

L'entreprise Phenix Systems, productrice de solutions de prototypage rapide par frittage laser de poudres métalliques, est leader mondial sur son marché. Cependant, seules trois entreprises françaises sont productrices de technologies, bien que notre recherche académique soit bien placée au niveau mondial. En effet, la France est reconnue pour son niveau technologique, l'AFPR et ses membres sont présents dans le septième PCRDT européen pour le *Rapid Manufacturing* (RM) et dans le programme Manufacture.

Cependant, la concurrence s'organise rapidement. À ce titre, on peut noter que le leader mondial américain 3D System a racheté, en 2010, deux entreprises françaises de prestation de services dans le domaine du prototypage rapide. Par ailleurs, le groupe allemand EOS, un des trois premiers acteurs sur le marché mondial, restructure sa production de machines de prototypage rapide vers l'industrie par la réalisation de machines industrielles (création de centres de production européens). Ils sont d'ores et déjà en mesure de proposer des offres spécifiques pour les prothésistes par exemple.

Analyse AFOM

Atouts

Position de pointe dans le domaine académique, tissu de PME actives, nombre important d'utilisateurs.

Faiblesses

Reproductibilité, fiabilité, besoin très important de normalisation, pas de grand industriel français producteur. Le tissu industriel du prototypage rapide français est essentiellement composé de PME et de TPE.

Opportunités

Des applications très variées, rapidité de fabrication avec tous types de matériaux, fabrication de produits sans frais fixes car la fabrication n'a pas recours aux moules.

Menaces

Acteurs étrangers s'implantant en prestation de services sur le territoire, rachat des compétences françaises.

Recommandations

Le besoin majeur de ce secteur est la normalisation. En effet, pour que les techniques de fabrication rapide soient utilisées par les industriels, elles doivent répondre aux contraintes industrielles et être donc normalisées.

Le secteur manque d'une entité structurante poussant le transfert industriel des technologies créées par la recherche académique. Ce pôle actif au niveau pratique serait une vitrine industrielle des capacités existantes en prototypage rapide.

Enfin, il y a un réel besoin de sensibiliser et de faciliter la diffusion de la technologie vers les PME-PMI pour lesquelles la fabrication rapide additive constituerait un outil incontournable.

Liens avec d'autres technologies clés

67

69

Maturité (échelle TRL)

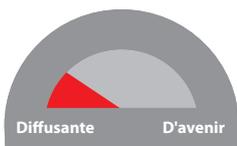
	Émergence (TRL : 1-4)
	Développement (TRL : 5-7)
	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

	Leader ou Co-Leader
	Dans le peloton
	En retard

Potentiel d'acteurs en France

	Faible
	Moyen
	Fort



11. Élaboration de composites

Assemblage multimatériaux

Définitions

Le matériau composite est un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles. Trois familles de matériaux composites peuvent être considérées : les composites à matrice organique (CMO), les composites à matrice céramique (CMC) et les composites à matrice métallique (CMM).

Les matériaux composites présentent l'intérêt de combiner des propriétés qu'aucun des composants pris séparément ne peut fournir.

L'engouement pour les matériaux composites repose en partie sur leur capacité à être des matériaux de performance multifonctions (par exemple légèreté et résistance mécaniques pour les applications transport).

La diffusion des matériaux composites dans des applications industrielles repose à la fois sur des innovations au niveau de leur élaboration mais également au niveau de leur assemblage.

Description

Les évolutions dans l'élaboration de composites concernent l'amélioration de l'évaluation des défauts de structure afin d'assurer durabilité, fiabilité, réduction des coûts, augmentation des cadences de fabrication et accroissement de la complexité des pièces.

Des développements sont aujourd'hui engagés pour insérer des capteurs lors de la réalisation des pièces afin de suivre la régularité de l'évolution du matériau dans le moule, ou de suivre l'état de santé de la pièce lorsqu'elle subit des contraintes. D'autres voies étudiées concernent les fonctions d'auto-cicatrisation ou bien de changement de forme.

Les évolutions des technologies d'élaboration des composites sont en lien avec l'augmentation des préoccupations environnementales. Les réglementations visant à réduire les émissions de composés organiques volatils (COV) favorisent le développement et l'optimisation de nouveaux procédés afin de limiter les dégagements de vapeurs de solvants.

Par ailleurs, le recyclage des produits en fin de vie et la limitation des consommations en ressources non renouvelables sont au cœur des préoccupations. Cela conduit à l'introduction de nouvelles familles de produits comme les biomatériaux : PLA (résine), lin ou chanvre (charges ou fibres végétales...).

Les problématiques de l'assemblage multimatériaux sont en partie liées à l'association des composites avec des matériaux plus traditionnels (aéronautique). Les systèmes multimatériaux sont développés pour répondre aux exigences récentes des marchés (allègement, conductivité, esthétique, recherche de nouvelles fonctionnalités...). La réussite de l'assemblage nécessite de gérer de façon optimale les transmissions de contraintes et/ou les effets mécaniques.

Cela nécessite donc de bien comprendre comment ces différents matériaux fonctionnent. En conséquence, des évolutions sont attendues au niveau du collage (durabilité, fiabilité en milieux sévères...) ou bien au niveau des procédés « physiques » (soudage laser, soudage par friction, par faisceau d'électrons...).

Applications

Le marché mondial des composites représentait 60 Md€ en 2008 avec un taux de croissance annuelle se situant entre 4 et 5 % (soit un marché de 85 Md€ en 2013). Dans ce marché en croissance, l'Inde et la Chine affichaient des croissances respectives de 14,5 % et 10 % en 2006 [16]. Le marché principal adressé par les matériaux composites à matrice métallique est l'automobile. En effet, ce sont plus de 50 % des composites métalliques qui sont

utilisés dans ce secteur. Suivent les industries électronique et de gestion thermique, l'aéronautique, le ferroviaire, le bâtiment, l'énergie, etc. La production mondiale de CMM était de 4 400 tonnes en 2008. Elle est estimée à 6 000 tonnes pour 2013 [17].

Les composites à matrice organique représentent aujourd'hui les volumes les plus importants à l'échelle industrielle. Au niveau mondial ce sont les marchés de l'automobile, de l'aéronautique et de l'énergie (énergie éolienne) qui vont croître le plus rapidement dans les prochaines années.

Enjeux et impacts

Les composites répondent aux besoins actuels de nouveaux matériaux à haute performance tout en allégeant au maximum les pièces et tout en étant compétitif économiquement. Dans ce cadre, l'anticipation des performances de ces nouveaux matériaux grâce à la modélisation est clé. En aéronautique, il s'agit de savoir comment réagissent les composites, notamment en cas d'accident. La modélisation est aussi nécessaire pour améliorer la compréhension des comportements des matériaux à la contrainte afin d'assurer une meilleure durabilité et une fiabilité optimale de ces systèmes.

Au niveau des assemblages multimatériaux, les enjeux concernent aussi bien la maîtrise de l'assemblage en lui-même que la gestion des matériaux tout au long de leur cycle de vie. En particulier, la prise en compte des problématiques HSE concernant les colles utilisées en assemblage est actuellement perçue comme un verrou au développement.

Un des enjeux majeur de l'élaboration de composites et de l'assemblage multimatériaux est la prise en compte du recyclage des pièces. En effet, un des freins à l'utilisation des matériaux composites est le manque de filière de traitement ou de valorisation des déchets. Cela conduit parfois les industriels à se tourner vers des solutions plus classiques. Concernant l'assemblage multimatériaux, l'enjeu majeur concerne le désassemblage



Degré de diffusion dans l'absolu

<input type="radio"/>	Faible diffusion
<input checked="" type="radio"/>	Diffusion croissante
<input type="radio"/>	Généralisation

Degré de diffusion en France

<input type="radio"/>	Faible diffusion
<input checked="" type="radio"/>	Diffusion croissante
<input type="radio"/>	Généralisation

pour un recyclage techniquement et économiquement acceptable.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D** : Cetim, IFTH, CLFA, Composites et Systèmes, Creacol, CNRT-Multimatériaux, CTBA, Institut de soudure, Lermab Nancy, Onera, Rescoll, Mines de Douai
- **Intégrateurs-utilisateurs** : Acteurs du GPIC, Airbus, Allibert Equipement, Alsthom, Atofina, Axson, Air Liquide Welding, Bostik, Beneteau, Bretagne composites, Compositec, Compreforme, Dassault, DCN, EADS, Faurecia, Hussor, Hutchinson, Inoplast, Natec, Nief Plastic, Peguform, Plastim, Ocean composites, Rhodia, Saint-Gobain, Sogeplast, Sotira, Stratiforme, Stratim, SYMAP, Topflex
- **Centres de compétences** : Pôles Aerospace Valley, Arve Industries, Axelera, EMC2, Matéralia, PPE, PEP

Position de la France

La croissance du marché français est faible comparée à celle de l'Inde et de la Chine. Cependant, avec environ un millier d'entreprises, majoritairement des PMI, et une filière structurée, la France se place en bonne position au niveau mondial sur les matériaux composites. Cette position résulte également d'un historique important dans l'aéronautique.

Analyse AFOM

Atouts

Forte connaissance des composites en particulier grâce au développement du secteur aéronautique français ; expertise reconnue en soudage et collage ; la France était le troisième producteur européen de composites en 2006.

Faiblesses

Peu de connaissances sur le vieillissement des matériaux et de l'assemblage ; manque de modélisation et pas de filière pour le recyclage.

Opportunités

Allègement des structures avec conservation des performances ; l'assemblage multimatériaux est une tendance globale du secteur ; nouvelle filière de recyclage à créer.

Menaces

L'industrie des matériaux composites devra intégrer les contraintes du développement durable à l'horizon 2015 (recyclage automobile) ; forte croissance des productions indiennes et chinoises de composites dont la qualité est croissante.

Recommandations

La prise en compte du recyclage des nouveaux matériaux composites dès la conception est nécessaire à l'essor de leur utilisation dans tous les domaines d'applications. Par ailleurs, la réalisation d'un référencement des qualifications des PME offrant des solutions dans ce domaine est nécessaire car ces sociétés souffrent aujourd'hui d'un manque de visibilité auprès des donneurs d'ordre du secteur des transports (aéronautique, ferroviaire...). Les matériaux composites pourraient bénéficier de la mise en place d'une filière structurée favorisant les rapprochements des PME et des grands groupes et la diffusion des composites dans le tissu industriel régional. En ce qui concerne l'assemblage multimatériaux, il convient de prévoir le désassemblage dès la conception, faute de quoi le recyclage est impossible. La prise en compte simultanée de l'assemblage et du désassemblage dès la conception est l'un des verrous de l'éco-conception.

Liens avec d'autres technologies clés

1

8

37

68

Maturité (échelle TRL)

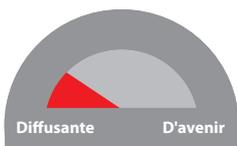
<input type="radio"/>	Émergence (TRL : 1-4)
<input type="radio"/>	Développement (TRL : 5-7)
<input checked="" type="radio"/>	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

<input checked="" type="radio"/>	Leader ou Co-Leader
<input type="radio"/>	Dans le peloton
<input type="radio"/>	En retard

Potentiel d'acteurs en France

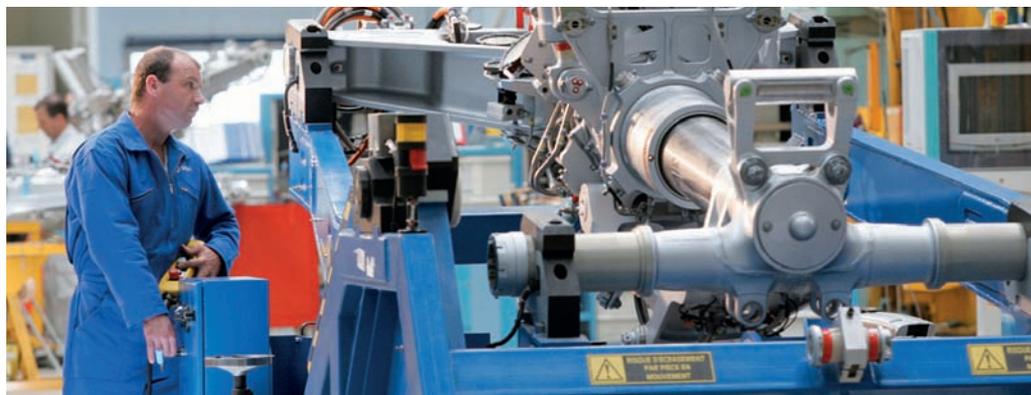
<input type="radio"/>	Faible
<input checked="" type="radio"/>	Moyen
<input type="radio"/>	Fort



12. Contrôle non destructif

Définitions

Le contrôle non destructif (CND) est un ensemble de méthodes qui permettent de caractériser l'état d'intégrité de structures ou de matériaux, sans les dégrader. Le CND assure désormais la surveillance des équipements au cours de la production, en cours d'utilisation ou encore dans le cadre d'opérations de maintenance et d'expertise. Le contrôle non destructif rassemble des méthodes et techniques variées de caractérisation et d'analyse des matériaux. Les plus courantes sont : le contrôle par ressuage, la magnétoscopie, les courants de Foucault, la radiographie, la tomographie (scanner 3D), les ultrasons, l'émission acoustique, la thermographie infrarouge, l'endoscopie et l'étanchéité.



Description

Le développement des nouveaux matériaux, notamment composites, justifie des besoins croissants en contrôle non destructif. En effet, le comportement de ces matériaux vis-à-vis de l'impact, de la présence de défauts et/ou d'endommagements reste parfois méconnu. Les méthodes de CND devront permettre la caractérisation de ces matériaux afin d'assurer la fiabilité et de contrôler les performances des structures et ouvrages les utilisant. Cette technologie s'inscrit ainsi dans une démarche de gestion durable des matériels et installations, et de maîtrise des risques inhérents à leur utilisation.

L'évolution des méthodes de contrôle non destructif passera également :

- par la mise en place de techniques *in situ* et en temps réel. Cela permettra d'évaluer l'endommagement et le vieillissement des structures en continu ;
- par l'exploitation des nouvelles avancées en physique qui pourront être rapidement valorisées en nouveaux capteurs et méthodes de CND (thermoélectricité par exemple).

Applications

Le contrôle non destructif s'intègre dans les systèmes de surveillance, de pilotage et de maintenance existants. La caractérisation des matériaux par contrôle non destructif présente deux applications principales :

- la détection et le dimensionnement des défauts dans une pièce ou un assemblage ;
- la mesure indirecte des caractéristiques du matériau (résistance, dureté, etc.).

Les secteurs aéronautique-aérospatial et nucléaire sont les premiers utilisateurs de CND. Les autres utilisateurs sont l'industrie automobile, le contrôle des infrastructures, la chimie et la pétrochimie, les industries agro-alimentaires (maintenance prédictive).

En amont des développements industriels des secteurs concernés, il est possible de réaliser des prestations de

services de CND de produits, de caractérisation de matériaux et de maintenance. Ces prestations s'adressent principalement aux industriels, organismes officiels et aux laboratoires de recherche.

Les principaux utilisateurs du CND restent les grandes entreprises, plutôt que les PME-PMI, en raison du coût d'accès à la technologie.

L'enquête menée par la Confédération française pour les essais non destructifs (Cofrend) auprès de ses adhérents en 2007 indique que le CND représente un marché bien supérieur à 300 M€ en France répartis essentiellement entre la vente d'équipements et les prestations de services. La répartition de l'activité est la suivante : prestations et contrôles dans l'industrie (45 %), fabrication et vente d'équipements (21 %), R&D (19 %), formation (15 %) [18].

Enjeux et impacts

Dans un environnement industriel de plus en plus exigeant en termes de délais, qualité et sécurité, les contrôles non destructifs se révèlent toujours plus nécessaires à la maîtrise de la qualité industrielle. Par ailleurs, les méthodes de CND assurent un gain de temps de contrôle, notamment grâce aux technologies ultrasonores et courants de Foucault multiéléments.

Le CND offre la possibilité de contrôler à 100 % les matériaux de façon automatisée ou robotisée, ou encore dans des zones inaccessibles, ou sur système de surveillance. De la même manière, le contrôle non destructif permet une mesure et un suivi des contraintes.

Le contrôle non destructif est indispensable pour prouver la qualité et la conformité des produits, vérifier la santé matière des équipements et des installations.

De plus, connaître la durée de vie d'un matériau utilisé dans une structure en analysant son comportement est un enjeu majeur pour la maîtrise de la durabilité et de la fiabilité des pièces en service.

Le développement du contrôle non destructif passe

Degré de diffusion dans l'absolu

<input type="radio"/>	Faible diffusion
<input type="radio"/>	Diffusion croissante
<input checked="" type="radio"/>	Généralisation

Degré de diffusion en France

<input type="radio"/>	Faible diffusion
<input type="radio"/>	Diffusion croissante
<input checked="" type="radio"/>	Généralisation

également par la mise en place d'offre de services associés (développements de logiciels d'accompagnement), par l'automatisation et l'augmentation du nombre de matériaux pouvant être testés afin de diminuer le coût d'accès à cette technologie.

Les technologies associées au CND sont constamment en développement afin d'accroître les performances des capteurs et la fiabilité des résultats. C'est la raison pour laquelle des méthodes couplant plusieurs des techniques actuelles sont développées. On note à titre d'exemple des recherches concernant les méthodes électromagnétiques acoustiques ou ultrasonores. Sont également étudiés les techniques d'imagerie magnéto-optiques qui se présentent comme une alternative prometteuse aux méthodes de contrôle par courant de Foucault.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D** : CEA List, Cetim, Cédrat, CTIF, Institut de Soudure, LCPC, Plateforme de recherche ECND-PDL
- **Intégrateurs-utilisateurs** : BabbCo, Cegelec, BFI OPTILAS, EuroMev, GE Inspection Technologies, M2M, Metalscan, Mistras, Olympus, Sofranel, Spectroscan et AREVA, EADS, wncema
- **Centres de compétences** : Aerospace Valley, Matériaia, Cofrend, EMC2, PNB, Xylofutur et l'EFNDT (European Federation for Non-Destructive Testing)

Position de la France

La France est bien positionnée dans le domaine du contrôle non destructif avec une position très forte du CEA avec son logiciel et un tissu industriel important (grands groupes et une trentaine de PMI). Ce positionnement est renforcé par l'importance des filières aéronautique, nucléaire et composites, premiers utilisateurs de la technologie CND. L'activité CND française rassemble environ 5 000 personnes. D'autre part, sur ce marché, les États-Unis sont également bien positionnés et les pays asiatiques connaissent des croissances de développement importantes.

Analyse AFOM

Atouts

Logiciel de simulation Civa développé par le CEA et utilisé par de nombreux acteurs du CND. Dynamisme et innovation de nombreuses PME leaders dans leur segment.

Faiblesses

Coûts d'acquisition et de mise en œuvre importants. Problèmes de compatibilité des systèmes de commande des robots de positionnement avec les exigences des capteurs de mesure. Pérennité limitée des PME ; beaucoup de matériel nord-américain sur le marché (GE, Olympus).

Opportunités

CND nécessaire dans de nombreux secteurs (automobile, aéronautique, bâtiment, etc.) et se révèle indispensable pour maîtriser la durabilité et la fiabilité des matériaux-structures. Développement et diffusion de l'automatisation et de la robotisation du CND. Les nouvelles possibilités de traitement du signal et les méthodes multiéléments permettront d'élargir le champ des applications du CND (exemple retournement temporel, non linéarité acoustique). Diffusion large des outils de modélisation et de simulation du contrôle. Développement de nombreux nouveaux capteurs innovants (imageurs magnétiques, capteurs flexibles). De plus, les industries les plus consommatrices de CND sont très présentes en France.

Menaces

Certains pays européens investissent massivement dans la R&D : Grande-Bretagne (avec un équivalent ANR dédié au CND), Allemagne. Difficultés liées à la petite taille des PME du secteur. Développements bon marché venant de Chine ou de Corée.

Recommandations

Il est nécessaire de réaliser une veille technologique poussée concernant les progrès des méthodes et des capteurs. Par ailleurs, ces évolutions technologiques et la complexification des problématiques industrielles nécessitent du personnel de plus en plus compétent.

La diffusion des technologies de contrôle non destructif peut être assurée via le développement de démonstrateurs et par la formation des utilisateurs industriels afin de soutenir et favoriser la mise en place de plates-formes technologiques à l'image du Centre de contrôle non destructif pour matériaux composite (Iseetech) inauguré en 2007.

Concernant les normes associées au CND, il s'agit de réaliser un accompagnement et un suivi des actions normatives, afin d'intégrer les exigences mécaniciennes dans les textes futurs.

Liens avec d'autres technologies clés

11

47

67

68

Maturité (échelle TRL)

●	Émergence (TRL : 1-4)
●	Développement (TRL : 5-7)
●	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

●	Leader ou Co-Leader
●	Dans le peloton
●	En retard

Potentiel d'acteurs en France

●	Faible
●	Moyen
●	Fort



BIBLIOGRAPHIE

Monographie :

Analyse de la position de la France

[1] Observatoire des sciences et des techniques, rapport biennal, 2008

Technologies clés :

1. Nanomatériaux

[2] Étude du cabinet Lux Research, 2007
[3] NSF : *Societal Implications of Nanoscience and nanotechnology*, NSF, 2000, <http://www.wtec.org>
[4] The Woodrow Wilson Center, *The project on emerging nanotechnologies*, <http://www.nanotechproject.org>

2. Simulation moléculaire

3. Biotechnologies blanches

[5] *Etude McKinsey*, 2006

4. Microstructuration

[6] Étude Alcimed : *Les microréacteurs, opportunités et applications pour les industries chimiques*. 2006
[7] *Microreactor technology : a revolution for the fine chemical and pharmaceutical industries*, Chem. Eng. Technol. 2005

5. Catalyse

[8] *Catalyse, la chimie fine révisé ses réactions*, Industrie Pharma n°45, 2009
[9] *Les métaux précieux. Cotation or, argent, platine et métaux précieux*, 2010. www.orargent.com

6. Dépôt de couche mince

[10] Rapport de BCC Research. *Thin-layer Deposition: CVD*, 2008. www.bccresearch.com

7. Matériaux fonctionnels, intelligents et de performance

[11] *Textiles Techniques, le futur se tisse en France*, DGE/UBIFRANCE, France, 2006

8. Capteurs

[12] Eetimes. *Huge growth seen for MEMS sensors, actuators*, 2008. www.eetimes.com
[13] Étude Yole Développement. *Mems&Sensors*, 2010

9. Procédés membranaires

[14] BCC Research. *The Global Market for Membrane Microfiltration*, 2010. www.bccresearch.com

10. Fabrication rapide

[15] Wohlers Associates, *Wholers Report 2010*, Monde, 2010

11. Élaboration de composites - Assemblages multimatériaux

[16] *Jec Composites : une filière sur la voie de la maturité*, 2010. www.usinenouvelle.com
[17] BCC Research, *Metal Matrix Composites : The Global Market*, 2009. www.bccresearch.com

12 : Contrôle non destructif (CND)

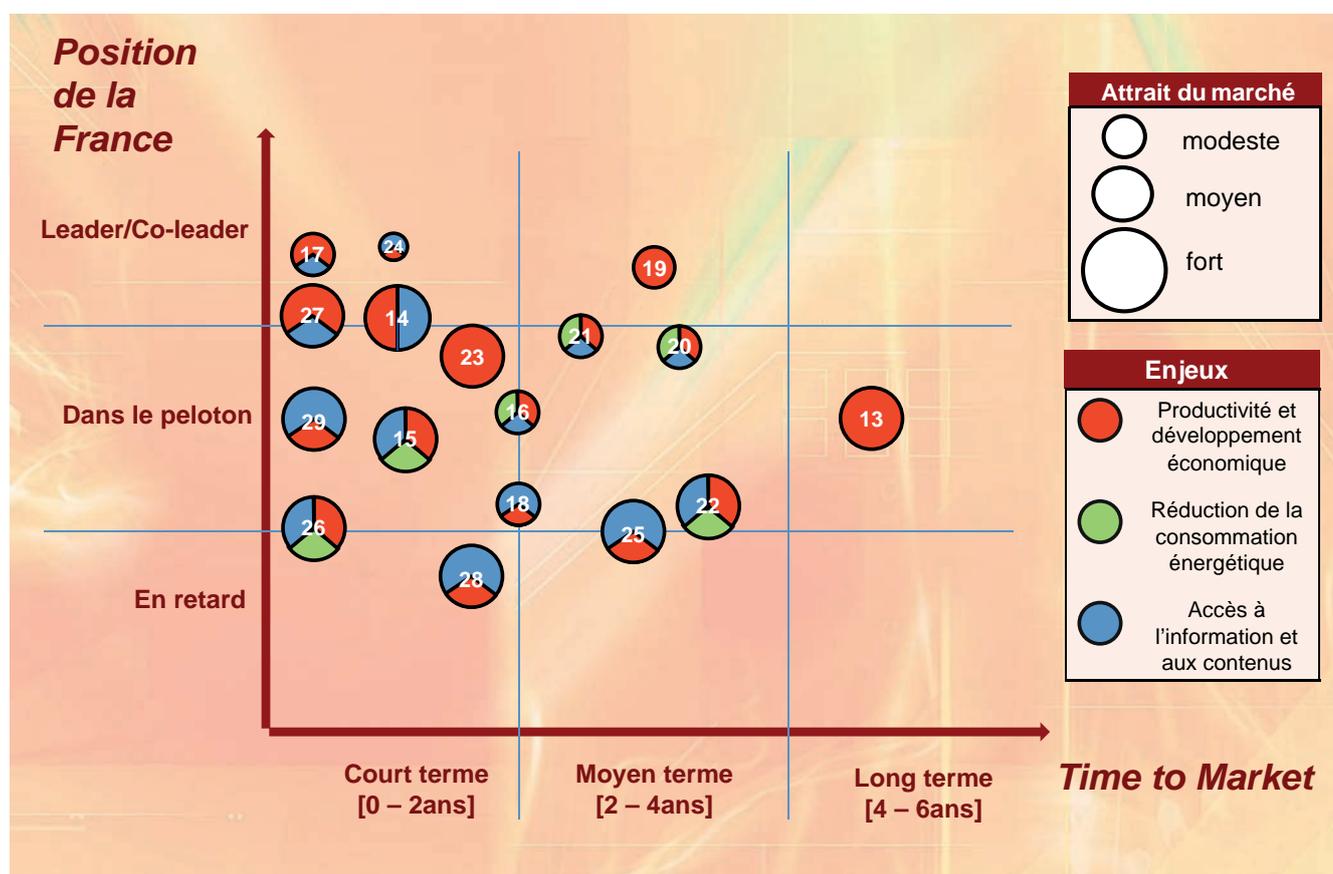
[18] Cofrend, *Enquête auprès des adhérents*, 2009

Technologies de l'information et de la communication



Technologies de l'information et de la communication

- 13. Robotique
- 14. Technologies réseaux sans fil
- 15. Réseaux haut débit optiques
- 16. Objets communicants
- 17. Technologies 3D
- 18. Interfaces homme-machine
- 19. Ingénierie de systèmes complexes et systèmes de systèmes
- 20. Calcul intensif
- 21. Progressive/Intelligent Manufacturing
- 22. Optoélectronique
- 23. Nanoélectronique
- 24. Technologies de numérisation de contenus
- 25. Sécurité holistique
- 26. Virtualisation et informatique en nuages
- 27. Logiciel embarqué et processeurs associés
- 28. Valorisation et intelligence des données
- 29. Portail, collaboration et communications unifiées



Contexte et enjeux

Le secteur des technologies de l'information et de la communication (TIC) est devenu un segment majeur de l'économie des principaux pays industrialisés avec une contribution directe de 5,9 % du PIB en Europe (et 7,5 % aux États-Unis). Au-delà du secteur lui-même, les TIC contribuent au développement de tous les autres secteurs économiques, les TIC représentant en effet plus de 50 % de la croissance de la productivité en Europe (source : Commission Européenne).

Le développement du secteur des TIC s'est appuyé sur de grandes évolutions économiques structurantes. Les économies d'échelle et les progrès technologiques obtenus dans le cadre de la fabrication des composants et des terminaux qui permettent d'une part, de réduire les coûts unitaires et d'attirer logiquement plus d'utilisateurs, et d'autre part, d'en accroître fortement les performances (Loi de Moore : doublement des performances tous les deux ans depuis trente ans). La révolution numérique, avec la numérisation accrue des contenus et services et le développement de l'internet, a permis par ailleurs d'étendre très largement la diffusion des TIC au-delà des grandes entreprises auprès du grand public et des PME.

Les technologies numériques et IP (*Internet Protocol*) permettent de promouvoir de nouveaux modèles économiques (micro-paiement en ligne, abonnement illimité, etc.) ou d'améliorer considérablement les modèles existants (mesures statistiques dans la publicité, etc.). L'abonnement est particulièrement répandu dans les services TIC, permettant de réduire le risque de l'investissement initial et de garantir des revenus récurrents. Les TIC profitent ainsi des caractéristiques intrinsèques du numérique impliquant des coûts marginaux de stockage ou de duplication de l'information quasi nuls et de coûts de traitement et de communication très faibles.

Il est donc possible de bénéficier de coûts de transaction très faibles sur Internet (en comparaison des solutions hors ligne) et de proposer une combinaison à faible coût de différents contenus et services numériques, et de leurs données associées. Il s'agit ainsi de réutiliser des données ou informations déjà existantes en provenance de tiers (services commerciaux, services publics, etc.) sans avoir à recréer de zéro les données. La réutilisation de ces données, notamment les données personnelles, est donc au cœur des enjeux économiques pour diminuer le coût de développement des services. Elle soulève toutefois aussi des questions sur les limites des usages de ces données, encadrés en France par la CNIL. Les capacités de copie des données (brutes et contenus numériques) sont par ailleurs à mettre en balance avec le respect de la propriété intellectuelle.

Les TIC permettent aussi de répondre au moins en partie à de grands enjeux sociétaux comme notamment l'amélioration de la qualité de vie via l'accès et l'échange d'information, le développement durable (via la limitation des déplacements grâce aux échanges distants), la conservation du patrimoine ou encore la fourniture d'outils permettant d'accélérer le développement de nouveaux modèles d'innovation ouverte (*open innovation*). Ainsi l'APIE (Agence du patrimoine immatériel de l'État) numé-

rise ce patrimoine dans les différents ministères pour le pérenniser, mais le met aussi à disposition d'entreprises pour qu'elles créent de la valeur sur cette base, à l'instar de Lexsi.

Cette transversalité des TIC a été comprise par les différents acteurs du marché et les pouvoirs publics avec la création d'Allistene, alliance visant à décloisonner la recherche dans les TIC. Les modèles d'innovation ont en effet fortement évolué durant ces dernières années. La recherche dans les TIC a longtemps été structurée autour de grands laboratoires privés ou académiques et des initiatives publiques (CEA, Plan Calcul etc.), concentrant alors l'essentiel des ressources financières et des connaissances techniques. Avec la plus grande diffusion de la connaissance, la mobilité des travailleurs et l'appui de nouvelles sources de financement (capital-risque, etc.), la recherche s'est en partie déconcentrée. Si les innovations incrémentales sont encore développées par les laboratoires des grands groupes, les innovations de rupture viennent de plus en plus souvent de petites sociétés qui travaillent avec des laboratoires publics. Par ailleurs, le développement de certaines innovations, dans des cycles de vie de produits parfois très courts, est parfois extrêmement coûteux et/ou implique de nombreuses connaissances techniques alors qu'il est impossible de disposer de toutes les expertises. L'innovation nécessite donc une plus grande collaboration entre les différents acteurs.

Le secteur des TIC recouvre l'ensemble des filières relatives aux technologies, aux contenus et aux services numériques, soit :

- l'électronique industrielle et les composants ;
- l'électronique grand public, les équipements audio et vidéo par exemple ;
- le matériel informatique : serveurs, PC et périphériques, équipements de transmission de données ;
- les équipements de télécommunication : équipement de réseaux, terminaux, logiciels et services associés ;
- les logiciels et les services informatiques embarqués, infrastructure ou applicatifs, professionnels et grand publics (dont notamment jeux vidéo) ;
- les services Internet logiciel comme les moteurs de recherche ou les réseaux sociaux ;
- les services de télécommunication : téléphonie fixe et mobile ; transmissions de données ;
- les services et contenus multimédia : télévision, vidéo, cinéma, musique numérique, radio, livre numérique, etc. ;
- la simulation, la modélisation et le calcul intensif.

Selon l'Idate, le marché mondial des TIC a pesé 2 791 Md€ en 2009.

Tableau 1 : Marché mondial des TIC

Md€	2007	2008	2009	2010
Services de télécommunication	928	963	980	1 007
Équipements de télécommunication	225	237	226	236
Logiciels et services informatiques	605	636	619	625
Matériels informatiques	293	302	280	280
Services audiovisuels	258	272	269	282
Électronique grand public	242	259	254	254
Électronique industrielle et composants	184	194	163	209
Total	2 735	2 863	2 791	2 893

Source : IDATE, PAC et WSTS

Le secteur des TIC n'a pas échappé à la crise mondiale, accusant un recul de l'ordre de 1,6 % au niveau mondial (après des croissances de 4 à 7 % par an les années précédentes). Seuls les marchés émergents (qui pèsent environ 25 à 30 % des marchés TIC) ont affiché une croissance en 2009.

La plupart des sous-segments des TIC ont logiquement accusé une décroissance en valeur en 2009 tout en affichant toutefois de (parfois fortes) croissances en volume. Les perspectives restent cependant positives pour le secteur des TIC, avec une croissance attendue de 3,8 % par an d'ici à 2013.

Les équipements de télécommunication

Les équipementiers répondent aux évolutions des réseaux fixes et mobiles par de nouveaux équipements toujours plus performants. Toutefois, la pression sur les prix reste forte en raison notamment de la crise et de mouvements de consolidation chez les opérateurs. Le segment des équipements télécoms a été l'un des plus affectés par la crise, avec un recul de 6 % en 2009.

La concurrence des acteurs chinois (ZTE, Huawei) et des acteurs comme Cisco et HP est par ailleurs de plus en plus forte et l'industrie ne compte désormais plus que quelques acteurs mondiaux, dont notamment le franco-américain Alcatel-Lucent et les européens Nokia, Siemens Network et Ericsson.

Les équipementiers s'adaptent aux exigences des opérateurs, désormais plus sélectifs, cherchant à réduire leurs coûts et à gagner en efficacité. Les dépenses s'orientent ainsi majoritairement vers les infrastructures tout-IP et les services managés. Les contrats d'externalisation des réseaux et de partage des infrastructures se multiplient, offrant un nouveau rôle aux équipementiers.

Les équipements informatiques

Tout comme les équipementiers télécoms, les équipementiers informatiques sont engagés dans une course permanente à la performance stimulée par la pression sur les prix. La crise les a lourdement affectés avec une décroissance de près de 8 % de leurs revenus.

Le marché du matériel informatique reste très largement dominé par des constructeurs-assembleurs américains (HP, IBM, Dell, Apple...), leurs deux compétiteurs asiatiques (Lenovo, Acer) et quelques spécialistes locaux (Hitachi, Fujitsu-Siemens, Bull...). La plus grande partie des composants est fabriquée en Asie, en particulier à Taiwan.

Le marché se décompose en quatre types de matériels :

- les clients, les PC, les Mac, les terminaux passifs ;
 - les serveurs, le plus souvent sous OS Linux, Unix ou Windows, pour gérer centres de données et applications ;
 - les macroordinateurs ou serveurs centraux transactionnels, marché dominé par IBM, souvent le point central du système d'information d'un grand compte ;
 - les supercalculateurs, dévoués au calcul à haute intensité, en particulier dans les domaines scientifiques et militaires.
- Le marché se banalise fortement avec une demande qui, sous l'effet de l'informatique en nuage, s'oriente vers des centres de données automatisés et mutualisés reposant sur des matériels standardisés. De ce fait, la croissance attendue du marché d'ici à 2014 ne sera guère que de 1% par an.
 - L'autre changement majeur est la fusion progressive des marchés télécoms et informatique, une situation d'autant plus accentuée par l'utilisation croissante du *Cloud Computing* et des divers appareils mobiles. Ainsi, Cisco est rentré dans le marché des serveurs informatiques avec UCS (systèmes réseaux et informatiques intégrés pour centres de données) et HP a racheté 3Com, un concurrent l'Alcatel-Lucent.

Les services télécoms

Le marché mondial des services télécoms (voix et données sur réseaux fixes et mobiles) est celui qui a le mieux résisté à la crise avec une croissance de l'ordre de 2 % au niveau mondial en 2009. Cette résistance forte provient notamment des pratiques d'abonnement très répandus sur le fixe comme sur le mobile. Toutefois, la plupart des marchés les plus avancés (sauf États-Unis, France et Corée du Sud) ont vu leurs revenus baisser en 2009.

Les marchés traditionnels de téléphonie sont en déclin, à l'instar de la téléphonie fixe. Les services mobiles, tirés par les développements dans les pays émergents, représentent d'ailleurs désormais la plus grande partie du marché (54 % des télécoms). De nouveaux marchés viennent toutefois prendre le relais des technologies traditionnelles, avec notamment le transfert vers l'IP autour du développement de la voix sur IP et de l'internet mobile, et surtout de l'accès haut débit (près de 20 % du marché total des télécoms).

Les marchés en Europe sont dominés par quelques acteurs paneuropéens (France Telecom, Telefonica, Vodafone, etc.) et des acteurs essentiellement locaux (Free, Bouygues Telecom, Fastweb, etc.).

Les opérateurs télécoms se sont engagés dans de nombreuses diversifications distribuées notamment dans leurs offres multi-produits (*triple play*, etc.), allant même jusqu'à proposer des services de contenu ou des solutions appliquées à d'autres industries (santé, énergie, etc.). Ces initiatives restent encore modestes en termes de revenus générés, mais illustrent les capacités d'innovation transversale des opérateurs autour de l'internet.

Si la dynamique des services télécoms reste forte, elle ne bénéficie toutefois que peu aux opérateurs télécoms et aux acteurs français, en dehors des services d'accès au réseau. Les acteurs dominants sur le service sont en effet le plus souvent des acteurs

nord-américains issus directement ou indirectement de l'industrie logicielle (Google, Facebook, Amazon, etc.). Grâce à l'internet, n'importe quel acteur peut en effet adresser à distance le marché mondial des services.

Les services et contenus médias

Le secteur des médias et des contenus accélère sa migration vers l'internet, aussi bien dans les solutions ouvertes que sur les services managés des opérateurs (télévision sur IP, etc.). Le marché mondial n'a pas échappé à la crise avec un recul par exemple des services de télévision de 1,2 % en 2009, notamment du fait de la baisse de la publicité (- 9,5 %). Le marché doit aussi faire face à des difficultés plus structurelles avec une destruction de valeur avec le passage au numérique (découplage, piratage, etc.).

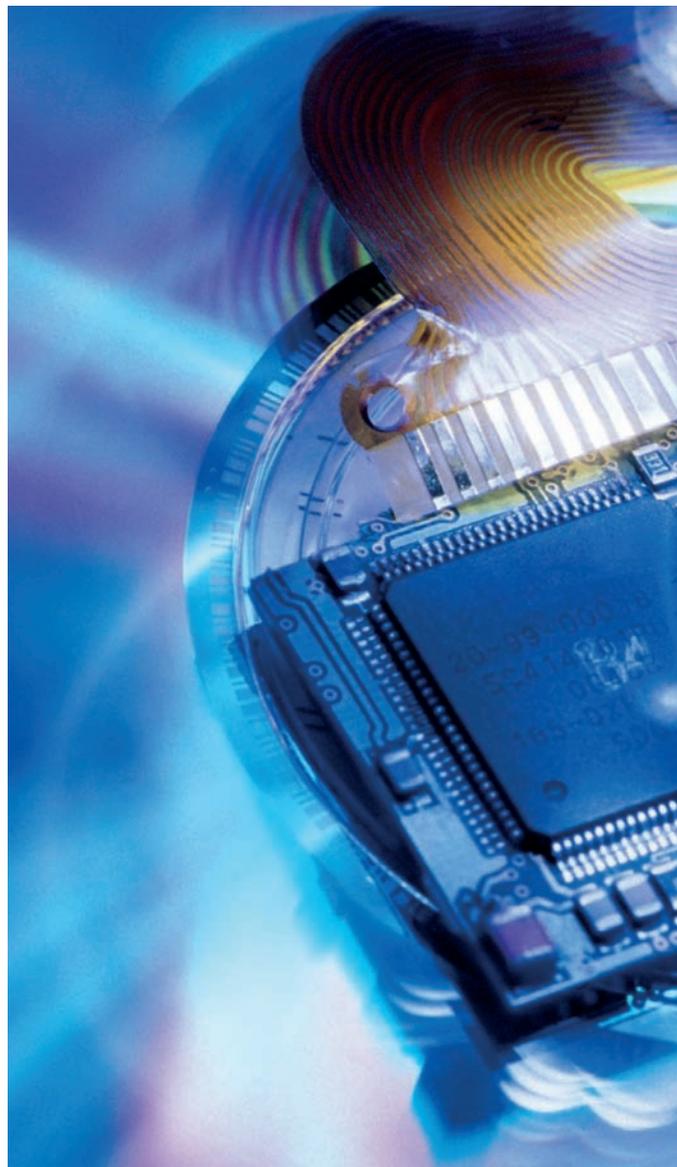
Le secteur de la vidéo s'organise différemment en fonction de la nature des contenus. Les contenus de qualité (dits premium), via par exemple la télévision à péage ou plus marginalement par la vidéo à la demande autour des films, des séries ou du sport, bénéficient encore d'une forte croissance et génèrent des revenus élevés. Les autres contenus sont monétisés par la publicité, qui bénéficie essentiellement aux plus gros acteurs et reste très dépendante de l'environnement économique global mais aussi des évolutions des différents supports de publicité (média, hors média, etc.). Le développement de solutions de télévision de rattrapage (*catch-up TV*), offerte par de nombreuses chaînes et opérateurs, offre aussi de nouveaux relais de croissance pour le développement de la publicité.

Enfin, si les contenus générant des revenus importants sont encore fortement d'origine professionnelle, la production de contenus amateurs et/ou personnels est devenue très forte en volume, entraînant une forte explosion du contenu disponible et consommé.

Les marchés européens sont généralement dominés par des acteurs essentiellement nationaux (TF1, BBC, etc.) en ce qui concerne la diffusion des contenus (radio, télévision, presse numérique, etc.) et la production locale. Les acteurs nord-américains jouent toutefois un rôle majeur dans la production de contenus (films, séries, musique, etc.), avec une diffusion quasi mondiale permettant de disposer de ressources accrues, qui sont ensuite en partie investies dans des technologies de pointe. Des acteurs majeurs locaux sont par ailleurs bien positionnés sur la distribution de contenus numériques avec un rayonnement international comme Dailymotion, Deezer, Spotify.

Les services Internet

L'usage du Web sur fixe et plus récemment sur mobile (via un navigateur web ou des applications) est désormais ancré dans le marché de masse, les plus jeunes passant même désormais plus de temps sur Internet que devant le téléviseur. Les services comme la messagerie électronique, les moteurs de recherche, le commerce électronique, les réseaux sociaux ou la vidéo en ligne sont particulièrement populaires.



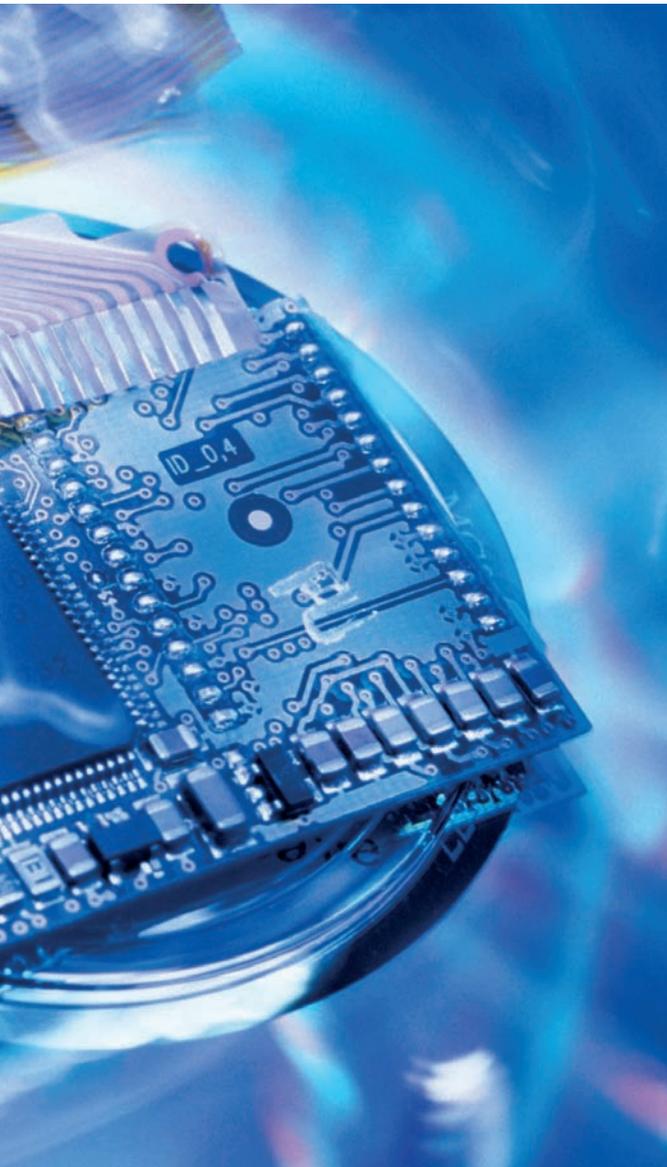
Internet se développe notamment grâce aux différents modèles publicitaires d'affichage (*i.e.* publicité média) et de liens sponsorisés (*i.e.* publicité hors média ; Google étant la référence sur ce dernier point talonné par Facebook), combinant ainsi des outils statistiques avancés de mesure de la performance avec des services populaires générant de nombreuses données et de pages vues.

Le marché de la publicité en ligne a été affecté par la crise mais reste en bonne croissance (+12 % malgré la crise). Disposant des services les plus populaires, les acteurs nord-américains dominent le marché en ligne.

La publicité

La publicité n'est pas à proprement parler un segment du secteur TIC, mais un des modèles économiques majeurs, notamment pour les médias et le Web. La croissance du temps passé sur les différents supports permet d'ailleurs de proposer désormais des solutions transverses à différents supports.

Le marché de la publicité qui permet de créer de la notoriété autour de ses produits et services ou de générer des ventes est très directement lié à la bonne santé économique des annonceurs de tous les secteurs. La crise économique s'est matérialisée par un déclin de nombreux marchés publicitaires (TV, presse,



amplifié par une migration vers l'internet.

Au-delà de l'impact en termes de revenus, l'internet a des conséquences directes sur le marché de la publicité traditionnelle qui en adopte de plus en plus les principes (outils, mesure de la performance, etc.).

Dans le domaine des régies et des agences publicitaires, que ce soit sur des supports média traditionnels ou numériques, la France dispose d'acteurs de référence comme Publicis.

Les logiciels

Le segment du logiciel est celui où la valeur ajoutée est la plus forte. Mais, à l'instar d'un grand nombre de segments informatiques, il se banalise et se consolide assez vite. Simultanément, le logiciel apporte une valeur ajoutée de plus en plus importante au sein d'autres industries : il représente ainsi 30 % de la valeur ajoutée d'un A 380 d'Airbus et jusqu'à 20 % de la celle d'une Série 7 de chez BMW.

Ce marché se segmente en trois niveaux selon le niveau de valeur ajoutée et les volumes (son corollaire, qui y est inversement proportionnel) :

- logiciels banalisés (navigateurs, bureautique, utilitaires...);
- progiciels (SAP, Catia, Oracle BD...);
- développement spécifique (avionique, systèmes de *scoring* financier...).

Ce marché est structuré en couches, dont les plus hautes, celles avec qui interagissent les utilisateurs, dépendent des couches les plus basses. Ces couches sont :

- les logiciels applicatifs, qui sont utilisés par l'utilisateur final (métier, progiciels intégrés, bureautique...);
- les logiciels outils, qui servent à développer et gérer les applications et les données;
- les logiciels systèmes, qui servent à opérer et gérer les matériels informatiques.

Ce marché, comme bien d'autres, a été révolutionné par l'arrivée concomitante d'Internet et de la « serviciation ». Internet a permis l'éclosion de concepts comme l'informatique en nuages, le logiciel libre mais aussi une distribution toujours plus poussée du calcul et du stockage. Cette même distribution s'est trouvée être le cœur des architectures orientée services ou SOA en anglais, le modèle actuel du développement logiciel, celui où le logiciel est « servié ».

SOA, l'informatique en nuage et logiciel libre redistribuent les cartes sur un marché qui devenait oligopolistique et très largement dominé par les entreprises américaines, en particulier sur les couches d'infrastructures (nécessaires aux applications) ou *middleware*, c'est à dire les logiciels outils et systèmes. Ces trois concepts peuvent être des moyens forts pour que l'Europe et la France en particulier, comble leur retard.

La crise a vu le marché se contracter de 5 % en 2009, mais le taux de croissance annuel moyen pour les années à venir devrait tourner aux alentours de 3 à 5 % en France et en Europe de l'Ouest.

Le jeu vidéo

Le jeu vidéo représente l'essentiel du marché grand public du logiciel, avec environ 5 % du marché du logiciel (environ 38 milliards d'euros en 2010). Il a ainsi dépassé le marché mondial du cinéma.

L'évolution du marché est très liée aux phénomènes cycliques d'apparition de nouvelles plateformes (Wii, PS3, etc.), mais la croissance reste forte grâce aux développements sur de nouveaux supports : jeu sur mobile et jeu en ligne (des jeux massivement multijoueurs aux jeux basiques financés par la publicité en passant par les mondes virtuels et les jeux sur réseaux sociaux).

Près de 40 % des revenus de l'industrie proviennent désormais de solutions dématérialisées. La dynamique reste globalement forte pour la partie logicielle, alors qu'elle est plus mitigée pour les ventes de matériel, les consoles étant concurrencées par des terminaux non dédiés (téléphone mobile, tablette, etc.).

Le jeu vidéo est un secteur majeur en termes d'innovations, avec des retombées dans les autres secteurs, autour par exemple de la 3D (moteur, etc.) ou des interfaces hommes-machines.

Les services informatiques

Les services informatiques sont très liés aux autres segments de l'informatique et notamment à celui du logiciel. Ainsi, le service informatique a suivi toute les vagues technologiques :

avènement du PC, Unix, arrivée des progiciels de gestion, vague Internet, SOA et maintenant l'informatique en nuage. Ces technologies, en devenant de plus en plus proches des besoins métiers, incorporent de plus en plus de services informatiques. Par conséquent, le service informatique n'a cessé d'augmenter sa part dans la dépense informatique globale des entreprises en passant de 29 % du marché IT total en France en 2000 à 36 % en 2009 (source PAC).

Les services autour des technologies de l'information représentent 350 000 emplois, soit les trois quarts des emplois de la filière TIC d'après le Syntec. C'est une filière très diplômée : 62 % de bac + 3, voire à 42 % de bac + 5. Cette tendance se renforce et les qualifications sont de plus en plus duales avec l'ajout de compétences métiers.

Les services informatiques se décomposent en plusieurs phases :

- amont (conseil, définition, conception...);
- projet (intégration, forfait, assistance, formation...);

- aval (maintenance, infogérance...).

On peut aussi segmenter les services informatiques, comme le logiciel, en trois segments selon leurs utilisations :

- applications ;
- outils ;
- systèmes.

On différencie aussi l'informatique de gestion de l'informatique scientifique, technique, industrielle et embarquée (STIE). Ce dernier segment est une spécialité française et est très lié aux secteurs clients : aérospatial, défense automobile, finance, télécoms... Des secteurs industriels où la position de la France est bonne, voire excellente.

Les services sont généralement liés aux technologies logicielles à des niveaux variables selon les technologies en question, leur banalisation, leur personnalisation et le niveau de complexité. Au niveau du marché, un euro de licence logicielle génère en moyenne cinq euros de services. C'est un marché important : en France le marché des services informatiques pèse près de 25 Md€ (source PAC).

La crise a impacté sévèrement ce marché avec une décroissance de 3 % en Europe de l'Ouest. Cependant, malgré la pression sur les prix exercée, les délocalisations (Inde, Europe de l'Est, Maghreb...) et l'informatique en nuage, ce marché va rester dynamique sur le long terme. En effet, l'évolution démographique va raréfier les compétences alors que celles-ci, dans le même temps, évoluent fortement vers des expertises technologiques pointues ou des expertises duales, métier et informatique. Cette montée en compétence est essentielle pour la compétitivité de la branche qui est soumise à la fois à la pression des délocalisations vers des destinations moins chères (comme l'Inde ou le Maghreb) et à celle de l'automatisation croissante des logiciels et des matériels dont le résultat le plus visible est l'informatique en nuage.

La formation est un point clé dans la compétitivité de ce segment dans le futur.

Services, logiciels et matériels sont très fortement liés et peuvent difficilement exister séparément. Ainsi tout investissement dans des technologies de pointe, comme par exemple la valorisation et l'intelligence de l'information, impactera directement et fortement les services associés : audit, conseil, conception, développement, intégration, déploiement, maintenance, optimisation... Par ailleurs, certaines technologies comme la robotique doivent pour s'imposer en France accroître le nombre d'intégrateurs et de compétences en services.

L'électronique industrielle et les composants

Le chiffre d'affaires des fabricants français de composants a chuté de 13 % en 2009, dans les mêmes proportions que le marché mondial. Le secteur, fortement dépendant de la conjoncture, a subi de plein fouet les effets de la crise économique mondiale. En effet, il a été frappé par l'assèchement des commandes en provenance des secteurs clients majeurs (tels que l'automobile par exemple). Il est cependant reparti



en 2010, du fait notamment d'un fort rattrapage du faible niveau d'activités de l'année précédente (déstockage, etc.).

Le secteur des composants électroniques inclut les composants passifs (condensateurs, *self*, résistances, circuits imprimés, ...) et les composants actifs (puces électroniques). Ces derniers représentent plus de 90 % du chiffre d'affaires des fabricants français. Il s'agit d'un segment totalement mondialisé, en croissance régulière de 6 % par an mais très cyclique (le chiffre d'affaires, de 270 Md\$ en 2008, est tombé à 226 Md\$ en 2009 et devrait dépasser 300 Md\$ en 2011 d'après le WSTS).

Il est caractérisé par des coûts d'investissement industriel et de R&D considérables, conduisant à une concentration progressive sur quelques acteurs mondiaux (Intel, Samsung, Toshiba, Texas Instruments, TSMC, STMicroelectronics...) et à une séparation graduelle entre activités de conception et activités de fonderie afin d'en partager les coûts – bien que la maîtrise des deux par une même société confère des avantages compétitifs (exemple Intel, Samsung).

L'électronique grand public

Comme pour les équipements télécoms, la crise a impacté le secteur de l'électronique grand public (EGP) en 2009 avec un recul de 2 % en valeur, malgré une forte progression en volume des ventes de nouveaux terminaux, autour notamment des écrans plats, des lecteurs DVD *Blu-Ray* et des *smartphones*, ainsi que dans une moindre mesure en volume des liseuses de livres électroniques ou des téléviseurs connectés.

La concurrence sur les prix reste forte, notamment du fait de la banalisation et de la concurrence asiatique, même si des acteurs nord-américains restent engagés sur du haut de gamme (Apple, RIM, etc.). Les acteurs européens majeurs sont peu nombreux en dehors de Nokia sur les téléphones mobiles et de quelques acteurs comme Archos sur les lecteurs multimédias ou Bookeen sur le livre numérique.

Les terminaux sont de plus en plus sophistiqués, avec de nombreux composants permettant des usages multimédias tout en étant connectés à Internet en permanence. De nombreux capteurs (géolocalisation, RFID, grandeurs physiques, biologiques, etc.), éventuellement utilisés en réseaux, permettent par ailleurs de collecter des informations supplémentaires sur leur environnement direct.

La connectivité intégrée (éventuellement sans fil) à ces terminaux permet d'acquérir directement des contenus et services, de plus en plus via des plates-formes associées, entraînant une nouvelle organisation dans l'approche de la chaîne de valeur.

Un environnement économique et écologique en pleine évolution

Après des années de très forte croissance, le secteur des TIC ne progresse plus qu'au même rythme que le PIB dans les pays avancés, sauf pour les segments logiciels et services informatiques, qui sont généralement sur un multiple de 2 à 2,5 fois le PIB. Bien que le secteur des TIC dispose encore de plusieurs segments susceptibles d'agir en tant que relais de croissance,

on cherche désormais à s'adapter à la contrainte économique par une meilleure maîtrise des coûts (CAPEX et OPEX), notamment chez les opérateurs télécoms.

Dans les pays émergents, notamment en Chine (pour les télécoms) ou en Inde (pour l'informatique), la croissance du secteur TIC reste forte. Cette dernière s'appuie notamment sur un marché intérieur gigantesque comme futur relais de croissance, un fort retard au niveau du taux d'équipements, comme d'ailleurs dans tous les pays émergents, et une économie numérique tournée vers l'exportation. Ce phénomène de globalisation, présent dans d'autres industries, a des répercussions majeures à la fois sur l'industrie et sur les marchés. De nouveaux industriels majeurs issus des pays émergents deviennent concurrentiels. Les consommateurs et/ou les autorités nationales impactent directement la conception des nouveaux produits, aussi bien en termes de standards, de fonctionnalités que de prix des produits. Pour répondre aux attentes des pays émergents, il faut en effet pouvoir être compétitif en termes de prix.

Dans les deux cas, pays émergents et pays avancés, les cycles d'innovation deviennent de plus en plus courts, avec notamment un remplacement rapide des terminaux d'électronique grand public. Ceci impose aux acteurs des évolutions dans leurs approches de l'innovation et des coûts associés.

L'industrie des TIC repose par ailleurs de plus en plus sur des revenus issus de la monétisation des produits grand public, via notamment des transferts des autres industries (loisirs, culture, commerce, etc.). En dehors de quelques applications phares (moteur de recherche, commerce électronique, annuaires, etc.) s'appuyant sur des modèles déjà bien établis (publicité, micro-paiement, etc.), les revenus unitaires générés autour d'un service donné sont encore faibles.

Dans un contexte de probable augmentation des coûts de l'énergie, les acteurs prennent ainsi de plus en plus en compte le coût économique des consommations énergétiques des grandes infrastructures TIC (*datacenters*, réseaux, serveurs *cloud*, etc.) et déploient des solutions plus vertes (*green ICT*), répondant par extension aux contraintes environnementales.

Les TIC peuvent en effet avoir un effet de levier considérable autour des problématiques de développement durable et contribuer à une réduction des émissions carboniques par une réduction des déplacements (visioconférences, télé-relève). Les TIC pourraient contribuer à réaliser un tiers des réductions d'émissions de GES (gaz à effet de serre) fixées par le gouvernement à l'horizon 2020. Dans le même temps, le secteur des TIC doit apprendre à gérer les consommations qu'il induit, puisqu'il représente près de 15 % de la consommation électrique (source : OCDE) via les nombreux équipements, réseaux et *datacenters*.

Des consommateurs toujours plus exigeants dans un contexte d'accélération technologique

Le secteur des TIC est engagé dans une course à la performance (débit, qualité de service, qualité d'image, capacité des processeurs, mémoires, CPU, etc.). Ces performances accrues

sont nécessaires pour permettre une véritable migration vers le tout numérique et le tout IP de tous les contenus et services. L'innovation s'inscrit en effet dans un contexte de convergence numérique et d'explosion des usages des contenus et des services numériques via des accès Internet divers et des terminaux multiples.

Si certaines des innovations s'inscrivent dans une logique d'offre, de nombreuses innovations cherchent à mieux adresser l'évolution de la demande. Les consommateurs cherchent en effet des solutions de plus en plus adaptées à leurs besoins. Les industriels doivent donc prendre en compte les grandes tendances sociétales.

L'individualisation est en effet de plus en plus prononcée et implique une personnalisation forte des produits et services. Cette individualisation se retrouve dans les produits eux-mêmes, mais aussi dans la nature de la consommation dans le temps (exemple : dé-linéarisation des contenus) et dans l'espace. Le nomadisme se développe grâce aux capacités de transport sans remettre en cause la nécessité d'accès à l'information, d'où des besoins en connectivité plus forte. La crise a par ailleurs accéléré la prise en compte des considérations économiques dans le choix des produits.

La fracture numérique est enfin toujours importante entre les technophiles à la recherche de la dernière innovation, les plus aisés se tournant vers des offres haut de gamme ou encore les plus âgés recherchant avant tout des solutions simples d'usage. Les industriels doivent donc adopter de plus en plus des approches segmentées capables de cibler des niches de marché valorisant avec des critères différents les produits et services TIC autour d'offres modulables.

Des bénéfices économiques et sociétaux au-delà des TIC

Les TIC jouent un rôle majeur dans le développement de la société en assurant une plus grande disponibilité de l'information et en favorisant les échanges. Leur adoption n'est toutefois pas encore totalement généralisée, notamment auprès de certaines parties du grand public ou des PME, faute de ressources financières mais aussi le plus souvent de capacités techniques et de connaissance des outils disponibles. Une diffusion plus large des TIC implique des externalités positives (effet réseau), mais aussi une baisse des coûts unitaires. Les acteurs doivent donc chercher à favoriser la promotion et l'adoption de leurs technologies par le plus grand nombre.

L'impact des TIC va bien au-delà du secteur lui-même avec une contribution forte à la productivité de tous les autres secteurs verticaux, en offrant des outils d'échange, de simulation et de stockage de l'information. Les bénéfices des TIC se retrouvent donc dans tous les pans de l'économie, du transport (gestion des trajets et itinéraires) à l'aéronautique (conception en 3D des avions) en passant par le commerce (gestion des stocks en temps réel) l'énergie (réseau électrique intelligent) ou la santé (suivi à distance des personnes à risque, télémédecine,

etc.). Les bénéfices sont aussi importants dans les secteurs non marchands, autour des services publics accessibles sur Internet (emploi, impôts, culture, etc.) ou des politiques publiques par exemple l'environnement (prévention des catastrophes) ou la prise en compte du vieillissement de la population (maintien à domicile).

Enfin, pour les pays industrialisés, les modèles traditionnels (agriculture, industrie lourde) laissent progressivement place à une tertiarisation de l'économie. Les TIC permettent aussi de contrebalancer le vieillissement de ces économies. Les pouvoirs publics poussent en faveur de nouvelles approches autour de l'économie de la connaissance, pour laquelle les TIC jouent un rôle d'accélérateur.

Cette dépendance croissante de pans entiers de l'économie vis-à-vis des TIC, impose une fiabilité et une disponibilité accrue tant pour les infrastructures (réseaux et logicielles) que pour les applications. La sécurisation et la souveraineté de la France sur les TIC sont donc des enjeux importants.

Les grandes tendances d'évolution du secteur

À l'horizon 2015-2020, le paysage du secteur TIC devrait s'inscrire dans un contexte de nouvelles infrastructures plus performantes avec notamment :

- des composants électroniques de petite taille supportant des capacités de calcul plus importantes ;
- une connectivité Internet très haut débit sans couture et nomade dans les grandes villes et au-delà, profitant des technologies électroniques de base (nano, opto, etc.) ;
- des réseaux tout IP permettant de réduire les coûts et offrant des performances accrues ;
- une plus grande efficacité énergétique des composants, systèmes et réseaux, permettant un développement optimisant les consommations de ressources ;
- une informatique de plus en plus ouverte et de plus en plus en mode « nuage ». C'est la principale « révolution » de l'informatique depuis l'avènement d'Internet ;
- une proximité très forte avec les métiers à mesure que les TIC deviennent de plus en plus critiques dans leur fonctionnement.

L'informatique devient une industrie de plus en plus « lourde », basée de plus en plus sur le facteur capital. Selon la théorie de l'avantage comparatif de David Ricardo, ce devrait être un avantage pour la France, car c'est un pays où le facteur travail est cher et de plus en plus rare, mais où le facteur capital est relativement abondant. La France doit donc miser sur ses centres informatiques industrialisés (type informatique en nuages), pour éviter que ces travaux ne se délocalisent.

Des composants plus puissants

Les innovations dans le secteur de la micro-nanoélectronique suivent deux tendances complémentaires :

• « *More-Moore* » : accroissement de la densité d'intégration des puces qui comportent plusieurs centaines de millions, voire quelques milliards, de transistors ;

• « *More-than-Moore* » : intégration de fonctions nouvelles, telles que des capteurs (images, puces ADN...), des actuateurs (MEMS/NEMS), des circuits RF, des mémoires non volatiles, des empilements 3D de composants... Les composants optoélectroniques entrent dans cette catégorie.

La course à l'intégration n'est accessible qu'à un nombre toujours plus restreint d'acteurs industriels en général largement soutenus par les États, contrairement à celle de la diversification fonctionnelle qui est davantage accessible.

Internet toujours plus présent

En s'appuyant sur Internet, le secteur TIC proposera ainsi des produits et services convergents dotés de multiples fonctionnalités et capables de combiner différentes applications, services et contenus (intégration sans couture, etc.). La disponibilité accrue de contenus sous forme numérique, enrichie et interactive, permettra de stocker le patrimoine culturel mais aussi le « patrimoine numérique » personnel de chaque individu, autour notamment de solutions de stockage et de distribution avancées de contenus médias et personnels en ligne. Le contenu est alors accessible à travers différents terminaux et différents réseaux ou architectures (internet mobile, *cloud*), y compris à travers des distributions hybrides combinant Internet et réseaux terrestres pour mélanger les flux de contenus et les méta-données. Les solutions les plus avancées permettront ainsi un accès permanent à toute application en fonction du contexte d'usage (réseau disponible, débit disponible, terminal disponible, etc.).

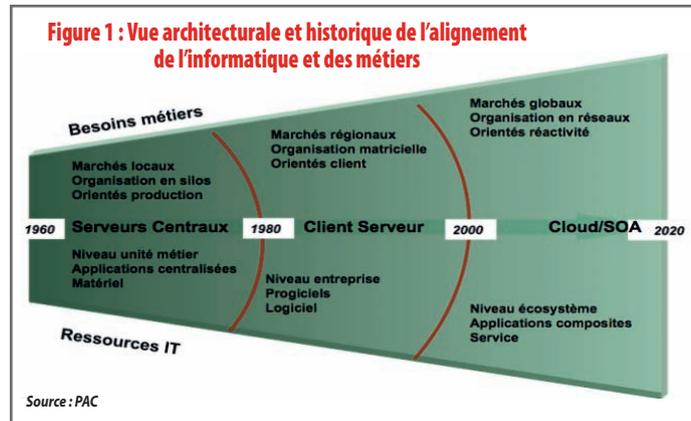
L'utilisateur disposera de différentes solutions intuitives pour mieux interagir avec les différents services numériques autour :

- d'environnements 3D interactifs (monde virtuel, conférence 3D, *serious gaming*, réalité augmentée, etc.), permettant des simulations, des immersions et des interactions virtuelles, assurant une meilleure collaboration tout en limitant les déplacements ;
- d'interfaces évoluées des principaux terminaux EGP pilotés au doigt, au mouvement de la main et/ou à la voix ;
- de moteurs de recherche intelligents, permettant de trouver plus efficacement une information, en tenant compte de critères personnels et du contexte, indépendamment de la langue et du support de l'information ou du contenu.

Enfin, le développement des TIC bénéficiera aussi aux autres secteurs avec une connectivité au-delà des ordinateurs, des téléphones mobiles et de l'électronique grand public. En s'appuyant sur la connectivité Internet et l'intégration de composants électroniques, de nombreuses machines vont devenir communicantes, permettant une automatisation plus forte et un suivi (voire un contrôle) à distance, y compris pour des machines en mouvement. Le suivi concernera des objets en mouvement dans le cadre d'applications logistiques.

La « révolution » de l'informatique en nuages

L'informatique en nuage est la prochaine vague architecturale informatique.



De plus en plus d'entreprises se tournent vers l'informatique en nuage pour des raisons de coûts (promesse de « variabilisation » des coûts), de capacité et de facilité d'utilisation. La combinaison de l'informatique en nuage et du logiciel libre pourrait être une innovation destructrice telle que la conçoit Joseph Schumpeter, c'est à dire une innovation capable de changer les positions sur le marché.

Le *Cloud Computing* représentera en 2020 entre 20 % et 25 % du marché informatique.

L'informatique en nuage est vue comme prioritaire par les acteurs du secteur informatique, comme en témoignent les opérations spectaculaires de rachat de fournisseurs de technologie ou la mise en place d'alliances stratégiques.

Ceci implique la construction de centres de données fortement automatisés. La qualité et la capacité de l'infrastructure réseau sont critiques afin de conserver et attirer les investissements liés au *Cloud Computing* ; d'où une convergence croissante entre l'informatique et les télécoms.

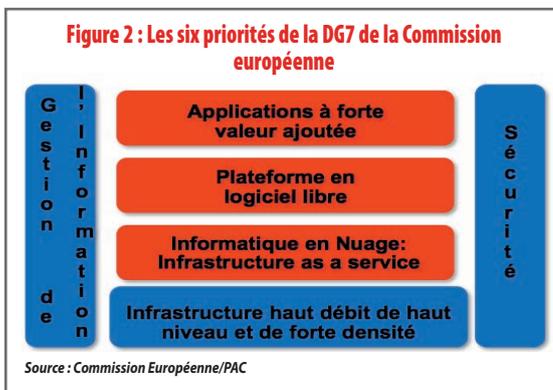
À l'instar des réseaux haut débit, les infrastructures d'informatique en nuage doivent être perçues par les pouvoirs publics comme un investissement important pour conserver et accroître la compétitivité du pays. Ainsi, les aides publiques, la fiscalité et une réglementation adaptées sont très importantes pour que la France accueille ces investissements ; des investissements au moins équivalents à ceux qui sont courants dans des industries plus en vue comme l'automobile. À titre d'exemple, IBM va investir 300 M€ en Europe dans ce type d'infrastructure et le gouvernement français prévoit d'en investir 780 M€ au titre des investissements d'avenir.

Le *Cloud Computing* offre aux entreprises innovantes la capacité d'être plus réactives, d'expérimenter de nouveaux services et de les déployer massivement sans investir dans des salles informatiques. Il abaisse les barrières à l'entrée sur l'édition et la commercialisation de logiciel en mode *Software as a Service* (SaaS). Il permet à des petites entreprises, par exemple dans le secteur du multimédia, de recourir à des moyens de calcul intensif.

L'avènement de l'informatique en nuage nécessite aussi une gestion différente des données, la matière première de l'informatique et une approche globale, holistique, de la sécurité. C'est aussi une question de souveraineté nationale, car si des données stratégiques, que se soit pour une société ou pour le gouvernement, sont hors du territoire national, il y a des risques plus importants d'espionnage et de cyber criminalité.

Par son optimisation, l'informatique en nuage permet de baisser les coûts d'infrastructure pour concentrer les budgets informatiques sur les projets qui impactent directement l'activité de l'entreprise et lui font gagner en compétitivité.

Ainsi ces technologies sont vues comme prioritaires par la commission européenne d'après l'étude *The future of the Software and Software based Services in Europe* réalisée en 2010.



À plus long terme

Au-delà de l'horizon 2015-2020, le développement du secteur TIC devrait s'appuyer sur des outils encore plus performants et une diffusion plus large de l'internet à encore plus d'objets dans le cadre de l'internet des objets, permettant à tout objet d'être connecté et de fournir et d'échanger de manière transparente des informations via Internet, aussi bien dans des environnements professionnels que grand public (maison intelligente-domotique, courses dans le commerce de détail, etc.).

D'autres innovations permettront d'aller plus loin dans les usages multimédias avec notamment l'affichage 3D relief sans lunettes, permettant une immersion accrue à domicile ou dans des lieux publics.

L'autre évolution majeure qui se prépare est la robotique. Ainsi après s'être couplée avec les télécoms dans le « nuage », l'informatique va fusionner avec l'électronique et la mécanique. La robotique repose en particulier sur l'intelligence artificielle et dispose de très nombreuses applications : militaire, sécurité, industrie, environnement hostiles, aide à la personne...

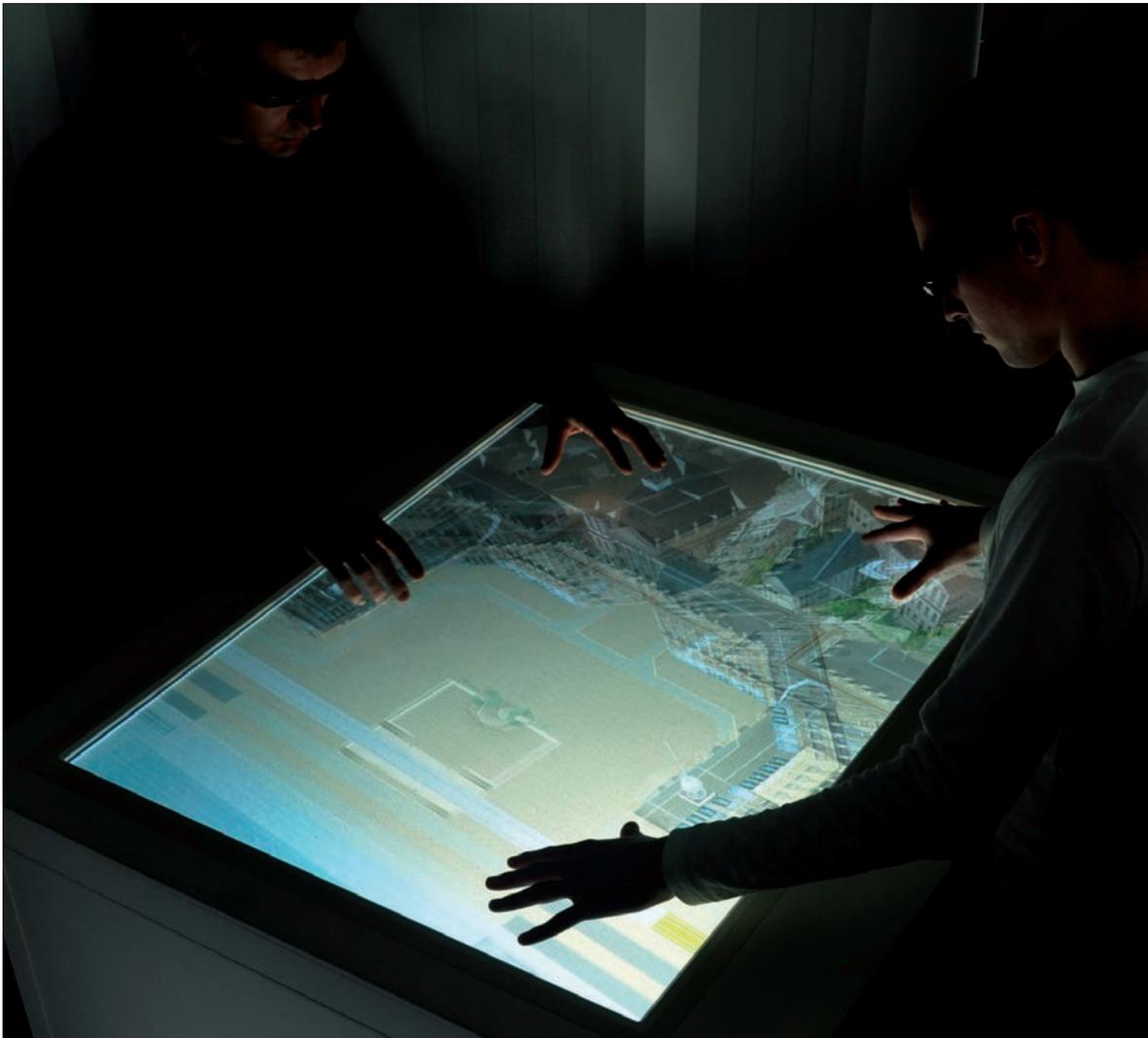
L'étape suivante, qui est déjà en préparation dans certains laboratoires, sera l'intégration de l'informatique, de la robotique et des organismes vivants. Ainsi le laboratoire d'optogénétique de Stanford a réussi à prendre le contrôle du cerveau d'une souris - dont une partie du cerveau avait été modifiée génétiquement par un virus - au moyen d'implants optiques. Cela devrait permettre le développement de prothèses robotiques

très performantes pour les handicapés. C'est le début de l'ère de la cybernétique, les systèmes de systèmes extrêmement complexes, à la fois vivants, mécaniques, électroniques et informatiques. À plus court terme, il est indispensable pour améliorer la compétitivité d'augmenter le taux d'usage des robots dans les entreprises.

Les tendances technologiques et les technologies clés

Les principales technologies « capacitantes » pour le secteur TIC à prendre en compte dans la mise au point des produits et services évoqués auparavant sont notamment :

- les nanotechnologies permettant notamment la miniaturisation des composants tout en proposant des performances accrues. Par exemple, la filière des matériaux issus du graphène, qui pourraient avoir un impact aussi important dans les TIC que le silicium ;
- l'infrastructure télécom et les technologies de base associées dans le domaine de l'optique et de la radio longue portée pour la connectivité des personnes et des objets et des machines, et la distribution de contenus numériques éventuellement lourds (vidéo, 3D, etc.) ; les technologies réseau de routage (réseau cœur et réseau d'agrégation) sont aussi importantes dans un contexte de potentielle saturation des réseaux ;
- les architectures de communication sans fil très faible consommation, avec notamment les composants RFID (*Radio Frequency Identification*) et les technologies radio de courte portée permettant de rendre communicants les objets, notamment ceux dépourvus d'électronique embarquée ;
- les outils de numérisation et de conversion, permettant de transformer les contenus existants dans différents supports numériques ;
- les moteurs 3D permettant de créer et d'exécuter des contenus 3D et les solutions de réalité augmentée dans le cadre de simulations industrielles ou de développement multimédia ;
- les interfaces homme-machine tactiles et interactives (pointage, etc.) permettant de simplifier les usages de technologies complexes ;
- les nanotechnologies permettant notamment la miniaturisation des composants tout en proposant des performances accrues ;
- l'architecture orientée services, ou SOA en anglais, qui décompose les logiciels en briques modulaires et standardisées à la manière d'un Lego ;
- la virtualisation, qui est l'OS des architectures en nuages ;
- les outils sémantiques, capables de permettre une meilleure interaction entre l'homme et la machine ;
- les moteurs de recherche, qui sont assez complémentaires des outils sémantiques et qui proposent une nouvelle manière d'exploiter le volume toujours plus important de données ;



- le logiciel libre, qui mutualise la R&D et la maintenance pour certains logiciels, en particulier les logiciels d'infrastructure, là où la présence française est très faible ;
- les mathématiques appliquées à l'informatique, car pour repousser sans cesse les limites de l'informatique, il faut des algorithmes de plus en plus sophistiqués ;
- le calcul intensif ;
- l'intelligence artificielle, de plus en plus présente dans nos systèmes de plus en plus automatisés et humains.

Ces différentes technologies prennent place dans les serveurs et les terminaux EGP, mais aussi éventuellement dans n'importe quelle machine ou n'importe quel objet grâce à l'ajout de composants de connectivité dans tous les terminaux EGP, mais aussi dans des machines (le plus souvent utilisables sans connectivité, comme par exemple une voiture ou un compteur électrique) et des capteurs RFID, sur des étiquettes ou des tags, collés ou intégrés dans le produit. D'autres capteurs peuvent être ajoutés sur les terminaux, notamment pour favoriser la création de contenus ou informations numériques (caméra, scanner, etc.),

ainsi que des composants électroniques spécifiques pour l'affichage des informations, par exemple pour la 3D.

Cette intégration dans les produits nécessite à la fois une miniaturisation des capteurs et composants qui ne doivent pas changer fondamentalement la nature du produit, ainsi qu'une réduction des coûts unitaires de ces composants (la valeur de l'électronique devant rester marginale par rapport à celle du produit, dont le coût unitaire est parfois très faible). L'intégration dans les produits et services implique aussi des performances accrues, notamment des terminaux, pour gérer en temps réel les contenus volumineux.

Il est important que ces technologies soient les plus standardisées possibles, à l'instar de ce qui se fait dans les autres industries. Cette intégration de systèmes de systèmes de plus en plus complexes nécessite d'importantes capacités à modéliser cette complexité et à la gérer.

Si des modifications des produits et objets sont nécessaires, il ne s'agit pour autant que de la partie émergée de l'iceberg. Tous ces terminaux, machines et objets devront se connecter à Internet pour aller chercher ou échanger des informations.

Il faut donc pouvoir s'appuyer sur des infrastructures télécom/IT dans le réseau Internet et/ou dans les réseaux des opérateurs de produits de distribution avancée (CDN, serveurs *cloud*).

L'intégration des nouvelles technologies dans les produits et services n'est donc possible que si cette infrastructure mutualisée est utilisable à des coûts raisonnables, ce qui suppose notamment des coûts d'investissements limités. Elle requiert aussi d'être déployable à grande échelle, ce qui suppose une bonne gestion des grands volumes de données récoltées dans les systèmes d'information et une prise en compte des données dans les processus de décision.

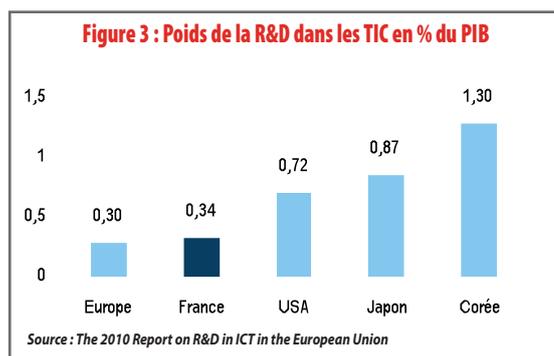
Enfin, l'intégration dans les processus suppose une évolution des compétences des concepteurs et développeurs des futurs produits et services associés. Il s'agit en effet d'avoir une maîtrise simultanée de nombreuses technologies (matériel, logiciel, contenu et réseau) permettant le développement d'applications, services et contenus multimédias enrichis, en prenant en compte une multitude d'interfaces. Cette maîtrise des compétences peut se faire aussi bien par des doubles ou triples compétences que par des bonnes organisations de travail en équipe. La formation est donc critique pour le développement des TIC.

L'utilisateur doit par ailleurs être capable d'utiliser les nouveaux produits et services, sans forcément maîtriser l'ensemble des technologies. Les industriels doivent donc proposer des solutions intuitives centrées sur les usages plus que sur les technologies.

Analyse de la position de la France

Le poids de la R&D

Les efforts de R&D dans les TIC en France se situent légèrement au-dessus de la moyenne européenne, mais restent en retrait par rapport à d'autres pays comme les États-Unis, le Japon et surtout la Corée du Sud. La France n'est pas représentée dans tous les segments (faible par exemple en électronique grand public ou en logiciels *middleware*), mais dispose en revanche d'acteurs industriels ou de laboratoires de recherche reconnus comme des acteurs de référence mondiale dans certains sous-segments majeurs pour le développement de l'industrie des TIC.

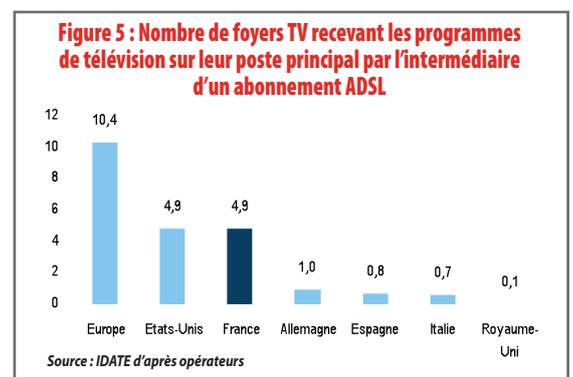
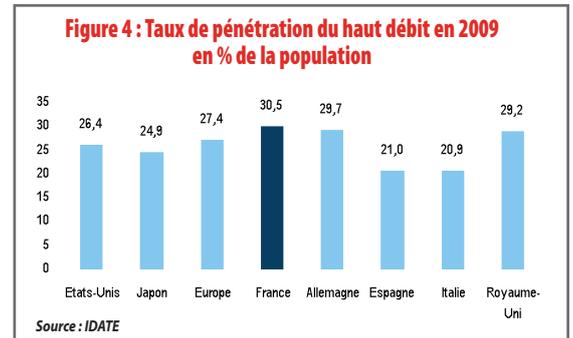


Principaux atouts de la France dans les TIC

La France occupe la première position dans l'industrie européenne des composants électroniques (électronique industrielle) et accueille sur son territoire des acteurs majeurs de recherche (CEA Leti, CNRS LAAS...) et industriels (STMicroelectronics, Soitec, NXP, Atmel, Freescale, Altis, Ipdia, etc.). La position européenne dans la micro-nanoélectronique est toutefois en retrait dans le monde.

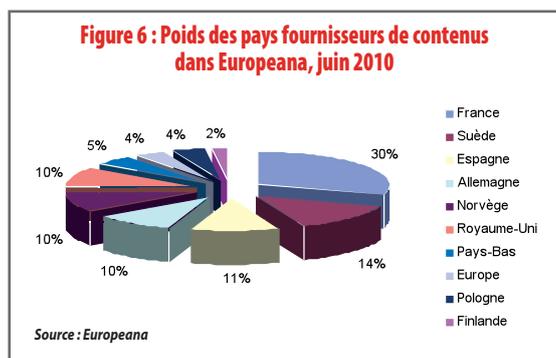
La France est par ailleurs très bien représentée dans certains domaines des composants électroniques, notamment au niveau des cartes à puce, cartes sans contacts et du RFID (Gemalto, SK, Tagsys, Pôle SCS, etc.), tout en étant impliquée sur l'ensemble de la micro-électronique (ST Microelectronics, Soitec, etc.).

La France est un des pays de référence dans le domaine des télécommunications autour d'opérateurs et d'équipementiers majeurs avec un rayonnement mondial (France Télécom, Alcatel-Lucent, Sagem, Thales, etc.) et profite d'un marché assez développé de services télécoms, notamment en haut débit, sur lequel des innovantes majeures comme l'IPTV ont été développées.



La France est aussi dans les pays majeurs en ce qui concerne le développement des objets connectés, autour du M2M (*Machine-to-Machine*) et de l'Internet des objets, autour des opérateurs, de fournisseurs de modules M2M (Gemalto, etc.), et de jeunes pousses (Violet, WiThings, etc.).

Dans le domaine du contenu numérique, la France dispose d'un rayonnement mondial au niveau de la 3D, de la réalité virtuelle et de la réalité augmentée via des acteurs majeurs (Dassault Systems, Thales, Total Immersion, etc.) et une formation reconnue internationalement mais aussi dans la conception et la fabrication de systèmes de vidéo et d'image numérique pour les professionnels (Technicolor, etc.). La France est aussi un acteur majeur dans le domaine de la numérisation de contenu, autour notamment de la vidéo (INA) et des livres (BNF). Europeana, projet de bibliothèque numérique leader en Europe, compte aujourd'hui plus de sept millions d'œuvres numérisées dont 30 % ont été fournis par la France.



La France occupe une position moyenne en général dans les matériels, logiciels, et services informatiques en deçà de l'Allemagne et de la Grande Bretagne, légèrement au dessus de son poids au niveau du PIB (6 % de la dépense informatique mondiale selon PAC).

Dans ce domaine, les principaux atouts de la France sont son expertise quasiment unique (à part les États-Unis) dans les systèmes embarqués les plus complexes qui sont utilisés par l'aérospatial et le militaire : ce marché représente plus de 15 % de la dépense informatique globale, un des taux les plus élevés au monde (données PAC). La France possède des champions de niveau mondial dans ce domaine, comme Altran.

C'est aussi le pays le plus intensif en logiciel libre au monde (nombre de projets par rapport à la population) selon une étude de GeorgiaTech publiée en 2009. Cela lui permet de combler certaines de ses faiblesses dans les logiciels d'infrastructure.

La France est aussi un des pays où la pénétration des architectures orientées services est la plus forte (d'après le Gartner), ce qui lui permet d'avoir des systèmes plus efficaces et plus alignés avec les besoins métiers mais aussi d'aller plus facilement vers l'informatique en nuages.

C'est aussi une des plus importantes industries du service informatique au niveau mondial, derrière les États-Unis et le Japon, et l'une de celles qui s'est le plus internationalisé à l'instar d'un Capgemini ou d'un Atos Origin. Selon PAC, en chiffres d'affaires services informatiques, ces sociétés sont respectivement septième et treizième acteurs mondiaux.

Enfin, et c'est peut-être là l'atout majeur de la France, il y a aussi dans l'hexagone d'excellentes compétences informatiques et une des meilleures écoles de mathématiques au monde. En effet la France est le second pays qui a le plus gagné de médailles Fields, avec onze médailles (dont celle de 2010) contre treize pour les États-Unis, le premier de ce classement. L'informatique étant une évolution connexe des mathématiques, celles-ci sont donc vitales pour des technologies telles que l'algorithmique, les systèmes complexes, les systèmes de systèmes, l'intelligence artificielle...

Dispositifs d'accompagnement

De nombreux dispositifs d'accompagnement permettent à l'industrie française d'accélérer son développement dans l'industrie des TIC :

- pôles de compétitivité (Images et Réseaux, Cap Digital, Systematic, SCS, AESE, Finances@innovation, Medicen, Advancity, etc.) ;
- ANR (Agence nationale de la recherche) ;
- soutien aux projet de R&D stratégique du ministère de l'Industrie ;
- Rapid (Régime d'appui aux PME pour l'innovation duale) du ministère de la Défense ;
- All (Agence de l'innovation industrielle) ;
- appels thématiques du gouvernement (Serious Game, NFC/RFID, etc.) ;
- volet numérique du grand emprunt (infrastructure télécom, numérisation, etc.) ;
- Clusters Euréka (Celtic, Itea, Medea/Catrene, Euripides, etc.) ;
- FTI Carene et Artemis ;
- institut de recherche technologique du grand emprunt ;
- réseaux de recherche (RNTL, Riam, RNRT) ;
- instituts Carnot ;
- société civile du calcul intensif ;
- FSI (Caisse des dépôts) ;
- Oséo ;
- crédit d'impôt recherche (CIR) ;
- statut des jeunes entreprises innovantes (JEI).

Facteurs de diffusion

Plusieurs facteurs majeurs doivent contribuer à l'essor de ces technologies. La mise en place de standards ou au moins de solutions interopérables permet d'accélérer la diffusion des technologies, en s'appuyant ainsi sur une production de masse et des prix unitaires plus faibles (aussi bien en matériel qu'en logiciel). Un résultat analogue peut être obtenu via une bonne organisation de l'écosystème, via notamment des plateformes autour d'un acteur majeur.



L'infrastructure de communication de haut niveau en France est aussi un atout pour la diffusion des TIC.

La fiscalité française autour de l'innovation est l'une des plus intéressantes en Europe et aide de nombreuses jeunes pousses à se développer.

L'un des facteurs les plus importants est la présence en France d'un nombre important de grandes entreprises mondiales, voire de champions, dans des domaines très consommateurs de TIC comme le militaire, l'aérospatial, les télécoms, la finance...

Un autre facteur majeur est la capacité des développeurs, voire éventuellement des utilisateurs, à maîtriser les différentes technologies clés au cœur de la convergence numérique. La mise en place de formations pluridisciplinaires va clairement dans ce sens.

Le dernier facteur, et sûrement le plus important est l'arrivée dans la vie active d'une classe d'âge -la génération Y- qui a grandi, et ce dès le plus jeune âge avec les TIC. Ces jeunes actifs ont une affinité particulière pour l'utilisation des TIC et surtout les avantages qu'ils procurent. Ils devraient fortement participer à la diffusion des TIC dans notre économie.

Freins économiques à la diffusion

Les principaux freins à la diffusion des technologies évoquées sont d'ordre technique et économique. D'un point de vue technique, les performances réellement constatées ne sont pas toujours au rendez-vous en dehors des laboratoires de test, notamment pour les solutions sans fil. D'une manière générale, les déploiements à grande échelle de certaines technologies restent complexes et leur usage parfois peu aisé pour le grand public. La cohabitation d'un nombre croissant d'applications, de services et de terminaux par utilisateurs rend complexe l'introduction de toute nouveauté.

Le problème est toutefois souvent avant tout économique, la plupart des limitations techniques (des exceptions existent toutefois autour par exemple du spectre ou des grands systèmes d'information) pouvant être résolues par des investissements supplémentaires. Mais la difficulté provient justement de ce que de nombreux services et produits TIC s'appuient sur des modèles économiques instables et/ou nécessitent des investissements initiaux colossaux (fibre, LTE, RFID, etc.).

L'informatique en nuages va nécessiter de lourds investissements et peu d'entreprises en seront capables. De plus le pas-

sage en mode service à la demande chez les éditeurs risque de créer des besoins en fonds de roulement qui pourraient asphyxier les plus fragiles.

L'empreinte énergétique des TIC pose une problématique croissante pour l'ensemble de l'écosystème. Du point de vue de l'empreinte carbone, les TIC sont actuellement au niveau du transport aérien avec une croissance cependant beaucoup plus élevée. *A contrario* elles permettent aussi des économies d'énergie sous certaines conditions, évoquées par exemple dans le rapport « DETIC » du CGIET.

Freins sociaux à la diffusion

Les développements de nouveaux services TIC doivent toutefois se faire en prenant en compte la dimension sociale. Le volume de données collectées sur un individu donné est en effet en pleine explosion, avec notamment les réseaux sociaux, les réseaux de capteurs sans fil, ou les services de géolocalisation, permettant de proposer à l'utilisateur final de nouvelles fonctionnalités.

La robotique et l'intelligence artificielle posent aussi un problème éthique quant au niveau d'autonomie qu'on pourrait conférer à ces systèmes.

Si les bénéfices pour les usagers sont donc importants (confort d'usage, nouveaux services disponibles, coût plus faible, etc.), les risques sont toutefois jugés élevés par les utilisateurs concernant le risque de vol ou d'usurpation d'identité, limitant en partie les usages. L'exploitation des données personnelles à des fins frauduleuses ou commerciales (ciblage publicitaire, etc.) soulève aussi de nombreuses questions.

Recommandations

L'importance des TIC pour tous les secteurs n'est plus à démontrer, tant au niveau des emplois, que de la valeur ajoutée ou de l'impact transversal sur l'ensemble de l'économie. La France est plutôt bien positionnée

Pour mieux développer ce secteur, il convient de continuer et d'amplifier les politiques d'aides publiques ciblées sur les technologies clés des TIC, notamment celles présentant un fort caractère générique. Cela vaut notamment pour les pôles de compétitivité et les clusters Euréka, souvent indispensables pour dégager les masses critiques au niveau européen.

Le développement du secteur des TIC repose par ailleurs fortement sur le développement de standards de droit ou de fait, voire d'interopérabilité. L'existence de standards permet un développement plus rapide et moins coûteux de nouvelles solutions et technologies construites à partir des technologies standardisées. Toutes les initiatives permettant de développer des standards sont donc à privilégier. Ces initiatives doivent être déployées au niveau international (européen au minimum) pour profiter d'un effet de masse.

L'implication des pouvoirs publics autour de la régulation des données est centrale. Le rôle joué par la capacité à combiner des données, notamment des données personnelles, dans le développement de nouvelles applications, devient primordial et doit être encadré pour assurer un bon niveau de sécurité et de confiance numérique, levant ainsi les freins au développement des usages par les entreprises et les particuliers.

Le développement des technologies clés repose pour beaucoup d'entre elles sur des infrastructures très coûteuses (haut débit, numérisation de contenus, calcul intensif, informatique en nuages, usines de composants, etc.). Le développement d'approches mutualisées pour partager les coûts et les risques (co-innovation) et l'apport éventuel de financements publics doivent permettre de lever certaines des contraintes financières associées.

Enfin, le développement des TIC nécessite une maîtrise de plusieurs compétences techniques dans différents domaines. La coordination entre les différents segments des TIC est parfois trop faible alors que la convergence numérique est au cœur des nouveaux produits et services. Les fournisseurs de ces nouvelles technologies doivent se préparer à appréhender en direct ou via leurs partenaires (dans une logique d'innovation ouverte) de nouvelles expertises complémentaires nécessaires. L'interdisciplinarité doit être encouragée et même aller plus loin avec l'intégration de compétences non TIC (santé, énergie, etc.), sur lesquelles l'Europe dispose de positions de force. De même la politique des pôles de compétitivité engagée et des centres de compétences comme Saclay Grenoble, Sophia Antipolis ou la Bretagne est à poursuivre.

Au niveau mondial, les grandes entreprises françaises sont aussi bien équipées et compétitives que leurs consœurs étrangères, mais les PME françaises restent relativement peu informatisées. Aider les PME à s'informatiser d'avantage pour gagner en productivité est donc très important.

Les passerelles entre le monde des entreprises et la recherche publique fonctionnent plutôt bien, mais gagneraient à être d'un accès plus facile pour les PME. Les pôles de compétitivité du secteur sont un bon exemple.

Un *Small Business Act* à la française, sujet récurrent depuis des décennies, permettrait de réserver une partie plus importante des commandes publiques aux jeunes pousses. Le ministère de la Défense a mis en place un dispositif de ce type.

La formation est une fois encore le point critique à souligner aussi bien pour les technologies de l'information (afin de disposer de suffisamment de compétences), que pour des disciplines connexes mais critiques afin de faire émerger des entreprises fiables : marketing, juridique, ventes... L'aspect entrepreneurial mis en avant dans toutes ces formations est identifié comme un axe d'amélioration pour la France.



13. Robotique

L'asservissement des degrés de liberté d'une machine-outil et leur pilotage par une machine-numérique programmable a conduit à la large diffusion des machines-outils à commande numérique (MOCN).

Par rapport à une machine-outil, un robot industriel permet la préhension et le contrôle spatial et temporel d'un solide dans l'espace de travail du robot. Le robot sera dit complet au sens de la mécanique s'il dispose d'au moins six degrés de liberté.

Toutefois de nombreuses tâches peuvent être assurées avec deux, trois, quatre ou cinq degrés de liberté.

Le robot industriel est généralement un bras manipulateur fixe par rapport à la tâche répétitive qu'il doit effectuer. D'autres robots peuvent se déplacer pour assurer des tâches dans un environnement plus complexe. On parle alors de robotique mobile ou de robots de service.

Description

Un robot est un système mécanique polyarticulé disposant de moyens de perception, de raisonnement et d'action capable de se substituer totalement ou partiellement à l'homme dans des tâches d'interaction avec le monde physique.

La robotique s'est déployée depuis les années soixante au travers de la robotique dite industrielle ou encore manufacturière.

Typologie des robots et applications

Les principales applications des robots industriels concernent le chargement et déchargement des machines, le soudage par points ou le soudage continu, la peinture, l'assemblage.

On distingue classiquement quatre classes de robots avec leurs domaines d'applications spécifiques :

Les robots tout ou rien (*pick and place*), pour lesquels seuls les points de préhension et de lâcher des objets sont définis. Ils servent principalement au chargement et déchargement des machines. Ils sont le plus souvent pilotés par des automates programmables à l'aide de méthodes telles que le grafset.

Les robots programmables ont leurs degrés de liberté asservis en position et éventuellement en vitesse. Ils sont programmés par apprentissage au moyen de consoles ou de pantins. Les trajectoires de consigne sont rejouées (on parle de robot *play back*). Pour les applications complexes, ils peuvent être programmés par CAO ou au moyen de langages textuels. Ces robots servent typiquement au soudage, à la peinture, à la découpe laser ou au jet d'eau, au montage, à l'assemblage. Pour ces tâches, le robot manipule le plus souvent un outil relativement à la pièce. Pour des applications telle le contrôle qualité, le robot déplace un capteur par exemple une caméra qui constitue un capteur intelligent.

La télé robotique. Il arrive que l'homme doive rester dans la boucle pour le contrôle total ou partiel du robot. On parle alors de configuration maître-esclave qui caractérise la télé robotique. C'est le cas où le robot intervient dans des environnements dangereux pour l'homme comme le nucléaire, le spatial, le milieu sous-marin, les situations d'incendie ...

Dans le domaine médical, on exploite principalement la précision en positionnement et la maîtrise des micro-déplacements que garantit le robot. Le robot n'intervient pas en autonome mais en configuration maître-esclave avec le chirurgien qui peut réaliser la tâche avec assistance en réalité augmentée avec des précisions de quelques millimètres alors que le robot travaille au centième ou au micron.

Dans la méga robotique qui caractérise les travaux publics, le domaine minier, les tunneliers, c'est le contraire, l'homme peut projeter ses actions en multipliant les forces et l'amplitude des déplacements

Les robots de service rassemblent les robots qui ne sont pas manufacturiers au sens usuel de la robotique industrielle.

Toutes les activités humaines sont concernées. C'est ainsi que la robotique agricole a vu en quelques années l'apparition des robots de traite des vaches, des robots de cueillette des fruits, des robots de tonte des moutons, des tracteurs autonomes guidés par GPS...

Les applications militaires sont nombreuses et en deçà de ce que la technologie permet aujourd'hui. Les drones d'observation aérienne, les robots de déminage ou porteur de charges lourdes sont autant d'exemples.

Les armées de terre, de l'air et la marine sont concernées. On parle de *UXV Unmanned X Vehicle* avec X pouvant être *Aerial, Ground, Surface et Underwater*.

Les systèmes de transports intelligents et en particulier l'automatisation de la conduite automobile s'appuient sur les technologies clés de la robotique et contribuent à faire avancer la robotique.

La robotique dite de service comprend aussi la robotique humanoïde très en vogue dans la recherche académique actuelle. Les applications sont surtout ludiques même si on avance le concept de robot compagnon pour l'assistance à domicile.

Enjeux et impacts

La robotique est critique pour la compétitivité du secteur industriel. Les deux pays développés les plus exportateurs au monde, le Japon et l'Allemagne sont aussi les plus équipés en robots industriels. Cela renforce leur spécialisation dans les segments de haut de gamme et accroît leur compétitivité en remplaçant une force de travail comparativement chère par un investissement en capital (les robots). Ces pays ont ainsi une différenciation compétitive très forte sur les marchés internationaux.

Le nombre de robots en activité est en pleine explosion depuis une quinzaine d'années, et cela sous les effets combinés des progrès techniques (électronique, nanotechnologies, énergie, intelligence artificielle...) et de la baisse des coûts (divisés par quatre pour les robots industriels entre 1990 et 2009).

Cette croissance sera fortement stimulée par la croissance des robots à usage privé, des plus simples (aspirateurs, robots piscines, jouets...) aux plus complexes (robots humanoïdes).

Le marché global de la robotique, estimé à 11 milliards de dollars en 2005, pourrait passer à 30 milliards de

Degré de diffusion dans l'absolu

● Faible diffusion

● Diffusion croissante

● Généralisation

Degré de diffusion en France

● Faible diffusion

● Diffusion croissante

● Généralisation

dollars en 2015. C'est un marché où le potentiel en services associés est très important.

Le robot autonome satisfait à trois fonctions essentielles : la perception, le raisonnement et l'action. Si plusieurs robots interagissent entre eux ou avec leur environnement, il convient d'ajouter la fonction communication et on parle alors de robotique collaborative.

Le verrou principal de la robotique est la perception de l'environnement. Le robot doit se localiser, percevoir et modéliser son environnement et élaborer les plans d'actions qui lui permettent de réaliser sa mission.

La perception utilise plusieurs capteurs : caméras, radars, lidars, centrale inertielle, GPS associés à des cartographies numériques. La fusion des informations implique des outils logiciels puissants d'acquisition et de datation précise de toutes les informations élémentaires pour assurer la cohérence spatiale et temporelle.

Le dernier enjeu est celui de l'intelligence artificielle. Une des pistes les plus intéressantes est la technologie multi-agent, qui s'apparente à l'intelligence collective d'insectes sociaux. On arrive ainsi à ce que l'on nomme la robotique cognitive.

Ce marché conserve de très fortes relations avec l'ingénierie de systèmes complexes et de systèmes de systèmes, la sémantique et l'intelligence artificielle.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D** : LAAS (Toulouse), LIRMM (Montpellier), Isir (Paris UPMC), LIPS6 (Systematic), Ircyn (Nantes), SRI (Orleans), LISV (Versailles), CEA List, HeudysiacCompiègne), Gipsa, LIG, TIMC(Grenoble), Inria, Ensta, Mines-Paristech...
- **Industriels** : Cybernetix, EKIUM, Thales, Sagem, EADS, Easyrobotics, Hexagone, BA Systemes, Robotics Concept, Aldebaran Robotics, ERI, Automation, Robosoft, Intempora, Gotsai
- **Syndicat professionnel** : Symop : Opération « Robotcaliser » pour les PME, GDR Robotique pour la recherche

Position de la France

Le marché de la robotique civile est largement dominé par le Japon, en particulier grâce à des conditions culturelles et démographiques particulières. Le gouvernement a fait de la robotique un axe majeur.

Les industriels japonais, et les industriels allemands, sont aussi les champions de la robotique industrielle. Ils se basent sur leur marché local qui est très dynamique. Ainsi, selon IFR, l'Allemagne représente 42 % du parc européen et la France 10 % en troisième position derrière l'Italie. De fait, ce parc est vieillissant avec des robots qui ont en moyenne cinq ans de plus que leurs équivalents allemands. Les champions de ce segment sont allemands ou japonais.

Le marché de la robotique militaire est, pour des raisons politiques, dominé par les États-Unis et Israël. Les robots ont vu leurs crédits militaires quintupler.

La France reste bien positionnée grâce à une excellente maîtrise de l'intelligence artificielle. Ainsi la plateforme multi-agent développée au LIRMM équipe plusieurs robots japonais.

Analyse AFOM

Atouts

Industrie high-tech, qui possède l'ensemble des disciplines nécessaires, capacité en ingénierie de systèmes complexes, intelligence artificielle.

Faiblesse

Focus politique, barrières culturelles, mais surtout un manque d'intégrateurs de systèmes robotiques industriels.

Opportunités

Les logiciels pour robots, les transports intelligents, les environnements à risques.

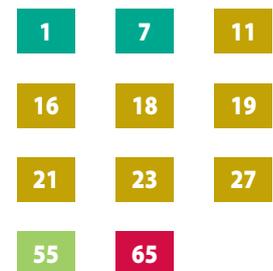
Menaces

L'avance japonaise.

Recommandations

À l'instar du gouvernement japonais dans le civil ou américain dans le militaire, la robotique doit être une priorité des aides publiques, car c'est la « nouvelle frontière » des TIC. Il convient de développer les formations correspondantes. Pour lever les verrous, il est crucial de rapprocher les domaines d'excellence française qui sont connexes à la robotique : systèmes complexes, intelligence artificielle, batteries, nanoélectronique...

Liens avec d'autres technologies clés



Maturité (échelle TRL)

	Émergence (TRL : 1-4)
	Développement (TRL : 5-7)
	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

	Leader ou Co-Leader
	Dans le peloton
	En retard

Potentiel d'acteurs en France

	Faible
	Moyen
	Fort



14. Technologies réseaux sans fil

Description

Un réseau mobile est constitué de stations de base qui assurent la couverture d'une zone géographique donnée et gèrent la communication avec les équipements terminaux.

La durée de vie d'une génération de système mobile est d'environ vingt ans. Les réseaux GSM, lancés en 1993, sont totalement matures et seront remplacés d'ici cinq à dix ans par des réseaux 3G ou 4G. Les réseaux 3G connaissent encore des améliorations et resteront en service encore dix à quinze ans. Les réseaux LTE (*Long term evolution*) seront lancés en 2011-2012 en France et verront apparaître leur évolution 4G à partir de 2015. Cette dernière permettra de porter les débits en mobilité à environ 100 Mbps crête par utilisateur en voie descendante. Ce débit atteindra 1 Gbps maximum en situation de nomadisme.

La technologie WiMAX Mobile qui fournit des caractéristiques proches de LTE ne connaît pas le même développement et souffre d'un écosystème très limité.

Les évolutions des réseaux mobiles sont, outre l'amélioration continue de l'efficacité spectrale et donc des débits, le passage d'une architecture en mode circuit à une architecture paquet IP qui autorise notamment une intégration plus poussée avec les réseaux fixes. Une évolution également notable est celle de la radio logicielle, dans laquelle les fonctions physiques liées au processus de transmission (modulation, filtrage, etc.) sont réalisées par des calculateurs numériques, permettant une grande évolutivité des matériels.

Le développement des *chipsets* pour terminaux mobiles et objets communicants se caractérise par une puissance accrue, une intégration très poussée et le support de plusieurs standards.

Applications

Les technologies de réseaux sans fil s'appliquent dans les marchés et domaines applicatifs de la mobilité et autorisent des applications de voix, de messages courts et de transmission de données. L'ajout de fonctions de géolocalisation et de services de paiement et de loisirs (vidéo, télévision, jeux...) augmente l'attractivité des terminaux mobiles.

Elle permet également les communications M2M (*Machine-to-machine*) que ce soit la transmission de faibles quantités d'information (exemple relevé de compteurs), ou de plus gros débit pour la vidéo (télésurveillance par exemple).

Dans certains cas, les technologies mobiles peuvent servir de substitut lorsqu'aucun réseau fixe n'est disponible. Avec les évolutions de la 3G et l'arrivée du standard LTE,

les réseaux mobiles peuvent offrir des services d'accès à Internet dans des zones blanches. La couverture de ces zones sera néanmoins soumise à des contraintes réglementaires éventuelles et à des soutiens des collectivités locales comme auparavant pour le GSM.

Le déploiement des réseaux de prochaine génération LTE est conditionné à l'attribution de spectre dans les bandes des 2,6 GHz et 800 MHz. Cette technologie sera disponible dans un premier temps dans les grandes villes pour apporter de la capacité alors que les réseaux 3G commencent à connaître des phénomènes de saturation.

Le marché français des services mobiles a représenté un chiffre d'affaires de 20,4 Md€ en 2009 selon l'Arcep. Il correspond à 101 milliards de minutes de communications et 63 milliards de SMS et MMS.

Enjeux et impacts

Les technologies de réseaux radio mobile permettent d'offrir des services sur une grande partie du territoire aux personnes en situation de mobilité. Elles permettent également de répondre à des besoins sociétaux grandissants comme :

- étendre la zone d'utilisation des terminaux à l'international grâce à la standardisation de la technologie mobile et au *roaming* (itinérance) international ;
- rendre possible un certain nombre de soins médicaux à domicile et ainsi limiter les déplacements de patients ;
- faciliter l'accès aux contenus éducatifs concernant la formation ;
- réduire les déplacements des professionnels grâce à l'utilisation facilitée de la visiophonie.

Il s'agit d'une technologie diffusante et d'avenir en constante amélioration sur le plan technologique et dont le coût d'utilisation baisse significativement grâce à sa diffusion mondiale.

Enfin, les contraintes de consommation électrique sont de plus en plus prises en compte avec une réduction de l'encombrement et de la consommation des stations de base.

Degré de diffusion dans l'absolu

● Faible diffusion

● Diffusion croissante

● Généralisation

Degré de diffusion en France

● Faible diffusion

● Diffusion croissante

● Généralisation

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D publique** : CEA Leti, Institut Telecom, LAAS, Inria, IMS, Labsticc, Irisa, IETR, Irit, LIG, LIP6
- **R&D privée** : Alcatel-Lucent, SagemCom (notamment femtocells), Gemalto, EADS, Thales, ST-Ericsson, Sequans sur le LTE, etc.
- **Opérateurs** : SFR, France Telecom/Orange, Bouygues Telecom Free Mobile (en 2011-2012)
- **Intégrateurs-supports** : de nombreuses PME (Astellia, etc.)
- Arcep, Afom (Association des opérateurs mobiles français), pôles de compétitivité (Images et Réseaux, Systematic, etc.)

Position de la France

La France a joué un rôle moteur avec l'Allemagne dans la définition du GSM, qui est depuis devenue une norme mondiale, et est très impliquée dans le développement des nouvelles normes de téléphonie mobile.

Les infrastructures mobiles sont très développées en France assurant une bonne couverture et qualité de service.

Masse critique des acteurs : Alcatel-Lucent est un fournisseur d'infrastructures mobiles dans le Top 5 mondial ; Gemalto est le leader mondial de la carte à puce ; Orange est un opérateur présent dans de nombreux marchés à l'international (présence dans 38 pays). La Défense est impliquée dans la mise au point de la radio logicielle.

Aucune difficulté spécifique n'est à noter dans l'adoption de la technologie mobile, en dehors de retards dans le décollage des générations précédentes, principalement en raison du manque d'attractivité des premiers terminaux.

Analyse AFOM

Atouts

Un secteur concurrentiel et une innovation technologique très dynamique.

Faiblesses

Des engagements de couverture 3G non tenus dans les délais par les opérateurs, couverture à l'intérieur des bâtiments perfectible, saturation des réseaux mobiles.

Opportunités

Desserte des zones non couvertes par les réseaux fixes avec le dividende numérique.

Menaces

Besoins en débit sans cesse croissants des applications mobiles ; saturation du spectre électromagnétique, acceptabilité sociale vis-à-vis des rayonnements électromagnétiques.

Recommandations

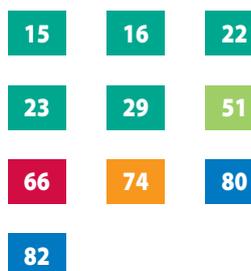
Le spectre radioélectrique qui constitue une ressource rare doit être optimisé afin de permettre de supporter l'explosion du trafic de données mobiles. Cela passe par une coordination internationale et par l'anticipation des besoins futurs.

Des initiatives autour des services mobiles doivent être supportées car la position des acteurs français peut être fragilisée par le manque de compétitivité dans les autres secteurs (terminaux, services).

Il est nécessaire de soutenir les initiatives des collectivités locales qui permettent d'accélérer la disponibilité du très haut débit mobile pour l'ensemble de la population en particulier grâce à l'apport du dividende numérique.

Enfin, il serait nécessaire de développer des activités de R&D aux frontières entre le matériel et le logiciel et dans les domaines qui concernent l'interopérabilité.

Liens avec d'autres technologies clés



Maturité (échelle TRL)

●	Émergence (TRL : 1-4)
●	Développement (TRL : 5-7)
●	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

●	Leader ou Co-Leader
●	Dans le peloton
●	En retard

Potentiel d'acteurs en France

●	Faible
●	Moyen
●	Fort



15. Réseaux haut débit optiques

Description

Les réseaux basés sur la fibre optique se sont beaucoup développés depuis le milieu des années 2000, en particulier dans les pays du nord de l'Europe et en Asie. Ils sont considérés à juste titre comme plus pérennes et performants que les réseaux basés sur le cuivre.

Les évolutions actuelles portent davantage sur les technologies mises en œuvre que sur les architectures à proprement parler. En effet, plusieurs technologies coexistent :

- Ethernet point à point: une fibre de bout en bout entre le central de raccordement et l'abonné ;
- Ethernet point à multipoint (communément appelé *Active Optical Network*) : technologie utilisant un commutateur pour démultiplexer la fibre arrivant du central ;
- PON (*Passive Optical Network*) : technologie la plus déployée dans le monde aujourd'hui, s'appuyant sur un coupleur optique, équipement dit passif.

Les standards actuels permettent d'atteindre des débits théoriques très élevés, dépassant le Gbps. En réalité, en France, les offres actuelles sont de l'ordre des 100 Mbps. À l'avenir, les évolutions technologiques permettront de fournir des débits au-delà des 10 Gbps.

Néanmoins, le principal frein au déploiement des réseaux FTTx reste le coût de déploiement, car ils nécessitent des travaux de génie civil très onéreux. Les technologies et architectures mises en œuvre sont donc choisies en fonction de l'intérêt technique mais aussi du coût qu'elles représentent au regard du territoire concerné (urbain vs rural notamment).

Applications

Les réseaux de type FTTx sont utilisés pour améliorer les connexions Internet et donc s'appliquent à l'ensemble des secteurs d'activités pour lesquels Internet devient un mode de communication inévitable.

Si pour l'heure aucune application ne justifie des débits de plusieurs Gbps, le déploiement de réseaux FTTx permet d'anticiper les besoins futurs, notamment ceux relatifs au développement de services liés à la santé ou à l'éducation en ligne.

En parallèle, certains secteurs en particulier requièrent déjà des débits élevés et de la symétrie, comme le jeu en ligne, la visiophonie et la télévision (TVHD, vidéo à la demande, TV3D). Aujourd'hui, les acteurs du très haut débit misent beaucoup sur ces types de services pour valoriser leurs nouvelles infrastructures fibre optique à court et moyen terme.

Les déploiements FTTx ne sont cependant pas encore généralisés et, hormis dans les pays les plus avancés comme le Japon où le FTTx est désormais la technolo-



gie d'accès Internet la plus répandue (le nombre d'abonnés FTTx a dépassé le nombre d'abonnés DSL courant 2009), seules les zones les plus denses des territoires sont concernées. La très grande majorité des opérateurs impliqués dans le haut débit a aujourd'hui défini une stratégie très haut débit intégrant de futurs déploiements de réseaux FTTx. D'autres acteurs, notamment publics, sont également impliqués mais doivent encore trouver les bons modèles économiques et positionnements dans la chaîne de valeur pour assurer un certain équilibre entre niveau d'investissements et tarifs pratiqués.

Au cours du dernier semestre 2009, la croissance mondiale du marché FTTx s'est confirmée puisque l'on compte fin 2009 plus de 63 millions d'abonnés FTTx à travers le monde (ce qui représente une croissance supérieure à 16 % sur six mois). En France, on comptait quelques 308 000 abonnés FTTH/B pour plus de 5,7 millions de foyers raccordables fin 2009.

Enjeux et impacts

La technologie permet d'apporter sécurité et confort des connexions Internet directement liées à des besoins sociétaux grandissants et permettront par exemple de :

- favoriser le lien social et l'inclusion par le partage de photos, de musique, jeux en ligne ;
- faciliter l'accès aux contenus éducatifs concernant la formation ;
- réduire les déplacements grâce à l'utilisation facilitée de la visiophonie ;
- rendre plus performantes les entreprises par le partage instantané de données, la mise en relation des acteurs, des *process* ;
- favoriser le développement du commerce en ligne ;
- faciliter l'accès aux services publics en lignes ;

Degré de diffusion dans l'absolu

<input checked="" type="radio"/>	Faible diffusion
<input type="radio"/>	Diffusion croissante
<input type="radio"/>	Généralisation

Degré de diffusion en France

<input type="radio"/>	Faible diffusion
<input checked="" type="radio"/>	Diffusion croissante
<input type="radio"/>	Généralisation



- faciliter l'usage du «télétravail» avec des capacités de communications améliorées ;
- rendre possible un certain nombre de soins médicaux à domicile et ainsi limiter les déplacements de patient.

Elle permet de lever un verrou majeur dans la problématique de l'évolution des débits, qui sont de toute façon limités par les capacités des réseaux cuivre actuels. Il s'agit d'une technologie diffusante de part la pérennité du support physique considéré (la fibre optique), qui, lorsqu'elle sera largement déployée, permettra d'assurer la connectivité et d'améliorer les échanges avec un impact inévitable sur la performance des entreprises, l'accès aux services en ligne, à la connaissance et l'information, tout comme sur le déplacement de personnes

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D publique** : Ill-V Lab, LPN, XLIM, Ircica
- **R&D privée** : au niveau industriel, Alcatel Lucent ; au niveau des opérateurs télécoms : Numéricable, France Télécom/Orange, SFR, Free/Iliad ; au niveau des acteurs du génie civil et des opérateurs d'infrastructure : Vinci/Covage, LD Collectivités, Sogetrel, Nexans, etc.
- ARCEP, Associations type Avicca (villes de France), pôles de compétitivité (Systematic, etc.)

Position de la France

Après certaines réticences de la part des opérateurs en raison des incertitudes réglementaires, les déploiements se sont accélérés courant 2009. L'implication de Numéricable, mettant à niveau son infrastructure en

« poussant la fibre » jusqu'aux immeubles dans ses foyers existants, a eu un effet considérable sur nombre de foyers.

Le rôle du régulateur est prépondérant et les autorités nationales s'impliquent pour définir des règles visant à assurer un déploiement relativement homogène sur l'ensemble du territoire et à éviter une nouvelle fracture numérique.

Malgré un niveau d'offres commerciales relativement proches du haut débit actuel, la pénétration reste faible au regard du niveau de la couverture. Ce constat peut être fait dans d'autres pays où les tarifs sont parfois plus élevés, ce qui peut être un frein supplémentaire.

Alcatel-Lucent fait incontestablement partie des principaux équipementiers FTTx au niveau mondial en concurrence avec les Chinois Huawei et ZTE. Il fournit des réseaux PON aux opérateurs tels que France Télécom et SFR en France mais également des références outre-mer comme Verizon aux États-Unis ou encore Hanaro Telecom au Japon.

Analyse AFOM

Atouts

Réglementation qui se précise, plusieurs acteurs impliqués et volontaristes.

Faiblesses

Diversité des technologies mises en œuvre par les différents opérateurs, incertitudes quant aux possibilités de mutualisation des infrastructures.

Opportunités

Programme national THD pour lequel le gouvernement va abonder à hauteur de 2 Md€.

Menaces

Efforts à fournir pour améliorer le taux de pénétration de la technologie auprès des foyers raccordables, concurrence par les technologies mobiles de quatrième génération.

Recommandations

Suivre le programme national THD (très haut débit), dont l'objectif est de raccorder 70 % des Français au THD en 2020.

Volets spécifiques des investissements d'avenir.

Résoudre l'équation économique.

Mettre l'accent sur la qualité de service et la garantie de la disponibilité du service (essentiel pour les entreprises). Se focaliser sur la commercialisation des offres fibre optique.

Liens avec d'autres technologies clés

14

16

22

29

Maturité (échelle TRL)

<input type="radio"/>	Émergence (TRL : 1-4)
<input type="radio"/>	Développement (TRL : 5-7)
<input checked="" type="radio"/>	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

<input type="radio"/>	Leader ou Co-Leader
<input checked="" type="radio"/>	Dans le peloton
<input type="radio"/>	En retard

Potentiel d'acteurs en France

<input type="radio"/>	Faible
<input checked="" type="radio"/>	Moyen
<input type="radio"/>	Fort