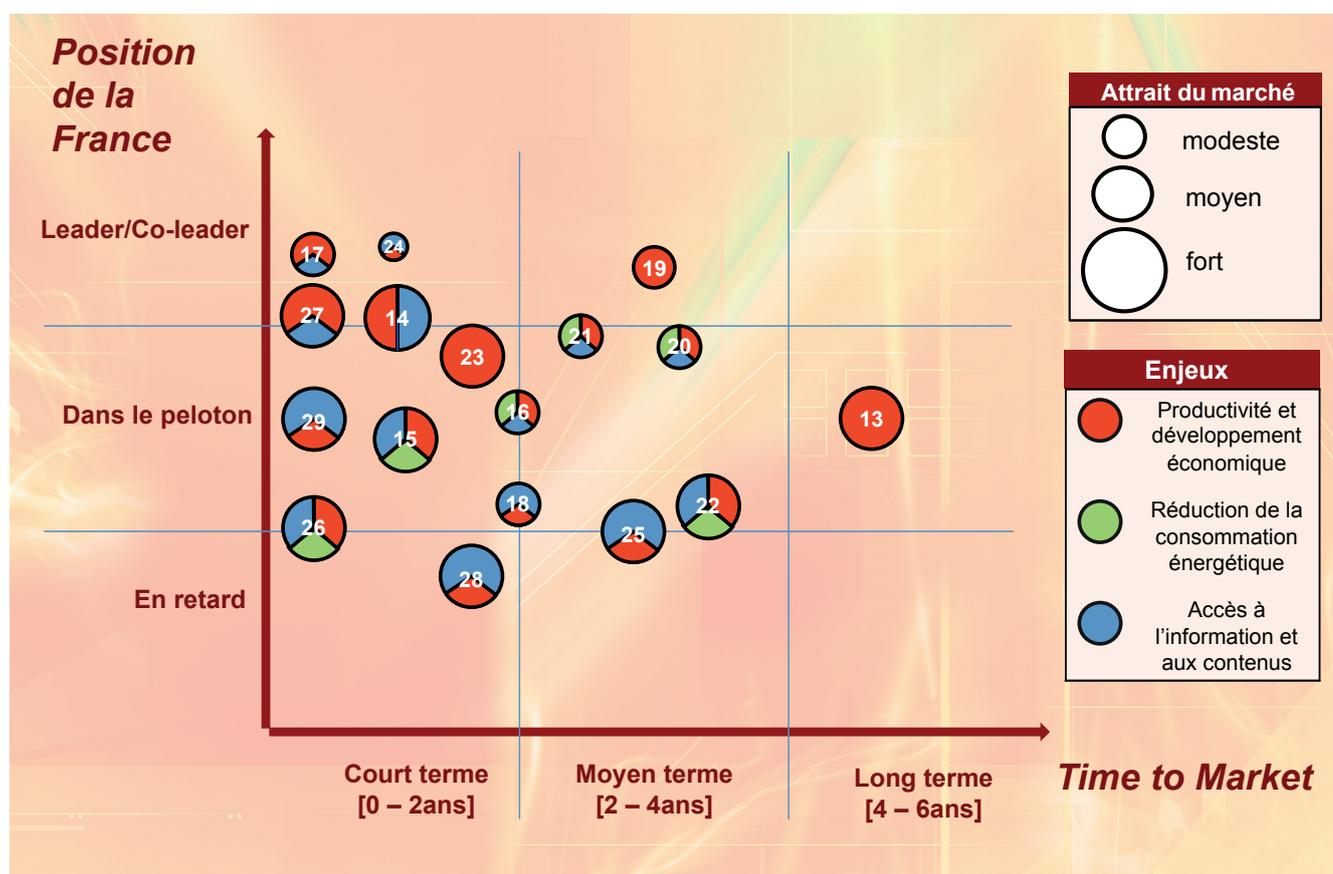


Technologies de l'information et de la communication



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.).

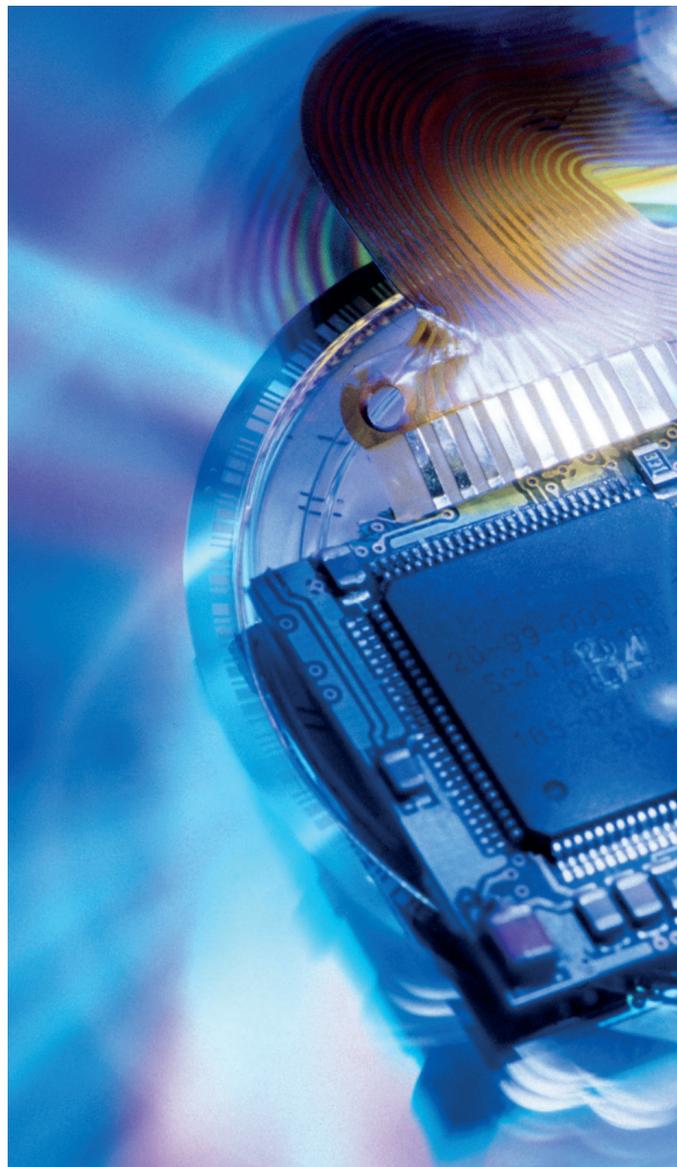
Le secteur de la vidéo s'organise différemment en fonction de la nature des contenus. Les contenus de qualité (dits premium), via par exemple la télévision à péage ou plus marginalement par la vidéo à la demande autour des films, des séries ou du sport, bénéficient encore d'une forte croissance et génèrent 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.



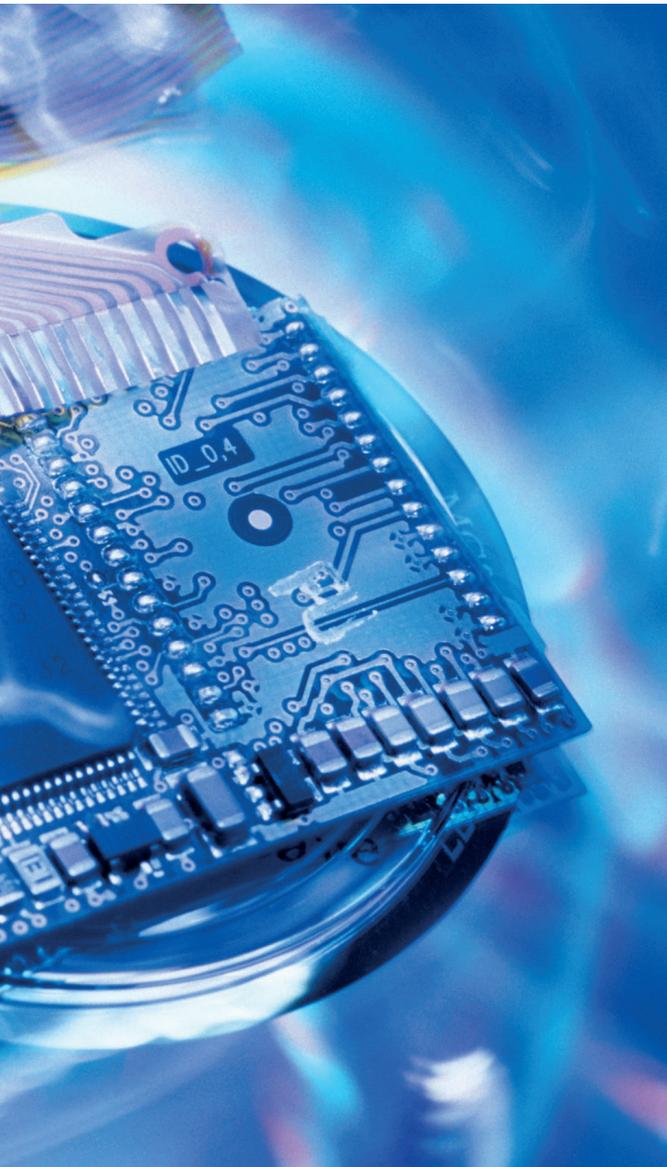
Internet se développe notamment grâce aux différents modèles publicitaires d'affichage (*i.e.* publicité média) et de liens sponsorisés (*i.e.* publicité hors média ; Google étant la référence sur ce dernier point talonné par Facebook), combinant ainsi des outils statistiques avancés de mesure de la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

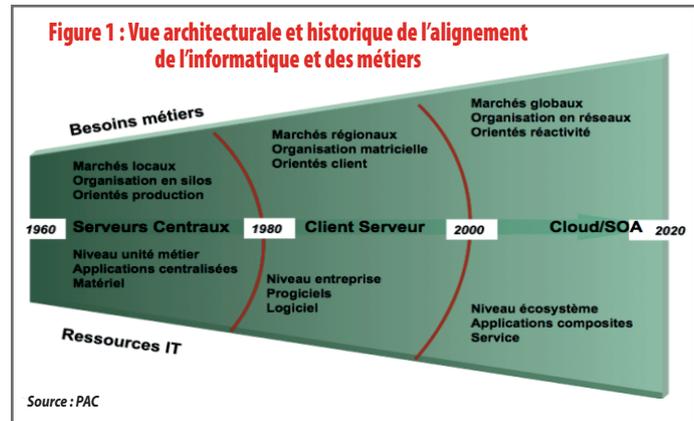
L'utilisateur disposera de différentes solutions intuitives pour mieux interagir avec les différents services numériques autour :

- 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.

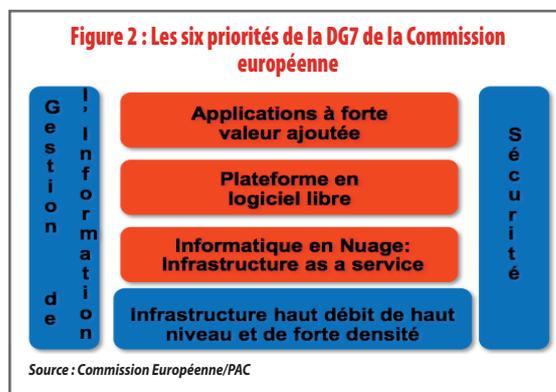
À l'instar des réseaux haut débit, les infrastructures d'informatique en nuage doivent être perçues par les pouvoirs publics comme un investissement important pour conserver et accroître la compétitivité du pays. Ainsi, les aides publiques, la fiscalité et une réglementation adaptées sont très importantes 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.

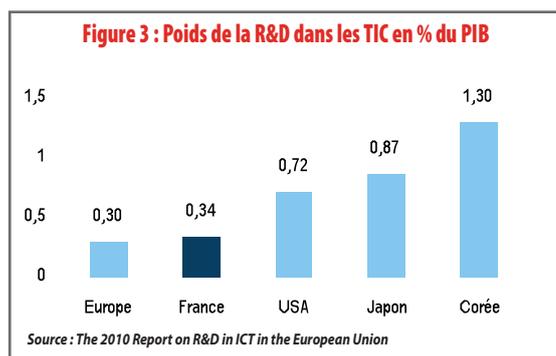
Enfin, l'intégration dans les processus suppose une évolution des compétences des concepteurs et développeurs des futurs produits et services associés. Il s'agit en effet d'avoir une maîtrise simultanée de nombreuses technologies (matériel, logiciel, contenu et réseau) permettant le développement d'applications, 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.

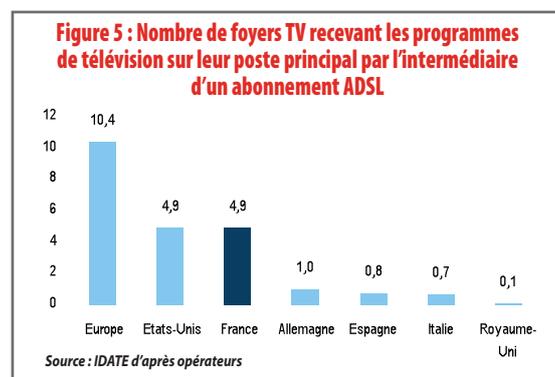
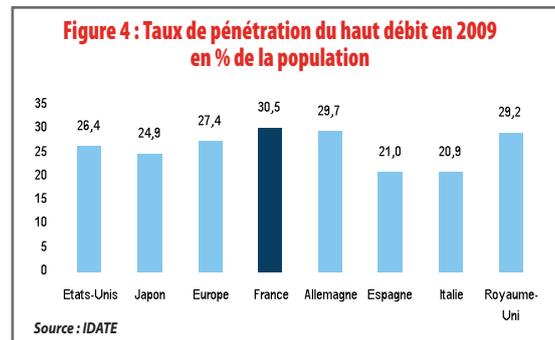


Principaux atouts de la France dans les TIC

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.

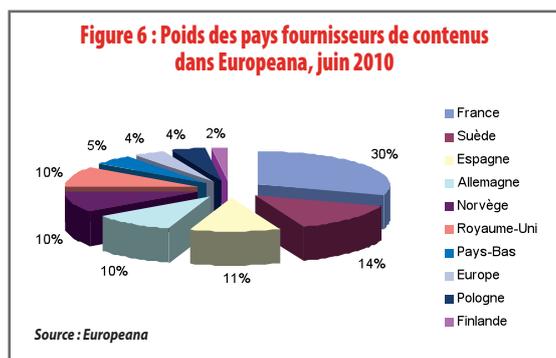
La France est par ailleurs très bien représentée dans certains domaines des composants électroniques, notamment au niveau des cartes à puce, cartes sans contacts et du RFID (Gemalto, SK, Tagsys, Pôle SCS, etc.), tout en étant impliquée sur l'ensemble de la micro-électronique (ST Microelectronics, Soitec,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

<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

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, HeudysacCompiègne), 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

1	7	11
16	18	19
21	23	27
55	65	

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



16. Objets communicants

Description

Le concept d'objets communicants fait essentiellement intervenir des technologies de communication, telles que le RFID (*Radio Frequency Identification*), incluant notamment le NFC (*Near Field Communications*), les communications dites de courte portée (Bluetooth, ZigBee, UWB, etc.) et les technologies mobiles (cellulaires mais également satellites).

Pour l'heure, cette technologie très jeune (phase de lancement) est en forte croissance.

Les principaux leviers de croissance résident dans :

- les retours d'expérience réussis (satisfaction du consommateur via les économies réalisées) ;
- la régulation au sein des différents marchés verticaux favorisant l'automatisation ou incitant à plus de suivi ;
- le niveau de maturité des technologies utilisées (technologies peu coûteuses).

Néanmoins, il existe encore de nombreux points de blocage :

- investissement initial et coûts d'installation élevés ;
- améliorations techniques nécessaires sur le *roaming* (ou itinérance internationale) pour le M2M par exemple ou les interférences sur le RFID ;
- chaîne de valeur très fragmentée avec une myriade d'acteurs (souvent PME voire TPE), pouvant mener à une identification plus complexe des fournisseurs et donc à une intégration technique plus difficile ;
- performances techniques pures autour de la sécurité des données (au niveau de l'accès), de la qualité de service (*end-to-end*), de la standardisation (favorise la massification).

Applications

Cette technologie est utilisée dans plusieurs marchés verticaux à travers diverses applications :

- automobile/transport (télématique, gestion de flotte, logistique, etc.) ;
- énergie (télérelève de compteurs, smart grid, etc.) ;
- sécurité (télésurveillance, alertes, etc.) ;
- industrie (logistique, traçabilité, etc.) ;
- commerce de détail (paiement mobile, logistique, terminaux de paiement, etc.) ;
- électronique grand public (avertisseurs de radars, livre électronique, navigateurs GPS connectés, etc.) ;
- santé (e-santé).

L'objectif principal de ce type de technologie est de réduire les coûts opérationnels via l'automatisation, la réduction des déplacements et la réduction des erreurs. Les entreprises utilisatrices espèrent donc un retour sur investissement (ROI) rapide. Néanmoins, à plus long terme, certaines d'entre elles comptent générer des revenus significatifs

supplémentaires grâce à cette technologie en proposant de nouveaux services (service client, maintenance préventive, facturation à l'usage, etc.).

L'intégration de la technologie dans les processus ne se fait pas de façon automatique. Elle requiert le plus souvent une éducation-formation pour maîtriser les capacités du M2M ou du RFID et en profiter. Un certain temps d'adaptation est parfois nécessaire quant à la mise en œuvre de la technologie (problèmes lors de l'installation, taux d'erreurs plus importants que prévus). Ceci a donc un impact sur les processus en interne mais également sur le système d'information lui-même. Celui-ci doit intégrer de nouvelles données (engendrant donc de nouveaux coûts) et voit l'établissement de nouveaux modèles économiques avec un impact sur le service client. Par ailleurs, la réduction de coûts engendrée par la mise en place de la technologie est aussi une réduction de coûts en termes de ressources humaines.

Selon l'Idate, le marché total (matériel, connectivité, et services) du M2M devrait atteindre 14 Md€ en 2010 et 32 Md€ au niveau mondial en 2014. Selon le cabinet IDTechEx, le marché du RFID s'élevait à 5 Md\$ en 2008 avec 2,16 milliards de tags. Les projections font état d'un marché évalué à 17 Md\$ en 2013.

Enjeux et impacts

La technologie répond aux enjeux sociétaux suivants :

- développement durable grâce aux applications de télérelève et *smart grid* permettant un meilleur contrôle des consommations énergétiques ;
- sécurité des biens, des personnes (physique ou alimentaire) et du territoire, grâce à un suivi à distance ;
- vieillissement de la population, avec des solutions d'e-santé permettant le maintien à domicile tout en maîtrisant les coûts.

Il s'agit d'une technologie diffusante car elle s'appuie sur des technologies matures, et elle se déploie dans le temps de manière croissante et durable.

Plusieurs effets positifs sont attendus notamment en termes de :

- productivité (plus d'automatisation) ;
- consommation énergétique (réduction des transports humains facilitée par les communications entre objets-machines, suivi de la consommation en temps réel permettant d'adapter les usages) ;
- fiabilité des produits et des processus (meilleure logistique, signalisation des pannes, etc.).

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

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D publique** : laboratoire LRIT, CEA-LIST, CEA-Leti LIG, Irit, LAAS, LIP6, RFTLab, Inria, Irisa, etc.
- **R&D privée** : France Telecom, SFR, Bouygues Telecom, Gemalto, Oberthur Technologies, Kerlink, SagemCom, Erco Gener, Violet, Tagsys, ASK, Withings, etc.
- **Pôles de compétitivité** (Images et Réseaux, Cap Digital, Systematic, Minalogic, SCS, AESE, etc.), association RFID Bretagne Développement, Centre National RFID, Forum des services mobiles sans contact, etc.

Position de la France

Les acteurs français sont très présents et sur plusieurs maillons de la chaîne de valeur : le français Gemalto a racheté en juin 2010, Cinterion, leader mondial des fabricants de modules M2M ; Orange est très impliqué sur les problématiques de standardisation avec la présidence de l'Etsi (organisme de standardisation européen) sur la thématique M2M. Orange est également impliqué sur l'Internet des objets puisqu'il a été sélectionné pour mettre en œuvre une racine ONS (système de nommage pour les objets, équivalent au DNS pour le web) en France, posant ainsi la première brique d'un futur Internet des objets sur la base du réseau EPCglobal. La plateforme développée par GS1 France (entité française d'EPCGlobal) et Orange Business Services dépasse les frontières hexagonales et se positionne comme l'ONS Root Européen.

Le régulateur Arcep est également très impliqué puisqu'il reste l'un des seuls (avec la CMT en Espagne) à prendre en compte le niveau d'avancement du M2M.

Analyse AFOM

Atouts

Plusieurs acteurs impliqués (notamment opérateurs) et volontaristes ; forte concurrence avec un impact sur les prix permettant une meilleure adoption ; de nombreux grands comptes intéressés par une telle technologie (automobile, aviation, énergie, transport, etc.) ; arrivée de l'électronique grand public connectée (livres électroniques, etc.) permettant une adoption massive plus rapide.

Faiblesses

La crise a eu un effet retardateur sur le niveau de déploiement et donc sur l'adoption, et les retours sur investissements restent encore plus incertains en temps de crise. Par ailleurs, de nombreux efforts sont à fournir dans l'IHM pour favoriser les usages.

Opportunités

Régulation et politiques publiques incitatives par secteur vertical ; développement de solutions plus fiables (qualité de service, sécurité) et plus complètes (*roaming*) ; appel à projet national « Usages innovants de la RFID et services mobiles sans contacts » lper-SMSC.

Menaces

L'Arpu reste encore très faible pour les opérateurs, limitant leur implication à court terme (pas encore d'investissement dans un réseau dédié).

Recommandations

Les aspects relatifs à la normalisation auront un effet accélérateur sur le développement de la technologie. En effet, la standardisation rassurera les clients sur la compatibilité de la technologie et entraînera sa promotion par tous les industriels.

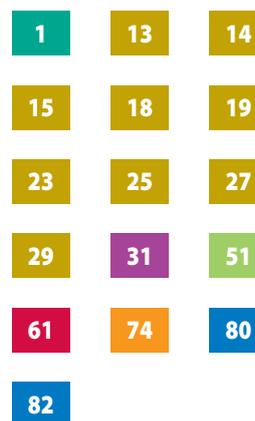
Les problèmes de sécurité liés d'une part, à la diffusion non maîtrisée d'informations, ainsi que d'autre part, aux attaques informatiques (attaques directes, virus, etc.), devront être étudiés.

Les aspects liés à la protection de la vie privée devront être transparents afin de dissiper toute possibilité de violation des ces données (accès, stockage, détournement de ces données) et renforcer ainsi le développement des usages.

Il sera important de travailler sur l'intégration matériel-logiciel ainsi que sur la problématique d'interopérabilité.

La fiabilité des réseaux de capteurs sans fils devra faire l'objet d'une attention particulière tout comme leur tolérance aux fautes.

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



17. Technologies 3D



Description

Les technologies 3D regroupent ici deux grands ensembles de technologies distinctes :

- la vidéo 3D relief, permettant d'offrir aux utilisateurs une immersion visuelle stéréoscopique : grâce à la projection d'images 3D et au port de lunettes spécifiques (sauf dans le cas d'écrans autostéréoscopiques), l'utilisateur est immergé dans l'image ;
- la réalité virtuelle, domaine scientifique et technique ayant pour objectif de simuler, dans un monde entièrement virtuel, le comportement d'entités 3D, qui sont en interaction en temps réel entre elles et avec un ou plusieurs utilisateurs en immersion pseudo-naturelle.

Avec l'arrivée de la 3D, la chaîne technique audiovisuelle doit s'adapter. Le principal point en suspens reste le format d'image retenu en l'absence de standard dans l'industrie. De plus, pour apprécier la 3D, le consommateur final doit s'équiper d'un nouvel écran (téléviseur-moniteur) compatible.

Les problématiques majeures de la réalité virtuelle sont quant à elles à la fois liées à la création du monde virtuel et à l'interfaçage entre le sujet et le monde virtuel :
 • il faut modéliser et traiter informatiquement un monde virtuel évoluant en temps réel. Or les modèles peuvent être simplement descriptifs, au comportement déterministe, ou autonomes ce qui induit des temps de calcul généralement très importants ;

- dans les cas de la réalité virtuelle, les technologies 3D sont généralement propriétaires et faiblement interopérables ;
- la 3D sur le web doit encore faire face à la complexité technico-économique de la création de contenus 3D dans un environnement temps réel ;
- la complexité de la 3D est accrue sur mobile, du fait des processeurs plus lents sans carte graphique, mais la situation devrait progressivement s'améliorer avec l'accroissement des performances des terminaux ;
- enfin, le coût des équipements reste encore relativement élevé même si les coûts ont quelque peu baissé, notamment grâce à l'industrie du jeu vidéo qui a permis de réduire les coûts de cartes graphiques.

D'un point de vue connexe, la réalité virtuelle peut être associée à la réalité argumentée. Cette technique permet de financer des informations mesurées, évaluées sur des objets modélisés.

Applications

L'industrie du jeu vidéo a permis de démocratiser la réalité virtuelle auprès du grand public.

Le succès des films d'animation en 3D, ainsi que la sortie prochaine de consoles de jeu vidéo 3D comme la Nintendo 3DS permet au grand public de se familiariser progressivement avec la 3D relief.

Mais au-delà de l'univers des loisirs, la 3D et la réalité virtuelle, sous leurs formes les plus simples comme les plus sophistiquées, deviennent progressivement des outils de travail parmi d'autres dans les entreprises :

- modélisation, prototypage virtuel, maquette numérique (industrie, architecture, urbanisme) ;
- simulation des processus de production, permettant de visualiser les activités, les contraintes et les risques ;
- formation professionnelle par le biais des *serious games* ;
- formation par simulateur (conduite de véhicules, aéronautique, médecine) ;
- téléprésence et visiophonie ;
- visualisation scientifique (visualisation du système nerveux central en 3D par exemple).

Après le son, l'image et la vidéo, le Web s'enrichit également de représentations totales ou partielles (objets) en 3D temps réel.

S'il n'existe pas de chiffres précis, le potentiel de la réalité virtuelle se chiffre d'après les spécialistes en milliards de dollars. À lui seul, le secteur des jeux vidéo a généré près de 51 Md€ dans le monde en 2009 selon l'Idate.

Les marchés du *serious game* et de la réalité augmentée sur mobile devraient connaître une croissance significative à moyen terme, avec respectivement 10,2 Md€

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

en 2015 (1,5 Md€ dans le monde en 2010) et 732 M\$ dans le monde en 2014 (2 M\$ d'après JuniperResearch en 2010).

Enfin, concernant la vidéo 3D relief, iSuppli prévoit que 4,2 millions de TV 3D devraient être commercialisées en 2010 dans le monde.

Enjeux et impacts

Si l'ensemble de la chaîne technique dans le cinéma 3D semble répondre aux problématiques posées par la 3D, au vu de l'accroissement du nombre de films produits et de l'équipement des salles, l'horizon de la télévision 3D semble moins clair. Les contenus sont rares, les modèles économiques non établis et le niveau d'équipement des ménages en équipements terminaux compatibles est faible.

Quant aux enjeux liés à la diffusion de la réalité virtuelle, ceux-ci sont multiples :

- amélioration de la sécurité au travail et diminution des risques ;
- diminution des coûts de production grâce à la faculté d'anticiper dès la phase de conception des produits les difficultés liées aux cas complexes d'assemblage ;
- augmentation de l'attrait et de l'efficacité des formations par rapport aux méthodes traditionnelles ;
- thérapies comportementales de personnes malades (traitement des phobies, anxiétés, dépression) ;
- tourisme, visualisation de représentations 3D de territoires urbains de grandes dimensions (Google Earth, Ville en 3D de PagesJaunes, etc.).

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D publique** : Clarte, INT-Artemis, Irisa, CEA-List, Centre Européen de Réalité Virtuelle (CERV), Centre de Réalité Virtuelle de la Méditerranée (CRVM), IGN, Inria-Labri, INRS, Ircam, LIMSI, LRI, CSTB, etc.
- **R&D privée, réalité augmentée, réalité virtuelle** : Dassault Systèmes, Technicolor, Orange Labs, EADS, Thales, CS Communication & Systèmes, Ubisoft, SC2X, MASA Group, Immersion, Archivideo, Alioscopy, TechViz, Virtual I.T., Vertice, Haption, XD Productions, Optis, Simtean, Lumiscaphe, Genesis, Darkworks, TriOviz, Total Immersion, présence de petits acteurs comme Int13, Presselite, Niji, AFRV, APRV (Clermont- Ferrand), SELL, SNJV, SPFA, pôles de compétitivité (Images et Réseaux, Systematic, Imaginove, Cap Digital, EMC2 et Advancity), etc.

Position de la France

La France bénéficie de la présence de plusieurs acteurs majeurs :

- Dassault Systèmes, leader mondial des solutions 3D et de gestion du cycle de vie des produits ;
- Thales, expert reconnu pour ses simulateurs de vols, ses systèmes d'entraînement et de formation et ses outils de modélisation ;
- Technicolor, qui se positionne sur le cinéma 3D, notamment en post-production.

La recherche française est au plus haut niveau, aux côtés des Américains, des Allemands ou encore des Japonais.

Relativement répandue au sein des grandes entreprises (Peugeot PSA Citroën, EDF, SNCF, etc.), la réalité virtuelle est toutefois encore peu utilisée par les PME.

Les *serious games* sont de plus en plus pris en compte dans le milieu professionnel, et principalement chez les PME encore peu sensibilisées à ces outils.

Analyse AFOM

Atouts

De grands leaders français, un tissu de PME particulièrement dynamique, une recherche française visible au niveau international et qui bénéficie de liens avec les entreprises.

Faiblesses

Coût encore élevé des solutions de réalité virtuelle ; faible diffusion au sein des PME ; manque d'équipement des ménages en terminaux 3D.

Opportunités

Réalité augmentée sur mobile ; 3D relief pour le cinéma et l'industrie du jeu vidéo.

Menaces

Pas de standard sur la vidéo 3D ; industrie grande consommatrice de calcul engendrant des coûts importants ; risque d'augmentation de la fracture numérique (hausse significative des débits).

Recommandations

Favoriser l'émergence d'un standard unique afin de ne pas renouveler la guerre de format HD et permettre à toute la chaîne de valeur de se structurer.

Mutualiser les infrastructures afin de baisser les coûts. Soutenir des appels à projets communs comme celui d'Oséo et du CNC destiné aux PME du multimédia et de l'audiovisuel.

Liens avec d'autres technologies clés

18

24

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



18. Interfaces homme-machine

Description

Les interfaces homme-machine utilisent un ensemble de technologies très diverses, qui utilisent des logiciels et des algorithmes en association avec des équipements très variés. Ainsi, les technologies d'IHM relèvent de plusieurs axes technologiques :

- les interfaces matérielles : joysticks, claviers, souris, écrans tactiles, télécommandes, manettes (spécifiques ou utilisées dans le jeu vidéo comme la wiimote de la console Wii de Nintendo) interfaces haptiques (ou à retour d'effort), caméras, microphones, moyens d'affichage (écrans, casques de visualisation, affichage holographique, etc.), tablettes de saisie, capteurs biométriques ou biomédicaux, etc. ;
- la conception des interfaces : ergonomie, design, psychologie cognitive, adaptation au contexte à partir d'hypothèses, etc. ;
- l'électronique et l'informatique de gestion des interfaces.

Les interfaces homme-machine existent depuis longtemps en ce qui concerne les interfaces avec les programmes informatiques. Une offre complémentaire s'est développée concernant les interfaces liées à Internet, avec de très nombreux usages dont le téléenseignement, le travail coopératif à distance et bien d'autres.

Grâce à la multiplication des logiciels embarqués et des microprocesseurs dans les équipements autres que des ordinateurs, les IHM se sont multipliées et enrichies. Les jeux vidéo constituent un facteur majeur d'innovation en introduisant de nouvelles techniques d'interaction (Wii de Nintendo, Kinect de Microsoft, PS3Move de Sony).

Les domaines algorithmiques et informatiques couvrent par ailleurs de nombreuses fonctions, parmi lesquelles on peut citer l'analyse et la compréhension des demandes d'un utilisateur humain à travers son observation (gestes, paroles, émotions), simulation et modélisation, manipulation et synthèse d'images 3D, prise en compte du temps réel, gestion d'interface « rich media », de widgets, etc.

Il faut ajouter les interfaces dites « surface computing », dont le multi-touch d'Apple, le tableau noir interactif, l'écran Surface de Microsoft, mais aussi les murs d'images interactifs.

Au-delà de ces diverses interfaces spécialisées, se développent des recherches dites multimodales permettant une immersion totale ou partielle dans un monde virtuel, avec des applications multiples. En effet, les plateformes de réalité virtuelle permet d'immerger l'utilisateur et de lui offrir une interaction intuitive avec l'environnement : grâce à un système de capture de mouvements (caméras infrarouges qui mesurent les mouvements de mar-

queurs posés sur l'utilisateur, gant de données, interfaces haptiques, etc.), les images sont recalculées en temps réel pour correspondre au point de vue de l'utilisateur et/ou s'adapter aux mouvements réalisés avec son corps (mouvement des doigts, des mains, des jambes, etc.). Des interfaces utilisateurs plus classiques de type clavier, souris ou manette peuvent néanmoins être utilisées. La parole peut également être utilisée, aussi bien pour commander que pour communiquer de la machine vers l'utilisateur.

Applications

Il existe une offre importante d'outils d'aide aux développements d'IHM. Elle fait partie d'offres globales de grands acteurs de l'informatique comme Microsoft, Borland, IBM, Google ou Adobe. Au delà de ce marché, il existe une offre de service importante. Existent également des logiciels spécialisés pour la modélisation, la simulation et la génération d'interfaces dédiées à différents types d'équipements.

Les IHM sont centrales pour de nombreux secteurs d'application : électronique grand public, environnements industriels, automobile, défense, aéronautique, éducation, formation, travail coopératif etc.

Dans le domaine matériel, l'usage des interfaces haptiques se développe. Un volant, un gant, un bras haptique ou une manette à retour de force servent à recréer les effets de résistance liés à la conduite d'un avion ou d'une voiture, mais aussi d'une opération chirurgicale ou à la télémanipulation dans un milieu hostile.

Les interfaces neuronales directes viennent par ailleurs d'atteindre aux États-Unis le stade des toutes premières applications commercialisées (jeux vidéo, aide au handicap : écriture directe de texte).

En ce qui concerne les équipements, le marché des écrans tactiles est en forte croissance grâce au succès de terminaux comme l'iPhone, la Nintendo DS ou plus récemment l'iPad. Selon iSuppli, le marché des écrans tactiles a atteint, en 2008, 341 millions d'unités et 3,4 Md\$ en valeur et atteindrait 6,4 Md\$ en 2013 pour 833 millions d'unités. En 2009, l'office des brevets américains a décidé d'attribuer à Apple un brevet à une couverture très large sur l'interface *multi-touch* de l'iPhone.

Enjeux et impacts

Il s'agit d'une technologie à très fort potentiel diffusant. Les enjeux sont multiples :

- les IHM facilitent, voire permettent le développement de produits, outils ou services innovants, dans l'ensemble des secteurs. L'usage de la réalité virtuelle permet de plus la conception d'IHM plus intuitives ;

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



- elles sont un enjeu de productivité, notamment pour l'efficacité de l'usage de logiciels complexes. Elles constituent également un outil de compétitivité, car l'interface joue un rôle dans la décision d'achat d'un produit. Les producteurs d'automobile haut de gamme considèrent l'IHM comme une part stratégique de leur offre, qui fait partie de l'image liée à la marque, et est souvent développée en interne ;
- les IHM jouent également un grand rôle en matière de sécurité. En effet, le design et l'ergonomie d'un système peuvent avoir un rôle critique dans la prise en main d'un outil, l'efficacité d'une tâche à réaliser, le taux d'erreur de l'opérateur, etc. ;
- les IHM peuvent créer de nouveaux types de relation entre l'homme et les équipements qu'il utilise, en augmentant la « compréhension » par la machine des demandes humaines, mais aussi en facilitant le contrôle par l'homme de la machine. Cela peut faciliter l'accès à des services vers un plus grand nombre de personnes, personnes âgées ou handicapées notamment. Cela peut également modifier la façon dont nous jouerons, dont nous communiquerons et dont nous travaillerons ;
- le développement des espaces numériques de travail (ENT) sont un grand enjeu pour l'éducation et la formation.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D publique** : Inria, CEA, Télécom Paristech, l'Inserm, LIRMM-IHMH, Cena-PIL, Ircam, Institut de la Cognitique à Bordeaux (ENSC), Paris 8, LIMSI, etc.
- **R&D privée** : Orange Labs, Stantum Technologies, IntuiLab, Haption, Andelia, Axance, groupe Guillemot Corporation, Vocally, Kayentis, Immersion, etc.
- Logiciels professionnels la société PC Soft et de nombreuses sociétés de services
- AFIHM (Association francophone d'interaction homme-machine), pôles de compétitivité (Images et Réseaux, Imaginove, Systematic, Cap Digital Minalogic, Mov'eo), etc.

Position de la France

Présence d'une recherche importante sur les diverses technologies utilisées dans les IHM.

Présence de sociétés et d'agences offrant services et produits avec une expertise forte, combinant ergonomie, design et technologie, notamment sur Internet.

Position plus faible dans les logiciels d'entreprise.

Liens avec d'autres technologies clés

17

29

61

73

84

Analyse AFOM

Atouts

Existence d'une industrie de la défense et des jeux vidéo, compétences en médecine, en sciences cognitives, etc.

Faiblesses

Les designers sont peu sollicités en amont.

Opportunités

Beaucoup de synergies avec des activités proches : téléprésence, réalité virtuelle, robotique, RFID ; fortes avancées en reconnaissance vocale et en réalité augmentée ; enjeu important pour l'éducation et la formation.

Menaces

Domination des États-Unis pour la partie logicielle.

Recommandations

Encourager la structuration de la recherche au niveau de la conception et du design de systèmes fortement automatisés prenant en compte le facteur humain (psychologie cognitive, sociologie, physiologie, etc.).

Penser à solliciter les designers en amont dès la phase de conception.

Une mise en œuvre appropriée de techniques IHM spécifiques est essentielle pour le développement de l'environnement numérique de travail (ENT), qui vise l'ensemble de la communauté éducative.

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



19. Ingénierie de systèmes complexes et systèmes de systèmes

Description

Un système de systèmes (SdS) est un ensemble de systèmes autonomes interconnectés et coordonnés pour satisfaire une capacité et/ou réaliser un ensemble d'effets prédéterminés qu'aucun des systèmes constitutifs ne peut assurer seul. Une autre définition peut-être l'intégration de systèmes multiples afin de réaliser le comportement désiré de l'ensemble du système. L'ingénierie des systèmes de systèmes est un ensemble de *process* de développement, outils et méthodes pour designer, redesigner et déployer des systèmes de systèmes.

On parle de système complexe lorsqu'il devient très difficile de prévoir le comportement du système par le calcul. Ces méthodes fortement utilisées au niveau militaire et spatial sont de plus en plus appliquées et applicables au domaine civil (transport, santé, réseaux de télécommunications, exploration spatiale etc.). Un consensus général estime que l'ingénierie de systèmes traditionnels a atteint ses limites en terme de capacité à résoudre les problèmes d'intégration complexes.

L'informatique et les mathématiques avancées fournissent des solutions pour résoudre une partie de cette complexité. Ainsi ces systèmes complexes sont assez liés aux systèmes d'intelligence artificielle en particulier les systèmes multi-agents.

Applications

Les applications sont nombreuses dans des domaines où la France est un acteur reconnu : électronique, industrie des télécoms, IT, défense, nucléaire, environnement, transport, santé, recherche spatiale, énergie...

De nombreux secteurs sont susceptibles d'utiliser l'ingénierie des systèmes complexes, mais son coût et sa maîtrise délicate la cantonne dans les solutions les plus pointues et les plus génératrices de valeur ajoutée.

Les mathématiciens français sont réputés pour la qualité de leurs algorithmes financiers et leurs capacités à optimiser ces mêmes réseaux financiers.

La génétique est un autre exemple de système complexe où les capacités de calcul ont permis à l'industrie de faire des avancées notables.

IBM et le gouvernement Irlandais utilisent la connaissance des systèmes complexes du premier pour optimiser les ressources de pêche du second.

Une autre application civile, avec un impact sociétal fort, est le projet *GAIA Virtual Sky* de Steria qui offre, par exemple, la possibilité d'optimiser différents processus de vol afin d'économiser la consommation d'énergies fossiles, etc.

En France, le SIGLE (Système de gestion logistique) de la Marine nationale est un système complexe de maintien en conditions opérationnelles. Sa complexité faisait que les bâtiments n'étaient opérationnels qu'à 55 %. Avec une approche méthodologique et outillée, une jeune pousse lyonnaise (rachetée depuis par SQLI) a fait grimper ce taux jusqu'à quasiment 70 %...

Enjeux et impacts

L'ingénierie des systèmes de systèmes permet de répondre à des enjeux sociétaux, économiques et politiques de plus en plus complexes via la mise en partage des différents systèmes et ressources d'acteurs verticaux afin d'améliorer les processus et les produits pour ce secteur donné.

Cette approche, qui touche à quasiment tous les types de technologies, exige des profils de très haut niveau, métiers, informatique et organisationnels.

La maîtrise des systèmes complexes et leur ingénierie va devenir de plus en plus essentielle à mesure que la compétition s'étoffe, que la complexité de notre environnement s'accroît et qu'un seul acteur ne peut répondre seul à toutes les problématiques posées par son secteur.

C'est en maîtrisant un des systèmes les plus complexes qui soit, tant technique qu'organisationnel, à l'aide d'un système d'information solide qu'Airbus a pu développer l'A 380.

C'est une technologie essentiellement basée sur les services : organisation, modélisation, ingénierie, informatique, réseaux...

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D** : Inria, CEA-Leti, RNSC, CNRS (LAAS), École Polytechnique, Centrale Paris, CNRS LIRM, Systematic, Lips6, Cemagref, LySic, Université Paris 7
- **Éditeurs** : Ipanema, Oslo Software
- **SSII** : Altran, Akka, Alten, Steria, SQLI, Atos Origin, Groupe Helice, Ausy, Cybernetix
- **Utilisateurs** : EDF, EADS, Sagem, DCN, Dassault Aviation, Thales, Schneider Electric, Alcatel-Lucent, Vinci, Areva...

Degré de diffusion dans l'absolu

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

Degré de diffusion en France

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation



Liens avec d'autres technologies clés



Position de la France

La France a une longue tradition et une solide expérience d'ingénierie et de maîtrise de systèmes et de systèmes complexes.

Une bonne partie des points forts de l'économie française fait appel aux systèmes de systèmes et aux systèmes complexes.

La France dispose aussi d'une bonne école de mathématiques ainsi que de plusieurs instituts qui forment spécifiquement à ces approches.

Analyse AFOM

Atouts

Expérience, importantes industries clientes, école de mathématique, intelligence artificielle.

Faiblesses

Discipline qui reste méconnue, difficulté à fédérer les parties prenantes pour monétiser des projets pilotes.

Opportunités

Reconnaissance plus importante sur le marché, développement vers de nouveaux secteurs cibles : distribution, jeux en ligne, marketing...

Menaces

La perte de nos capacités en mathématiques, nombre de compétences.

Recommandations

Favoriser la collaboration entre les laboratoires publics, les PME innovantes et les grands comptes.

Disséminer plus largement ces concepts au sein des autres technologies.

Encourager la formation.

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



20. Calcul intensif

Description

Depuis l'invention de l'ordinateur, on n'a cessé de vouloir augmenter ses performances, en particulier pour répondre aux besoins des secteurs les plus exigeants tels que le nucléaire ou le militaire.

L'augmentation des capacités de calcul conformément à la loi de Moore (doublement tous les deux ans) et la baisse du coût relatif de la puissance de calcul ont offert la possibilité aux entreprises de s'équiper avec des matériels informatiques suffisamment puissants pour utiliser des logiciels de simulation particulièrement gourmands en opérations.

Le calcul intensif, ou calcul à haute performance (HPC, *High Performance Computing* en anglais) est le processus d'utilisation de systèmes informatiques très avancés pour effectuer des tâches ou résoudre des problèmes complexes. Cette informatique se différencie de l'informatique classique qui est plus orientée transactions que puissance brute de calcul.

Le calcul intensif se base sur deux types d'architectures :

- les macroordinateurs ;
- les grilles de calcul, qui sont l'architecture la plus performante à l'heure actuelle.

Il existe trois types de calcul :

- le calcul vectoriel, qui était réservé aux macroordinateurs mais qui a été remis au goût du jour par les puces issues du monde du jeu vidéo ;
- le calcul parallèle ;
- la fusion de ces deux approches.

Le calcul intensif est basé sur des « super calculateurs », des machines fortement optimisées, intégrées à tous les niveaux (composants, bus, mémoires, entrées-sorties, etc...) et souvent conçus pour des tâches spécifiques.

Avec l'atteinte des limites de la loi de Moore, l'augmentation de la puissance de calcul réside dans la multiplication du nombre de cœurs, et en particulier pour le calcul intensif, dans le développement d'architectures massivement parallèles (jusqu'à plusieurs centaines de milliers de processeurs). Les architectures fortement distribuées, en grille et dans le « nuage » permettent aussi la création de capacités de calcul intensif à partir de matériels peu intégrés et totalement banalisés, comme un PC ou un serveur virtuel.

Applications

Les applications du calcul intensif concernent essentiellement la simulation et la recherche.

La simulation numérique désigne le procédé de représentation d'un phénomène physique. Elle exige une étape préalable, celle de la modélisation (traduction d'un



phénomène en langage mathématique).

On peut distinguer trois types de simulation :

- la simulation de conception qui s'effectue à partir d'une représentation approchée produite par la maquette numérique (CAO). Domaines d'applications : la mécanique, la mécanique des fluides, la science des matériaux...
- la simulation prédictive (simulation des phénomènes). Cette simulation exige une architecture déployant une grande puissance de calcul. On parle d'architecture parallèle. Domaines d'applications : nucléaire, météorologie...
- la simulation comportementale est une approche multi-agent consistant à décrire le comportement de chaque entité qui s'adapte à la situation courante. Domaines d'applications : systèmes complexes (trafics routiers, phénomènes biologiques et sociaux).

Pour la recherche, les applications sont tout aussi vastes : criblage statistique, synthèse de nouvelles molécules, recherche spatiale...

D'autre part, les applications tertiaires sont un des domaines qui se développent le plus rapidement du fait de la démocratisation des capacités de calcul et aussi, car ceux qui les possèdent ont maintenant la possibilité (offerte par les technologies du nuage) de les partager en toute sécurité avec des utilisateurs tiers. Les domaines les plus en vue sont :

- décisionnel en temps réel ;
- analyse prédictive fine des comportements humains ;
- marketing relationnel ;
- calcul, analyse financière...

Enjeux et impacts

Le calcul intensif est un outil de souveraineté et de compétitivité nationales. Depuis 2007, la France et l'Europe l'ont bien compris et rattrapent leur retard avec plusieurs initiatives communes comme le Genci et Prace.

Le calcul intensif est très important pour la France, car ses industries de pointe en sont très consommatrices :

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

énergie, nucléaire, militaire, aérospatial, automobile... Cependant, les investissements correspondants sont très onéreux.

À titre d'exemples, le calcul intensif permet :

- d'éviter les essais physiques, (comme par exemple les essais nucléaires militaires) ;
- de réduire les coûts de prototypage nécessaires aux développements de nouveaux produits, et le délai de mise sur le marché (ainsi Renault a réduit de 50 % le temps de développement d'un nouveau véhicule) ;
- une optimisation des ressources et donc un accroissement de la productivité des entreprises, comme par exemple l'optimisation de la chaîne logistique des grands distributeurs.

Le développement d'architectures massivement parallèles basées sur des microprocesseurs banalisés induit un déplacement de la création de valeur et des verrous technologiques, susceptible de rebattre les cartes au niveau mondial. Ce tournant nécessite un vaste effort de R&D afin notamment de concevoir des logiciels adaptés à ces nouvelles architectures.

La démocratisation du calcul intensif se poursuit également par l'accès en ligne à ces outils en particulier en mode nuage. En ce sens, l'accès pour les PME à des capacités de calcul intensif est et sera, de plus en plus important pour leur compétitivité.

La dissipation thermique du calcul intensif, l'optimisation de la consommation et du refroidissement sont également des enjeux techniques forts pour cette filière.

Acteurs

Principaux acteurs français

- Genci (dont dépendent le CCRT, le Cines et l'Idris), Teratec (Systematic), CNRS (IDRIS & INS2I), École Polytechnique (LIX), Aerospace Valley, Minalogic
- CEA, EADS, Dassault Aviation, Snecma, Total, Thales, Areva...
- Bull, Schneider Electric
- Dassault Systèmes
- Ansys, HPC Project, CAPS, ActiveEon, Distene, Adacsys, Scilab Entreprises, Sogeti High Tech, Oxalya, Akka Technologies, Easy Group, etc.

Position de la France

La France dispose d'atouts solides : une école mathématique et des laboratoires publics reconnus, la maîtrise technologique de la conception des architectures de calcul intensif, un tissu industriel actif regroupant des fournisseurs de certaines technologies et des utilisateurs de

calcul intensif. La France bénéficie de l'expérience de ses industries de défense, aérospatiale et nucléaire.

En revanche, la France dispose de peu de capacités de production de composants matériels.

La France a lancé plusieurs initiatives importantes pour rester dans le peloton mondial :

- projet européen Egi-Inspire, de grille de calcul distribuée à partir de PC mis en réseaux, et pouvant être utilisé par les centres de recherche. Le chef de file français est le CNRS ;
- Genci : Grand équipement national de calcul intensif (représentant français au sein du programme européen Prace) pour la recherche et pour partager des capacités de calcul entre centres de recherche français ;
- Teratec : pôle fédérateur pour le calcul intensif créée par le CEA et englobé dans Systematic. Ce centre est en train de déployer le TGCC qui abrite le Tear 100, le plus puissant ordinateur d'Europe. Teratec veut démocratiser l'usage du calcul intensif notamment par les PME.

Analyse AFOM

Atouts

Industries clientes puissantes et de pointe au niveau mondial, bons mathématiciens français, systèmes complexes, intelligence artificielle, logiciel libre.

Faiblesses

Maîtrise de la couche matérielle.

Opportunités

Calcul distribué en architecture nuage sur composants totalement banalisés.

Menaces

Arrivée d'offres qui sont de plus en plus industrialisées de la part d'acteurs américains que ce soit du super ordinateur (IBM) ou du nuage (Amazon).

Recommandations

Comme dans tous les pays développés, l'importance des investissements rend quasiment obligatoire l'intervention de l'État.

Collaboration européenne au niveau de la recherche et des partenariats public-privé.

Il est nécessaire de pérenniser le GENCI, car le calcul intensif sera toujours très important à l'avenir.

Développer les formations et les compétences.

Intensifier le couplage entre la recherche publique et les entreprises en particulier les PME.

Pérenniser l'industrie française du calcul intensif, en particulier l'intégration de systèmes.

Liens avec d'autres technologies clés

1

23

26

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



21. Progressive/Intelligent Manufacturing

Description

Afin d'engendrer des gains de productivité significatifs, l'informatique dans les usines doit gagner en agilité, en intégration, en automatisation et en intelligence entre les multiples fonctions qui la composent. Pour ce faire, beaucoup de solutions développées pour l'informatique de gestion peuvent être adaptées à l'informatique de production.

Un système de production a donc une dimension technique et une dimension économique.

La dimension technique comprend les éléments suivants :

- le PLM (*Product Lifecycle Management*) qui englobe les outils de conception, de gestion des données et de collaboration ;
- la CAO (Conception assistée par ordinateur). La CAO mécanique regroupe tous les logiciels destinés à la modélisation ou à la définition. La CAO électronique regroupe tous les logiciels d'étude, d'analyse utilisés dans les étapes de conception logiques ou physiques des circuits, qu'il s'agisse de circuits imprimés, intégrés ou spécifiques, ou encore de systèmes électroniques ;
- le PDM (*Product Data Management Systems* ou Système de gestion des données techniques) regroupe tous les logiciels et toutes les procédures permettant aux industriels de gérer les données d'ordre technique, que ces dernières soient liées à la définition des produits conçus par l'entreprise ou liées aux procédés utilisés pour les fabriquer. Un système de PDM est un lieu de convergence et un outil d'intégration des informations provenant des différents systèmes informatiques de l'entreprise ;
- la simulation permet de développer des solutions de manière virtuelle ; sa maîtrise est également un important facteur de compétitivité, car elle permet de repousser sans cesse la limite technique et scientifique pour que

le virtuel parvienne à représenter le réel de manière la plus exacte possible. La simulation enregistre des avancées très fortes, grâce à la disponibilité de capacités de calcul haute performance, le développement de logiciels et solveurs capables de coopérer pour prendre en charge des problèmes multiphysiques et multiéchelles et l'émergence en France de pôles de compétence capables de faire le lien entre les problèmes concrets des entreprises et les capacités logicielles et matérielles les plus avancées disponibles (Teratec, EHPOC, CSDL, IOLS).

La dimension économique est composée des éléments suivants :

- le MES ou (*Manufacturing Execution System*) le système de gestion de la production et des ressources. Le système d'exécution des fabrications est une solution logicielle qui s'intercale entre le niveau du contrôle commande (occupé par les automatismes et la supervision) et le niveau de planification (ERP). Il assure l'exécution des fabrications et devient un outil essentiel pour la maîtrise et l'optimisation d'un système de production ;
- le SCM (*Supply Chain Management*) pour la gestion de la chaîne logistique, voire des entrepôts et des stocks ;
- le PGI (progiciel de gestion intégré), qui gère financièrement l'ensemble des activités de la société ;
- un ou plusieurs des systèmes suivants : PPM (gestion de projets et de portefeuille de projets), ordonnancement, gestion des temps, portails...

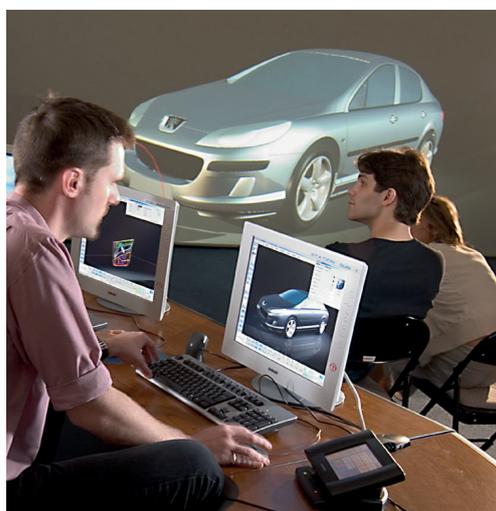
Le *progressive & intelligent manufacturing* a pour vocation d'intégrer tous ces silos, comme ce fut le cas avec les approches portail (IHM), BPM (*process*), EAI (logique applicative), ETL (données) dans l'informatique de gestion. Cette intégration, donnant une meilleure vision et de meilleurs moyens d'action sur la production, permet d'obtenir un système agile et flexible, voire proactif.

Applications

Tous les secteurs de l'industrie, mais on peut mentionner en particulier des secteurs historiques tels que : la pharmacie, l'automobile... Les domaines privilégiés sont la mécanique, l'électronique et la construction: automobile, matériel de transport (aéronautique...) et l'électronique. Par extension, le PLM, dans le sens de gestion des données durant l'ensemble du cycle de vie, touche tous les secteurs et notamment les biens de consommation, les télécoms...

Enjeux et impacts

Le PLM permet de réduire les temps de conception des produits afin de répondre à la volatilité actuelle de la demande et au souhait de dépersonnalisation du produit, à la réduction des coûts (une maquette virtuelle coûte



Degré de diffusion dans l'absolu

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

Degré de diffusion en France

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

moins cher qu'une maquette physique). Elle répond aussi aux problématiques organisationnelles actuelles de l'entreprise étendue en facilitant la conception en collaboration avec les sous-traitants.

Cela permet également de répondre aux exigences traditionnelles : performance-productivité (automobile...). Les avancées très fortes de la simulation numérique, ont été rendues possibles par la convergence de trois facteurs :

- des capacités de calcul intensif ;
- des logiciels et solveurs devenus capables de coopérer pour prendre en charge des problèmes multiphysiques et multiéchelles ;
- l'émergence en France de pôles de compétence capables de faire le lien entre les problèmes concrets des entreprises et les capacités logicielles et matérielles les plus avancées disponibles. Cette nouvelle offre concrète se développe autour de grands projets de pôles comme Teratec, EHPOC, CSDL, IOLS.

Par ailleurs, la maîtrise de la simulation numérique est un facteur de compétitivité très important car elle permet de développer en avance de phase des solutions de manière virtuelle. L'enjeu consiste à repousser sans cesse la limite technique et scientifique pour que le virtuel parvienne à représenter le réel de manière la plus exacte possible.

Un autre enjeu de taille est la très lente convergence sur des décennies des univers de la technique et de l'économie. Parmi les raisons qui expliquent cette observation nous pouvons citer :

- la lenteur de la mutation des organisations industrielles ;
- la complexification induite par la mondialisation en termes d'allocation de ressources industrielles ;
- le partage historique du marché entre les acteurs de la technique et de la gestion, qui ont eu chacun à subir de profondes mutations dans leur domaine informatique propre.

Acteurs

Principaux acteurs français

- Systematic, Minalogic, Aérospatiale Valley, LIESP, ENS Cachan, LNE
- Altran, Alten, Akka, Thales, SQLI, Steria, Courbon, Bodet...
- Dassault Systèmes, Lectra Systèmes, Missler Software, Courbon, Planisware, Ortems, Lascom, Spring

Position de la France

La France est un des pays développés où l'industrie reste importante, certes moins qu'en Allemagne, mais plus qu'en Grande-Bretagne. La France est aussi positionnée dans des industries à forte valeur ajoutée comme l'aérospatial et la défense.

Concernant les technologies, la France est bien positionnée :

- plusieurs éditeurs de logiciel sur des domaines comme le MES, l'ordonnancement et le PLM ;
- une forte expérience et de nombreuses compétences dans les entreprises d'ingénierie ;
- la recherche dans le domaine est de bon niveau ;
- les compétences fortes en systèmes embarqués ;
- fusion croissante entre l'informatique et l'ingénierie.

Analyse AFOM

Avantages

Base industrielle Hi-Tech solide, Dassault Systems, de nombreuses compétences et société de services, des éditeurs logiciels et la maîtrise de certaines technologies clés (algorithmique, optimisation, intelligence artificielle...).

Faiblesses

Mauvaise intégration de l'informatique sur les chaînes de production, coupure assez nette entre l'informatique de production et l'informatique de gestion.

Opportunités

Il n'y a pas encore de champion(s) sur ce marché, les places sont à prendre, consolidation et écosystème autour de Dassault Systèmes, les SSII.

Menaces

Arrivées prochaines d'IBM, Oracle et SAP sur ce segment, rachat d'entreprises nationales par des géants mondiaux.

Recommandations

Développer la recherche publique autour de ces technologies.

Protéger les champions français du domaine, et leur permettre d'accéder plus facilement à la recherche publique.

Développer les formations sur ces technologies dès le niveau bac.

Créer des passerelles avec les technologies connexes : systèmes complexes, embarqué, robotique...

Liens avec d'autres technologies clés

13

18

20

27

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



22. Optoélectronique

Description

L'optoélectronique (ou photonique) se présente comme la rencontre de trois sciences, l'optique, l'informatique, l'électronique.

Les systèmes optoélectroniques sont des dispositifs qui permettent de générer, conduire, traiter et détecter la lumière. La nature, l'échelle et les longueurs d'ondes des systèmes considérés sont très variées allant jusqu'au TéraHertz et aux rayons X ou gamma.

Selon un travail de l'Agence française de l'optique photonique (AFOP), de la Société française d'optique (SFO) et les pôles d'optique, basé sur une consultation de 150 experts scientifiques et industriels, la photonique intervient dans six grands domaines rassemblant 21 technologies :

- télécoms : transmissions optiques courtes distances, fibres et composants, systèmes et réseaux ;
- santé et vivant : systèmes photoniques d'analyse pour la santé, systèmes d'imagerie médicale, capteurs photoniques pour le vivant, lasers pour la santé ;
- énergie, éclairage, affichage : LED et OLED, photovoltaïque, photonique et infrastructures de recherche, affichage et réalité augmentée ;
- *manufacturing* et contrôle : lasers et procédés industriels, techniques de fabrication de systèmes optiques, procédés industriels et mesures optiques ;
- surveillance, sécurité, spatial : systèmes d'imagerie complexes pour l'observation et la surveillance, capteurs d'images, sources capteurs et réseaux de capteurs ;
- matériaux et technologies génériques : nanophotonique et couches minces optiques, microélectronique et photonique, technologies et sources lasers, nouveaux matériaux et nouveaux composants.

Applications

L'optoélectronique est une technologie applicable à de nombreux marchés. Elle est extrêmement répandue car elle couvre l'énergie et l'environnement, les sciences de la vie et la santé, la défense et la sécurité, les matériaux et la recherche.

Le marché mondial de l'industrie photonique a un fort potentiel de croissance avec 267 Md€ en 2008 et une estimation à 370 Md€ d'ici à 2020.

La croissance annuelle du marché de la photonique atteint 15 % en moyenne faisant de ce secteur l'un des plus dynamiques. La part de l'Europe est estimée à environ 43 Md€.

La France est, avec l'Allemagne et l'Angleterre, un acteur majeur de la R&D en photonique en Europe. Elle représente, en effet, environ un tiers de l'activité R&D dans ce domaine au niveau européen.

Enjeux et impacts

La photonique permettra de développer de nouvelles technologies et de nouveaux produits durables.

L'industrie française de la photonique représente actuellement environ 50 000 emplois, auxquels il faut ajouter environ 150 000 emplois induits. Du point de vue économique, c'est aussi plus de 1000 entreprises réalisant 10 Md€ de chiffres d'affaires. La recherche française en optique photonique représente 200 laboratoires et 13 000 chercheurs. Son développement est susceptible de permettre la création de nombreux emplois à forte qualification.

L'activité industrielle française en photonique est répartie sur l'ensemble du tissu industriel, allant de quelques grands groupes, aux PME et start-ups. En comparaison avec l'Allemagne, le tissu français est comparable par sa taille, voire supérieur au niveau des grands groupes mais plus faible pour les PME et les entreprises de taille intermédiaires (ETI).

De plus, la photonique est reconnue par la commission européenne comme une des cinq technologies clés aux côtés des matériaux avancés, des nanotechnologies, de la micro-nanoélectronique et des biotechnologies.

Il s'agit donc de maintenir une excellence scientifique et technologique française, sur des marchés cibles et des marchés de prestige, comme l'astrophysique, le spatial, la défense, le nucléaire.

Acteurs

Principaux acteurs français

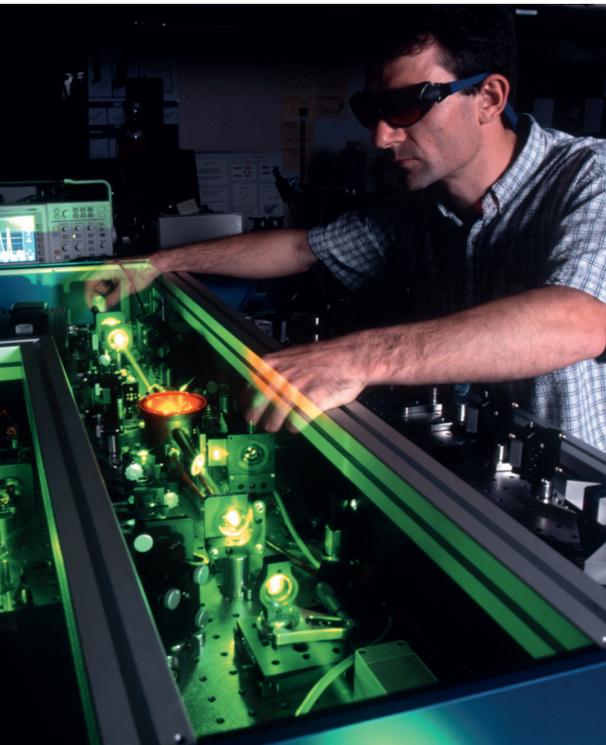
- **R&D** : CEA et Leti, Cnes, CNRS, Foton, Femto-ST, IEF, IEMN, INL, Institut d'Optique Graduate School, Institut Fresnel, LAAS, Laboratoire Kastler Brossel, LCFO, LPN, Observatoire de Paris - Meudon, Onera, CPMOH
- **Intégrateurs et utilisateurs** : Amplitude, Alcatel-Lucent, BFI Optilas, Dassault, Cilas, Cnes, Cognex France, Cristaux&Détecteurs, EADS, Essilor, I2S Vision, Imagine Optic, Kinoptik, Quantel, Lord Ingénierie, Optis, Peugeot, Renault, Sagem, Satimage, Saint Gobain Horiba Jobin Yvon, Seso, SOITec, ST Microelectronics, Teem Photonics, Tekcm, Thales, Ulis. Autres membres de l'afop, de la SFO et des pôles
- **Centre de compétences** : AFOP, Anticipa, Elophys, la Société française d'optique, ALPhA-Route des lasers, Minatec, Minalogic, Optics Valley, Popsud-Optitec, Irepa Laser, Rhenaphotonics Alsace, Systèmes complexes d'optique et d'imagerie

Degré de diffusion dans l'absolu

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

Degré de diffusion en France

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation



Position de la France

Au niveau européen la France se positionne en deuxième position derrière l'Allemagne. En effet, le nombre de PME et d'ETI y est plus fort qu'en France. Un écart qui pourrait s'accroître avec les problématiques liées à la transmission de ces entreprises en France.

Cependant, le territoire français dispose d'une grande force R&D et d'un tissu de PME très attractives, de qualités mondiales, certaines leaders sur leur marché. La spécificité française est sa capacité à innover et la très haute valeur ajoutée de ces produits. Par ailleurs, la France possède des savoir-faire et une recherche académique et industrielle de pointe.

Analyse AFOM

Atouts

Convention de partenariat entre Elopsys, Route des Lasers et Optitec qui va permettre d'engager des synergies sur les axes stratégiques, un fort potentiel académique et la participation à de grands projets européens (ITER, Extremely Large Telescope, Cérimed, ELI).

Faiblesses

Filière industrielle fragile et des pôles manquant de moyens pour réaliser des applications plus larges (imagerie, éclairage, etc.) ; manque d'ETI bien positionnées en France et sur le marché mondial.

Opportunités

De nombreux secteurs sont concernés (électronique, énergie, environnement, défense, santé et biomédical, transport, grands instruments scientifiques, équipement scientifique, équipement industriel, TIC, astronomie et spatial, aéronautique, etc.) et un secteur très dynamique bénéficiant d'une forte croissance (15 %).

Menaces

Développement de technologies issues des programmes de recherche actuels des pays concurrents ; des savoir-faire présents en Asie et aux USA avec une concurrence euro-dollar (le chiffre d'affaires à l'export représente 50 % du chiffre d'affaires total de l'optique photonique française).

Recommandations

Renforcer la complémentarité entre les systèmes et les composants optiques, dans une perspective d'industrialisation de la filière.

Investir sur des technologies émergentes et de croissance à fort débouché marché (photonique pour l'imagerie médicale, systèmes d'éclairages intelligents, matériaux optiques pour le photovoltaïque, vision artificielle). Renforcer le développement économique des pôles, en adressant des marchés applicatifs plus larges (imagerie médicale, éclairage LEDs et OLEDs, green photonics).

Il est nécessaire de favoriser l'émergence d'ETI bien positionnées capables de dynamiser les grands groupes et de tirer les PME vers des marchés mondiaux.

Afin de renforcer le lien entre industrie et milieu académique, il faut favoriser les collaborations entre industriels français et laboratoires. Cela peut être réalisé en associant l'expertise industrielle aux grands programmes de recherche nationaux.

De plus, le soutien à la R&D industrielle sur les technologies où le tissu de PME et d'ETI est particulièrement actif doit être accru. L'innovation dans ce secteur doit, en effet, être soutenue.

La France doit également influencer sur les orientations de la commission européenne en soutenant la participation des entreprises françaises dans les instances de réflexion et les appels à projets.

En outre, dans un contexte mondial, il est important d'accroître la présence française à l'international.

Tous les grands pays industrialisés ont aujourd'hui des programmes en cours concernant la recherche photonique excepté la France et cela devrait être corrigé.

Liens avec d'autres technologies clés

14

15

Maturité (échelle TRL)

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

Position de la France

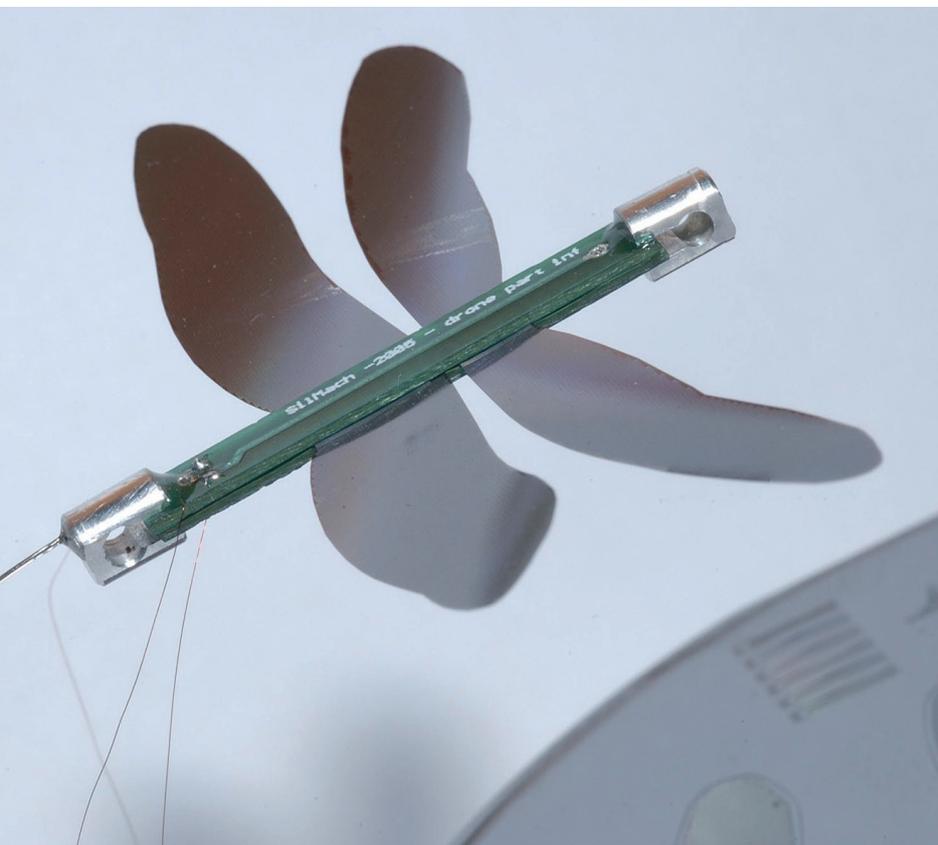
●	Leader ou Co-Leader
●	Dans le peloton
●	En retard

Potentiel d'acteurs en France

●	Faible
●	Moyen
●	Fort



23. Nanoélectronique



Description

A l'approche des limites physiques, les nouveaux développements sont désormais classés en deux catégories : « More Moore » consiste à poursuivre le plus loin possible les progrès technologiques (*next génération CMOS*), « More than Moore » vise à tirer le meilleur parti des technologies existantes, en utilisant de nouveaux concepts architecturaux : *system on a chip* (SoC), *system in package* (SiP). On parle alors notamment d'intégration hétérogène, dont un procédé majeur consiste à empiler des puces identiques (mémoires), mais aussi de différentes natures tels que circuits numériques, circuits analogiques, circuits de puissance, capteurs, composants RF, diodes, etc. en utilisant de courtes interconnexions verticales. En ce qui concerne l'intraconnexion dans le silicium, la principale filière technologique est le TSV (*through-siliconvias*).

De tels développements imposent aux acteurs un effort permanent de R&D qui place l'industrie de la nanoélectronique parmi les industries consacrant le plus important pourcentage de leur chiffre d'affaires en R&D, avec une valeur située entre 18 % et 20 %.

Le mot nanoélectronique est aussi utilisé pour des recherches beaucoup plus avancées, qui concernent notamment

l'électronique moléculaire et l'usage de nanomatériaux (nanotubes de carbone), qui permettraient de passer outre les limites physiques de la technologie.

Les développements technologiques, mais aussi la taille des tranches de silicium, qui atteint maintenant 300 mm (avec des initiatives controversées pour développer des tranches de 450 mm) ont contribué à une croissance considérable du prix des usines de production (une ligne de production peut atteindre 4,5 Md€). Les technologies de production, l'obtention de rendements élevés sont des facteurs clés de succès technologique. Une recherche en cours est le développement des « minifab », permettant de produire à des coûts compétitifs des circuits en moindre volume.

La structure de l'industrie nanoélectronique a subi des modifications majeures. Face aux producteurs intégrés (IDM pour *Integrated Device Manufacturers*) qu'étaient les grands acteurs européens et américains, se sont développées les fonderies asiatiques, centrées sur le développement des techniques de production, mais aussi les sociétés « fabless ». Par ailleurs, l'ampleur des coûts de production et de R&D a amené de nombreux acteurs à développer des stratégies de mutualisation, d'externalisation des coûts et de concentration sur les produits les plus rentables.

Les acteurs des microsystèmes sont souvent les producteurs de semi-conducteurs, mais aussi des développeurs et intégrateurs de systèmes électroniques (Thales, e2v, Martec, Elvia, Eurofarad ou 3D-Plus, *spin off* de Thomson).

Applications

Il est difficile de trouver un équipement professionnel ou grand public n'utilisant pas des circuits intégrés. La baisse considérable des coûts a contribué à cette diffusion (le prix d'une mémoire 1 Mo est passé de 75 000 € en 1973 à 0,03€ en 2005, et devrait passer à 0,01 € en 2017). C'est un marché dont la croissance mondiale n'a pas cessé, et dont les potentialités de croissance sont encore considérables. Elle est caractérisée par des cycles économiques très marqués, liés notamment aux évolutions anticipées des industries clientes. Selon les données du WSTS, le marché mondial des semi-conducteurs va atteindre 291 Md\$ en 2010, contre 226 en 2009 mais 270 en 2008. Les croissances prévues pour 2011 et 2012 sont respectivement de 5,6 % et 4,2 %.

Les industries utilisatrices ont lié des liens forts de coopération et de partenariat dans la R&D, voire dans la production. Ces liens permettent aux producteurs de semi-conducteurs de développer et de produire les produits les plus avancés pour les nouveaux marchés, et aux indus-

Degré de diffusion dans l'absolu

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

Degré de diffusion en France

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

tries utilisatrices de disposer de produits performants et innovants par rapport à la concurrence. De ce fait, l'industrie microélectronique européenne est forte pour les circuits spécifiques visant notamment les domaines de l'automobile, des équipements industriels, des télécommunications ou des cartes à puce. Pour les produits de très grand volume, et notamment les mémoires, on a assisté à une très forte concentration, et une domination du marché par les acteurs asiatiques.

Enjeux et impacts

Un enjeu direct est le maintien d'une activité française, ou au moins européenne dans ce secteur clé. De 2004 à 2010, la part du marché européen dans le marché mondial a baissé de 18 % à 13 %, et la part de la production en Europe a baissé de 12,5 % en 2004 à 9,6 % en 2009.

Les évolutions technologiques permettent non seulement d'introduire de nouvelles fonctions, mais aussi d'abaisser de 40 % le coût d'une fonction chaque année. La baisse permanente des coûts et l'augmentation continue des performances contribue à l'apparition de produits et applications innovants dans tous les secteurs.

Ces technologies permettent la miniaturisation des nombreux objets portables (téléphone mobile, mais aussi passeport électronique ou carte de santé).

La nanoélectronique contribue également aux gains de productivité et de compétitivité de l'ensemble des industries, mais aussi des services et des services publics. La baisse de la consommation énergétique des solutions s'appuyant sur les microsystèmes devrait aussi bénéficier à tous les secteurs.

Garder une présence et une compétence forte en microélectronique, avec une capacité tant de production que d'innovation est considéré comme une condition clé de la compétitivité pour les principaux pays industriels.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D publique** : CEA-Leti, Minatec, LAAS, LTM, IEMN, IEF, LPN, LIRMM, Tima, etc.
- **R&D privée** : STMicroelectronics, ST Ericsson, Soitec, Thales Micro, Altis, FREESCALE, Eurofarad, etc.
- **Pôle de compétitivité** : Minalogic, Catrene, Aeneas (Eniac), cluster Euripides du programme Eurêka, etc.
- **Instituts Carnot**, **Coordination Nationale de la Formation en Microélectronique et en nanotechnologies (GIP CNFM)**, etc.

Position de la France

Présence d'un leader mondial STMicroelectronics, seul industriel européen dans les dix premiers mondiaux.

Existence d'un pôle majeur de R&D à Grenoble-Crolles. Présence d'un grand nombre de sociétés spécialisées notamment dans la conception de circuits et systèmes (Catrene a une centaine de membres en France).

En ce qui concerne l'activité microsystèmes, la France est le premier acteur du cluster européen qui lui est dédié, Euripides.

Analyse AFOM

Atouts

Présence de STMicroelectronics et d'utilisateurs industriels, acteurs mondiaux dans leur secteur ; niveau important de R&D publique et privée, présence d'une recherche et d'une industrie au niveau mondial.

Faiblesses

Quasi absence en mémoires avec une concentration très forte des producteurs de microprocesseurs et la domination d'Intel.

Opportunités

Systèmes embarqués ; recherche en nanoélectronique avancée.

Menaces

Compétition très forte des acteurs mondiaux ; poids de la R&D et des investissements.

Recommandations

Stimuler la demande pour de nouvelles applications.

Soutenir l'effort de R&D face à des besoins forts et croissants, et une concurrence mondiale, même si cet effort vise plusieurs domaines (*More Moore, More than Moore*, interconnexions et microsystèmes).

Encourager le développement de la production en France, ainsi que des outils, méthodes, équipements et matériaux nécessaires pour les nouveaux développements.

Liens avec d'autres technologies clés

1	8	13
14	16	20
31	52	65
74	80	82

Maturité (échelle TRL)

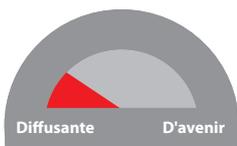
●	Émergence (TRL : 1-4)
●	Développement (TRL : 5-7)
●	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

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

Potentiel d'acteurs en France

●	Faible
●	Moyen
●	Fort



24. Technologies de numérisation de contenus

Description

La numérisation de contenus est un procédé visant à construire une représentation discrète d'un objet du monde réel (pellicule vidéo, image, audio, caractères d'imprimerie, bâtiments, etc.) sous la forme d'un fichier informatique et donc numérique. Une conversion est ensuite possible dans différents formats numériques. Par ailleurs, le développement de la numérisation fait également appel à d'autres technologies telles que les techniques d'indexation pour classer ces contenus et faciliter leur accès.

La numérisation de contenus fait typiquement intervenir un scanner, des outils de reconnaissance optique de caractères (OCR), des technologies de quantification, d'échantillonnage et de compression, des éléments de stockage, etc. Par ailleurs, la numérisation de contenus bénéficie de nombreuses innovations tel le procédé de numérisation de livres fermés (sans avoir à les ouvrir), de documents imprimés ou manuscrits, reliés ou en liasses, sans avoir à les séparer, au moyen d'un système d'imagerie d'un objet en trois dimensions par ondes térahertz (1 THz = 1012 Hz).

Pour l'heure, la numérisation de contenus est en forte croissance car très jeune (phase de lancement) et concerne potentiellement des milliards d'œuvres artistiques (littéraires, musicales, cinématographiques, voire sculpturales), mais aussi environnementales (zones naturelles, sous-marines, villes numériques) ou autres (doubles numériques de personnalités, etc.). Elle adresse notamment des contenus anciens, de nombreux contenus étant désormais directement créés sous forme numérique, mais adresse également des objets voués à être réalisés sous forme physique. Dans le cas de contenus créés directement sous forme numérique, des conversions peuvent être nécessaires selon le réseau de distribution et/ou le terminal de lecture du contenu.

Les principaux leviers de croissance résident dans :

- l'essor d'Internet et l'explosion de la demande de la part des utilisateurs qui veulent consulter ces œuvres à distance, et à travers le monde ;
- l'accès à l'information plus rapide et parfois moins cher (baisse des coûts de distribution) ;
- la standardisation des supports numériques ;
- la compression avec la possibilité de stocker des centaines de titres musicaux, littéraires, etc. dans un tout petit objet ;
- le niveau de maturité des technologies utilisées (intérêt technique et économique) ;
- la numérisation des réseaux de diffusion (TV et Internet).

Néanmoins, il existe encore de nombreux points de blocage :

- les problèmes liés au respect du droit d'auteur et la question de la monétisation des contenus avec la possibilité de copier à l'infini sans altération du contenu ;
- l'industrialisation due à la fragilité du support (état ou niveau d'usure selon l'œuvre) reste faible avec un impact direct sur les coûts de numérisation ;
- la chaîne automatique de reconstruction 3D est particulièrement complexe ;
- pour certaines œuvres, la version numérisée n'égalera jamais la version originale, à cause de l'absence du contexte (les sculptures par exemple).
- le manque de techniques visant à garantir la conformité de la version numérisée par rapport à l'original (notamment pour l'architecture, l'urbanisme) ;
- l'application à grande échelle de la numérisation, dont les coûts sont parfois plus élevés que la valeur du contenu numérisé (contenu de niche).

Applications

Cette technologie est utilisée essentiellement dans les industries suivantes à travers diverses applications :

- l'industrie de la culture, notamment dans le cadre de la numérisation d'œuvres artistiques, ainsi que pour l'accès à distance aux bibliothèques. Cela a un impact direct dans le secteur de l'éducation et la formation ;
- l'urbanisme et le tourisme avec la représentation 3D de monuments et de certains bâtiments. Le projet Terra Numerica, dont Thales est le chef de file, a notamment pour objectif le développement des technologies nécessaires à la production et à l'exploitation visuelle de représentations 3D de territoires urbains de grandes dimensions ;
- l'électronique grand public pour la consommation des contenus numérisés (livres électroniques, baladeurs numériques, ordinateurs, etc.).

Mais elle peut aussi être mise en œuvre dans toutes les industries et administrations disposant de fonds patrimoniaux importants (état civil, etc.).

L'objectif principal de ce type de technologie est de sauvegarder, diffuser et valoriser le patrimoine (notamment national) mais aussi tous les contenus au sens large. Elle permet aussi aux utilisateurs de stocker leurs contenus personnels.

L'intégration de la technologie dans les processus ne se fait pas de façon automatique. Elle requiert une généralisation de lecteurs compatibles (audio, vidéo, fichiers texte, etc.). Par ailleurs, la diffusion de cette technologie nécessite une standardisation qui n'est pas encore géné-

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

ralisée sur les œuvres littéraires (Amazon a par exemple un format propriétaire non interopérable). Ceci implique de convertir sous plusieurs formats les contenus numérisés, ce qui ralentit la diffusion de ce type de technologie et l'adoption par le grand public.

Dans le domaine du livre numérique, la numérisation concerne rapidement des volumes impressionnants. Par exemple, Gallica, la bibliothèque numérique de la Bibliothèque nationale de France (BNF), propose déjà plus d'un million de documents en ligne (livres, manuscrits, cartes, images, partitions, etc.). De même, en février 2010, Google Books comptait 12 millions d'ouvrages numérisés. Par ailleurs, en termes de coûts, la BNF estime que la numérisation d'un livre coûte entre 0,12 et 0,74 € par page, suivant la complexité de la page.

Enjeux et impacts

La technologie répond aux enjeux sociétaux suivants :

- accès rapide aux contenus et à l'information, n'importe où dans le monde, permettant une meilleure diffusion de la connaissance, qui joue un rôle majeur dans les pays avancés qui poussent le développement d'une économie de la connaissance ;
- sauvegarde, diffusion et valorisation du patrimoine culturel dans un contexte de croissance forte du volume de contenus disponibles. Les versions numériques sont par ailleurs plus faciles à indexer, ce qui facilite la découverte de l'information et donc les usages.

Un enjeu important est la pérennité des support de données dans le temps.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D publique** : Ina (numérisation d'anciens documents audiovisuels), BNF, Inria, IGN, Armines, ENS Louis Lumière, Ircam, etc.
- **R&D privée** : Thales, Jouve, Diadeis, laboratoires Eclairs, Universciné (plateforme de vidéo à la demande de films indépendants, contribuant à numériser d'anciennes œuvres cinématographiques), etc.
- **Pôle de compétitivité** : Cap Digital, APIE, Polinum (plateforme collaborative de R&D pour la numérisation et la valorisation des fonds patrimoniaux) regroupant i2s, Arkhenom, Exalead, Amanager, le CEA-LIST, LaBRI et Isako, etc.

Position de la France

La France est leader sur cette technologie avec les États-Unis.

Beaucoup d'acteurs français sont présents, en qualité de fournisseurs de technologie (conception, etc.) ou comme clients utilisateurs permettant une bonne diffusion.

Analyse AFOM

Atouts

Plusieurs acteurs impliqués et volontaristes (politiques et culturels) ; conscience nationale vis-à-vis de la préservation du patrimoine culturel.

Faiblesses

Peu d'investissements privés en raison d'un coût très élevé et avec introduction de formats propriétaires ; débat autour des droits d'auteur.

Opportunités

L'État consacre 750 M€ à la numérisation du patrimoine culturel dans le cadre des investissements d'avenir

Menaces

Monétisation des œuvres une fois numérisées assez difficile ; piratage et falsification croissants.

Recommandations

Promouvoir le traçage des contenus via des techniques de tatouage numérique visant à ajouter des informations de droit d'auteur, voire un identifiant unique dans le fichier numérisé, afin de mieux protéger les contenus.

Les systèmes de gestion collective des droits sont devenus d'une très grande complexité. Ils nécessitent des simplifications via de nouvelles solutions techniques facilitant le suivi des usages.

Harmonisation des formats de méta-données pour favoriser le développement d'applications.

Liens avec d'autres technologies clés

17

28

Maturité (échelle TRL)

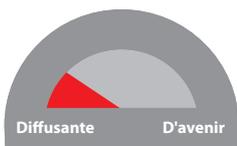
	Émergence (TRL : 1-4)
	Développement (TRL : 5-7)
	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

	Leader ou Co-Leader
	Dans le peloton
	En retard

Potentiel d'acteurs en France

	Faible
	Moyen
	Fort



25. Sécurité holistique

Description

Les systèmes logiciels de sécurité visent à prévenir, détecter et limiter les attaques malveillantes de manière quasiment holistique à l'encontre des systèmes, des contenus, des services et des personnes. Ils se fondent en particulier sur la cryptologie et la sécurité au niveau de la donnée elle-même.

Ces systèmes doivent assurer l'intégrité, la confidentialité, la disponibilité et la traçabilité de la donnée et de ses traitements.

En effet, les SOA, le Cloud, le Web 2.0, etc. impliquent une imbrication de plus en plus forte. Ils rendent désormais nécessaire la mise en place d'une politique de sécurité au niveau de la donnée. Elle se base fortement sur la gestion d'identités, mais aussi sur la sémantique.

Cette approche complète la sécurité « traditionnelle », dite « périmétrique » : anti-virus, pare-feu, UTM, gestion des identités, SSO...

La sécurité doit aussi être déployée sur une multiplicité de terminaux avec des besoins et des failles de sécurité très différentes.

Ces technologies sont en cours de développement et encore peu déployées sauf dans des environnements très spécifiques et critiques, et sous forme de développements spécifiques.

Applications

La sécurité holistique a des applications dans tous les secteurs et à tous les niveaux de l'entreprise. Cependant, certains secteurs sont très demandeurs : finance, administration, services informatiques, fabrication des composants électroniques, militaire, défense, aérospatial...

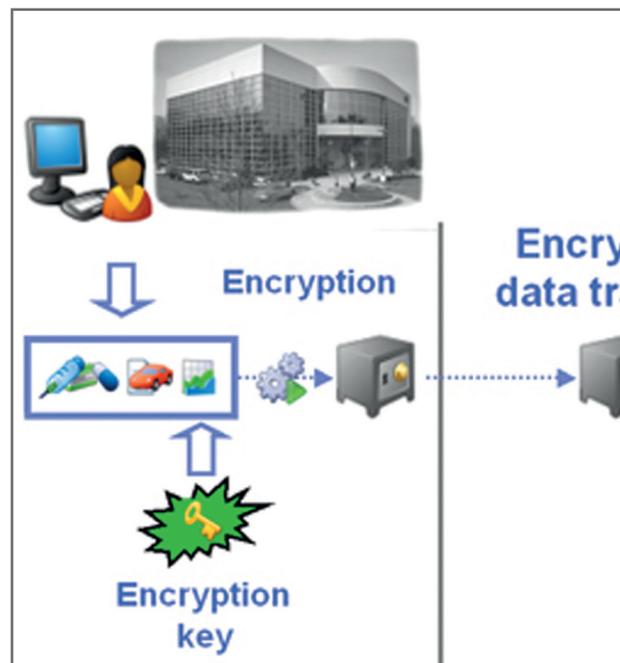
Le *Cloud Computing*, qui est en train de fortement impacter les systèmes d'information ne peut se concevoir sans des niveaux élevés de sécurité globale.

C'est tout aussi critique pour les entreprises qui basent leur modèle sur l'informatique : le commerce électronique bien sûr, mais aussi la banque, l'assurance, les télécoms...

Même des secteurs plus traditionnels comme l'automobile ont des besoins croissants de sécurité que ce soit pour la confidentialité de leur R&D ou pour la sécurisation de leur chaîne logistique.

Enjeux et impacts

Premièrement, la sécurité est un marché dynamique et le marché de la sécurité progresse continuellement malgré la récession économique. Le rachat de McAfee par Intel ou d'ISS par IBM montre tout l'intérêt qu'il y a autour de ce marché où les marges sont très fortes (30 % de marge opérationnelle pour Symantec).



La Sécurité n'est plus vue comme un monde à part mais comme une composante essentielle et intrinsèque de tout système d'information.

Selon PAC, les revenus des éditeurs de solutions de sécurité atteindraient 11,3 M€ en 2010 au niveau mondial avec une croissance supérieure à 10 % en 2010 par an jusqu'en 2015.

Plus généralement, le marché mondial de la sécurité des systèmes d'information était estimé à 43 M€ en 2009 avec une croissance de 11 % par an.

La sécurité holistique est un catalyseur pour les autres technologies informatiques.

Elle est critique pour la confiance dans l'économie numérique et la protection de la vie privée.

L'informatique devenant de plus en plus importante dans l'activité des entreprises et dans la vie privée des Français, la sécurité informatique devient ainsi critique. Elle peut même être la source de défaillances d'entreprises.

La sécurité informatique est critique pour la souveraineté nationale : espionnage industriel et militaire, altération de services clés (énergie, réseaux, finance...), cyber terrorisme, cyber criminalité...

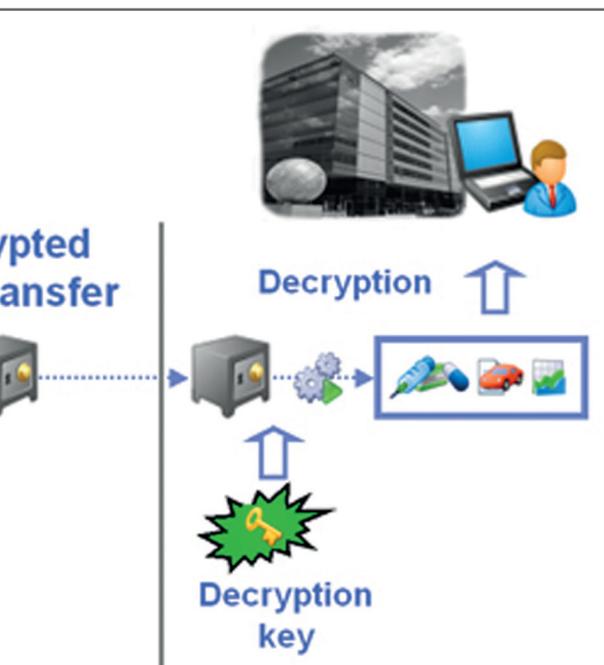
La sécurité est une discipline assez intensive en services associés. Les compétences en sécurité sont souvent très spécifiques ce qui en fait des populations assez à part.

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** : CNRS Renater, Inria (Laboratoire de la haute sécurité Informatique à Nancy), INT-Artémis, Systematic (projets SIC, Mobisic), LRI (Paris 11/CNRS), Laboratoire d'informatique de l'École Polytechnique, LSE (Epita/Groupe Ionis), CEA List, GET/INT
- **Matériels** : Gemalto (via Gemplus), Oberthur, Trusted Logic
- **Industriels** : Thales (Cryptage), EADS (Sodern), Sagem, Alcatel-Lucent, Orange
- **Logiciels** : Arkoon, Netasq, Bull Evidian, Edenwall, Sinovia

Position de la France

La France a précisé sa position en commençant à aligner ses moyens de sécurité autour des recommandations du « Livre blanc de la défense » qui définit les orientations pour se préparer aux attaques informatiques majeures. La France est championne incontestée des cartes à puces.

Parmi les champions pour les systèmes de sécurité critiques et complexes de par sa bonne maîtrise de l'algorithmique, en particulier dans le domaine militaire, la cryptologie et les PKI.

En revanche, la France est peu présente sur les outils les plus matures de sécurité « périmétrique » comme les anti-virus ou les pare-feu. Les champions sont les Américains et les Israéliens.

Plusieurs initiatives publiques ont été lancées comme le soutien aux pôles de compétitivité Images et réseaux, systématic, SCS (Solutions communicantes sécurisées), TES (Transactions électroniques sécurisées)...

Analyse AFOM

Atouts

Cryptologie, laboratoires, technologies militaires, fabricants de cartes à puce, prise de conscience gouvernementale.

Faiblesses

Peu présent dans les marchés de masse et à l'international.

Opportunités

De grands industriels (télécoms, aérospatial et défense) sont impliqués.

Menaces

Arrivée des géants de l'informatique sur ce marché.

Recommandations

- Encourager la recherche fondamentale en algorithmique, qui est la base de la sécurité.
- Mise en place de filières intégrées autour de la sécurité informatique, incluant le matériel, la cryptologie, le logiciel, les services...
- Sensibiliser le grand public et les entreprises au conséquences d'une sécurité informatique négligée.
- Exiger plus de sécurité des systèmes qui sont en dépeinement dans le « nuage ».
- Renforcer le pouvoirs de l'ANSSI, le BSI allemand étant un bon exemple.

Liens avec d'autres technologies clés

26

28

29

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



26. Virtualisation et informatique en nuages

Description

La virtualisation en soi n'est pas une technologie jeune mais la virtualisation sur architecture X86 l'est. La virtualisation est l'étape technique vers le concept de *cloud computing*.

Le « Cloud Computing » ou informatique en nuages, est un concept majeur de l'informatique, celui qui mobilise le plus d'investissements à l'heure actuelle.

C'est un environnement de stockage et d'exécution élastique de ressources informatiques impliquant plusieurs acteurs, connectés par Internet.

Cet environnement délivre un service mesurable, à la demande, à granularité variable et qui implique des niveaux de qualité de services. On passe progressivement pour certaines parties du système d'information à une informatique à la demande, mutualisée et automatisée. Cette optimisation de l'utilisation des machines permet aussi à l'informatique d'être plus verte. La technologie critique est le multi-tenant.

Applications

Il y a trois principaux niveaux d'interactions de l'informatique en nuages :

- IaaS (*Infrastructure as a Service*), qui fournit de la capacité informatique pour le stockage ou pour obtenir plus de puissance de calcul ;
- PaaS (*Platform as a Service*), qui fournit une plateforme d'outils de conception, de développement et de test ;
- SaaS (*Software as a Service*), qui fournit des services applicatifs comme le CRM ou la messagerie.

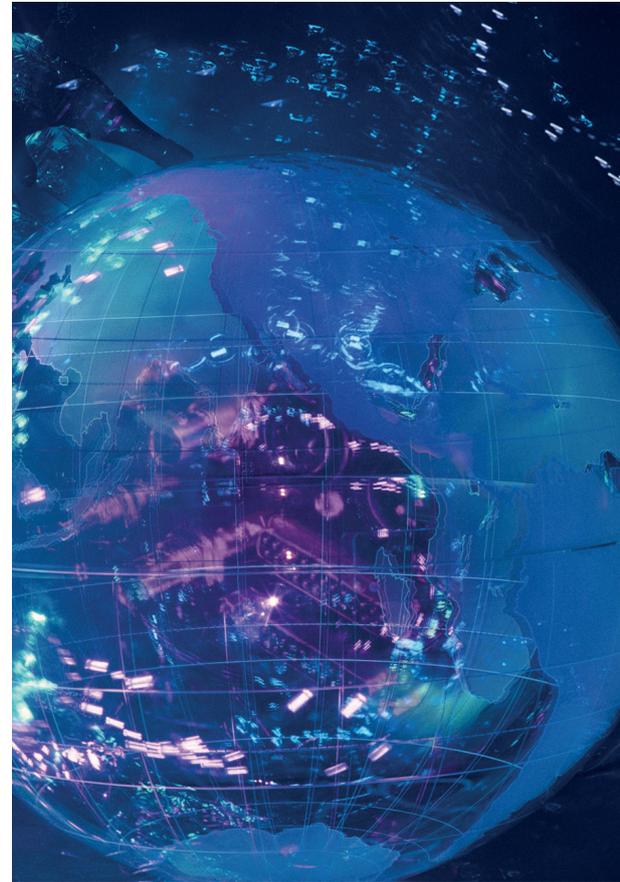
Il y a aussi trois types d'informatique en nuages :

- Public : capacités mutualisées chez un opérateur tiers (Amazon, Google, Salesforce, OBS, Microsoft...);
- Privé : architecture en nuages réalisée en interne (e-Bay),
- Hybride : qui mixe public et privé.

Les applications de l'informatique en nuages « publique » concernent potentiellement tous les secteurs, pour leurs applications et infrastructures banalisées : CRM, RH, bureautique, stockage, développement et test. C'est particulièrement prometteur au niveau des PME.

Pour ce qui est de l'architecture en nuage privée, ce sont plutôt les moyennes et grandes entreprises qui vont la mettre en place, pour tous types d'applications. Par la suite, ces entreprises pourront aussi avoir recours aux offres publiques pour des besoins soit très généralistes comme la messagerie, soit pour des besoins très spécifiques comme du calcul intensif ou des besoins ponctuels de puissance informatique.

Les premières entreprises françaises à déployer ces technologies sont les opérateurs télécoms, à la fois pour leurs



besoins internes et pour fournir des applications, avec des tiers, au marché.

Enjeux et impacts

C'est le marché le plus dynamique en France, en Europe et dans le monde : 780 M€ en France, 4 000 M€ en Europe en 2009 et un taux de croissance annuel moyen de 33 % jusqu'en 2015.

L'informatique en nuages va impacter l'ensemble de l'écosystème IT : constructeurs, éditeurs, prestataires de services, opérateurs télécoms...

En mutualisant et automatisant fortement certaines fonctions informatiques pour la plupart banalisées, l'informatique en nuages libère des budgets pour des projets plus porteurs de valeur ajoutée. Par ailleurs, par la flexibilité qu'elle induit, elle donne aussi beaucoup d'agilité au processus métiers des entreprises.

Comme pour le haut débit, l'infrastructure en nuages (le IaaS) devrait être considérée comme une infrastructure essentielle à la compétitivité de la France. En effet, si les entreprises et administrations françaises dépendent de fournisseurs étrangers, cela peut entraîner des problématiques de sécurité et de dépendance. Une plateforme

Degré de diffusion dans l'absolu

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

Degré de diffusion en France

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

ouverte en logiciel libre serait très certainement un atout pour les entreprises françaises.

De plus, une telle infrastructure pourrait aussi résoudre la problématique du sous-équipement chronique des PME françaises en informatique.

L'informatique en nuages étant en partie une industrie lourde, nécessitant de lourds investissements en centres de données, elle va avoir besoin de mesures de soutien. Cette nouvelle architecture va permettre aux éditeurs logiciels d'étendre leur potentiel en se libérant des contraintes physiques, mais il va leur falloir redévelopper leurs logiciels et digérer le changement de mode de facturation (des problèmes de trésorerie sont à prévoir).

L'informatique en nuages est aussi la base des réseaux sociaux et des jeux sur Internet, deux segments très prometteurs.

Au niveau du service, la technologie est assez riche en services d'intégration de haut niveau, mais en automatisant des tâches simples, elle supprime aussi certaines activités riches en services.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D** : laboratoire MAS de Centrale Paris, Inria, CNRS, Irla, LRI, École normale supérieure de Lyon, Linria...
- **Logiciel libre** : projet OSCI d'OW2 en cours de déploiement chez France Télécom. C'est une plateforme logicielle complète libre
- **Opérateurs télécoms** : OBS, SFR
- **Éditeurs** : Dassault Systems, Cegid, Esker, Oodrive...
- **Spécialistes** : Systancia, CommomIT, Taleo, RunMyProcess, Faascape...
- **SSII** : Capgemini, Atos Origin, Linkbynet, ASPway...
- **Industriels** : Thales, Priceminister.com, Bull, Société Générale, La Poste...

Position de la France

Sur le segment SaaS, la France a quelques acteurs spécialisés et des éditeurs traditionnels qui commencent à se positionner. Sur les autres segments de l'informatique en nuages, on retrouve les opérateurs télécoms. Les opérateurs télécoms européens devraient structurer une bonne partie du marché « Nuage » en Europe. Mais le marché est encore largement dominé par les américains tant au niveau de la technologie (VMware) que de la prestation de services : Amazon, Google Salesforce, Microsoft...

La France est une zone attractive pour installer un centre d'informatique en nuages : sa position géostratégique, son important marché accessible, la réglementation de la CNIL, de l'énergie peu chère, de bons réseaux télécoms...

La France héberge le projet en logiciel libre le plus abouti : OSCI d'OW2.

Vue à juste raison comme un segment crucial pour la souveraineté de la France, l'informatique en nuages fait l'objet de toutes les attentions. Le gouvernement français prévoit aussi d'allouer 780 M€ du « grand emprunt » pour le développement de l'informatique en nuage. Un appel à contribution pour Andromède a été lancé ; il s'agit de la principale plateforme nationale en nuages pour un budget estimé à 500 M€.

Analyse AFOM

Atouts

Pays le plus « intensif en logiciel libre », importante industrie des télécoms et du service informatique.

Faiblesses

Un marché comparativement petit pour une industrie basée sur les volumes, pas d'acteurs d'envergure mondiale.

Opportunités

Une plateforme en logiciel libre, des aides publiques pour l'infrastructure en nuages.

Menaces

Lock-in d'acteurs nord-américains sur leurs technologies, asphyxie des acteurs français.

Recommandations

Il faut considérer la partie infrastructure du *Cloud Computing*, l'IaaS (capacité de calcul et de stockage) comme une infrastructure critique, un enjeu de compétitivité et de souveraineté nationale à l'instar du haut débit.

Les administrations ne doivent pas dépendre de plateformes en nuages « étrangères », il faut donc une plateforme française de IaaS.

La régulation sur l'expatriation des données et sur la sécurité des plateformes devrait être renforcée.

Un canevas de développement (PaaS) *a minima*, doit être accessible aux entreprises françaises, afin d'éviter tout « emprisonnement » de leurs développements sur des plateformes non standardisées.

Liens avec d'autres technologies clés

15

20

25

28

29

Maturité (échelle TRL)

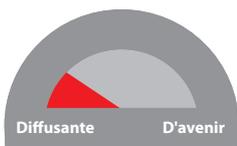
<input type="radio"/>	Émergence (TRL : 1-4)
<input checked="" type="radio"/>	Développement (TRL : 5-7)
<input type="radio"/>	Maturité (TRL : 8-9)

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



27. Logiciel embarqué et processeurs associés

Description

Un logiciel embarqué est un logiciel permettant de faire fonctionner une machine équipée d'un ou plusieurs microprocesseurs, censés réaliser une tâche spécifique avec une intervention humaine limitée.

Les systèmes embarqués sont des systèmes combinant logiciel et matériel, fonctionnant de manière autonome mais pas isolée et délivrant des fonctions élaborées. Ces systèmes sont soumis à des règles de sûreté assez diverses mais généralement fortes.

L'enjeu des prochaines années sera d'effectuer la transition vers des microprocesseurs tenant compte des problèmes quantiques.

Ces dernières années ont été témoins de la diffusion des processeurs multi-cœurs. Leur utilisation s'étend aux *devices mobiles* (exemple netbooks), tirés par le développement des applications multimédias. Les processeurs multi-cœurs montent en complexité et, après des produits à architecture symétrique (cœurs identiques), commencent à apparaître les processeurs à architecture asymétrique (cœurs différents).

Au niveau logiciel, les applications existantes doivent être révisées afin d'exploiter la puissance de plusieurs processeurs. Le marché évolue également vers les systèmes intégrés (SoC : système complet sur puce avec un ou plusieurs microprocesseurs (MPSoC), de la mémoire, etc.) et vers les systèmes programmables (FPGA : reprogrammable après fabrication) et des systèmes spécifiques (ASIC, ASSP). Les nanotechnologies trouvent également ici toutes leurs applications (nanocomposant, miniaturisation).

Du microprocesseur au SoC, les problématiques restent la réduction de la taille des composants, l'amélioration des performances, la dissipation de la chaleur, la basse consommation, la réduction des courants de fuite, l'usage de nouveaux matériaux, etc. Ce segment englobe aussi les problématiques de conception des SoC complexes de conception intégrant les aspects matériels et logiciels. L'intégration de ces processeurs avec des logiciels embarqués est de plus en plus courante et reste une force de l'industrie française.

Cette capacité d'intégration est critique et exige par ailleurs des compétences de modélisation et d'architecture de systèmes très poussées, et nécessite donc beaucoup de services associés. Tout le cycle de vie du développement et de l'intégration du module embarqué est primordial, en particulier les tests qui permettent la certification selon les standards nationaux ou industriels.

Applications

De nombreux secteurs, parmi les plus importants en France sont friands de ces technologies : high-tech, médical, automobile, aéronautique, spatial, défense, domotique...

Pour des raisons de performance et de coûts, les processeurs embarquent de plus en plus de logiciels. C'est évidemment le cas dans les systèmes embarqués comme l'avionique mais c'est aussi de plus en plus le cas dans des architectures d'informatique de gestion.

Ainsi, dans un an, les puces Intel vont embarquer les outils de sécurité de McAfee, pour faire face aux contraintes de l'informatique en nuages.



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

Les SoC et microcontrôleurs se retrouvent à tous les niveaux, industrie comme produits finis de grandes consommations, et ils viennent apporter de la puissance et de l'agilité aux couches applicatives. Les problématiques soulevées par ces équipements rejoignent celles de l'embarqué : performances, coûts, taille...

Enjeux et impacts

La France compte 220 000 emplois dans les systèmes et logiciels embarqués. L'embarqué représente 15 % du marché du logiciel et des services, soit près de 5 500 M€ en France en 2009.

Les systèmes embarqués trouvent leur place dans de nombreux véhicules, outils nomades, et dans les domaines de haute technologie : spatial, défense, nucléaire, militaire, vidéosurveillance... Ce sont des domaines d'excellence de l'industrie française.

Certaines de ces applications sont très porteuses : intelligence artificielle, objets communicants, transports intelligents, *progressive manufacturing*, robotique...

Enjeux de recherche technologique :

- les architectures multi-cœurs homogènes et hétérogènes ;
- la programmation des architectures massivement parallèles ;
- l'intégration de composants nano dans les systèmes ;
- les *Operating Systems* temps réel critiques ;
- la sûreté de fonctionnement des systèmes embarqués ;
- la fiabilité et la robustesse des systèmes dans leur environnement.

Les logiciels embarqués sont riches en services associés, car ce sont des systèmes généralement assez spécifiques.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D** : Systematic, Aerospace Valley, Inria, CEA/List, CNRS-INPG-Verimag
- Altran, Alten, Esterel Technologies, Geensys, Capgemini/Sogeti, Assystem, Akka Technologies, Thales, EADS, Dassault Aviation, ST Microelectronics, Aonix
- **Alcatel, Altera, Achronix, Atmel, BlueSilicon, Cypress, Latti**
- **Acteurs des microprocesseurs** : Actel, Altera, Achronix, Atmel, BlueSilicon, Cypress, Lattice Semiconductor, Nallatech, QuickLogic, SiliconBlue, Tabula, M2000, Tier Logic, Xilinx

Position de la France

La France est un des champions au niveau mondial avec les États-Unis (industrie militaire), l'Allemagne et le Japon (robotique).

Il y a une très forte utilisation dans les secteurs les plus importants de l'économie française : aéronautique, défense, automobile, télécoms.

Par contre, la France maîtrise peu les composants et les processeurs qui sont au cœur de ses systèmes.

Analyse AFOM

Atouts

Nombreuses compétences, forte expertise, de solides industriels, performances à l'exportation.

Maîtrise de certaines briques technologiques comme les processeurs standardisés.

Faiblesses

Pas assez d'ouverture internationale de certains donneurs d'ordre.

Opportunités

Mobilité, objets communicants, robotique, *progressive manufacturing*, sécurité globale, meilleure participation aux standards internationaux.

Menaces

Déploiement de plus en plus important de technologies machines standardisées, difficulté de la certification de microsystèmes réalisés chez des fondeurs étrangers.

Recommandations

Aider les spécialistes français du service à surmonter la crise qui a lourdement affecté leurs marchés.

Considérer les prestations de services comme partie intégrante du processus industriel.

Renforcer les filières de formation, les industriels prévoyant une pénurie de compétences à moyen terme.

Développer encore plus les partenariats public-privé à l'instar de certains pôles de compétitivité.

Liens avec d'autres technologies clés

1

13

19

21

23

Maturité (échelle TRL)

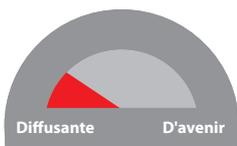
	Émergence (TRL : 1-4)
	Développement (TRL : 5-7)
	Maturité (TRL : 8-9)

Position de la France

	Leader ou Co-Leader
	Dans le peloton
	En retard

Potentiel d'acteurs en France

	Faible
	Moyen
	Fort



28. Valorisation et intelligence des données



Description

On regroupe sous cette dénomination la gestion et l'exploitation des données structurées et non structurées. Cela inclut les sous-segments suivant : les bases de données, les outils de *Business Intelligence* et les ETL, PIM et EII, le MDM et les outils ECM, BI, sémantique et moteurs de règles métiers. Indépendamment de leurs tailles ou de leurs secteurs, les sociétés considèrent à une quasi-unanimité, que leurs informations (données structurées et non structurées) sont un actif stratégique. Les éléments les plus souvent déployés sont les solutions d'intégration de données et de *Business Intelligence*. On trouve ensuite la qualité des données, et enfin, la gouvernance des données.

Parmi les premiers bénéfices attendus d'une gestion unifiée des informations, le référentiel unique se détache nettement. En effet, ce référentiel est très important pour améliorer l'efficacité de l'organisation et respecter les différentes réglementations nationales et sectorielles.

Les principales problématiques liées à la gestion unifiée des informations sont surtout de deux ordres : coûts et organisation. Les avantages métiers qu'apporte une gestion unifiée des informations sont avant tout l'amélioration et l'optimisation de la production, la gestion globale de la connaissance au sein de l'entreprise, la meilleure gestion financière de l'entreprise et des meilleures capacités en marketing et en ventes de l'entreprise.

Applications

Tous les secteurs sont susceptibles d'implémenter des solutions de valorisation et d'intelligence des données. Les secteurs les plus friands sont les secteurs qui utilisent un grand nombre de données : les télécoms, la finance, la distribution, mais aussi la défense nationale...

Il y a trois étapes :

- l'utilisation de tous les types de données présentes dans l'entreprise ;
- l'utilisation des données externes à l'entreprise comme celles qui sont sur les réseaux sociaux ;
- la corrélation et l'analyse de ces données en vue de trouver des moyen d'action.

Ce sont ces technologies (moteur de web sémantique, moteur ontologique, moteur de règles) qui ont permis de réaliser le référentiel unique des données de l'A 380 d'Airbus.

Le moteur de recherche est en train de devenir l'outil décisionnel et de gestion de la connaissance des architectures Internet. Ainsi toutes les caisses du Crédit Agricole sont en train de basculer vers une architecture de poste client qui sera basée sur le moteur de recherche Sinequa.

À l'heure actuelle, les applications les plus en vue sont l'analyse prédictive (du comportement, de l'efficacité d'une chaîne logistique...), la sémantique, la CAO, le PLM et le marketing sur Internet.

Quelques éléments de cadrage :

- plus de 130 milliards de requêtes sont effectuées tous les mois sur Internet d'après comScore. En décembre 2009, plus de 22,7 milliards de requêtes ont été effectuées aux États-Unis, tandis qu'en France, près de 5,5 milliards de requêtes ont été effectuées ;
- en janvier 2010, Google détenait 89,2 % de part de marché en France selon AT Internet Institute. Aux États-Unis, la part de marché de Google s'élevait à 65,4 % en février 2010 selon comScore ;
- IBM y a investi 10 milliards USD, en R&D et en acquisitions : Cognos, SPSS, Filenet...
- Baidu, en Chine, a supplanté Google entre 2005 et 2010.

Degré de diffusion dans l'absolu

● Faible diffusion
● Diffusion croissante
● Généralisation

Degré de diffusion en France

● Faible diffusion
● Diffusion croissante
● Généralisation

Enjeux et impacts

La donnée est la matière première de l'informatique. On s'est rendu compte, après avoir successivement optimisé la plupart des couches des systèmes d'information, que la prochaine « frontière » était la donnée. De plus, on a réalisé qu'on n'utilisait qu'une partie du potentiel des données auxquelles on avait accès.

Le principal enjeu de ces technologies, c'est l'optimisation de l'actif informationnel dans l'entreprise et au dehors, la clé de la société du savoir.

Cela se révèle particulièrement important dans un environnement où les départs à la retraite se multiplient et où se posent les problèmes de conservation du savoir et des connaissances.

Il s'agit d'un segment critique qui impacte toutes les autres technologies clés de l'informatique: SOA, Nuage, portails, collaboration, objets communicants...

Ce segment est aussi fortement lié à la sécurité, voire à l'intelligence artificielle et aux systèmes de systèmes.

Un des segments les plus en vogue est celui des bases de données réparties, notamment celles qui sont utilisées par les plateformes de web social et l'informatique en nuages : Hadoop/Cloudera (Apache), Cassandra (Apache), Terrastore... La plupart de ces solutions sont en logiciel libre.

Avec les bases de données SQL en logiciel libre, elles pourraient éventuellement ébranler l'oligopole américain sur les bases de données (Oracle, IBM, Microsoft).

Le foisonnement de jeunes pousses montre bien le dynamisme de ce segment en France.

C'est un marché très intensif en services, car ce sont des disciplines complexes, très proches des métiers et à très forte valeur ajoutée.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **R&D** : Inria, INT-Artemis, CNRS (LE2I et Toulouse Mirai), LLE (Bordeaux 3), Projet Quaero, IASI du LRI, Capdigital, Imaginove, Systematic, Paris 8 (Paragraphe), CEA List, Insa Rouen, INST, Labri, Limsi...
- **Industriels** : Dassault Systems (Exalead & blue Kiwi), Capgemini, Atos Origin, Stéria, Sopra, GFI, Devoteam, B&D...
- **Neteco**, Talend, Sinequa, Mondeca, Nuxeo, Exoplatform, Temis, Ever Team, Vinci Consulting, Jalios, Orchestra networks, Pertimm, Yacast, Safig etc...

Position de la France

La France est mal positionnée sur ce domaine avec beaucoup d'acteurs mais de taille trop petite et souvent cantonnés au marché national. Les principaux acteurs sont : IBM, EMC, Oracle, SAP, etc. Les centres de recherche de BO subsistent en France.

La France a cependant d'excellentes capacités en sémantique, dans les moteurs de recherches et dans les moteurs de règles. Ces capacités en logiciel libre permettent l'accès à de nombreux projets innovants.

Certaines des jeunes pousses les plus en vue dans le domaine (Talend, Exoplatform...) sont des sociétés françaises issues du logiciel libre.

Plusieurs initiatives ont été prises :

- soutien des pôles Cap Digital et Imaginove ;
- projet Infom@gic ;
- appel à projets «services numériques culturels innovants» ;
- programme Quaero.

Analyse AFOM

Atouts

Sémantique, R&D, moteurs de recherches, moteurs de règles logiciel libre.

Faiblesses

Taille des acteurs nationaux et un marché de la base de données qui est devenu oligopolistique.

Opportunités

Logiciel libre, bases non SQL.

Menaces

Les bases de données sont de plus en plus incluses dans des « packages » de solution. Les acteurs sur ce marché sont de plus en plus importants.

Recommandations

Renforcer la recherche sur ce domaine et les passerelles vers les entreprises privées.

Aider les nombreuses PME du segment à passer à la vitesse supérieure, à s'internationaliser plus (aides directes, accord avec des Epic, participations du FSI...)

Renforcer la législation sur la sécurité des données.

Liens avec d'autres technologies clés

24

25

28

Maturité (échelle TRL)

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



29. Portail, collaboration et communications unifiées

Description

Portail, collaboration et communications unifiées sont des solutions qui permettent aux employés, aux partenaires et aux fournisseurs d'interagir et d'échanger entre eux, d'optimiser et de conserver leur savoir ; et cela tout en réduisant de manière significative la mise sur le marché, la complexité opérationnelle et, de manière générale, les coûts.

Le segment des portails et des outils de collaboration comprennent les navigateurs, la sémantique, la gestion de documents, les logiciels de *groupware*, les plateformes d'échanges et de collaboration, *workflow*, intranet et extranet, les portails, les moteurs de recherche et les plateformes Internet riches.

Les communications unifiées incluent des services de téléphonie IP (gestion des appels), la messagerie instantanée, la vidéoconférence, la gestion des calendriers, la gestion de la présence, *email*, *fax*, *voicemail*, la téléprésence, ainsi que des applications de communications sur mesure.

Le développement des communications IP (intégrant la voix et la data) a permis de proposer des services convergents. Les solutions avancées de communications unifiées, telles que la VoIP ou la messagerie unifiée, permettent aux PME de rester compétitives et réactives face aux grandes sociétés tout en améliorant leur image professionnelle.

Ces technologies permettent de relier l'informatique à ses utilisateurs, mais surtout d'optimiser cette relation. C'est le pendant logiciel de l'IHM.

Ce segment est très dynamique car le partage de l'information et la gestion des connaissances deviennent cruciaux au sein des sociétés privées.

Applications

Tous les secteurs sont susceptibles d'implémenter des solutions de collaboration, de portail et de communications unifiées.

Le marché se segmente en deux parties : les solutions à forte valeur ajoutée et les solutions banalisées.

Les principales applications à forte valeur ajoutée sont :

- la relation avec les clients, que ce soit dans les centres d'appels ou en agence, où l'acteur doit avoir à sa disposition le maximum d'informations de la manière la plus économique possible ;
- ingénierie et R&D, un des secteurs les plus demandeurs de ces outils de productivité, en particulier à l'heure actuelle où l'innovation est de plus en plus collaborative ;
- la finance de marché.

Les applications banalisées vont, quant à elles, se répan-

dre sur l'ensemble du marché où elles vont remplacer, compléter et unifier les anciennes approches.

À moyen terme, l'accès à l'informatique se fera dans sa majorité à partir de portails collaboratifs, en particulier avec l'avènement de l'informatique en nuages. On peut ainsi faire abstraction du matériel, du poste client et bénéficier d'une intégration légère mais performante de son informatique.

Enjeux et impacts

Le marché est évalué à près de 2,4 milliards de dollars pour 2010, avec un fort potentiel de croissance au niveau mondial (CAGR 2009-2011: + 23,7 %).

C'est un segment stratégique pour la plupart des acteurs de l'informatique car c'est celui où ils sont en contact direct avec les utilisateurs.

Ce marché est fortement lié à l'IHM, aux objets communicants, à l'informatique en nuages, à la sécurité et à la valorisation et l'intelligence des données.

Le segment restera très dynamique car le partage de l'information et la gestion des connaissances sont cruciaux au sein de nos sociétés. C'est particulièrement le cas pour des pays vieillissants à fort contenu intellectuel comme la France.

La partie à forte valeur ajoutée est cruciale pour la hausse de la productivité et de l'efficacité au sein des sociétés concernées même si l'impact organisationnel n'est pas à négliger. Cela va aussi permettre de faire face à la pénurie de certaines compétences, pénurie imputable en partie aux changements démographiques qui commencent à affecter la France.

Cela est d'autant plus vrai pour des entreprises ayant une activité internationale, une forte R&D et qui doivent maintenir une force de travail mobile.

Du fait de sa position quasi monopolistique sur les PC, c'est un marché dominé par Microsoft, mais essentiellement sur les approches traditionnelles et à faible valeur ajoutée du poste de travail. À noter que le PC va être bien moins hégémonique dans un futur proche, perdant des parts de marché face aux nouveaux outils mobiles comme les tablettes et les téléphones intelligents. Ces terminaux sont plus friands d'accès de type portails collaboratifs que les PC.

Le SaaS a également un impact non négligeable sur ce secteur avec des acteurs comme Google qui cherchent à grandir sur ce segment, offrant des suites collaboratives à bas prix. Microsoft connaît par ailleurs un très fort succès en France avec ses offres de messagerie et de bureautique en SaaS.

Le logiciel libre a lui aussi banalisé l'accès à ces logiciels, d'autant plus que les outils pour internet et le Nuage sont

Degré de diffusion dans l'absolu

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation

Degré de diffusion en France

- Faible diffusion
- Diffusion croissante
- Généralisation



très souvent bâtis avec des technologies libres. De plus en plus d'entreprises font le choix de ces technologies. En conséquence, sur la partie banalisée du marché, la compétition s'est renforcée et les prix sont en baisse. Cela permet d'allouer les budgets à des fonctions plus créatrices de valeur. C'est un marché reposant assez fortement sur le service informatique.

Acteurs

Principaux acteurs français

- **Industriels** : Systematic, CapDigital, Alcatel-Lucent, Orange Business Services, Dassault Systèmes (Exalead, Blue Kiwi), Sinequa, Nuxeo, Exoplatform, Ever Team, Jalios, Vdoc etc...
- Capgemini, Atos Origin, Sopra Group, Stéria, SQLI, etc.

Position de la France

On retrouve sur le segment des éditeurs (Microsoft, Teleware, Adobe, Citrix, SAP, Oracle), des vendeurs de matériels (Alcatel-Lucent, Avaya, Cisco, Nortel, Siemens etc.) et des opérateurs télécoms (BT, Verizon, OBS, Comcast etc.). En France, Orange et Alcatel-Lucent font partie du peloton de tête, avec une année 2009 difficile pour Alcatel-Lucent.

Les leaders sur ce marché sont américains avec IBM, Microsoft et Google. La France est compétitive sur des sous-segments tels que les moteurs de recherche.

Il existe peu de projets de ce type dans la recherche publique.

La France, pour rester dans la course, devra miser en bonne partie sur le logiciel libre.

Analyse AFOM

Atouts

Pays le plus intensif en logiciel libre, industrie des télécoms.

Faiblesses

Pas d'acteurs logiciels de poids, faible implication de la recherche publique.

Opportunités

Marché des terminaux mobiles, plateformes en logiciel libre, informatique dans les nuages.

Menaces

Puissance et présence des grands acteurs américains du marché, non standardisation du poste client.

Recommandations

Aider les communautés libres qui créent de la valeur en France.

Développer les formations : logiciel libre, couplage téléphonie informatique.

Renforcer la législation sur les standards ouverts, la localisation et la sécurité des données.

Renforcer l'implication de la recherche publique sur ces technologies qui sont plus des technologies de développement que de recherche pure.

Liens avec d'autres technologies clés

25

26

28

Maturité (échelle TRL)

<input type="radio"/>	Émergence (TRL : 1-4)
<input checked="" type="radio"/>	Développement (TRL : 5-7)
<input 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 checked="" type="radio"/>	Faible
<input type="radio"/>	Moyen
<input type="radio"/>	Fort



BIBLIOGRAPHIE

- Premières assises françaises du logiciel embarqué : *Cartographie du secteur des fournisseurs de logiciels et services dans le domaine des systèmes embarqués*, 2007. www.telecom.gouv.fr
- Enterprise 2.0 Conference : *Enterprise 2.0: What, Why and How*, 2009. www.e2conf.com
- OPIEC : *Étude sur le marché et les compétences autour des logiciels embarqués*, 2008. www.fafiec.fr
- OCDE : *OECD 2009 - Innovation in the software sector*, 2009. www.oecd.org
- DGA : *Plan stratégique de recherche et technologie de défense et de sécurité*, 2009. www.ixarm.com
- JRC-IPTS : *The Impact of Social Computing on the EU Information Society and Economy*, 2009. <http://ipts.jrc.ec.europa.eu>
- CE RFID : *A Roadmap for RFID, Applications and Technologies*, 2008. www.rfid-in-action.eu
- Celtic : *The Celtic Purple Book*, 2010. www.celtic-initiative.org
- Cultural Human Resources Council : *Digital Media Content Creation - Technology Roadmap*, 2009. www.culturalhrc.ca
- DGA : *Plan stratégique de recherche et technologie de défense et de sécurité*, 2009
- European Internet Foundation : *The Digital World in 2025 - Indicators for European Action*, 2009. www.eifonline.org
- EIFFEL think tank : *EIFFEL Report - Future Internet*, 2009. www.future-internet.eu
- EITO : *European Information Technology Observatory*, 2010. www.eito.org
- European Commission : *Future Networks & Services*, 2008. <http://cordis.europa.eu>
- European Commission : *The Future of Software and Software Based Services*, 2010. <http://cordis.europa.eu>
- European Commission : *White Paper on Cloud Computing*, 2010. <http://cordis.europa.eu>
- European Commission : *Future Internet 2020*, 2009. www.future-internet.eu
- Pew Research Center : *The Future of the Internet*, 2010. www.pewinternet.org
- Fing, Isoc France et Silicon Sentier : *Internet du futur : vers un « cahier des charges »*, 2009. <http://internetdufutur.wordpress.com/>
- IBM : *CEO Study*, 2010. www.ibm.com/services/us/ceo/ceostudy2010/
- IBM : *CIO Study*, 2010. www.ibm.com/services/us/cio/ciostudy/
- Inria : *Plan stratégique 2008-2012*, 2008
- ITEA 2 : *ITEA Roadmap for Software-Intensive Systems and Services*, 2009. www.itea2.org
- ITU : *The Future Internet*, 2009. www.itu.int
- European Commission : *Networked Media Current Research, Results and Future Trends*, 2009. <http://cordis.europa.eu>
- European Commission : *Research on Future Media Internet*, 2009. <http://cordis.europa.eu>
- Deloitte : *Telecoms predictions 2010*, 2010. www.deloitte.com
- Media Delivery Platforms Cluster : *Multimedia Delivery in the Future Internet*, 2008. <http://cordis.europa.eu>
- Deloitte : *Telecommunications Predictions - TMT Trends 2009*, 2009. www.deloitte.com
- Deloitte : *Technology Predictions - TMT Trends 2009*, 2009. www.deloitte.com
- Deloitte : *Media Predictions - TMT Trends 2009*, 2009. www.deloitte.com
- JRC-IPTS : *The 2010 report on R&D in ICT in the European Union*, 2010. <http://ipts.jrc.ec.europa.eu>
- Europeana Group : *Highlights of Europeana v1.0*, 2010. <http://version1.europeana.eu>
- IDATE, *DigiWorld Yearbook 2010*, IDATE, 2010.
- PAC, *CIO Board*, 2010
- PAC, *SITSI 2010*. www.sitsi.com
- Pujol M., *Open Source state of the art*, PAC, 2008. www.pac-online.com
- Ménard E., *L'entreprise étendue, évolution et enjeux métiers*, PAC
- Pujol M., *Le Cloud Computing en France*, PAC 2010.
- Ropert S., *M2M - The Machine-to-Machine Markets, 2009-2013*, IDATE, 2009.
- Bonneau V., *RFID & Internet of Things*, IDATE, 2009.
- Michaud L., *Le marché mondial des jeux vidéo*, IDATE, 2009.
- Sauquet T., *Web 3D, du monde virtuel au web immersif*, IDATE, 2009.
- Michaud L., *Serious game*, IDATE, 2010.
- Montagne R., *FTTx : Stratégies des opérateurs leaders*, IDATE, 2010.
- Montagne R., *FTTx Watch Service*, IDATE, 2010.
- Pujol F., *LTE Watch Service*, IDATE, 2010.
- Pujol F., *Is LTE taking-off? Business models and roadmaps 2010*, IDATE, 2010.
- Carbonne P., *The Future of Mobile Communications*, IDATE, 2009.

