la création de défauts de fabrication. Trois autres leviers ont également été identifiés dans le cadre du déploiement de l'industrie du futur :

Levier XII – Evoluer vers les procédés « d'advanced packaging » : le développement de nouveaux procédés d'assemblage plus intégrés est une tendance qui se développe dans l'industrie électronique. Les donneurs d'ordre demandant de plus en plus aux EMS de fournir des produits « prêts à vendre », l'importance de l'étape de production *back-end* gagnant ainsi de plus en plus d'importance.

- **Levier XIII** – Améliorer la capacité à intégrer des métiers connexes à l'industrie électronique : les EMS ou OEM doivent pouvoir intégrer de nombreux métiers en dehors de l'électronique comme la plas-

turgie ou la métallurgie. Le développement de nouveaux procédés de fabrication (plastronique, mécatronique) mêlant électronique et métiers traditionnels ouvrent de nouvelles potentialités et de nouveaux marchés pour les électroniciens. De même, l'émergence de la fabrication additive et de l'impression 3D est un enjeu majeur de l'électronique.

Relativement limité en CAPEX par rapport aux processus de production traditionnels, la fabrication additive rebat quant à elle les cartes de la politique de *make or buy* usuelle pour un électronicien.

Levier XIV – Réduire les coûts d'énergie d'exploitation : l'électronique est une industrie considérée comme propre et relativement peu gourmande en énergie. Cependant, la réduction de l'empreinte environnementale de l'industrie électronique est un enjeu sociétal comme pour toutes les autres industries. Deux leviers principaux sont à activer pour limiter les coûts d'énergie d'exploitation : **1.** la rationalisation de l'espace utilisé via la mise en place de lignes modulaires et **2.** le recyclage et la réutilisation notamment des outillages et des stocks « dormants ».

Quatre macro-leviers d'optimisation majeurs non-spécifiques au back-end ont également été identifiés :

Levier III – Optimiser l'ordonnancement : de même que sur le processus de production *front-end*, l'ordonnancement peut être optimisé sur la partie *back-end*. Des règles d'ordonnancement simples doivent être mises à disposition de l'opérateur pour lui permettre d'optimiser l'ordonnancement en bord de ligne et gérer les événements non-récurrents.

Levier IV – Automatiser la logistique interne : il s'agit d'un levier à fort impact comme sur les lignes de production *front-end*. La logistique interne pour les phases de production *back-end* est aujourd'hui gérée quasi-entièrement par des opérateurs et des techniciens pour les approvisionnements. L'automatisation

du transport de matériaux et la gestion automatisée de composants sur les zones de production sont donc des leviers d'amélioration majeurs de la compétitivité. La géolocalisation des produits / composants / process dans l'usine de production est un prérequis pour la mise en place de magasins intelligents.

Elle permet d'assurer le contrôle des routes, mais également la gestion des refus et des retours qui génèrent de l'entropie, de la complexité dans les flux et de l'incertitude dans la programmation de la logistique.

Levier V – Systématiser les processus d'amélioration de la performance : de même que sur les étapes de production *front-end*, l'amélioration de la performance est un enjeu majeur de toute usine de fabrication électronique. L'enjeu est ici de déployer les processus d'amélioration continue de manière systématique dans l'usine de production.

Levier VI – Réduire les temps non-productifs machine : de même que pour le processus de fabrication, la réduction des temps non-productifs passe par la mise en place de deux leviers : un premier levier mature de préparation des séries en temps masqué et un deuxième levier de maintenance prédictive.

In fine, on considère que l'activation de l'ensemble de ces 14 leviers (**1 - page 12**), permettra d'améliorer à la fois la qualité de la fabrication, la productivité de l'usine et les besoins en fonds de roulement grâce à une diminution des encours de production. On estime ainsi que le TRS d'une usine type pourrait augmenter de 15 points (par exemple passage de 50% à 65%) à horizon 5 ans et le WIP pourrait diminuer de 10 points.

La compétitivité de la production électronique française serait donc fortement impactée ce qui réduirait d'autant le différentiel de compétitivité avec les pays low cost.

2.3 L'USINE ÉLECTRONIQUE FRANÇAISE DU FUTUR, UN OUTIL DE PRODUCTION COMPÉTITIF

Efficiences de main d'œuvre directe, vers l'opérateur augmenté

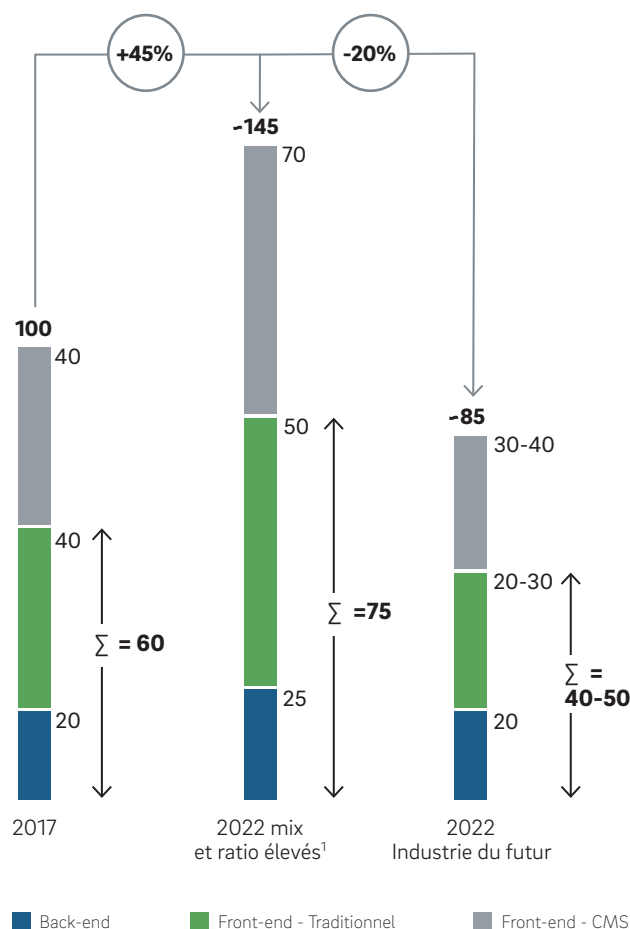
La main d'œuvre directe se répartit entre les deux phases de production : *front-end* et *back-end*. À l'intérieur du *front-end*, les opérateurs sont séparés entre ceux présents sur la ligne CMS et ceux concentrés sur la partie assemblage post-CMS ou le traditionnel. La répartition des effectifs est très dépendante de trois paramètres clés :

- Ratio de produits en portefeuille : les besoins en MOD diffèrent en fonction de la part des cartes vendues directement (PCBA) et celles intégrées sous une forme de packaging plus ou moins avancé ;
- Business Model de l'usine : les besoins en MOD et la part relative MOD vs. MOI sont différents suivant la volumétrie des séries et le mix de l'usine ;
- Taille de l'usine.

Sur une usine standard de 200 ETP, Medium Mix Medium Volume, ayant un ratio en portefeuille 70% PCBA et 30% cartes intégrées, les effectifs en MOD se concentrent majoritairement sur le département de production *front-end* et notamment sur les effectifs dédiés à l'assemblage post-CMS traditionnel.

Sans évolution de la gestion des processus hors des lignes de production, les évolutions de ratio en portefeuille et d'augmentation de mix induiraient une augmentation de 45% des besoins en MOD, notamment sur la partie *back-end*, ce qui placerait les usines de production électroniques françaises en dehors du marché. La mise en place des leviers de compétitivité développés précédemment devrait non seulement permettre de contenir ces besoins en MOD supplémentaire, mais également de réaliser jusqu'à 20% de gain de compétitivité ! **23**

23 : Cartographie de l'utilisation de main d'œuvre directe dans une usine de production EMS
Evolution du poids de la main d'œuvre directe (MOD) [2017 base 100]



HYPOTHÈSES CLÉS :

Usine 2017 : 200 ETP (130 MOD + 50 MOI Support de la production + 20 MOI Support classique), Medium Mix Medium Volume, ratio 60% PCBA / 40% intégration

Usine 2022 : High Mix Variable Volume i.e. augmentation du mix produit x client de -30%, diminution des temps de cycles de production de -20% et des volumes de production identiques ; 3 lignes CMS, 10 lignes modulaires

¹ Augmentation de 30% du mix à volume constant et augmentation de la part de cartes intégrées de 30% à 50% du portefeuille produits i.e. volume de cartes produites en CMS identique, mais +67% d'augmentation de cartes intégrées

Source : entretiens experts, Roland Berger

Le principal axe d'évolution des tâches allouées à la main d'œuvre directe est l'évolution vers l'« opérateur augmenté », l'élimination des tâches à faible valeur ajoutée / répétitives et la concentration de l'opérateur sur des tâches à plus forte valeur ajoutée et des prises de décision guidées. Cela implique une montée en autonomie des opérateurs et un accompagnement dans la prise de décision et la gestion de la complexité. La combinaison de solutions hybrides « opérateur + cobot » devrait également permettre d'améliorer la productivité des usines. Ces évolutions sont des changements de paradigmes structurants pour les opérateurs qui doivent être accompagnés dans la transformation de leur métier.

Comment contenir les besoins en support de production dans un contexte de complexification quasi-exponentielle ?

Les effectifs de MOI sont répartis entre les départements Support fonctionnel et la MOI de production. Une première cartographie permet d'isoler le poids relatif de chacune des entités dans la MOI globale. On estime ainsi que les départements Support de production représentent 60-70% de la MOI vs. 30-40% du côté des Supports classiques.

Aujourd'hui, la MOI – support de production est concentrée autour des départements :

- Méthodes concentrant plus d'un quart des effectifs en incluant le design, prototypage, développement et adaptation au besoin (Dfx), le paramétrage produits – process de production, et l'industrialisation notamment pendant les phases de nouvelle introduction de produits (NPI), y compris design des lignes de production. Le département Méthodes comprend également l'ensemble des SI opérationnels en charge de la digitalisation de l'appareil productif i.e. du digital manufacturing ;
- Logistique interne concentrant également environ un quart des effectifs et comprenant la gestion matière du magasin et l'approvisionnement des composants du magasin jusqu'en bord de ligne ;

- Commercial et *supply chain* i.e. la gestion de la relation client et des approvisionnements ;
- Contrôle qualité ;
- Et Maintenance.

Sans évolution de la gestion des processus hors des lignes de production (développement produit, design, approvisionnement, interactions clients), la part de MOI dans les coûts de production risque d'augmenter drastiquement, réduisant les gains de compétitivité des processus de *front-end* et de *back-end*. On estime même qu'à horizon 5 ans sans évolution des procédés de fabrication le poids de la MOI pourrait augmenter de 30% par rapport à aujourd'hui.

Cela mettrait définitivement les usines de la filière électronique française hors marché... avec un impact social catastrophique sur la filière et la disparition de l'avantage concurrentiel de la proximité de cette filière avec le reste des secteurs industriels. Cette perte de compétitivité de la filière de production électronique aurait un impact majeur sur la transformation digitale et la pérennité de l'industrie française dans son ensemble.

Plusieurs leviers peuvent être actionnés pour permettre de contenir la croissance de la MOI. Certains sont des leviers mis en œuvre dans le cadre des gains de compétitivité front-end et back-end e.g:

- Standardisation des lignes de production back-end limitant ainsi les phases de design et de mise en place de lignes de production spécifiques produits immobilisant des ingénieurs méthodes ;
- Automatisation du paramétrage, de la programmation et de la mise au point des outils ;
- Automatisation de la logistique interne permettant d'automatiser les processus d'approvisionnement au préalable gérés par des techniciens approvisionneurs ;
- Digitalisation des usines et évolution des outils (IHM et ordonnancement en temps réel) pour gérer la complexité au niveau opérateur et ainsi développer l'autonomie et la polyvalence.

D'autres leviers spécifiques ont également été identifiés :

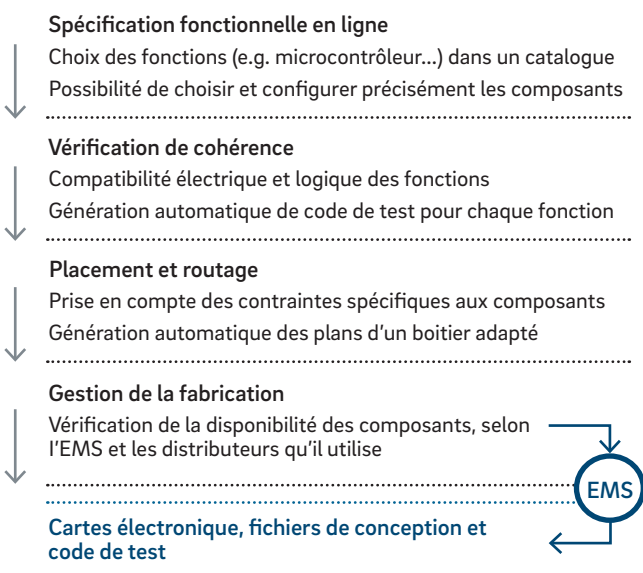
- Digitalisation du design, tests et prototypage virtuel : ces phases de production sont encore pour majorité fondées sur des interactions orales et écrites entre clients et chargés d'affaires, voire ingénieurs de bureau d'études, et donc fortement gourmandes en temps de MOI. La suppression du GERBER comme fichier de production de carte au profit des fichiers CAO ou du format normalisé (IPC 2581), la vérification du schéma électrique sont notamment des leviers importants de cette digitalisation. La digitalisation du design, des phases de test et de prototypage permet de traiter et d'optimiser ces processus manuels. Un certain nombre de solutions émergent pour faciliter cette digitalisation. C'est le cas notamment de la start-up française ThingType **24**, qui propose un service de prototypage similaire à celui d'un bureau d'étude, mais totalement automatisé de la spécification fonctionnelle en ligne à la commande

de production en passant par le design (placement et routage). Les échanges avec les EMS partenaires sont également automatisés et sans échange de courriel. Les commandes se font via une API (Application Programming Interface) documentée publiquement y.c. les règles de design de l'EMS, les prix de ces composants et de production complets.

24 : Thing Type : un prototypage automatisé [illustratif]

UN SERVICE ENTIÈREMENT AUTOMATISÉ,
GRÂCE À DES ALGORITHMES PROPRIÉTAIRES

AUTOMATISATION, DIGITALISATION ET STANDARDISATION
POUR GÉRER DES VOLUMES FAIBLES



Une structure de coûts optimisée est cruciale pour l'offre intrinsèquement « ultra low volume » de ThingType

La plateforme est conçue pour faire appel à plusieurs EMS, notamment pour offrir aux utilisateurs plusieurs alternatives prix/délais

Premier fabricant basé aux Etats Unis

Travaux en cours avec un fabricant français pour l'offre express

La relation EMS s'appuie sur 3 éléments clef :

Automatisation : côté ThingType, la production du dossier de fabrication est entièrement automatisée, tout comme son analyse côté EMS

Digitalisation : les commandes sont passées via l'API de l'EMS, sans échange d'email ou même d'intervention manuelle sur son site

Standardisation : l'API de l'EMS est documentée publiquement, tout comme ses règles de design. Ses prix sont transparents et prévisibles

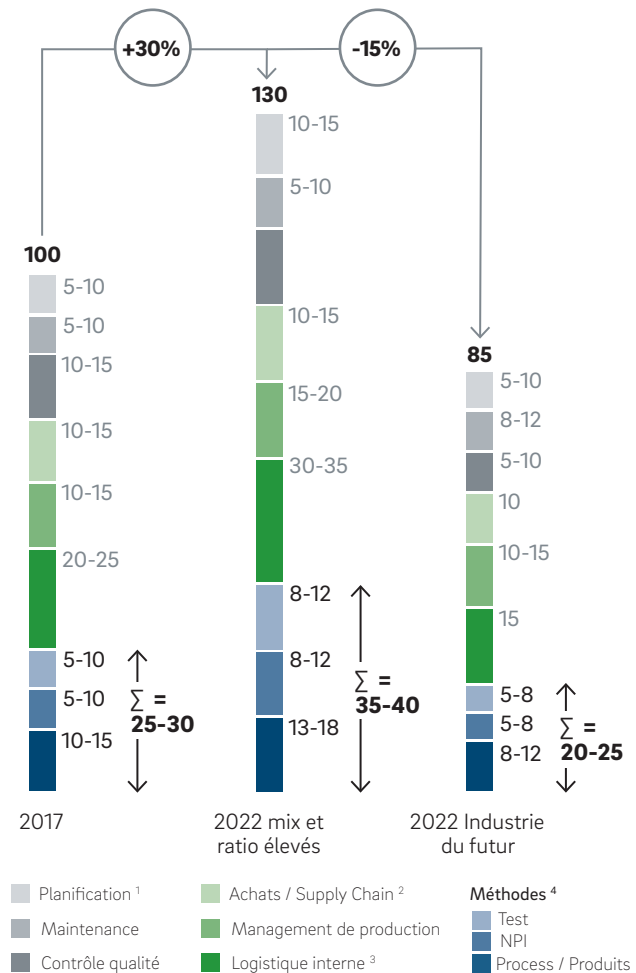
- Standardisation des phases d'industrialisation et de NPI qui sont encore très fortement dépendantes du produit et sur lesquelles peu de capitalisation et de retours d'expériences sont réalisés. La standardisation et l'utilisation d'analyses big data permettront à terme d'automatiser pour partie cette étape de production ;
- Normalisation des BOM ;
- Mise en algorithme de certaines expertises métiers pour l'optimisation en temps réel de la production, comme par exemple :
 - Gestion et analyse en temps réel des forecasts client évolutifs en corrélation avec le capacitaire en production démontré par des indicateurs de production et d'inventaire en temps réel et confronté à la disponibilité virtuelle démontrée et projetée sur les marchés ;
 - DfX (vérification des données de placement routage) et optimisation du process de production via la remontée des données de qualité en temps réel.

In fine, on estime que les leviers de compétitivité et la mise en place des processus de production de type Industrie du futur permettront non-seulement d'absorber l'augmentation de la complexité, mais également de diminuer les besoins de MOI liés au processus de production (i.e. hors support fonctionnel) de 15%. **25**

Parmi les départements Support fonctionnel, on retrouve les départements SI, Relation Clients et «Autres» (y compris RH et formation, Finance, Administratif, Communication). Si les départements «Autres» paraissent relativement peu touchés par l'augmentation de la complexité mix, notamment client, la SI et Relation Clients le sont légèrement plus. **26**

On estime que le déploiement des leviers Industrie du futur impactera nécessairement la gestion client et permettra d'absorber l'augmentation de complexité.

25 : Cartographie de l'utilisation de main d'œuvre indirecte dans une usine de production EMS
Evolution de la main d'œuvre indirecte de production [2017 base 100]



HYPOTHÈSES CLÉS :

Usine 2017 : 200 ETP (130 MOD + 50 MOI Support de la production + 20 MOI Support classique), Medium Mix Medium Volume, ratio 60% PCBA / 40% intégration

Usine 2022 : High Mix Variable Volume i.e. augmentation du mix produit x client de -30%, diminution des temps de cycles de production de -20% et des volumes de production identiques ; 3 lignes CMS, 10 lignes modulaires

1 y.c. planification, ordonnancement, administration des ventes (commercial)
 2 y.c. approvisionnement
 3 y.c. gestion matière et approvisionnement matière du magasin au bord de ligne
 4 y.c. gestion informatique de ligne i.e. « digital manufacturing »

Source : entretiens experts, Roland Berger

26 : Cartographie de l'utilisation fonctions supports de production dans une usine de production EMS

Evolution de la main d'œuvre indirecte – Support fonctionnel [2017 base 100]

FONCTIONS	2017		2022 MIX ET RATIO ÉLEVÉS		2022 INDUSTRIE DU FUTUR
Systèmes d'information ¹ (SI)					
Relation client (gestionnaire client si différent, ADV, deviseurs et chefs de projet)					
Support administratif (RH et formation, Finance, Administratif, Communication)					
TOTAL (% de MOI total 2017)		$\Sigma = -30\%$		$\Sigma = -30-35\%^2$	$\Sigma = -30\%^2$

¹ Hors digital manufacturing² base 100 2017**HYPOTHÈSES CLÉS :**

Usine 2017 : 200 ETP (130 MOD + 50 MOI Support de la production + 20 MOI Support classique), Medium Mix Medium Volume, ratio 60% PCBA / 40% intégration

Usine 2022 : High Mix Variable Volume i.e. augmentation du mix produit x client de -30%, diminution des temps de cycles de production de -20% et des volumes de production identiques ; 3 lignes CMS, 10 lignes modulaires

Source : entretiens experts, Roland Berger

De même, sur les départements Support administratifs, la mise à disposition de la donnée permettra de fluidifier les processus et sera nécessairement générateur d'efficacité. Par ailleurs, le département SI sera sollicité davantage au cours de cette période, mais une explosion des effectifs sur ce département n'est a priori pas attendue compte tenu des évolutions majeures attendues en termes d'interopérabilité (« Plug & Produce »).

In fine, on considère que la partie départements Support fonctionnel sera affectée à la marge par les évolutions de complexité des 5-10 prochaines années. Ainsi, les gains d'efficacité sur les départements « Autres » sont censés compenser l'augmentation du besoin en SI.

Des investissements ciblés pour une industrie française retrouvée

Pour répondre à l'explosion de la complexité de la filière de production électronique, chaque acteur devra mettre en œuvre une transformation profonde de son appareil productif. Quatre axes interdépendants auront un impact majeur sur la compétitivité et l'efficacité de la MOI pour consolider durablement le leadership de la production électronique française :

AXE 1 – Automatisation des tâches répétitives sans valeur ajoutée (logistique interne, contrôle visuel, approvisionnement, saisie, nettoyage de données, rapports / reporting internes ou externes, vérifications basiques ...)

2. Vers une industrie électronique française digitalisée et flexible

AXE 2 – Mise en place de lignes modulaires non spécifiques produit pour ainsi mutualiser les lignes de production *back-end* ;

AXE 3 – Digitalisation des usines nécessitant l'interopérabilité machines, hommes et systèmes d'information ; au sein de *supply chains* globales et interconnectées... avec à la base une organisation des datas en mode open au sein d'une entreprise et à terme de la filière ;

AXE 4 – Mise en algorithmes (systèmes experts évolutifs par du *machine learning*) de toutes les expertises

propres au métier, démultiplier le support à la décision de la MOD / MOI dans ses tâches du quotidien et concentrer les employés sur des actions à forte valeur ajoutée.

Cette transformation nécessitera donc des investissements importants de l'ordre de 3 à 4 millions d'euros pour une usine type de 200 personnes sur 5 ans en rupture avec la politique de gestion fine des CAPEX de production usuelle dans l'industrie. **27**

27 : Besoins de financement CAPEX à 5 ans

AXE DE DÉVELOPPEMENT	CAPEX UNITAIRE X # D'UNITÉS [EUR K X UNITÉS]	INVESTISSEMENT TOTAL [EUR M]
Axe 1 – Automatisation des tâches répétitives		$\Sigma = -1.5-2.0$
Cobots	[20-30] x 30	-0.6-1.0
AGV	30 x 3	-0.1
Magasins intelligents	80 x 6	-0.5
Postes contrôles	50 x 6	-0.3
Axe 2 – Développement de lignes modulaires	[50-100] x 10	0.5 – 1.0
Axe 3 – Digitalisation des usines		$\Sigma = -0.5 – 0.6$
MES		-0.5-0.6
Monitoring		-0.05-0.1
Ordonnancement		-0.1
Autre		-0.1-0.2
Axe 4 – Mise en algorithmes et nouvelles technologies		0.3 – 0.5
TOTAL		$\Sigma = 2.8 – 4.1$

HYPOTHÈSES CLÉS :

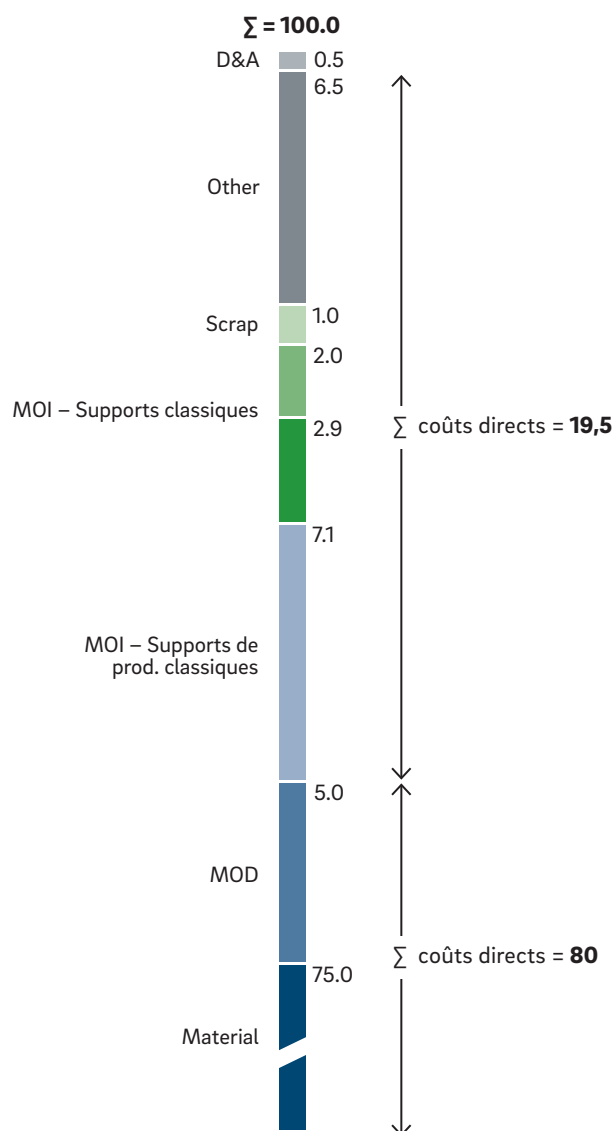
Usine 2017 : 200 ETP (130 MOD + 50 MOI Support de la production + 20 MOI Support classique), Medium Mix Medium Volume, ratio 60% PCBA / 40% intégration

Usine 2022 : High Mix Variable Volume i.e. augmentation du mix produit x client de -30%, diminution des temps de cycles de production de -20% et des volumes de production identiques ; 3 lignes CMS, 10 lignes modulaires

Source : entretiens experts, Roland Berger

28 : Structure de coûts

[2017 base 100]

**HYPOTHÈSES CLÉS :**

Usine 2017 : 200 ETP (130 MOD + 50 MOI Support de la production + 20 MOI Support classique), Medium Mix Medium Volume, ratio 60% PCBA / 40% intégration

Usine 2022 : High Mix Variable Volume i.e. augmentation du mix produit x client de -30%, diminution des temps de cycles de production de -20% et des volumes de production identiques ; 3 lignes CMS, 10 lignes modulaires

Source : entretiens experts, Roland Berger

Usine Electronique du Futur, pour une compétitivité retrouvée à l'international

Comme mentionné précédemment, on estime que la mise en place des leviers Industrie du futur permettra de :

- Augmenter le TRS global de l'usine de ~15%
- Diminuer les encours de production et donc le BFR de ~10% ;
- Diminuer les besoins de MOD de ~20% et de MOI de ~15% à volumes de production égale et changement de business model (MMMV vers HMMV).

De sorte que, sur une structure de coûts standards **28**, pour une usine de 200 personnes ayant une base de coûts à 100 en 2017 et générant 4.8% de marge d'EBIT, l'impact financier serait énorme **29** :

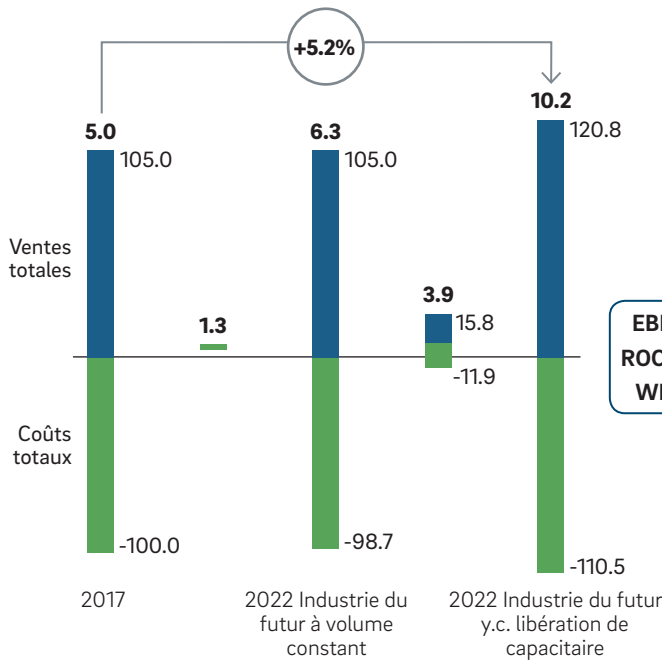
- **+4 points de marge EBIT**, libérant ainsi des marges de financement ; Ces gains d'EBIT se traduiront par des véritables libérations de marge ou seront transférés pour partie aux donneurs d'ordres et consisteront en un gain de compétitivité pour l'industrie française ;
- **+10 points de ROCE** permettant donc une meilleure rotation du capital et donc diminuant les besoins de cash à court terme.

Le déploiement de l'usine électronique du futur permettrait de maintenir et développer la production électronique en France par les progrès engendrés en productivité et donc en compétitivité. Le gain de valeur ajoutée par ETP serait de l'ordre de 25%, ce qui remplacerait la France dans la course internationale et permettrait le déploiement de la partie *hardware* de la transformation digitale de l'industrie française. **30**

Ce gain de compétitivité changerait l'image du secteur et permettrait le maintien en France de la production de marchés aux volumes importants, y compris dans l'I-IoT.

29 : Evolution de l'EBIT et ROCE

[2017 base 100]



HYPOTHÈSES CLÉS :

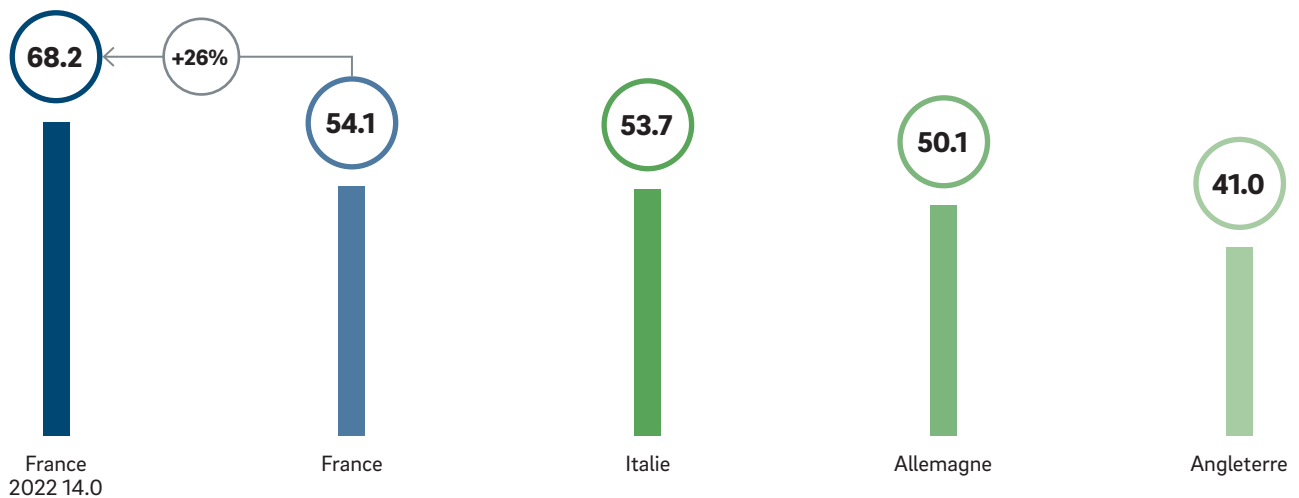
- Usine 2017 : 200 ETP (130 MOD + 50 MOI Support de la production + 20 MOI Support classique), Medium Mix Medium Volume, ratio 60% PCBA / 40% intégration
- Usine 2022 : High Mix Variable Volume i.e. augmentation du mix produit x client de -30%, diminution des temps de cycles de production de -20% et des volumes de production identiques ; 3 lignes CMS, 10 lignes modulaires

Marge EBIT	4,8%	6,3%	8,5%
WIP	1,00	-	1,04
ROCE	16,7%	-	27,8%

Source : entretiens experts, Roland Berger

30 : Evolution de la productivité en France et benchmark international

Productivité par employé dans la production de cartes électroniques ['000 EUR ; 2014]



Source : Eurostat, entretiens experts, Roland Berger

2.4 UNE APPROCHE FILIÈRE DE CO-DÉVELOPPEMENT, MUTUALISATION ET VEILLE / LOBBYING

Compte tenu des enjeux financiers, de gains de productivité et du changement de paradigme de production, trois types de démarches pourraient être menées au niveau de la filière :

1. S'aligner sur une vision «Usine du Futur» pour accompagner les acteurs de la filière sur les axes majeurs de la transformation vers l'usine du futur :

- Automatisation des tâches répétitives ayant peu de valeur ajoutée, avec notamment l'inclusion des phases de test en *front-end* ;
- Mise en place de lignes modulaires non spécifiques produits pour ainsi mutualiser les lignes de production *back-end* ;
- Digitalisation des usines nécessitant l'interopérabilité machines, hommes et systèmes d'information ;
- et Mise en algorithme des expertises métiers.

2. Co-développer des briques élémentaires de «l'Usine du futur» incluant la mise en place de PoC et la mutualisation des moyens à travers les différents acteurs de la filière. Ces démarches de co-développement devraient permettre aux différents acteurs de la filière de gagner en maturité sur des sujets court-terme ou moyen-terme. Les axes prioritaires identifiés pourraient être :

- Développement de postes de contrôles automatisés en *back-end* via AOI et tests 3D ;
- Déploiement de lignes modulaires ;
- Développement de briques SI incluant notamment Data lake, l'ordonnancement terrain et la gestion de la complexité dans l'atelier, CRM/SRM et la centralisation des données ;
- Standardisation et simplification des phases d'approvisionnement et de réception composants, rendue possible notamment grâce à un langage commun ;
- Standardisation des phases d'industrialisation et de NPI du client à l'usine ;

- Mise en place de boucles fermées i.e. automatisation de l'ajustement progressif des outils après SPI, AOI ou contrôle vague i.e. mutualisation des cas d'usages pour améliorer un algorithme initial.

3. Mener des actions de lobbying, veille et référence-filière. Ces démarches permettraient de mettre en commun le poids des acteurs soit pour mutualiser des commandes et réaliser des gains directs d'achats, soit pour appuyer le déploiement de solutions à forte valeur ajoutée et des standards :

- Déployer des protocoles d'interopérabilité machines ;
- Appuyer le développement de la programmation cobots par apprentissage visuel ;
- Appuyer le déploiement de briques et d'outils SI standardisés ;
- Référencer des briques et outils SI au niveau de la filière pour mutualiser coûts de développement et d'achats.

Le déploiement de telles démarches devra prendre en compte la diversité des acteurs de la filière et leur mise en œuvre initiale pourra s'appuyer sur un consortium d'acteurs et des infrastructures existantes. Toutefois la construction de plateforme(s) technique(s) physique(s) de développement semble indispensable à moyen terme (2-3 ans).

3

**La traçabilité en électronique,
un enjeu de transparence,
de compétitivité et de qualité
de production**

Synthèse

Les dimensions de la traçabilité dans l'industrie électronique sont complexes, à la fois internes à l'industrie et au processus de fabrication, et externes liées à l'utilisation finale des produits fabriqués. La traçabilité dans l'industrie comprend donc la traçabilité de l'origine des composants, la traçabilité produits-composants et la traçabilité inspection test. Les enjeux liés à la traçabilité ne sont plus seulement la mise à disposition d'informations sur le processus de fabrication pour maîtriser les coûts liés aux processus de rappel. Il s'agit aujourd'hui de pouvoir mettre à profit cette remontée d'informations pour fluidifier les stocks « dormants » ou « morts », avoir une visibilité en temps réel de l'état de l'usine de production, aider au diagnostic et à la prévention de la non-qualité via notamment la mise en place de procédure de DfM / DfT. La mise en place de démarches de filière permettrait aux acteurs français de normaliser la réception d'information composant, d'impacter les initiatives internationales de normalisation de protocoles d'interopérabilité et de mener des projets d'avant-garde sur le suivi inspection / test, voire de standardiser la traçabilité dans l'industrie.

3.1 QUELS SONT LES ENJEUX DE TRAÇABILITÉ POUR L'INDUSTRIE ÉLECTRONIQUE DE DEMAIN ?

La traçabilité n'est pas une nouvelle tendance émergente du développement de l'Industrie du futur. En effet, les fabricants utilisent des codes-barres depuis les années 1980 pour suivre et tracer les circuits imprimés le long de la chaîne de production. Il s'agit d'un challenge rencontré par l'ensemble des

fabricants dans de nombreuses industries applicatives, d'autant plus lorsque celles-ci requièrent un certain niveau de sécurité comme dans l'automobile, l'aérospatial, la défense, le médical, l'agro-alimentaire, etc. Selon la norme ISO 8402, la traçabilité d'un produit est définie comme étant « l'aptitude à retrouver l'historique, la localisation ou l'utilisation d'un produit au moyen d'une identification enregistrée. »

La traçabilité et ses bénéfices résiduels dans l'industrie sont des sujets bien étudiés dans la littérature et de nombreux articles de recherche émergent depuis le milieu des années 2000. Cependant, les risques associés avec la complexification des *supply chains*, dans un contexte de globalisation et avec des opérations de rappels emblématiques (e.g. Volkswagen a rappelé 8,5 millions de véhicules en Europe en 2016, Toyota a rappelé 16,4 millions de voitures en deux campagnes entre 2010 et 2012) ont remis l'accent et illustré les risques associés à la traçabilité. En effet, celle-ci permet, dans un processus de rappel de produits défectueux, d'identifier des produits suspectés non conformes. **31**

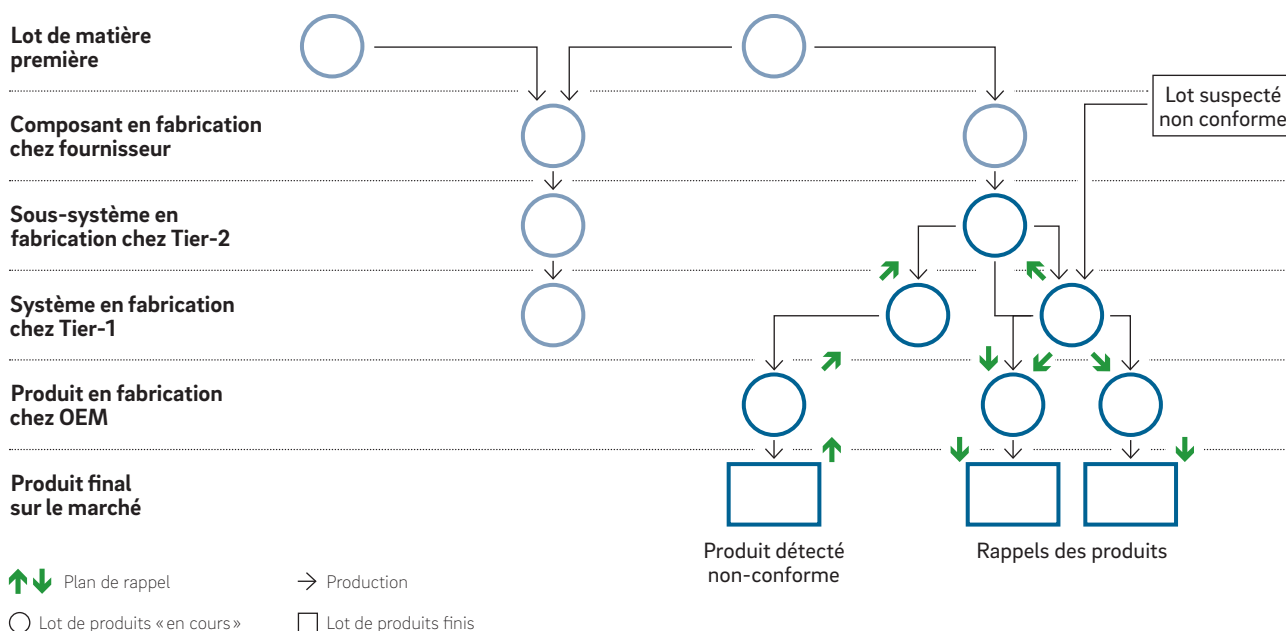
Les produits étant liés entre eux et avec les étapes de fabrication, la traçabilité permet à partir d'un produit non-conforme détecté sur le marché de remonter à l'étape ou au lot de composants non conformes et ainsi d'identifier tous les autres produits finis suspectés.

Les dimensions de la traçabilité dans l'industrie électronique sont complexes, à la fois internes à l'industrie et au processus de fabrication, et externes, liées à l'utilisation finale des produits fabriqués :

La traçabilité origine composants comprend l'ensemble des informations reçues à la réception des bobines de composants i.e. les informations liées aux fabricants, les certificats de conformité et autres données de préparation spécifiques ;

3. La traçabilité en électronique, un enjeu de transparence, de compétitivité et de qualité de production

31 : La traçabilité permet à partir d'un produit non-conforme détecté sur le marché de remonter à l'étape ou au lot de composants non conforme et ainsi d'identifier tous les autres produits finis suspectés
Principe de fonctionnement d'un plan de rappel



Source : Viruégua, Roland Berger

La traçabilité produit correspond au suivi de chaque composant ou lot de composants à travers le processus de fabrication, ainsi que les remontées d'informations des procédés de fabrication. La traçabilité étant souvent réduite à cette problématique de suivi, il s'agit d'un des sujets les plus impactant pour l'industrie. En effet, dans un contexte d'augmentation de mix produits dans le portefeuille des EMS et de diminution des cycles de vie, différentes versions ou modèles de produits électroniques peuvent utiliser la même plateforme, mais avec des composants différents, voire des versions de logiciels différentes ;

La traçabilité inspection / test correspond à la maîtrise de la boucle de réparation, aux remontées d'informations liées à cette boucle afin de qualifier l'univers des défauts et de rétroagir sur la conception et le développement produit.

Les enjeux liés à la traçabilité ne sont donc plus seulement la mise à disposition d'informations sur le processus de fabrication pour maîtriser les coûts liés aux processus de rappel. Il s'agit aujourd'hui de pouvoir mettre à profit cette remontée d'informations pour :

Fluidifier les stocks « dormants » ou « morts », dont les dotations aux amortissements peuvent être aussi importantes que les coûts de rebut, mais qui pèsent surtout sur les encours de production et donc le besoin en fond de roulement

Avoir une visibilité en temps réel de l'état de l'usine de production

Aider au diagnostic et à la prévention de la non-qualité

3.2 TRAÇABILITÉ ORIGINE COMPOSANTS : UN NUMÉRO UNIQUE DE PRODUCTION POUR ACCÉDER AUX INFORMATIONS D'ORIGINE

Une traçabilité critique offrant un environnement propice aux contrefaçons, un véritable poison pour l'industrie

Dans le cadre du processus de fabrication, la réception des composants est la première étape du cycle de traçabilité. La traçabilité des composants est considérée comme critique par les fabricants de cartes électroniques car le manque de standards de suivi de l'origine des composants empêche de fluidifier la circulation des stocks « dormants » ou « morts ». Ces stocks inutilisés pèsent fortement sur la rentabilité des électroniciens pour qui le poids des composants représente 60 à 80% du prix de vente du produit final. La traçabilité est également d'autant plus critique qu'elle devrait permettre d'identifier d'éventuelles contrefaçons qui sont un écueil majeur de l'industrie. L'impact des composants électroniques contrefaits s'élèverait en 2015 entre 200 et 250 milliards de dollars¹⁵ pour les secteurs applicatifs grand public et industriels. Un écueil pour les fabricants et les EMS, qui se plaignent de cette distorsion faussée du marché.

A ce jour, chaque fabricant, chaque sous-traitant en électronique, référence et codifie les pièces qu'il reçoit à partir des informations fournies par le fournisseur de composants et/ou le distributeur utilisé. Ces données peuvent notamment inclure des informations sur le nom du distributeur, celui du fournisseur, le numéro de fabrication du composant (« Manufacturing Part Number »), la date de fabrication... Elles sont aujourd'hui véhiculées à travers un EDI (Electronic Data Interchange), i.e. un message dématérialisé envoyé par le fournisseur au fabricant. Il existe un standard ANSI permettant d'encoder l'ensemble de ces informations à l'aide de préfixes, mais

l'utilisation de ces préfixes n'est pas respectée par l'ensemble des fabricants de composants ce qui est une source d'inefficiences le long de la *supply chain*...

Par ailleurs, ce processus de réception et de tag de composants, qu'il soit sous leur forme usuelle de conditionnement, la bobine, ou tout autre forme de conditionnement est aujourd'hui réalisé manuellement par un / des opérateurs dits « approvisionneurs ». Ce processus manuel est également source d'inefficiences et de manque de compétitivité au sein d'un pays à coût de main d'œuvre élevé. Certains acteurs mènent des initiatives bilatérales avec les fournisseurs / partenaires pour externaliser cette tâche (e.g. Visteon), mais une fois encore aucun standard n'existe à travers l'industrie.

Pour répondre à ce constat, la filière française de l'électronique doit s'unifier et mettre en place des solutions palliatives. Il s'agit de pouvoir accéder à de l'information sur l'origine d'un composant, sous un format standardisé entre EMS et autres fabricants de cartes électroniques. Deux solutions semblent a priori envisageables :

- La mise en place d'un standard de codification des informations sur les bobines de composants reçues. Plus précisément, à chaque bobine de composants réceptionnée serait attribué un certain nombre de champs d'information sous un format standardisé en termes technologique et de contenu ;
- Ou la mise en place d'un numéro unique, pour un consortium d'industriels, par lot de composants produit. Ce numéro émis par le fabricant, tel un numéro de série dans l'automobile ou un numéro IMEI dans l'industrie des télécommunications, aurait de nombreux bénéfices : il permettrait non seulement de lutter contre les contrefaçons et il pourrait servir de clé d'entrée pour obtenir les informations de traçabilité souhaitées auprès du fabricant de composants.

15 The 'Ticking Time Bomb' of Counterfeit Electronic Parts, Industry Week, juillet 2013

Une traçabilité unique : un impératif pour l'industrie électronique

Standard de codification des informations

L'enjeu est ici de définir un standard de codification de l'information à la réception de bobines de composants. Deux principales questions se posent :

- Quels champs d'informations minimum est-il nécessaire de stocker pour assurer la traçabilité des cartes dans le processus de fabrication ?
- Quelle technologie permettrait de supporter de l'information au niveau bobine ou composant ? Cette technologie devra en outre être capable d'être mise à jour pour réceptionner de l'information le long du processus de fabrication

Même s'il n'existe pas de standard à ce niveau de traçabilité, l'ensemble des acteurs semblent alignés et paraissent s'intéresser aux mêmes champs d'informations. Cinq informations paraissent essentielles et prioritaires :

- Le nom du fabricant de composant,
- Le numéro de fabrication du composant (« Manufacturing Part Number »),
- Le numéro de lot (« batch number »),
- La date de fabrication,
- Le niveau de sensibilité à l'humidité (« Moisture Sensitivity Level » ou MSL).

Il s'agit maintenant de sélectionner une technologie qui puisse stocker ces cinq champs d'informations et de définir un standard à fournir aux industriels pour les stocker. Plusieurs technologies sont d'ores et déjà disponibles pour inscrire de l'information à l'échelle de la bobine de composants ou au niveau composant. Alors que la technologie code-barres, simple et économique, ne paraît pas adaptée à l'utilisation prévue, la technologie RFID introduite plus récemment paraît envisageable. En effet, un circuit RFID peut encapsuler des données de type identification de fabricant, référence, date de production, configuration, etc. Il a également l'avantage de pouvoir être recodé au fur et

à mesure de la vie du produit pour emmagasiner de nouvelles informations. Le désavantage majeur de cette technologie réside dans son prix qui semble à ce jour ne pouvoir descendre sous la barre des 5 centimes par tag RFID.

D'autres solutions technologiques (DNA taggant, DARPA dielets) actuellement développées, notamment par les instances de sécurité américaines, permettraient quant à elles de pouvoir stocker de l'information au niveau composant. Si ces technologies ne semblent actuellement pas suffisamment matures pour être déployées à grande échelle, il est primordial que les acteurs de la filière suivent l'avancée des développements pour maintenir leurs systèmes de traçabilité au meilleur niveau.

Numéro unique de production

L'enjeu est ici tout autre. Il s'agit, dans le cadre de contrats avec les fournisseurs de composants, que ceux-ci émettent un numéro unique de fabrication au niveau mondial pour un consortium d'industriels. Ce numéro unique serait alors relié à une base de données au niveau du fournisseur qui stocke l'ensemble des informations de traçabilité de la fabrication du composant. Cette base de données pourrait non seulement inclure les cinq champs d'informations définis préalablement, mais également de nombreux autres champs qui ne peuvent être inclus dans un tag RFID. D'autant plus qu'il permettrait d'améliorer les processus de rappel. Cette base de données pourrait en outre stocker des informations sur les lots de matières premières, des processus de fabrication des composants. Pour être envisageable, cette base de données devrait être accessible sous le format d'une interface de type API.

L'avantage premier de ce système est que le numéro unique permettrait de vérifier l'authenticité et l'origine du composant et ainsi de limiter le potentiel de contrefaçon. L'autre avantage primordial de ce système est son agilité i.e. que le nombre de champs

d'informations à renseigner et leur nature peut varier au gré des évolutions de régulation ou des processus de rappel.

Quelle solution implémenter ?

Il s'agit maintenant de comparer les deux solutions admissibles et déterminer laquelle pourrait être mise en œuvre à l'échelle de la filière. En termes de simplicité de mise en œuvre, le standard de codification ne nécessite que le concours et le rassemblement d'un collectif d'industriels qui mettent en place ce standard pour le tester avant de pouvoir le généraliser. Il requiert peu de parties prenantes et exploite une technologie mature et maîtrisée, la RFID, déjà en place dans les usines de production.

La mise en place d'un numéro unique nécessite quant à elle le rassemblement d'un collectif d'industriels qui aille négocier de manière collégiale auprès de fournisseurs de composants. Ce processus pourrait s'appuyer sur un industriel « pionnier » ayant déjà déployé un dispositif similaire, comme Visteon. La mise en place serait alors quasi-immédiate pour le collectif d'industriels, au moins sur une sélection de composants et de fabricants partenaires, mais nécessiterait des négociations ultérieures avec les fabricants de composants et distributeurs non partenaires de l'industriel pionnier. Au cours des négociations, il sera demandé à chaque fournisseur de mettre à disposition une API ou un data lake auquel chaque membre du collectif d'industriels puisse avoir accès.

En termes d'efficience, la mise en place du standard de codification permet d'avoir accès à une sélection de champs d'informations nécessaires, tandis que le numéro unique permet d'accéder à une quantité non limitée d'informations. La première solution apparaît donc comme une version « dégradée » de la seconde.

En somme, il semble indispensable que la filière électronique française mette en place au plus vite un démonstrateur de l'utilisation du numéro unique de

production avec un collectif d'industriels. Ce démonstrateur apparaît comme peu coûteux en temps et en énergie et permettrait de prouver son potentiel d'applications allant de l'amélioration de processus de traçabilité, à la limitation des contrefaçons en passant par la mise en commun des stocks. Ce démonstrateur aura ensuite vocation à être généralisé à toute la filière française, voire à l'international si son potentiel est avéré.

Vers un standard international ? Un chemin long et périlleux

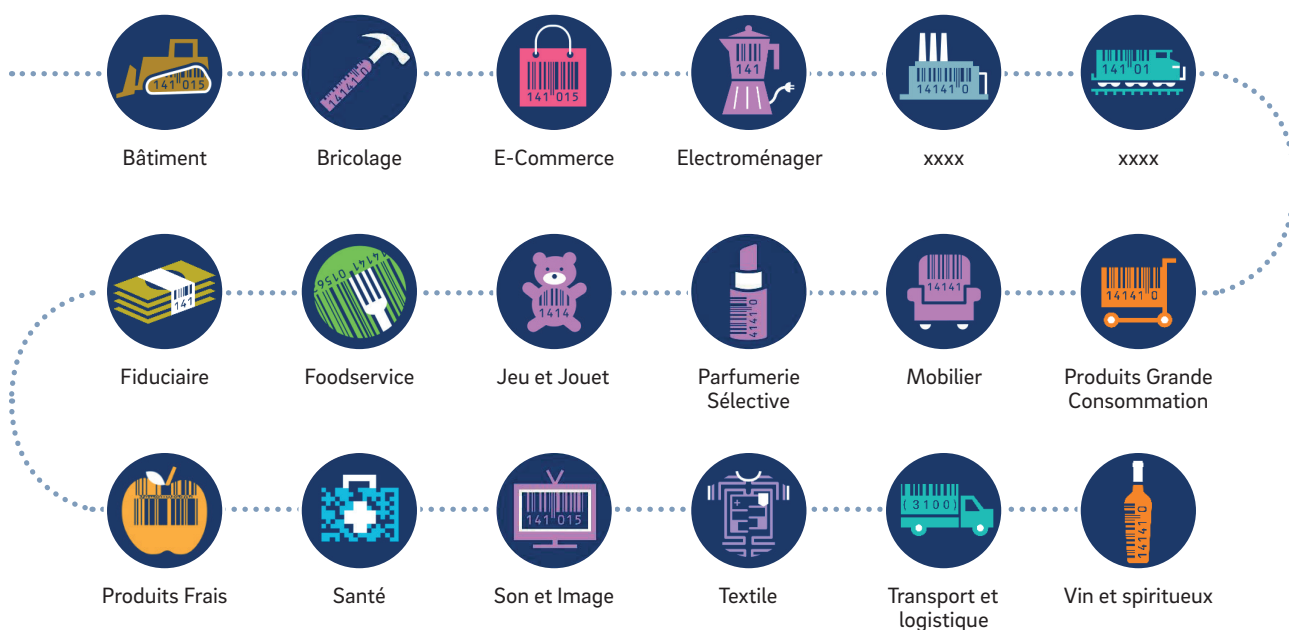
Si la mise en place d'un numéro unique de production à l'échelle des fabricants de cartes électroniques paraît relativement simple, sa généralisation ou l'internationalisation de ce standard ne paraît pas évident compte tenu de l'asymétrie de taille entre les acteurs français et les acteurs asiatiques et américains, mais également entre les sous-traitants industriels et les composantsiers.

Le concours d'un organisme extérieur, tiers de confiance de type GS1, prendrait alors tout son sens. GS1 est une association à but non lucratif qui développe et maintient des standards pour les communications professionnelles à travers un secteur / filière. [32](#)

GS1 a émergé du processus de définition d'un standard unique dans l'identification de produit dans l'agro-alimentaire aux Etats-Unis en 1973, connu sous le nom de code à barres. Depuis, GS1 a développé sa présence dans plus de 150 pays et acquis plus de 1.3 million d'entreprises membres. La mise en place d'un tel standard prend en général entre 1 an et 5 ans avec l'aide de GS1 en fonction de l'implication des acteurs, leur nombre et leur variété de profils. Le modèle de rémunération de GS1 se fonde alors sur le paiement d'une redevance annuelle en fonction de son chiffre d'affaires pour chaque membre de l'industrie pour être labellisé et protégé son label.

3. La traçabilité en électronique, un enjeu de transparence, de compétitivité et de qualité de production

32 : GS1 est une organisation non-gouvernementale à but non-lucratif présente dans 15 filières, notamment industrielles



Source : GS1, Roland Berger

3.3 VERS UN SUIVI DE LA TRAÇABILITÉ PAR CARTE EN TEMPS RÉEL

Comment optimiser le suivi de la traçabilité par lot ?

Dans un contexte de réduction des temps de cycle produit, la traçabilité produit prend toute son ampleur. Il s'agit de tracer l'ensemble des composants inclus dans le produit ainsi que les données de fabrication (ou procédés). Si certains secteurs industriels sont en avance de phase (e.g. aéronautique, militaire, automobile), ce processus est en train de se généraliser à travers l'industrie pour l'ensemble des secteurs.

Cependant, le processus reste pour partie manuel et quelques étapes restent limitées par le processus de

production lui-même e.g. le scan initial de la bobine avant insertion dans la machine de placement ou bien même le « splicing », c'est-à-dire le changement de « bobine ». Les acteurs de l'industrie électronique doivent résoudre à leur échelle les problématiques d'optimisation de cette traçabilité. Si le sujet peut sembler relativement mature et que de nombreuses solutions IT spécialisées sont disponibles sur le marché pour répondre à cette problématique, le véritable enjeu lié à la traçabilité produit est la remontée d'informations en temps réel d'un parc hétérogène de machines sans langage commun et la centralisation de ces données dans une base de données usine unique. La mise en place d'une telle base de données mise à jour en temps réel a un intérêt double : 1) avoir un aperçu de l'usine à l'instant 't' et de ses indicateurs de performance ; et 2) donner une visibilité « contrôlée » au client sur l'état d'avancement de sa commande.

Avec la démultiplication de l'utilisation des composants programmés, une nouvelle problématique de traçabilité a émergé i.e. la traçabilité des versions des logiciels embarqués. La programmation des composants est retardée le plus possible dans le processus de production jusqu'en bout de ligne de production back-end. Le traçage de la programmation est traité comme un test traditionnel dans la ligne de production. Les trois méthodes de tests usuels sont utilisées pour tester les composants programmés et pour tracer les versions programmées : tests hors ligne chez certains EMS, tests in-situ et tests fonctionnels juste avant la mise sous packaging.

Cependant, le principal écueil relatif à la traçabilité produit relève de la remontée d'informations machines de production au système d'information global ou progiciel de gestion intégré (ERP). A ce jour, aucun standard de communication n'existe au niveau du langage de communication ou de la typologie d'informations remontées.

Les sous-traitants en électronique pourraient exploiter 3 typologies d'informations :

Informations passives i.e. des données de composants ou des paramètres de procédés de fabrication y compris des données de paramétrages machines utilisées au cours du processus de fabrication. De nombreux paramètres peuvent ainsi être suivis :

- Unité de manutention (UM) composants montés ;
- UM ou lot matière première tels que pâte à braser, alliage de soudure, flux ;
- Programmes, paramètres, machines ;
- Identité de l'opérateur ;
- Boucle de réparation i.e. traitement du défaut avec traçabilité des composants changés et opérateur de dépannage ;
- Horodatage des opérations et interventions.

Informations actives permettant la mise en place de procédés de rebouclage et de boucles d'ajustements automatisés

Des enjeux d'interopérabilité machines

A l'heure actuelle, plusieurs initiatives ont été lancées au niveau européen voire mondial et des standards sont déployés par certains acteurs / groupes d'acteurs :

Le standard OPC UA 33 est le protocole de communication entre équipements industriels le plus répandu actuellement sur le marché. Il permet de rendre interopérables des architectures hétérogènes et constitue une véritable révolution par rapport à sa version précédente qui nécessitait une connexion équipement industriel – ordinateur en interface pour réaliser une communication M2M, ce qui compliquait fortement les installations ;

L'Open Manufacturing Language (OML) 34 est un protocole standard open-source de communication entre machines développé initialement par Mentor Graphics, une filiale de Siemens Business. L'OML permet la communication de données de manière bidirectionnelle entre des machines de marques différentes, mais nécessite l'utilisation d'un élément hardware supplémentaire. Le déploiement de l'OML est supporté par une communauté regroupant une trentaine d'acteurs parmi lesquels se trouvent Flex, Foxconn, Jabil ;

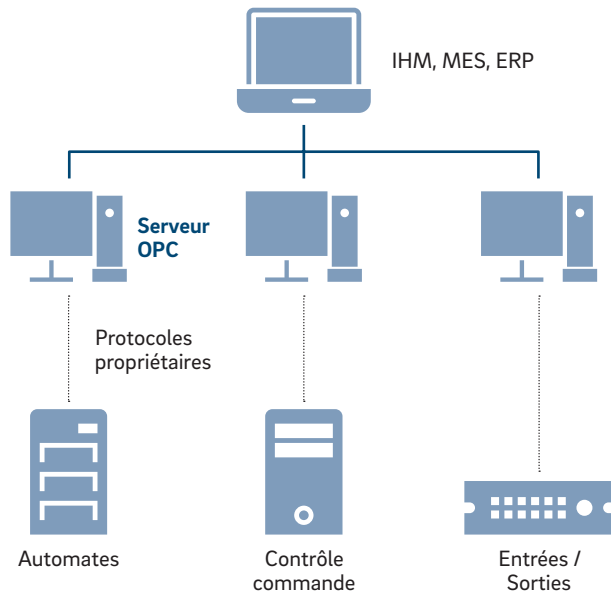
De **nouvelles normes IPC** pour remplacer le protocole SMEMA 35 sont également en cours de déploiement, mais sont encore loin de pouvoir être mises en place sur le marché. La version actuelle du protocole IPC-SMEMA-9851 nécessite, quant à elle, des raccords complexes à mettre en œuvre, est considérée comme chère. Il n'existe pas de système général permettant de conserver des informations critiques d'une machine à l'autre.

Le **protocole de communication standard non propriétaire Hermès 36** qui vise à faire circuler des cartes PCB avec une traçabilité complète le long de la ligne de production CMS. Le protocole utilise l'ensemble

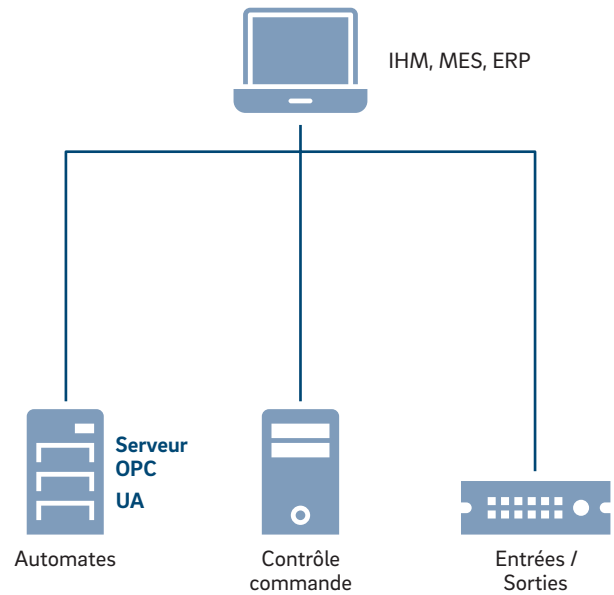
3. La traçabilité en électronique, un enjeu de transparence, de compétitivité et de qualité de production

33 : Le standard OPC UA est le protocole de communication entre équipements industriels le plus répandu actuellement sur le marché

OPC CLASSIQUE (DCOM)

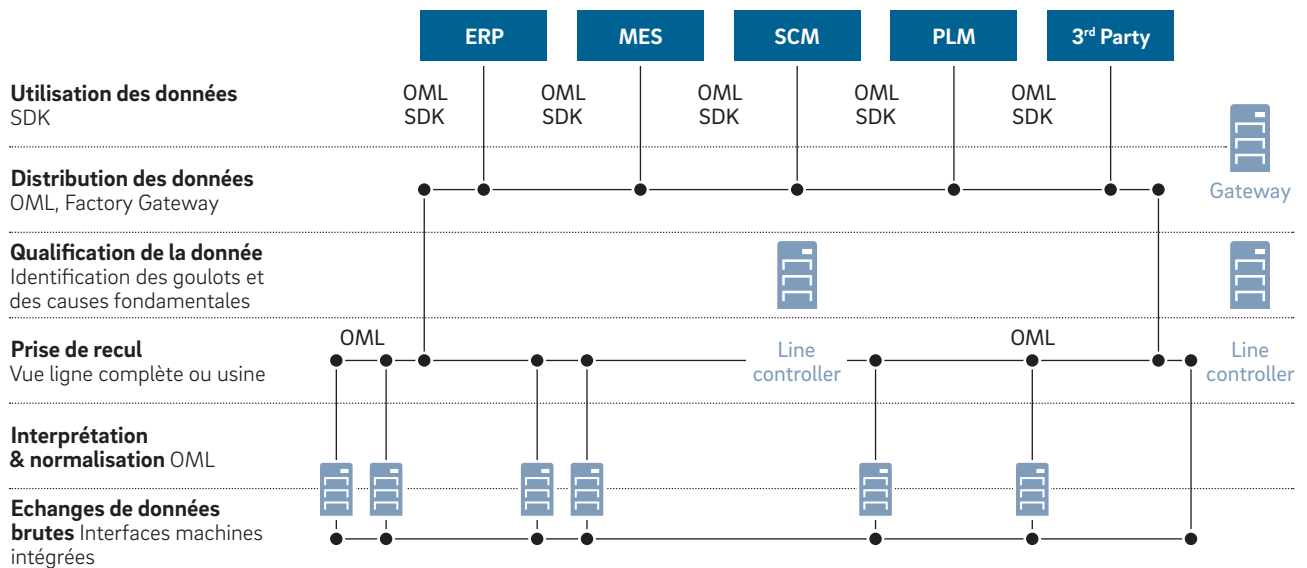


OPC UA EMBARQUÉ



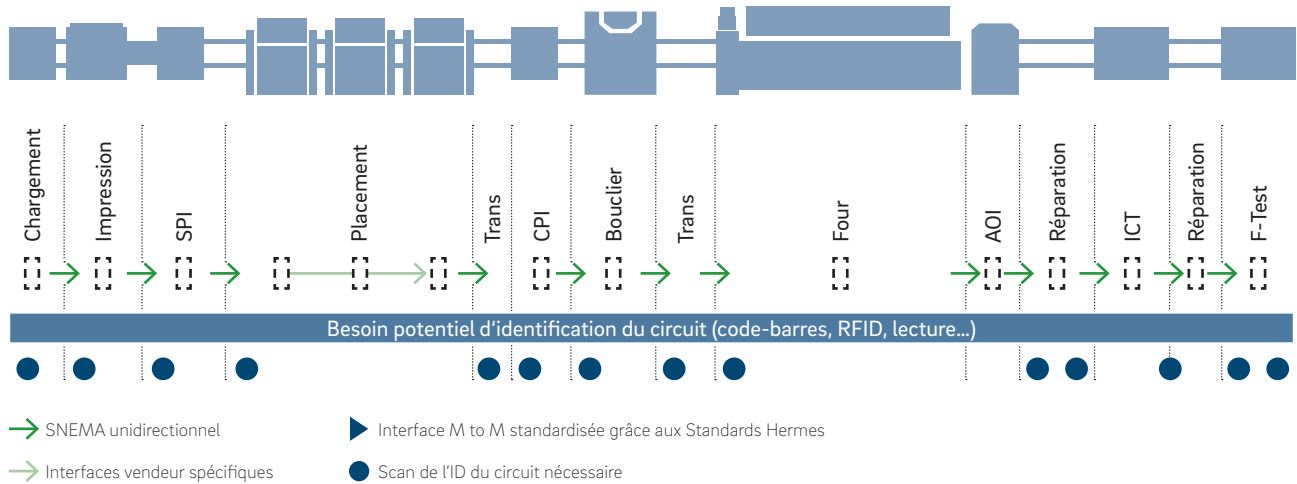
Source : OPC, Roland Berger

34 : Aperçu des potentialités OML



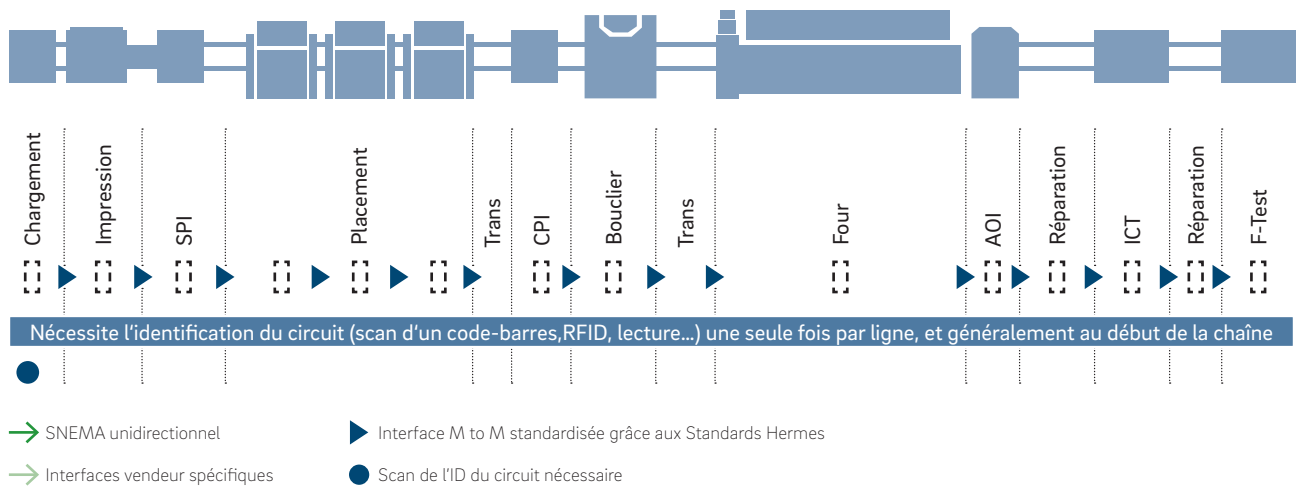
Source : Mentor Graphics, Roland Berger

35 : De nouvelles normes IPC pour remplacer le protocole SMEMA



Source : Hermès, Roland Berger

36 : Le protocole de communication standard non propriétaire Hermès



Source : Hermès, Roland Berger

des protocoles utilisés pour le transfert des données sur Internet sous un format proche et compatible avec du XML pour faire circuler des informations de type PCB ID, vitesse du transporteur, etc. La connexion des différentes machines entre elles se font par câble ethernet standard. Cette initiative initialement portée

par ASM Assembly System et Asys est aujourd'hui soutenue par 17 acteurs.

3. La traçabilité en électronique, un enjeu de transparence, de compétitivité et de qualité de production

La filière en ordre de marche pour accompagner les initiatives internationales de mise en place de protocoles standards

Alors que la filière de production électronique française n'a pas vocation à développer par elle-même un standard de communication, elle pourrait se positionner de manière proactive sur une des initiatives existantes. Plusieurs vendeurs de machines tout le long du processus CMS **37** sont impliqués dans le développement du protocole Hermès et celui-ci semble représenter la meilleure opportunité pour la filière pour apporter une contribution intéressante. Alors que la version 1.0 du protocole devrait être mise à disposition dans quelques semaines, plusieurs actions pourraient être menées en collaboration avec le collectif à l'initiative d'Hermès :

Clarifier les informations nécessaires aux EMS devant être remontées par le protocole Hermès

Proposer un site de production pilote pour déployer le protocole en conditions réelles sur un parc machines existant

Etendre le protocole jusqu'aux étapes de tests en bout de lignes d'assemblage CMS qui reste le parent pauvre de l'initiative

37 : Plusieurs vendeurs de machines tout le long du processus CMS

	Board Handling	Printing	Placement	Inspection	Testing	Reflow
Existing Members (product brand) 	ASYS GROUP  	DEK STAVEBNINY 	 	     		   
Joining November 2017 			  			

Source : Hermès, Roland Berger

3.4 TRAÇABILITÉ INSPECTION-TEST, POUR LA REMONTÉE DES DONNÉES DE TESTABILITÉ ET LE DÉPLOIEMENT DU DFT

Suivre les cartes « bonnes » et « mauvaises » pour valider en temps réel la qualité de la production, mettre en place des boucles fermées et qualifier l'univers des défauts

La traçabilité inspection / test correspond au suivi systématique des informations de sortie des inspections et tests tout au long de la chaîne de production, ainsi que de la boucle de réparation. Les enjeux sont le suivi de la traçabilité à la fois des cartes bonnes et mauvaises. Dans l'avenir, on cherchera ensuite à qualifier l'univers des défauts, ce qui permettra de rétroagir sur la conception et le développement produit. Elle doit également être exploitée pour l'aide au diagnostic dans la boucle de réparation.

La production de circuits électroniques induit de potentiels défauts sur les cartes produites au cours du processus de fabrication. Ces défauts ont vocation à être détectés lors de différentes étapes de contrôles et de tests dans le processus et se retrouvent de manière plus ou moins récurrente. Il existe donc un univers de défauts possibles à capturer dans les phases d'inspection / tests qu'il est possible de documenter. [38](#)

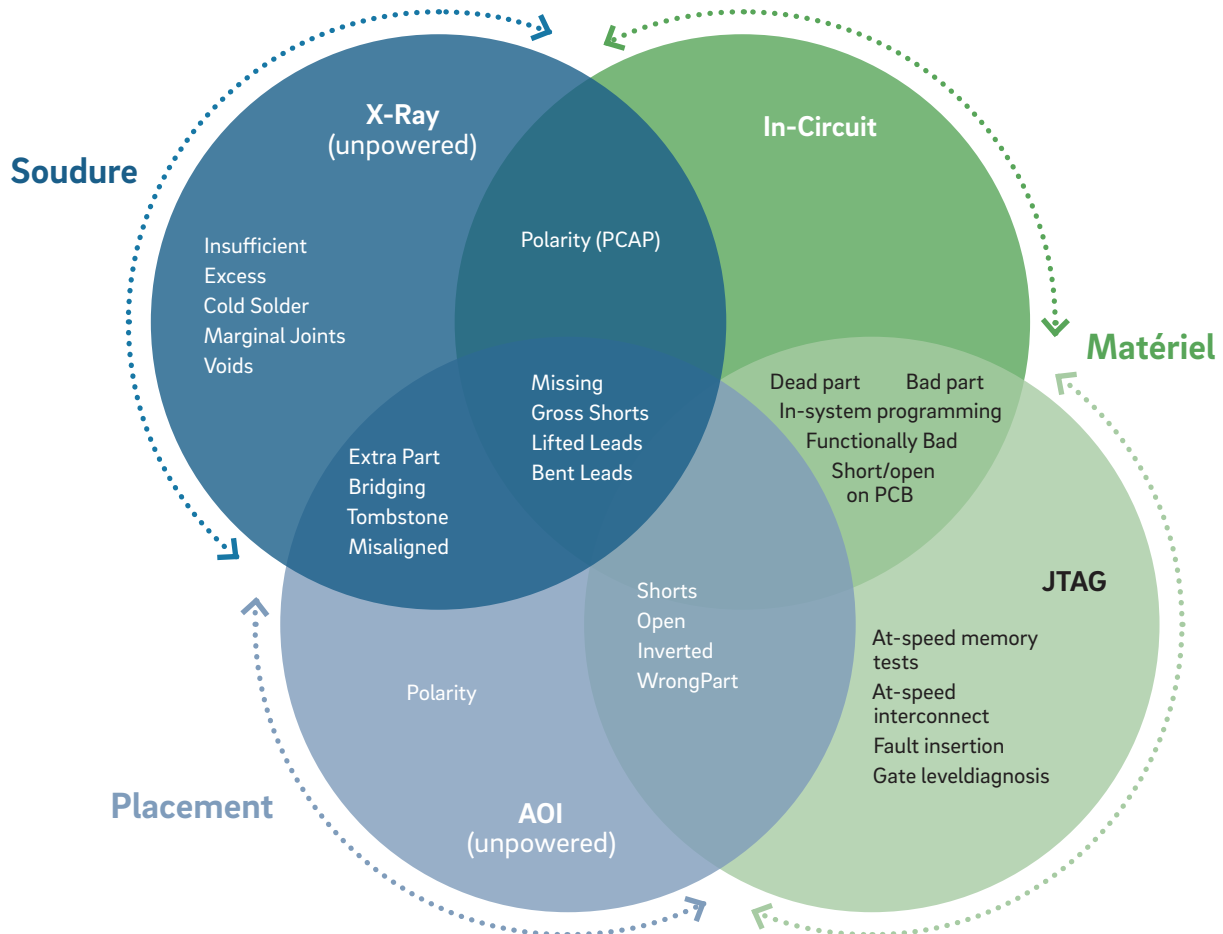
Les remontées des informations de tests permettent d'enregistrer des informations sur les cartes « mauvaises » de type label de défaut, opérateur de diagnostic, etc. L'enregistrement de ces données de boucle de réparation doit permettre d'établir cette cartographie des défauts rencontrés et de leurs occurrences. L'enjeu est également de faire la traçabilité des cartes bonnes et d'adapter les réactions de l'outil de production en fonction de l'évolution de certains paramètres tracés (e.g. placement des composants, épaisseur de colle, etc). L'utilisation de cette cartographie peut ensuite être faite pour : 1) mettre en place des boucles

expertes ; 2) améliorer les couvertures des tests réalisés sur la chaîne de fabrication ; 3) améliorer la stratégie de tests et d'inspection à partir de la simulation et adapter le design de la carte selon les caractéristiques de tests (DfT) ; 4) apporter une aide au dépannage i.e. un support au diagnostic dans la boucle de dépannage.

Si la filière de production semble prête à aborder ces sujets de traçabilité inspection / test pour améliorer la qualité de sa production, plusieurs enjeux majeurs émergent :

- La quantité de données nécessaire à stocker pour suivre ces résultats est largement supérieure à la quantité de données nécessaire à stocker pour la traçabilité produit, induisant de fait des enjeux de type Big data pour l'analyse ;
- La remontée d'informations est parfois réalisée manuellement par des opérateurs de tests dans les cas d'inspection visuelle par opérateur ou HOI (Human Optical Inspection) ;
- Se pose également la question de l'interopérabilité des différentes machines d'inspection et de tests et ce malgré l'existence du langage ATML ;
- L'absence de centralisation de l'information usine et de bases de données centralisées apparaît comme un frein au développement de ces procédés ;
- Nécessité d'aller au-delà du FPY, déjà très élevé dans la majorité des usines de production électronique, et de développer des métriques complémentaires i.e. utiliser des mesures plus fines du niveau de qualité pour améliorer la qualité de production et réussir à capter au mieux les produits considérés bons, mais non fonctionnels (No Failure Found).

38 : Qualifier l'univers des défauts possibles est un enjeu critique de la traçabilité dans le futur



Source : Aster Technologies, Roland Berger

L'utilisation de ces données de traçabilité pourrait ensuite permettre de valider en temps réel la qualité de la production de l'usine et d'optimiser la production dynamiquement avec des protocoles M2M et la mise en place de *closed loops*.

Comment accompagner les acteurs pour gagner en maturité ?

Pour répondre à la problématique de manque de maturité de l'industrie sur ces sujets, plusieurs initiatives peuvent être mises en œuvre au niveau de la filière :

- Mener une démarche de pédagogie sur les sujets de traçabilité inspections / tests et d'acculturation, notamment sur les impacts potentiels d'un déploiement à grande échelle ;
- Mener une démarche de taxonomie de l'univers des défauts possibles avec un collectif d'industriels pour instruire la thématique ;
- Déployer des PoC pour intégrer également les tests fonctionnels et les stress tests dans le processus.

3.5 LA BLOCKCHAIN : DE NOUVELLES TECHNOLOGIES AU SERVICE DE LA TRAÇABILITÉ

Comme l'indique Blockchain Partner, « la *blockchain* représente plus globalement un nouveau paradigme de standardisation et numérisation des chaînes logistiques, qui reposent encore aujourd'hui bien souvent sur des documents papiers » et est considérée comme la future solution technologique de référence pour gérer la traçabilité à l'intérieur de cette chaîne logistique. Le vice-président de la sécurité alimentaire de Walmart affirme même que cette technologie pourrait représenter « le Graal » de la *supply chain* et de la traçabilité.

La *blockchain* est un registre distribué, transparent et incorruptible permettant d'inscrire des éléments de suivi de la traçabilité entre plusieurs typologies d'acteurs. Si la technologie blockchain ne permet pas d'empêcher l'inscription de données erronées dans la chaîne, elle permet de faciliter le diagnostic et les processus de rappels. Elle permet de rendre une chaîne logistique transparente !

De nombreux projets ont commencé à voir le jour dans le secteur agro-alimentaire et pourraient servir de précédent pour l'industrie électronique. Ainsi, Intel vient de présenter un prototype utilisant la *blockchain* pour assurer la traçabilité des poissons. A l'issue de la pêche, un capteur est connecté à chaque lot de poisson et transmet des données de localisation, température, etc. et les enregistre sur une *blockchain*. La plateforme prototype d'Intel joue alors le rôle de tiers de confiance et trace les changements de possession des poissons dans la *supply chain*. In fine, l'acheteur pourra avoir accès à la traçabilité complète du poisson et à l'historique de son parcours depuis sa mise en lot en sortie de pêche !

Le parallèle avec l'industrie électronique est criant et ouvre de nouvelles perspectives quant à la faisabilité d'une traçabilité parfaite du fabricant de composants au donneur d'ordre !

3.6 PANORAMA DES SYSTÈMES DE TRAÇABILITÉ OPÉRATIONNELS SUR LE MARCHÉ

En général, la traçabilité est gérée directement par les MES. Cependant, des solutions logicielles *stand-alone* permettent également de le faire. Ces systèmes foisonnent d'ailleurs dans l'industrie et peuvent être regroupés en trois catégories :

- A. Outils généralistes (toutes usines) ;
- B. Outils propriétaires fournis par les fabricants d'équipement d'assemblage, d'inspection ou de test;
- C. Outils spécialisés pour l'industrie électronique, multi-produits.

L'industrie électronique générant des besoins spécifiques, il ne semble pas que les outils généralistes soient en mesure de répondre à ces besoins. Les outils propriétaires ne peuvent quant à eux s'appliquer que sur des lignes de production très homogènes et ne traitent jamais simultanément des équipements d'assemblage, d'inspection et de test. Les outils spécialisés semblent donc les seuls en capacité de répondre à la problématique de traçabilité complète. [39](#)

39 : Principaux outils spécialisés disponibles sur le marché

		Produit	Origine	Web
 ASTER Technologies	ASTER Technologies	QUAD	France	http://www.aster-technologies.com
 AEGIS SOFTWARE	AEGIS Software	MOS	USA	http://www.aiscorp.com
 Cogiscan	Cogiscan	TTTC	Canada	https://cogiscan.com
 ITAC SOFTWARE	ITAC Software	Itac.MES.Suite	Allemagne	http://fr.itac.de/
 SIEMENS	Siemens	EM-Quality	Allemagne	http://www.siemens.com/plm
 virinco	Virinco	WATS	Norvège	http://www.virinco.com/wats

3.7 SYNTHÈSE DES ACTIONS DE FILIÈRE ENVISAGEABLES

Trois types de démarches peuvent donc être poussés à l'échelle de la filière :

Développer une traçabilité d'origine des composants commune entre les acteurs comprenant notamment :

- La mise en place d'un numéro unique, pour un consortium d'industriels, par lot de composants produits (voire au niveau du S/N)
- La mise en place d'une base de données unique, permettant de se garantir de la contrefaçon et relevant les défis de la cybersécurité

Collaborer avec le collectif à l'initiative d'Hermès déployant des standards d'interopérabilité machines pour :

- Clarifier les informations nécessaires devant être remontées par le protocole Hermès pour assurer la traçabilité produit en temps réel
- Proposer un site de production pilote pour déployer le protocole en conditions réelles sur un parc machines existant

- Etendre le protocole jusqu'aux étapes de tests en bout de lignes d'assemblage CMS qui reste le parent pauvre de l'initiative

Lancer des démarches d'acculturation et pédagogie sur la traçabilité d'inspection / test en parallèle d'une démarche de taxonomie de l'univers des défauts possibles et de PoC potentiels pour intégrer également les tests fonctionnels et les stress tests dans le processus.

En parallèle de ces démarches pratiques, des réflexions de fond pourraient être menées à l'échelle de la filière pour tableur, objectiver les thématiques suivantes :

- Calcul du ROI de la traçabilité (coût du déploiement vs. coût de non-qualité) afin de convaincre les acteurs et mettre en mouvement la filière
- Nécessité de mise en œuvre une démarche de normalisation
- Guide de bonnes pratiques de traitement des données au-delà du stockage



4

**Pour faire converger
les roadmaps composants
et procédés de fabrication**

Synthèse

Des initiatives de mutualisation des investissements de R&D existent depuis de nombreuses années pour faire évoluer les technologies des composants qui sont à l'origine de l'effet de levier de l'industrie électronique sur l'ensemble de l'économie. Un soutien continu à ces initiatives est nécessaire afin d'ancrer la souveraineté de l'Europe et de la France en matière de R&D (e.g. programme IPCEI dans la filière nanoélectronique, ou MEREDIT dans les circuits imprimés). Dans le même temps, des démarches de co-développement doivent être menées pour faire évoluer les procédés de fabrication et faire émerger des technologies de rupture. Le rapprochement avec les grands donneurs d'ordre des industries d'application est ici primordial pour faire converger les *roadmaps* produit, les *roadmap* composant et les *roadmaps* des procédés de fabrication. Cinq territoires de collaboration ont été identifiés allant de la miniaturisation, en passant par l'électronique 3D et la modélisation des procédés de fabrication. Pour réaliser cette ambition, la filière de production électronique française devrait tirer profit de l'existence du programme PLEIADE dans le Grand Ouest et le déployer à plus grande échelle dans l'ensemble des secteurs applicatifs porteurs sur le marché français pour créer un programme nouvelle génération ou PLEIADE 2.0.

4.1 COLLABORER AVEC LES DONNEURS D'ORDRE POUR DÉPLOYER DES TECHNOLOGIES DE RUPTURE

L'innovation technologique est le moteur principal de l'industrie électronique incarné depuis près de 50 ans par la filière des composants semi-conducteurs et la loi de Moore. L'enjeu de l'Industrie Electronique du

Futur est bien de permettre le développement et la production de nouveaux systèmes électroniques compétitifs et innovants en France. La filière de production électronique doit donc être capable de mettre à disposition des donneurs d'ordre des marchés applicatifs professionnels les technologies électroniques de pointe, notamment celles déployées dans les environnements moins contraints de l'électronique grand public. Compte tenu du poids économique des composants dans le prix de vente des cartes, c'est également un enjeu clé pour optimiser le ratio performance / coûts dans les systèmes embarqués.

Les évolutions de technologies déployées par les fournisseurs de composants et de PCB ne sont actuellement pas suffisamment partagées avec les acteurs de la production. Il y a donc également un enjeu pour la filière de production électronique de travailler en amont avec les différents fabricants de composants pour intégrer ces éléments dans le design et la fabrication de systèmes électroniques. Cela implique une coordination étroite à bâtir avec les différentes initiatives de recherche et développement des technologies composants (e.g. programme IPCEI dans la filière nanoélectronique ou Meredit concernant le PCB). La collaboration entre sous-traitants de production et donneurs d'ordre sur les *roadmaps* technologiques et les ruptures à venir est également un enjeu fort en aval. En effet, cela participerait à l'émergence d'une filière électronique française plus forte en mesure d'anticiper les besoins technologiques à venir au niveau des procédés d'assemblage. Plusieurs démarches ont déjà été initiées, notamment PLEIADE ¹⁶, programme phare de coopération industrielle du cluster WE-Network.

Les procédés d'assemblage électronique font depuis toujours l'objet de développements empiriques et sont même considérés comme les parents pauvres de la modélisation. Simuler et modéliser ces phénomènes permettrait de mieux comprendre le processus de fabrication et par la même de mieux prévoir

16 PPlateforme Européenne d'Intégration d'Assemblage et de Développement Electronique

4. Pour faire converger les roadmaps composants et procédés de fabrication

d'éventuelles dérives en production, mais également de mieux programmer l'outil productif et donc de gagner en compétitivité. Une action de la filière, supra-acteurs, apparaît nécessaire pour répondre à l'ensemble des grands défis technologiques à venir. Elle permettrait en outre de :

- Mutualiser les capacités d'investissements des différentes parties prenantes : contrairement aux acteurs asiatiques et aux leaders du marché de la sous-traitance électronique, les acteurs français ne disposent ni de l'effet de taille suffisant, ni de partenariats assez étroits avec leurs donneurs d'ordre pour investir individuellement dans des technologies de rupture et en supporter les risques ;
- Mutualiser les connaissances et les attentes : chaque acteur de l'écosystème développe des compétences techniques dans différents domaines en fonction des attentes et demandes de ses clients propres. Chaque acteur décide également de ses propres axes de recherche et développement stratégiques. La mise en place d'initiatives communes permettrait aux acteurs les plus matures par secteur technologique de servir de locomotives pour l'ensemble de la

filière de production française et de mutualiser les coûts. Une telle action serait en droite ligne avec les conclusions et les recommandations issues du rapport Gallois¹⁷ parmi lesquelles :

- La nécessaire montée en gamme par l'innovation, la qualité et le service (y compris dans les processus de production) ;
- Le renforcement de la collaboration entre grands groupes, sous-traitants et fournisseurs au sein des filières industrielles ;
- L'accélération du transfert technologique entre la recherche et l'industrie.

4.2 QUELS TERRITOIRES DE COLLABORATION ?

Plusieurs axes de travail communs et territoires de collaboration potentiels ont été identifiés pour le développement et la production de systèmes électroniques compétitifs et innovants à un horizon 2 à 5 ans. (voir encadré ci-dessous)

AXE DE TRAVAIL COMMUN	ACTEURS CLÉS VISÉS	ORDRE DE PRIORITÉ
Electronique miniaturisée	Donneurs d'ordre et EMS	Priorité 1
Electronique hétérogène et hybridation	Donneurs d'ordre et EMS	Priorité 2
Electronique de puissance et thermique	Donneurs d'ordre et EMS	Priorité 2
Electronique 3D	Donneurs d'ordre et EMS	Priorité 3
Modélisation des procédés de fabrication	EMS	Priorité 3

Electronique miniaturisée

Les applications grand public et la Loi de Moore font évoluer les systèmes électroniques vers des dimensions de plus en plus miniaturisées. [40](#)

Le développement de nouveaux composants et la demande des clients nécessitent des boîtiers de plus

en plus minces et miniaturisés. Lors de la production et l'intégration de ces systèmes miniaturisés la précision de la pose des composants revêt elle aussi un enjeu particulièrement important. Si l'électronique grand public adopte massivement ces nouvelles technologies, établissant chaque jour une nouvelle norme ou standard de miniaturisation sur le marché, l'adop-

¹⁷ Pacte pour la compétitivité de l'industrie française, Novembre 2012

tion dans les marchés professionnels est, elle, bien plus lente en raison des exigences de fiabilité et de cycle de vie. Les enjeux de développement de l'électronique miniaturisée dans le segment B2B sont doubles :

- Fiabilisation de technologies existantes : la question est ici de savoir comment fiabiliser les technologies existantes pour les milieux industriels. Les industriels et le marché B2B attendent des évolutions aussi drastiques que les applications grand public avec des durées de vie de 5 – 10 – 20 – 30 ans. Par ailleurs, de telles évolutions impliquent également de nouveaux défis pour les procédés de fabrication. Il y a donc un besoin de faire évoluer la maturité des acteurs industriels sur la faisabilité de production ou « manufacturability » de ces nouvelles technologies. Des questions de testabilité et de remplacement se posent notamment sur des cartes à très forte densité de composants miniaturisés ;
- Mise en œuvre de technologies de rupture non-encore accessibles : alors que l'intégration de nouveaux composants toujours plus miniaturisés sur des cartes PCB elles-aussi de plus en plus miniaturisées correspond à ce que l'on pourrait appeler un processus de miniaturisation progressif, de nouvelles technologies sont développées en rupture. C'est le cas par exemple de la technologie chip-on-board ou flipchip et électronique imprimée. L'enjeu est ici de faciliter la mise en œuvre, l'industrialisation et la « manufacturability » de ces technologies de rupture.

Electronique hétérogène et hybridation

Une autre grande tendance de l'industrie électronique est l'assemblage sur une même carte de composants de formats, dimensions et épaisseurs très différents. L'enjeu est ici de développer des systèmes électroniques toujours plus hétérogènes, ainsi que les systèmes de testabilité associés.

Par ailleurs, le développement du Smart World et de nouveaux domaines d'application pousse également à intégrer des fonctions électroniques sur de nouveaux supports i.e. directement sur un support qui n'est pas une carte, comme par exemple le textile, une structure mécanique ou même de lier l'électronique au vivant. C'est le cas également de la plastronique qui développe de nouveaux systèmes directement intégrés sur leur support plastique et qui trouve de nombreuses applications dans la fabrication d'antennes, pour l'automobile notamment.

L'enjeu majeur de la filière électronique est ici de rester attentif aux nouveaux développements technologiques et d'être actif dans leur mise en œuvre et leur industrialisation une fois que la demande se matérialisera sensiblement.

Electronique de puissance et thermique

L'augmentation des contraintes thermiques et l'évolution des composants en haute et basse fréquences est un nouveau problème rencontré par les industriels, et plus particulièrement dans l'éclairage (e.g. LED). Alors que les capteurs, les composants de puissance et les fonctions de traitement sont de plus en plus intégrés dans les mêmes boîtiers et sur une même carte, l'électronique doit dépenser toujours plus de calories dans un même volume. L'enjeu est ici de robustifier des techniques d'interfaces thermiques et de limitation de la corrosion qui permettront la fabrication de cartes aux contraintes de puissances élevées.

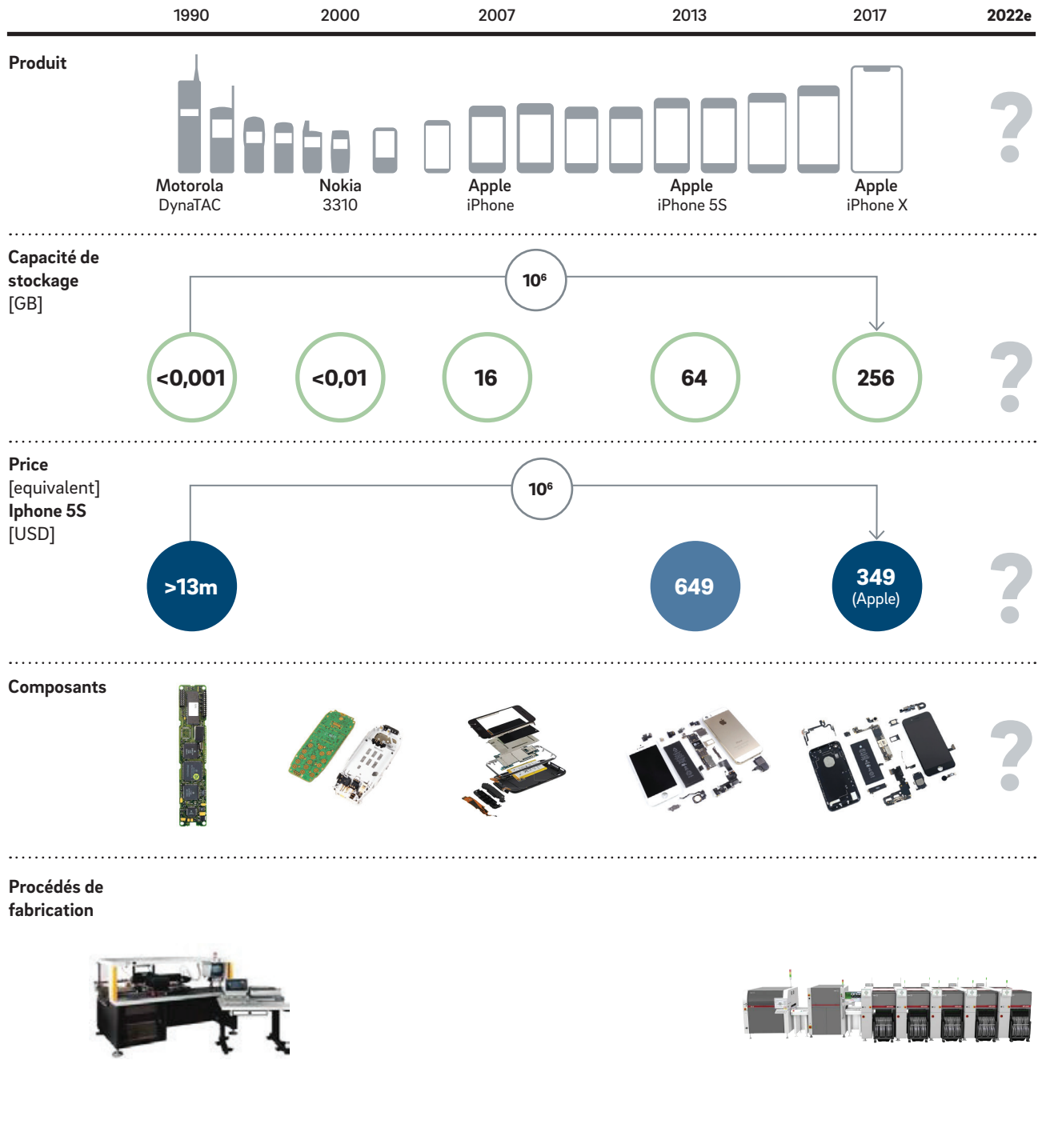
Electronique 3D

Une troisième grande tendance de l'électronique moderne est le développement de nouvelles applications non plus seulement en 2D, mais en 3D. La *roadmap* de l'électronique 3D devrait donc intégrer deux axes : 1) développer des solutions de fabrication série en 3 dimensions ; et 2) utiliser l'impression 3D dans

4. Pour faire converger les roadmaps composants et procédés de fabrication

40 : L'enjeu pour la filière électronique française sur la miniaturisation est la fiabilisation des technologies d'un « iPhone » pour pouvoir les déployer dans les marchés de l'électronique B2B

Evolutions technologiques



Source : Apple, ASM, Bret Swanson, Roland Berger

des phases de prototypage. Si la fabrication additive ou impression 3D apparaît comme une technologie de fabrication prometteuse pour les phases de prototypage, et qui est déjà déployée dans de nombreuses industries, le challenge le plus important rencontré par l'industrie électronique est de développer des technologies 3D pour les grandes séries.

En effet, les technologies 3D grande série sont émergentes. Elles correspondent en premier lieu à la dépose de pistes imprimées sur de la plasturgie et incluent notamment l'impression de harnais électriques. Elles peuvent intégrer la dépose de composants tels que des LED ou des antennes. La demande est déjà présente sur ces nouvelles technologies, notamment dans l'automobile ou le ferroviaire. Mais à ce stade, seuls quelques industriels sont précurseurs (e.g. Bosch, Mollex, Hutchinson, Schneider) et développent leurs propres process industriels (machine, plastique, encre, ...).

La filière de fabrication devrait développer une roadmap procédés de fabrication sur un horizon 2 à 5 ans pour accompagner le murissement de l'Électronique 3D. La définition de standards de fabrication serait souhaitable, car cela permettrait de créer un environnement favorable pour que plusieurs fournisseurs développent une expertise dans la fabrication d'Électronique 3D, ce qui permettrait de sécuriser les donneurs d'ordre.

Les résultats de la *roadmap* technologique devraient ensuite être traduits en bonnes pratiques de conception et fabrication, puis largement diffusés. Si l'IPC semble être l'organisme le plus à même de diffuser cet état de l'art, la filière française pourrait confier à l'IFTEC le soin d'accélérer cette diffusion sur le territoire français.

Modélisation des procédés de fabrication

La modélisation de la fiabilité et de la performance produit est également un des enjeux majeurs des 5 prochaines années. En effet, beaucoup de simulation et de modélisation sont réalisées dans les phases de conception de produit. Dans le domaine des procédés, les méthodes restent empiriques et c'est pourquoi la modélisation représente un fort levier d'accélération. Par exemple, dans le démoulage de la pâte à braser on ne connaît pas la densité maximum et minimum obtenue, cela reste très empirique. Ainsi, les développements de nouveaux procédés menés par la filière devraient également se conclure par le développement de modèles associés à ces procédés et des modèles prédictifs des assemblages.

4.3 PLEIADE 2.0 : UNE ROADMAP TECHNOLOGIQUE POUR LA FILIÈRE

À l'image d'initiatives menées dans des filières connexes à l'électronique (e.g. filière de la plasturgie), la mise en place de centres techniques permettrait de faire évoluer des technologies entre des TRL (Technology Readiness Level) faibles à plus élevés pour développer des barrières compétitives. Compte tenu du décalage technologique entre les marchés électroniques de masse et les marchés professionnels, il y a également un fort enjeu à mutualiser des travaux de recherche sur des nouveaux procédés d'assemblage pour faire évoluer des technologies entre des MRL (Manufacturing Readiness Level) faibles à plus élevées, afin de préparer les EMS à suivre les évolutions des technologies des composants.

Il s'agirait ainsi d'initier des collaborations entre sous-traitants de la filière et donneurs d'ordre pour suivre les architectures produits conçues par les donneurs d'ordre et les enjeux technologiques clés à 2-5 ans : miniaturisation, hybridation, modélisation des procédés, fiabilisation de la performance en puis-

4. Pour faire converger les roadmaps composants et procédés de fabrication

sance et thermique – exigeant une mutualisation de la qualification et de l'adaptation significative des procédés d'assemblage. PLEIADE, programme initié et coordonné par le cluster WE-Network, met en pratique un modèle de collaboration sous forme de volontariat ouvert où chaque membre bénéficie du même poids pour orienter les travaux.

A ce jour, un seul grand donneur d'ordres français est inclus dans la démarche : Thalès. Ainsi, plusieurs acteurs mutualisent des moyens et des ressources / expertises pour qualifier les processus de fabrication dudit donneur d'ordres sur la base de composants existants. Si l'ambition est européenne, le financement public du programme est aujourd'hui régional et l'orientation technique fortement dépendant du seul donneur d'ordre.

L'ambition de la filière électronique française doit donc être de définir une *roadmap* sur les procédés de fabrication prenant en compte les besoins d'un large panel de donneurs d'ordre et les *roadmaps* composants ainsi que PCB. Pour que cette démarche soit fructueuse, il faut donc intégrer les donneurs d'ordres, les fabricants de composants, le consortium MEREDIT (plateforme du circuit imprimé PCB en France) comme membres à part entière du dispositif. La filière française devrait tirer profit de l'existence du programme PLEIADE et le déployer à plus grande échelle dans l'ensemble des secteurs applicatifs porteurs sur le marché français et ainsi créer un programme nouvelle génération ou PLEIADE 2.0. La mise en œuvre du programme s'appuierait alors sur trois principes forts :

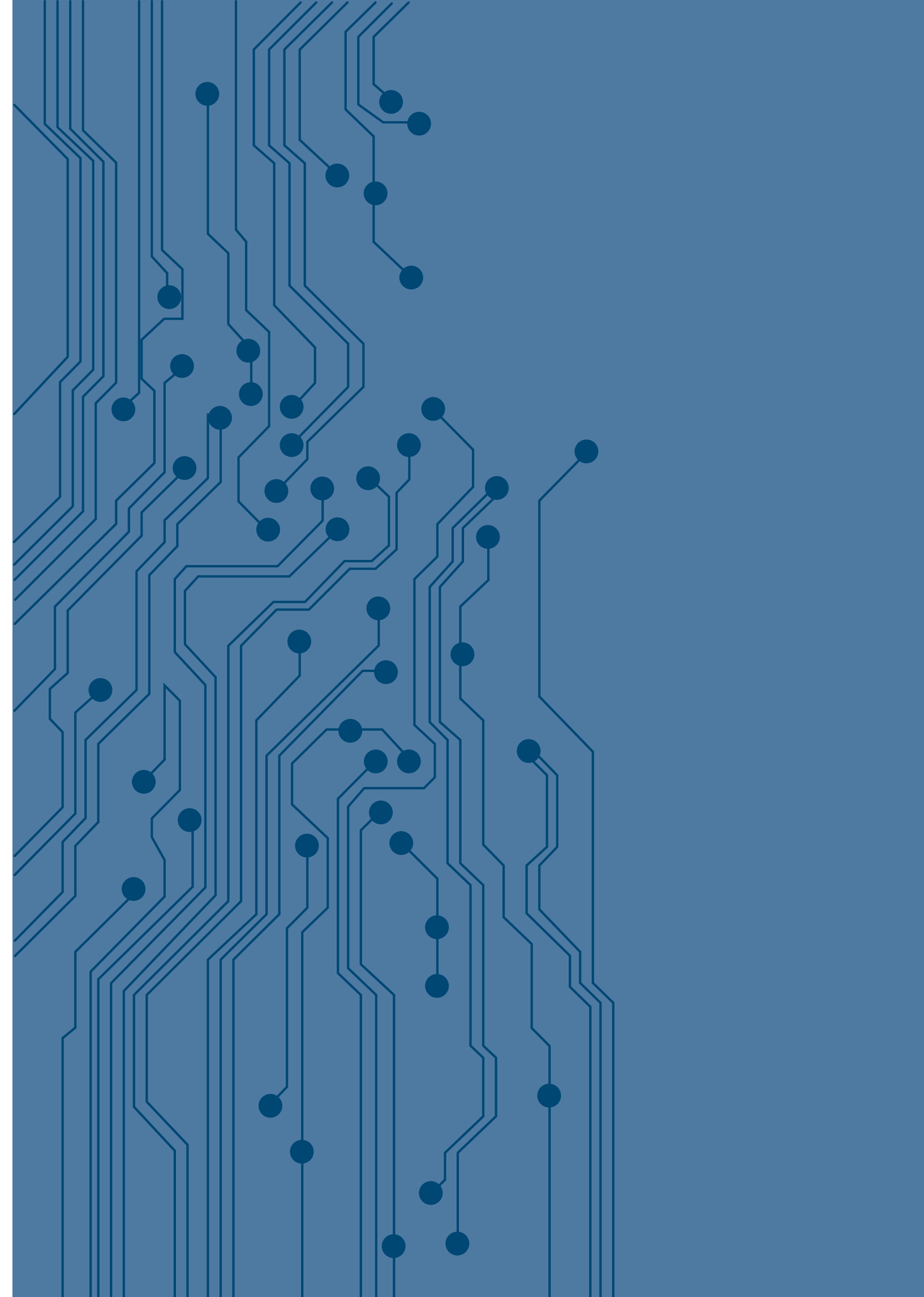
1. Concentrer l'effort sur les cinq territoires de collaboration identifiés préalablement, approfondir les enjeux par marchés et décliner les thèmes d'exploration par procédé de fabrication, tout en intégrant les résultats des roadmaps composants définis au niveau Europe (eg. ECSEL). Il faudra également se coordonner avec les différentes initiatives de recherches et

développement de technologies composants (e.g. programme IPCEI dans la filière nanoélectronique) pour assurer la complémentarité des démarches ;

2. Collaborer avec les donneurs d'ordre pour construire la *roadmap* en impliquant les grands industriels (Safran, Thales, Valeo, ...), mais aussi d'autres clients orientés sur des cycles plus courts jusqu'aux start-ups et des acteurs « amonts » (ex : CEA). La diversité des acteurs partenaires nécessite de clarifier l'offre ou les offres de partenariats pour les différentes typologies d'acteurs ou les différentes typologies de projet (e.g. technologie de rupture long terme vs. évolution incrémentale sur cycle court). La collaboration avec les donneurs d'ordre pourrait s'organiser autour de la définition de *roadmap* technologique, de projets ponctuels, mais également autour de rencontres « Filière électronique » – « Filières des industries d'application » (e.g. PFA dans l'automobile) ;

3. Déployer PLEIADE à grande échelle i.e.

- Organiser les travaux, leur financement, leur gestion par grand thème technologique (e.g. Electronique 3D) ;
- Assurer un fonctionnement « à la carte » permettant à chaque partenaire de choisir ses collaborations avec ses paires ;
- Explorer l'opportunité de connecter PLEIADE aux dispositifs de soutien à l'innovation de la filière électronique en Europe (e.g. EURIPIDES², ECSEL) ;
- Aller jusqu'à mettre en place un Centre Technique Industriel (équivalent CETIM, Centre Technique Industriel pour la Mécanique). Si le déploiement d'un tel centre technique physique mutualisé ne semble pas la priorité à court terme, sa mise en place devra être évaluée à un horizon de 3 à 5 ans. Aujourd'hui, la priorité est bien de rassembler donneur d'ordres et écosystème ainsi que de mobiliser les infrastructures existantes des différents partenaires ;
- Trouver des leviers de financement publics, parapublics au niveau national (e.g. CIR) ou européen.



5

**Attirer les talents,
une problématique critique
pour l'industrie électronique**

Synthèse

L'industrie électronique représente environ 130 000 emplois en France. Trois régions majeures concentrent la majorité de ces emplois avec des profils très différents entre le Grand Ouest centré sur la filière de production et l'Auvergne Rhône Alpes centré sur la filière Composants. Si l'emploi dans l'industrie s'est stabilisé en France depuis plusieurs années après avoir ressenti les conséquences de la crise des télécoms depuis le début des années 2000, le marché de l'emploi, notamment dans la filière de production s'est particulièrement tendu, à tous les niveaux opérateurs, techniciens et ingénieurs. Cette tension atteint son paroxysme pour les métiers de techniciens en électronique, faisant ressortir un véritable sentiment d'urgence pour la formation des techniciens pour la filière. L'expertise des techniciens dans les usines de production est une condition forte à la compétitivité de la filière française vis-à-vis des autres filières européennes, elle est même différenciante vis-à-vis des productions bas coûts d'Asie ou d'Afrique du Nord. Ce sentiment d'urgence est accentué par un déficit d'attractivité et de visibilité de la filière et une pyramide des âges vieillissante. Au moment où les métiers de l'électronique vont connaître une évolution profonde liée au développement de l'industrie électronique du futur, la filière doit donc s'unir et s'organiser autour de ses problématiques de formation et d'accès aux compétences.

5.1 TROIS RÉGIONS MAJEURES CONCENTRENT LA MAJORITÉ DES 130 000 EMPLOIS DE LA FILIÈRE ÉLECTRONIQUE

Comptant près de 130 000 emplois sur le territoire français et quelques 950 000 en Europe ¹⁸, le secteur de l'électronique ¹⁹ est une activité stratégique pour la France compte tenu de son effet de levier sur l'ensemble de l'économie. La France est ainsi le 2^{ème} pays européen en termes de chiffre d'affaires et de nombre d'emplois sur ces activités de fabrication électronique après l'Allemagne (~350 000 emplois). Cette industrie est stratégique car elle est transversale à de multiples secteurs et est disséminée à travers à la fois la filière des composants électroniques, la filière de production de cartes et d'équipements et les filières industrielles applicatives. Compte tenu de la transversalité du secteur, le recensement des emplois dans l'électronique est ardu et les 130 000 emplois identifiés correspondent à une estimation basse dans le secteur qui pourrait en compter 75.000 de plus. Le secteur de la sous-traitance électronique, pivot dans le développement de l'Industrie Electronique du Futur et de la diffusion de l'Industrial IoT dans tous les secteurs, est par ailleurs fortement représenté en France, premier pays en Europe sur ce segment ²⁰ avec 3,8 milliards d'euros de CA environ (devant l'Allemagne) et 18 000 emplois. Les 130 000 emplois de l'industrie électronique se répartissent sur l'ensemble du territoire français. Trois grands bassins d'emplois, le Grand Ouest ²¹, l'Auvergne-Rhône-Alpes (AuRA) et l'Île-de-France, marquent la géographie française de l'électronique.

41

18 En 2012, d'après Euripides et DECISION

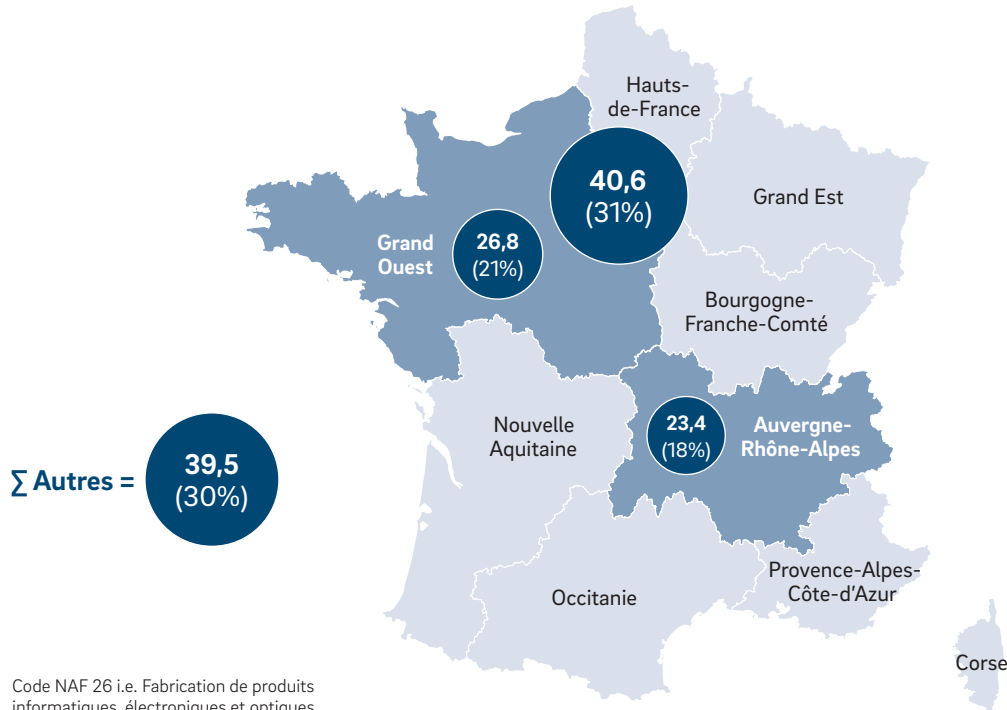
19 Code NAF 26 i.e. Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques

20 Code NAF 2612 i.e. Fabrication de cartes électroniques assemblées

21 Pays de la Loire, Bretagne, Centre Val de Loire et Normandie

5. Attirer les talents, une problématique critique pour l'industrie électronique

41 : Effectifs de la filière électronique¹ [2010; '000 d'employés]



1 Code NAF 26 i.e. Fabrication de produits informatiques, électroniques et optiques

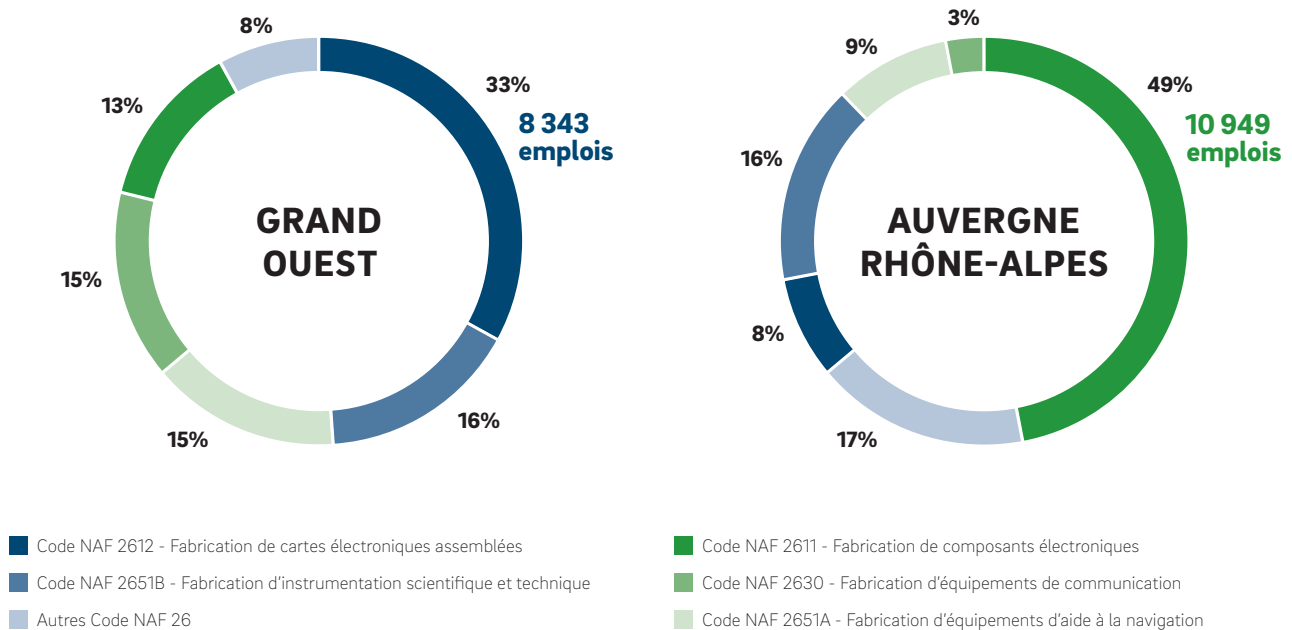
Source : DECISION, Usine Nouvelle, SNESE, Roland Berger

Le profil des entreprises employeurs du secteur est radicalement différent entre les deux grands bassins d'emplois que sont le Grand Ouest et l'AuRA. **42** Si le Grand Ouest est fortement orienté vers la fabrication de cartes électroniques assemblées et la sous-traitance électronique, l'AuRA est polarisée sur la fabrication de composants électroniques. Ainsi, le Grand Ouest représente ~50% des emplois en sous-traitance électronique en France, avec une concentration de l'emploi dans les régions Pays de la Loire (1^{ère} région pourvoyeuse d'emplois avec 5 697 ETP en 2015) et Bretagne (2^{ème} région pourvoyeuse d'emplois avec 1 870 ETP en 2015).

Notons que l'ensemble des effectifs de la filière électronique a baissé de plus d'un tiers en 20 ans (-35% depuis 1997), pour se stabiliser depuis les années 2010. **43** La crise des télécoms des années 2000 a accéléré la dispa-

rition de la production d'ordinateurs et de produits électroniques grand public sur le territoire national et entraîné ainsi la disparition de nombreux emplois. En effet, la France était encore le 2^{ème} pays producteur de téléphones mobiles dans le monde en 1999 avant que la crise des télécommunications n'affecte l'industrie électronique dans son ensemble au tournant des années 2000. La crise économique de 2008-09 a par ailleurs accéléré le transfert de production des fabrications des matériels grand public à forte composante électronique. Ainsi les fabrications de matériels informatiques, de décodeurs ou encore de box d'accès au réseau internet sont depuis principalement produites en Asie. Toutefois, la filière électronique connaît depuis quelques années un nouveau souffle en Europe et en France. Le redémarrage a d'abord été porté par la forte croissance du secteur de l'avionique et du développement de l'électronique automobile. Un nouveau

42 : Les profils d'emplois des deux plus grandes régions en France sont différents : l'un centré sur la production de cartes et l'autre sur la fabrication de composants
Effectifs industrie électronique par région (Code NAF 26)



Source : DECISION, Usine Nouvelle, SNESE, Roland Berger

relais de croissance apparait désormais par le développement de multiples applications à base d'électronique liées à la digitalisation des entreprises notamment au travers de l'Industrial IoT d'une part, et d'autre part aux réponses à base d'électronique apportée aux enjeux sociétaux de la mobilité, de la silver économie, de la cyber sécurité ou encore de la gestion des énergies. On note un redémarrage significatif de l'emploi et des perspectives d'embauches depuis 2015. Sur la base d'une étude conduite par DECISION pour le compte du cluster WE Network ²², 97% des entreprises de production électronique interrogées dans le Grand Ouest déclarent embaucher à court et moyen terme.

L'emploi dans la filière de production électronique revêt des caractéristiques singulières sur le territoire français, rendant l'industrie particulièrement attractive et stratégique :

Emploi industriel ou spécifique à la fabrication de produits : comme illustré dans la région Pays de la Loire où parmi les 19 000 actifs exerçant une profession spécifique à l'électronique, 46% fabriquaient des équipements électroniques fin 2012, l'autre moitié des effectifs étant quant à elle concentrée sur des activités d'ingénierie électronique

Emploi rural : les établissements employeurs de la filière de production électronique se situent majoritairement dans de petites agglomérations ayant ainsi un impact très important sur les bassins d'emplois locaux. Ainsi, les dix principaux établissements employeurs en Pays de la Loire, représentant à eux seuls la moitié des effectifs de l'électronique de la région, se situent en très grande majorité dans des communes de petite taille. Ainsi, de gros sites industriels (>200 ETP) se situent dans de petites agglomé-

²² Etude réalisée à l'été 2017 sur la base d'un échantillon de 59 entreprises sur les activités de production électronique (équipementiers + sous-traitants) représentant au global près de 75000 emplois dont >9000 dans le Grand Ouest

5. Attirer les talents, une problématique critique pour l'industrie électronique

rations comme Lacroix Electronics à Saint Pierre Montlimart, Eolane à Combrée ou encore Tronico à Saint Philbert de Bouaine en plein secteur rural

Emploi des femmes : la dépose de composants sur cartes électroniques est un métier de précision et l'assemblage de ces cartes fait la part belle à l'emploi des femmes. Ainsi, dans certaines catégories d'emplois, elles représentent la vaste majorité des employés (e.g. les contrôleurs et ouvriers qualifiés en test affichant une part élevée de femmes : 69%)

Les enjeux d'emplois dans la filière de production électronique sont donc forts sur le territoire français. L'emploi industriel représente une part importante des actifs, au même regard que les activités d'ingénierie, recherche et développement. Ces emplois qualifiés ne sont possibles et concevables qu'en présence des activités de production sur le territoire national. Conserver la production de la filière électronique en France, ainsi que ses activités de développement, c'est aussi conserver une industrie forte, compétitive et ancrée en France tant les liens sont désormais étroits avec l'électronique et ce quels que soient les secteurs : avionique, militaire, industrie professionnelle, agriculture, médical, domotique, ... et quelle

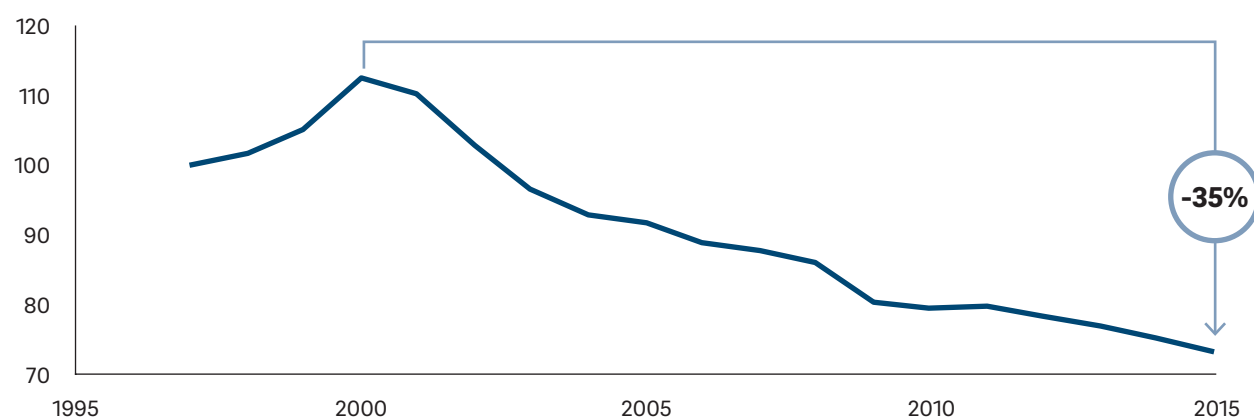
que soit la taille des industries de la start-up aux grands groupes industriels en passant par les PME et ETI industrielles. Assurer l'emploi et la force de la filière de production électronique, c'est permettre en retour la compétitivité et la force des filières industrielles françaises !

5.2 LES MÉTIERS DE LA PRODUCTION ÉLECTRONIQUE ET LES FORMATIONS ASSOCIÉES

Les métiers de la production électronique sont nombreux et diversifiés. Ils font appel à des compétences électroniques de haut niveau en phase de conception *hardware* et du *software* embarqué. Pour les métiers à plus faible qualification, les entreprises s'appuient en grande majorité sur la formation continue.

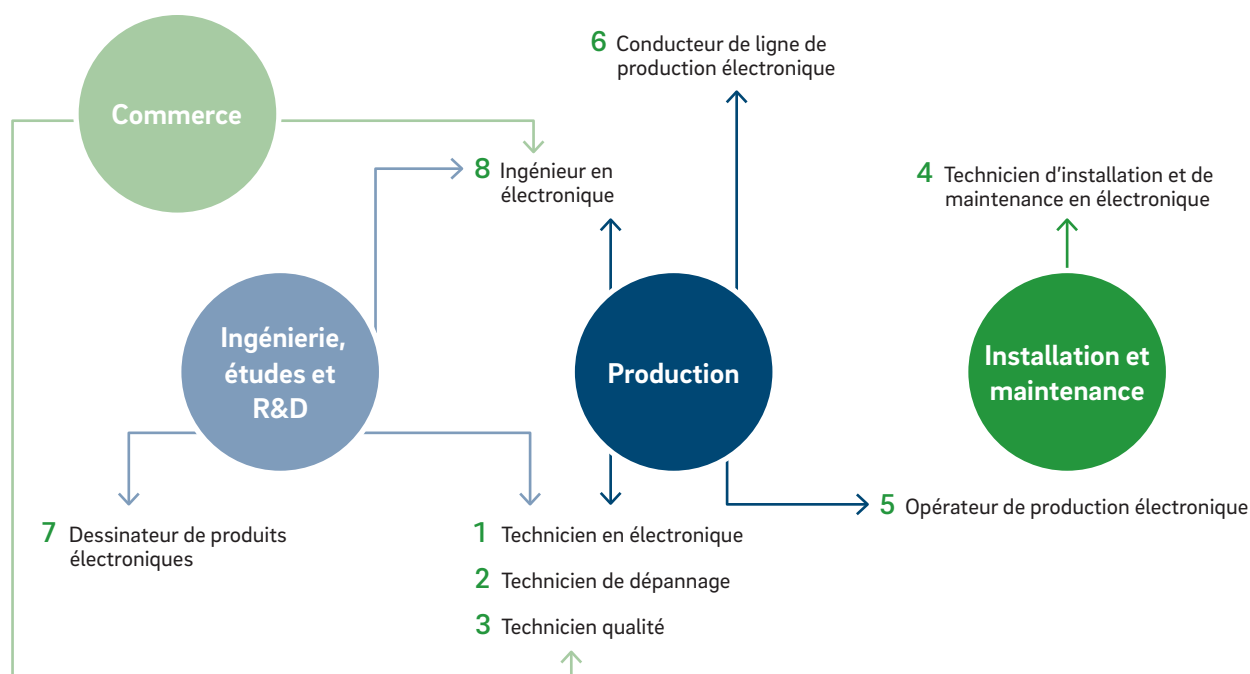
On peut ainsi distinguer trois grandes catégories d'emplois ou catégories sociales professionnelles, chacune correspondant à des niveaux de qualifications différents : les opérateurs, les techniciens et les ingénieurs. Huit métiers spécifiques à l'industrie électronique ont été définis par le CARIFOREF et l'ORCI. [44](#)

43 : Evolution des effectifs salariés de l'électronique en France [base 100 ; 1997-2015]



Source : CARIFOREF-ORCI, Roland Berger

44 : Cartographie des métiers de l'électronique



Source : Orci-Carioref, entretiens, Roland Berger

Le Technicien en électronique intervient à plusieurs étapes de la fabrication d'un système ou d'une solution électronique. Il peut intervenir en amont de la production sur des études et des essais dans les phases d'ingénierie, design et industrialisation de composants, sous-ensembles ou ensembles électroniques. Il peut également intervenir dans la production même où il procède au déploiement de process, au contrôle ou aux essais de produits électroniques. Les techniciens électroniques sont principalement issus des filières de formation BTS / DUT et de plus en plus fréquemment d'évolutions internes dans le cadre de certifications de qualifications professionnelles ou de validation des acquis de l'expérience ;

Le Technicien de dépannage intervient en production à la réparation des cartes ou sous ensemble qui présentent des défauts de fabrication. Le technicien de dépannage identifie le ou les composants défectueux,

procède à leur remplacement voire à la reprogrammation de composants électroniques. Il contribue également à l'identification des causes techniques du défaut de fabrication et à la correction immédiate du process. Ce métier demande une connaissance technique des schémas électroniques et des process de fabrication, il est accessible à des niveaux BTS ou DUT électronique ou ayant une composante électronique forte dans leur programme ;

Le Technicien qualité qui est en charge de contrôler la bonne application des process électroniques et des exigences normatives. Il est en charge des analyses de risques et de récurrence de pannes et de défaillance. Il intervient en interface avec les services qualité des clients afin de garantir l'efficacité et le suivi des mesures correctives prises. Ce métier est accessible à partir de filière BAC+2, BTS ou DUT qualité ;

5. Attirer les talents, une problématique critique pour l'industrie électronique

Le Technicien d'installation et de maintenance en électronique intervient sur des équipements industriels de production liés au placement des composants électroniques sur les circuits imprimés. Il définit les plans de maintenance préventive des équipements et intervient en cas de panne dans le cadre de maintenance curative. Il identifie les causes de panne, assure l'entretien régulier de ces équipements. Ce métier est accessible avec un diplôme Bac pro systèmes électroniques numériques ou un titre professionnel RNCP électronicien(ne) de contrôle et de maintenance ;

L'Opérateur de production électronique réalise manuellement ou au moyen de machines de production l'insertion, la pose, le brasage et le câblage de composants électroniques sur des supports dédiés (cartes électroniques, circuits imprimés, etc.). Il effectue les contrôles de conformité des produits tout au long du cycle de production à l'aide d'instruments techniques (bancs d'essai, etc.). Il peut procéder à l'assemblage de tout ou partie du matériel dans lequel s'insère le sous-ensemble. Ce métier est accessible sans diplôme ni expérience professionnelle. C'est l'entreprise qui assure la formation en interne des nouveaux entrants sur des durées avoisinant 2 à 3 mois sur des process et produits simples à plusieurs années sur les process et produits complexes ;

Le Conducteur de ligne de production électronique régule une ligne de production qui intègre plusieurs équipements automatisés de fabrication (machines de pose de composants CMS, four de refusions, vague, vernissage, intégration). Une partie non-négligeable des pilotes de lignes provient de l'évolution d'opérateurs issus de l'entreprise et ayant suivi des formations qualifiantes en interne. Toutefois, l'évolution technique des équipements de production requiert de plus en plus de connaissances de programmation, les employeurs recherchent par conséquent des profils de plus en plus techniques issus de formations initiales, dans l'idéal des candidats issus de bac pros

systèmes électroniques numériques ou, dans une moindre mesure des bac pros à dominante industrielle ;

Le Dessinateur de cartes électroniques établit les plans et schémas des produits et des cartes électroniques à concevoir. Il matérialise physiquement les idées à partir de cahiers des charges spécifiant les fonctionnalités techniques des produits. Ce métier est pour partie externalisé par les fabricants de cartes électroniques. Dessinateur de cartes électroniques est un des débouchés principaux de la formation DUT GEII (Génie électrique et informatique industrielle) ;

L'Ingénieur en électronique se retrouve en majorité dans les activités de conception, de définition et mise en place des process de fabrication, ou d'industrialisation des sous-ensembles électroniques. Les savoir-faire principaux maîtrisés sont la conception matérielle / *hardware* (architecture matérielle et conception du schéma électronique, simulation de haut niveau), la conception carte (implémentation du schéma électronique sur la carte), le placement, routage des composants, la simulation physique et enfin la conception logicielle. La dichotomie entre l'électronique numérique et l'analogique a conduit à la spécialisation progressive des profils de concepteurs électroniques entre d'une part les « numériciens » rompus à la conception fonctionnelle et aux simulations de haut niveau, et d'autre part les « analogiciens » dont le rapport à la technologie et aux processus physiques mis en œuvre demeure beaucoup plus fort. Le développement de l'électronique numérique entraîne également le besoin de développement de logiciels dans les équipements électroniques, développement qui incombe pour partie aux ingénieurs en électronique. De nombreuses formations de type école d'ingénieur spécialisée mènent directement à ce métier spécifique.

5. Attirer les talents, une problématique critique pour l'industrie électronique

De nombreux emplois périphériques, i.e. non spécifiques à l'électronique (e.g. Technicien en amélioration continue, logisticiens, approvisionneurs, planificateurs, ...), sont également au cœur de la filière électronique. Ces métiers peuvent ainsi représenter jusqu'à 50% des emplois de la filière.

Pour mener à ces métiers spécifiques à l'industrie électronique, plusieurs typologies de formation existent et représentent la voie privilégiée de recrutement de l'industrie électronique **45** :

Bac pro SEN (système électronique numérique) ou STI2D (sciences et technologies de l'industrie et du développement durable) ;

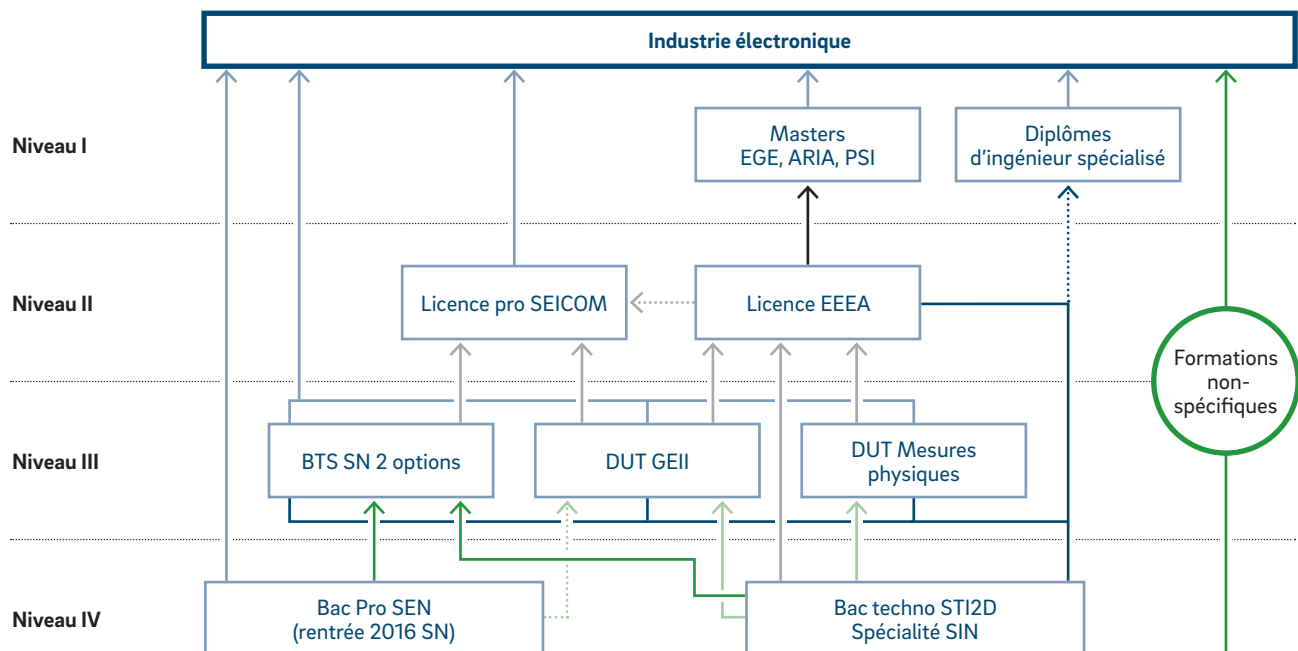
Bac+2 : BTS SN (Systèmes Numériques), DUT GEII (Génie électrique et informatique industrielle) ou Mesures physiques ;

Bac+3 : License pro SEICOM (systèmes électroniques et informatiques communicants) ou EEEA (Electronique, énergie électrique, automatique) ;

Bac+5 : Diplôme d'ingénieur ou quelques masters universitaires spécifiques ;

Pour les niveaux III à V, il existe aussi des titres professionnels relevant du ministère du travail délivrés par les organismes de formation habilités comme l'AFPA, les CRP (Centre de Réadaptation Professionnel).

45 : Cartographie des formations menant à l'emploi dans l'industrie électronique



Source : CARIOREF-ORCI, Roland Berger

5.3 L'INDUSTRIE ÉLECTRONIQUE SUBIT UN DÉFICIT DE VISIBILITÉ ET PEINE À ATTIRER UNE MAIN D'ŒUVRE ADAPTÉE À SES BESOINS, NOTAMMENT AU NIVEAU TECHNICIEN

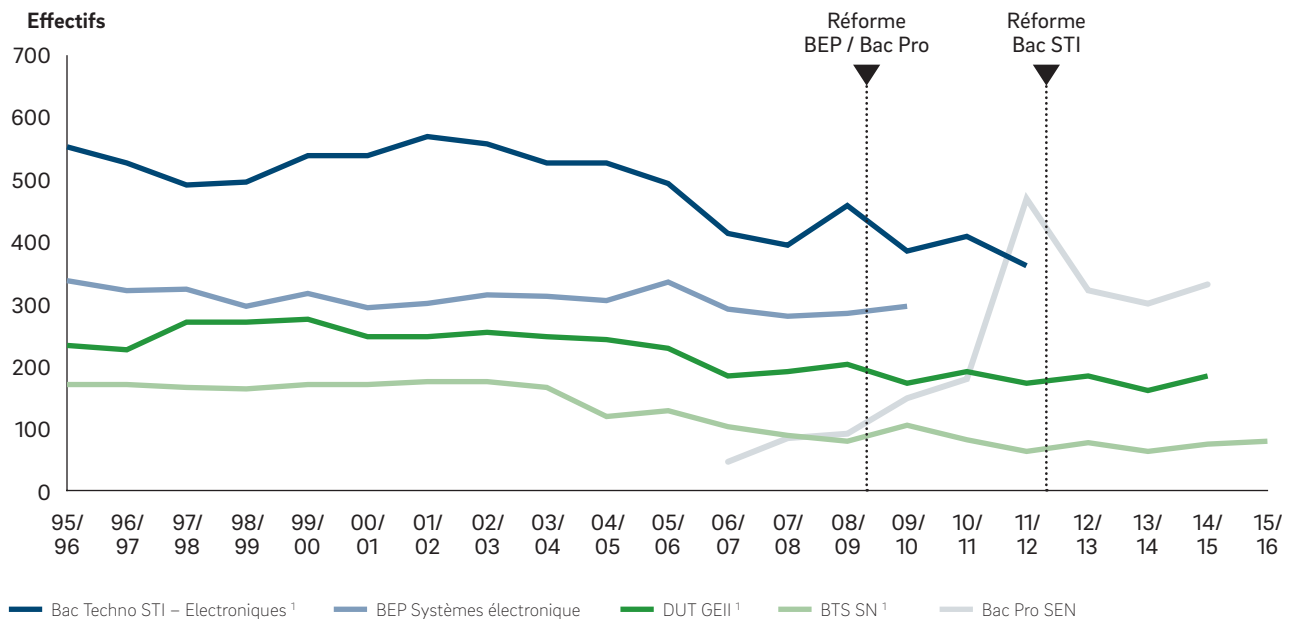
L'industrie électronique souffre d'un déficit de visibilité et d'attractivité auprès des étudiants pré- et post-baccalauréat touchant tous les niveaux d'organisation. Ce déficit d'attractivité chronique est notamment dû au manque de visibilité de l'industrie en général. Qui connaît l'industrie électronique en France ? Ce déficit d'attractivité entraîne un déficit de ressources sur les métiers existants, notamment dans les milieux ruraux.

Ainsi, malgré plusieurs typologies de formations correspondant à des demandes de profils différents se cachent la réalité d'une diminution forte des effectifs formés depuis 20 ans. Les délocalisations des productions du secteur des télécommunications, et des équipements informatiques ont directement entraîné l'appauvrissement des filières de formation qui n'ont pas été maintenues par crainte d'absence de débouchés ! La filière subit aujourd'hui directement ces décisions et notamment la conduite de deux réformes majeures :

- La suppression des BEP / Bac pro qui a tari les formations de premiers niveaux qui permettaient aux industriels d'intégrer des opérateurs qualifiés
- La réforme du Bac STI – Electronique remplacé par le Bac pro SEN.

46 : L'ensemble des effectifs issus des filières de formation initiale a fortement décliné depuis 20 ans

Evolution des effectifs (scolaires et apprentis) en dernière année de formation par diplôme dans les Pays de la Loire



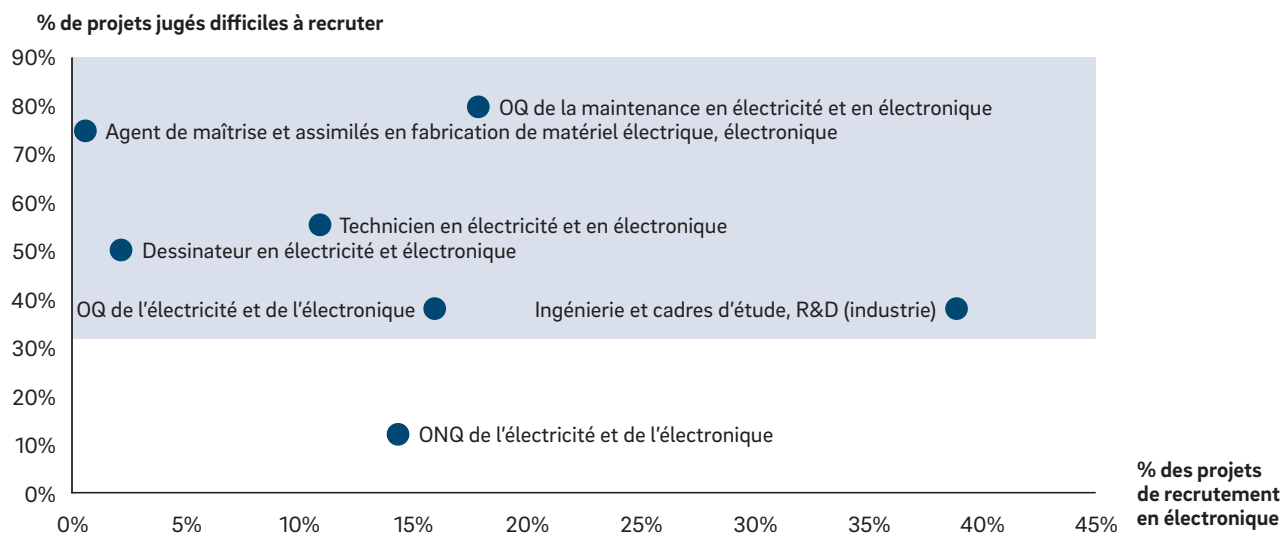
¹ Et diplômes antérieurs correspondants

Source : ORCI, d'après CEREQ (Base Reflet), Roland Berger

L'ensemble des effectifs issus des filières de formation a ainsi fortement décru depuis 20 ans, pour atteindre en 2015 en Pays de la Loire environ 40% des effectifs formés en 1995. **46** Au-delà de la disparition de certaines filières de formations dédiées à l'électronique se cache une autre réalité, celle d'un décrochage entre les attentes des industriels et les compétences des étudiants. En effet, l'apprentissage des techniques numériques prend une place de plus en plus importante dans les formations ce qui permet de préparer aux mieux les futurs employés à la transformation numérique de l'industrie, mais laisse une portion congrue au socle de base de connaissances généralistes de la filière, un élément essentiel pour la bonne intégration des étudiants dans le monde du travail. Pour autant les besoins sont là au sein de cette filière électronique.

La raréfaction des profils formés associée à un nombre d'emplois qui se stabilise entraîne des tensions sur le marché de l'emploi, notamment au niveau des techniciens en électronique (ligne de production notamment) et des opérateurs / techniciens de maintenance. **47** Cette tension est d'autant plus forte au niveau local où une déconnexion peut s'opérer entre les besoins en recrutement et les profils disponibles, comme illustré sur le graphique ci-dessous. Les besoins en opérateurs non qualifiés, opérateurs de manutention et opérateurs pilote de ligne paraissent quant à eux moins difficiles à trouver.

47 : Le marché de l'emploi dans la filière est particulièrement tendu, notamment au niveau technicien



Source : Pôle emploi, Carioref-Orci, Roland Berger

5. Attirer les talents, une problématique critique pour l'industrie électronique

Cette tension sur les marchés de l'emploi atteint son paroxysme pour les métiers de techniciens en électronique, faisant ressortir un véritable sentiment d'urgence pour la formation des techniciens pour la filière. L'expertise des techniciens dans les usines de production est une condition forte à la compétitivité de la filière de production française vis-à-vis des autres filières européennes, elle est même différenciante vis-à-vis des productions à bas coûts d'Asie ou d'Afrique du Nord.

Ces savoirs et ces expertises constituent le capital humain et industriel des entreprises, il repose désormais uniquement sur les employés les plus expérimentés. L'urgence se situe aux niveaux de formation I à III, des opérateurs aux techniciens. Sans une réaction forte des institutions et des industriels, la filière est à risque, car il y aura une perte des savoirs et de l'expertise des industriels français et donc une perte majeure d'avantage compétitif et différenciant, ce qui fragilisera l'ensemble de l'industrie française tant l'électronique est devenue incontournable dans tous les secteurs. Ces constats sont renforcés par :

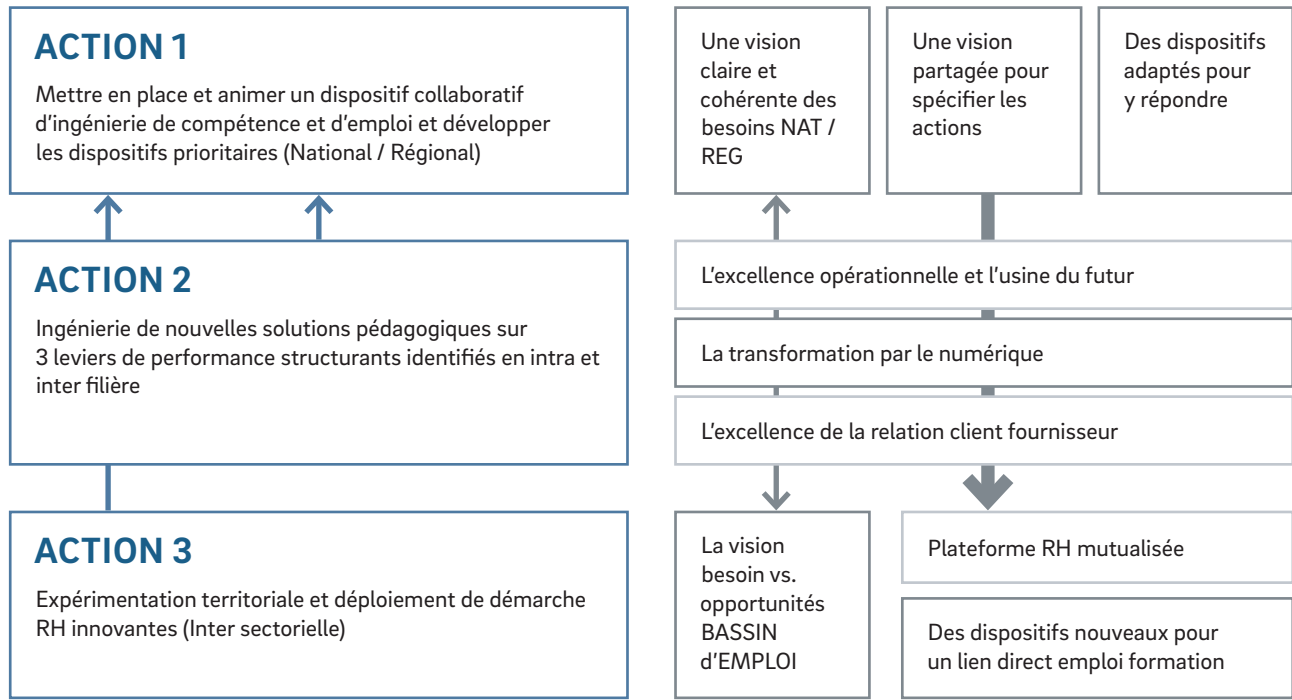
Pyramide des âges vieillissante : l'âge moyen des employés dans les usines électroniques françaises est en augmentation depuis de nombreuses années et des départs en retraite massifs sont à prévoir sur le grade technicien dans les 3-5-8 ans à venir, laissant donc présager un fort besoin de recrutement sur ces profils, sans que les transferts de compétences n'aient pu se mettre en place ;

Appauvrissement du vivier techniciens par excellence : si le nombre d'étudiants issus des formations privilégiées pour atteindre le poste de technicien est relativement stable ou en faible recul depuis le milieu des années 90, le nombre d'étudiants qui à l'issue des DUT / BTS spécialisés rejoignent le marché du travail est quant à lui en forte baisse. En effet, un nombre toujours plus important d'étudiants poursuivent leur formation au-delà de leur premier diplôme, vers une

formation d'ingénieur. Par exemple, sur l'IUT de Montpellier, près de deux tiers des étudiants formés poursuivent leurs études sur des parcours de type grande école, école d'ingénieurs post-BAC ou Licence après leur DUT GEII, lorsque dans les années 90 l'accès aux écoles d'ingénieurs était très limité. Nous pouvons nous féliciter de la réussite de ces étudiants, mais il engendre un nombre de techniciens formés en forte baisse et les postes à pourvoir se situent majoritairement à ce niveau de qualification. Pour pallier cette carence, les industriels tablent sur la promotion en interne des équipes, mais également sur le recrutement de techniciens non-spécialistes et donc non prêts à l'emploi qui seront ensuite formés en entreprise. Celles-ci prennent ainsi à leur charge l'intégralité de ces formations initiales ainsi supprimées. Par défaut, les industriels intègrent également de jeunes ingénieurs sur ce type de poste, toutefois embauchés en dessous de leur qualification ces jeunes ne s'inscrivent pas dans la durée.

Nous avons pu rappeler que l'électronique concerne désormais toutes les filières industrielles en France. Dès lors les sous-traitants électroniques intègrent les exigences et les contraintes de l'ensemble de ces filières ? Ainsi les spécificités et les exigences de l'avionique ne sont pas les mêmes que celles du secteur industriel qui n'a pas les mêmes spécificités que le secteur médical, etc... La conséquence est directe sur la structure des métiers qui compose ces sous-traitants électroniques. Dans les années 90, le ratio pouvait être de dix opérateurs pour deux à trois techniciens et un ingénieur, désormais ce ratio s'équilibre très significativement entre les opérateurs et les techniciens, et il est fréquemment observé pour des structures de taille significative (effectifs >200 salariés) que pour dix opérateurs le besoin est désormais de l'ordre de cinq / six techniciens et deux ingénieurs. Le contenu des productions, plus techniques avec des séries de production de plus en plus petites, contribue donc à la mise sous tension de la filière de production sur ces profils de techniciens.

48 : Un ensemble cohérent et complémentaire d'actions



Source : PFA, Roland Berger

Les acteurs de la filière partagent largement cette situation de carence, pour autant la filière électronique n'est pas mobilisée et n'est pas unie pour répondre à cet enjeu majeur d'accès aux compétences. La voix de la filière est ainsi multiple, voire même atomisée. Les équilibres locaux et l'accès aux compétences en zones rurales paraissent ainsi d'autant plus compliqués à rencontrer. Cependant, une mobilisation de la filière est possible. En effet, d'autres secteurs industriels se sont mis en ordre de marche pour répondre à leurs besoins en ressources humaines. Par exemple, l'industrie automobile a déployé le programme ACE (Attractivité, Compétences et Emplois) pour sa filière et ses filières partenaires dans le cadre du dispositif « Partenariats pour la formation professionnelle et l'emploi » du programme d'investissement d'avenir. Le projet ACE de la PFA (Plateforme Française de l'Automobile) répond à un diagnostic qui demande un traitement de rupture pour

accélérer la convergence entre la formation et le besoin des industriels. **48** Les solutions mises en place sont un levier fort d'accompagnement des dispositifs pour l'employabilité des salariés et l'émergence de solutions pédagogiques via des Campus Filière Automobile et Mobilités en région. Trois actions majeures ont été identifiées pour répondre aux problématiques de mutation de l'industrie et de vivier RH :

- Mettre en place et animer un dispositif collaboratif d'ingénierie de compétences et d'emploi, mais aussi développer les dispositifs prioritaires (National / Régional)
- Développer de nouvelles solutions pédagogiques sur trois leviers de performance structurants identifiés en intra et inter filière
- Expérimenter au niveau des bassins d'emplois et déployer des démarches RH innovantes (Inter sectorielles)

5. Attirer les talents, une problématique critique pour l'industrie électronique

49 : Evolution des compétences par fonction et nouveaux métiers

OPÉRATEURS MOD

Fonctions	Evolution des compétences
Front-end Back-end	<p>Changement culturel et social et développement des couples opérateurs + cobots</p> <p>« Opérateur augmenté » i.e. diminution des tâches à faible valeur ajoutée et évolution du rôle de l'opérateur vers plus d'autonomie grâce à des systèmes d'accompagnement et d'aide à la décision :</p> <ul style="list-style-type: none"> Tâches à plus forte valeur ajoutée : utilisation et programmation cobot, premiers niveaux de maintenance, pilotage de ligne, gestion des dossiers de production Plus grand périmètre de délégation : prise de décision / réaction, modification ordonnancement en temps réel Besoin de plus de polyvalence des opérateurs Travail collaboratif sous mode projet

TECHNICIENS ET INGÉNIEURS (MOI)

Fonctions	Evolution des compétences
Management	<p>Organisation plus horizontale</p> <p>Fonctionnement en équipe projets</p>
R&D	<p>Augmentation des besoins de spécialité technologique</p> <p>Besoin de plus de capacité de modélisation</p>
Appro / Plannif / Ordo	<p>Gestion du non-récurrent</p> <p>Configuration en temps réel de l'atelier</p>
Achat / SC (logistique externe)	<p>Professionnalisation du métier de SC</p> <p>Numérisation des échanges</p> <p>Gestion client plus prégnante</p>
Logistique interne	<p>Gestion du non-récurrent</p>
Méthodes	<p>Support à la digitalisation « digital manufacturing »</p> <p>Amélioration continue</p> <p>Coordination des équipes design et production (DfM, DfT)</p>
Maintenance	<p>Support à la digitalisation (machine et software)</p> <p>Analyse des données de capteurs et anticipation risque panne</p>
Qualité	<p>Amélioration continue</p> <p>Demande de polyvalence</p>

NOUVEAUX MÉTIERS ?

Métiers liés aux nouvelles technologies : Data scientists (maintenance prédictive), Designer IHM, Modélisation, cybersécurité, Gestion digitale de l'usine, Resp. Usine du Futur et équipe Industrie du futur

Métiers liés à l'accompagnement du changement : Évangélisation Industrie du futur

Source : entretiens experts, Roland Berger

La PFA a mis en place un plan d'actions à 5 ans sur les trois macro-actions identifiées pour répondre à la problématique globale de mutation de l'industrie automobile.

Enfin, dans un contexte d'évolution des outils de production, d'automatisation et de digitalisation des processus de fabrication liée à l'Industrie Electronique du futur, les compétences requises et la nature de certains métiers existants sont bouleversées. Le constat est unanime et touche à la fois les emplois directs de production (MOD) et les emplois indirects support à la production (MOI). 49

Compte tenu de ces évolutions structurantes, il est primordial pour chacun des acteurs de l'industrie d'assurer l'accompagnement des employés présents dans l'entreprise à l'aide de modules de formation continue 50, mais également de développer des modules d'accompagnement au changement pour faire tomber les freins au développement de l'Industrie Electronique du futur liés notamment aux peurs de l'impact social potentiel.

50 : Cartographie des principaux besoins de formation continue par fonction

OPÉRATEURS MOD

Fonctions	Evolution des compétences
Front-end Back-end	Compréhension et interprétation de la donnée numérique (accompagnement vers le digital) Travail en groupe collaboratif Evangélisation sur l'Industrie du futur et son impact social Nouveaux moyens de production

TECHNICIENS ET INGÉNIEURS (MOI)

Fonctions	Evolution des compétences
Management	Travail en groupe et management horizontal
R&D	DfX
Appro / Plannif / Ordo	Analyse de données Prise de décision sur information scénarisée
Achat / SC (logistique externe)	Cycle de vie produit PLM Communication client
Logistique interne	
Méthodes	Utilisation de logiciel numérique de modélisation de l'atelier Gestion et analyse de données Lean
Maintenance	Travail en réseau
Qualité	

Source : entretiens experts, Roland Berger

5.4 UNE STRUCTURE EN RÉSEAU MULTIRÉGIONALE POUR UNIR LA FILIÈRE SUR LES PROBLÉMATIQUES D'ACCÈS AUX COMPÉTENCES

Pour unir et mobiliser la filière sur les thématiques d'accès aux compétences, il semble donc urgent de mettre en place une structure et une «task force» dédiée. Cette structure pourrait donc développer des démarches collectives suivant cinq axes :

1. Mener une GPEC (Gestion Prévisionnelle des emplois et Compétences) i.e. un état des besoins métiers dans la durée et dans une logique d'anticipation des compétences

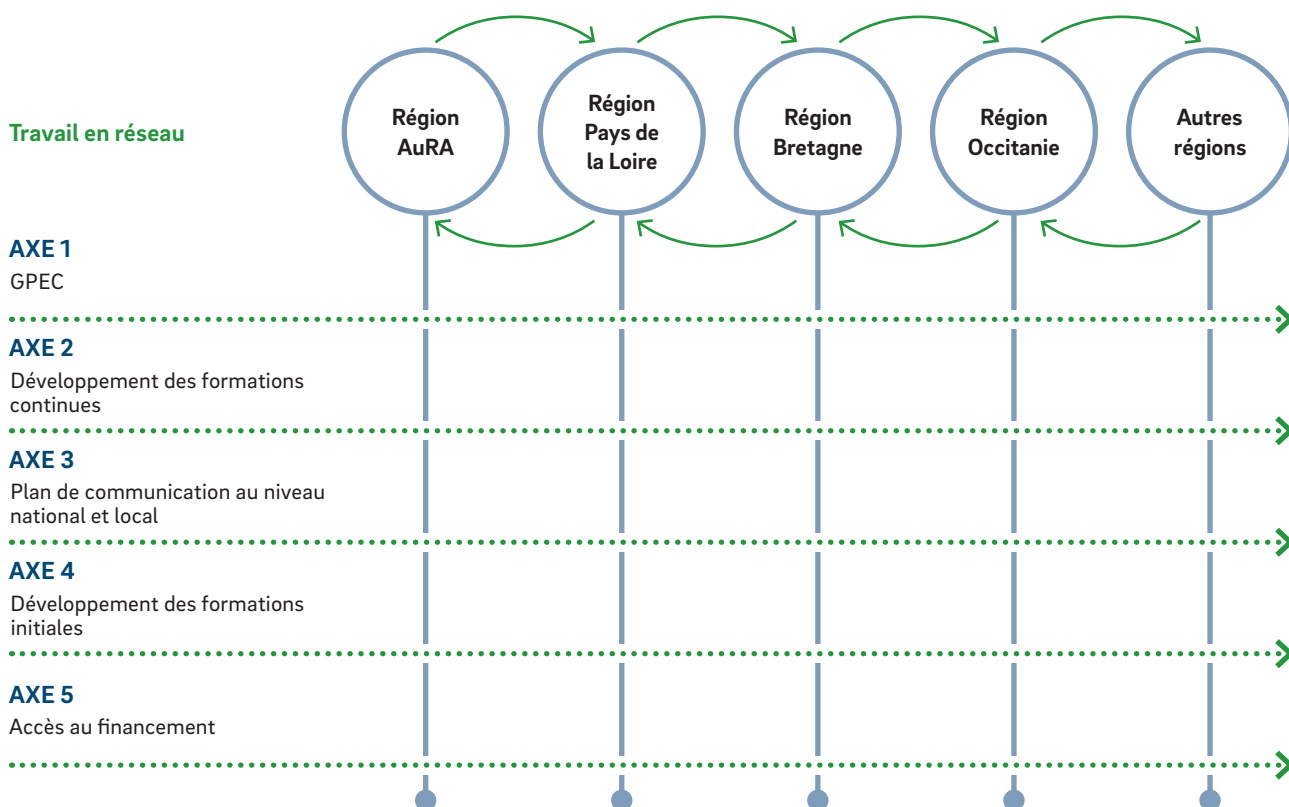
2. Formation Continue, adresser les enjeux de l'Industrie Electronique du Futur, unifier et coordonner les actions de formations inter-entreprises et capitaliser sur les meilleures pratiques des industriels ;

3. Communication, valoriser et rendre attractive l'industrie électronique dans son ensemble et la production électronique en particulier ;

4. Formation Initiale, baliser et renforcer les filières de formation de la filière de production électronique ;

5. Financement : adresser les problématiques de financement des formations aujourd'hui supportées par les industriels au détriment de leur compétitivité.

51 : Structure de coordination « Accès aux compétences »



Source : entretiens experts, Roland Berger

Pour coordonner les actions, la maille régionale semble la plus pertinente, car plus proche des bassins d'emplois et des besoins des entreprises locales [51](#). Par ailleurs, l'accès au financement se fait également au niveau régional et est la condition sine qua non de déploiement d'actions communes filière.

Axe 1

La GPEC serait le travail préliminaire nécessaire et servirait de donnée d'entrée pour les axes formations continues et initiales.

Axe 2

La formation continue, tout au long de la vie, est un levier additionnel déjà mis en place pour accompagner les employés dans l'entreprise afin de répondre aux besoins d'évolution des compétences et d'adaptation aux nouvelles technologies notamment, mais aussi pour pallier au déficit de recrutement sur certains profils pour lesquels le marché de l'emploi est particulièrement tendu. Plusieurs initiatives communes pourraient également être développées :

- Mutualiser les formations interentreprises : la mise à disposition de l'ensemble des formations au niveau du CNFM est intéressante, mais nécessite d'être élargie et ouverte aux formations à l'initiative des entreprises. Ce guichet unique permettrait ainsi d'améliorer les taux de remplissage et de contractualiser les gains de synergie acquis en créant un flux d'informations des sessions et des dates réalisées ainsi que des modalités particulières d'inscription complémentaires. L'Afpa et les organismes de formation délivrant des titres professionnels, au travers de ces formations électronique peut aussi en collaboration avec les entreprises, Pôle emploi et les OPCA, contribuer à ces initiatives de mutualisation d'actions et accueillir des groupes multi entreprises ou des formations de nouveaux entrants potentiels dans la branche professionnelle comme les demandeurs d'emploi en reconversion ;
- Développer des outils d'autoformation et des méthodes d'apprentissage à distance de type

e-learning en français : l'absence de formations de *e-learning* spécifiques pour les métiers de l'électronique est un manque. La mise en place de tels programmes semble être un axe de développement intéressant et un palliatif au vu de la rareté des programmes de formation continue. Il est possible d'imaginer le développement de programmes de type *mix-learning* alliant formations théoriques en ligne (conditionnel open source régional ou inter-régions) et cas pratiques en entreprise ;

- Mettre en place un passeport de formations et de l'expérience pour reconnaître les formations réalisées au cours de la vie et les valoriser au même titre qu'un diplôme. L'Afpa et les organismes de formation délivrant des titres professionnels permettent la certification des compétences acquises par le biais des VAE (valorisation des acquis de l'expérience).

Axe 3

Plan de communication au niveau national et au niveau local : à court terme, il semble urgent de palier au déficit de visibilité de la filière. Si de nombreuses actions peuvent être imaginées, il semble essentiel de mener des campagnes de sensibilisation au niveau local ou régional au plus proche des bassins d'emplois requérant de forts besoins d'emplois. [52](#)

Les messages de ces campagnes de sensibilisation doivent être centrés sur :

- La transversalité de l'industrie électronique en utilisant le produit final comme facteur d'attractivité ;
- La promotion de l'électronique associée à celle de l'industrie en général ;
- La valorisation des métiers de technicien, notamment.

Trois actions prioritaires pourraient ainsi être priorisées :

- Campagne vidéo nationale : Un des principaux facteurs explicatifs du manque de visibilité provient de la transparence pour le grand public de l'électronique

5. Attirer les talents, une problématique critique pour l'industrie électronique

52 : Panel d'actions de communication (Non-exhaustif)

INITIATIVES	IMPACT DE LA DÉMARCHE	
	Régional	National
Campagne vidéo nationale	●	●
Synchronisation de la journée de la science et des journées portes ouvertes en entreprise	●	
Cas d'usages pour l'éducation nationale		●
Sensibilisation sur les métiers professionnels et le monde de l'usine	●	
Regroupement des offres d'apprentissage et journée recrutement	●	
Campagnes de jeux ludiques (serious game, escape game)	●	
Campagne de sensibilisation des lycéens (e.g. webinar, parcours professionnels, retour d'expérience)	●	

■ Actions prioritaires

dans les objets du quotidien utilisés. Ainsi, une campagne vidéo nationale de vulgarisation sur la diffusion et l'omniprésence de l'électronique semble prendre tout son sens. De nombreuses campagnes publicitaires peuvent être érigées au titre d'exemple comme les campagnes d'Intel, Intel inside, mettant en avant la présence des puces Intel à l'intérieur de produits du quotidien (e.g. ordinateurs, etc.) ;

- Synchronisation des journées portes ouvertes JPO avec événements nationaux ou locaux pour bénéficier de l'effet de levier de communication dudit événement ayant un impact au niveau local, permettant ainsi de rapprocher structures d'enseignement et entreprises de production. Plusieurs options potentielles peuvent être imaginées entre la journée de la science ou les JPO des IUT, des filières électroniques de l'université et des écoles d'ingénieurs ;
- Cas d'usage Education Nationale : à l'image de Michelin proposant un cas pratique pour les programmes de 3^{ème} en géographie sur le thème de la mondialisation, la filière électronique pourrait pro-

poser un cas d'usage lié aux programmes d'enseignement pour des populations d'étudiants pré-Bac en phase d'orientation.

Axe 4

Formations initiales : plusieurs actions pourraient être mises en œuvre pour répondre aux problématiques de baisses des effectifs formés, de baisse de socle de connaissances minimum et de tensions sur certains métiers spécifiques :

- Flécher la taxe d'apprentissage : La taxe d'apprentissage est le seul impôt dont l'entreprise a la libre affectation, c'est-à-dire que l'entreprise peut choisir les établissements bénéficiaires de ce financement, voire les programmes eux-mêmes. En s'organisant pour devenir financeurs privilégiés, il est ainsi possible d'aider les CFA (Centre de Formation d'Apprentis) à développer des formations adaptées à l'électronique ;
- Développer les interfaces entre formations et entreprises en amenant « l'entreprise dans l'école et

l'école dans l'entreprise». Cela ne sera possible qu'en ouvrant un dialogue constructif avec les institutionnels centré sur le développement de formations au plus proche des emplois. Le développement de cas en entreprises, de mécénat de compétences, de modules de formations en mix-learning (modules de formation e-learning accompagnés de cas pratiques en entreprises) au plus proche des besoins des entreprises sont des exemples de pistes de collaboration ;

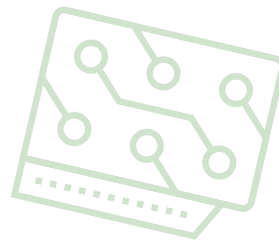
- Contribuer davantage à la définition des contenus de formation pour assurer la prise en compte des attentes « terrains » en entreprise i.e. promouvoir sous une autre forme le rapprochement formations et entreprises ;
- Promouvoir la double compétence et la multi-spécialisation : électronique / mécanique / production, etc. pour attirer dans la filière des étudiants issus de formations connexes, potentiellement sur des métiers non-spécifiques à l'électronique ;
- Valoriser l'apprentissage comme filière de formation à part entière et pas simplement comme filière de formation « par défaut ».

Axe 5

Financement :

- Développer un programme de soutien étatique aux entreprises qui mettent en place des modules de formation continue, par exemple par des accès privilégiés à des financements à l'unique condition que les ressources e-learning soient mises à disposition en auto formation. La branche professionnelle peut aussi obtenir des financements auprès du FPSP pour la mise en place de POEC (Préparation Opérationnelle à l'Emploi Collective) cofinancé par les OCPA, Pôle Emploi et souvent les régions ;
- Accentuer le soutien financier par les institutionnels aux instituts d'enseignement spécialisés en électronique (IUT, écoles d'ingénieurs) pour mieux répondre aux besoins exprimés par le marché de l'emploi ;
- Utiliser un réseau de plateformes académiques, comme démonstrateurs pour les formations ini-

tiales et formations continues, à l'image du CNFM et de ces salles blanches dotées de moyens de micro et nanotechnologies pour la fabrication de composants, circuits et systèmes intégrés et utilisées pour la formation et la recherche.



6

**Comment aider à l'émergence
du Smart World ?**

Synthèse

L'électronique devient le socle industriel sur lequel repose le développement des nouveaux usages digitaux, en constituant la partie matérielle « Hard » de ce nouveau monde connecté. Pour accompagner l'émergence du *Smart World*, il faudra créer un environnement favorable aux collaborations entre acteurs traditionnels des industries d'application et des usages et start-ups de l'I-IoT. Pour faire émerger les leaders mondiaux de l'I-IoT, il faudra faire évoluer les modèles relationnels entre ces deux types d'acteurs au-delà de la relation client-fournisseur, pour la mise en place de véritables partenariats. Par ailleurs, acteurs traditionnels et start-ups font ressortir un besoin d'accompagnement dans le processus d'innovation, de même qu'un besoin d'aiguillage et de mise en cohérence des écosystèmes protéiformes existants. La mise en place d'une plateforme de mise en relation entre PME / ETI des industries d'applications et start-up de l'IoT semble quant à elle être un outil prometteur pour pallier à la difficulté de « sourcing » des PME / ETI et de visibilité des deux typologies d'acteurs.

Alors que le développement de l'Internet des Objets n'en est qu'à ses prémices, son explosion certaine devrait bouleverser l'ensemble des secteurs de l'économie. L'électronique devient alors le socle industriel sur lequel repose le développement de tous ces nouveaux usages digitaux, en constituant la partie matérielle « Hard » de ce nouveau monde connecté. L'électronique permet de digitaliser un mode physique, qui numérisé et connecté à des services dans le *cloud*, constitue le *Smart World*.

L'IoT est donc censé ouvrir de nouveaux débouchés aux marchés de l'industrie électronique mondiale et

notamment français. Par ailleurs, on estime qu'une part essentielle du développement de l'IoT sera portée par des sociétés innovantes nouvellement créées, de type start-ups. L'effervescence de l'écosystème de start-ups françaises et le dynamisme de la French Tech, y compris dans l'IoT, laissent présager que les sous-traitants électroniques français auront un véritable rôle de facilitateur dans l'émergence du *Smart World* et sa concrétisation. L'autre pan du développement de l'IoT proviendra quant à lui d'innovations de sociétés, dites traditionnelles revisitant leur business cœur pour développer de nouvelles applications.

L'industrie électronique française est aujourd'hui centrée sur les marchés professionnels, de niche, à faibles volumes. Avec l'Industrie Electronique du Futur, les acteurs français et européens deviennent légitimes pour adresser des marchés de volume, notamment ceux de l'I-IoT. Ici, la France et l'Europe ont une opportunité unique de prendre le leadership sur ce segment, de par leur proximité avec les acteurs traditionnels des marchés applicatifs.

La concrétisation de ces nouveaux débouchés de marché pour l'industrie électronique aura lieu à la condition notamment que :

- Les donneurs d'ordre traditionnels dans les secteurs d'application de l'IoT ouvrent leurs organisations pour innover et s'adaptent à de nouvelles approches de collaboration
- Les start-ups trouvent des cas d'application concrets pour faire mûrir leur projet, puis des relais de croissance dans leur phase de développement scale-up
- Les modes de financement et d'investissement tiennent compte de la spécificité du marché de l'IoT B2B et de ses acteurs pour affiner leurs modèles d'investissement et d'évaluation du risque

La question se pose alors de savoir comment créer un environnement favorable aux collaborations entre acteurs traditionnels des industries d'applications et start-ups de l'IoT.

6.1 FAIRE ÉVOLUER LES MODES DE RELATIONS ENTRE ACTEURS TRADITIONNELS DES INDUSTRIES D'APPLICATION ET START-UPS DE L'IOT POUR FAVORISER L'INNOVATION « À LA FRANÇAISE »

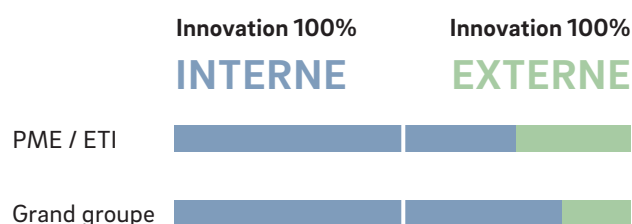
L'intérêt des grands groupes ou acteurs traditionnels des industries et services d'application pour des jeunes pousses ou entreprises innovantes dites start-ups n'est pas nouveau. Ainsi, lorsqu'en 1914, Pierre du Pont parraine une jeune entreprise du nom de General Motors en acquérant une participation à son capital, il crée une pratique connue sous le nom de Corporate Capital Venture ou CVC. Cette pratique s'est démocratisée progressivement et est devenue monnaie courante pour les grandes entreprises actuelles, puisque le CVC représente 17% des levées de fonds effectuées par des start-ups dans le monde en 2016 selon une étude de cabinet d'audit KPMG.

Alors que les premières motivations des acteurs investissant dans le CVC furent de diversifier leur activité, les objectifs des grands groupes investissant dans le CVC ont rapidement évolué vers la volonté de ne pas manquer le coche des ruptures technologiques à venir. C'est encore le cas pour de nombreuses initiatives de CVC et d'acteurs établis qui craignent de voir leur business traditionnel se faire «uberiser».

Parallèlement au développement d'initiatives CVC, de nouveaux modèles de collaboration voient le jour comme l'*Open Innovation* ou innovation ouverte et collaborative. Si le concept date des années 60, sa démocratisation n'a réellement vu le jour que depuis le début des années 2000 et sa popularité atteint son apogée à nos jours avec 47% des CEO interrogés par KPMG en 2017, érigeant l'*Open Innovation* comme priorité stratégique. Ainsi, de nouveaux modèles relationnels entre les différentes parties prenantes doivent permettre de faire aboutir à une logique d'écosystème plus efficace.

De nos jours, la montée en puissance et la relative généralisation de ces nouveaux modes de collaboration et de la volonté des acteurs établis de rechercher l'innovation hors de leur organisation semble parfois motivée par la peur de la disruption de marché par de nouveaux acteurs innovants, mais également par la difficulté des entreprises traditionnelles à faire émerger des projets novateurs de leurs organisations. En effet, même si les dynamiques et les caractéristiques de ces organisations sont différentes, le constat est identique : il est difficile de faire émerger des projets innovants en interne. L'innovation pour les PME / ETI est souvent motivée par une demande provenant du marché, voire directement de clients. Si la structure est agile pour essayer de déployer des projets innovants, elle dispose de relativement peu de moyens humains et financiers pour mener à bien ce type de projets. Dans les grands groupes, si la problématique ne se situe pas dans les moyens matériels, elle se concentre sur la bande passante managériale disponible et sur l'importance relative vs. l'ensemble des projets menés par le groupe et la difficulté de faire émerger un projet innovant. *In fine*, l'innovation externe et donc la collaboration avec des structures novatrices, dont les start-ups est un enjeu prioritaire pour l'ensemble des entreprises traditionnelles. [53](#)

53 : Source d'innovation des sociétés traditionnelles établies (Estimation)



Source : entretiens, Roland Berger

A l'inverse, la vision d'une start-up absorbée par un grand groupe est une vision très traditionnelle et « franco-française » du développement de l'esprit entrepreneurial. Si la dilution dans une grande structure est un obstacle à éviter et si le rachat ne doit pas être une fin en soi, il ne faut pas négliger les bienfaits pour une start-up d'un rapprochement stratégique avec une entreprise traditionnelle. Différentes modalités de collaboration entre ces acteurs existent au-delà du rachat ou de la prise de participation majoritaire. Les enjeux majeurs pour une start-up de s'adosser à une structure établie sont multiples, de la vision pragmatique de la recherche de financement en passant par l'affinement de projet en développement en se rapprochant du marché, jusqu'au support à la commercialisation.

Par ailleurs, le rapprochement entre ces deux types d'acteurs se heurte à une forte différence culturelle et à une défiance mutuelle latente. Si la start-up peut être perçue comme un potentiel disrupteur de marché,

véhiculant le risque d'« ubérisation » d'acteurs établis, celles-ci peuvent également percevoir les acteurs traditionnels et notamment les grands groupes comme nuisibles à leur développement. Des questions de dilution et de partage de valeur ajoutée émergent nécessairement lorsque les start-ups réfléchissent à la mise en place de partenariats stratégiques ou de co-développement avec des entreprises traditionnelles. Si ces visions ne sont pas universelles chez chacun des acteurs, elles sont révélatrices d'une appréhension, d'une méconnaissance mutuelle et d'une certaine « peur de l'autre ».

54

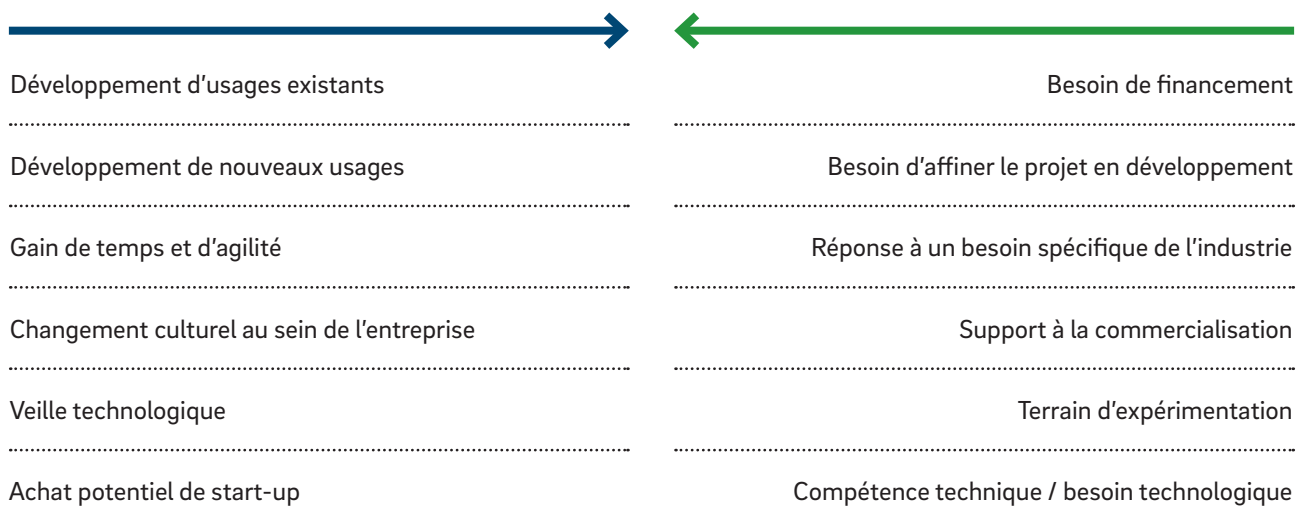
Le développement d'applications IoT revêt de nombreuses spécificités qui complexifie la mise en place d'une collaboration entre un grand groupe et une start-up telles que :

- Changement de business model vers une proposition de valeur centrée sur les services adossés au produit hardware et asymétrie de maturité sur les sujets

54 : Pourquoi adapter les modèles de collaboration traditionnels pour du co-développement en IoT ?

INDUSTRIES D'APPLICATION

START-UPS



Source : Roland Berger

6. Comment aider à l'émergence du Smart World ?

- IoT entre entreprises traditionnelles des secteurs d'application et start-ups ;
- Besoin de financements importants pour financer des besoins de fonds de roulement de développement et de production plus importants que dans le monde du software, menant à une difficulté de *scale-up* supplémentaire ;
 - Enjeux de protection intellectuelle spécifiques aux projets IoT entre le design du produit hardware lui-même, le software environnant et les données collectées et exploitées ;
 - Partage de la valeur ajoutée, notamment exploitation et partage de la donnée récoltée, et contractualisation ;
 - Cycles d'itérations courts plus proches des standards de développements de types software que du type de produits classiques développés par l'industrie électronique entraînant une nécessité de faire évoluer les modes de collaboration et la gestion de projet et la gestion des sous-traitants en électronique notamment ;
 - Des risques juridiques, techniques, normatifs, cybersécurité, psycho-sociaux liés au développement de nouveaux usages et au développement de l'exploitation des données personnelles collectées.

Changement de business model et asymétrie de maturité sur les sujets IoT

La valeur créée par une offre d'objet connecté doit, avant tout, être pensée à travers un système de modélisation, et notamment par le service proposé, comme le formalise Cap'tronic dans son guide « Prendre le virage des objets connectés ». Le développement de produit IoT correspond donc souvent à un changement culturel fort pour un acteur traditionnel. La valeur évolue du hardware vers le service associé, ce qui correspond non seulement à un changement de business model, mais également à un changement de posture / point de vue pour les acteurs. De sorte qu'un déséquilibre important se crée entre les acteurs traditionnels proches du produit et les start-ups / entrepreneurs centrés sur le

service. Ce déséquilibre de maturité sur les problématiques IoT et la méconnaissance mutuelle structurelle des acteurs entraînent un besoin fort exprimé par les acteurs traditionnels d'évaluation des risques lors de la mise en place de partenariats avec une / des start-ups.

Plusieurs leviers et axes d'amélioration peuvent être déployés par l'écosystème et la filière de sous-traitance électronique en tant que partenaire tiers, pour tenter de répondre à ces problématiques :

Mise en place d'une check-list de développement de projet IoT : l'aversion naturelle au risque des entreprises traditionnelles pousse à première vue à la mise en place de modèle d'évaluation de risques et potentiellement à une notation / labellisation des start-ups, potentielles partenaires. Si l'idée de la mise en place d'une agence de notation type Moody's pour les start-ups n'est pas nouvelle, sa mise en œuvre ne semble pas souhaitable, et ce sans même considérer les problématiques opérationnelles de déploiement d'un tel dispositif. Le risque est d'ajouter une nouvelle étape administrative non créatrice de valeur qui freinerait le développement des start-ups. Autre risque lié à la mise en place d'une telle notation réside dans son attrait pour les start-ups et le fait qu'elle pourrait alors représenter un « graal » pour celles-ci qui se détourneraient de leur objectif initial de croissance pour se concentrer sur l'optimisation de leur note dans l'objectif de rassurer clients et investisseurs. Il ne faudrait pas non plus qu'un tel label dédouane les entreprises des secteurs d'application de réaliser leur propre analyse de risque. De sorte que le besoin d'accompagnement et de pédagogie ainsi exprimé par les acteurs traditionnels ne peut prendre la forme d'un label, mais plus d'une check-list de développement et de gestion de projet IoT. Celle-ci intégrerait différentes notions, entre autres :

Analyse des risques : recherches d'antériorité sur le type de projet développé, analyse sur le bien-fondé de la mise en place d'un partenariat avec une start-up

pour développer ledit projet et recherche sur les capacités de la start-up repérée pour le mener

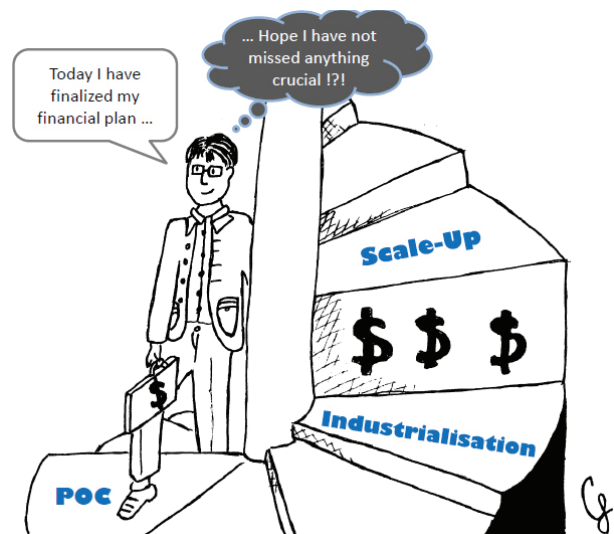
Gestion de projet : jalons nécessaires et indispensables pour conduire à bien le projet IoT et éviter ainsi les écueils classiques. Un exemple d'un tel outil a été développé par Cap'tronic dans son guide «Quelle méthodologie pour réussir votre projet électronique ?» détaillant cinq étapes clés :

- Prendre le temps nécessaire pour exprimer le besoin de manière fine et rédiger un cahier des charges fonctionnel du produit et du service à concevoir prenant en compte le contexte stratégique du produit, du porteur de projet et de l'environnement à contrôler / piloter
- Etudier la faisabilité technico-économique du projet pour assurer son succès en trois étapes : 1. réaliser un état de l'art ; 2. rechercher des solutions pouvant répondre à son besoin ; et 3. valider la faisabilité par la simulation, le maquettage, la réalisation d'un démonstrateur et/ou en consultant un bureau d'études
- Préparer une consultation solide des bureaux d'études extérieurs si nécessaire ou choisi
- Faire attention au développement et à la validation du produit en synchronisant les différents savoir-faire (e.g. design de la carte, design du produit, mécanique extérieure, plasturgiste) en interne et en externe. Cap'tronic conseille de ne conserver qu'un seul interlocuteur ou responsable technique, idéalement le bureau d'études électronique
- Choisir son sous-traitant en électronique et les services associés, de la fabrication de la carte seule ou de l'intégration de plusieurs sous-ensembles. De nombreux points sont à considérer en amont du choix du sous-traitant pour réaliser un choix éclairé, notamment sur les questions de financement des stocks, de garantie produit, du seuil de non-qualité et de service après-vente. Intégrer les industriels EMS dans les phases de développement amont permet de répondre sereinement à ses questions et de bien préparer les phases de préséries et d'industrialisation

Besoins d'investissements importants et difficulté de scale-up

Le développement d'un projet IoT est généralement consommateur de capitaux **55**, à une échelle supérieure à d'autres projets liés à la digitalisation, notamment le développement d'applications ou de *software*. Il y a donc une certaine méconnaissance inhérente de ces enjeux de financement des accompagnateurs de start-ups (y compris les Technopoles), mais également des organismes investisseurs non spécialisés sur la thématique, contrairement à d'autres secteurs singuliers tels que les biotech. Il y a donc un besoin de pédagogie supplémentaire de la part des porteurs de projets auprès de ces différents acteurs. Pour répondre à ce premier point de diagnostic, le rapprochement avec un sous-traitant électronique et la mise en avant du couple start-up – EMS pourrait être gage de crédibilité pour lever des fonds auprès d'organismes de financement classiques (y.c. Business Angels, Venture Capital, etc).

55 : Le développement d'un projet IoT est généralement consommateur de capitaux



Source : Lacroix Group

6. Comment aider à l'émergence du Smart World ?

Ce besoin important d'investissements se reflète dans la magnitude des levées de fonds des start-ups de l'IoT. En effet, le premier ticket d'investissements pour les start-ups IoT se situe entre EUR 0.5 et EUR 1.5m, et est obtenu en moyenne au bout de deux ans de développement. Il est considéré comme facilement accessible, ou disponible au vu de l'équilibre entre offre d'investissement et demande de financement actuel. La difficulté intervient plus tard dans les 2^{ème} et 3^{ème} phases de développement pour les start-ups quand elles cherchent des relais de financement pour atteindre le stade de *scale-up* et réaliser des levées de fonds au-delà de EUR 30m. Seules 29 start-ups dans tous les secteurs ont réussi à lever plus de EUR 30m en France en 2016 via des fonds de Venture Capital classiques²³. Nombreuses sont les start-ups qui se sont exilées pour accéder à des niveaux de financement plus importants, représentant ainsi une fuite de talents et de valeur ajoutée hors du territoire national. Le diagnostic est criant et ce malgré une structure publique existant déjà, le BPI Large Venture, fond doté de EUR 600m investissant des tickets de EUR 10m minimum pour des levées de table supérieures à EUR 20m. La réponse est donc l'appel aux pouvoirs publics de favoriser la mise en place des structures de financement spécialisées dans les levées de fonds importantes (supérieures à 10 millions d'euros) au niveau national ou européen. Ces structures de financement doivent être privées et fondées grâce à des mécanismes d'incitation, des conditions d'implantation et de mise en œuvre favorables. La création d'un fond spécialisé Hard / IoT, potentiellement financé par la filière, voire issu du renforcement ou de la consolidation de fonds émergents pourrait être une autre solution envisagée.

Le besoin de fonds de roulement important et de financement des stocks mène souvent les porteurs de projet des start-ups de l'IoT à considérer leurs sous-traitants produisant leurs produits comme des investisseurs à part entière. Il est à noter que ces EMS ont leurs propres contraintes budgétaires et ne

peuvent être considérés systématiquement comme des organismes financeurs. Il est nécessaire que le partenaire industriel continue à jouer son rôle en apportant de la valeur ajoutée sur les étapes et problématiques de production et qu'il ne soit pas considéré comme un financeur à part entière, ce qui n'est pas son rôle.

Enfin, il est à noter que la culture de financement de certains organismes locaux est considérée comme un frein par de nombreux acteurs. Les fonds de private equity régionaux paraissent moins à l'aise sur des problématiques de levées de fonds, sur des business plans non stables, que sur des entrées en capital dans des entreprises établies. La culture de la prise de risque de certains business angels paraît également s'amenuiser dans certains secteurs du Grand Ouest, notamment de par la structuration progressive des écosystèmes de start-ups locaux et la validation de nombreux dossiers par les CCI locales qui réalisent pourtant un travail de sourcing et d'entremise précieux. Ainsi, certains business angels ont tendance à institutionnaliser leur financement et s'éloigner de leur ADN de prise de risque.

Enjeux de protection intellectuelle

Dans le cadre de la mise en place d'un processus de co-création ou de partenariat entre une start-up et une entreprise traditionnelle, la question de la protection intellectuelle est cruciale, voire vitale notamment pour la start-up. Dans le cadre de la mise en place d'un projet IoT, il y a une complexité supplémentaire dans la nature des éléments pouvant être protégés (e.g. data, design). Par ailleurs, l'utilisation de brevets dans l'électronique est relativement rare et il existe de nombreuses approches pouvant être mises en œuvre, dont des protections techniques bien maîtrisées en électronique. Il est ainsi possible de mettre en place des clauses d'accès aux informations sensibles, ou faire appel à des services extérieurs d'entierement pour les documents à protéger. Ainsi, le

²³ Source : CB Insights

déploiement d'un brevet ne doit pas constituer une fin en soi pour les sociétés innovantes, qui peuvent notamment user d'une certaine culture du secret pour protéger leur capital intellectuel. Il est à noter que dans un contexte de mise en place de partenariat avec des acteurs traditionnels, la contractualisation et la transparence doivent être le mot d'ordre avant de s'impliquer plus avant.

Partage de la valeur ajoutée

Si la question peut paraître simple et ingénue de prime abord, la réponse n'en reste pas moins complexe à trouver en pratique. Ce constat provient notamment de l'appréhension des sociétés innovantes quant à la faculté des entreprises traditionnelles et en particulier des grands groupes à étouffer leurs partenaires. Le bon niveau de partage de la valeur ajoutée est donc un élément clé à définir lors de la contractualisation du partenariat à développer. La clarté et la transparence sont alors essentielles pour comprendre et évaluer les apports des différentes parties prenantes dans le partenariat et la co-création.

6.2 VERS UNE PLATEFORME EFFICIENTE POUR CONNECTER START-UPS DE L'IOT ET ACTEURS TRADITIONNELS DES INDUSTRIES D'APPLICATION ?

Le sourcing est la première étape de collaboration avec les start-ups. Il y a quelques années le travail de détection de start-ups était laborieux. Ainsi, l'identification de pépites prometteuses était gage de réussite dans la collaboration entre grands groupes et start-ups. Aujourd'hui ces dernières sont beaucoup sollicitées et l'étape de détection a radicalement changé. Le nombre de start-ups a fortement augmenté et même doublé entre 2013 et 2016 selon la BPI, le nombre de prescripteurs de type incubateurs, accélérateurs, pépinières,

cabinets de conseil, agences de notation de start-ups, labels, institutions, fonds d'investissement, réseaux d'entrepreneurs, clubs open innovation, associations, médias entrepreneuriaux, événements, concours, etc. a également été démultiplié. Par ailleurs, de nombreux outils de sourcing ont été développés qu'ils soient centrés sur des services à forte valeur ajoutée ou sur la mise à disposition de base de données.

Pour les grands groupes, les données de sourcing ont été commoditisées comme l'évoque David Le Louarn le fondateur et CEO de Kinnov. Le besoin de soutien dans la mise en relation avec des start-ups est donc limité. A l'inverse le constat pour les PME et ETI est opposé. Celles-ci expriment le besoin de :

Mise en relation et détection de start-ups pour les entreprises établies de type ETI/PME pour l'élaboration de partenariats entre les différentes parties prenantes ;

Support de diffusion d'appels à collaboration voire d'appels à projets spécifiques à l'IoT issus des entreprises établies de type ETI / PME ;

Echanges et networking sur les problématiques d'innovation et des retours d'expérience.

La mise en place d'une plateforme de mise en relation entre PME/ETI des industries d'applications et start-ups de l'IoT fait donc sens, notamment pour faciliter des démarches de collaboration partagée et des échanges entre partenaires et co-opérateurs rencontrant les mêmes problématiques.

PME, ETI et start-ups : un besoin d'accompagnement dans un processus d'innovation nébuleux

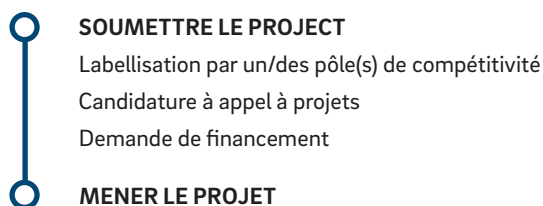
En amont de la recherche de partenaires, un fort besoin d'accompagnement est exprimé par les PME qui souhaitent innover. Ces demandes se concentrent sur les phases d'avant-projet :

56 : Collaborer pour Innover

DES IDÉES INNOVANTES ?



RÉDIGER LE PROJET



CRÉER DE LA VALEUR À PARTIR DES RÉSULTATS

Source : Guide Collaborer pour Innover – Angers Technopole, Roland Berger

Besoin de support dans la définition et le cadrage du projet d'innovation ;

Besoin de partage d'expérience avec des acteurs similaires, potentiellement dans des secteurs différents ;

Besoin de pédagogie sur :

- Les méthodologies d'innovation, sur la gestion de projet d'innovation et sur la conduite du changement / de la transformation ;
- La gestion de projet d'innovation, notamment de projet d'innovation collaboratif. Comme détaillé dans le guide Collaborer pour Innover, édité par Angers Technopole et Images et Réseaux 56, pour qu'une collaboration aboutisse, plusieurs jalons à passer sont indispensables et le bon montage du projet en lui-même est essentiel ;
- Les spécificités liées à l'IoT i.e. développement (et temps induit), distribution et marketing / financement nécessaire.

Besoin de visibilité sur l'écosystème de partenaires et les structures d'accompagnement type CCI, Technopôle, clusters, Pôle de compétitivité, organismes de financement.

Si la plateforme de mise en relation se situe en aval de ces considérations, et n'a pas pour objet premier de répondre à l'ensemble de ces demandes, la mise à disposition de ces informations et l'orientation vers des interlocuteurs précis pourrait avoir une véritable valeur ajoutée.

Par ailleurs, ce fort besoin d'accompagnement exprimé par les PME / ETI et start-ups traduit en filigrane un manque de clarté dans l'écosystème, déjà dense, de structures d'accompagnements. Les différents acteurs expriment un besoin de cohérence et d'aiguillage parmi cette multiplicité d'acteurs et de structures censées les guider dans leur projet d'innovation IoT. De sorte qu'une structure déjà établie dans le monde de l'innovation, ayant une connaissance fine des différentes parties prenantes de l'écosystème

IoT complexe, ayant un maillage du territoire au niveau régional, pourrait servir de porte d'entrée dans l'écosystème et ainsi fédérer et animer ce secteur d'innovation. La French Tech serait tout à fait légitime pour jouer ce rôle de tête de réseau via ses réseaux thématiques qui permettent d'identifier les acteurs ressources sur les territoires par thématique.

Quel public cible pour la plateforme ?

La plateforme de mise en relation se doit d'avoir une portée internationale si celle-ci veut avoir une valeur ajoutée suffisante. A l'échelle internationale, il est primordial d'affiner la définition des publics cibles, ou de bien les identifier, notamment ceux qui ne sont pas cœur de cibles i.e. plus exactement :

Entreprises traditionnelles :

- Les grands groupes, car ils n'en expriment pas le besoin a priori, ayant leur propre réseau et ressources en interne ;
- Compte tenu de la multiplicité de plateformes existantes et du risque de dilution, l'ensemble des entreprises cherchant à développer des projets d'innovation hors de l'IoT ;
- Les entreprises cherchant à sélectionner un sous-traitant en électronique sur la base d'un projet technologique identifié.

Start-ups :

- Les start-ups spécialisées dans l'édition de logiciels ou plus généralement en-dehors du périmètre de l'IoT;
- Les start-ups développant des briques technologiques confidentielles.

Pour pallier à la restriction du périmètre de la plateforme et pour ne pas repousser les acteurs intéressés par une telle démarche, il semble important de pouvoir les réorienter dès leur arrivée sur le site. [57](#) La plateforme servirait alors de point d'entrée pour l'ensemble des besoins pour mener à bien un projet

d'innovation. La plateforme serait en capacité de fournir les contacts locaux / nationaux pour répondre à son ambition de faciliter la mise en relation dans le cadre d'un projet d'innovation IoT.

Une plateforme spécialisée sur l'IoT : freins et motivations

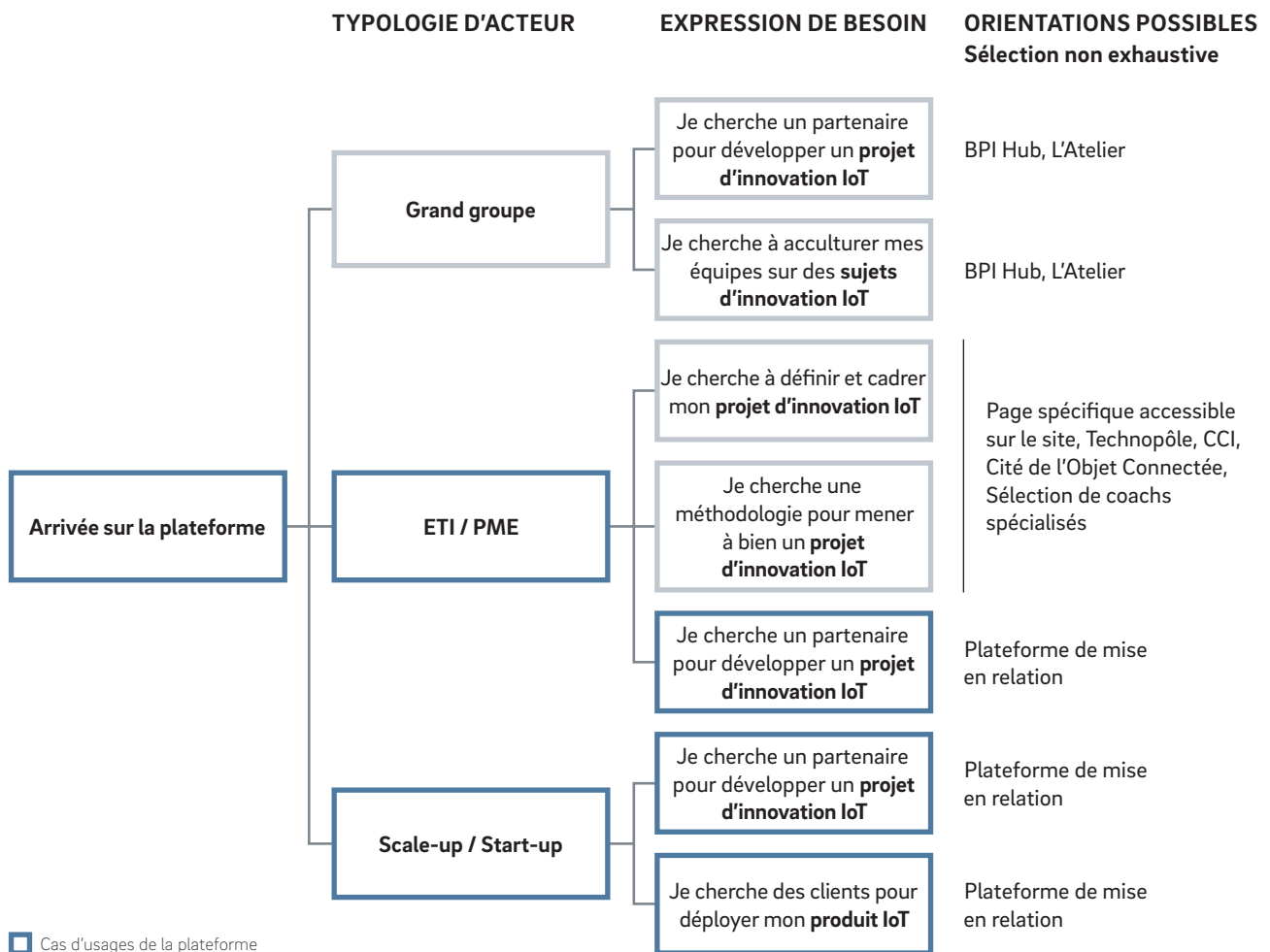
Avant de déployer la plateforme de mise en relation, il paraît intéressant d'identifier et de mettre en avant les principaux freins et motivations des différents acteurs relativement à l'utilisation de la plateforme. [58](#)

Il apparaît comme primordial pour l'ensemble des acteurs qui utiliseront la plateforme que celle-ci soit thématique et spécialisée sur l'IoT et ne soit pas une n+1ème plateforme de mise en relation non-ciblée dont la majorité des acteurs innovants présents sont des éditeurs de logiciels ou de simples développeurs d'applications. La motivation première des différentes parties prenantes est également de pouvoir sourcer et sélectionner des partenaires potentiels. La plateforme doit donc répondre en priorité à ce besoin exprimé.

En parallèle, il apparaît que les PME / ETI se projetant sur l'utilisation de la plateforme y trouveront une utilité à la réalisation de veille innovation et d'idéation de par la disponibilité et l'accès aux profils de start-ups innovantes. Ils pourront également accompagner leurs équipes dans leur acculturation aux sujets d'innovation et auront accès au retour d'expérience d'acteurs similaires dans la tenue de leurs projets de transformation numérique. En ce qui concerne les start-ups, celles-ci voient dans la plateforme une opportunité de gain de visibilité auprès de clients potentiels et un gain de crédibilité potentiel, mais également un accès marché facilité que ce soit en termes de cas d'usages ou de clients à proprement parler.

A l'inverse, les principaux freins potentiels relativement au développement de la plateforme sont : 1. son potentiel manque de visibilité (au moins au lancement) ; 2. le potentiel manque de contenu « mini-

57 : Orientation en amont de la plateforme – Arbre de décision



 Cas d'usages de la plateforme

Source : entretiens, Roland Berger

mum» (au moins au lancement) ; 3. la multiplicité des plateformes existantes et des services d'accompagnement concurrents ; 4. le souci de confidentialité des différents acteurs présents sur la plateforme concernant leurs projets d'innovation ; 5. l'hétérogénéité des acteurs présents et le différentiel de niveau de maturité entre les différents acteurs. Les aspects de coûts d'inscription et d'utilisation semblent également très sensibles pour l'ensemble des acteurs dont l'élasticité au prix sera très forte pour ce service.

Enfin, les principaux freins spécifiques aux PME / ETI résident dans la spécificité d'une telle plateforme pour un service usuellement intermédié i.e. la complexité d'utilisation supposée, la qualité des start-ups proposées et certifiées et l'aspect déshumanisé du service rendu par la plateforme.

58 : Une plateforme spécialisée sur l'IoT : freins et motivations

	MOTIVATIONS À L'UTILISATION	FREINS POTENTIELS À L'UTILISATION
PME / ETI	<ul style="list-style-type: none"> Veille innovation Idéation Acculturation des équipes en interne Retour d'expérience Gain de temps 	<ul style="list-style-type: none"> Complexité d'utilisation de la plateforme Qualité des start-ups proposées et certification Aspect déshumanisé de la plateforme pour des acteurs culturellement attachés au contact humain Coûts d'utilisation de la plateforme
Start-up de l'IoT	<ul style="list-style-type: none"> Accès à une plateforme thématique IoT Sourcing, sélection de partenaires potentiels 	<ul style="list-style-type: none"> Visibilité de la plateforme « Contenu minimum » présent sur la plateforme et gestion de la montée en charge Multiplicité de plateformes existentes Confidentialité Différence de niveau de maturité des partenaires potentiels
	<p>Éléments communs aux 2 types d'acteurs</p>	
	<ul style="list-style-type: none"> Gain de visibilité Recherche de crédibilité Recherche de cas d'usages marché Recherche de clients 	<ul style="list-style-type: none"> Coûts d'inscription sur la plateforme

Source : entretiens, Roland Berger

Un parcours client simple et intuitif assurant l'accès à des start-ups qualifiées

Le parcours client de la plateforme **59** est relativement simple et consiste en une inscription liée à une création de profil, suivie d'une phase de recherches et d'échanges mutuels avant la mise en place d'un partenariat. De par la forte hétérogénéité des profils de start-ups et la demande des PME / ETI de partenaires de qualité, et donc in fine de la qualité du service rendu par la plateforme, les profils de start-ups

devront être validés par un comité d'orientation et de gestion lié à la plateforme.

Le freemium, business model privilégié pour la plateforme

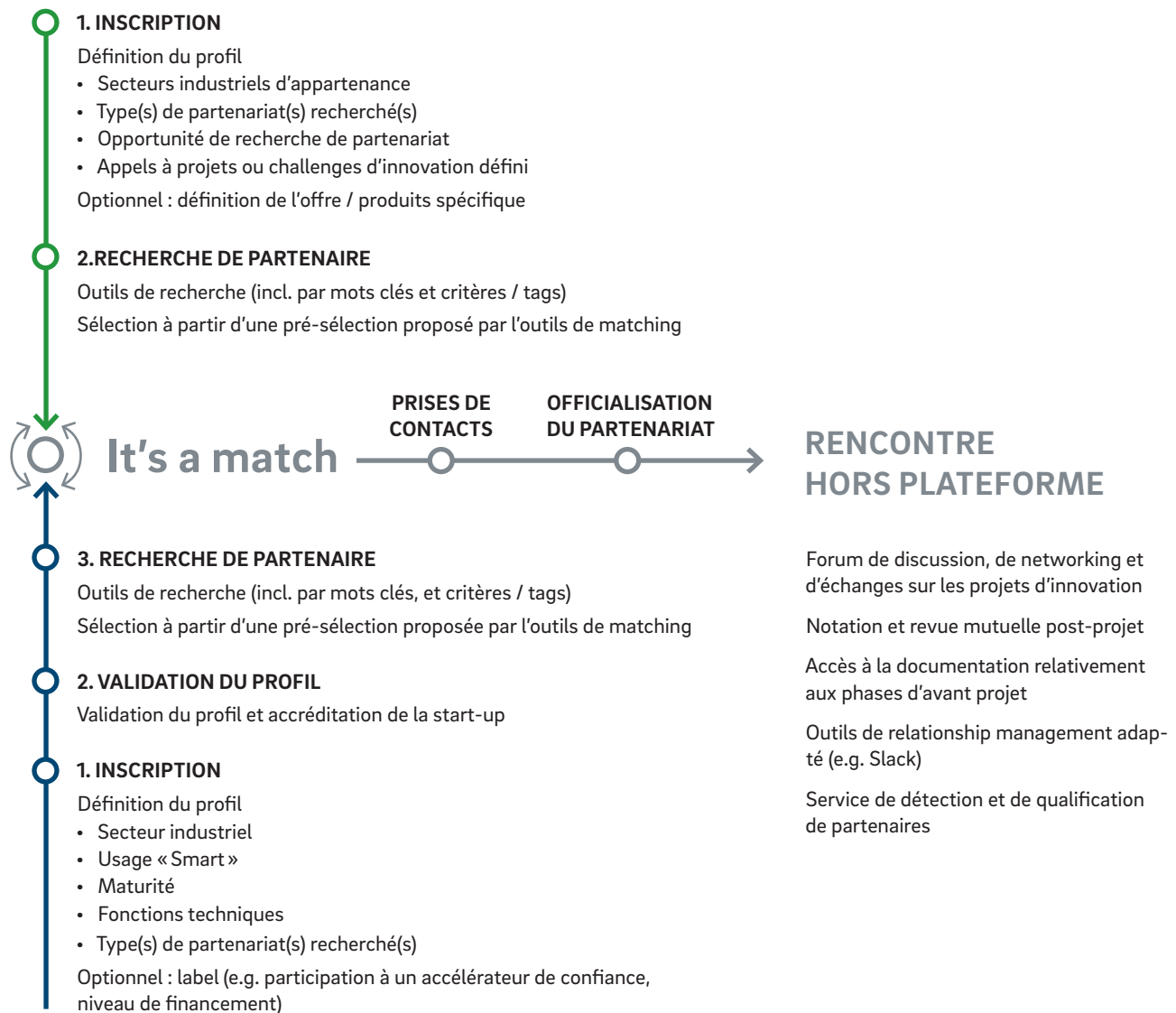
Comme exprimé au préalable, la sensibilité au prix des différents acteurs utilisateurs de la plateforme est très forte. Ainsi, on estime que les start-ups ne seront pas prêtes, au moins dans un premier temps à payer pour le service proposé. Côté PME / ETI, une barrière

6. Comment aider à l'émergence du Smart World ?

59 : Il est primordial de définir finement le parcours client Start-up et Industrie d'application

Parcours client

PARCOURS INDUSTRIE D'APPLICATION



PARCOURS START-UP

MISE EN RELATION

Source : Roland Berger

OUTILS POTENTIELS

psychologique de budget à mobiliser pour l'utilisation de la plateforme semble se situer aux alentours de 2.000 euros par an.

De sorte que, même si plusieurs *business models* potentiels existent pour la plateforme, l'option freemium semble privilégiée. Freemium au sens où l'inscription et l'utilisation des fonctionnalités de base seront accessibles gratuitement et où certaines fonctionnalités à valeur ajoutée seront accessibles uniquement par paiement de prestation. Le principal avantage de cette formule est son agilité, son principal défaut résidant dans la nécessité d'équipe support en back-office pour fournir les services à valeur ajoutée.

Des fonctionnalités clés pour une plateforme simple

Les fonctionnalités clés de la plateforme à développer sont relativement simples et liées au parcours client épuré et à l'expression du besoin initial de la part des PME / ETI. Nous nous attacherons ici à définir les fonctionnalités de base de la plateforme accessibles gratuitement à tous les acteurs.

Les fonctionnalités pour les PME / ETI consisteront en un profil, la capacité à proposer des appels à collaboration et des appels à projets / challenges d'innovation. Ils seront également à même de rechercher des partenaires de type start-up ou PME / ETI.

Leurs pages de profils dédiées seront constituées de :

- Une page résumé «A propos», regroupant les principaux tags, les secteurs industriels / d'applications de référence, les produits et offres proposés et un résumé descriptif
- Une page de description d'opportunités ou d'appel à collaboration détaillant les *case study* sur lesquels l'industrie d'application recherche un partenariat avec une start-up, incluant un / des *Smart Usage* correspondant et des fonctionnalités techniques

- Une page de description des appels à projets ou challenges d'innovation plus formels

Les fonctionnalités pour les start-ups consisteront en un profil et d'une certification et sélection par un comité de sélection tiers. Leurs pages de profils dédiées seront constituées de :

- Une page résumé «A propos», regroupant les principaux tags, les secteurs industriels / d'applications de référence, la maturité de la start-up, les smart usages correspondant, les fonctionnalités techniques et un résumé descriptif
- Une page de description des financements récoltés par la start-up et des étapes de financement correspondant

Un algorithme de matching au centre de la valeur de l'outil

L'algorithme de matching mettant en relation les différents acteurs présents sur la plateforme s'appuiera sur une recherche de type Google avancée avec l'utilisation de filtres. [60](#)

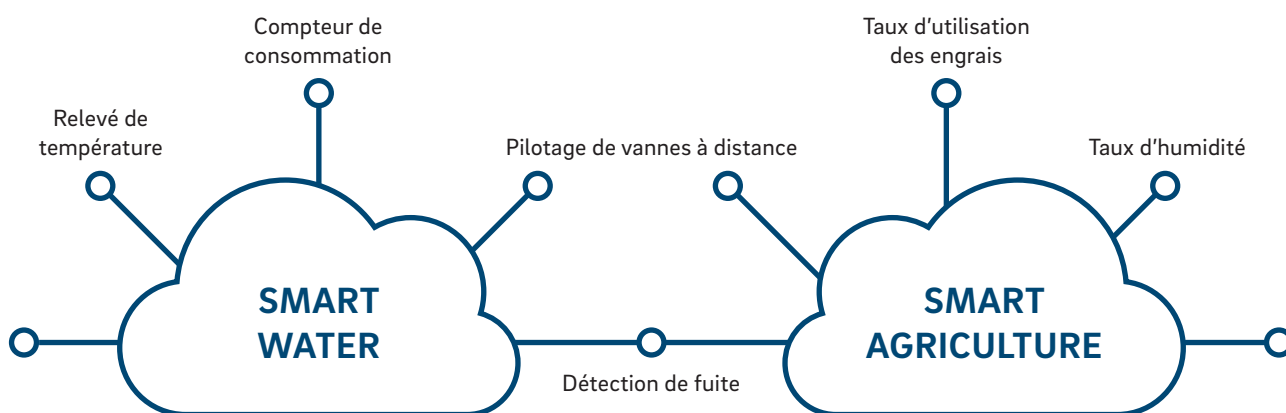
Lorsqu'une entreprise traditionnelle recherchera un partenaire, la recherche classique de type Google lui donnera la possibilité de rechercher des mots clés parmi un Profil, un Résumé descriptif, des Mots clés 'tags' ou des Fonctionnalités techniques. Elle pourra utiliser des filtres pour sa recherche, notamment sur les Secteurs industriels, les *Smart Usage* ou encore les Types de partenariats recherchés.

Lorsqu'une start-up recherchera un partenaire, la recherche classique de type Google lui donnera la possibilité de rechercher des mots clés parmi un Profil, un Résumé descriptif, des Mots clés 'tags', des Appels à collaboration, des Appels à projets ou des Fonctionnalités techniques. Elle pourra également utiliser des filtres pour sa recherche, notamment sur les Secteurs industriels, les *Smart Usage* ou encore les Types de partenariats recherchés.

6. Comment aider à l'émergence du Smart World ?

60 : Les fonctionnalités techniques permettront de mettre en relation des industries d'application et des start-ups d'univers Smart différents

Fonctionnalités techniques – Exemple « Détection de fuite »



Les fonctionnalités techniques seront définies au fur et à mesure par les utilisateurs avec l'apport de propositions automatiques (e.g. « Taux » proposera « Taux d'utilisation des engrais » et « Taux d'humidité ») pour faciliter le processus de recherche

Source : Roland Berger

La liste des Fonctionnalités Techniques se définira au fur et à mesure de leur rentrée sur le site par les différents acteurs. Lors de l'inscription, des propositions seront faites aux utilisateurs en fonction de leur première formulation. Celles-ci permettront de mettre en relation des industries d'application et des start-ups d'univers Smart différents.

Quels acteurs pour porter le projet ?

Plusieurs porteurs de projets potentiels ont été identifiés pour amener à la réalisation et à la concrétisation de cette plateforme. Si la French Tech ou la filière électronique elle-même semblent des acteurs légitimes pouvant porter le projet à bien, de nombreux autres acteurs pourraient également être leader sur cette thématique et mériteraient d'être impliqués dans les prochaines étapes de développement du projet. En particulier :

- La CPME (Confédération des Petites et Moyennes Entreprises) de par sa représentativité des PME / ETI cœur de cible utilisateur des PME ;
- La BPI (Banque Publique d'Investissement) qui développe avec le Hub digital un service premium d'apporteur d'affaires et de tiers de confiance au service des grandes entreprises traditionnelles et des meilleures start-ups françaises ;
- Un consortium de banques de par leur proximité et leur connaissance du terrain de PME ;
- Business France pour sa portée internationale ;
- Les CCI pour leur proximité avec les écosystèmes locaux ;
- Les pôles de compétitivités ou clusters pour leurs compétences ciblées et les bases de données et de suivi qu'ils continuent de construire.

6.3 SYNTHÈSE DES ACTIONS COLLECTIVES À MENER PAR L'ÉCOSYSTÈME

Pour faire évoluer les modes de relations pour favoriser l'innovation «à la française» et créer des leaders mondiaux, de nombreuses initiatives pourraient être lancées par les écosystèmes locaux :

Déployer une check-list pour mener un projet IoT collaboratif pour pallier à l'asymétrie de maturité sur les sujets IoT entre les acteurs du partenariat i.e. :

- Une check-list pour guider la start-up sur le « comment faire » (développement produit, industrialisation, dispositif projet dans la start-up & avec l'industriel, gestion de risques, ...) en étant pédagogique ;
- Une check-list pour préparer et communiquer chez l'acteur traditionnel ;

Soutenir l'investissement pour garder les scale-up dans l'hexagone en :

- Menant l'acculturation des fonds traditionnels (potentiel de business + business model) ;
- Créant un fond spécialisé « Hard / IoT » potentiellement financé par la filière, voire renforcer ou consolider des fonds émergents ;
- Accompagnant les dossiers de financement des start-ups par le soutien d'EMS apportant leur crédibilité technique ;

Accompagner la protection intellectuelle pour protéger les start-ups dans la mise en place de collaborations avec des acteurs traditionnels, en acculturant les acteurs à se faire confiance sans brevet et en les assistant sur la contractualisation ;

Donner des bonnes pratiques pour le partage de la VA et de contractualisation des collaborations ;

Accompagner les acteurs traditionnels dans le processus d'innovation en mettant en cohérence les acteurs de l'écosystème et en les aiguillant parmi la multiplicité d'acteurs et de structures d'accompagnement ;

Proposer une plateforme efficiente pour connecter start-ups de l'IoT et acteurs traditionnels des industries d'application, en apportant également des services d'accompagnement « humains » optionnels et des sessions d'échanges et de networking en support de la solution technique.





**Accompagner les acteurs
dans leur transformation
vers l'Industrie Electronique
du Futur**

Synthèse

Les évolutions technologiques, les évolutions de la supply chain dans son ensemble et de l'usine de production vont entraîner un bouleversement sans précédent de la filière de production électronique. La filière et ses acteurs doivent donc gérer ces changements comme une véritable transformation. Les industriels devront se munir à la fois d'une vision stratégique claire (feuille de route Industrie du futur / Usine du Futur et feuille de route architecture SI), mais également de ressources / compétences en interne, d'une organisation dédiée ou non au déploiement de l'Usine du Futur et de leviers de financement clairement identifiés. Compte tenu de la diversité des initiatives à mener, des enjeux de mutualisation et d'accompagnement de l'ensemble des acteurs de la filière et de la diversité des profils (PME <100 ETP et ETI à plus de 1 000 ETP), la mise en place d'une plateforme nationale pour l'Industrie Electronique du Futur semble indispensable et prometteuse. Elle serait composée d'une structure de gouvernance impliquant directement les industriels, de lieux de rassemblements et plateformes techniques dits lieux « Totem » et d'un plan de financement national.

7.1 GUIDE À DESTINATION DES ACTEURS DE LA FILIÈRE POUR MENER À BIEN LEUR TRANSFORMATION

Chaque acteur de la filière de production doit ainsi se préparer non seulement aux changements de paradigme de marché, mais également aux changements de paradigme de production industrielle, voire de modes relationnels entre les différents acteurs de la *supply chain*. Pour accompagner cette transformation, une feuille de route « Industrie Electronique du Futur » a été définie, cartographiant les enjeux et technologies en

fonction de leur maturité pour permettre aux différents acteurs de la filière de définir leur propre *roadmap* de transformation Industrie du Futur. (2 - page 15)

Cependant, avant de développer une feuille de route Industrie du futur en interne, chaque acteur devrait évaluer sa maturité pour mettre en œuvre une stratégie orientée Industrie du Futur pour adapter les mesures à implémenter. Cette « photo à l'instant T » de l'entreprise permettra ensuite de mesurer l'avancement et les progrès réalisés au fur et à mesure du projet. Un outil d'auto-évaluation [61](#) a ainsi été défini se fondant sur feuille de route « Industrie Electronique du Futur ».

Cette note de maturité pourrait également servir d'indicateur de suivi de la transformation au niveau de la filière. La transformation des acteurs et de la filière passera également par la digitalisation de l'appareil productif et donc par de profonds changements au niveau des systèmes d'information (SI). Les leviers de compétitivité mentionnés en chapitre 2 ne pourront être déployés que si les SI réussissent un changement en profondeur. La transformation des SI devient l'enabler de la transformation vers l'Industrie Electronique du Futur. Pour mener à bien cette transformation, chaque acteur de la filière devra développer sa propre feuille de route SI, dépendant à la fois du point de départ des acteurs i.e. de ses systèmes en interne, mais également de ses priorités stratégiques. Les chantiers inclus dans la feuille de route sont des chantiers de long terme, certains nécessitant de 12 à 24 mois pour être opérationnels. Quelle que soit l'entreprise, celle-ci devra s'attarder sur quatre axes fondamentaux pour mener à bien les transformations :

- Récupération et centralisation de la data, c'est-à-dire l'interconnexion machines – systèmes et l'organisation de la remontée des données de production en temps réel. Il s'agit donc de la centralisation des données de production pour nourrir les systèmes de gestion en interne ;

7. Accompagner les acteurs dans leur transformation vers l'Industrie Electronique du Futur

- Mise à disposition et structuration de la data sous forme de data lake. Un data lake est un lieu de centralisation et de structuration de toutes les données de l'entreprise quelles qu'elles soient (données de production, de commerce, de marketing, de *supply chain*). Ces données comportent également l'historique de l'entreprise, qui constitue le patrimoine data de l'entreprise. Le data lake ²⁴ est considéré comme le format d'avenir de structuration des données d'entreprise. Il a d'abord vocation à être utilisé en interne pour la visualisation de la performance industrielle en temps réel, le déploiement de *root-cause analysis*, de maintenance prédictive, etc. ;
- Partage de la data ou interopérabilité des SI avec l'écosystème clients / fournisseurs pour fournir de la transparence dans la *supply chain* et offrir des ser-

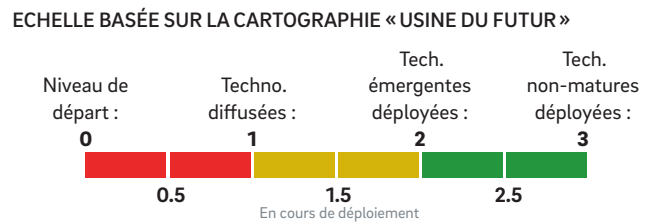
vices à valeur ajoutée aux clients. Ce partage de la data pourra se faire via une API, interface entre le data lake et l'écosystème, permettant à la fois un contrôle du niveau de partage et un interfaçage standard et donc une interopérabilité avec l'écosystème ;

- Protection de la data i.e. cyber sécurité pour assurer la protection des données sensibles, assurer la continuité de la production et minimiser les risques de piratage. La numérisation, la mise en place d'IIoT dans les usines et le partage d'informations avec d'autres acteurs de l'écosystème ne faisant qu'augmenter les risques, la cyber sécurité devient un enjeu majeur pour les acteurs de la production.

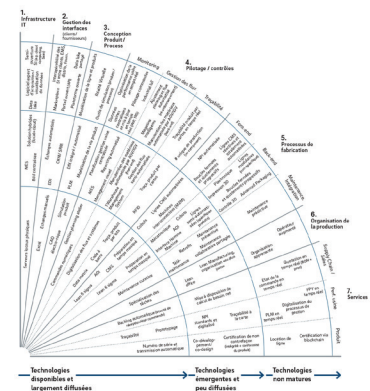
61 : Outils d'auto-évaluation pour le déploiement de l'Industrie électronique du Futur à destination des acteurs de la filière

CATEGORIE	POIDS
1 – Gestion des interfaces	●
2 – Conception	●
3 – Pilotage / Contrôle	●
3.1 – Gestion des flux	●
3.2 – Ordonnancement	●
3.3 – Traçabilité	●
4 – Production	●
4.1 – Front-end	●
4.2 – Back-end	●
4.3 – Support de production	●
5 – Organisation	●
6 – Infrastructure SI	●
7 – Qualité de service	●
7.1 – Supply chain	●
7.2 – Performance usine	●
7.3 – Gestion produit	●

NOTES DE MATURITÉ PAR CATÉGORIE



Feuille de route « Industrie Electronique du Futur » pour les acteurs de la filière – Enjeux et panorama de solutions



$$\text{Note de maturité} : \sum (\text{poids}_{\text{catégorie}} \times \text{notes}_{\text{catégorie}}) / \sum \text{poids}_{\text{catégorie}}$$

● Poids dans scoring global ● Poids dans scoring de catégorie

Source : entretiens experts, Roland Berger

24 En complémentarité du data fog

Pour mener à bien les transformations nécessaires vers l'Industrie Electronique du Futur, les acteurs de la filière devront donc disposer à la fois d'une vision stratégique claire (feuille de route Industrie du futur / Usine du Futur et feuille de route architecture SI), mais également de ressources / compétences en interne, d'une organisation dédiée ou non au déploiement de l'Usine du Futur et de leviers de financement clairement identifiés. La transformation des entreprises ne pourra pas se faire sans l'un de ces quatre maillons clés. Certaines compétences et fonctions paraissent notamment critiques pour le déploiement des différentes feuilles de routes et c'est notamment le cas des architectes SI. Pour gérer ces chantiers et transformations, une équipe en interne doit être constituée pour faire la gestion du projet de transformation. Cette Task Force Industrie du futur devra être composée de deux typologies de profil, à la fois SI et Production, pour mettre en œuvre des projets de digitalisation de l'appareil productif. Elle pourra se concentrer uniquement sur cette tâche ou non en fonction du choix des différents acteurs, mais devra contenir a minima les fonctions suivantes :

- Responsable Data ayant en charge la veille obligatoire légale, la cyber sécurité, la protection des données personnelles et non personnelles tout en étant garant de l'ouverture des SI vers l'extérieur ;
- Responsable Usine du Futur / *Smart Industry* ayant un profil issu du métier de la fabrication pour spécifier et définir les orientations techniques de l'évolution des systèmes de production ;
- Architecte SI Industrie du futur pour le suivi de la feuille de route SI ;
- Accompagnement du changement Industrie du futur pour assurer le management du changement et accompagner les équipes en interne, lever les freins au changement et acculturer l'écosystème externe.

La Task Force Industrie du futur sera la garante du changement de l'entreprise vers l'Industrie Electronique du Futur.

7.2 UN DISPOSITIF FILIÈRE POUR ACCOMPAGNER LA TRANSFORMATION DES ACTEURS

La filière électronique française se doit quant à elle d'accompagner les acteurs dans cette transformation en apportant un guide, une feuille de route à suivre, pour réussir sa transformation vers l'Industrie Electronique du Futur et en structurant une approche collective sur certains aspects de cette transformation. L'enjeu est de mutualiser certains développements entre les acteurs et de porter ainsi l'ensemble des acteurs de la filière dans le processus de transformation.

En Allemagne, des initiatives nationales cross-industries

A titre de comparaison, en Allemagne, le pays le plus en avance sur les thématiques Industrie 4.0, les différentes filières industrielles (dont le ZVEI) avec l'appui de l'Etat, des «Länders» et d'institutions d'enseignement et de recherche ont mis en place des initiatives pour accompagner les acteurs industriels dans leur transformation à la fois sur le cadrage global en apportant des guides et supports pour le développement d'initiatives Industrie 4.0, sur l'accompagnement et la sensibilisation des PME sur la transformation, la digitalisation et l'automatisation ainsi que sur des capacités d'investissements. [62](#)

Le ZVEI, quant à lui, ne porte pas d'initiatives globales spécifiques à la filière électronique sur l'Industrie 4.0, mais propose plutôt des lignes directrices globales de cadrage sur les tendances de marché, les évolutions du secteur et les roadmaps technologiques sur les procédés de fabrication. Cependant, certains acteurs de l'industrie et industriels se sont mobilisés pour développer des initiatives sur cette thématique :

- Limtronik et ITAC à l'origine de l'initiative *Smart Electronic Factory* : il s'agit d'un projet pilote avec expérimentation *in situ* au sein du site de produc-

tion de l'EMS Limtronik en collaboration avec une quinzaine de fournisseurs de *software* et de *hardware* et des universitaires afin d'améliorer les performances qualité et compétitivité des machines CMS via l'exploitation des données de production. L'expérimentation se limite à la numérisation de la production et ne comprend pas l'ensemble des leviers de compétitivité identifiés (e.g. cobots, interfaçages supply chain, IHM optimisée).

- Fraunhofer IOSB-INA (institut de recherche), CIIT (Center Centrum Industrial IT) et Université Hochschule OWL à l'origine de l'initiative Smart Factory OWL : il s'agit d'un laboratoire de pointe de tests et de montée en maturité des technologies d'automatisation (IHM, suivi de la compétitivité). Le laboratoire est un centre de recherche et de tests mis à disposition des académiques (scientifiques et étudiants), des PME et sert de lieu « totem » pour l'acculturation des entreprises partenaires.

Plateforme pour l'Industrie Electronique du Futur

Compte tenu de la diversité des initiatives à mener, des enjeux de mutualisation et d'accompagnement de l'ensemble des acteurs de la filière et de la diversité des profils (PME <100 ETP et ETI à plus de 1 000 ETP), la mise en place d'une plateforme spécifique au niveau national semble indispensable. Elle comprendrait en premier lieu une structure de pilotage et de gouvernance sur l'Industrie Electronique du Futur à l'initiative de la FIEEC et représentative de toutes les composantes de la chaîne de valeur industrielle. La plateforme pour l'Industrie Electronique du Futur serait composée de :

- Une structure de pilotage et de gouvernance.
- Un / des lieux de rassemblements et plateforme technique dits lieux « Totem ».
- Un plan de financement national.

Une structure de gouvernance pilotée par le Collectif pour l'Industrie Electronique du Futur

Pour s'assurer que l'ensemble des parties prenantes

62 : Dans le cadre du plan « High Tech Strategy 2020 », le gouvernement allemand a mis en place trois types d'initiatives d'accompagnement Industrie du futur

Aperçu des initiatives d'accompagnement publiques en Allemagne

Ministère de l'Economie et Ministère de la Recherche

VISION MACROÉCONOMIQUE ET CADRAGE INDUSTRIE DU FUTUR

Lancement d'une Plateforme Industrie du futur pour cadrer le développement global de l'Industrie du futur, fournir des documents d'information libres de droit et impliquer l'ensemble de l'écosystème impliquer dans l'Industrie du futur (représentants politiques, fédérations professionnelles dont le ZVEI, BITKOM, VDMA..., syndicats, institut de recherche, entreprises motrices dont AUDI, Bosch, Daimler...)

ACCOMPAGNEMENT À LA TRANSFORMATION INDUSTRIE DU FUTUR PAR LES ENTREPRISES

Mise en place d'un pôle de compétence Digital Manufacturing (Formations et sensibilisation aux problématiques Industrie du futur, Usines de démonstration des interfaces avant investissement) dédié à l'accompagnement et à la sensibilisation des PME sur les questions de numérisation et d'automatisation

CAPACITÉ D'INVESTISSEMENT Σ BUDGET = 200M€

Programme AUTONOMIK d'investissement sur des projets Industrie du futur innovants

Programme SMART SERVICES WELT financement pour promouvoir la R&D dans la digitalisation de l'outil productif

soient impliquées et alignées sur la démarche, l'initiative serait portée par la FIEEC. La FIEEC nommerait un délégué national pour l'Industrie Electronique du Futur. Ce délégué national, figure de proue de l'initiative, permettrait de maintenir l'unité de la démarche et de soutenir son momentum. Il aurait mandat pour représenter la FIEEC auprès de l'Alliance pour l'Industrie du Futur et pour porter la feuille de route auprès des autorités publiques, notamment la Direction Générale des Entreprises (DGE).

Le délégué national présiderait un comité de pilotage dédié pour l'Industrie Electronique du Futur, qui serait composé d'industriels représentatifs de la chaîne de valeur électronique, formant un collectif cœur portant la transformation de la filière. Le comité, structure organisationnelle légère, aurait pour rôle de valider, arbitrer et coordonner avec les autres actions de la filière, les avancées des entités suivantes **63** :

- Un Comité Scientifique «Think Tank» donnant des conseils notamment sur les technologies de manufacturing (assemblage, intégration) et de production («procédés»);
- Une Equipe cœur dédiée gérant les travaux de groupes «Do Tank» eux-mêmes constitués d'industriels trouvant leur propre retour sur investissement dans l'initiative;
- Des Consortium d'industriels mettant en œuvre des initiatives communes, dont Pléiade, moteur sur la convergence des *roadmaps* techno-procédés;
- Des démarches de Standardisation internationale.

Le comité de pilotage aura pour ambition de suivre une feuille de route à 5 ans pour guider la filière vers l'Industrie Electronique du Futur. Dans le cadre du processus de transformation, chaque acteur de la filière définira des contacts référents sur chacun des groupes de travail et axes de la feuille de route. Dans le contexte actuel, un des enjeux majeurs pour la filière et pour le délégué national à la FIEEC, sera également de partager cette feuille de route avec les

autres membres de la filière européenne, telle que l'Allemagne, pour renforcer la compétitivité et l'attractivité des acteurs de la région pour relocaliser certains marchés de masse aujourd'hui non-produits en Europe.

Des lieux « Totems » catalyseurs

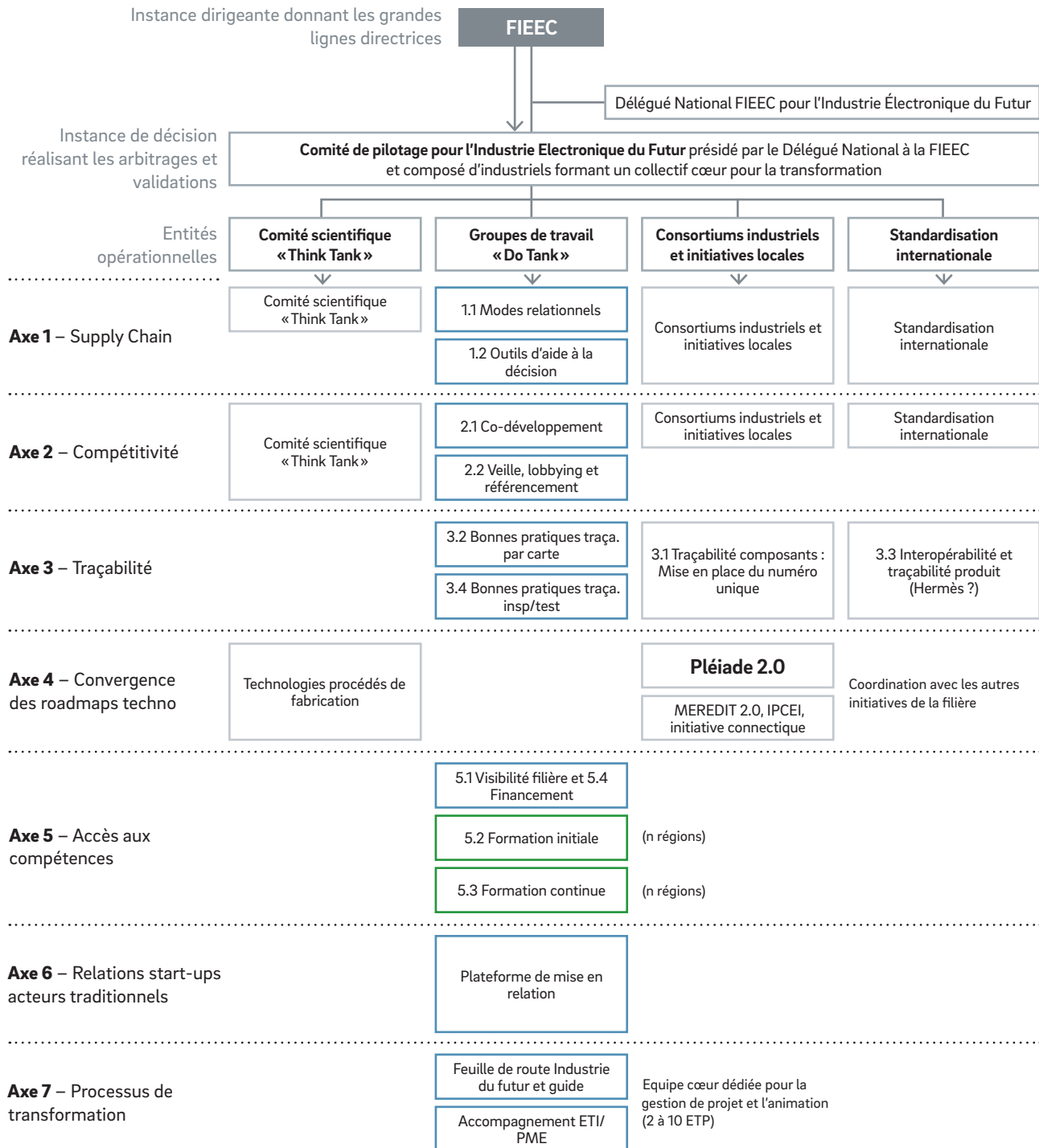
En Allemagne, dans le cadre de l'initiative Smart Factory OWL, une plateforme physique est déployée. Celle-ci est localisée dans les locaux du CIIT (Center Centrum Industrial IT), à Lemgo, et il s'agit une ligne de production en développement, qui est mise à disposition :

- Des scientifiques et étudiants, tel un laboratoire de pointe de test des technologies d'automatisation (e.g. IHM, amélioration de la compétitivité) pour réaliser des tests et mener des travaux de recherche;
- Des PME locales pour expérimenter les technologies de type Industrie 4.0;
- Des entreprises partenaires comme lieu d'acculturation et pour former les employés aux nouvelles techniques de production.

De même, dans la micro-électronique, les six pôles CNFM (Coordination Nationale pour la Formation en Microélectronique et en nanotechnologies) disposent de salles blanches dotées de moyens de micro et nanotechnologies pour la fabrication de composants, circuits et systèmes intégrés. Elles offrent également les moyens de caractériser physiquement et électriquement les échantillons réalisés. Elles ont pour objectif de montrer et d'étudier les principes essentiels mis en œuvre dans les principaux procédés technologiques tout en permettant la réalisation d'un échantillon qui fonctionne, que chaque étudiant peut caractériser. Les salles blanches sont aussi mises à la disposition des laboratoires de recherche et des acteurs privés dans le cadre de la formation continue. En 2016, ce sont ainsi 1 253 doctorants et chercheurs appartenant à 62 laboratoires et instituts de recherche qui ont utilisés à 43% les salles blanches du CNFM. A l'image des initiatives allemandes et de la

7. Accompagner les acteurs dans leur transformation vers l'Industrie Electronique du Futur

63 : Une structure de pilotage pour l'Industrie Électronique du Futur légère et impliquant les industriels proposée à la FIEEC



□ Entité à l'échelle Nationale

□ Entité à l'échelle Régionale

Source : FIEEC, Roland Berger

micro-électronique, le déploiement d'une ou plusieurs plateformes physiques «Totem» semble indispensable. Elle constituerait un véritable catalyseur de la démarche permettant d'accélérer la *roadmap* pour l'Industrie Electronique du Futur. Ce(s) lieu(x) «Totem» aurait ainsi une vocation multiple de :

- Lieu de rencontre pour les acteurs locaux de la filière impliqués dans la feuille de route ;
- Lieu d'expérimentation pour la mise en place des PoC des «Do Tank» sur les leviers de *supply chain* (e.g. interopérabilité, outils d'aide à la décision), de compétitivité (e.g. numérisation de la production, cobots), de traçabilité ou de *roadmaps* techno identifiés ou des sujets SI en rupture (e.g. Data Lake, Intelligence Artificielle) ;
- Lieu de formation et d'acculturation en mettant à disposition les lignes de production permettant d'élaborer des modules de formation initiale / apprentissage de l'électronicien du futur en collaboration avec les centres de formation internes des EMS et l'enseignement mêlant apprentissage théorique et apprentissage *in situ*. Le lieu pourrait également permettre d'acculturer les équipes des partenaires locaux et servir d'interfaçage avec des clients non expert électroniques ;
- Lieu de recherche à disposition des chercheurs et des étudiants en thèse en collaboration avec à la filière.

Un plan de financement national

La feuille de route de la filière pour l'Industrie Electronique du Futur, centrée sur la fabrication de cartes électronique, se situe donc en parallèle des initiatives menées par la filière des composants et en est complémentaire. Pour soutenir cette démarche propre, un plan de financement sur environ cinq ans sera à définir pour permettre à la fois le développement de lieu(x) Totem, le déploiement de PoC sur chacun des axes de la feuille de route et l'animation de la structure. Une grande partie de ce financement devra provenir de partenariats mobilisant des fonds publics et privés. Une partie des financements devra être locale

et provenir des régions ayant émis la volonté d'accueillir le(s) lieu(x) totem(s). Un appel à projet pourrait être lancé Q1 ou Q2 2018 pour mobiliser les acteurs des écosystèmes locaux autour de la création de ce(s) lieu(x) Totem.

Macro-plan à cinq ans et feuille de route 2018

Le comité de pilotage aura pour ambition de définir et de suivre un macro-plan à 5 ans actionnable pour guider la filière vers l'Industrie Electronique du Futur. Dans le cadre du processus de transformation, chaque acteur du collectif pourra définir des contacts référents sur chacun des groupes de travail et axes du macro-plan sur lequel il souhaite être moteur.

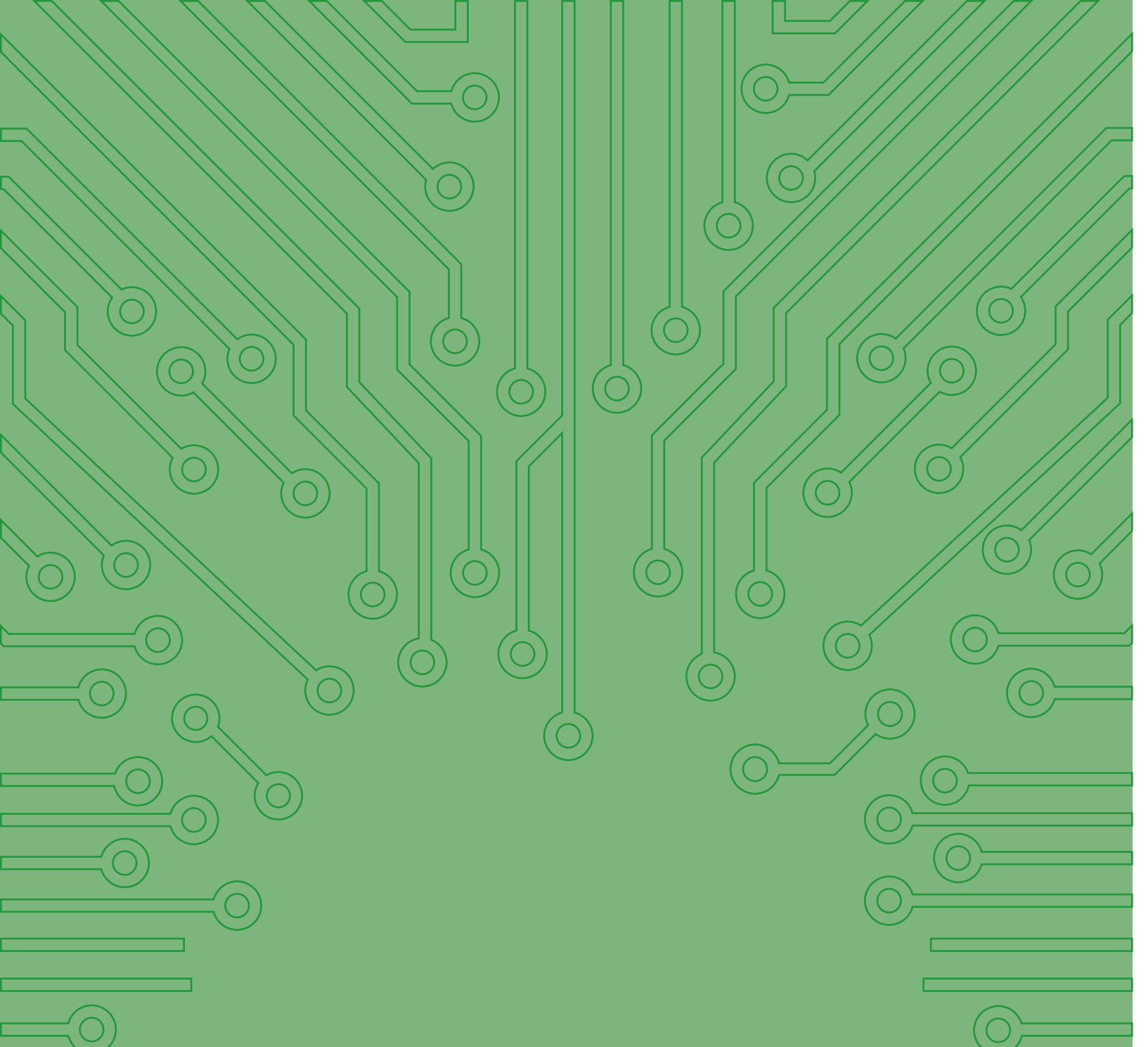
Dans un premier temps il est primordial que ce comité de pilotage lance des actions concrètes dès 2018. La feuille de route pour la transformation sur les 12 premiers mois de la mobilisation doit s'appuyer sur quatre grandes étapes fondamentales (**3 - page 16**) :

Etape 1 – Organiser la transformation, c'est-à-dire finaliser le dispositif de pilotage et de gouvernance, préparer le suivi de la transformation (y.c. budget, équipe, macro plan, suivi) et organiser la mobilisation de la filière et du collectif cœur d'industriels ;

Etape 2 – Lancer des projets communs avec le collectif cœur sur les sujets les plus porteurs et mobilisateurs ;

Etape 3 – Définir un ou des lieux «Totems» accélérateurs de la transformation dans une (ou des) région(s) forte(s) de la filière de production et lancer des projets communs avec les acteurs pionniers locaux autour des lieux totems ;

Etape 4 – Dynamiser le lien French Tech et French Fab et organiser la mise en cohérence des écosystèmes locaux, les liens avec les pôles de compétitivité. La mise en place de partenariats stratégiques sur des piliers de l'I-IoT (objets connectés, smart sensors, smart power et cybersécurité) est également un axe de développement potentiel pour accélérer la transformation.



Annexes

GLOSSAIRE

3C	Consumer, Computer, Communication	JPO	Journées Portes Ouvertes
ACE	Attractivité, Compétences et Emplois	KPIs	Key Performance Indicators
AGV	Automated Guided Vehicles	MES	Manufacturing execution system
AML	Approved Manufacturer List	M2M	Machine-to-Machine
AOI	Advanced Optical Inspection	MPN	Manufacturing Part Number
API	Application Programming Interface	MOD	Main d'œuvre directe
AuRA	Auvergne-Rhône-Alpes	MOI	Main d'œuvre indirecte
BPI	Banque Publique d'Investissement	MOQ	Minimum Order Quantity – minimum de commande
BOM	Bill of Material	MRL	Manufacturing Readiness Level
CARIOREF	Orientation Pays de la Loire	MSL	Moisture Sensitivity Level
CAO	Conception Assistée par Ordinateur	NPI	New Product Introduction
CCI	Chambre de Commerce et d'Industrie	ODM	Original Design Manufacturer
CES	Consumer Electronics Show	OEM	Original Equipment Manufacturer
CFA	Centre de Formation d'Apprentis	OML	Open Manufacturing Language
CPME	Confédération des Petites et Moyennes Entreprises	ORCI	Observatoire Régional des Compétences Industrielles
CMS	Composants montés sur surface	P2M	Product-to-Machine
CNFM	Coordination Nationale pour la Formation en Microélectronique et en nanotechnologies	PCB	Printed Circuit Board
CRM	Customer Relationship Management	PCBA	PCB Assemblé
CVC	Corporate Capital Venture	PFA	Plateforme Française de l'Automobile
DARPA	Defense Advanced Research Projects Ag.	PLEIADE	Plateforme Européenne d'Intégration, d'Assemblage et de Développement Electronique
DfM	Design for Manufacturing	PLM	Product lifecycle management
ECSEL	Electronic Components and Systems for European Leadership	REST	Representational State Transfer
EDI	Electronic Data Interchange	RNCP	Répertoire national des certifications professionnelles
EEEA	Electronique, énergie électrique, automatique	S&OP	Sales and Operations Planning
EMS	Electronics Manufacturing Services	SDK	Software Development Kit
ERP	Progiciel de Gestion Intégré	SEICOM	Systèmes Electroniques et Informatiques Communicants
ETI	Entreprises de taille intermédiaire	SN	Systèmes Numériques
ETL	Extract-Transform-Load	SPI	Solder Paste Injection
ETP	Equivalent Temps Plein	SPP	Solder Paste Placement
FPY	First Pass Yield	SQL	Structured Query Language, langage informatique normalisé
GEII	Génie électrique et informatique industrielle	STI2D	Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable
GS1	Global Solution 1	TRL	Technology Readiness Level
IAO	Ingénierie Assistée par Ordinateur	TRS	Taux de Rendement Synthétique
ICT	Informatique, Consumer and Telecoms		
IGV	Intelligent Guided Vehicle		
IPC	Institute for Printed Circuits		
IOM	Interface Homme-Machine		
IoT	Internet des Objets		

BIBLIOGRAPHIE

« Gartner Says 8.4 Billion Connected “Things” Will Be in Use in 2017, Up 31 Percent From 2016 »
Gartner

« Big data et objets connectés – Faire de la France un champion de la révolution numérique »
Institut Montaigne, 2015

« Enquête nationale IoT, Technologies émergentes & Compétences recherchées »
dir. Pierre-Yves PAQUES, ESEO, 2017

« Prix moyen d'un capteur »
Goldman Sachs et BI Intelligence

« Le marché IoT B2B »
Comparaison de marché, Gartner, 2017

« 50% des solutions IoT en 2018 proviendront de start-up de moins de 3 ans »
Jim Tully, Research Director, Gartner

« The “Ticking Time Bomb” of Counterfeit Electronic Parts »
Industry Week, 2013

« Counterfeit Parts: Increasing Awareness and Developing Countermeasures »
Aerospace Industry Association, 2011

« Pacte pour la compétitivité de l'industrie française »
Louis Gallois, 2012

« Venture Pulse »
KPMG, 2017

ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES

« L'Usine électronique du futur déploiera l'ensemble des leviers de l'Industrie du futur pour améliorer la compétitivité »
Roland Berger, 2017

« Feuille de route “Industrie Electronique du Futur” pour les acteurs de la filière – Enjeux et panorama de solutions »
Roland Berger, 2017

« Feuille de route de la filière pour l'Industrie Electronique du Futur »
Roland Berger, 2017

« Evolution du taux de croissance annuel »
DECISION, Roland Berger, 2017

« Base installée d'objets connectés par segments »
Gartner, Roland Berger

« Dépenses mondiales en IoT »
Gartner, Roland Berger

« Marché des objets connectés »
Institut Montaigne, AT Kearney, Roland Berger

« Taille de marché de la production électronique »
DECISION, New Venture Research, Roland Berger, 2017

« La filière des composants est le fer de lance d'une pyramide de création de valeur à l'effet de levier gigantesque »
DECISION, Roland Berger, 2017

« L'IoT B2B, un levier majeur de création de valeur »
Roland Berger, 2017

« Les variations en aval de la chaîne de valeur sont amplifiées par effet lasso en amont de par la rigidité de la supply chain »
SPDEI, Roland Berger, 2017

« Le marché de la distribution est très concentré sur les dix plus grands distributeurs mondiaux et notamment sur les deux premiers »
Source Today, Roland Berger, 2017

« Phases de développement de la production industrielle »
Bitkom/Fraunhofer, DFKJ, Roland Berger, 2017

« Périmètre de l'industrie du futur »
Roland Berger, 2017

« Schéma de la future usine du futur »
Roland Berger, 2017

« Décomposition des pain points expliquant la non-performance des lignes de production »
Roland Berger, 2017

« Illustration d'équipement front-end et coûts indicatifs des équipements »
Desk Research, Roland Berger, 2017

« Evolution du poids de la main d'œuvre directe »
Roland Berger, 2017

ILLUSTRATIONS ET GRAPHIQUES

« Evolution de la main d'œuvre indirecte de production »
Roland Berger, 2017

« Evolution de la main d'œuvre indirecte –
Support fonctionnel »
Roland Berger, 2017

« Détails des principaux postes de financement »
Roland Berger, 2017

« Evolution de l'EBIT et ROCE »
Roland Berger, 2017

« Productivité par employé dans la production de cartes
électroniques »
Eurostat, Roland Berger, 2017

« Principe d'un fonctionnement en plan de rappel »
Viruégá, Roland Berger, 2017

« GS1 est une organisation non gouvernementale à but
non-lucratif présente dans 15 filières, notamment
industrielles »
GS1, Roland Berger, 2017

« Aperçu des potentialités OML »
Membr Graphics, Roland Berger

« Système de contrôle haut niveau »
OPC UA, Roland Berger, 2017

« Qualifier l'univers des défauts possibles est un enjeu
critique de la traçabilité dans le futur »
Aster Technologies, Roland Berger, 2017

« Trois grands bassins d'emplois, le Grand Ouest, l'AuRA et
l'Île-de-France »
Decision, Usine Nouvelle, SNESE, Roland Berger, 2010

« Effectif de l'industrie électronique par région »
ACCOSS, Decision, Roland Berger, 2016

« Evolution des effectifs salariés de l'électronique en France »
ACCOSS, 2015

« Cartographie des métiers de l'électronique »
Carifiref-Orci, Roland Berger, 2017

« Cartographie des formations menant à l'emploi dans
l'industrie électronique »
Carifiref-Orci, Roland Berger, 2017

« Evolution des effectifs (scolaires et apprentis) en dernière
année de formation par diplôme dans les Pays de la Loire »
ORCI d'après CEREQ, 2016

« Difficulté de recrutement par métier »
Pôle Emploi, Carifiref-Orci, Roland Berger

« Evolution des compétences par fonction et Nouveaux
métiers »
Roland Berger, 2017

« Cartographie des principaux besoins de formation
par fonction »
Roland Berger, 2017

« Source d'innovation des sociétés traditionnelles établies »
Roland Berger, 2017

« Pourquoi adapter les modèles de collaboration traditionnels
pour du codéveloppement en IoT ? »
Roland Berger, 2017

« Orientation en amont de la plateforme –
Arbre de décision »
Roland Berger, 2017

« Parcours client »
Roland Berger, 2017

« Outils de recherche – PME / ETI »
Roland Berger, 2017

« Profil d'une PME / ETI »
Roland Berger, 2017

« Outils de recherche – start-up »
Roland Berger, 2017

« Profil d'une start-up »
Roland Berger, 2017

« Fonctionnalités techniques – Exemple "Détection de
fuite" »
Roland Berger, 2017

« Outils d'auto-évaluation pour le déploiement de l'Industrie
Electronique du Futur à destination des acteurs de la filière »
Roland Berger, 2017

« Feuille de route "Industrie Electronique du Futur" pour les
acteurs de la filière – Enjeux et panorama de solutions »
Roland Berger, 2017

CONTRIBUTEURS

1. SUPPLY CHAIN

Frédéric PETIT

Acal BFI – Business Development Director
frederic.petit@acalbfi.fr

Stéphane RATELET

Digi-Key Corporation – Business Dvlpt. Mngr. Fr.
stephane.ratelet@digkey.com

Michel MORERE

Eolane – Directeur des Opérations
michel.morere@eolane.com

Sylvain LE PENNEC

Lacroix Electronics – Corp. Supply chain Mngr.
s.lepennec@lacroix-electronics.com

Loic BIAREZ

Pertilience – PDG
loic.biarez@pertilience.com

Adrien SANDRINI

Precogs – PDG & co-fondateur
adrien.sandrini@precogs.com

Alexandre LASSIS

SAP – Directeur Innovation & Value Advisory
alexandre.lassis@sap.com

Christian CHARVIN

SAP – Presales Customer Solution Manager
christian.charvin@sap.com

Pascal FERNANDEZ

SPDEI – Président
pascal.fernandez@avnet.eu

Ludovic MARQUET

WE Network – Chargé d'affaires
l.marquet@we-n.eu

2. COMPETITIVITE

Pierre PIVER

ALL Circuits – Directeur Stratégie & Développement
pierre.piver@allcircuits.com

Philippe MASSOLO

ASTER Technologies – Responsable des ventes
philippe.massolo@aster-technologies.com

Laurent KOENIG

ATELOG2i – PDG
laurent.koenig@atelog2i.fr

Guillaume FLIPO

ATLANTIC GROUP – Electronic Unit Manager
gflipo@groupe-atlantic.com

Frédéric FAURE

Eolane – Directeur Eolane Saint-Agrève
frederic.faure@eolane.com

Franck LE STRAT

isatech – Corporate General Manager
franck.lestrat@isatech.fr

Ludovic HARENG

LACROIX Electronics – VP Opérations & Qualité
l.hareng@lacroix-electronics.com

Stéphane CREPET

Productys
stephane.crepet@productys.com

Francois LETEINTURIER

SAP – Presales Customer Solution Manager
francois.leteinturier@sap.com

Christophe GROLLET

Thalès – Responsable Département Industrialisation
christophe.grollet@thalesgroup.com

Armel FOURREAU

ThingType – Fondateur et PDG
armel.fourreau@thingtype.com

Pierre-Yves LENAIN

WE Network – Chargé d'affaires
py.lenain@we-n.eu

CONTRIBUTEURS

3. TRAÇABILITE

Frédéric PETIT

Acal BFI – Business Development Director
frederic.petit@acalbf.fr

Christophe LOTZ

ASTER Technologies – PDG
christophe.lotz@aster-technologies.com

Simon LE BAYON

isatech – Corporate General Manager
simon.lebayon@isatech.fr

Eric MEYNET

LACROIX Electronics – Corp. Manufacturing Dvlpt. Mngr.
e.meynet@lacroix-electronics.com

Adrien SANDRINI

Precogs – PDG & co-fondateur
adrien.sandrini@precogs.com

Philippe GEOFFROY

SAP – Directeur de l'Industrie 4.0 France
philippe.geoffroy@sap.com

Christophe POIRIER

Visteon Corporation – Responsable logistique
christophe.poirier@visteon.com

4. ROADMAPS TECHNO - PROCÉDÉS

Jean-Benoit PIERROT

CEA LETI – Resp. partenariats et CST.
jean-benoit.pierrot@cea.fr

Stéphane BELLENGER

EOLANE – Tech. Dir. & Market Segment Mngr.
stephane.bellenger@eolane.com

Bruno ALLARD

INSA Lyon – Directeur du laboratoire Ampère
bruno.allard@insa-lyon.fr

Jean-Alain LE FLOCH

LACROIX Electronics – Technologist
ja.lefloch@lacroix-electronics.com

Bernard LEDAIN

Meredit – Directeur des programmes
bernard.ledain@meredit.fr

Jean-Samuel REYNAUD

Qowisio – CTO
jeansamuel.reynaud@qowisio.com

Mael MOGUEDET

S2P Smart Plastic Products – PDG
mael.moguedet@s-2p.com

Alain PHILIPPE

SOURIAU – Resp. Business Dvlpt. & Marketing
aphilippe@souriau.com

Christophe GROLLET

Thalès – Resp. Département Industrialisation
christophe.grollet@thalesgroup.com

Christian LE MOUËLLIC

We-Network – Network Coordinator
c.lemouellic@we-n.eu

CONTRIBUTEURS

5. FORMATIONS & COMPETENCES

Philippe CLOZEL

AFPA – Responsable du développement commercial
philippe.clozel@afpa.fr

Philippe ALBRIEUX

Circuit Imprimé Français – Président
dir@cif.fr

Bruno DELMAS

Circuit Imprimé Français – Directeur Commercial
dir.commercial@cif.fr

Corentine REGNARD

Eolane – Directrice des Ressources Humaines
corentine.regnard@eolane.com

Nadine GUILLEMOT

Esisar Grenoble INP – Directeur
nadine.guillemot@esisar.grenoble-inp.fr

Pascal LEFORT

Grenoble EM – Responsable de la formation continue
pascal.lefort@grenoble-em.com

Pierre-Jean ALBRIEUX

IFTEC – Président
pj.albrieux@iftec.fr

Jean-Paul BOULEY

INES – Gérant
jp.bouley@ines-rd.com

Bruno SALMON-LEGAGNEUR

IRT Jules Verne – Directeur de la Formation
bruno.salmon-legagneur@irt-jules-verne.fr

Thomas LESORT

Lacroix Electronics – VP HR & Finance
t.lesort@lacroix-electronics.com

Dominique SEGURA

LATEM – Directeur
dominique.segura@latem.fr

Béatrice PRADARELLI

Université de Montpellier – Associate Professor
beatrice.pradarelli@lirimm.fr

Paul LUPPI

SELHA Group – Site Manager
paul.luppi@selhagroup.com

Olivier BONNAUD

Université Rennes 1 – Professeur
olivier.bonnaud@univ-rennes1.fr

Sébastien CHADAL

Würth Elektronik – FAE
sebastien.chadal@we-online.com

Thomas LOOS

Würth Elektronik – Président WE France
thomas.loos@we-online.co

Ana LOIZEAU

We-Network – Instructional Engineer
a.loizeau@we-n.eu

6. MODÈLE DE TRANSFORMATION

Patrick MARIONNEAU

EMKA Electronique – PDG
patrick.marionneau@emkaelec.com

Anthony GILBERT

Eolane – Deputy Industrial Director
anthony.gilbert@eolane.com

Dominique MAISONNEUVE

LACROIX Electronics – Smart Industry Proj. Mngr
d.maisonneuve@lacroix-electronics.com

Eric BOURRELI

Refacteo – PDG et fondateur
eric.bourreli@refacteo.com

Alexandre LASSIS

SAP – Director, Innovation & Value Advisory
alexandre.lassis@sap.com

Stéphane DUPOUX

SEICA – Directeur Général France
dupoux@seica.fr

Cédric ENARD

We-Network – Ingénieur Conseil
c.enard@we-n.eu

CONTRIBUTEURS

7. RELATIONS GRANDS GROUPES SECTEURS APPLICATIFS, START-UPS

Christophe ANGOT

Angers Technopole – Directeur
christophe.angot@angerstechnopole.com

Yoann DIGUE

Angers Loire Dvlpt – Chargé de mission numérique
ydigue@angers-developpement.com

Elodie DOUAGLIN

Angers Technopole – Chargée de mission Innov. Numérique
elodie.douaglin@angerstechnopole.com

Anaïs BECU

BNP Paribas – Responsable Digital et Innov. Région Ouest
anais.becu@bnpparibas.com

Thomas BARBET

BNP Paribas – Chargé d’Affaires Entreprises Pays de la Loire
thomas.barbet@bnpparibas.com

Sébastien MONTUSCLAT

Bpifrance – Responsable sectoriel Numérique
sebastien.montusclat@bpifrance.fr

Louise CARON

Bpifrance – Membre du Hub BPI France
louise.caron@ext.bpifrance.fr

Cécile BAR

Business Angel ABAB
cecilebaranjou@gmail.com

Jean-Yves DESMARRES

CAP’TRONIC – Directeur Ouest
desmarres@captronic.fr

Emmanuelle LECLERC

Cité de l’Objet connecté – Directrice Marketing et Comm.
emmanuelle.leclerc@citedelobjetconnecte.com

Maxence CHOTARD

EISOX – Business Development
maxence.chotard@eisox.com

David LE CHENADEC

Enedis – Responsable numérique et innovation
david.le-chenadec@enedis.fr

Jérôme COLIN

Eolane – CTO
jerome.colin@eolane.com

Stéphane GENDROT

LACROIX Electronics – VP Business Development
s.gendrot@lacroix-electronics.com

Stéphane GERVAIS

LACROIX GROUP – General Manager & Strategic Innovation
s.gervais@lacroix.fr

Philippe MIHELIC

La Poste – Directeur
philippe.mihelic@laposte.fr

Herve NAUDIN

Orange – Start-up Program
herve.naudin@orange.com

Thierry GUICHARD

PCM – Responsable Marketing
tguichard@pcm.eu

Nicolas DESFARGE

Sercel – Chef de projet start-up Axandus
nicolas.desfarge@sercel.com

Armel FOURREAU

ThingType – Fondateur et PDG
armel.fourreau@thingtype.com

Jean-Samuel REYNAUD

Qowisio – CTO
jeansamuel.reynaud@qowisio.com

PUBLISHER

Roland Berger

62-64, Rue de Lisbonne

75008 Paris

+33 1 53 67 03 20

www.rolandberger.com

ÉDITEUR

Roland Berger

Maxime LAURENT, Junior Editor

maxime.laurent@rolandberger.com

AUTEURS

Roland Berger

Eric KIRSTETTER, Partner

eric.kirstetter@rolandberger.com

Romain LUCAZEAU, Principal

romain.lucazeau@rolandberger.com

Ambroise LECAT, Principal

ambroise.lecat@rolandberger.com

Benjamin FAVREAU, Senior Consultant

benjamin.favreau@rolandberger.com

CONTACT PRESSE

Roland Berger

Laura GUÉNIN, GM Advisor

+33 1 53670-919

laura.guenin@rolandberger.com

WE-Network

Vincent BEDOUIN, Président

v.bedouin@we-n.eu

Sébastien ROSPIDE, Directeur Général

s.rospide@we-n.eu

ACSIEL

Gilles RIZZO, Délégué Général

grizzo@acsiel.fr

CCI Maine et Loire

Thierry VERGNAULT

Directeur adjoint Développement des entreprises

thierry.vergnault@maineetloire.cci.fr

Angers FrenchTech

Michel PERRINET, Délégué territorial

michel.perrinet@angersfrenchtech.com

Stéphane GUERRY, Chargé de mission

stephane.guerry@angersfrenchtech.com

www.rolandberger.com

Retrouvez toutes les publications et les actualités de Roland Berger



POUR EN SAVOIR PLUS

Implanté en France depuis 1990, Roland Berger est le premier cabinet de conseil de Direction Générale d'origine européenne avec 2 400 collaborateurs répartis dans 50 bureaux et 34 pays. Le bureau de Paris rassemble plus de 300 collaborateurs, dont 210 consultants et 30 Partners, et conseille les grands groupes français et internationaux sur les problématiques clés de l'entreprise.

Navigating Complexity

Depuis 50 ans, Roland Berger aide ses clients à s'adapter au changement. Pour les 50 prochaines années, nous nous engageons à soutenir nos clients dans les défis qui les attendent, en leur permettant de trouver leur chemin dans un monde complexe. Pour cela nous les aidons à élaborer et mettre en œuvre les stratégies adaptées, en vue d'un succès durable.

Avec la collaboration de :



Avec le financement de :

