**Rédaction**

120, rue de Bercy - Télédod 797
75572 Paris Cedex 12
Tél. : 01 53 18 52 68
Fax : 01 53 18 52 72
<http://www.anales.org>

François Valérian, rédacteur en chef

Marcel Charbonnier, lecteur

Danièle Barbier, secrétaire générale
de la rédaction de *Réalités industrielles*

Danielle Degorce, Martine Huet,
assistantes de la rédaction

Comité de rédaction de la série
Réalités industrielles :
Michel Matheu, président,
Pierre Amouyel,
Grégoire Postel-Vinay,
Claude Trink

Maquette conçue par
Tribord Amure

Fabrication : **AGPA Editions**
4, rue Camélinat
42000 Saint-Étienne
Tél. : 04 77 43 26 70

Fax : 04 77 41 85 04
e-mail : agpaedit@yahoo.com

Abonnements et ventes

Editions ESKA
12, rue du Quatre-Septembre
75002 Paris
Tél. : 01 42 86 55 73
Fax : 01 42 60 45 35
<http://www.eska.fr>

Directeur de la publication :

Serge Kebabtchieff
Editions ESKA SA
au capital de 40 000 €
Immatriculée au RC Paris
325 600 751 000 26

Un bulletin d'abonnement est encarté
dans ce numéro entre les pages 48 et 51.

Vente au numéro par correspondance
et disponible dans les librairies suivantes :
Presses Universitaires de France - PARIS ;
Guillaume - ROUEN ; Petit - LIMOGES ;
Marque-page - LE CREUSOT ;
Privat, Rive-gauche - PERPIGNAN ;
Transparence Ginestet - ALBI ;
Forum - RENNES ;
Mollat, Italique - BORDEAUX.

Publicité

J.-C. Michalon
directeur de la publicité
Espace Conseil et Communication
44-46, boulevard G. Clemenceau
78200 Mantes-la-Jolie
Tél. : 01 30 33 93 57
Fax : 01 30 33 93 58

Table des annonceurs

Annales des Mines : 2^e, 3^e et 4^e de couverture,
page 4, 88 et 94.

Illustration de couverture :
La communication mondiale par internet.
Photo © Richard Prideaux / Science Photo
Library-Cosmos

S o m m a i r e**3 Editorial**

François Valérian

**LES TECHNOLOGIES D'INFORMATION
ET DE COMMUNICATION ET LEURS APPLICATIONS****Les technologies****5 La micro et la nano-électronique**

Laurent Gouzènes

12 Le PCRDT et les TIC. Aquis et perspectives du 7^e programme-cadre

Patrick Schouller

18 Traçabilité

Georges Kayanakis

**22 La contribution décisive des technologies de l'information
au développement économique et à l'aménagement du territoire**

Jacques Pomonti et Françoise Roure

**25 Nouveaux objets communicants : une offre potentielle foisonnante pour
quels marchés ?**

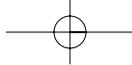
Jean-Paul Laurencin et Evelyne Janeau

Les applications**34 Le téléphone mobile, notre nouveau compagnon**

Grégoire Olivier et Thierry Buffenoir

41 Assistance à la conduite : les perspectives

Daniel Augello



45 L'architecture avionique de l'A380

Pierre Froment

51 Les technologies de l'information et de la communication et leurs applications dans la santé

Géraldine Capdeboscq

57 L'administration électronique : un bouleversement sans précédent

Jacques Sauret

62 Le développement des TIC à l'épreuve de la sécurité

Alain Esterle

68 La défense et les technologies de l'information et de la communication

François Levieux

73 Des mutations majeures dans l'organisation des entreprises

Jean-Michel Yolin

Conclusion

83 La France en voie de rattrapage ? L'urgence de l'investissement intelligent

Grégoire Postel-Vinay

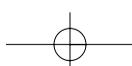
L'ÉNERGIE EN DÉBAT

89 Quelle Europe électrique et gazière ?

Patrick Buffet

95 Résumés étrangers

*Ce numéro a été coordonné par
Grégoire Postel-Vinay*



E d i t o r i a l

François Valérian

Les technologies d'information et de communication, qu'on désigne du vilain sigle de « TIC », sont marquées par la convergence : non pas une, mais plusieurs convergences. Il y a d'abord la convergence à l'origine du développement étonnant de ce secteur : celle entre la micro-électronique qui miniaturise les appareils, l'informatique qui numérise les données contenues dans ces appareils, les télécommunications qui transportent l'information ainsi condensée. Il y a aussi la convergence des outils de communication eux-mêmes : fixe, mobile, Internet. On parle aussi de plus en plus de convergence des usages, à l'intérieur d'un même objet : le téléphone qui prend en photo, l'agenda qui téléphone, véritable appareil à tout faire qui seconde le cerveau. Enfin, la convergence, elle est dans nos vies, quand vie privée et vie professionnelle se confondent car le monde nous suit partout, de

partout nous viennent des appels que nous hésitons à refuser.

Les TIC forment un vaste champ de convergence, mais elles connaissent aussi des divergences. Divergence entre ceux qui y ont accès et ceux qui en sont privés, ou n'y ont accès qu'au rabais comme les habitants des pays du Sud et leurs téléphones portables, divergence aussi parmi les pays développés, entre ceux qui ont réussi à imposer leurs technologies, principalement les Etats-Unis, et ceux, les pays européens, qui en sont importateurs nets.

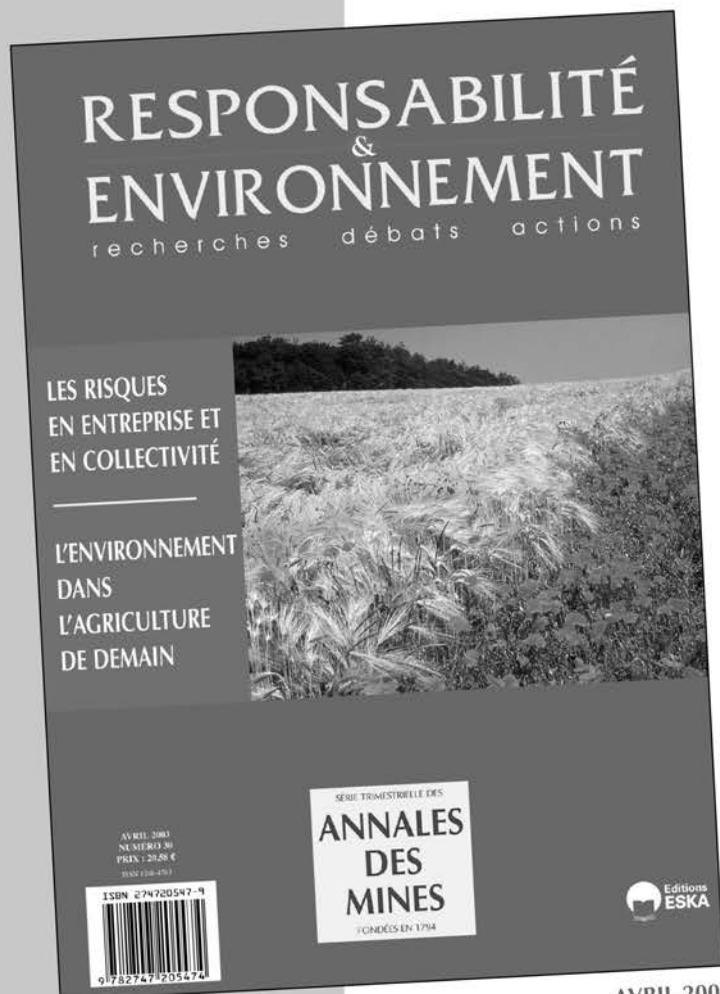
On a beaucoup dit que les TIC détruisaient les emplois. Elles peuvent en créer aussi, en nombre, et correspondant à de hautes qualifications. La maîtrise des technologies est donc un enjeu important pour s'assurer de ces emplois, et garantir leur stabilité. Dans ce domaine apparemment mondialisé, il convient que les gouvernements européens amplifient leur coopération. ●

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

recherches débats actions

SOMMAIRE

- Quelques réflexions sur les évolutions législatives introduites par le projet de loi relatif à la prévention des risques technologiques
Jean-Philippe Olier
- La gestion du risque pénal au sein de l'entreprise en droit de l'environnement
Bertrand Burg
- Un laboratoire du risque : la vallée de Chamonix. Un entretien avec Michel Charlet, maire de Chamonix
Vincent Jacques le Seigneur
- L'agriculture contre l'environnement ? Diagnostic, solutions et perspectives économiques
Amédée Mollard, Vincent Chatellier, Jean-Marie Codron, Pierre Dupraz, Florence Jacquet
- Les indicateurs, outils de gestion de l'eau en France et au Brésil : au-delà des contrastes, un but commun
Pereira Magalhaes Jr, Antonio



AVRIL 2003
ISSN 1268-4783
ISBN 2-7472-0547-9

BULLETIN DE COMMANDE

A retourner aux Éditions ESKA, 12, rue du Quatre-Septembre, 75002 PARIS
Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35 - <http://www.eska.fr>

Je désire recevoir exemplaire(s) du numéro de Responsabilité & Environnement avril 2003 - numéro 30 (ISBN 2-7472-0547-9) au prix unitaire de 20,58 € TTC.

Je joins un chèque bancaire à l'ordre des Éditions ESKA
 un virement postal aux Éditions ESKA CCP PARIS 1667-494-Z

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville

La micro et la nano-électronique

La miniaturisation continue des transistors depuis quarante ans a mené la microélectronique à l'échelle du nanomètre : la nanoélectronique est née ! Les formidables défis scientifiques et technologiques justifient des programmes de recherche de plus en plus internationalisés. Mais les enjeux économiques sont également devenus majeurs, tant pour les entreprises que pour les Etats, et justifient une attention toute particulière aux plans scientifique et financier.

**par Laurent Gouzenes,
Directeur du Plan
et Programmes d'Etude
STMicroelectronics**

Introduction

Les produits électroniques nous accompagnent au quotidien : téléviseurs, téléphones mobiles, ordinateurs, cartes à puce, etc., de même que les services qui s'y rattachent : chaînes de télévision et publicité, entreprises de télécommunications, fournisseurs d'accès, services bancaires... La chaîne de valeur de l'électronique est devenue une part incontournable de l'économie mondia-

le moderne : le marché mondial des semi-conducteurs s'élève à 220 milliards de dollars (Mds\$), celui des produits électroniques à 1 100 Mds\$ et le marché plus large des services engendrés par ces technologies à 5 000 Mds\$ (pour un PNB mondial d'environ 50 000 Mds\$). Inexistant voilà dix ans, le marché de la téléphonie mobile représentait déjà, en 2003, 380 Mds\$: le double du transport aérien !

La clef de cette omniprésence et de cette importance économique réside dans la technologie des circuits intégrés et des transistors. En 2004, environ 400 milliards de composants discrets (ou circuits intégrés) ont été fabriqués, représentant un total de plusieurs centaines de millions de milliards de transistors, l'élément fondamental des technologies de l'information.

Après presque soixante ans d'existence, le transistor, dispositif physique issu de principes liés à la mécanique quantique et à l'électromagnétisme, a transformé fondamentalement nos façons de communiquer, de commercer, de chercher, de nous distraire, de percevoir et comprendre notre monde et notre environnement. Pourtant son histoire n'est pas achevée : des centaines de milliers de chercheurs, physiciens, chimistes, informaticiens et mathématiciens du monde entier cherchent encore à améliorer ses performances et usages pour permettre de nouvelles applications et développer de nouveaux marchés de produits et services.

Défis technologiques exceptionnels et enjeux économiques mondiaux sont la marque de cette industrie particulière.

Un peu d'histoire

L'histoire du transistor et du circuit intégré est récente : le transistor a été inventé en 1947 par une équipe des

laboratoires Bell (ses concepteurs, John Bardeen, Walter Brattain et William Schockley recevront le Prix Nobel de Physique en 1965). L'élucidation de son fonctionnement repose sur une base scientifique bien établie (l'électromagnétisme) et une science récente : la mécanique quantique. Grâce à une configuration très spécifique de sa structure électronique, le matériau n'est ni isolant (électrons bloqués), ni conducteur/métallique (électrons libres), il est semi-conducteur : une portion minimale des électrons permet la conduction électrique. Quant au transistor, sa principale fonction est de pouvoir contrôler un courant ou une tension élevée à partir d'un courant ou d'une tension faible : c'est un amplificateur de signal. Pour donner des ordres de grandeur, les performances de cette technologie originelle sont de l'ordre du MHz pour la vitesse de commutation, et d'un cm³ en volume par transistor. Cette invention de base permet déjà la réalisation de la fameuse radio à transistors, qui possède l'immense avantage sur les radios à lampes de l'époque d'être opérationnelle immédiatement et de consommer beaucoup moins d'électricité. La réalisation de systèmes électroniques est alors obtenue par l'assemblage de composants discrets individuels. A l'époque, l'assemblage de systèmes complexes reste coûteux et difficile à réaliser.

En 1958, Jack Kilby, chercheur chez Texas Instruments (Prix Nobel 2000), inaugure une autre révolution technologique fondamentale, avec l'invention du premier circuit intégré (4 transistors) et, surtout, la fabrication en parallèle de transistors et de circuits, en une seule étape.

L'industrie entre alors dans l'ère de la miniaturisation. La physique sous-jacente permet l'application d'une recette magique, car tous les para-

mètres évoluent simultanément dans la bonne direction : si l'on sait faire plus petit, on sait faire plus complexe, moins cher et plus rapide, tout en consommant moins d'énergie.

Depuis quarante-cinq ans, le progrès dans la miniaturisation est constant : tous les 10 ans, les transistors deviennent 10 fois plus petits. On en assemble donc 100 fois plus sur la même surface, le prix ainsi que la consommation sont divisés par 100 (Cf. schéma 1). Aujourd'hui, on fabrique des transistors de 90 nanomètres (nm), assemblés à raison de 500 millions sur une puce mémoire de 1 cm², avec une performance supérieure à 100 Ghz. Pour comprendre cette minuscule dimension, il faut réaliser que sur la surface d'un cheveu en coupe (~1 000 μm²), on peut loger 27 000 transistors, soit l'équivalent du processeur Intel 8086 (29 000 transistors), qui a démarré l'ère du PC. Un téléphone portable réalisé avec la technologie de 1960 occuperait le volume d'un semi-remorque.

Défis technologiques

L'objectif des technologies de l'information est de réaliser des objets technologiques interconnectables dotés de fonctionnalités de contrôle et de transformation de l'information. Pour comprendre et évaluer les capacités actuelles et futures, il faut répondre à quatre questions clés :

- quels sont les objets permettant de contrôler un courant électrique à l'échelle micro/nanométrique et comment réaliser un élément de taille nanométrique ?
- Comment assembler/interconnecter des dizaines de millions (aujourd'hui), voire des milliards d'objets (demain) pour réaliser une fonction complexe ?
- Comment faire fonctionner ces millions/milliards d'objets de façon cohérente pour répondre à une finalité ?
- Comment concevoir des objets aussi complexes ?

Le transistor est aujourd'hui le seul objet répondant à l'ensemble de ces objectifs à bas coût, à condition que la complexité soit limitée à environ

100 millions d'objets (sauf le cas particulier des mémoires, qui ont une structure répétitive).

Le transistor et les circuits intégrés aujourd'hui

Il existe aujourd'hui beaucoup de formes et de variantes de transistors, selon les besoins : stockage de l'information (DRAM, Flash, EPROM...), calcul rapide et à faible consommation (CMOS), contrôle de puissance (bipolaire), génération de hautes fréquences (RF), photosensibles, etc. (Cf. photos 2 et 3). Les principales formes de transistors sont construites au-dessus d'un matériau très spécifique, le silicium, disposant à la fois des caractéristiques électriques et des possibilités de fabrication à l'échelle nanométrique adéquates. Bien que minuscule, un transistor est un objet extrêmement complexe. Il est réalisé à partir d'une trentaine de matériaux (voire de vide) aux caractéristiques très étudiées : électriques (isolant, conducteur, semi-conducteur), magnétiques (permittivité, etc.) et structurales (cristallin, amorphe, métallique, etc.). Les dimensions de ces diverses couches constitutives varient de 10 nm à 3, voire 2 nm (environ 5 atomes). La répétitivité de certains processus de fabrication est d'une couche atomique : les transistors sont

depuis longtemps des objets nano-technologiques.

Pour fabriquer des transistors en grand volume et de façon structurée (30 millions de transistors par circuit intégré, 300 circuits par plaquette de silicium, 300 000 plaquettes par an dans une usine), il faut maîtriser de nombreuses sciences et technologies de fabrication aux échelles micro et nanométriques (physique, chimie, métallurgie, salles blanches, gravure plasma, dépôts en phase gazeuse, lithographie, matériaux ultra-purs, etc.) et surtout disposer de capacités d'observation à la même échelle (microscopes à effet tunnel, ellipsométrie, etc.). La grande difficulté est que tous ces éléments doivent être réalisés parfaitement pour que l'ensemble fonctionne (Cf. photo 1).

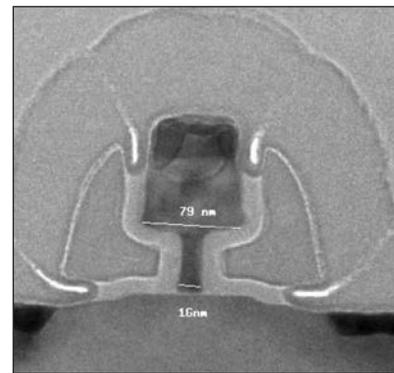


Photo 1. - La grande difficulté est que tous les éléments d'un transistor doivent être réalisés parfaitement pour que l'ensemble fonctionne (Transistor de 16 nm).

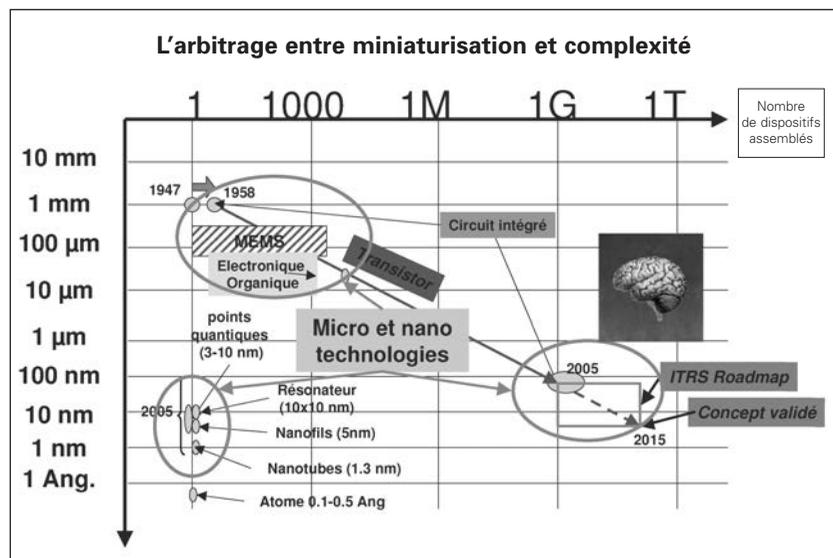


Schéma 1. - Le problème de l'assemblage coordonné d'un très grand nombre de très petits objets n'est pas maîtrisé ailleurs qu'en micro-électronique avancée. Pour le traitement de l'information, il n'y a pas d'alternative crédible sur le court et moyen termes à la microélectronique silicium.

Le second défi consiste à assembler les nano-objets selon une architecture pré-définie, afin d'obtenir une fonction précise : mémoire, décodage d'adresses, additionneur, ou, encore plus complexe, un microprocesseur complet ou un téléphone sur puce. A titre de comparaison, la fabrication d'une voiture nécessite l'assemblage d'environ dix mille éléments et celle d'un avion de ligne, dix millions. Dix millions de composants, c'est précisément ce qui constitue une puce ordinaire, comme un circuit pour décodeur de télévision numérique ou une puce pour téléphone mobile.

La troisième difficulté consiste à synchroniser le fonctionnement des divers sous-ensembles d'un circuit intégré (processeur, mémoires, bus, unités spécialisées), en vue d'obtenir une finalité utile. Il faut intégrer les logiciels et protocoles de télécommunications, interfaces utilisateur, traitement d'images et du son, calcul temps réel, stockage d'information, sécurité de l'information. Le fonctionnement correct et optimal repose sur la connaissance détaillée de l'architecture physique du système et des délais de transmission d'information entre ses éléments : une unité de calcul d'un téléphone mobile effectue plus d'aiguillages d'information par seconde que la SNCF n'aiguille de trains en un an. Les logiciels apportent aussi une souplesse d'emploi des architectures nécessaire dans un environnement complexe. Les développements des logiciels embarqués sont aujourd'hui indissociables de la technologie matérielle.

Enfin, et pour maîtriser cette complexité croissante, la microélectronique intègre de nombreux domaines de recherche et problématiques pour développer des outils informatiques de plus en plus sophistiqués utilisés dans la conception : mathématiques (l'industrie des semi-conducteurs utilise couramment des démonstrateurs de théorèmes spécialisés pour valider les architectures, cryptographie, traitement du signal...), traitement de vastes volumes de données, simulation, outils pour la construction des architectures de circuits, etc. Un point critique est le test de ces ensembles finaux : nul n'achète un système qui ne fonctionne que partiellement ou pas du tout. Il faut

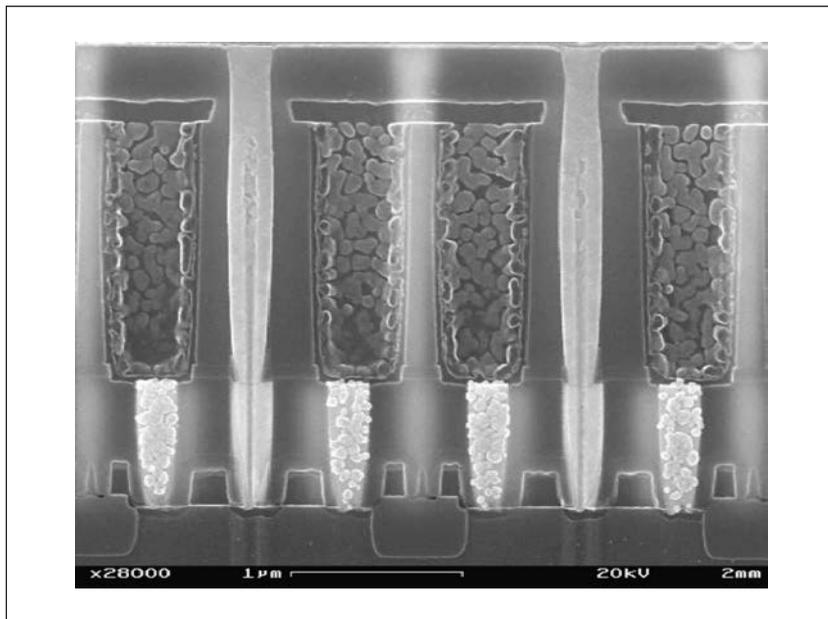


Photo 2. - Il existe aujourd'hui beaucoup de formes et de variantes de transistors, selon les besoins : les structures DRAM permettent de stocker l'information (Structure DRAM embarquée 120 nm).

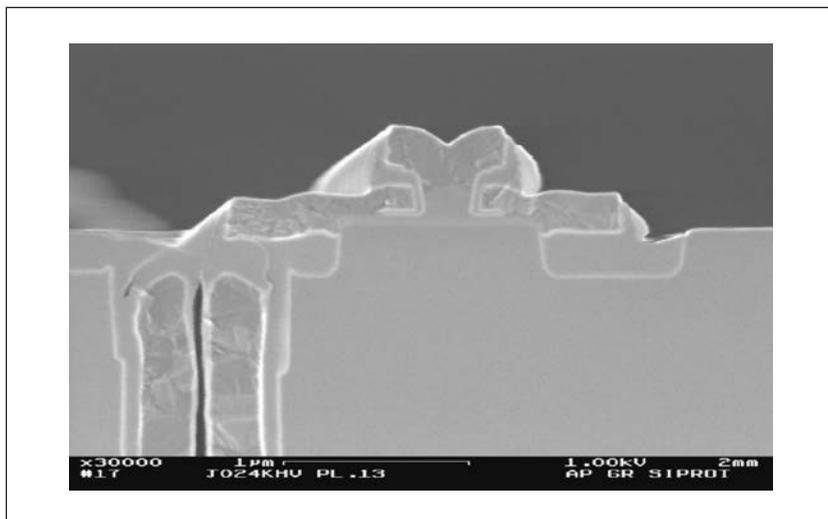


Photo 3. - Certains transistors servent à des calculs rapides, à faible consommation (Transistor BiCMOS SI :Ge).

donc développer des méthodologies et stratégies de test adaptées.

Les évolutions technologiques à venir

Compte tenu des dimensions désormais atteintes pour le dispositif lui-même (des circuits en technologie 65 nm sont déjà disponibles sur le marché) l'appellation nanoélectronique est en train de se généraliser. Toutefois, cette appellation cache un

phénomène nouveau, lié à la réduction des dimensions : des phénomènes quantiques de toutes sortes se multiplient, ainsi que les difficultés de fabrication, et vont inciter progressivement à revisiter les bases et architectures mêmes du fonctionnement des transistors actuels. La nanoélectronique sera différente de la microélectronique.

C'est pourquoi les recherches se tournent dans trois directions :

- une amélioration des dispositifs existants, dans la lignée actuelle ;

- une rupture architecturale (transistors verticaux...);
- une rupture fondamentale (nanotubes, spintronique...).

Dans les dix prochaines années, autrement dit pour les trois prochaines générations de circuits, jusqu'à des dimensions de 32 nm, il est généralement admis que ce processus de miniaturisation devrait se poursuivre sans rupture conceptuelle fondamentale, même si de nombreux et difficiles problèmes ne sont pas encore complètement résolus, et exigent d'importants changements d'architecture et de procédés. Jusque dans les années 90, le seul facteur limitatif était la technologie de photolithographie, que l'on pensait limitée à environ 1 µm. Grâce aux progrès des lasers, des résines photosensibles, des optiques de la mécanique, des masques, des techniques d'illumination et de l'optique en immersion, on pense atteindre au moins les 32 nm. On sait aujourd'hui fabriquer individuellement des transistors bien plus petits (le record est à 8 nm) (Cf. photo 1), mais leurs performances ne sont pas satisfaisantes sur un plan pratique. Mais d'autres limites surgissent concernant les transistors (par exemple, les matériaux actuels pour l'isolant de la grille sont perméables par effet tunnel, et doivent être remplacés par des matériaux à haute permittivité), la dissipation thermique en fonctionnement (elle explose plus qu'exponentiellement avec la réduction des dimensions) ou les pertes énergétiques par fuites.

En 2010, les transistors auront des dimensions de 45 nanomètres et les mémoires Flash stockeront plus de 10 milliards d'octets : un livre sur un cheveu, c'est ce que la miniaturisation des mémoires permettra.

Un autre axe de développement très important concerne les fonctionnalités autres que les fonctions logiques, dont les performances sont directement liées à la miniaturisation. Ces progrès s'appuient sur les sciences et techniques de base développées pour les circuits intégrés, et s'enrichissent d'autres techniques et problématiques applicatives. Ces éléments se déclinent dans la direction de l'électronique très haute vitesse, comme la RF, pour obtenir des télécommunications

sans fil, la photonique pour les capteurs d'image ou le photovoltaïque pour l'énergie, dans la microfluidique (têtes d'imprimantes), les microsystèmes (microaccéléromètres), la biologie (laboratoires ADN), et bien d'autres encore à inventer (Cf. schéma 2). L'image globale si l'on compare ces potentiels à ceux de l'être humain, est qu'à côté du cerveau et de ses capacités calculatoires, on commence à savoir réaliser les organes des sens, ensemble de capteurs et d'actionneurs complétant la perception du monde externe par les objets.

Dans un futur à plus de 15 ans et pour la miniaturisation, la physique sur laquelle repose le fonctionnement du transistor actuel devra être revue en détail à cause des phénomènes quantiques prépondérants. En gardant le même principe global d'utilisation du silicium comme matériau de base, de nouvelles architectures de transistors sont à l'étude (transistors verticaux, nanotubes de carbone).

Mais d'autres innovations radicales donnent matière à recherche :

- la spintronique, ou électronique utilisant les spins des électrons pour contrôler des courants très faibles dans les dispositifs ;
- l'électronique quantique, qui utilise les qubits (mélange quantique de 0 et 1) pour accélérer les calculs ;

- les semi-conducteurs organiques.

Ces dispositifs ne sont encore aujourd'hui que des objets de recherche. Les possibilités d'assemblage et les techniques de fabrication répétitives et fiables ne sont absolument pas maîtrisées. De façon comparative par rapport à l'ère du transistor, on n'a pas encore atteint l'année 1947. Pour ces nouvelles solutions, tout doit être, de surcroît, réinventé, en matière de conception, car il faudra revoir entièrement les méthodes de conception, d'assemblage, de simulation et redessiner les architectures. Pour les méthodes de fabrication, tous les rêves sont permis, depuis l'auto-assemblage à ADN jusqu'aux bactéries programmées.

Une des grandes orientations architecturales du futur est le multiprocesseur monopuce massif. La puce Cell d'IBM, qui équipe la prochaine génération PS3 de consoles Sony, inclut déjà 9 processeurs. L'avantage est bien sûr de fournir plus de calculs, mais aussi de les accélérer fortement, en minimisant les échanges externes hors de la puce. Il existe une marge de progression, sachant qu'un processeur 32 bits nécessite environ 100 000 transistors. L'augmentation de la puissance de calcul n'est pas qu'un gadget destiné à améliorer les ventes de microprocesseurs. L'expérience montre que chaque nouveau progrès permet l'émergence de nouvelles applications : Internet a dé-

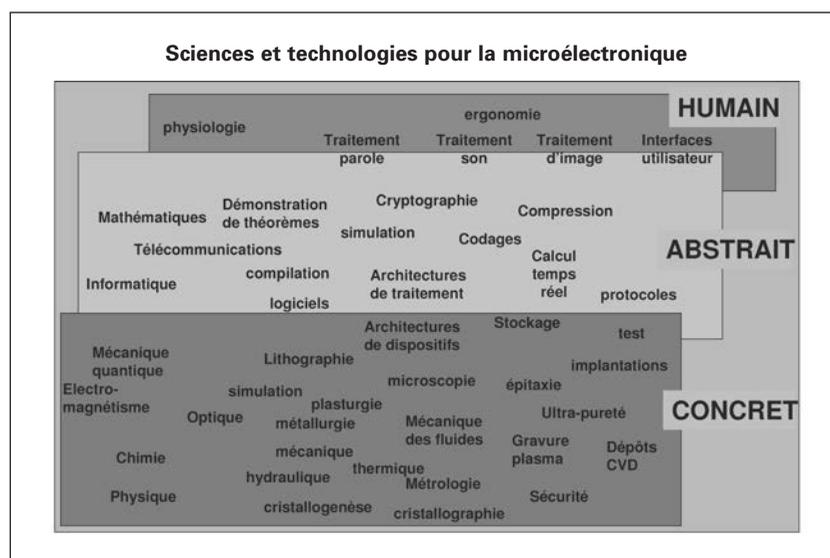


Schéma 2. - Le marché de la microélectronique comprend désormais un très grand nombre de segments, des applications les plus concrètes jusqu'à l'automatisation de certaines fonctions du cerveau.

collé avec l'introduction des processeurs 32 bits, le téléphone mobile a envahi nos poches dès qu'une puissance de 100 MIPS (millions d'instructions par seconde) a été disponible, le haut-débit de l'ADSL et du VDSL repose sur une capacité toujours accrue de traitement du signal. La demande des applications reste importante : un décodeur de TVHD nécessite une puissance de traitement d'environ 50 milliards d'opérations par seconde (pour une puce à 30 dollars). Nos PC sont encore incapables de réaliser la compréhension de la parole ou la traduction de langues de façon satisfaisante ; l'assemblage de nos vidéos de vacances représente toujours un travail de longue haleine ; la simulation de programmes à l'échelle de la planète (météo, géologie...) bénéficie également directement de ces avancées.

Comment programmera-t-on ces systèmes sur puce capables d'incorporer des dizaines, voire des centaines, de millions de lignes de code ? Quelles seront les garanties de bon fonctionnement et de résultats corrects ? Comment ces systèmes résisteront-ils à une erreur matérielle ou logicielle, ou à de simples évolutions des standards de leur environnement ? La solution pourrait résider dans des modules incorporant des programmes d'intelligence artificielle, dont les missions seraient d'étudier les incompatibilités diverses entre versions, de définir automatiquement des points de restauration, d'effectuer des modules de calcul redondants, de s'assurer de la cohérence entre données dans la puce et les interfaces avec le monde extérieur. A cette fin, un immense effort de recherche est nécessaire.

Un facteur limitatif dans le futur pourrait être simplement notre capacité à définir des objets « hyper-complexes » (de cent millions à plus d'un milliard d'éléments) et à valider leur fonctionnement lorsqu'ils seront fabriqués. La conception des éléments hyper-complexes repose sur un ensemble d'équations qui en modélisent l'architecture statique et le fonctionnement dynamique. Ce nombre d'équations croît exponentiellement (+ 40 % par an) pour suivre le potentiel de la technologie, alors que la productivité des ingénieurs (en équations par jour) ne peut

croître que très lentement (5 % par an). Le développement d'un jeu de circuits pour téléphones mobiles mobilise déjà plusieurs centaines d'ingénieurs et un an de tests et validation. Avec cent fois plus d'éléments, faudra-t-il une armée d'ingénieurs et cent ans de tests ? Les systèmes hyper-complexes posent ainsi de nouveaux problèmes de coordination et de cohérence, dont la solution ne peut venir que des mathématiques et de l'informatique. De nombreux centres de recherche sont évidemment actifs dans ce domaine.

Quelles limites ?

Une comparaison avec le cerveau humain montre qu'il est composé de beaucoup plus d'éléments que nous ne savons en assembler sur un circuit intégré, de l'ordre du téra-objet (1 000 milliards). Deuxièmement, le cerveau se développe en volume, tandis que les circuits intégrés sont essentiellement plats. Il existe donc une dimension à gagner correspondant à tout un nouveau champ de recherches. Enfin, le cerveau humain dispose de capacités d'apprentissage, de redondance et d'abstraction qui en font un système de traitement de l'information encore extraordinaire, avec une consommation de seulement 20 W. La nature nous montre qu'il existe donc une belle marge de progression, ainsi que des pistes de réflexion (Cf. schéma 2).

Le prix des usines de semi-conducteurs augmente de 15 % par an, en raison de la complexité croissante des machines de fabrication et de métrologie. La barrière des 3 milliards de dollars (le double d'une usine automobile) est déjà dépassée et ce coût double tous les cinq ans. Les usines de nanoélectronique sont les plus chères du monde. Sans amélioration

fondamentale de l'explosion du coût des procédés et usines, la limite de la nanoélectronique sera sans aucun doute financière avant d'être technologique.

Enjeux économiques et financiers

Comment financer ces importants investissements intellectuels et de production ?

La progression du marché de l'électronique est liée à plusieurs facteurs :

- de plus en plus de secteurs ont besoin de ces nouvelles technologies : l'automobile intègre par exemple près de 20 % de systèmes électroniques dans son coût final de production (allumage, freinage, moteur, habitacle, sécurité, clés...). Cette proportion doublera dans les cinq prochaines années ;

- de nouveaux secteurs sont régulièrement créés : ordinateurs, Internet, téléphonie mobile, appareils photo, imprimantes pour les photos numériques, etc. Les spécialistes qui fondent leurs estimations sur les expériences récentes considèrent que plus de la moitié des applications et des services constituant le cœur du marché dans dix ans n'ont pas encore été imaginés aujourd'hui ;

- la part de l'électronique (matériel et logiciel) dans chaque secteur augmente (Cf. tableau 1).

Dès lors que des ordinateurs de toute taille et de toute nature remplacent et complètent les outils des peintres, des photographes et des musiciens, comme ceux des agriculteurs ou des industriels, et s'insèrent dans tous les outils simples et de grande utilisation comme dans les outils professionnels les plus complexes, il devient essentiel d'en maîtriser la technologie, qui sous-tend

TABLEAU I
Progression de la part des composants semi-conducteurs et des logiciels dans la valeur (prix usine) des produits électroniques.

Année	1970	1980	1990	2000
Part du semiconducteur	5 %	10 %	15 %	20 %
Part du logiciel		5 %	10 %	15 %
Exemples de produits	TV couleur	Magnétoscope	PC	GSM
Taux de croissance annuel	5 %	10 %	15 %	30 %

l'innovation et la compétitivité internationale.

Une source d'emplois de haut niveau

L'industrie électronique génère le type d'emplois de haut niveau essentiels pour le futur bien-être économique et social en Europe, avec une large diffusion dans pratiquement tous les secteurs. Les grandes entreprises de semi-conducteurs sont des employeurs importants : STMicroelectronics emploie près de 50 000 personnes, dont près de la moitié en Europe, Infineon, 35 000 et Philips semi-conducteurs, 32 000. Le fabricant d'équipements de lithographie ASML compte environ 5 000 employés. Ces chiffres se comparent favorablement à Intel (80 000 personnes), ou AMD (14 000, dont beaucoup en Europe). D'autres compagnies internationales, comme Atmel, IBM et Freescale (ex Motorola), avec leurs quartiers généraux hors d'Europe, ont également créé des dizaines de milliers d'emplois en Europe bénéficiant largement des aides associées, sans que l'inverse soit possible. Chez les systèmes, dont le chiffre d'affaires est généralement cinq fois plus élevé (les ventes de Samsung avoisinent 50 milliards de dollars), l'emploi suit en proportion.

La nanoélectronique et, plus généralement, les technologies de l'information offrent aux Européens l'opportunité majeure de devenir une source encore plus importante d'emplois de haute qualification. Plus largement, l'électronique et le secteur des services attachés emploient directement plus d'un million de personnes en Europe. Ce nombre devrait certainement augmenter, compte tenu de l'importance de ces secteurs pour la croissance économique. Cependant, force est de constater que sur ce secteur high-tech, l'Europe est importatrice nette de technologies (ordinateurs, matériel multimédia) et en supporte les conséquences en matière de croissance, d'emploi et de déficit commercial : le ratio production/électronique par habitant est quatre fois plus faible en Europe qu'au Japon ou en Corée, ce qui représente plusieurs millions d'emplois au final, et

l'électronique est le second poste de déficit commercial après le pétrole.

La collaboration : un passage obligé

Les domaines de recherche sont très variés (Cf. schéma 2), et nécessitent une réelle collaboration pluridisciplinaire. Pour surmonter les immenses difficultés théoriques et pratiques auxquelles sont confrontés les industriels des circuits intégrés, de nombreuses collaborations de recherche sont organisées entre laboratoires et industriels. Plusieurs raisons expliquent cette proximité :

- nécessité d'accélérer les transferts dans un contexte où les générations technologiques se succèdent à un rythme effréné (tous les deux ans en moyenne) ;
- nécessité de faire remonter les difficultés technologiques fondamentales vers les scientifiques pour aider à la programmation des recherches amont. Plus en aval et, de façon paradoxale, pour surmonter l'hyper-compétition du secteur, la coopération entre compétiteurs industriels est indispensable. L'association permet en effet simultanément, en additionnant les ressources intellectuelles et les moyens physiques, de disposer de l'ensemble des compétences, d'accélérer les projets et d'établir des standards *de facto* qui permettent d'ouvrir de nouveaux marchés. Les grands blocs/alliances sont le groupe « européen » (ST/Philips/Motorola), le groupe « américain » (IBM, AMD, Infineon, Toshiba, Sony), le groupe japonais (NEC, Hitachi, Mitsubishi, Hitachi, Toshiba...), les très grandes entreprises comme Intel ou Samsung ayant une politique plus individualiste, permise par leur taille.

La compétition des pays

Les enjeux économiques et d'emplois sont très importants, qu'ils soient directs (production de matériels électroniques) ou indirects (services générés), avec de plus un fort potentiel de croissance. Aucun domaine ne peut plus se passer des Technologies de l'Information et de la Communication (TIC),

pas plus que l'essor de la connaissance n'a pu se priver de l'imprimerie. Dans le commerce mondial, il faut cependant prendre conscience que l'échange ne peut être profitable que s'il existe des offres compétitives de part et d'autre, et qu'une économie moderne ne peut pas se mettre durablement dans une situation où l'échange, voire l'acquisition des outils créés dans d'autres parties du monde, deviendrait impossible ou d'un coût exorbitant.

Dans ces conditions, il existe une véritable course entre pays, qui configurent leurs dispositifs de recherche de manière à soutenir leur industrie et un rythme d'innovation toujours accéléré. La recherche de l'excellence scientifique et technologique est ainsi encouragée, mais elle ne peut être utile qu'à la condition d'être efficace en matière d'innovation et développements, lorsque les liens entre recherche publique et privée fonctionnent efficacement et de façon bidirectionnelle.

La France tient un rôle particulier et globalement satisfaisant en Europe, puisque le centre de Crolles (Isère) accueille les cœurs de la recherche technologique de STMicroelectronics, Philips et Freescale (ex Motorola). Ce dispositif est complété par la collaboration de nombreux laboratoires (CEA, INRIA, CNRS) et entreprises dans les domaines de la conception et des logiciels. La nouvelle politique des pôles de compétitivité devrait permettre de renforcer ce pôle grenoblois, ainsi que le pôle parisien, principal centre complémentaire en matières de logiciels et conception. La politique des Réseaux de Recherche et Innovation Technologique, développée ces dernières années s'avère aussi un excellent outil pour le rapprochement des communautés de recherche publiques et privées. On peut cependant juger que le développement d'applications et de nouvelles architectures est relativement faible, et qu'il doit donc être renforcé (la création de l'ANR, regroupant les RRIT, comme les pôles de compétitivité, peuvent contribuer à ce renforcement). Il faut cependant relativiser ces configurations : par exemple l'équivalent taiwanais du CEA/LETI, l'ITRI, dispose d'environ 6 fois plus de personnel pour la recherche en électronique. La seule

région de Tokyo regroupe 2 fois plus d'usines de semi-conducteurs (et leurs clients, à savoir les grands groupes) que toute l'Europe... Et la Chine est en train de se positionner !

Enjeux éthiques et culturels

L'omniprésence, la miniaturisation et les capacités de connexion des dispositifs nanoélectroniques posent de nouvelles questions culturelles et éthiques. Le respect des libertés individuelles tient un rôle central.

A titre d'exemple, la multiplication des moyens de stockage et la facilité accrue de retrouver des informations instantanément vont obliger les individus à évoluer dans un monde où la plupart des événements et actions, mêmes mineurs, seront « tracés » et mémorisés avec la plus extrême précision. Il suffit de songer au rôle joué, dans « l'affaire de l'OM », par les relevés de téléphone informatisés et de télé-péages autoroutiers. Plus récemment, les réseaux de caméras de surveillance de Londres ont permis de retrouver en un temps record les parcours des kamikazes auteurs d'attentats. Mais les mêmes dispositifs effectuent aussi des contrôles de vitesse pour un coût réduit, sur les routes en France. La question de la liberté fondamentale d'un individu est posée sous un angle complètement nouveau. Elle doit être examinée et discutée avec le plus grand soin.

De ce point de vue, la téléphonie mobile est une technologie ambiguë : pour des raisons de qualité de liaison,

nous souhaitons être reliés partout et tout le temps au réseau. Il existe donc un échange permanent de notre GSM avec les stations de base, permettant à l'opérateur et donc à tout système de contrôle qui y est relié, de savoir où se situe son propriétaire à tout moment. Dans le même temps, nous ne voulons pas a priori que nos déplacements soient suivis. Le résultat est bénéfique lorsque des promeneurs imprudents s'égarer en montagne ou qu'une personne souffrant de la maladie d'Alzheimer ne retrouve plus son chemin en ville. Le Parlement finlandais a récemment approuvé une loi pour autoriser un nouveau service de suivi des personnes : un signal est envoyé aux parents lorsque le téléphone de leur enfant sort d'un couloir de circulation préétabli. Le procédé se justifie lorsqu'il s'agit de s'assurer de la non-disparition des enfants à la sortie de l'école, mais discutable lorsqu'il se transforme en instrument de contrôle (comment aller chaparder des pommes ou faire l'école buissonnière ?). Le suivi des enfants est-il autorisé avec leur propre consentement ? Leurs droits fondamentaux sont-ils respectés ?

Plusieurs européens se sont émus récemment des projets de la société américaine Google d'archiver l'ensemble des livres et données de la planète : quelle garantie les individus auront-ils que les informations qu'ils recherchent et les liens qu'ils récupéreront au moyen de cet outil ne seront pas biaisés à leur désavantage, ou que des pans entiers de la connaissance ne seront pas favorisés au détriment d'autres ?

Les exemples de tentatives liberticides ne manquent pas : Microsoft propose maintenant un protocole d'usage conçu de telle manière que les logiciels ou fichiers musicaux implantés sur les ordinateurs doivent demander une autorisation à Redmond (siège de Microsoft) pour fonctionner, de sorte que l'on sait exactement qui a écouté quelle musique et à quel instant (avec tous les avantages statistiques et commerciaux que cela peut aussi présenter). La facilité avec laquelle les « majors » américaines ont pisté les utilisateurs européens de fichiers MP3 pour leur intenter des procès laisse imaginer l'effet de ces outils dans un contexte dictatorial ou même simplement malveillant.

Que ferons-nous demain des centaines d'objets personnalisés en notre possession, tous équipés de cartes à puces ou d'étiquettes intelligentes communiquant avec leur environnement ?

La difficulté liée aux progrès technologique permis par les nouveaux outils électroniques tient au fait que les législateurs et les pouvoirs publics ne prennent pas suffisamment rapidement conscience de leurs conséquences humaines et éthiques. Le principe de précaution ne peut pas s'appliquer dans ce cas, car ces outils ne génèrent pas de pollution nouvelle ni de danger massif pour la santé des individus. Il ne s'agit pas de bloquer le progrès technique, mais de l'orienter et d'en adapter les applications pour améliorer la qualité de la vie, tout en sauvegardant les principes fondamentaux garantissant la liberté des individus. ●

Le PCRDT et les TIC.

Acquis et perspectives du 7^e programme-cadre

Quels sont les acquis concernant les technologies de l'information et de la communication (TIC) dans le 6^e programme-cadre de recherche et de développement technologique ? Comment mieux anticiper les perspectives en la matière dans le 7^e PCRDT ? Répondre à cette double interrogation d'évaluation et de prospective suppose, dans un premier temps, de rappeler la finalité originelle des programmes de recherche communautaires, puis d'examiner quantitativement les acquis en matière de TIC, de les illustrer ensuite qualitativement par quelques exemples, pour tenter de montrer la rationalité des choix opérés, avant d'aborder les défis du 7^e PCRDT.

par **Patrick Schoullier,**
DGE-STI

But des programmes communautaires : la compétitivité industrielle européenne

Après les initiatives politiques européennes de Jean Monnet, concrétisées par la création de la Ceca, ce sont les entreprises qui soutiennent, en 1985, la relance dite Delors avec comme objectif la sortie de la crise économique. Trois décisions politiques du couple franco-allemand sont alors mises en œuvre, dont deux sont bien connues : le marché intérieur d'abord, la création du système monétaire ensuite. La troisième, moins visible pour le grand public, réside dans la mise en place d'une coopération entre grandes entreprises *High Tech* européennes, pilotée depuis Bruxelles par les services de la Commission sous la direction d'Etienne Davignon et ce, grâce au lancement d'Esprit, le premier programme de recherche collective communautaire (1). C'est ainsi que les discussions entre de grands groupes industriels comme Philips, Siemens, Bull ou Olivetti ont servi de projets pilotes à cette coopération européenne et montré qu'une relance européenne était possible. Naturellement, afin de ne pas perturber les prérogatives commerciales de chacun de ces grands industriels, ni de fausser la concurrence conformément aux grands principes de l'Union, la recherche communautaire s'est d'emblée située au niveau d'actions de type « précompétitif », en soutien à la compétitivité industrielle.

Cette volonté a été traduite dans les textes et c'est pourquoi le titre XV du

traité de Maastricht précise dans son article 130 F que « *la Communauté a pour objectif de renforcer les bases scientifiques et technologiques de l'Industrie de la Communauté et de favoriser le développement de sa compétitivité internationale, ainsi que de promouvoir les actions de recherche jugées nécessaires au titre d'autres chapitres du traité* ». L'article 130 G précise, quant à lui, le niveau souhaité de coopération : « *dans la poursuite de ces objectifs, la communauté... met en œuvre des programmes de recherche, de développement technologique et de démonstration en promouvant la coopération avec et entre les entreprises, les centres de recherche et les universités* ». Ce rappel est important car il souligne qu'au départ, cette recherche communautaire reposait sur un grand principe : une collaboration entreprises/centres de recherche sur des thématiques pour lesquelles les acteurs trouvaient un intérêt à travailler ensemble, afin d'augmenter leur compétitivité.

Nous sommes à l'aube du lancement du VII^e de ces programmes-cadres, et les budgets sont en augmentation constante. Mais nous constatons que cette volonté de coopération industrielle initiale s'estompe, au profit de la mise en place d'une recherche plus générale, plus orientée vers la recherche académique. La recherche communautaire risque ainsi de s'éloigner de son principe de subsidiarité initial (ne traiter au niveau communautaire que les points

(1) Qui répond aussi au renforcement de l'effort public de R&D aux Etats-Unis, au début des années 80. L'objectif de Lisbonne entendait ainsi répondre au nouvel accroissement de 50 % de cet effort américain, sur la période 2000-2005.

sur lesquels les acteurs des différents pays ont un intérêt commun) et ce, au profit de thématiques incluses dans les différentes priorités de recherches publiques nationales, pour venir ainsi abonder financièrement ces dernières. Cette dérive de l'objectif initial risque, dès lors, à terme, de nuire à l'effort de concentration sur les sujets essentiels au soutien de la compétitivité industrielle.

Les acquis du VI^e PCRDT en matière de TIC

Les TIC, du fait de leur nature horizontale et de leur impact sur la compétitivité de toutes les composantes de la société, sont un thème de prédilection des programmes communautaires, au point d'en représenter la plus grosse partie : 3,6 G€ sur les 14,95 G€ du VI^e PCRDT. Pour cette raison, les TIC ont donc été choisies au démarrage des programmes communautaires. Cette

importance s'est confirmée, aussi bien dans toutes les analyses améri-

La recherche communautaire s'est d'emblée située au niveau d'actions de type « précompétitif »

caines de la croissance, que dans les décisions des Conseils européens (stratégie de Lisbonne). Toutefois, dans le VI^e PCRDT, pour résoudre des problèmes majeurs de la société et de l'économie, une focalisation particulière des TIC s'est faite sur :

- le développement des technologies à la hauteur des défis que représentent, en matière de sécurité, le « tout numérique » et la nécessité de sauvegarder les droits des individus et des communautés ;
- une recherche visant à résoudre des problèmes sociétaux, avec la mise en place d'une « ambiance intelligente » pour faire participer le plus largement possible les citoyens à la société de l'information, rendre plus efficaces les systèmes de gestion et d'appui dans les domaines de la santé, de la sécurité, de la mobilité et de l'environnement et, naturellement, préserver le patrimoine culturel ;
- une recherche visant à résoudre des problèmes liés à l'activité économique en donnant aux entreprises, aux individus et aux administrations les moyens

de contribuer à part entière au développement d'une économie de la connaissance sûre, et d'en tirer pleinement parti, tout en améliorant la qualité du travail et de la vie active, et en favorisant l'apprentissage en continu tout au long de la vie ;

- la mise au point des technologies permettant d'exploiter des ressources de calcul et de stockage géographiquement dispersées et de les rendre accessibles, en continu, pour la résolution de problèmes complexes dans les domaines de la science, de l'industrie, de l'activité économique et de la société.

Si le bilan financier est relativement simple à faire, il est plus difficile de dresser le bilan technologique sans tomber dans un catalogue à la Prévert. Ainsi, au niveau global, une étude de l'ANRT (2) pour le compte du ministère en charge de la Recherche estime qu'au terme des trois premiers appels à propositions, 423 projets (soit plus de 6 100 participations, dont 718 françaises) sont financés dans le domaine

des TIC (soit 20 % de ceux qui ont déposé un projet).

Ce financement global atteint 280 M€, dont 42 % à destination des grands industriels, 46 % pour les laboratoires académiques, 14 % pour les PME/PMI de hautes technologies. Avec 140 M€ de plus que les Français et 200 M€ de plus que les Britanniques, les acteurs allemands s'imposent comme les leaders européens en matière de TIC.

Sur le plan qualitatif, nous pouvons résumer en disant que ces priorités se déclinent sur la consolidation et le développement des points forts de l'Europe dans des domaines comme :

- les communications mobiles, avec le développement de nouvelles générations de systèmes et de réseaux mobiles et sans fil qui permettent une connexion optimale aux services en tout lieu. 74 projets dotés de 333 M€. La France, présente dans 40 de ces projets, reçoit plus de 53 M€ ;
- les réseaux « tout optique » d'une transparence et d'une capacité accrues. En optique & photonique, l'Europe soutient actuellement 16 projets, dont 11 avec des Français, et investit 56,4 M€ ;

- les solutions pour améliorer l'interopérabilité et l'adaptabilité des réseaux : 37 projets, dotés de 157 M€, favorisent les technologies du haut débit ;

- des technologies pour un accès personnalisé aux systèmes audiovisuels en réseaux ;

- les technologies de logiciels, systèmes enfouis et systèmes distribués avec la mise au point de nouvelles technologies de logiciel (16 projets de logiciels embarqués reçoivent 57,6 M€ de subvention), d'environnements de création de services multifonctionnels et la création d'outils pour le contrôle de systèmes distribués complexes (12 projets, pour 52 M€), afin d'aménager un cadre « d'intelligence ambiante » et de parer à la croissance et à l'extension attendues des applications et des services et d'améliorer les performances, la fiabilité, la rentabilité, la fonctionnalité et les capacités d'adaptation des technologies de communication et de calcul, de manière à répondre aux besoins croissants en matière d'applications ;

- les composants et microsystèmes : avec pour la micro, nano et opto-électronique un objectif de réduction des coûts, d'augmentation des performances et d'amélioration de la reconfigurabilité, de l'extensibilité, de l'adaptabilité et des capacités d'auto-ajustement des composants « micro, nano et opto-électroniques » et des systèmes « sur puce ». Pour la partie micro et nano technologies, microsystèmes, écrans, l'objectif est d'améliorer la rentabilité, les performances et la fonctionnalité des sous-systèmes et microsystèmes et d'augmenter leur degré d'intégration et de miniaturisation, tout en améliorant l'interfaçage de ces systèmes avec leur environnement, dont les services et systèmes en réseaux. 73 projets sont en cours, dotés de près de 353 M€ de subvention communautaire. En complément à ces recherches, le PCRDT s'est préoccupé des technologies des connaissances et des interfaces, afin d'améliorer la convivialité des applications et des services et l'accès aux connaissances. A cet effet, cette recherche traitait des technologies, des connaissances et du contenu numé-

(2) Association nationale de la recherche technologique.

rique ainsi que des interfaces et surfaces intelligentes.

Comme toutes les thématiques ne sont pas prévues au départ, et pour tenir compte des avancées technologiques, le PCRDT soutient également des FET (technologies futures et émergentes) sur les nouvelles disciplines et technologies qui pourraient devenir stratégiques à un horizon plus lointain.

L'étude ANRT sur la participation des acteurs montre que les Français sont :

- leaders : dans le haut débit, les systèmes mobiles et sans fil du futur, la fiabilité et la sécurité, les interfaces multimodales, les systèmes de connaissances fondés sur la sémantique, les systèmes audio-visuels en réseaux et les plates-formes domestiques, les technologies avancées d'affichage, les plates-formes de développement ouvertes pour les logiciels et les services, les systèmes embarqués et la gestion des risques ;

- suiveurs : dans les technologies du CMOS, les micro et nanosystèmes, les entreprises et administrations en réseaux, la sécurité électronique des transports routiers et aériens, les technologies d'apprentissage et d'accès au patrimoine culturel, les composants optiques, optoélectroniques et photoniques, les contenus multimédia pour les loisirs et le divertissement ;

- distancés : dans la santé électronique, les systèmes cognitifs, les applications et services pour les travailleurs mobiles, les systèmes de grilles (Grid) et la résolution des problèmes complexes, l'insertion numérique, les technologies futures et émergentes et la mise en réseaux de la recherche.

Pour répondre à ces problèmes, les acteurs peuvent soumettre différents types de projets, qui vont des IP (Projets intégrés dont le but est de concentrer les efforts sur un grand projet commun, lequel impose l'implication de tous les types d'acteurs de la chaîne de valeur, les financeurs. Ce sont des projets de l'ordre de 10 à 20 M€ de financement communautaire), aux NoE (Réseaux d'excellence dont le but est de coordonner les activités d'un domaine), en passant par des Strep (projets spéci-

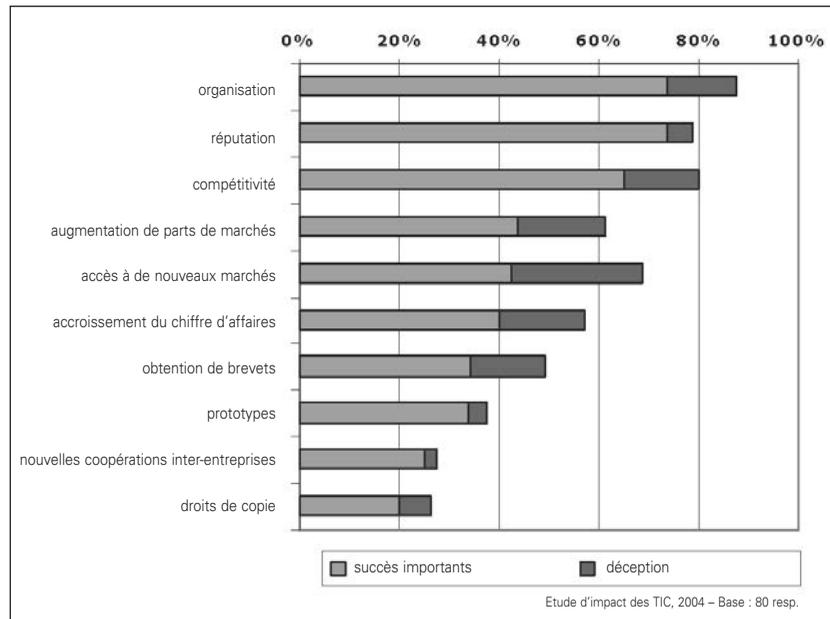
Si le bilan financier est relativement simple à faire, il est plus difficile de dresser le bilan technologique sans tomber dans un catalogue à la Prévert

ifiques de recherche ciblée, qui ont pour but de résoudre un problème ponctuel précis), les CA (actions de coordination) et SSA (actions spécifiques de soutien). L'analyse montre que vis-à-vis de ces instruments, les performances françaises se situent essentiellement sur les actions d'envergure visant la recherche et le développement technologique

destinées à des acteurs importants et bien structurés, mais qu'elles s'effondrent dès qu'il s'agit de projets

applicatifs plus petits (d'ailleurs souvent à destination des PME). Ces résultats confirment les tendances déjà constatées dans les programmes des années antérieures (exemple des résultats du programme Esprit, comparés à ceux du programme Applications télématiques). Mais globalement, dans l'état actuel des choses, les acteurs français sont présents dans plus de la moitié des projets sélectionnés. Ce qui est, indépendamment des retombées financières, un point important. En effet, lorsqu'une entreprise a besoin d'une technologie, elle peut : soit en financer la recherche en interne sur fonds propres, soit racheter une société qui possède cette technologie, soit enfin participer à un programme communautaire, ce qui

présente alors l'avantage de mutualiser les coûts de recherche. Par ailleurs, la participation à cette recherche en collaboration communautaire apporte d'autres avantages (ce qui la rend particulièrement intéressante pour les PME), comme le fait de s'ouvrir à de nouvelles cultures, de nouvelles méthodes de travail, et *in fine* de nouer de nouveaux partenariats européens dans le monde des affaires. Cette dynamique de partenariat, qui a toujours été une volonté de l'Europe, se retrouve dans le principe des projets collaboratifs : IP, Strops, etc. Deux études récentes de la Commission (3) ont permis d'analyser 890 projets (issus des programmes Esprit, ACTS, Applications télématiques, etc.) et ce, suffisamment longtemps après leur achèvement, afin d'en mesurer l'impact effectif. Il convient en effet d'attendre quelque peu avant de pouvoir mesurer les résultats d'une recherche essentiellement pré-compétitive. Ces études montrent que 40 % des projets, à l'issue des travaux, testent ou valident réellement un produit et sont donc largement des succès qui vont au-delà de la simple étude théorique à laquelle souvent d'aucuns s'at-



Graphique 1. - La plupart des utilisateurs de la procédure communautaire ont connu dans leurs projets un succès important.

Source : Commission européenne.

(3) Disponibles sur Internet ; <http://www.cordis.lu/ist/about/impact-analysis.htm>

tendaient. Même si 47 % des projets signalent des problèmes de gestion des droits de propriété intellectuelle et industrielle entre partenaires, la diffusion des résultats reste bonne. 33 % des projets signalent avoir développé un *business plan* crédible et 20 % ont débouché sur la création d'une jeune pousse. Enfin, selon ces études, 44 % des projets auraient un impact sur les normes (le conditionnel traduit un léger doute sur ce point). Ces études montrent également – de façon indéniable –, l'apport des programmes communautaires au processus d'innovation des acteurs. Les graphiques 1 et 2 (issus de ces études) montrent que les bénéfices des participations communautaires sont supérieurs aux coûts et que l'utilisation des résultats est un succès.

Enfin, et c'est sans doute le plus important, 73 % des partenaires estiment que sans l'argent communautaire, le projet n'aurait pas été entrepris.

Au-delà des chiffres et études, l'analyse de cas concrets montre l'impact de la recherche communautaire sur les communautés concernées. Il est difficile de détailler les centaines de projets financés dans le cadre des premiers appels du VI^e PCRD, mais quelques exemples suffisent. Tout le monde connaît le succès du GSM (Groupe spécial mobile) né d'une initiative Cost (une opportunité de recherche européenne) : poursuivi dans un groupe de travail Race, il a

finalement fait l'objet d'un développement normatif dans le programme ACTS tandis que dans le même temps le futur processeur de ces téléphones mobiles était partiellement développé dans le programme Esprit.

Mais les Européens ignorent souvent leurs importantes potentialités, comme en témoigne le prix Marie Curie attribué au projet IST *swarm boots* (un assemblage de robots dont la forme est déterminée par l'environnement extérieur). L'Europe dispose sans doute dans ce domaine

des meilleures équipes mondiales, alors que c'est le Japon qui passe pour être le grand spécialiste du secteur ! Une analyse plus fine des projets de recherche très avancés du PCRD montre que 80 % d'entre eux sont largement en avance sur l'état de l'art, que 50 % mènent à une rupture, une percée technologique et sont souvent des *success stories* (création de *spin-offs*, dépôts de brevets, participation à de nouveaux standards...).

En micro-électronique, le projet Nanocosmos (24 M€ de subvention pour une première phase de 27 mois, puis 25 M€ pour une deuxième phase) est exemplaire. D'un coût total avoisinant *in fine* les 100 M€, ce projet regroupe les acteurs européens majeurs (ST microelectronics, Philips, Infineon, Imec, CEA-LET, CNRS, FhG IISB, ZFM, IBS, Isiltec, Magwel avec

une gestion par ACIES) et a pour mission de maintenir l'Europe dans le peloton de tête quant à la performance des semi-conducteurs et à leur densité, en démontrant la faisabilité des technologies CMOS 45 nm (avec la mise en place d'une chaîne pilote en 2008-2009), tout en explorant les pistes 32 nm et 22 nm. Ce projet s'inscrit dans la logique de construction de l'espace européen de la recherche (il

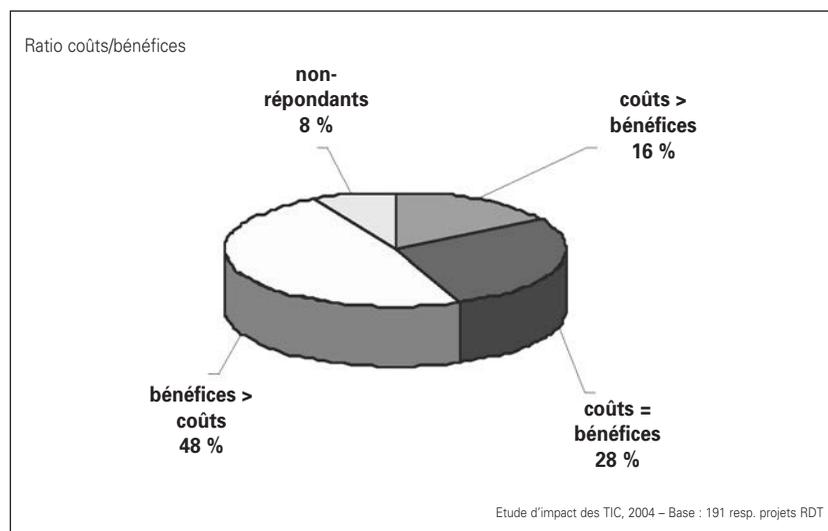
Globalement, dans l'état actuel des choses, les acteurs français sont présents dans plus de la moitié des projets sélectionnés

prévoit même des liens étroits avec le NoE Sinano qui réunira pendant trois ans 43 part-

naires du domaine). Il joue la complémentarité avec les *clusters* Eurêka (Medea+) comme cela a souvent été le cas par le passé. La microélectronique est une illustration de ce que souhaite l'Europe en matière de synergie en vue de la construction d'un espace européen de la recherche capable de maintenir la compétitivité de l'industrie européenne au plus haut niveau.

Dans un autre domaine, en matière de logiciels embarqués pour l'automobile, le projet Decos, d'une durée de trois ans et de 9 M€ de subventions, réparties entre 19 partenaires dont Audi Electronics Venture, Airbus, EADS, Infineon, TTTech, Fiat, Profactor, Hella, Liebherr, Thales, Esterel ARC Seibersdorf (Coordinateur), SP Swedish Test. & Res. Inst. et les universités technologiques de Vienne, Darmstadt, Hamburg, Kassel, Kiel et Budapest, se propose de faciliter la conception systématique et l'utilisation tout aussi systématique de sous-systèmes électroniques « intégrés » dans les systèmes embarqués et ce, grâce à :

- la réduction des coûts du matériel électronique (moins de câbles, connecteurs) ;
- une sûreté de fonctionnement renforcée dès la conception (une partition claire entre éléments critiques de sécurité et éléments non critiques et, cela, dès la conception) ;
- une réduction des coûts de développement (certification modulaire, composants logiciels réutilisables, intégration structurée pour les éléments de communication et de calcul) ;



Graphique 2. - L'étude coûts/bénéfices montre des résultats satisfaisants.

Source : Commission européenne.

- un diagnostic (des défauts transitoires et intermittents des composants) et maintenance ;
- la protection de la propriété intellectuelle.

Les applications de Decos touchent de nombreux secteurs : automobile, aérospatial, chemin de fer, contrôle industriel, systèmes médicaux et systèmes autonomes. Ce projet développera donc des lignes directrices structurées pour l'intégration de domaines et de technologies indépendantes.

Les perspectives du 7^e PCRDT

Comme l'a rappelé très récemment Madame Reding, nouveau Commissaire de la DG Infoq & Media, pour le futur (du moins pour les cinq ou sept prochaines années), les programmes communautaires en matière de TIC continueront de soutenir (4) les domaines d'importance stratégique pour l'Europe « tels que la microélectronique, la nanoélectronique, les communications mobiles et les technologies

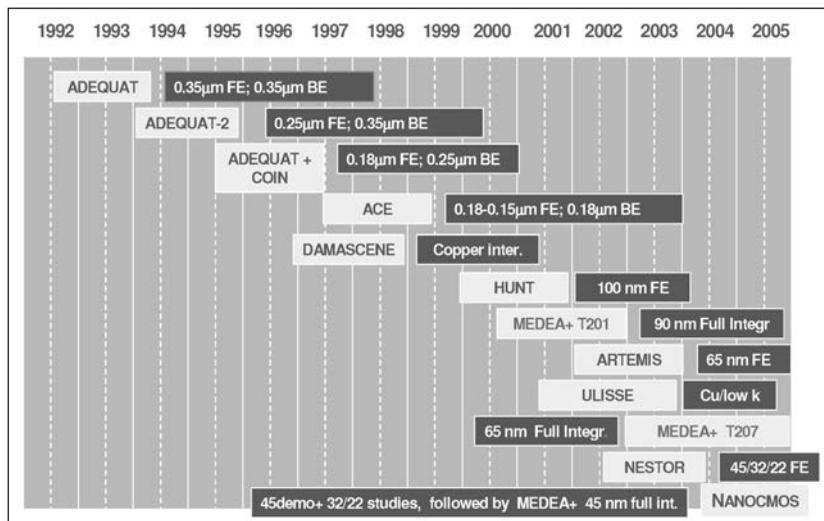
du haut débit, mais aussi d'autres domaines, qui présentent un potentiel important en termes

Les programmes communautaires en matière de TIC continueront de soutenir les domaines d'importance stratégique pour l'Europe

de percées industrielles et commerciales, comme les systèmes cognitifs qui aident les hommes à enregistrer, comprendre et donc mieux gérer les événements quotidiens. Les technologies d'amélioration de la sécurité et de la fiabilité des systèmes d'information et de communication ne seront naturellement pas oubliées non plus que les recherches en matière de services et d'applications, principalement dans la santé, les transports, la création des contenus, les techniques de l'administration et la gestion des services publics ».

Deux défis : la complexité et le pilotage d'instruments communautaires à réadapter !

En effet, au-delà de cette volonté politique, deux défis sont à relever : le premier est la prise en compte d'un environnement de plus en plus complexe et le second est la structure même



Graphique 3. - Quelques projets-clés européens en matière de TIC.

Source : Commission européenne.

des moyens (encore appelés instruments communautaires) mis à la disposition des acteurs, et leur utilisation.

Commençons par la complexité. Dans l'exemple des communications mobiles, l'utilisateur revendique son autonomie, ne se contente plus d'être un simple consommateur souvent captif d'un opérateur et qui doit consommer des services « descendants ». Il voudra

de plus en plus des services adaptés à ses besoins, même s'ils sont simples (voire technologi-

quement parlant, simplistes), et il sera même prêt à payer cher pour cela comme en témoigne l'engouement pour les SMS (qui rapportent plusieurs milliers d'euros par mégabyte transporté, alors que le coût moyen du mégabyte est de l'ordre de l'euro). Nous serons en outre pleinement entrés dans le monde de la convergence, monde dans lequel les opérateurs ne fourniront plus des services mais des solutions, avec une obligation d'interopérabilité totale (actuellement on ne peut pas charger de la musique chez Sony et l'écouter sur son Ipode) tant sur les réseaux qu'à la maison... ; une sorte de *Media center* réellement européen. Le grand défi ne sera sans doute plus alors technique, mais juridique et financier : il faudra que les acteurs de la chaîne de valeur arrêtent de faire une fixation sur leurs droits respectifs, pour penser aux besoins du consommateur et trouver

des solutions simples. Un autre défi : les volumes à gérer. En effet la quantité de données à transmettre sera monstrueuse (23 milliards de terminaux attendus en 2008 selon les chiffres de la Commission). Même si cette information n'est pas toujours de bonne qualité (60 % de *pourriels* actuellement), il n'est pas certain que les opérateurs pourront assumer les débits qui seront fournis. La sécurité représentera un autre défi important (en 2004, les attaques de hackers ont donné lieu à des pertes estimées à 14 G€ (80 % des PC sont peu ou prou contaminés) parce que les infrastructures sont de plus en plus complexes, donc vulnérables et parce que cette vulnérabilité s'accroît exponentiellement avec leur taille. Actuellement le réseau GSM fonctionne avec quelques millions de nœuds (qui coûtent 50 K€ chacun). Le WIFI commence à changer la donne, en introduisant des dizaines de millions de sources (à 100 € chacune). Mais demain, la miniaturisation des capteurs (à quelques euros pièce) et des autres sources générera des milliards de nœuds (exemple : plus de 10 000 puces RFID dans un Airbus A 380 génèrent des communications issues des divers éléments de l'avion, allant du gilet de sauvetage à la machine à café !).

(4) Les Tic devraient représenter 28 % du total du 7^e PCRDT ce qui en fait de loin la première priorité parmi les 9 présentées par la Commission.

Les consommateurs deviennent aussi des producteurs : 6,5 millions de *blogs* créés en 2005, soit 20 % de croissance du trafic. Le contenu fourni par les individus dépassera bientôt celui des fournisseurs classiques (80 % des contenus fournis sur le tsunami en Asie sont issus de sources privées). 56 % du trafic est du trafic « pair à pair » ; ainsi, il y aurait, en permanence, 8 millions d'internautes qui s'échangeraient des fichiers (soit 10 Mégabytes). Ce principe de *darknet* va-t-il mettre fin aux canaux traditionnels de diffusion et à leurs modèles économiques ? En tout cas, cette nouvelle forme de l'innovation remet en cause des acteurs institutionnels : 52 millions de caméras et 174 millions de téléphones vendus en 2004 ont un appareil photo intégré. Agfa a disparu, Kodak survit à peine. Le second grand nouveau défi viendra du PCRDT lui-même. Avec deux points essentiels : la finalité de la recherche et les instruments mis à la disposition des acteurs. Le risque est grand de voir le PCRDT accentuer encore son orientation vers une recherche plus académique, plus fondamentale. Cette recherche est certes importante, il ne faut pas le nier, mais la priorité du PCRDT est, et doit rester, le soutien à la

compétitivité industrielle. Il est toujours regrettable, dans cette compétition mondiale, de voir des projets de recherche financés en Europe faire l'objet d'un développement industriel dans le reste du monde. Le danger est réel, car nombreux sont ceux qui veulent en finir avec une recherche européenne focalisée sur quelques objectifs prioritaires (souvent fiefs de quelques grands groupes industriels) pour passer à une recherche plus fondamentale, dont la seule valorisation européenne reste trop souvent la publication. De plus, la lenteur de ses procédures et un saupoudrage certain, induisent un désintérêt progressif des industriels, au profit d'outils comme Eurêka, la coopération bilatérale ou simplement des projets menés de façon autonome. Il en résulte une réactivité globale plus faible de l'effort de R&D européen, alors même que celui-ci ne peut faire jeu égal avec d'autres qu'au prix d'une optimisation de son efficacité à grande échelle. En parallèle à ce défi d'orientation stratégique se joue celui du choix des instruments mis à la disposition des acteurs pour effectuer ces recherches. Là encore, les débats sont intenses, tant au niveau politique (Conseil et Parlement) qu'au niveau des acteurs

eux-mêmes qui se répartissent entre partisans du maintien des grands outils structurants (projets intégrés ou encore les futures plates-formes technologiques) et partisans de projets plus petits, plus proches du marché, plus nombreux et essentiellement destinés aux PME. En l'absence des moyens de gouvernance que prévoyait la chartre constitutionnelle européenne, la tendance naturelle d'un dispositif qui doit intégrer les orientations souhaitées par le Parlement européen et dans lequel les voix des petits pays ont une pondération élevée serait celle d'un éparpillement et d'une faible focalisation des projets. Ce serait l'inverse de ce qui se passe aux Etats-Unis, où un petit nombre d'Etats bénéficient de l'essentiel de la manne fédérale, et de clusters mondiaux très puissants dont les retombées bénéficient ensuite à l'ensemble de la fédération. Certes, le point d'équilibre n'est pas encore atteint et ce type de considération pourra encore jouer dans les choix finaux. Quoi qu'il en soit, la structuration de projets de grande ampleur au niveau national peut être de nature à faciliter la structuration ultérieure des moyens, comme cela a été le cas, par exemple, dans le secteur de l'aéronautique. ●

Traçabilité

La « traçabilité électronique » ouvre de vastes perspectives d'évolution des nombreuses fonctions de suivi de production, de stocks et de gestion de la logistique au sein des entreprises. Les développements industriels et de services engendrés par la croissance de ce marché impliquent un effort soutenu de recherche et de formation permettant à la France de disposer des connaissances et des compétences nécessaires pour affronter la concurrence.

par **Georges Kayanakis,**
ASK

La « traçabilité » (ou, plus précisément, la « traçabilité électronique ») pourrait bien être une énorme vague de fond technologique

Si le terme « traçabilité électronique » désigne l'ensemble des bénéfices que l'on peut tirer de la connaissance d'informations sur des objets cheminant rationnellement d'un point à un autre durant tout ou partie de leur vie utile, il désigne aussi l'ensemble des techniques mises en œuvre à cette fin.

Les bénéfices qu'on peut tirer de ces informations concernant des objets semblent *a priori* positifs. Il n'en est pas forcément ainsi lorsque ces objets sont portés par des personnes, si l'on ne met pas en œuvre les garde-fous nécessaires à la protection de la vie privée.

Du fait de l'étendue de son impact, la « traçabilité électronique » affectera transversalement une grande partie du monde de l'industrie et des services : plus grande efficacité de la logistique, automatisation poussée des inventaires, prévention des pertes, des coulages, des contrefaçons, gestion aisée des dates de péremption, réassortiment automatique sur les points de vente.

L'importance de ces bénéfices provoquera *ipso facto* une augmentation considérable des activités industrielles et de services dans des domaines qui sont déjà considérés comme stratégiques : fabricants de matériels (semi-conducteurs, étiquettes (tags) intelligentes, terminaux, concentrateurs, systèmes spécialisés ou encore concepteurs/vendeurs de grands systèmes informatiques).

La nature des techniques à mettre en œuvre, ainsi que le besoin impératif d'obtenir des coûts récurrents extrêmement faibles, engendreront le besoin de renforcer nos connaissances dans nos universités, écoles et laboratoires dans les domaines de la miniaturisation (nano/bio-technologies pour préparer la relève du semi-conducteur classique) de la radio transmission/réception en milieux très hostiles, du cryptage/décryptage très rapide, et de la protection de données informatiques réparties sur de grands territoires.

Un système de « traçabilité électronique » nécessite au minimum quatre types de produits

Le premier, constituant la partie la plus spectaculaire et la plus innovante, est représenté par une étiquette électronique passive collée sur un objet ou

portée par une personne. Cette étiquette reçoit et envoie, par fréquence radio, des informations à un lecteur, les distances de communication variant de quelques centimètres à plusieurs mètres. Le deuxième est constitué par un appareil électronique appelé lecteur. Il intègre le logiciel applicatif et comporte une antenne émettrice/réceptrice pour communiquer par radiofréquence avec l'étiquette. Le troisième est un concentrateur, le plus souvent un PC puissant, ou équivalent, sur lequel se branchent, en grappes, les lecteurs. Son rôle est d'organiser et de formater les informations en provenance des lecteurs afin de les rendre exploitables par la partie amont du système. Le quatrième type de produit est un logiciel système porté par des ordinateurs puissants, souvent connectés à des logiciels de bases de données (ERP).

Chacun de ces quatre éléments joue un rôle très précis : lors de franchissements d'étapes importantes, l'étiquette, qui contient les informations relatives à l'objet ou la personne, est interrogée par le lecteur, selon un programme applicatif. Une identification, puis un transfert d'informations ont lieu entre étiquette et lecteur, et inversement. Un enregistrement est effectué dans le système et éventuellement dans l'étiquette. Il en va de même à toutes les étapes prévues.

Hormis les étiquettes, l'ensemble des composants du système utilisent des savoir-faire déjà mis en œuvre par certains spécialistes. Quant aux étiquettes, cœur du dispositif, leur nature totalement nouvelle donnera encore lieu à des actions de protection intellectuelle/industrielle (brevets...). L'étiquette est généralement constituée d'une petite feuille mince de plastique ou de papier, sur laquelle on dépose une antenne (accordée à la fréquence voulue), elle-même connectée à une micro-puce de silicium. Celle-ci doit allier performances électriques, très faible coût (quelques centimes), minceur (130 microns d'épaisseur), capacité à intégrer des techniques analogiques et digi-

tales dans un cadre de très faible consommation car la micro-puce ne peut être alimentée que par l'énergie captée par l'antenne.

La mise au point de normes appropriées (action en cours) rendra ces marchés très compétitifs, dans les domaines tant du matériel que du logiciel.

Les nouveaux marchés ouverts

Les systèmes de « traçabilité électronique » devraient remplacer très avantageusement, à terme, les fameux systèmes « code barre » actuels grâce aux bénéfices qu'ils procurent : richesse et fiabilité de l'information, capture optimisée et enrichissement des données pendant le cycle de vie du produit, partage de l'intelligence (centralisée/décentralisée). L'étiquette électronique, composante majeure de ce nouveau système, prendra la place de l'étiquette « code barre » et le lecteur celle du couple scanners optiques/terminal applicatif. Les puissants logiciels système « traçabilité » remplaceront, eux, les logiciels de systèmes code barre.

Les marchés principaux, candidats à l'utilisation de cette technologie sont les suivants :

Dans la grande distribution et ses chaînes d'approvisionnement, la présence d'une étiquette électronique collée sur des palettes, colis, produits... rend possible la connaissance fine et instantanée de l'état des inventaires et de leur localisation : la puce contient le code du produit ainsi que toutes les informations pertinentes relatives à la traçabilité et, même invisible, elle demeure lisible et inscriptible électroniquement. Ces informations sont transmises instantanément à un lecteur. La connaissance détaillée et complète du contenu des palettes, boîtes, cartons, produits et de leur historique, s'effectue sans jamais procéder ni à des ouvertures ni au *scanning* individuel de chaque produit. Selon les applications, plus ou moins d'« intelligence » sera nécessaire. Pour y faire face, les micro-puces employées pourront être de différentes puissances. On peut imaginer, par exemple, en plus des fonctions normales, l'utilisation d'autres fonctions,

telles que l'enregistrement des températures subies durant le transport.

L'industrie automobile bénéficiera d'un nouvel outil très performant grâce à la « traçabilité électronique ». Cette industrie, dans un souci permanent de réduction des coûts (gestion simultanée de différents sites, amélioration de la fiabilité et de la compétitivité de ses gammes de produits, etc.) a déjà goûté aux avantages de la connaissance parfaite de l'« histoire » de ses pièces et de leur montage. La « traçabilité électronique » permettra, notamment, de renseigner, à chaque étape de l'assemblage d'un sous-ensemble, une étiquette électronique pour autoriser, ou non, la poursuite des opérations de fabrication et personnaliser le modèle fabriqué en fonction des informations contenues dans la puce. En fin de chaîne, cette même étiquette, témoin de la conformité aux spécifications de travail du sous-ensemble, ira rejoindre les étiquettes relatives aux autres parties de la voiture en cours d'assemblage, ici ou ailleurs, pour constituer un dossier de conformité aux spécifications de fabrication. Ce dossier ira rejoindre à son tour le dossier « traçabilité » pouvant, le cas échéant, être réouvert pour cause de problème sur le terrain. Il va de soi que cette technique est directement applicable à la chaîne d'approvisionnement des fournisseurs. L'ensemble de ces informations permettra aux constructeurs automobiles d'être plus performants et d'optimiser leur gestion à moindre coût.

D'autres industries de masse présentant des similitudes de contraintes avec celles de l'automobile (matériel informatique, téléphones portables, etc.) devraient suivre le même chemin.

L'industrie de la logistique, et des acheminements de bagages/colis/plis sécurisés, importante utilisatrice des systèmes de code barre voit en la « traçabilité électronique » la technologie d'avenir apte à satisfaire de nouvelles exigences. Une étiquette électronique collée sur un objet en transit lui assure, à chaque passage devant un lecteur, et ce, sans intervention humaine, qu'il se dirige vers la bonne destination (le coût de réclamations pour destinations erronées s'élève à 2 % du chiffre d'affaires de cette industrie). On peut ainsi, à tout

instant, connaître le contenu du chargement d'un camion et le confronter avec sa destination finale. De même on peut rapprocher, sur demande, les quantités d'objets réelles et théoriques, du départ de l'usine, afin de prévenir coulages et fraudes.

La gestion des actifs tels que les équipements des entreprises, les documents, les livres, les CD, les DVD des bibliothèques, etc., où les sommes d'argent investies sont énormes et les renouvellements fréquents, nécessite un suivi strict eu égard aux durées de vie concernées et tend à maximiser l'usage (exemple : réduction du temps de cycle dans le cas des conteneurs de pièces détachées). La technologie « code barre », utilisée depuis très longtemps par ce marché a montré ses limites, notamment en ce qui concerne ces aspects fondamentaux que sont la rapidité des inventaires, leur précision et le suivi des flux. La « traçabilité électronique » permet de combler ces lacunes et prépare ce domaine à de futurs bonds en avant tels que, par exemple, les condensés de documents consultables sans accès direct, l'enregistrement des interventions sur un équipement et leur consultation à distance *via* Internet.

L'industrie pharmaceutique cumule des contraintes externes et internes très importantes quant au suivi de données. Pour les premières on peut noter, entre autres, la globalisation du marché, la gestion de la péremption, les dispositions anti-contrefaçon ou importations illégales (ces deux maux dégradent les ventes de l'industrie de 4 % en Europe), la traçabilité arrière ou les tarifications. Pour les secondes on peut aussi noter la qualité des matières entrantes, l'application scrupuleuse des spécifications de fabrication, la qualité finale des lots fabriqués, etc.

L'utilisation de la « traçabilité électronique » permet l'enregistrement et l'exploitation de données de façon fiable et complète, sans alourdir les processus et l'authentification des médicaments. La technologie « sans contact » permet d'extraire toutes les informations et de les modifier, à distance, selon un mode non intrusif. Il deviendra ainsi particulièrement aisé d'effectuer des inventaires dans les pharmacies ou de

décourager la fabrication de produits copiés (fraudés) car les codes-produits autorisés à la vente pourront être consultés.

On estime aujourd'hui que le chiffre d'affaires cumulé sur les cinq prochaines années (2005-2010) engendré par les différentes industries, pourrait atteindre le niveau de 20 milliards d'euros. Pendant cette même période, les investissements industriels en R&D et production passeraient de 100 millions d'euros à plus de 2 milliards d'euros.

La croissance du chiffre d'affaires pour les années au-delà de 2010 pourrait atteindre en moyenne les 30 % sur les cinq années suivantes.

L'examen de la chaîne des valeurs fait apparaître que cette nouvelle technologie sera bénéfique à de nombreux industriels

Pour pouvoir faire face à la demande d'étiquettes, lecteurs, concentrateurs/serveurs, équipements de réseaux, etc., l'industrie du semi-conducteur verra arriver une nouvelle grande opportunité de croissance qui pourrait être de nature à créer de nouveaux équilibres. Aux côtés des acteurs majeurs apparaissent déjà de nouvelles sociétés *start-ups* qui ouvrent la voie. Peu nombreuses, elles sont principalement situées aux USA et en France. L'industrie des étiquettes électroniques qui, elle, a vu récemment le jour en France, se verra tirée vers le haut par les besoins en méga-volumes, fiabilité, robustesse et faibles coûts ; l'ensemble de ces besoins/contraintes devrait, grâce à l'innovation, susciter de nouvelles techniques de fabrication jamais imaginées à ce jour. Certaines sont déjà visibles en France sous forme, par exemple, de machines spéciales de report de puces à ultra haute cadence. De même, l'utilisation de substrats papier en électronique ouvre des perspectives immenses. L'ensemble de ces innovations crée, ainsi, une nouvelle opportunité de redistribution des savoir-faire industriels et donc, des emplois.

L'industrie des lecteurs devrait, elle aussi, se développer à un rythme élevé pour faire face à la demande très spécifique de

rapidité, sécurité des transactions, fonctionnement en environnements hostiles (sensibilité aux rayonnements), performances de lecture à 100 % d'objets proches les uns des autres, faibles coûts et protocoles de communication avec des réseaux. Ces terminaux présentent de nombreux points communs avec les terminaux bancaires, pour lesquels l'industriel de référence mondial est français. L'industrie des concentrateurs (*middleware*), qui sont des matériels électroniques interfaçant les lecteurs avec les grands systèmes informatiques, devrait se développer au même rythme que les lecteurs, tout en se spécialisant de plus en plus en fonction des besoins spécifiques. Dans ce domaine, où les compétences multiples se rejoignent (matériels, logiciels, technologies de l'information et réseaux télécom sécurisés), il est probable qu'à côté des « grands » fabricants mondiaux de PC et éditeurs de logiciels, apparaîtront des nouveaux venus plus spécialisés et ayant acquis un savoir-faire dédié dans le domaine de la sécurité des transactions.

Les grands fabricants de systèmes informatiques dédiés à la technologie de l'information verront leurs activités s'accroître considérablement tant en aval (réseaux locaux type Ethernet) qu'en amont (interconnexions internationales de réseaux nationaux). Les contraintes en sécurité, rapidité, méga-volumes de transactions télécom, et coût des dites transactions peuvent faire apparaître de nouvelles vocations, telles que celles des opérateurs de télécom qui, du fait de l'accroissement considérable de la demande en transactions et en équipements de télécommunication, pourraient être tentés de jouer un nouveau rôle.

Les systémiers ou intégrateurs bénéficieront très rapidement de cette nouvelle technologie : ayant assuré la mise en place des systèmes à code barre, ils seront naturellement les premiers consultés pour assurer la migration vers la « traçabilité électronique ». Ils auront aussi à couvrir les besoins nouveaux. Ce métier verra probablement apparaître de nouveaux venus, grâce à une problématique technologique spécifique. En effet, jusqu'à ce jour, l'étiquette code-barre était considérée – à juste titre – comme un élément détenant de

l'information passive. L'étiquette électronique, quant à elle, peut à la fois être active et contribuer à l'intelligence du système. En d'autres termes, ces métiers devront très rapidement tenir compte de cette évolution. Pour ces raisons, il est hautement probable que de nouveaux entrants apparaissent. La France a de grands systémiers et voit se créer quelques nouvelles petites sociétés spécialisées. Les consultants seront de plus en plus sollicités du fait de la complexité du sujet, du degré de maturité de l'offre et aussi des réglementations en vigueur dans les divers pays. Les normes internationales étant en voie de création (certaines sont finalisées, d'autres sont en cours d'élaboration), leur métier devrait apparaître comme des plus utiles, à condition qu'ils puissent aborder avec compétence tous ces aspects.

La « traçabilité électronique » : une opportunité de redistribution de la richesse industrielle à l'échelle mondiale

Elle présuppose, pour qui désire y jouer un rôle de premier plan, l'existence dans leur environnement national d'un tissu adapté de formations universitaires et de recherche fondamentale et appliquée.

Dans le cas de la « traçabilité électronique », la chaîne : disponibilité d'une nouvelle technologie/création de nouveaux besoins/création d'une offre industrielle/création d'emplois peut être favorable à des pays comme la France où toutes les compétences sont déjà réunies pour une phase de démarrage. En effet, pendant cette phase, la technique actuellement disponible est suffisante et les coûts acceptables. Les coûts non récurrents d'installation d'un tel système qui présentent l'avantage majeur, rappelons-le, de réduire les coûts économiques grâce à l'offre de nouveaux services, la réduction de la fraude, la réduction des stocks et inventaires, etc., ne sont pas très élevés et permettent un excellent retour sur investissement. Evidemment, ce coût économique avantageux est fondé sur

la possibilité de disposer, pour sa partie récurrente, d'étiquettes électroniques peu chères (environ 5 centimes d'euro pour de grands volumes, à terme). A l'heure actuelle, ces coûts sont tout à fait réalistes, notamment dans des conditions de grands volumes de fabrication française. On peut noter, dès à présent, que la sous-traitance de ces étiquettes dans des zones de main-d'œuvre à bas coût ne se justifie pas, compte tenu, tant de la faible part de la main-d'œuvre dans le coût global que de la part élevée du coût de transport/droits de douane.

Au-delà de cette phase de démarrage, il faut envisager très rapidement des actions de fond pour accompagner l'évolution naturelle de la demande.

L'enseignement public devrait faire face à une demande croissante de personnes formées notamment pour concevoir, fabriquer, vendre, installer, et maintenir des systèmes de « technologie de l'information », pour gérer de grandes bases de données, concevoir des matériels utilisant la HF, l'UHF et concevoir des antennes en fonction de l'environnement.

La recherche publique sera, quant à elle, sollicitée pour un certain nombre d'innovations (par exemple : trouver de nouveaux matériaux très conducteurs, afin de composer des antennes très performantes et peu chères, qui puissent être fabriquées sur des substrats à très grande échelle). Il sera nécessaire aussi de mieux modéliser et comprendre les radio-fréquences dans les environnements hostiles de la vie quotidienne, et de sécuriser des transactions par micro-cryptages rapides. Sur un plan plus classique, la recherche devra se pencher sur une amélioration à court et moyen termes des technologies analogique/digitale actuelles des semi-conducteurs afin de réduire les coûts et d'augmenter les performances, tout en réduisant les consommations et à moyen/long termes, de mettre au point de nouvelles technologies permettant de fabriquer des micro-puces pour étiquettes plus performantes et moins

chères, notamment en explorant les voies des nano et bio-technologies.

**La sélection du pôle
« solutions communicantes
sécurisées » comme pôle
de compétitivité est
un atout indéniable pour
favoriser le *leadership*
français dans la « traçabi-
lité électronique »,
en mettant en commun
des moyens importants**

Cette première étape pourrait rapidement être accompagnée de la mise en place de programmes nationaux (carte d'identité électroniques, traçabilité de documents et matériels sensibles, etc.), afin d'accélérer l'essor de l'industrie française.

**L'adoption de la technolo-
gie « traçabilité électro-
nique » a commencé.
Elle fait le pari que
les problèmes résiduels
trouveront rapidement
leurs solutions**

Depuis très longtemps l'industrie automobile s'est intéressée au sujet et elle a adopté, pour quelques cas précis, une version de cette technologie sans pour autant avoir généralisé son utilisation. Toutefois, le vrai coup d'envoi a été donné en 2004 par une société américaine *leader* de la grande distribution. Elle a été suivie de très près, en Europe, par d'autres sociétés du même secteur. Chacune de ces sociétés dispose d'un plan de migration pour passer du code-barre à la « traçabilité électronique », et les premiers projets pilotes ont démarré. De grandes sociétés de logistique ont, elles aussi, adopté la traçabilité

électronique et certaines l'utilisent déjà à grande échelle. D'autres cas de ce type pourraient être cités un peu partout dans le monde, y compris en Chine.

Il reste néanmoins de nombreux problèmes à résoudre car les standards internationaux disponibles sont loin d'être complets. Rappelons, toutefois, que l'existant constitue une base de départ acceptable et que le travail de création des normes internationales complémentaires est en cours et avance normalement, compte tenu de la complexité des sujets. Dans un cadre voisin, et non moins important, les manques d'harmonisation internationale tant en matière de puissances d'émission des lecteurs que de fréquences autorisées dans chaque pays sont à noter. Ces deux points constituent un obstacle majeur à la création d'une offre commerciale transfrontières de cette technologie.

Les performances des étiquettes restent insuffisantes, dans certains cas particuliers où l'aspect « plan » d'une étiquette n'est pas toujours compatible avec l'aspect « volume » de l'émission/réception des ondes radio. De même, les matières dont sont constitués les objets porteurs d'étiquettes influencent la performance de celles-ci.

Les coûts des étiquettes électroniques étant liés aux volumes vendus, tant que ceux-ci n'atteignent pas des niveaux annuels importants (de l'ordre du milliard d'unités), un certain attentisme peut voir le jour et freiner l'éclosion à grande échelle de ces marchés.

La plupart des problèmes résiduels trouveront leur solution grâce à l'action des industriels. Certains d'entre eux nécessiteront, cependant, des actions de nature réglementaire, voire même législative. C'est le cas des objets étiquetés électroniquement portés par des personnes. Celles-ci, dans ce cas, pourraient être « tracées » à leur insu. Si des problèmes liés à la protection de la vie privée peuvent voir le jour, il existe déjà de nombreuses solutions en fonction des degrés de protection recherchés, certaines étant déjà validées. ●

La contribution décisive des technologies de l'information au développement économique et à l'aménagement du territoire

Les technologies de l'information constituent un levier majeur du développement économique et, par là, de l'aménagement des territoires.

Les politiques publiques ont initialement privilégié le soutien aux infrastructures nationales de réseaux ; l'effort doit dorénavant porter sur l'implantation de l'Internet à haut débit dans les territoires trop peu denses pour avoir été irrigués par les infrastructures commerciales.

**par Jacques Pomonti
et Françoise Roure,
Membres du Conseil général
des technologies de l'information
(CGTI)**

Le consensus des économistes sur un diagnostic intéressant l'évolution d'une situation économique déterminée est suffisamment rare pour être noté. Tel est pourtant le jugement généralement porté sur la croissance remarquable de l'économie américaine

tout au long des années 90, à savoir qu'elle a tenu, pour une large part (d'aucuns disent : plus de 50 %), à la bonne appropriation des nouvelles techniques d'information (usage de l'ordinateur et de l'Internet) par les structures productives, notamment dans les petites et moyennes entreprises.

L'utilisation massive et efficace de ces équipements nouveaux a ainsi fortement contribué à la modernisation des structures, du fonctionnement collectif, au changement des comportements individuels, contribuant à une sensible augmentation de la productivité d'ensemble.

D'une manière générale, l'apport des technologies de l'information et de la communication s'avère un levier majeur pour accompagner les mutations industrielles, stimuler l'innovation et la création d'emplois dans nos sociétés avancées, dites post-industrielles ou encore sociétés de l'information. Cela est de nature à favoriser un développement économique durable et de qualité, à faciliter l'accès et l'utilisation des connaissances à des fins multiples, et à faire évoluer en profondeur les organisations tant sociales que productives.

Les enjeux macroéconomiques des TIC

Ces enjeux sont considérables, d'autant que ce qui vaut pour l'économie concerne naturellement, et tout aussi activement, le développement et l'aménagement des territoires.

Et pourtant, force est bien de constater que ces enjeux demeurent sous-estimés par les décideurs publics – administrateurs et responsables élus – qui ne disposent trop souvent que d'une vision partielle et de court terme quant à leur potentiel de renforcement de l'efficacité de l'intervention publique dans le champ économique et des politiques publiques conduites dans les territoires (avec leur diversité et les spécificités qui les caractérisent).

Outre la réalité de l'organisation historiquement cloisonnée des administrations de l'Etat en France et la singularité du mode de recrutement et de renouvellement de ses couches dirigeantes, cette myopie relative des pouvoirs publics peut s'expliquer par la difficulté de dépasser le caractère hétérogène et fragmenté des systèmes d'information et par la lenteur de l'assimilation des apports récents des travaux de prospective appliqués aux territoires.

Notons ici que les conséquences de cet état de fait ne sont pas minces du point de vue de la politique publique. Cela conduit notamment à faire supporter par la collectivité le coût indu de la défaillance numérique, en particulier dans les zones territoriales les moins denses et, par conséquent, les moins rapidement rentables. Une telle situation doit donc être combattue avec force au moyen, par exemple, d'une amélioration significative des méthodes d'évaluation, du choix de leurs critères par les acteurs concernés et, dans le domaine précis de l'aménagement du territoire, d'un investissement conséquent dans des outils adéquats tels que les systèmes d'infor-

mation géographique et les enquêtes des observatoires régionaux de l'Insee.

Les trois axes principaux de la contribution des TIC au développement de l'économie et des territoires

Les TIC peuvent jouer un rôle déterminant pour favoriser l'accélération et l'inflexion qualitative du développement économique ; apporter une aide puissante à la préparation des acteurs présents sur ces territoires à l'entrée dans une société de la connaissance hyper compétitive et mondialisée ; et enfin influencer sur l'efficacité des organisations qui, pour n'être pas aisément quantifiable, n'en demeure pas moins tout à fait essentielle, de la très petite entreprise aux principaux employeurs publics ou privés d'une région. Ces trois affirmations méritent une rapide explication :

L'accélération et l'inflexion qualitative du développement économique

Cette affirmation découle d'un constat fort et décisif : l'accès à l'Internet bouleverse le rapport du producteur avec le marché. Ce rapport n'est plus, comme dans tout ce que nous avons connu depuis l'origine des temps, proportionnel à la puissance de l'entreprise, à sa capacité d'investissement et à sa surface commerciale. L'Internet supprime tout cela : d'un seul « clic », le producteur, quelles que soient sa localisation et la dimension de son unité économique, peut, en principe, accéder à l'ensemble du marché planétaire potentiel qui correspond à son produit.

Nous disons « en principe », car il convient que les moyens de connexion lui soient assurés en quantité appropriée et à un prix abordable. Cela revient à dire :

- que le déploiement partout des moyens modernes de la communication électronique, en capacité suffisante (haut débit), est un enjeu déterminant de la compétition économique ;

- que ce déploiement n'étant pas garanti par le seul jeu du marché (l'intérêt des opérateurs est d'aller au plus rentable, c'est-à-dire là où la densité des utilisateurs assure une rentabilité rapide et optimale), l'intervention publique est nécessaire ;

Cette intervention publique a des effets positifs très puissants sur le développement économique local et au-delà, y compris en matière d'innovation et de recherche, et représente aujourd'hui, de ce fait, l'un des leviers les plus importants tant du point de vue de la politique économique que de celui de l'aménagement du territoire.

Une aide puissante à la préparation des acteurs présents sur ces territoires à l'entrée dans une société hyper compétitive et mondialisée de la connaissance

En d'autres termes : la bonne efficacité de l'apport des communications électroniques au développement économique et social et à celui des territoires requiert deux accompagnements, qui sont autant de conditions d'amont (s'agissant, par exemple, de la capacité d'anticipation des décideurs et des aménageurs) et d'aval (notamment pour assurer la pleine compréhension et l'efficacité des responsables et des exécutants).

Ces deux accompagnements consistent en :

- la bonne préparation des acteurs locaux, problème à la fois d'information (pertinente et disponible) et de formation (cela commence à l'école !), d'une part ;
- la disponibilité d'une logistique d'accompagnement et de maintenance qui soit à la fois permanente et sûre, d'autre part.

On retiendra que l'intervention publique, qu'elle soit locale ou nationale, est, sans doute, davantage concernée par le premier niveau d'accompagnement. On peut normalement attendre du marché, sous réserve de sa bonne régulation, qu'il dispense de façon satisfaisante les prestations relevant du second niveau d'accompagnement.

Leur influence sur l'efficacité des organisations qui, pour n'être pas aisée à quantifier, n'en demeure pas moins tout à fait essentielle, de la très petite entreprise aux principaux employeurs publics ou privés d'une région

Il convient ici de rappeler le constat particulièrement éclairant signalé plus haut quant à l'apport très sensible des technologies de l'information à la remarquable croissance de l'économie américaine tout au long des dix dernières années du siècle passé (gains de productivité dans l'appareil de production apportés par une introduction massive et adaptée de ces technologies dans les entreprises, notamment de taille petite ou moyenne).

Il faut aussi rappeler un deuxième constat, plutôt négatif et qui semble concerner la France : ce serait précisément sur ce point que le retard dans notre pays serait le plus grand : celui de la prise de conscience par les milieux décideurs, et, plus largement, des « encadrements », de l'importance de l'accès à l'ordinateur et à l'Internet dans le domaine professionnel et dans celui des études. En témoignent, par exemple, les résultats de l'enquête annuelle du CGTI pour 2005 (enquête qu'il réalise désormais conjointement avec l'Arcep) qui font apparaître, entre 2004 et 2005 en France, une stagnation – voire une régression – de l'usage de l'ordinateur et de l'accès à l'Internet tant sur le lieu du travail, que sur celui des études !

Le retard de prise de conscience est donc réel. C'est une responsabilité importante – même si elle n'est pas suffisante – des responsables publics que d'agir pour y remédier, à la fois en termes d'affichage des priorités et d'intervention plus directement opérationnelle. Remarquons, par exemple (il s'agit là, en l'occurrence, de notre propre domaine de responsabilité au sein de l'administration nationale) que la nouvelle présentation budgétaire instaurée par la LOLF, qui vise à identifier les dépenses de l'Etat en fonction de la réalisation des missions publiques auxquelles elles correspondent, retient bien l'approvisionnement énergétique

comme mission importante, mais pas les technologies de l'information !

S'agissant maintenant plus précisément d'aménagement du territoire : on notera tout d'abord que l'approfondissement de la déconcentration ainsi que les progrès continus de la décentralisation conduisent à moderniser la mise en œuvre des missions publiques concernées par les technologies de l'information et de la communication. Les responsabilités imparties à chaque acteur public selon le principe de subsidiarité en vigueur méritent une explicitation qui soit compréhensible par tous, en particulier lorsqu'une allocation de fonds publics est nécessaire.

Par ailleurs, les politiques publiques nationales visant à utiliser les TIC à des fins de développement ont porté prioritairement sur les infrastructures nationales de réseaux, avec une bipolarisation de l'intervention publique sur la couverture des zones blanches de la téléphonie mobile d'une part, et le lancement d'un grand programme d'administration électronique d'autre part. L'expansion de cette politique doit dorénavant s'attacher à apporter l'Internet haut débit dans les territoires qui ne sont pas spontanément desservis, pour des raisons de rentabilité insuffisante de l'investissement.

Aussi le dossier de presse du comité interministériel d'aménagement et de développement du territoire du 3 septembre 2003 (CIADT) a-t-il affirmé l'utilité des TIC au service des territoires ruraux en ces termes : « Le Président de la République s'est engagé sur l'objectif d'offrir, d'ici 2007, à toutes les communes de France un accès à haut débit, en particulier pour les zones qui ne bénéficieront pas de l'investissement des opérateurs privés ». Toutefois, il ne s'agissait en rien de la substitution de l'Etat aux opérateurs privés, mais de l'ouverture réglementaire de la capacité des collectivités locales d'établir et d'exploiter des réseaux de télécommunications en s'appuyant sur l'article 1425-1 du Code général des collectivités territoriales.

Les fonds publics mobilisés par les collectivités locales à des fins de service public local de communications électroniques proviennent dorénavant de trois sources : le fonds européen d'aménagement régional, les aides de l'Etat aux régions et enfin les finances locales issues de l'impôt et de l'emprunt. Selon la Commission européenne, c'est la lenteur de l'expansion des services à large bande qui imposait de repenser le rôle du financement public en tenant compte de son caractère stratégique pour le développement économique.

Tout en faisant ce constat, la Commission a tenu à souligner, dans ses lignes directrices de juillet 2003 (1), que le renforcement de la cohésion sociale et économique dans la société de l'information dépendait de la capacité des régions à intégrer les technologies de l'information et de la communication dans leurs politiques publiques. Depuis ce moment, 100 millions d'euros issus des fonds structurels européens ont été réservés à la réalisation d'une cinquantaine de projets de réseaux à haut débit dans les départements ou les agglomérations (2).

Toutefois les régions, compétentes pour le développement économique, ne sont pas toutes, à ce jour, en position favorable pour obtenir des opérateurs des offres de services qui s'adressent à tous, dans des conditions de prix abordables. Elles ont pourtant, en principe (et du moins potentiellement, car il y a toujours un certain délai pour une pleine compréhension de configurations juridiques, technologiques et financières très nouvelles), la taille critique nécessaire pour se doter d'une expertise technique et juridique adéquate et inciter les territoires à se structurer en projets économiques cohérents. Cela se fait parfois en partenariat avec les services extérieurs de l'Etat, au premier rang desquels les secrétariats généraux pour l'aménagement régional (Sgar) auxquels a été confiée une mission spécifique dans le domaine des TIC, voire en ayant recours aux conseils de cer-

taines sources d'expertise de niveau national comme le CGTI (décision du Cisi de juillet 2002).

La relation avec l'opérateur historique (doté d'une position largement dominante dans les zones non-commercialement rentables en matière de technologies matures), délicate du fait du nécessaire renforcement des capacités de négociation des collectivités territoriales en ce domaine, est toutefois en train d'évoluer, comme le montre l'expérience innovante de la Corse, dans le cadre de son projet de développement insulaire numérique.

Autre exemple : l'utilisation des TIC au service des gens et comme levier de politiques publiques horizontales dans de multiples domaines comme la compétence et la spécialisation, ainsi que la cohésion et l'efficacité, a été réalisée dans une des régions les plus importantes du territoire métropolitain, en PACA (Provence Alpes Côte d'Azur), en s'appuyant sur une vision prospective, consolidée par un système d'informations géographiques particulièrement développé.

Ces deux expériences complémentaires au regard des leviers identifiés mettent en relief les objectifs et les moyens d'une action publique locale ainsi que certaines limites à dépasser pour tirer le plein bénéfice des apports des TIC au développement des territoires. Compétitivité et attractivité durable des territoires constituent une dimension vitale du dynamisme économique et de la cohésion sociale de l'ensemble national et européen. L'accélération de la pénétration et de la pleine utilisation des technologies de l'information en représente une composante déterminante, justifiant amplement la mobilisation de tous les acteurs, publics et privés. ●

(1) Les directrices relatives aux critères et modalités de mise en œuvre des fonds structurels en faveur des communications électroniques, 28.07.2003 SEC(2003)895 CE.

(2) « La France et la société de l'information », Délégation aux usages de l'Internet, Services du Premier ministre, www.delegation.Internet.gouv.fr.

Nouveaux objets communicants : une offre potentielle foisonnante pour quels marchés ?

Les modes de vie, les systèmes de production et d'échanges ont déjà considérablement évolué grâce aux nouveaux outils et services issus des technologies de l'information et de la communication. Si la concentration multifonctionnelle des outils futurs l'emporte, les services associés devraient être au cœur des applications à venir.

par **Jean-Paul Laurencin**,
Economiste chargé de recherche
et **Evelyne Janeau (1)**,
Psychologue (Luce/MSH-Alpes)

Il est volontiers admis que les nouveaux produits et services issus des technologies de l'information et de la communication (TIC) devraient modifier en profondeur nos façons de vivre, d'échanger et de produire. La loi de Moore (2) qui règle le progrès de la technologie la plus générique n'est-elle pas là pour garantir la diffusion et les usages de plus en plus nombreux des innovations dans ces domaines ? La loi de Moore n'est cependant pas une loi économique et la question des marchés de ces nouveaux produits et services reste posée. Pour la plupart d'entre eux,

les marchés n'existent pas encore (3), à tel point d'ailleurs que face à l'épreuve du marché, le contenu de cette offre si foisonnante et si variée ne se prête pas spontanément à l'investigation. Cet article se propose d'éclairer ce paradoxe et d'apporter des éléments positifs pour analyser cette situation et répondre à la question posée plus haut.

Dans ce but, il comprend cinq étapes dont les deux premières proposent d'abord des éclairages préalables. Ainsi, que désigne-t-on quand on parle d'« objets communicants, interactifs », de *smart objects*, *communicating devices*, de « terminaux éclatés, enfouis, d'intelligence ambiante, d'informatique ou d'environnement ubiquiste » (4)... » ?

Répondre à cette question et proposer une recension intelligible impose de préciser auparavant ce qu'on entend par technologies de l'information et de la communication. Après ce rappel, on se livre à la recension des objets et services communicants (OSC) existants et en gestation. Ceci par grands domaines d'applications ou d'usages. Un constat ressort de ce relevé : si certains artefacts, objets et services sont propres à un domaine, d'autres sont communs ou transversaux à plusieurs d'entre eux. C'est bien sûr l'indice d'une plus grande capacité de diffusion de ces OSC et de leur rôle potentiellement moteur dans les évolutions des marchés. Mais c'est aussi autant de dilemmes pour les entreprises dont l'offre se situe à la rencontre des évolutions techniques et des attentes des marchés. D'où des dilemmes techno-économiques tel

celui opposant la variété d'objets spécialisés fonctionnellement à la concentration multi-fonctionnelle sur quelques objets-clés. Cependant, ce type d'alternative est autant (et même plus...) lié aux pratiques d'usage qu'aux capacités technologiques. D'où l'intérêt d'une approche socio-économique pour appréhender les contextes et le jeu des variables d'acceptabilité (fonctionnelles, cognitives, d'usage, de prix) qui sous-tendent l'attrait des nouveaux produits et services communicants.

Cet attrait sous-tend les comportements des futurs usagers et les décisions d'achat qui contribueront à construire les marchés de ces nouveaux produits et services issus des TIC. En nous situant dans un horizon temporel de 2 à 5 ans, nous présenterons enfin ces perspectives d'évolution des marchés, en rassemblant les anticipations les plus

(1) Jean-Paul Laurencin est économiste, chargé de recherche au CNRS et responsable du service Innovation-Valorisation de l'université Pierre Mendès-France.

Evelyne Janeau est psychologue; elle assure la coordination de l'équipe-projet Luce (Laboratoire Usages, Conception, Évaluation). Ce laboratoire, dirigé par P. Mallein est basé à la MSH-Alpes de Grenoble.

Nous remercions particulièrement Joëlle Coutaz du CLIPS-IMAG et de l'université Joseph Fourier pour les échanges que nous avons eus avec elle ainsi que les participants au séminaire du Luce où ce texte fut d'abord présenté.

(2) Selon cette loi, une évolution cyclique provoque une miniaturisation de plus en poussée des puces constituant le cœur des objets communicants avec une augmentation de leur puissance et une baisse de leur coût de production.

(3) Allusion à l'ouvrage de P. Millier, *L'étude des marchés qui n'existent pas encore*, Editions d'organisation, Paris, 2002.

(4) Cf. le numéro de la revue *Les Cahiers du numérique*, coordonné par P. Mallein et G. Privat : « Ces objets qui communiquent » Vol 3 n° 4 – 2002, ainsi que C. Kintzig, G. Poulain, G. Privat, P.-N. Favennec (dir), *Objets communicants*, Paris, Hermès, 2003.

admises à ce sujet – anticipations basées sur l'évolution probable des marchés existants (5).

Les TIC : trois technologies liées et un foisonnement d'applications

Trois technologies en convergence constituent ce qu'on appelle les technologies de l'information et de la communication (TIC). Ces technologies mettent en présence plusieurs secteurs industriels et de services dont la coordination repose sur les seules relations que nouent entre elles les entreprises de ces secteurs. Il s'agit de :

- la micro-électronique, qui permet la fiabilité et la miniaturisation

du traitement du signal, de l'image, de la mesure, de la commande. Cette technologie

recouvre notamment l'industrie des composants (les semi-conducteurs), qui produit les mémoires et les processeurs ;

- l'informatique, c'est-à-dire les matériels et les technologies logicielles permettant la numérisation de données de toutes sortes, textes, images, sons ainsi que la réalisation des interfaces entre les supports techniques et les utilisateurs ;

- les télécommunications, qui permettent le transport de données multimédias et les interactions afférentes à ce transport, facilitées par les techniques multimédia de communication, les équipements à haut débit (comme l'ADSL) accroissant les possibilités dans ce domaine.

Pour de nombreux observateurs (6), la combinaison de ces technologies elles-mêmes traversées de progrès incessants et spectaculaires a une telle portée que certains y voient la marque d'un nouveau paradigme – le paradigme informationnel et communicationnel – révolutionnant le système technique antérieur. D'où le foisonnement des applications actuelles, et plus encore futures, des TIC, comme le montre notre recension ci-après.

Dans l'avenir, on devrait en effet assister à la multiplication de nouveaux produits et services dans notre environnement et dans notre mode de vie, avec l'intégration croissante de capteurs/actionneurs, de dispositifs interactifs, d'ordinateurs et autres terminaux activés dans des réseaux intelligents... tout cela illustrant les expressions *ambient intelligence* ou *smart system* mises en avant par exemple dans le 6^e PCRD de l'Union européenne.

A partir des communications de personne à personne, observées aujourd'hui, on devrait voir se réaliser des connexions d'objets à objets, associées ou non à des utilisateurs et disposant de capacités propres de traitement de l'information et de communication. Les applications peuvent concerner aussi bien notre environnement domestique que professionnel ou public et mettre en jeu des réseaux *ad hoc*

Les applications peuvent concerner aussi bien notre environnement domestique que professionnel ou public

la transformation possible de tous les objets et services de notre environnement en objets et services communicants, capables même d'assurer, en complément de leur fonction utilitaire de base, des fonctions d'utilisateurs, de serveurs, de médiateurs, de gestionnaires de sous-réseaux, il n'y a qu'un pas, que certains travaux de prospective franchissent aisément (7).

Il n'en va pas de même pour les industriels, contraints de s'assurer de l'acceptabilité et de la valeur des nouveaux objets et services pour les usagers. Il convient en effet que les innovations soient adaptées à des attentes réelles des usagers et qu'elles soient également assez attractives pour fonder une propension à payer l'acquisition de ces nouveaux objets et services.

C'est l'objectif des laboratoires de l'usage et du travail pluridisciplinaire en sciences humaines sur les plates-formes de conception des innovations que de s'en assurer (8).

Dans la problématique habituelle du marketing ou de la sociologie de l'usage, il est naturel de mettre l'accent sur les usages finaux de ces nouveaux produits et services.

De nombreux usages le sont cependant à titre de composants ou de dispositifs destinés à la production d'autres produits ou services. C'est le cas par exemple de produits comme : les (micro)-capteurs sensoriels, les (micro)-processeurs, les amplificateurs de puissance, les composants pour oscillateurs, les outils de segmentation d'images, les logiciels de test de conception de circuits intégrés, les réseaux optiques. Il en est de même d'un service tel que la télé-surveillance de machines. Ces produits, services ou procédés remplissent des fonctions typiques de biens intermédiaires et d'équipements qui sont au cœur des démarches de qualité et de productivité des entreprises.

On ne fait ici que signaler en bloc ces applications, dont la demande de la part des entreprises est pourtant réputée stratégique dans l'activité des secteurs industriels, tant par l'importance des ventes que par la technicité de ces applications. R. Boyer rappelle à ce propos le paradoxe signalé par des études américaines portant sur la demande des entreprises, paradoxe selon lequel la plus forte demande concerne celles des TIC (9).

Sans mésestimer cette part de l'offre des secteurs des TIC, nous limiterons notre recension aux produits et services associés susceptibles d'utilisations finales par les particuliers et les entreprises. Quels sont les grands domaines dont relèvent ces produits et services et à quelle recension se prêtent-ils ?

Une typologie en six catégories répond à la première de ces deux questions.

(5) La cellule de veille des marchés du CEA de Grenoble, dirigée par Sophie Min, est une source très précieuse d'informations sur ce point, ces informations étant collectées à l'échelle d'un réseau mondial de prospective des technologies et des marchés.

(6) Cf. P. Mallein, G. Privat. Ces objets qui communiquent, *op. cit.*

(7) Cf. le programme de la « Société de l'information » avec le projet « *Global smart system* » du sous-programme FET (*Future emerging technologies*) dans le Programme de R&D de l'Union européenne (PCRD).

(8) Les méthodes de la conception participative orientée usage telles qu'elles sont développées dans le laboratoire Luce répondent à cet objectif. Cf. J. Caelen (sous la direction de), *Le consommateur au cœur de l'innovation*, CNRS-Éditions, 2004.

(9) R. Boyer, *La croissance début de siècle, de l'octet au gène*. Ed. Albin Michel, 2002.

Six domaines d'application

Deux domaines relèvent des deux sphères principales de la vie d'un individu, sans que l'on songe ici à distinguer les individus selon l'âge, le sexe, les croyances, la situation familiale, sociale, la qualification professionnelle, le type d'emploi, le niveau de revenu :

- la sphère des individus dans le cadre de la vie privée ;
- la sphère des individus dans le cadre de la vie professionnelle ;
- la sphère des entreprises dans leur fonctionnement interne et leurs relations avec d'autres entreprises ;
- trois domaines transversaux méritent également d'être distingués, là où sont présentes des institutions publiques dont les moyens d'action peuvent être accrus ou modifiés par les lois et réglementations. Il s'agit des domaines relatifs aux secteurs de l'environnement et de la santé, des transports et de la mobilité et de la sécurité.

On distinguera donc six domaines, sachant qu'il serait possible d'en isoler d'autres tel que celui de la formation. Sans doute serait-il possible de considérer une autre typologie, prenant uniquement en compte les trois sphères de la vie d'un individu – la vie privée, professionnelle et publique. Quelle que soit la typologie mise en avant, les domaines d'application recouvrent des offres très inégales en termes de volume et de variété.

Les segments de marché (dont la plupart sont d'ailleurs potentiels) ne sont cependant pas cloisonnés. Pour un OSC présent dans plusieurs domaines, on admettra alors qu'il a plusieurs segments de marché potentiels. Un usage commun à deux ou plusieurs domaines contribue également à faciliter l'acceptabilité du nouvel objet/service, du fait de son utilité dans plusieurs contextes et pour différents usagers possibles. Cela ne veut cependant pas dire qu'on a là les marchés qui promettent d'être les plus porteurs.

Chaque semaine apportant son lot d'applications nouvelles, telles que les travaux de veille technologique en indiquent l'émergence (10), les listes pro-

posées ci-dessous sont surtout illustratives de la diversité de l'offre dans chaque domaine, la diversité des services étant encore plus grande que celle des objets de consommation ou d'équipement. Ainsi peut-il en être demain de tout objet courant enrichi de ce qu'on appelle une « réalité augmentée » propice à une numérisation d'informations captées et à des interactions entre des objets, ou entre des personnes et des objets.

Dans la vie privée des individus

C'est dans cette sphère que l'on observe le plus grand nombre d'OSC, existants et à venir. On y trouve les outils et les procédures attachés à l'organisation de notre temps, de notre communication avec les autres et à la gestion de nos affaires personnelles et de nos loisirs. C'est dans cette vaste problématique d'usage qu'on rencontre par exemple : le lecteur-enregistreur audio-vidéo portable, l'organiseur personnel (PDA), l'ordinateur à caméra intégrée, l'ordinateur portable avec courrier électronique et accès à Internet, le téléphone mobile multimédia ou de 3^e génération (avec caméra intégrée, courrier électronique et accès à Internet grâce à la norme UMTS), le stylo communicant, le *e-book*, la montre-caméra, le vêtement communicant (écran souple sur fibres optiques intégrées), la téléportation visuelle (avec navigation en 3D), la puce bio-métrique, la télé-surveillance, le badge de paiement, la télécommande des équipements de l'habitation, le réfrigérateur intelligent, la télévision numérique interactive

A l'intention des entreprises, on trouve une offre souvent basée, comme pour les particuliers, sur des objets multi-fonctionnels

(avec modem et accès à Internet), l'appareil photo-numérique avec ses applications secondaires (*webcam*, lecteur MP3, dictaphone), la navigation en 3D pour jeux vidéos en réseaux multi-joueurs ou forums de rencontre, la carte d'électeur électronique, le baladeur MP3, le lecteur et enregistreur de DVD, le robot animalier, le robot d'assistance à la domotique. Citons enfin comme projet emblématique d'un groupe comme Sony, la PSX, attendue en 2005. Ce produit phare de l'avenir est une machine

multimédia avec un tuner de télévision, un disque dur, un enregistreur de DVD et une connexion Internet sans fil qui pourrait gérer tous les contenus numériques (photos, vidéo, jeux, programmes, télévision, films, musique, Internet).

Dans la vie professionnelle des individus

L'éventail de l'offre est plus réduit et l'on retrouve là quelques-uns des OSC listés plus haut et, à côté de ceux-ci, des OSC plus spécifiquement dédiés à la vie professionnelle. On peut ranger en effet dans cette catégorie : l'organiseur personnel (PDA), l'ordinateur portable avec courrier électronique et accès à Internet, le stylo communicant, le vêtement communicant, le téléphone mobile avec courrier électronique et accès à Internet (haut débit avec l'ADSL), le *e-learning* ou télé-enseignement, la télé-assistance, la télé-activité, la communication médiée par l'environnement

Dans les entreprises et dans les relations entre les entreprises

A l'intention des entreprises, on trouve une offre souvent basée, comme pour les particuliers, sur des objets multifonctionnels (les ordinateurs surtout) mais avec des usages à forte dimension procédurale et avec autant de services répondant aux fortes contraintes de coordination et de communication entre de nombreux agents. On peut ainsi distinguer les OSC suivants : la télé-surveillance (dans l'entreprise), la sécurisation des paiements, la confidentialité des transferts d'information (cryptage), les étiquettes interactives, la liaison EDI, l'Intranet, le stockage de données à distance, le vêtement communicant, le visiophone, le *e-business*, la télé-assistance, la télé-activité, le *e-learning*, la traçabilité, le *Web conferencing* (e-conférence), le tableau magique, le badge communicant, les connexions entre ordinateurs, les réseaux d'objets communicants dans un espace de travail (capteurs sans fil avec *bluetooth*), la visiophonie, le télé-

(10) Ainsi la veille technologique opérée dans les Medias lab. aux USA et les laboratoires de l'usage en France (dont le laboratoire Luce à Grenoble).

diagnostic des processus de fabrication, le télé-contrôle, la télé-manipulation, la télé-robotique mobile, le service Internet à haut débit, le réseau de transport IP à très haut débit.

Dans le domaine de l'environnement et de la santé

Comme pour les deux domaines suivants, l'offre est ici beaucoup plus réduite. Elle suppose en général qu'un suivi puisse être opéré par des professionnels alertés en cas d'incident et, ceci, aussi bien pour la santé que pour les atteintes à l'environnement. Citons : le capteur ou puce biométrique qui permet la mesure des paramètres physiologiques (le capteur de pression pulmonaire par exemple), la télésurveillance (bracelet de téléalarme, gilet avec détecteur de chute), la carte à puce (Vitale), les implants biotechniques, les capteurs de péremption des médicaments pouvant être disposés dans une armoire à pharmacie elle-même communicante, l'accéléromètre pour *pace-maker*, le capteur audio intelligent pour la télé-médecine, la télé-simulation chirurgicale. Pour la protection de l'environnement, on peut évoquer les capteurs autonomes en réseau laissés dans l'environnement ou « *sensor networks* », la téléobservation environnementale, la télé-détection.

Dans le domaine des transports et de la mobilité

On retrouve des artefacts déjà mentionnés comme, par exemple : le téléphone mobile multimédia ou de 3^e génération avec caméra intégrée et service de localisation par accès à Internet grâce à la norme UMTS (11), le badge de paiement, la carte de transport, la localisation par GSM/GPS (service d'autoguidage et d'aide au cheminement). D'autres artefacts se rapportent plus spécifiquement à ces fonctions : le système d'aide à la conduite (spatio-guide), le télé-diagnostic des pannes des véhicules, la télésurveillance (dans les transports en commun), la navigation en 3D, la borne interactive d'information, la balise intelligente.

Dans le domaine de la sécurité

On retrouve ici certains OSC susceptibles d'être utilisés dans le domaine précédent : la télésurveillance (ou télé-détection), la caméra communicante, les bornes d'information, la téléalarme, mais aussi, entre autres, le vêtement communicant et le bracelet de surveillance.

Au terme de cette revue de l'éventail de l'offre (existante et émergente) dans chaque domaine, on constate que certains OSC prennent place dans plusieurs domaines, redoublant ainsi les opportunités de marché de ces produits. La réalité de ces marchés n'en reste pas moins sous-tendue par toutes les variables qui font la porosité et la plasticité des frontières séparant entre eux les domaines que nous avons distingués, sous l'effet des logiques à la fois techniques, économiques et sociales qui traversent ces domaines d'application.

On est dès lors conduit à discerner et à expliciter ces variables et ces logiques. Ceci nous amène d'abord à prendre la mesure des évolutions techno-économiques en cours, avant de poser quelques points de repère qui nous paraissent indispensables pour apprécier l'acceptabilité des nouveaux OSC et les perspectives de marché des OSC existants, et à venir.

Une lecture des évolutions techno-économiques en cours

Différentes clés existent à cette fin : la distinction en fonction de la valeur unitaire des produits offerts, la relation entre les instruments et les surfaces, qui est une constante du monde des objets communicants et enfin – et surtout – le couplage entre l'intégration et la mobilité logicielle.

Du haut de gamme vers le bas de gamme (12)

Cette approche distingue quatre catégories d'objets communicants, ceux :

- d'accès au réseau (ordinateur, PDA...);
- portatifs (stylo ou vêtement communicant...);
- d'environnement (capteurs de pollution...);
- passifs (étiquettes électroniques, badges...).

Certains OSC prennent place dans plusieurs domaines, redoublant ainsi les opportunités de marché de ces produits

Alors que la première catégorie recouvre les objets de haut de gamme mais d'un marché

étroit – des centaines de millions à l'échelle du monde – ouvert selon J. Rifkin à une élite (13), à l'autre extrême, la quatrième catégorie recouvre les objets bas de gamme à très faible prix qui équiperont les objets manufacturés les plus courants et dont le marché mondial est de quelques trillions. Les catégories 2 et 3 ont quant à elles un marché de dizaines de milliards. Parallèlement à cette typologie, G. Privat considère que l'évolution techno-économique s'analyse comme la montée de l'informatique enfouie donnant aux objets communicants une immatérialité et une subjectivité croissantes, tout en reconnaissant qu'il y a là une vision technologiste discutable au regard des observations anthropologiques.

La relation entre instruments et surfaces

Le monde des objets communicants est fait de surfaces qui sont des espaces d'information et de communication et d'instruments qui sont des opérateurs d'information et de communication (14). Un même objet peut être un outil pour plusieurs usages dès lors qu'il est dans certains cas surface et, dans d'autres, instrument. Au-delà de la seule amélioration des télé-

(11) Selon France Télécom R&D, les services associés à la 3^e génération donneront toute sa dimension à la notion de mobilité. Il s'agit du transfert des voix, images, données, de l'accès aux informations de toutes natures, transfert de photos ou de musiques.

(12) On reprend ici l'analyse de G. Privat dans LCN n° 4-2002. Cf. aussi F. Mattern, *From smart devices to smart everyday objects*, SOC'2003 (« *Smart objects Conference* »), Grenoble, mai 2003.

(13) J. Rifkin, *L'âge de l'accès ; la révolution de la nouvelle économie*, La Découverte 2000.

(14) Voir G. Privat et J. Coutaz in P. Mallein, G. Privat, eds, LCN 2002, *op. cit.*

phones mobiles, sont en gestation des capteurs et actionneurs d'informations nouveaux, distincts du téléphone mobile, comme les interfaces entre un individu et son domicile, par exemple.

Le couple intégration/ mobilité logicielle : du poste PC fixe à l'« *ambient intelligence* »

L'intégration est une variable décisive de l'évolution technologique, parallèlement à la mobilité, conformément à l'observation de B. Playoust dans « De l'atome à la puce : le parcours du CEA-Leti » (15), où l'on peut lire, à la page 78 : « Si...ce parcours paraît parfois difficile à cerner, c'est du côté des technologies d'intégration qu'il faut chercher le fil conducteur dans la majorité des développements menés depuis 30 ans. »

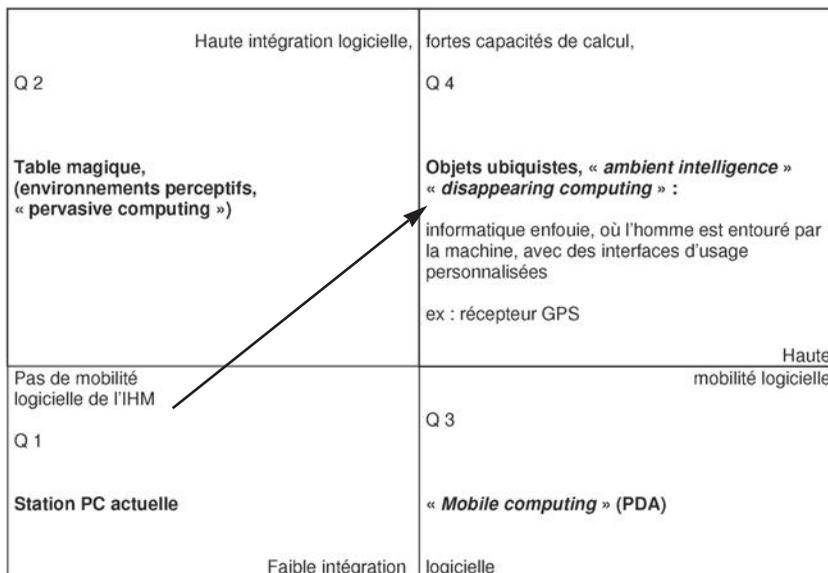
Dans cette voie, empruntons à Joëlle Coutaz (16) sa représentation en quatre quadrants, qui combine deux axes :

- celui de la mobilité des logiciels ou des utilisateurs ;
- celui de l'intégration des capacités de calcul.

Dans le graphique ci-contre, la ligne d'évolution à long terme va de Q1 à Q4, le quadrant Q4 (« *ambient intelligence* ») (17) marquant l'ultime étape de l'évolution techno-économique qui sous-tend le paradigme informationnel et communicationnel.

Il n'est cependant pas certain que cette évolution aboutisse car elle s'opère selon des évolutions à court-moyen termes qui correspondent à la situation actuelle et qui vont de Q1 à Q2 puis de Q1 à Q3, le passage de Q2 à Q4 et de Q3 à Q4 n'étant pas du tout automatique.

Pour mieux le comprendre, il est temps de verser au débat les éléments de réflexion utiles au sujet des opportunités mais aussi des obstacles à l'usage et à l'acquisition des OSC, la question de l'acceptabilité contribuant à notre avis à fédérer les points de vue complémentaires des différentes disciplines des sciences humaines et sociales.



Graphique - Une évolution fondée sur le couplage entre intégration et mobilité.

Variables d'acceptabilité qui sous-tendent les usages et leurs évolutions

Les observations suivantes éclairent la relation entre l'acceptabilité et la consommation des OSC. On constatera, pour certains contextes, les conflits inhérents à cette relation (et donc la nécessité de compromis), selon la façon dont l'offre répond (ou non) au départ, aux attentes des usagers.

L'évolution de la frontière entre vie privée et vie professionnelle

Une constatation ressort du point 2 : le recouvrement dans la sphère des particuliers entre l'offre au titre de la vie privée et celle au titre de la vie professionnelle. L'acquisition d'OSC met en cause la frontière entre la vie privée et la vie professionnelle ; elle semble contribuer activement à la porosité de cette frontière. Il y a là autant de facteurs d'opportunités que de blocages de la consommation, selon la volonté de l'individu d'imbriquer entre elles sa vie privée et sa vie professionnelle, ou au contraire de les dissocier.

Le souhait de préserver son intimité (18) de la possible diffusion intempestive des informations d'une sphère à l'autre s'oppose ici au désir d'articuler étroite-

ment ces deux facettes de la vie de l'individu en vue d'enrichir chacune de l'expérience de l'autre, ne fût-ce que pour réussir des apprentissages plus rapides. Certaines propriétés techniques intrinsèques aux OSC, comme la multimodalité, les services proactifs, la connexion continue ou encore le fait d'être inséré dans des réseaux de relations non divisibles vont dans le sens d'une continuité des usages entre la vie privée et la vie professionnelle et vice-versa, rendant la frontière évoquée plus haut encore plus ténue.

Cette question de frontière rejoint celle de l'organisation du temps, de l'espace de vie et de socialisation de chaque individu.

Du point de vue éthique, s'agissant du temps de tout un chacun, la frontière est nécessaire entre les îlots de stabilité où l'on désire qu'aucun message non voulu ne nous parvienne et les îlots d'opportunité qui sont traversés d'informations et de communications pouvant

(15) Ed. Libris, 1998.

(16) J. Coutaz : Quand les surfaces deviennent interactives in LCN, volume 3, n° 2-2002.

(17) Selon E. J. Van Loenen l'« *ambient intelligence* » est la conjugaison de l'informatique ubiquiste (*ubiquitous computing*) et d'interactions d'usage personnalisé (« *social user interfaces* ») au point de réagir à la parole, à une gestuelle mais aussi à un objet que l'on peut prendre, d'où la notion de *graspable object*. Cf. E.V. Van Loenen, *On the role of graspable objects in the ambient intelligence paradigm*. Colloque Soc 2003 « *Smart objects Conference* », Grenoble.

(18) Ce que l'on appelle en anglais la « *privacy* ». Cette question est largement débattue dans IST Advisory Group, *Scenarios for ambient intelligence in 2010*, Rapport final, Bruxelles, 2001, 58 p.

s'accompagner de stress et de charge mentale superflue.

Une autre lecture des besoins potentiels d'objets facilitant la vie prend en compte la dichotomie de la vigilance de l'esprit humain partagé entre la continuité et la fragmentation entre plusieurs activités parcellisées, dont la part va augmentant.

Dans le rapport de l'homme avec l'espace et les autres, une difficulté – non résolue pour l'instant – est celle de la conciliation entre l'utilisation générique (ou standard) d'objets porteurs d'information ou de communication et l'utilisation spécifique (ou personnalisée) de ces objets. Cette conciliation dépend des solutions techniques apportées aux questions de l'interopérabilité, de l'interfaçage des objets et de leur intelligence. Les utilisations spécifiques à un individu supposent que s'opèrent des interactions avec des données personnelles. Mais encore faut-il que ces interactions soient contrôlables d'une manière simple et fiable par cet individu, quand bien même les interfaces lui seraient propres (19). D'où le dilemme entre l'extension de l'informatique ubiquiste avec des interactions pré-programmées et celle d'une l'informatique ubiquiste adaptable à tout moment, ce qui suppose un double niveau d'interface homme/machine avec une interface d'opérateur physique permettant de garder le contrôle.

Une conséquence en matière d'offre de l'entreprise est la contrainte qu'il y a à dédoubler la chaîne de valeur en faisant apparaître le prix perçu par chacun pour que la tarification des prestations des différents opérateurs en présence soit adaptée à cette flexibilité de l'usage.

Le dilemme entre la variété d'objets spécialisés fonctionnellement et la concentration multi-fonctionnelle sur quelques objets-clés

Dans les usages actuels (ou imminents) des OSC, l'accroissement des fonctions de l'ordinateur, du téléphone mobile ou

encore du PDA est en concurrence avec la diversification d'une l'offre d'objets dédiés de plus en plus nombreux (20). La logique de concentration de l'offre sur des objets multifonctionnels s'oppose à celle de la variété de l'offre et de la « nomadification » des objets, sous réserve que la question de l'énergie nécessaire au bon fonctionnement d'objets nomades soit résolue d'une manière plus satisfaisante.

S'agissant des usages futurs des objets communicants, l'amélioration des capacités de numérisation, jointe à la décentralisation des modalités de traitement et de stockage des informations, accroît l'intimité de l'association entre des objets usuels et des services dédiés utilisant des données, des images et du son, avec des interfaces assurant automatiquement cette association. Cette association entre objets et services n'est cependant qu'apparente, car les informations ne relèvent pas de l'objet lui-même, mais d'un site Internet auquel son capteur est rattaché.

Des capteurs, des actionneurs, des senseurs ou des processeurs d'informations peuvent aussi assurer cette association, comme le sont divers interfaces possibles entre un individu et son logement (table magique, borne...). Dans ce cas, et en tenant compte de ce qui vient d'être dit sur Internet, la tendance dominante de la demande et de l'organisation des chaînes de valeur et de la fixation des prix du côté de l'offre irait dans le sens d'une diversification des objets avec services associés. C'est pourquoi la question du contrôle des interactions et celle de l'interopérabilité entre les objets deviennent très vite cruciales.

L'existence – ou non – de fonctions induites semblables à des biens libres et l'influence du prix des télécommunications

De manière générale, l'environnement physique et tout objet physique peut

être enrichi par l'informatique : c'est ce que l'on appelle la réalité augmentée. Tout objet peut être alors dédié à un autre usage que son usage premier : un stylo fait pour écrire peut aussi conserver la trace de ce qui est écrit, un tableau ou une table magique peut conserver la trace de ce qui est écrit sur sa surface. Outre ce stockage des informations, un objet peut aussi émettre des informations et même réaliser des actions mais sans qu'un paiement puisse rémunérer ces fonctions induites. C'est un problème auquel peuvent se heurter les objets dits « malins » : sera-t-on prêt à payer (et à qui ?) le traitement d'informations en plus du simple captage et de la diffusion d'informations prédéfinies ? (21)

Le prix des télécommunications exerce une influence sur l'achat de telle et telle

L'acquisition d'OSC met en cause la frontière entre la vie privée et la vie professionnelle ; elle semble contribuer activement à la porosité de cette frontière

fonction. La propension de l'utilisateur à payer un simple service ou au contraire un service complexe

exigeant, entre autres coûts, une connexion plus longue et à plus haut débit à Internet va dépendre du prix des télécommunications et de l'arbitrage des opérateurs en présence entre la tarification de leurs services de base et celle de leurs services à valeur ajoutée.

L'utilisation d'objets génériques dans les entreprises est individuelle et interpersonnelle

Au sein des entreprises, la plupart des OSC sont des objets multi-fonctionnels également utilisés par les particuliers. Cette utilisation n'est donc pas disso-

(19) Comme le dit D. Boullier, dans sa contribution à LCN n° 4-2002 *op. cit.* « Objets communicants, avez-vous donc une âme ? Enjeux anthropologiques » : « Les objets communicants devront apprendre le savoir-vivre, ce qui est après tout une bonne définition de la communication. » *ibid.* p. 49.

(20) N. Demassieux dans LCN n° 4, 2002.

(21) Si on considère un cas de domotique comme le frigo intelligent, ce n'est pas le composant qui est coûteux, mais le service d'information et éventuellement de commande et plus encore de logistique du réapprovisionnement, c'est-à-dire des connexions Internet avec des programmes interactifs correspondants.

cialisable des usages des individus à titre tant professionnel que privé. Cette cohérence est un contexte privilégié du développement des marchés des TIC. Les analyses consacrées aux marchés des technologies de l'information et de la communication montrent que l'utilisation des TIC et avant tout le fait des entreprises (22).

La contrainte de compétitivité propre aux entreprises est au cœur de ces évolutions. L'entreprise doit en effet, d'une part, conforter ses aptitudes fondées sur des routines établies et, d'autre part, progresser dans des connaissances et des aptitudes nouvelles. Or le cycle de l'« exploitation » (des actifs acquis) et de l'« exploration » (23) (de nouveaux actifs) ne peut en réalité se faire que dans une même période de temps. Dans une entreprise, c'est une démultiplication du temps dans une même période que permettent les TIC. Grâce aux TIC, une même période devient un délai de réaction à une variation avérée ou anticipée de l'environnement et un délai d'adaptation ou d'apprentissage face à des objectifs nouveaux ou face à un environnement changeant.

Les travaux des économistes portant sur la flexibilité dynamique (24) des entreprises soulignent l'importance de cet apprentissage permanent, qui n'est autre qu'un apprentissage d'informations nouvelles. Dans les faits, cet apprentissage repose sur la circulation, l'interaction, l'incorporation de nombreuses informations sélectionnées ou jugées pertinentes dans des réseaux internes et externes à l'entreprise, réseaux s'accordant plus à des relations de type horizontal ou oblique que strictement vertical comme c'était le cas avec l'entreprise taylorienne classique (25). Cette situation participe à la construction d'analyses et de solutions nouvelles qui renouvellent l'avantage concurrentiel de l'entreprise et règlent ainsi le dilemme entre « exploitation » et « exploration (26) ».

Un dernier aspect des TIC dans la diffusion des informations, c'est qu'une fois les informations acquises, leur circulation et leur traitement ont des coûts et des délais si faibles que le bénéfice pour l'entreprise est assuré à moins que les informations initiales soient inutiles ou non pertinentes. En pratique, ce

bénéfice résulte de coopérations actives fondées sur l'interaction non programmée d'individus ou de sous-ensembles de l'entreprise, cette interaction étant souvent générée par des communications sortant des circuits routiniers au sein de l'entreprise ou de son réseau ou encore implicites dans les circuits imposés mais reformulés par les individus concernés (27).

Les perspectives de marché des nouveaux objets et services communicants

Les observations précédentes conduisent à anticiper l'importance croissante des objets centraux polyvalents, non seulement dans une même sphère d'usage mais aussi capables de passer d'une sphère à l'autre. Des segments de marché latéraux se développeront également dans l'intelligence embarquée ou la réalité augmentée attachée à des objets fixes (ou nomades) à fonctions spécifiques dans des domaines précis.

Ces deux projections ressortent, d'une part, des résultats de la veille des marchés (celle menée au CEA de Grenoble en l'occurrence) et, d'autre part, de l'observation des offres d'entreprises comme Sony, Philips, Microsoft, France Télécom et de distributeurs dont ceux du commerce électronique comme Amazon.com. Ces offres sont consultables sur leurs sites Internet. Ce commerce précisément, et avec lui l'économie numérique, sont d'ailleurs un puissant vecteur de la présence des objets centraux assurant un accès contrôlé et personnalisé à Internet. Si l'on ajoute à ces fonctions celles – premières – avec Internet, de l'accès à l'information et la communication interactive que les objets fixes ou nomades spécifiques viennent assurer, on reconnaîtra toute la place que doit prendre la dynamique de croissance des usages d'Internet dans notre réflexion. Cette dynamique est commentée comme suit dans l'annuaire

« Technologies clés 2005 » du Minefi (28) : « La révolution numérique est symbolisée par l'explosion des usages de l'Internet sur les dernières années.

Internet est bien plus une révolution économique, en raison de la transformation des activités qu'elle permet, qu'une révolution technologique. Les technologies y sont mobilisées pour faire évoluer les contenus vers le multimédia et en améliorer l'accès (mobilité, ubiquité, accès permanent) et la vitesse. Ces trois facteurs – multimédia, accès, vitesse – rendent possible l'interconnexion des applications... ».

On laissera de côté la question des spécificités de certains espaces géographiques et des artefacts plus caractéristiques des marchés correspondants comme les robots animaliers ou de compagnie, qui sont appréciés au Japon mais peu en Europe, du moins dans leurs usages prévus à l'origine. Certains usages aujourd'hui semblent porteurs d'une réduction de ces spécificités. Ainsi, par exemple, le deuxième opérateur de télécommunications mobiles japonais KDDI a récemment

(22) Voir sur ce point R. Boyer, La croissance début de siècle... *op. cit.*

(23) Pour reprendre la distinction qu'on trouve le plus souvent en management stratégique.

(24) Cette flexibilité dynamique pouvant être de « réponse » ou d'« initiative ». C'est surtout dans ce deuxième cas qu'il y a construction de l'environnement, selon le point de vue notamment de la théorie économique évolutionniste. L'entreprise doit dès lors avoir une organisation réactive et flexible, sans affecter l'efficacité de son système productif à court terme.

(25) Ainsi par exemple la remontée des informations sur les marchés, à partir des services commerciaux, peut sortir des cloisonnements fonctionnels et être orientée vers les fournisseurs de l'entreprise ou ses services de veille technologique, via une plate-forme collaborative.

(26) En transposant cette observation à l'usage du téléphone portable, et comme le note Francis Jauréguiberry dans Les branchés du portable (PUF, 2003, 196 p.) : « Ainsi, le portable permet-il de densifier le temps, de multiplier les opportunités, de coordonner les occupations... ».

(27) Certains modèles de gestion s'attachent à ces processus qui dépassent les frontières strictes de l'organisation. On pense aux travaux de V. Chanal et ceux de S. Carton et alii qui montrent, en se fondant sur les travaux de Cooper et Zmud, qu'un déploiement réussi des TIC dans les entreprises impose la succession de six étapes mettant chacune en œuvre un certain équilibre entre les solutions techniques et leurs applications dans l'organisation : l'initiation, l'adoption, l'adaptation, l'acceptation, la routinisation et l'infusion. Cf. S. Carton et alii. Déploiement, formation et impacts organisationnels des systèmes d'information, *Working Paper*, Univ St Etienne 2003, 12 p.

(28) Ministère de l'Economie, des Finances et de l'Industrie. Editions de l'Industrie, 2000. La citation est extraite des pages 65 et 66.

(mai 2005) annoncé le lancement de téléphones portables équipés du GPS et intégrant la télévision, permettant ainsi aux parents de savoir où sont leurs enfants pour peu qu'ils regardent la télévision sur leur mobile. Cette innovation ne fait-elle pas écho – mais pour une autre génération d'enfants – à l'ours en peluche placé dans la chambre d'enfants et permettant aux parents de « surveiller » leur enfant ?

Des objets centraux de plus en plus polyvalents

La ligne de force des marchés de demain est une polyvalence ou une multifonctionnalité encore plus poussée des objets centraux rapprochant des usages jusqu'ici principalement attachés à la vie privée d'une part et à l'activité professionnelle d'autre part. *A fortiori*, cette polyvalence en fait des objets porteurs de fonctions et de services couvrant tous les usages principaux au sein d'une même sphère. Cette évolution placée sous le signe de la convergence, est sous-tendue par la croissance toujours positive des marchés respectifs des micro-ordinateurs, organisateurs, téléphones mobiles (surtout les téléphones de troisième génération 3G, avec l'UMTS) ouvrant ainsi des possibilités de marché à de nouveaux terminaux hybrides comme les téléviseurs de poche ou les consoles de jeux portables.

Dans cette évolution, des objets jusqu'ici aussi différents qu'un ordinateur à usage surtout professionnel, un téléviseur surtout dédié au loisir, un téléphone portable surtout attaché à la communication, un assistant personnel numérique... seront en mesure d'assurer le même ensemble de fonctions. Un modèle récent de téléphone portable offre ainsi, grâce à la technologie UMTS, la possibilité de faire office de baladeur MP3, d'accéder à Internet et à la télévision avec deux écrans LCD, de comporter aussi un appareil photo numérique et un tuner FM. Avec l'étape ultérieure du 3,5G et de nouveaux logiciels installés sur les réseaux à très haut débit, il sera également possible de transférer des quantités importantes de données.

Cette multifonctionnalité des objets centraux est sous-tendue par une standardisation qui réduit le nombre d'objets nécessaires à la sphère de la vie privée et de la vie professionnelle. Ainsi dans la vie privée, un objet comme le téléviseur central à grand écran placé au cœur de l'habitation tend à s'imposer en assurant toutes les fonctions de mémorisation, de divertissement, de communication (mail, Internet) et, ceci, avec des fonctions nouvelles de domotique et de contrôle de l'habitation (29). Cette tendance est nettement observable aux Etats-Unis et au Japon, avec des acteurs industriels issus des industries informatique, électronique et de télécommunications et se concurrençant dans ce choix – dominant – de la multifonctionnalité.

Une ligne de partage plus nette entre ces objets centraux sera dès lors tracée entre les fixes et les portables, les différences de taille, d'autonomie énergétique, de possibilités de liaison Wi-Fi ou Bluetooth et enfin de contextes et de pratiques d'usage ayant aussi une incidence sur leur multifonctionnalité. En dépit des progrès de la digitalisation, il est ainsi peu probable que les objets de consommation de loisirs comme les balladeurs audio et i-pod seront aptes à traiter des données et à effectuer des tâches bureautiques mais il est sûr qu'ils permettront de suivre les programmes télévisés sur Internet.

Dans le même ordre d'idée, le téléviseur central polyvalent évoqué plus haut (dit « *mediacenter* ») se prêterait peu à des usages de communication soucieux d'intimité ou de « *privacy* » ou à des tâches rédactionnelles. Face à ces modalités différentes de polyvalence, la mise en réseau ou l'interconnexion entre ces différents objets permettra de les rendre toujours aussi utiles, leur complémentarité venant en contrepoids de la tendance de chacun à remplacer les autres.

Les objets fixes (ou nomades) à réalité augmentée dans des domaines et des fonctions spécifiques

Tout objet de la vie quotidienne peut être équipé d'une puce lui permettant

d'être un capteur (visuel, de vitesse...), un senseur (acoustique, inertiel...), un traiteur et un transmetteur d'informations numérisées. L'incorporation dans ce même objet d'un microsystème permet de faire suivre cette transmission d'une interaction humaine ou pré-programmée qui fait retour sur l'objet. Les avancées dans la domotique, dans la sécurité et l'assistance à la conduite des automobiles reposent sur ce principe de l'intelligence embarquée, la présence de microsystèmes assurant des opérations déterminées en lieu et place de l'action humaine.

De nombreux domaines peuvent être dès lors considérés comme autant de champs d'émergence de nouveaux objets et services communicants. Des conditions restrictives conduisent à une analyse plus sélective, et donc – plus raisonnée – des perspectives de marché. Le fonctionnement de ces objets suppose des infrastructures matérielles de communication et logicielles permettant l'émission des informations à distance et la réalisation des commandes qui s'ensuivent. Ces objets deviennent en effet autant d'agents logiciels embarqués dans un microsystème interagissant avec des utilisateurs et des environnements.

Dans ce domaine, le meilleur exemple de la complexité et du niveau d'exigence des dispositifs dans ce domaine est celui de la carte bancaire. Certains objets de ce type constituent autant de marchés en gestation, une fois que les problèmes techniques et de réglementation subsistant auront été réglés. C'est le cas de l'identification biométrique projetée, en France, avec le programme Ines (Identité nationale électronique et sécurisée). A partir de là (mais sous réserve de la solvabilité de la demande ou d'un financement public adéquat), on peut envisager la mise sur le marché d'objets associés aux personnes dans le domaine de la santé (lecteur biométrique), du confort (semelles intelligentes), de la sécurité (téléassistance, *webcam* de surveillance de l'habitation reliée au téléphone mobile), du contrôle des personnes (bracelet électronique). Le domaine de la sécurité

(29) T. Makimoto, *Paradigm shift in the electronic industry*. Communication à 7^e Leti Annual Review, juin 2005.

privée est, à l'instar de la domotique, un domaine promis à une forte croissance si l'on considère l'éventail des usages qu'il recouvre : ordonnancement et sûreté des chaînes de production dans l'industrie, traçabilité des produits, gestion des stocks, des opérations de maintenance... Dans ce domaine, la géo-localisation recouvre une large palette de solutions permettant de situer, de connaître et d'accéder à un espace décrit dans un format numérique.

Comme d'autres usages, la géo-localisation peut cependant se réaliser selon différentes modalités de valorisation industrielle et d'incorporation de services. Le randonneur par exemple peut être équipé d'une simple étiquette RFID sensible à quelques bornes balisant son itinéraire

comme il peut, dans une solution bien plus coûteuse mais bien plus précieuse en cas de difficultés, être équipé du modèle (déjà sur le marché) d'un ordinateur de poche doté d'un navigateur de localisation GPS. D'autres solutions existent (ou existeront) face à cette fonction comme pour d'autres, la question qui se pose alors étant celle de la relation entre la demande et l'offre, étant entendu que la demande met en jeu la propension de l'utilisateur à payer

l'usage de l'objet et du service qu'il procure et que l'offre n'est pas simplement ce qu'il est techniquement possible de produire.

Conclusion : de l'acceptabilité et des perspectives de marché aux conditions de l'offre

L'attention portée aux usages et à l'acceptabilité relève d'une problématique socio-économique reconnaissant l'importance de la demande et des attentes qui fondent cette demande : diversité

**Dans une entreprise, c'est
une démultiplication du temps
dans une même période
que permettent les TIC**

de la demande d'objets et services d'information et de communication, particularités des usagers (entreprises, particuliers, services publics), profils d'identité plus ou moins réceptifs à tel ou tel type de produit ou service. Dans la recension des OSC présentée plus haut et comme le font la plupart des réflexions du même type, on peut constater que l'éventail de ces OSC est très largement ouvert.

Au terme de cette investigation, où la démarche typologique et d'identification introduit à celle des usages et de l'acceptabilité, on ne peut s'empêcher

de penser que la nomenclature qui prévaudra dépendra aussi largement des conditions de l'offre dans ce domaine. Comme dans le secteur automobile dans les années 1920 (et pour les mêmes raisons de rentabilité et d'organisation des chaînes de valeur), il est possible que la rentabilité minimale recherchée par les industriels provoque une grande simplification de l'offre, sur des volumes importants et avec des prix décroissants, plutôt qu'une différenciation poussée ouvrant l'éventail de l'offre et créant des risques de sous-rentabilité sur tel ou tel segment. Le problème se pose d'autant plus que ces produits font intervenir plus d'un opérateur et que tous doivent être assurés de percevoir une part satisfaisante de la valeur créée. Ainsi (et comme nous le pensons), si c'est la concentration multi-fonctionnelle qui l'emporte, ce sont plus les services que les supports matériels polyvalents qui seront au cœur des applications à venir et des chaînes de valeur associées à ces applications. D'où, la question de l'organisation de la chaîne de valeur, liée au modèle économique retenu dans tel ou tel cas et aussi la question des signaux plus ou moins incitatifs que l'identité des opérateurs envoie en direction des consommateurs potentiels. ●

Le téléphone mobile, notre nouveau compagnon

En moins de quinze ans, le GSM est devenu le premier moyen de communication et représente un marché dont le potentiel de développement semble sans limites. L'enrichissement des services pour les pays à fort taux d'équipement et le développement d'une offre adaptée aux pays en développement reposent sur un effort permanent de R&D. Dans ce contexte, les opérateurs et industriels français disposent de sérieux atouts.

**par Grégoire Olivier (1)
et Thierry Buffenoir (2)**

Le GSM, issu de la Recherche et du Développement européens, s'est imposé à la planète comme le moyen de communication personnel universel. Quelle que soit l'heure, quel que soit l'endroit où vous vous trouvez, (à quelques rares exceptions près !) vous pouvez communiquer ou être joint. Ce petit morceau d'électronique, qu'on peut glisser dans sa poche ou dans son sac, a su séduire toutes les générations, toutes les cultures. Pour cela, et pour se rendre indispensable, il s'est transformé en agenda personnel, en carnet d'adresses, en appareil photo, en poste de radio et très récemment en télévision portable. Grâce à l'évolution

de l'électronique et malgré cette multiplication des fonctions, sa taille et son poids se réduisent à chaque nouvelle génération, son utilisation se simplifie, il est même devenu personnalisable grâce à ses sonneries téléchargées, ses fonds d'écran, ses coques amovibles. C'est désormais un compagnon idéal de notre vie quotidienne.

En moins de quinze ans, le GSM est devenu le premier moyen de communication, avec un marché qui atteindra 750 millions de terminaux vendus en 2005. Mais le terminal ne suffit pas ; il faut lui adjoindre une infrastructure ainsi que des serveurs supportant les applications proposées aux usagers. La puissance de la technologie en a fait un exemple d'interopérabilité réussie qui nous permet, dès la descente de l'avion, d'être à nouveau opérationnel sans avoir à reconfigurer notre terminal. De plus, l'apparition de systèmes d'exploitation ouverts à l'utilisateur du terminal favorise l'intégration de nouvelles applications : ainsi, la géolocalisation, la messagerie électronique, le paiement sécurisé, les jeux commencent à se développer (Cf. photo 1).

Cette technologie, devenue mature et qui aborde l'année 2005 avec le déploiement de sa troisième génération, a toutefois un niveau de pénétration encore inégal dans le grand public. Proche de 80 % de pénétration en Europe de l'Ouest, elle conserve un potentiel de croissance important dans les pays émergents comme l'Inde, le Brésil ou la Chine. Deux marchés cohabitent donc : un marché de renouvellement, significatif, est tiré par l'apparition de nouvelles technologies (écran couleur, appareil photo intégré...) et de nouvelles applications, désormais soumises aux phénomènes de mode, et un marché de premier équipement, orienté vers des terminaux « entrée de gamme », peu chers, packa-

gés dans des offres d'opérateurs très attractives.

Géolocalisation, guidage, télémétrie, moyens de paiement, suivi médical, sécurité, connexions haut débit, télévision, courrier électronique : le potentiel de développement des applications du GSM semble sans limites. Deux milliards d'êtres humains utilisent déjà un téléphone mobile (dont une majorité sous la norme GSM), un troisième milliard suivra en quelques années seulement : la croissance va se poursuivre, même si, avec le temps, la vigueur de ce marché va dépendre de l'innovation et de l'imagination des opérateurs de télécommunications mobiles et des industriels, qui devront s'appuyer sur l'évolution des technologies de l'information en matière de performance, de miniaturisation et de baisse de coût.

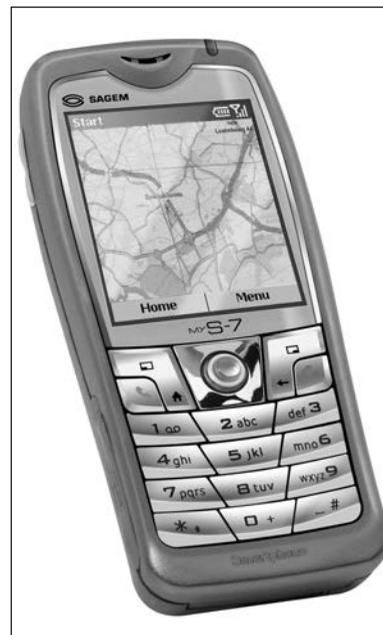


Photo 1. - Un téléphone mobile permet aussi de se repérer sur un territoire.

(1) Membre du Directoire, Safran.

(2) Directeur général délégué, Sagem Communication (Groupe Safran).

Evolution du nombre d'abonnés aux services cellulaires dans le monde

Il convient, pour comprendre ce que représente l'innovation technologique qui a connu la diffusion la plus rapide de tous les temps, de revenir, un instant, à ses origines. Il y a seulement dix ans, quelqu'un qui appelait d'une voiture commençait généralement par l'annoncer, moins pour prévenir son interlocuteur des risques de parasites que pour indiquer qu'il faisait partie des privilégiés équipés d'un téléphone mobile.

Les choses n'ont cessé d'évoluer depuis, à une vitesse qui a surpris tous les observateurs : chaque année, les études de marché sous-estimaient la croissance de l'année suivante, jusqu'à la surchauffe de la fin 2000.

Le succès du GSM s'est construit sur deux fondements : la normalisation, d'une part ; la puissance et la miniaturisation de l'électronique numérique, d'autre part (Cf. graphique 1).

Le développement du système GSM dit « de deuxième génération »

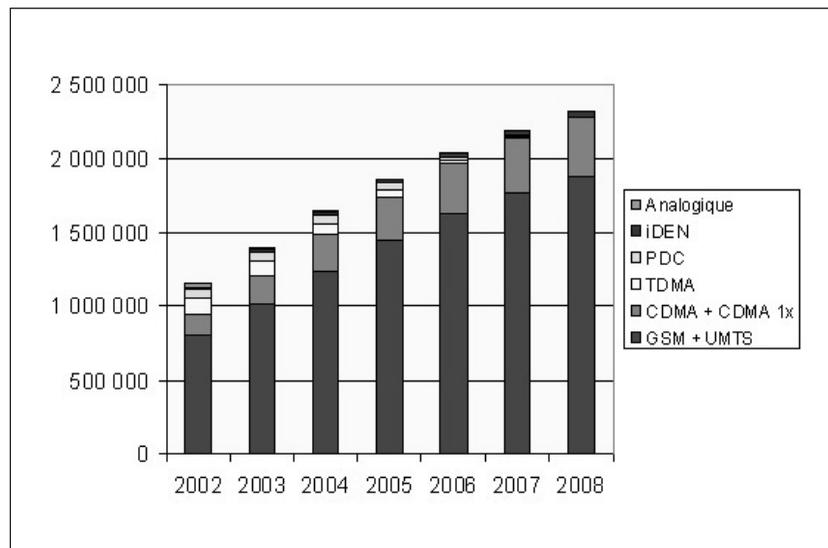
Le système GSM que nous connaissons aujourd'hui est né au début des années quatre-vingts, du constat d'une disparité entre systèmes cellulaires de première génération, alors utilisés en Europe. C'est ainsi que fut constitué en 1982 au sein de la conférence européenne des Postes et télégraphes le « Groupe Spécial

Mobile », chargé de définir les caractéristiques techniques d'un nouveau type de réseau cellulaire pour l'Europe. L'im-

pulsion de la France et de l'Allemagne permit de favoriser la promotion d'un système numérique, plus risqué techniquement qu'une simple évolution analogique, mais qui devait s'avérer rentable. Les principaux éléments du cahier des charges mis en avant par les deux pays étaient les suivants :

- bonne qualité subjective de la voix ;
- coûts réduits des terminaux et des services ;

En moins de quinze ans, le GSM est devenu le premier moyen de communication, avec un marché qui atteindra 750 millions de terminaux vendus en 2005



Graphique 1. - Evolution du nombre d'abonnés aux services cellulaires dans le monde (en milliers).

- support de l'itinérance internationale (*roaming*) ;
- possibilité d'avoir des combinés portables (par opposition aux téléphones de voiture que l'on devait porter en bandoulière) ;
- Support de toute une gamme de services ;
- efficacité spectrale ;
- compatibilité avec le RNIS.

Deux milliards d'abonnés et vingt ans plus tard, on ne peut que s'incliner devant la prescience des fondateurs, dont le cahier des charges avait anticipé tous les besoins d'un marché qui n'existait pourtant pas à l'époque.

Le succès du GSM s'est ensuite progressivement construit dans les années quatre-vingt-dix, après l'ouverture des premiers réseaux analogiques NMT dans les pays nordiques en 1981,

le lancement en France du système Radiocom 2000 en 1986, et la signature en 1987 d'un accord de développement du GSM par quinze opérateurs européens. L'année suivante, après consultation des constructeurs, la responsabilité du développement du GSM a été transférée à l'ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*), basé à Sophia-Antipolis.

En 1990 sont publiées les spécifications du GSM « Phase I » (environ 8 000 pages, pour 121 spécifications techniques). France Télécom lance com-

mercialement son réseau expérimental GSM en 1991, suivi un an plus tard par le Danemark, la Finlande, l'Allemagne, l'Italie, le Portugal et la Suède. Enfin, le premier accord de *roaming*, entre Telecom Finland et Vodafone au Royaume-Uni, est signé en 1992. L'année suivante, le premier million d'abonnés est atteint.

De façon à lancer les services de données, la première démonstration publique de transmission radio GPRS (dit 2.5G) entre un téléphone mobile Sagem et une infrastructure Alcatel est réalisée en 1999.

Fin 2001, plus de 170 pays sont équipés de systèmes GSM, et le nombre d'abonnés atteint les 600 millions.

Les réseaux de troisième génération (UMTS)

Le succès foudroyant du GSM connaît deux limites. D'une part, certains pays asiatiques (Japon, Corée...) et l'Amérique du Nord ont déployé des technologies de téléphonie mobile différentes du GSM, rendant virtuellement impossible le *roaming* d'une zone à l'autre. D'autre part, le débit du GSM « amélioré », le GPRS, permet difficilement la diffusion vidéo, qui nécessite un débit plus élevé.

L'ambition d'arriver à définir un système mondial harmonisé, capable d'atteindre un débit de 2 Mbit/s démarre dès 1985, et sera baptisée en 1993 « IMT-2000 » (*International Mobile*

Telecommunication for year 2000), après réservation par la conférence mondiale administrative des radiocommunications de bandes de fréquences harmonisées, dans la bande des 2 GHz. La pression des avancées réalisées au Japon pousse l'Europe à accélérer les discussions à partir de 1998. En effet, le Japon doit non seulement introduire une nouvelle génération de mobiles pour faire face à la menace de saturation des réseaux existants, mais chercher aussi à repartir à la conquête du marché européen où les tentatives de pénétration des constructeurs nippons, en GSM, n'ont pas eu de suite.

Il faut en effet noter, au plan industriel, que le succès de la norme européenne GSM a permis l'émergence de nombreux fabricants européens de terminaux mobiles. Nokia, Ericsson, Sagem, Alcatel, Philips, Télet, Sendo, Siemens... ont laissé peu de place, en Europe, pour les terminaux des spécialistes japonais de l'électronique, qui cherchent à reprendre l'initiative.

Fin 98, le 3GPP (*3rd Generation Partnership Project*) est créé, qui associe cinq organismes de standardisation européen (ETSI), japonais (ARIB et TTA), coréen (TTA), américain (ATIS), et chinois (CCSA) pour définir l'évolution des réseaux GSM vers la 3^e génération. Des efforts d'harmonisation sont consentis pour rapprocher les propositions initiales japonaises et européennes, puis les propositions chinoises et européennes, en ajoutant une variante qui devient la référence pour le système dit « TD-SCDMA » chinois (*Time Division-Synchronous Code Division Multiple Access*). Les spécifications techniques produites par le 3GPP sont transcrites localement en standards par les cinq organismes de standardisation qui le constituent.

En réponse à la création du 3GPP, est créé aux Etats-Unis le « 3GPP2 » qui vise à définir les évolutions des réseaux à la norme CDMA, employée en Amérique et en Asie.

L'ITU (*International Telecommunication Union*), constatant que l'objectif d'harmonisation ne pourra être complètement atteint, valide une famille de standards, dont émergent IMT-DS (l'UMTS européen), IMT-TC et IMT-MC, suffisamment proches entre eux pour

laisser espérer la possibilité de *roaming* international.

Ces normes ont donné naissance à des infrastructures très complexes et intégrant de nombreux éléments, qu'il faut savoir gérer de manière centralisée (Cf. graphique 2).

Les évolutions parallèles ou à venir

En complément de ce rapide panorama sur le GSM et ses évolutions, on peut mentionner que le GSM a également été utilisé pour développer un système de radio professionnel, dit GSM-R (« R » pour *Railways*), pour répondre aux demandes de compagnies de chemin de fer, en l'enrichissant de services spécifiques comme la gestion de la priorité d'un appel ou la notion de diffusion d'informations à un groupe fermé d'utilisateurs.

Au-delà, les standards continuent à évoluer, pour satisfaire de nouveaux besoins :

Déjà disponible, l'EDGE (*Enhanced Data rates for Gsm Evolution*), se place comme une étape intermédiaire entre le GPRS (aujourd'hui généralisé) et l'UMTS, permettant d'atteindre des débits théoriques maximaux proches de 400 kbps, avec une modification essentiellement logicielle des réseaux.

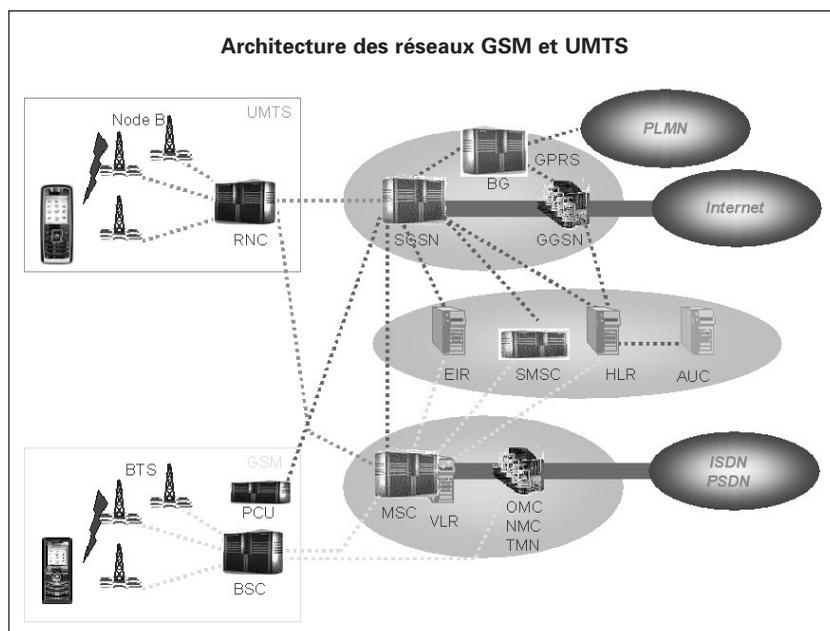
Le DTM (pour *Dual Transfer Mod*) permettra bientôt de bénéficier sur des réseaux et terminaux « 2G » de transferts simultanés de voix et de données, ce qui est aujourd'hui l'apanage de l'UMTS. Cela permettra, par exemple, d'envoyer une photo du lieu où l'on est, tout en continuant à converser avec son correspondant (de préférence, avec une oreillette !).

L'UMTS aussi continue à progresser, avec une augmentation de ses débits, d'abord dans le sens descendant avec le HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*), offrant un débit théorique maximal pouvant monter jusqu'à 14,4 Mbps, mais en pratique plutôt jusqu'à 3 à 7 Mbps, puis dans le sens montant, grâce au HSUPA (*High Speed Uplink Packet Access*) qui offre un débit théorique maximum ascendant de 5,8 Mbps, en pratique plutôt 1,5 Mbps.

Enfin, les interconnexions à des services IP doivent être améliorées, grâce à l'introduction de l'IMS (*IP Multimedia Subsystem*).

Les applications

Initialement, la conquête du GSM s'est appuyée sur le premier des services offerts : le service de téléphonie, c'est-à-dire la possibilité d'être joint et d'appeler un correspondant à tout moment.



Graphique 2. - Il faut savoir gérer des infrastructures très complexes, intégrant de nombreux éléments.

La différenciation entre opérateurs portait alors principalement sur la couverture du territoire offerte, mais aussi sur la qualité du codage de la parole utilisé : la puissance de calcul des téléphones augmentant, le recours à des algorithmes de compression plus gourmands en puissance de calcul, mais plus performants, était devenu possible. Pour les offres professionnelles, des services de transmission de données, limités à 9 600 bps, sont apparus dès 1995 en mode circuit à un moment où les modems filaires passaient à 28,8 kbps. Cependant, ce service, coûteux, est resté limité à certaines niches.

Les services développés par France Télécom sur le RNIS sont aussi apparus rapidement : renvois d'appel à diverses conditions, présentation du numéro de l'appelant, etc.

En revanche, le SMS (*Short Messaging Service*), dont beaucoup doutaient de l'utilité, est resté quelques années dans l'ombre, avant de décoller et de devenir l'une des sources de revenus les plus efficaces des opérateurs.

Le SMS s'est ensuite enrichi d'extensions propriétaires, pour contenir des sonneries, puis a été étendu officiellement, donant l'EMS (*Enhanced Messaging Service*), puis le MMS, *Multimedia*, qui permet le développement d'applications telles que les envois de photos et de cartes postales électroniques.

Le besoin de présenter du contenu interactif est apparu en parallèle au développement de systèmes de présentation et de langages associés par différents constructeurs et éditeurs de logiciels. En 1997, ces initiatives ont convergé au sein du WAP (*Wireless Application Protocol*) Forum, en définissant un *Wireless Markup Language* unifié pour les applications mobiles.

Ce fut la première application sur téléphone mobile à se normaliser en dehors de l'ETSI ou du 3GPP qui avait défini les SMS et les services de nature « télécom ». L'utilisateur, grâce à elle, pouvait ainsi accéder facilement aux prévisions météorologiques, aux horaires de trains ou aux cotations boursières et retrouver des services équivalents à ceux accessibles en France par Minitel. Depuis, le WAP forum a intégré, en 2002, l'*Open Mobile Alliance*, lieu de

définition « officiel » des principales applications pour téléphones mobiles.

La programmation en Java est également un moyen d'enrichir les applications offertes par un téléphone mobile. Java est un langage semblable à celui utilisé sur les PC, mais adapté aux ressources limitées dont dispose un téléphone mobile (mémoire, écran, clavier...). Il existe cependant, à côté de ces standards définis par la communauté Java, des classes ou variantes propriétaires, spécifiques à des opérateurs ou à des marques de terminaux, ce qui maintient une certaine fragmentation du marché des applications, que les standards étaient sensés éviter. Les coûts de portage sont cependant réduits grâce à un noyau commun important. L'intégration de JAVA dans le terminal a contribué aux développements de jeux, qui deviennent de plus en plus sophistiqués, suivant la puissance de calcul embarquée dans le terminal (intégrant la couleur, le son, les vibrations, le 3D, etc.).

Le SIM (*Subscriber Identification Module*) application *Toolkit*, permet aux opérateurs d'offrir des services qui leur sont propres, en pilotant depuis la carte SIM un menu dédié, afin, notamment, d'accéder directement à certains serveurs vocaux.

De nouvelles façons de communiquer apparaissent, comme la vidéotéléphonie en UMTS, ou le mode de fonctionnement *talkie-walkie* dont les premières versions sont, par exemple, commercialisées par l'opérateur Orange sous la marque *Talk Now*.

La liste des applications actuelles (ou bientôt disponibles), pour impressionnante qu'elle soit quand on la compare au simple service de communication vocale initialement disponible, ne doit pas nous dispenser d'une certaine modestie : de l'aveu même des utilisateurs de téléphones mobiles, les applications disponibles sont peu exploitées : moins de 5 % estiment se servir de toutes les fonctions de leur téléphone mobile, et plus de 60 % n'utilisent qu'une partie très limitée des fonctions offertes.

Par ailleurs, dans de nombreux pays, le téléphone mobile constitue, tout sim-

plement, le moyen privilégié d'accéder à un téléphone.

Les téléphones mobiles

On pourrait reprendre pour le téléphone mobile ce que l'on dit des chaussures de femmes : petites à l'extérieur pour être jolies, grandes à l'intérieur pour être confortables. Le mobile idéal est compact et simple d'emploi à l'extérieur, mais d'une extrême complexité à l'intérieur. La simplicité d'emploi résulte de l'implantation de logiciels d'une complexité prodigieuse, et les efforts de miniaturisation des composants électroniques se mesurent en centaines de milliards de dollars d'investissement industriel et de recherche.

Le nombre énorme de téléphones mobiles produits chaque année permet aux constructeurs de bénéficier

Le potentiel de développement des applications du GSM semble sans limites

de composants conçus spécifiquement pour ces produits à des coûts extrêmement compétitifs : batteries, écrans, capteurs photographiques, écouteurs et microphones. Ce miracle résulte d'un phénomène bien connu : les économies d'échelle.

Un modèle de mobile se définit par trois éléments essentiels :

Son architecture mécanique

Elle donne sa personnalité au téléphone et, depuis les premiers téléphones monoblocs à antenne extractible, de nombreuses variantes sont apparues : antenne fixe, antenne intégrée, téléphone à clapet, avec ou sans écran secondaire, téléphone à glissière, téléphone à écran tactile, téléphone à écran rotatif... (Cf. photo 2).

Son architecture électronique

Elle est définie par la nature des fonctions offertes :

Un terminal haut de gamme pourra disposer d'un processeur dédié aux applications, avec une architecture similaire à celle d'un PC.

Sur des terminaux plus simples, le processeur qui traite les protocoles de communication avec le réseau est éga-



Photo 2. - Depuis les premiers téléphones mobiles, de nombreuses variantes sont apparues.

lement chargé de gérer les interactions avec l'utilisateur. La puissance des processeurs actuellement disponibles, qui peut dépasser 200 MHz, permet des applications plus riches, telles que la vidéo, la musique, ou encore des captures de vidéo, tout en gardant le contact avec le réseau. Pour des applications particulières, et selon la puissance disponible, ce processeur central peut être aidé par un coprocesseur particulier (par exemple, pour le décodage d'un flux d'intégration numérique terrestre, le DVB-H).

Sur les terminaux les plus simples, les processeurs employés sont moins puissants et les interfaces plus limitées, afin de réduire les coûts des composants employés (Cf. photo 3).

De nombreux autres paramètres influent sur les capacités du téléphone, en particulier la configuration mémoire utilisée qui conditionne performance et coût, la batterie et le chargeur, l'ajout de fonctions complémentaires comme l'écoute amplifiée, l'appareil photo avec flash...

De façon générale, pour les téléphones de milieu de gamme, on constate que les nouvelles fonctions (premiers capteurs photographiques, premières sonneries MIDI, premières captures vidéo)... sont souvent introduites avec l'ajout d'un coprocesseur dédié, pour être ensuite intégrées au cœur numérique du téléphone à la génération sui-

vante, une fois que les volumes produits le justifient.

La puissance de calcul intégrée dans le terminal permet aussi de gérer des écrans de taille différente (depuis 1,7 à 2,2 pouces) et de résolution différente (de 101 x 80 pixels à 320 x 240 pixels QVGA), intégrant de 256 couleurs à 260 000 couleurs, voire même jusqu'à 16 millions de couleurs ! Il en va de même pour les capteurs numériques de photos, dont la résolution va de 300 000 pixels en VGA (jusqu'à plusieurs millions de pixels avec des fonctions de zoom intégrées).

L'architecture logicielle

Comme on s'en doute, elle est directement affectée par l'architecture électronique choisie, mais il est de bonne pratique de limiter cet impact au strict minimum.

Néanmoins, à structure matérielle constante, le logiciel doit pouvoir être décliné en un grand nombre de configurations, tant sont nombreuses les variantes à gérer :

- il faut s'adapter à des langues (comme le chinois, le grec ou le farsi), qui nécessitent des mécanismes de saisie et d'affichage spécifiques ;
- il faut pouvoir ajuster la définition des produits au plus près des attentes des opérateurs, afin que l'accès à leurs services soit optimisé en termes d'ergono-

mie (nombre d'appuis touche le plus faible possible, place dans les menus, etc.) ;

- il faut gérer différents types de réseaux (intégrer ou non le support du GPRS, de l'EDGE ou de l'UMTS, les logiciels embarqués, les différentes bandes de fréquences selon les pays de commercialisation).

Les grands groupes d'opérateurs ont des volumes d'achats qui peuvent justifier des développements spécifiques, parfois même qui anticipent sur les spécifications édictées par les organismes de standardisation.

Ce besoin de flexibilité s'étend bien sûr à l'outil de production, qui doit non seulement pouvoir s'adapter à des variations de volumes, mais aussi à des changements de type des téléphones à produire (couleur des coques, marquage des vitres, clavier, etc.).

Ces contraintes sont gérées de façon différente selon les constructeurs, avec des modèles économiques très variables, qui vont de l'intégration verticale à une sous-traitance presque complète, tant du développement que de la production.

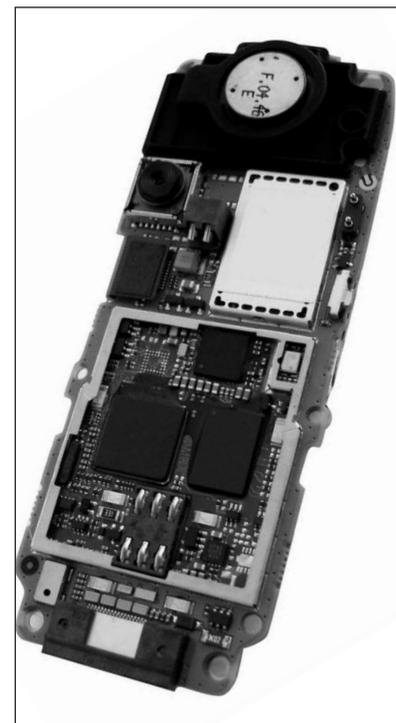


Photo 3. - Sur les terminaux les plus simples, les processeurs employés sont moins puissants et les interfaces plus limitées.

Les opérateurs

Par certains aspects, la téléphonie mobile semble appartenir au monde de l'électronique grand public. Elle s'en distingue cependant sur un point essentiel : l'existence d'un service de téléphonie mobile, de plus en plus riche, sophistiqué et adapté aux besoins de multiples clients – service mis en œuvre par les opérateurs de téléphonie mobile.

Ces opérateurs font, à quelques exceptions près, partie intégrante de grands groupes de télécommunications mondiaux, tels que Orange (France Télécom), Vodafone, T-Mobile (Deutsch Telecom), Telecom Italia Mobile, Telefonica, etc. La mise sur le marché d'une offre d'un opérateur suit des étapes successives, dont le cycle (de 3 mois à deux ans) varie en fonction de son importance stratégique et de la concurrence des opérateurs entre eux.

La naissance d'une offre s'appuie tant sur une analyse précise des marchés locaux que sur une stratégie centralisée tirant parti des innovations technologiques ou de la force de proposition d'un constructeur de téléphones mobiles ou d'infrastructures. C'est sur la base d'un modèle donné de téléphone portable, seul élément matériel tangible du service, qu'une offre de service est commercialisée par l'opérateur. Suivant les fonctionnalités du terminal, un ensemble de services (par exemple le téléchargement de jeux ou l'utilisation de l'e-mail mobile) et une offre tarifaire adaptés sont mis en place, afin de développer de nouveaux usages grâce à de nouveaux services.

Le téléphone mobile et son offre tarifaire sont ensuite proposés au client final par l'intermédiaire de grands groupes de distribution spécialisés tels que la Fnac, Car Phone Warehouse, Phone4U, Mediamark, ou généralistes tels que Carrefour, Auchan, Woolworth, ou le réseau de boutiques propre à l'opérateur, sans oublier les offres directes aux entreprises.

Le marché du téléphone mobile comporte donc quatre intervenants majeurs qui sont l'opérateur, le distributeur ou le vendeur dans sa boutique, le consom-

mateur final et le constructeur du terminal : un ensemble qui complexifie l'acte de vente et nécessite de la part du constructeur des actions simultanées, à ces différents niveaux.

Trois enjeux stratégiques : la convergence, les normes, les systèmes d'exploitation

La convergence

Le fantastique développement de la téléphonie mobile ne doit pas faire oublier l'existence de postes fixes, qui demeurent presque aussi nombreux que les mobiles. La conséquence immédiate de ce double réseau est que, la plupart du temps, que ce soit au bureau ou chez soi, nous pouvons appeler, ou, inversement, être contactés, sur deux appareils, l'un fixe et l'autre mobile, dans des conditions de coût et d'ergonomie très différentes. L'exploitation de cette redondance, en supprimant si possible l'un des terminaux, est l'un des aspects les plus concrets, pour l'utilisateur, de la « convergence fixe-mobile ». Les opérateurs les plus actifs en la matière sont ceux qui ne disposent que de l'un des deux réseaux, fixe ou mobile. Ainsi, British Telecom, qui s'est séparé en

2001 de son activité de téléphonie mobile, propose-t-il un *blue phone*, qui communique, à la maison, sans fil, via le réseau fixe de BT, et, en dehors, par le réseau de téléphonie mobile d'un partenaire mobile via un accord d'opérateur virtuel (MVNO).

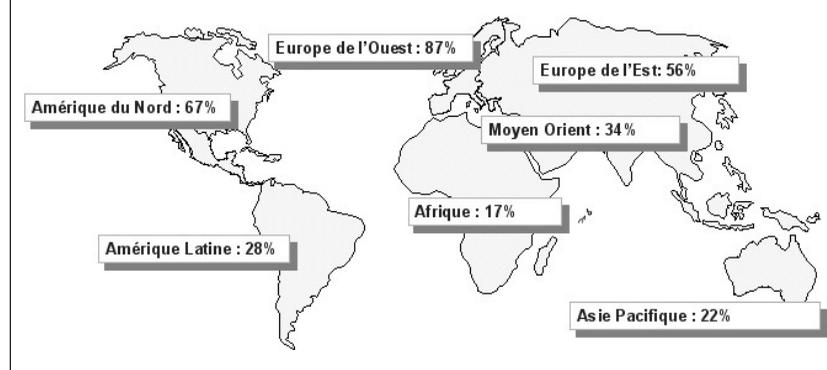
Cette convergence, lente à venir pour le consommateur final qui conserve, encore aujourd'hui, un téléphone fixe, un téléphone mobile et un accès Internet, se réalise plus rapidement sur les réseaux sur lesquels se généralisent les technologies numériques et les protocoles Internet. Cette situation paradoxale ouvre pour les opérateurs des opportunités de proposer au consommateur des services plus intégrés mettant ainsi fin aux offres de services strictement alignées sur les organisations verticales des opérateurs, que Didier Lombard, PDG de France Télécom, appelle « l'esclavage du silo ». La course est ainsi lancée, tant pour les opérateurs que pour les équipementiers, pour définir le service de communication fixe et mobile (sans oublier l'accès Internet) le plus convaincant et adossé aux terminaux les plus séduisants, avec à la clef différenciation, et donc croissance.

La normalisation

La normalisation, et l'interopérabilité qui en résulte, sont à l'origine du succès planétaire de la téléphonie mobile. Cette normalisation se poursuit dans les instances internationales *ad hoc*, où les

De l'aveu même des utilisateurs de téléphones mobiles, les applications disponibles sont peu exploitées

Taux de pénétration des services de téléphonie mobile dans le monde (2005)



Carte - La croissance du marché de la téléphonie mobile passe par la conquête, dans les pays en développement, de populations à revenus moindres que ceux des premiers utilisateurs occidentaux.

plus grands équipementiers se livrent à une lutte d'influence acharnée pour faire adopter des solutions techniques pour lesquelles ils ont, par avance, déposé de nombreux brevets. Aujourd'hui se discute ainsi le choix final de la norme de diffusion hertzienne de télévision sur téléphonie mobile, ou encore la future norme de téléphonie mobile de quatrième génération. Bien évidemment, ceux qui auront vu leurs propositions techniques retenues ont toutes les chances de se retrouver à la tête de portefeuilles de brevets « essentiels », générateurs de *royalties* lors du déploiement des technologies correspondantes. Voilà pourquoi il est vital pour les industriels des télécommunications de maintenir une recherche qui intègre une anticipation cohérente avec les avancées de la normalisation et qui s'accompagne de dépôts de brevets, de façon à être en situation de négocier des accords de licences croisées, pour n'avoir pas à payer à chacun des grands équipementiers mondiaux de coûteuses *royalties*.

Le système d'exploitation

De plus en plus, le logiciel représente l'essentiel du développement d'un téléphone mobile : l'expérience utilisateur, critère de succès majeur d'un nouveau terminal, est marquée avant tout par l'ergonomie de l'interface homme/machine, qui relève, à la base, du logiciel. De fait, plus des deux tiers du coût de développement d'un nouveau terminal correspondent à l'écriture de lignes de codes, sans compter les multiples logiciels applicatifs chargés par la suite, l'ensemble dépassant allègrement un, voire deux millions de lignes de codes dans le terminal.

Au cœur de ce logiciel réside le système d'exploitation, ou OS, pour *operating system*, qui présente par rapport à un OS de micro-ordinateur la complexité supplémentaire d'être « temps réel » et embarqué, donc implanté sur des plates-formes disposant *a priori* de moins de mémoire et de capacités de

calcul. La maîtrise des systèmes d'exploitation devient ainsi un enjeu fondamental dans la fourniture du terminal, enjeu de la confrontation traditionnelle entre Microsoft et les logiciels libres « Linux », avec un effort de quelques grands industriels pour imposer un système commun dédié au mobile, baptisé Symbian. Ces offres sont venues s'ajouter aux systèmes d'exploitation propriétaires, développés par chacun des industriels, qui mettent au point des terminaux mobiles, lesquels demeurent aujourd'hui encore majoritaires.

L'évolution des parts de ces différents OS sur le marché des terminaux dépendra désormais de leur facilité à supporter les nouvelles applications et les nouveaux services que déploieront les opérateurs. Il apparaît dès à présent que, contrairement au monde de l'informatique, qui a vu rapidement la domination d'un seul OS, la diversité des applicatifs conduira les téléphones mobiles à la coexistence d'un petit nombre d'OS, adaptés chacun à tel ou tel segment du marché, dès lors que leurs promoteurs leur assureront évolutivité et compétitivité.

Conclusion

Avec deux milliards d'utilisateurs dans le monde une quinzaine d'années après le lancement des premiers GSM, la téléphonie mobile connaît un essor d'une rapidité sans précédent. L'usage du portable continuera à se développer selon deux axes :

- dans les pays développés, où la pénétration du mobile atteint d'ores et déjà 80 % de la population, l'enjeu porte désormais sur le déploiement de services de plus en plus riches en contenus : photo-vidéo-télévision, connexion internet rapide permise par le déploiement de la troisième génération, et, demain de la quatrième, mais aussi de nombreux services : santé, sécurité, paiement en ligne, etc.

- dans les pays en développement, où la pénétration actuelle ne dépasse pas 25 %, la croissance future passe par la conquête de populations à revenus moindres que les premiers utilisateurs. Elle résultera de la capacité des équipementiers à concevoir des terminaux et des réseaux moins coûteux, sur lesquels les opérateurs pourront déployer un service basique d'acheminement de la voix proposé à des conditions très compétitives (Cf. carte).

Née de premiers travaux menés par France Télécom et Deutsche Telecom, la norme GSM a permis à la France de se positionner de façon dynamique dans l'économie des télécommunications mobiles. Notre pays dispose en effet d'un

La simplicité d'emploi résulte de l'implantation de logiciels d'une complexité prodigieuse

acteur significatif des réseaux GSM – Alcatel, d'un acteur actif dans le terminal

mobile – Sagem Communication (groupe Safran), de nombreuses *start up* dans les composants et les logiciels et enfin, de trois grands opérateurs : Orange, l'un des premiers acteurs européens, SFR, qui fait partie du réseau Vodafone, et Bouygues – sans compter de nombreux opérateurs virtuels (MVNO).

Dans un monde où l'innovation technologique ne vaut que par sa congruence aux services déployés par les opérateurs, et où l'impératif d'interopérabilité impose, de ce fait, des développements en partenariat entre industriels, l'existence des éléments de base de l'écosystème du mobile est un atout très significatif pour l'industrie de notre pays. Il nous appartient de poursuivre et promouvoir activement les coopérations entre ces différents acteurs afin de maintenir notre capacité collective de proposition et d'innovation. L'industrie des services de télécommunication mobile, en raison de son impact prouvé sur le développement économique, mais aussi de sa contribution à la sécurité et à la qualité de la vie, doit être considérée comme stratégique pour notre pays, tant pour son poids économique actuel que pour ses potentialités de développement, dans le futur. ●

Assistance à la conduite : les perspectives

La diversité des composants du système de circulation montre bien que l'usager n'est pas responsable de tout. Il ne construit ni les routes ni les véhicules, pas plus que la météo ou la densité du trafic, la présence de travaux, la signalisation défaillante, etc. En revanche, il incombe à l'usager de prendre les décisions qui s'imposent, en fonction de ce qu'il rencontre sur la route. Les véhicules qu'il utilise ou le réseau routier qu'il emprunte ou encore la gestion de la circulation doivent accroître sa sécurité, lui permettre d'optimiser ses décisions, voire même de pallier les conséquences de ses plus légères erreurs.

**par Daniel Augello,
Délégué à la Politique Transports,
Renault SA**

Les facteurs de risque

L'accident de la route intervient à la suite d'un dysfonctionnement du système de circulation. Ce dysfonctionnement naît d'une conjonction de facteurs qui rompt la situation « normale » de

conduite, crée une situation d'urgence, puis de choc. On considère souvent, pour des raisons pédagogiques, que ces facteurs sont liés (par ordre d'importance décroissante) : à une défaillance de l'usager, à un défaut de l'infrastructure, à un environnement détérioré, à une défaillance mécanique, ces facteurs pouvant se combiner entre eux.

En ce qui concerne la défaillance de l'usager, l'accident n'est pas nécessairement la conséquence d'une prise de risque délibérée. L'individu peut prendre des risques, ou bien ne pas percevoir correctement le danger ou encore se trouver subitement exposé à une situation qu'il ne peut maîtriser. Parmi les principaux facteurs, citons : l'alcoolisation, la fatigue, la distraction, les erreurs de conduite (dont la vitesse inappropriée, les réactions inadap- tées).

Ces facteurs sont reliés soit aux caractéristiques psychologiques, physiologiques ou sociales de la personne soit à des caractéristiques transitoires. Bien entendu, un accident n'intervient pas à chaque fois que l'on constate une défaillance de l'usager ; cette défaillance ne fait qu'augmenter le risque.

En ce qui concerne les facteurs liés à l'infrastructure, il est bien connu que certains sites routiers sont considérés comme des « points noirs ». En général, ces sections ne respectent pas une des sept exigences de sécurité : visibilité, adéquation à la dynamique des mobiles usagers, possibilité d'évitement et de récupération, limitation de la gravité des chocs, cohérence de tous les éléments de l'infrastructure, gestion adéquate des flux.

Un environnement détérioré comprend : de mauvaises conditions météorologiques, des possibilités insuffisantes d'alerte et de secours, des conditions de circulation difficiles.

Les facteurs de risque liés au véhicule concernent plutôt son état : usure de certaines pièces (freins, amortisseurs,

pneumatiques), qualité de l'éclairage, qualité du châssis, etc. Les véhicules neufs sont de mieux en mieux équipés pour la sécurité. En particulier, les progrès portent depuis longtemps sur la limitation de la gravité des accidents : ceintures de sécurité, prétensionneurs, *airbags*, éléments de carrosserie absorbant l'énergie. Depuis plus récemment, les constructeurs équipent leurs véhicules de dispositifs de sécurité primaire (ABS, maintien de la trajectoire, assistance au freinage d'urgence, etc.).

De nombreux projets de R&D impliquant fortement les TIC

La notion d'assistance à la conduite trouve son origine dans les programmes Eureka, Prometheus et Carminat, qui se sont déroulés de 1987 à 1994. Cette notion est née de la constatation que dans un grand nombre de situations accidentogènes, un gain d'une seconde, voire d'une fraction de seconde, dans la juste compréhension d'une situation, grâce à une information adéquate ou bien l'amorce d'une réaction par un automatisme approprié, pouvait faire la différence entre accident et non-accident, ou encore en matière de réduction de la gravité de l'accident.

D'une manière analogue (bien que moins critique) un conducteur bien informé sur l'itinéraire à suivre dans un environnement routier ou urbain inconnu grâce à un système de guidage, ou bien renseigné sur les conditions à venir du trafic, voit son stress diminué et son attention portée à la conduite augmentée, diminuant ainsi la probabilité d'une situation accidentogène.

A cette même époque, les potentialités technologiques en termes de puissance de calcul embarqué, de capteurs, d'algorithmie, de télécommunication mono- ou bidirectionnelle rendaient réaliste cette approche de fonctions

d'assistance à la conduite et de coopération avec l'infrastructure.

C'est ainsi que les différents démonstrateurs Carminat et Prometheus se sont concrétisés. Depuis, certains ont fait l'objet d'une commercialisation : Carminat (pour la navigation/guidage et l'information sur le trafic), ACC (régulateur de vitesse/distance), l'ESP (contrôle électronique de stabilité).

D'autres ont fait l'objet d'expérimentation, comme Aida (pour la communication courte portée entre le véhicule et l'infrastructure) et IVHW (*Inter Vehicle Hazard Warning*) (pour la communication entre véhicules, réalisant la fonction d'alerte rapprochée).

D'autres fonctions enfin font encore l'objet de travaux de recherche comme la détection et l'évitement d'obstacles ou la détection de baisses de la vigilance (Cf. figure 1).

La mise en œuvre des dispositifs d'assistance à la conduite repose sur l'analyse des événements qui précèdent l'accident, sur ce que nous appelons des « études détaillées d'accident », qui constituent les bases de données accidentologiques. Celles-ci sont élaborées, depuis plusieurs années, en collaboration avec l'Inrets (Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité) et le Ceesar, structure directement active sur le terrain.

Le but est de pouvoir décrire les facteurs qui vont faire que l'accident se produise. Des équipes interviennent en temps réel sur les lieux de l'accident, en même temps que les services de police et de secours, et décrivent les accidents grâce

à leurs observations et leurs contacts avec les différents acteurs présents.

Le LAB (Laboratoire d'accidentologie et de biomécanique, commun à Renault et PSA) travaille ainsi sur un peu plus d'un millier de cas de pré-collision, en France, afin d'identifier les événements initiateurs des chocs. Nous les répartissons, dans un premier temps, selon une typologie classique : comportement humain, véhicule, infrastructure ou environnement (en particulier les conditions météorologiques). Nous les répartissons aussi selon des typologies de routes :

La mise en œuvre des dispositifs d'assistance à la conduite repose sur l'analyse des événements qui précèdent l'accident, sur ce que nous appelons des « études détaillées d'accident »

sur les sections de droites, dans des virages ou à des intersections.

Nous constatons que dans 70 à 83 % des cas, l'être humain est le premier responsable. Nous expliquons ces erreurs par des défaillances de différents types.

Les premières sont :

- des défaillances de perception (le conducteur déclarant le plus souvent « je n'ai rien vu ») qu'on retrouve dans 50 % des cas ;
- des défaillances d'évaluation de la situation (vitesse, distance, adhérence, etc.) dans 15 % des cas ;
- des défaillances d'interprétation (incompréhension de la situation) dans 8 % des cas ;
- de mauvaises décisions dans 10 % des cas ;
- enfin de mauvaises manœuvres – malgré une bonne décision – pour 17 % des cas.

Nous pouvons également, sur la base des études détaillées d'accidents, classer les différentes défaillances selon le type de route, ligne droite, virage ou intersection.

Les problèmes posés par ces différentes défaillances nécessitent des réponses différentes. Il est donc indispensable de décrire non seulement les défaillances, mais aussi les mécanismes ayant entraîné ces erreurs. C'est à cette condition seulement qu'on peut espérer mettre au

point des dispositifs susceptibles d'aider le conducteur.

On constate que dans 17 % des accidents, des informations sont indisponibles. Or, certains dispositifs sont capables de fournir ces données au conducteur, alors qu'il ne peut les déceler lui-même.

Dans 40 % des cas, on observe des sous-activations : le conducteur n'est pas en situation de percevoir, d'interpréter et de décider. Là aussi, des dispositifs peuvent l'aider.

Enfin, dans 40 % des cas, la responsabilité repose sur des erreurs de conduite (erreurs d'interprétation, de décision et d'action). C'est dans ces cas-là qu'on se pose aujourd'hui la question d'assister le conducteur par l'automatisation de certaines fonctions de conduite.

Les exemples sont : l'ABS, l'amplificateur de freinage d'urgence, le contrôle électronique de stabilité (ESP), le régulateur de vitesse/distance (ACC) et, à plus long terme, la détection d'obstacles et le *lane keeping* ou suivi de ligne.

L'interaction homme-machine

Cependant, le défi que la conception de ces systèmes d'assistance doit relever réside dans l'étude de l'interface homme-machine, ou plus précisément du processus d'interaction entre l'homme et la

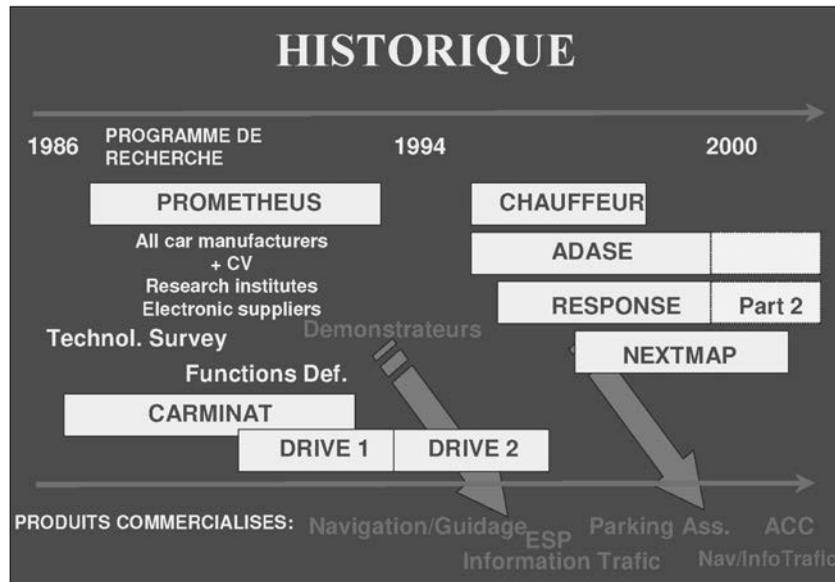


Figure 1. - Historique des projets de recherche.

machine, et dans la nécessité évidente qu'ils soient utilisés par l'homme – le conducteur – sans contraindre exagérément son style de conduite ou ses habitudes tout en comportant une certaine dose de prescriptivité ou d'automatisme, condition nécessaire à une amélioration réelle et tangible de la sécurité.

C'est sur ce point que les analyses divergent parfois entre pouvoirs publics ou chercheurs et constructeurs d'automobiles. Il est évident que des fonctions très prescriptives et très automatisées auraient une efficacité théorique beaucoup plus grande du point de vue de la sécurité, à la condition expresse de trouver des clients pour les acheter et s'en servir (à moins que cela ne fasse l'objet d'obligation de montage au travers de directives européennes).

Toutefois, compte tenu du prix auquel ces fonctions peuvent commencer à être mises sur le marché, passer par le stade de l'obligation réglementaire est irréaliste. Il est indispensable d'amorcer le processus vertueux de baisse des coûts au fil de l'enchaînement production, vente, productivité, en mettant sur le marché des produits susceptibles de trouver des clients solvables, et donc des produits répondant à des besoins solvables, tout en apportant une contribution significative mais non optimale à l'amélioration de la sécurité routière.

De plus, l'examen des forces et faiblesses comparées de l'homme et de la machine (Cf. figure 2) nous conforte dans notre attitude prudente quant à l'automatisation totale de la conduite : il faut savoir ne pas aller trop loin.

L'autre phénomène à prendre en considération dans ces développements est constitué de l'effet secondaire (ou pervers) que peut induire l'usage de ce genre de fonction. Les constructeurs sont très sensibles à cet aspect et conduisent des tests très approfondis avant commercialisation. Pour Carminat, par exemple, plus d'un million de kilomètres x conducteurs ont été accumulés dans la phase de mise au point finale du produit (dans le cadre du projet européen Carminat-Cities).

A l'avenir, pour ces fonctions de sécurité active, nous sommes profondément convaincus qu'il convient d'adopter une approche statistique et relative (résultats avec la fonction par rapport à la situation de référence sans la fonction) pour pallier ces phénomènes d'effets secondaires ou plus généralement d'homéostasie du risque. En effet il s'agit d'augmenter majoritairement et statistiquement la sécurité, pas nécessairement de résoudre à 100 % et immédiatement tous les problèmes, pour toutes les configurations et tous les comportements. Qualitativement, l'homéostasie du risque est un phénomène indéniable, mais aucune étude statistique sérieuse (prenant en compte

– comme en épidémiologie – les facteurs de confusion) n'a démontré à ce jour, quantitativement et statistiquement, un effet néfaste sur la sécurité de l'offre de fonctions d'assistance à la conduite du type ABS, par exemple. Dans cet ordre d'idée on peut aussi ajouter que, heureusement ou malheureusement, le risque routier ne fait pas partie de l'univers objectif du conducteur : le conducteur moyen prend parfois des risques sans en avoir conscience. Comment, dans ces conditions, pouvoir affirmer que tel dispositif (ABS, *airbag* ou autre), en renforçant le sentiment de sécurité, va faire prendre plus de risques alors même que le fond du problème est que les risques, dans la très grande majorité des cas, sont pris inconsciemment.

Les domaines d'application

Ultime paradoxe à justifier : il s'agit du champ d'application des fonctions d'assistance de première génération que sont les voies du type autoroutes ou voies rapides urbaines. Force est de constater que ce n'est pas sur ces voies que l'insécurité routière est la plus critique et quantitativement la plus importante (de l'ordre de 4 % des victimes de la route). D'autre part, il est de fait que ces premières générations de systèmes ne sauront pas prendre en compte tous les contextes, toutes les situations et tous les usagers (piétons, cyclistes, animaux) et c'est pourquoi le domaine autoroutier constitue un excellent laboratoire d'introduction de ces technologies nouvelles nous permettant (nous, constructeurs et équipementiers), d'amorcer un processus de progrès pas-à-pas, technique et économique, sur la durée, amorçant ainsi le marché générateur de productivité et de baisses de coûts justifiant des investissements complémentaires dans les recherches visant à augmenter les performances et le périmètre de fonctionnement de ces dispositifs.

La démarche inverse prônée par certains chercheurs considérant que la seule vraie solution est l'automatisation totale de la conduite des voitures particulières relève, industriellement, socialement et économiquement, de l'utopie techniciste. Ajoutons à cela qu'aucun scénario d'introduction et de déploiement n'a à ce jour été ébauché et que personne ne sait (ou ne veut) répondre à la question des

L'examen des forces et faiblesses comparées de l'homme et de la machine nous conforte dans notre attitude prudente quant à l'automatisation totale de la conduite : il faut savoir ne pas aller trop loin

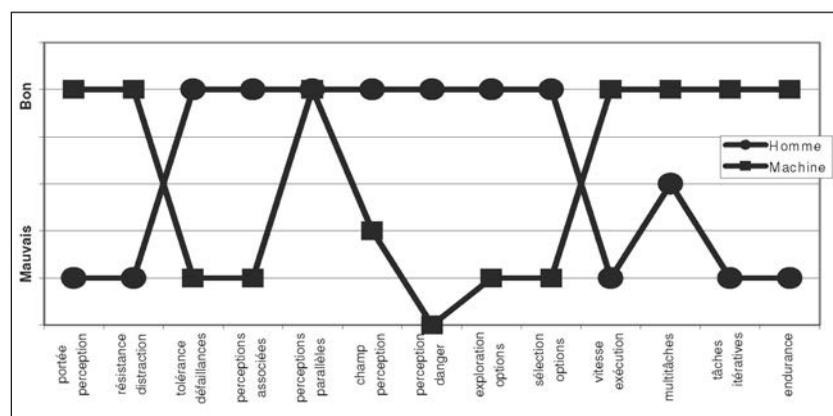


Figure 2. - Forcés et faiblesses comparées de l'homme et de la machine.

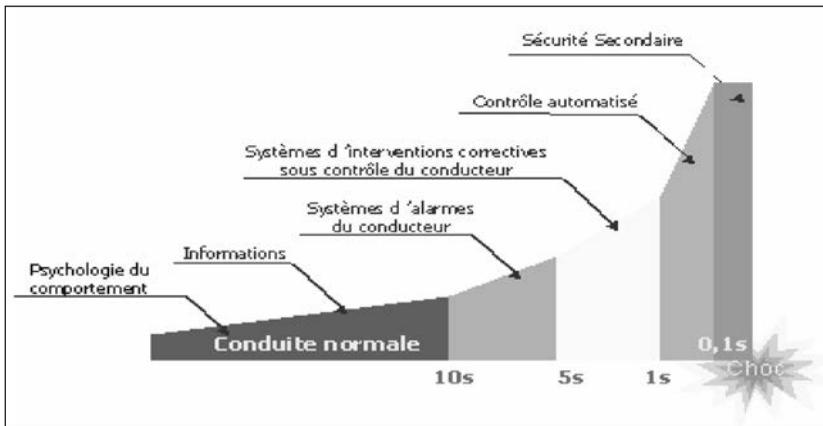


Figure 3. - Plus le danger est proche, plus le besoin est important de dispositifs de sécurité électroniques.

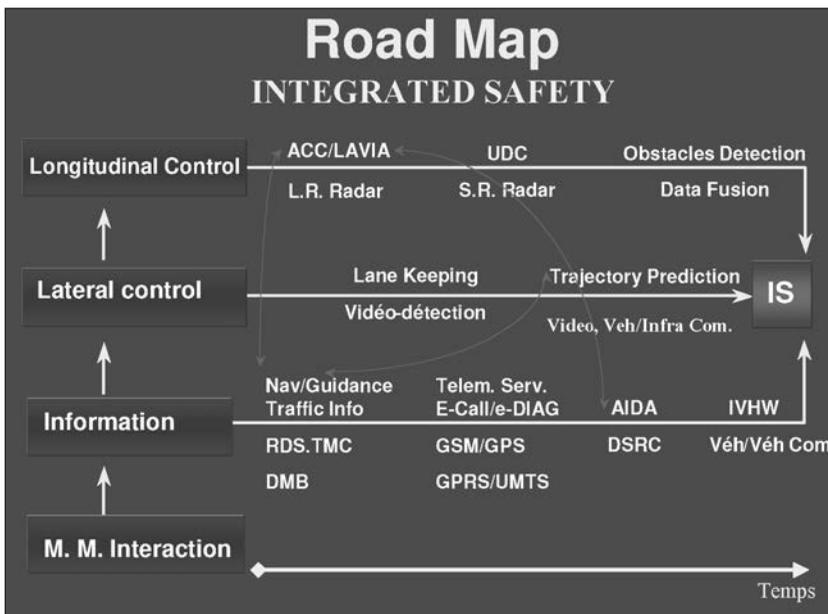


Figure 4. - Feuille de route des systèmes intégrés d'assistance à la conduite.

constructeurs : dans cette hypothèse d'automatisation complète, qui sera responsable, et de quoi ?

A *contrario*, la commercialisation et l'intégration progressive de fonctions d'information, d'alarme, d'assistance sous contrôle du conducteur, d'intervention automatique (Cf. figure 3) tout cela en coopération (Cf. figure 4) avec une infrastructure devenue, elle aussi, intelligente, devraient nous amener, éventuellement et sur le très long terme (2030/2050 ?), aux portes de la route automatisée, au sens technique de ce terme.

Définition de quelques fonctions d'assistance à la conduite

- Carminat : système de navigation/guidage intégrant les informations sur le trafic en temps réel. L'information est à la fois visuelle et sonore, avec synthèse de la parole.

- ACC (*Adaptive Cruise Control*) : système régulant la vitesse du véhicule à la valeur choisie par le conducteur ou, en présence d'un autre véhicule sur la même voie, régulant la distance avec ce véhicule (de 1,2 à 2 secondes) avec action sur l'accélérateur et les freins.

- UDC : système comparable à ACC, mais avec un domaine de fonctionnement étendu jusqu'à la vitesse nulle et le redémarrage automatique (décollage), avec éventuellement une communication avec l'infrastructure pour la transmission d'une vitesse de consigne.

- ESP : système de contrôle électronique de stabilité destiné à corriger des sous ou sur-virages, en cas d'inadaptation de la vitesse à la courbe et/ou à l'adhérence disponible, ceci par un freinage différencié des quatre roues.

- ABS : système destiné à éviter le blocage des roues en cas de freinage, permettant ainsi de conserver la directivité du véhicule.

- Lavia : système de limiteur de vitesse s'adaptant à la vitesse autorisée sur l'infrastructure utilisée par l'automobiliste, résultat obtenu par l'intégration d'un limiteur de vitesse et d'un système de navigation, avec une base de données contenant les vitesses réglementaires par tronçon de route et/ou par une communication courte portée avec l'infrastructure (signalisation « intelligente »).

- Aida : système d'information embarqué, reposant sur la communication bidirectionnelle courte portée sol/véhicule. Le véhicule fait remonter automatiquement de l'information au PC de circulation (vitesse, pluie, brouillard...) et en reçoit en retour.

- IVHW (*Inter Vehicle Hazard Warning*) : système d'alerte rapprochée du message « feux de détresse », sur une portée de un à deux km, avec géolocalisation et sens de circulation.

- *Collision Warning* ou détection d'obstacle : système analogue à l'ACC, mais avec prise en compte des obstacles fixes de toutes natures pouvant se trouver sur la trajectoire.

- *Lane Keeping* ou suivi de ligne : système de maintien de la trajectoire sur la voie de circulation par lecture vidéo du marquage horizontal de la route.

- *E-Call* ou appel d'urgence : système intégrant GPS, GSM et un détecteur de choc, destiné à envoyer un « SOS » géolocalisé aux services de secours en cas d'accident. ●

L'architecture avionique de l'A380

Airbus a décidé d'adopter une avionique modulaire sur son dernier né, l'A380. Cette architecture apporte une réponse à un besoin rapidement évolutif, car la vie d'un programme d'avions se compte en décennies, alors que les services demandés par les compagnies aériennes et leurs passagers présentent des cycles beaucoup plus courts. Ce concept facilitera les évolutions futures de l'A380 et devient, pour Airbus, le nouveau standard avionique.

par **Pierre Froment,**
Airbus

La technologie de l'avionique modulaire adoptée pour l'A380 se fonde sur :

- des ressources configurables (matériel et logiciel basique) capables de recevoir un certain nombre d'applicatifs (calculs, logiques, entrées/sorties) dédiés à des fonctionnalités particulières de l'avion ;
- un réseau Ethernet redondant de 100 Mbits/s, qui a du être adapté pour pouvoir répondre à des contraintes de criticité.

En dépit du niveau d'innovation proposé, un excellent niveau de maturité a été atteint dès le premier vol.

Une multitude de systèmes sont installés à bord de l'avion, dont le but est d'assurer les fonctionnalités néces-

saires à la conduite de sa mission et à la sécurité de ses occupants. Le tableau ci-dessous en donne une vision non exhaustive.

Le constat d'une évolution et la nécessité d'une révolution

1983 : A310

- présentation électronique (écrans) pour l'ensemble des instruments de bord et du système d'alarmes ;
- pilote automatique et gestion du vol sur calculateurs digitaux.

1998 : A320

- système de commandes de vol électriques, calculateurs digitaux ;
- système de maintenance centralisé.

1992 : A340

- contrôle électronique des gestions d'énergie (électrique, hydraulique) ;
- communication par satellite ;
- système de gestion électronique du carburant.

1992 à 2002 : tous programmes

- services nouveaux à l'équipage et aux passagers ;
- système de navigation du futur (liaison de données avec les centres opérationnels des compagnies aériennes et centres de gestion du trafic aérien) ;
- nouveaux concepts de navigation aérienne ;

- téléchargement de logiciels.

La figure 1 résume l'évolution perçue sur la puissance totale de calcul, le nombre de bus et le volume de logiciels.

Pour assurer leurs fonctions, ces divers systèmes disposent de capteurs, de calculateurs, d'actionneurs, d'alimentation en énergie, etc. Chacun de ces systèmes doit donc, en soi, être capable de gérer, d'échanger et de traiter des données. Ceci avait historiquement été réalisé par une électronique dédiée à chacun de ces systèmes, qui avait été désignée sous le barbarisme « avionique », c'est-à-dire : avion + électronique.

Mais l'augmentation des fonctionnalités demandées a conduit progressivement à une forte inflation du nombre de calculateurs embarqués, qui présente un nombre important d'inconvénients :

- une masse importante (câblage et calculateurs) ;
- une consommation d'énergie (refroidissement des calculateurs) ;
- un coût élevé (faibles séries) ;
- une fiabilité moindre (nombre élevé de calculateurs) ;
- une gestion complexe de l'obsolescence des composants électroniques.

Par ailleurs, les fonctionnalités à assurer devenant plus complexes, il s'ensuit un besoin croissant d'échanges de données entre les systèmes eux-mêmes. Il

TABEAU I

Conditionnement, pressurisation	Instruments de bord
Génération & distribution électrique	Navigation
Pilote Automatique	Surveillance des portes
Commandes de vol	Communications
Antigivrage	Protection incendie et fumées
Eclairage	Génération & distribution hydraulique
Maintenance	Train d'atterrissage
Système de carburant	Système propulsif
Système de freinage	Système de démarrage
Services aux passagers	Eaux usées

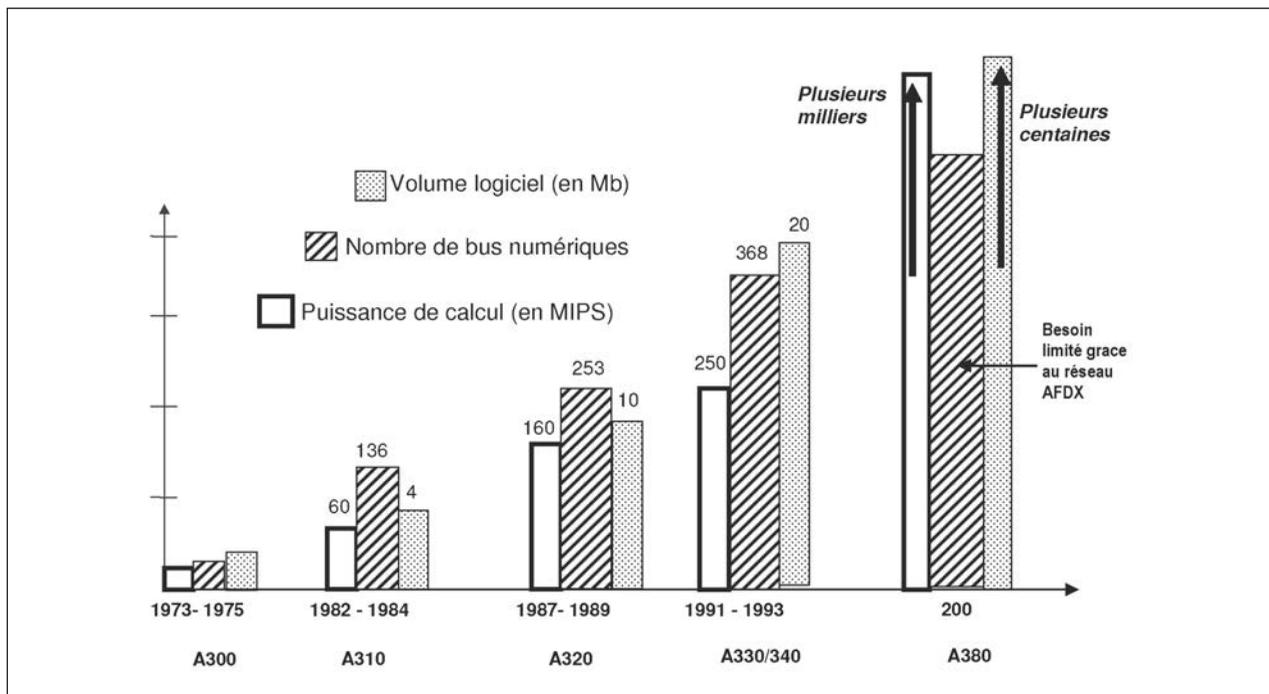


Fig. 1. - Les systèmes électroniques se sont considérablement accrus d'un modèle à l'autre depuis trente ans.

apparaît donc clairement un facteur « exponentiel » dans la croissance de l'échange d'information.

Cet ensemble de facteurs a créé un fort besoin d'évolution ; les technologies issues du monde de l'informatique moderne ont permis d'y apporter des réponses. Cependant, les contraintes de l'avionique embarquée ont nécessité un certain nombre de travaux de développement.

Les contraintes de l'électronique embarquée dans un avion commercial

Première contrainte : la sécurité. Le monde de l'aéronautique est soumis à de très fortes contraintes, que nous ne détaillerons pas ici. L'une d'entre elles est qu'aucune panne « unitaire » de l'un quelconque des éléments, même démontrée comme extrêmement improbable, ne doit entraîner d'événement catastrophique.

Deuxième contrainte : la performance opérationnelle. Les attentes légitimes des passagers, l'encombrement du trafic aérien, la gestion des opérations sont des éléments qui conduisent les compagnies à avoir de fortes exigences en

matière de fiabilité de l'avion. Typiquement, les exigences exprimées par nos clients sont de l'ordre de « 99,5 % de vols ayant moins de 15 minutes de retard pour des raisons liées à l'avion ». Les autres causes de retard ne manquent malheureusement pas : il est donc nécessaire que l'avion soit aussi transparent que possible dans la difficile orchestration des opérations.

Troisième contrainte : la performance technique. La masse est évidemment le principal ennemi de l'aviation... Il en est un autre, plus insidieux, c'est la consommation électrique. Elle induit un premier effet sur le dimensionnement du système de génération électrique, et un second... sur le système de refroidissement. Par ailleurs, un élément non négligeable est à prendre en compte, particulièrement sur les avions de grande taille : la masse des câblages dépasse souvent largement celle des calculateurs...

Enfin, quatrième contrainte : l'évolutivité. La durée de vie d'un programme d'avion est de plusieurs dizaines d'années (c'est l'âge de l'Airbus A300 ou du Boeing 747, tous deux encore en production). Sur une telle durée, les évolutions du trafic aérien, des services aux passagers, des possibilités offertes en matière de navigation (etc.) génèrent le besoin d'implémenter sur nos appareils

(voire d'appliquer en *retro fit* sur des avions déjà produits) de nouvelles fonctionnalités insoupçonnées lors de sa conception initiale. L'architecture avionique doit donc s'accommoder de cette nécessité.

L'avionique modulaire embarquée a été définie comme une réponse aux défis évoqués ci-dessus. Deux éléments essentiels la composent :

- des modules (appelés « modules IMA » dans la suite du texte), standardisés dans leurs composants essentiels, destinés à abriter les divers applicatifs, et à acquérir et échanger des données ;
- un réseau de communication à haut débit, appelé AFDX (Full Duplex Ethernet).

Les modules IMA

Les séries d'avions commerciaux, même les plus vendus, ne dépassent pas les quelques milliers d'exemplaires. C'est à la fois énorme, si l'on compare ce volume aux premiers programmes aéronautiques européens, et insignifiant, comparé aux productions de l'automobile, de la téléphonie mobile, etc. Si l'on souhaite pouvoir obtenir une électronique développée de manière industrielle et à un coût acceptable, il est nécessaire de couvrir l'ensemble

des besoins de l'électronique embarquée, fort différents d'un système à l'autre, par des composants aussi standardisés que possible. L'approche retenue a consisté à développer 8 composants de base (par exemple boîtier, alimentation, carte CPU, plusieurs cartes d'entrée-sortie...), qui peuvent être assemblés de façon flexible, pour couvrir les besoins de chaque système ou groupe de systèmes particuliers (figures 1 et 2).

La conception de chaque composant est calculée pour que chacun des modules assemblés ait un « MTBF » de 50 000 heures. Par ailleurs, chacun de ces composants de base est conçu avec l'objectif non pas d'échapper à l'obsolescence des composants, ce qui serait vain, mais d'en limiter le risque et de savoir y faire face.

On pourrait ainsi comparer cette stratégie à celle des « assembleurs de PC » qui, à partir d'un certain nombre de composants, peuvent élaborer la machine nécessaire aux besoins spécifiques d'un client. Dans le cas de l'A380, ces 8 composants de base permettent d'assembler les 30 modules nécessaires à chaque avion (le nombre total est dû aux nécessaires redondances).

Le fournisseur de chacun des systèmes devra donc élaborer ses applicatifs de manière à les implanter dans ces modules, un même module pouvant ainsi abriter plusieurs applications, provenant éventuellement de fournisseurs différents. Cette stratégie permet une utilisation meilleure des ressources.

Le réseau AFDX

Comme tout réseau informatique, le but du réseau AFDX est de garantir l'échange de données entre les différents modules, mais aussi entre modules et autres composants des systèmes embarqués. Les caractéristiques supplémentaires attendues d'un réseau embarqué sont relatives au « déterminisme » du mode de fonctionnement de celui-ci ; il faut, en effet, garantir de manière déterministe l'acheminement effectif des données, mais aussi leur temps de transfert.

Afin de prendre en compte ces contraintes, mais aussi de faire largement appel aux standards du commer-

La masse est évidemment le principal ennemi de l'aviation... Il en est un autre, plus insidieux, c'est la consommation électrique

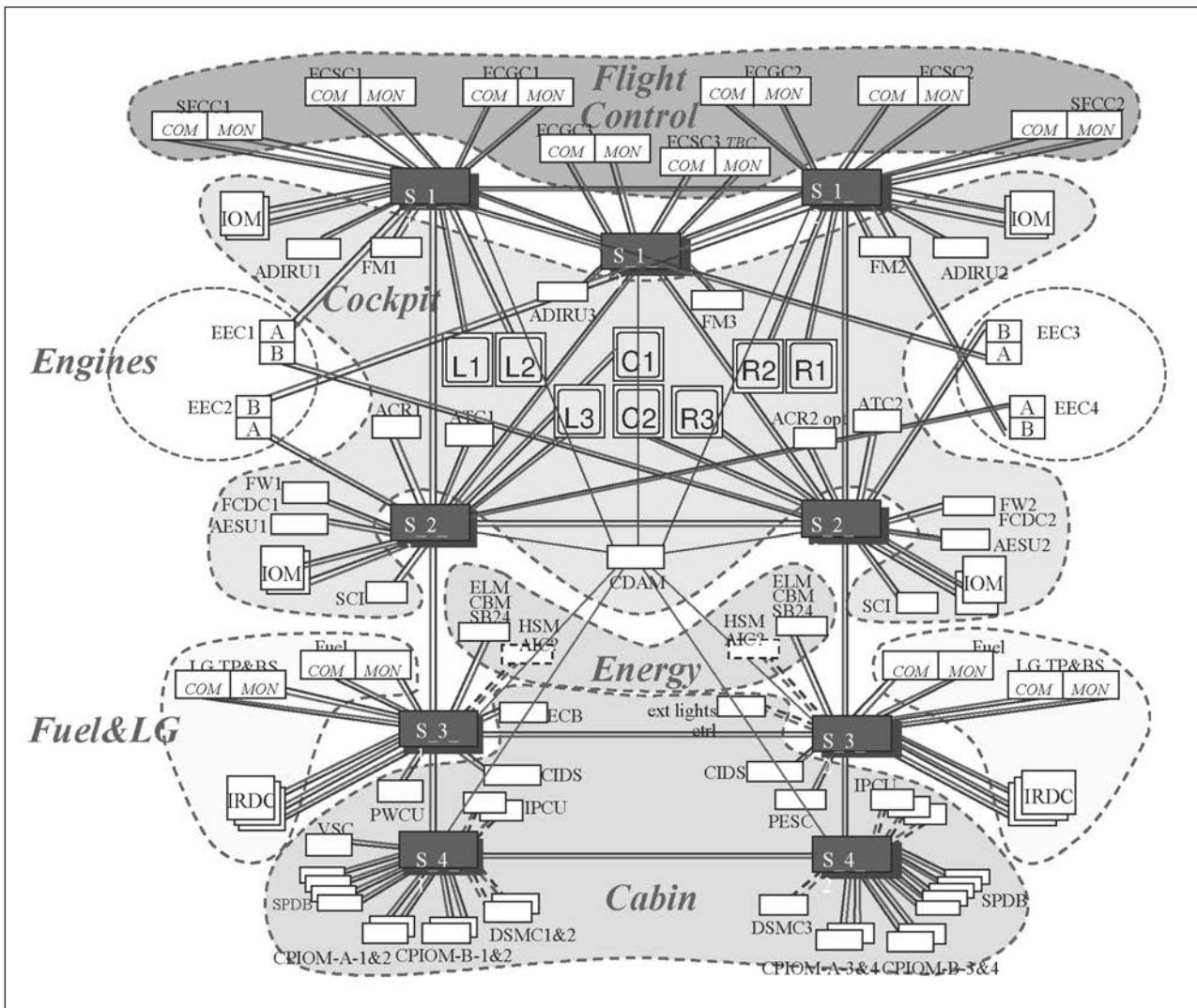


Fig. 2. - L'architecture globale du réseau est particulièrement complexe.

ce pour pouvoir bénéficier de l'environnement de développement nécessaire à moindre coût, la stratégie s'est appuyée sur la base existante du protocole Ethernet TCP/IP. La mise en œuvre de ce réseau a nécessité le développement de « routeurs » (ou « *switchs* »).

La couche physique du réseau a été « durcie » pour être cohérente avec l'environnement avion et repose sur des paires torsadées en cuivre. L'ensemble du réseau présente évidemment le degré de redondance nécessaire pour satisfaire les exigences de sécurité.

A partir des composants décrits plus

hauts, Airbus s'est attaché à définir une architecture de réseau permettant une optimisation de la masse ainsi que des flux de données, tout en respectant évidemment les contraintes de redondance et de ségrégation, indispensables à la sécurité.

L'aspect industriel

Cette révolution architecturale n'est pas sans conséquences sur le panorama industriel, puisqu'elle revient à ramener, dans une architecture optimisée, des fonctionnalités qui étaient auparavant disséminées de manière plus ou moins harmonieuse.

Sur le plan de l'ensemble de l'avionique modulaire, les acteurs essentiels en sont Airbus (architecte réseau et production de modules), Thalès (production de modules) et Rockwell-Collins (production des routeurs ou « *switchs* »).

Mais cette révolution n'est pas sans conséquence sur les autres acteurs. Les équipementiers « traditionnels », qui fournissaient les systèmes les plus variés, en développaient la plupart du temps aussi la partie « électronique de contrôle et commande ».

Aujourd'hui, Airbus attend d'eux, dans ce domaine, la fourniture d'un applicatif susceptible d'être intégré dans les modules IMA. Ce qui constitue à la fois un changement de « *business model* » (moins de parties physiques) et l'apparition d'un nouveau métier (évolution de compétences). Cette évolution a été accompagnée, par Airbus et Thalès, d'un développement d'outils, diffusés auprès des autres équipementiers et destinés à obtenir un développement plus « fédéré », ce qui a limité les problèmes liés à l'intégration.

Globalement, l'ensemble des acteurs de la construction aéronautique a donc contribué à ce qui, après les premiers vols, apparaît déjà comme un succès technique et industriel.

Vers une évolution du nouveau standard

La réponse apportée par l'avionique modulaire intégrée a permis de faire face aux défis de l'A380 et de proposer un nouveau standard pour l'aéronautique, déjà adopté par l'A400M (avion européen de transport militaire).

Ce standard correspond réellement à une rupture par rapport aux architectures qui l'ont précédé. La durée de vie des programmes aéronautiques est telle que la prochaine révolution n'est sans doute pas pour demain. Toutefois, le nombre et la complexité des fonctions attendues de l'électronique embarquée ne cesseront pas pour autant de croître ! Il est donc déjà temps de penser aux évolutions que devra accepter ce nouveau standard pour rester une norme. Il faudra en particulier intégrer, dans les modules IMA, une augmentation de la puissance de calcul et de la capacité de mémoire, mais aussi s'accommoder, en matière d'entrées – sorties, de futurs standards de bus locaux (ou « *bus de terrain* »). Notons que la conception modulaire facilitera cette évolution, en cantonnant les évolutions à quelques-uns des composants. En ce qui concerne le *bus* AFDX, aujourd'hui supporté par des paires torsadées, l'arrivée de la fibre optique donnera une marge supplémentaire de croissance. ●

Publié par
**ANNALES
 DES
 MINES**
 Fondées en 1794

Fondées en 1794, les Annales des Mines comptent parmi les plus anciennes publications économiques. Consacrées hier à l'industrie lourde, elles s'intéressent aujourd'hui à l'ensemble de l'activité industrielle en France et dans le monde, sous ses aspects économiques, scientifiques, techniques et socio-culturels.

Des articles rédigés par les meilleurs spécialistes français et étrangers, d'une lecture aisée, nourris d'expériences concrètes : les numéros des Annales des Mines sont des documents qui font référence en matière d'industrie.

Les Annales des Mines éditent trois séries complémentaires :

**Réalités Industrielles,
 Gérer & Comprendre,
 Responsabilité & Environnement.**

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* fait le point sur un sujet technique, un secteur économique ou un problème d'actualité. Chaque numéro, en une vingtaine d'articles, propose une sélection d'informations concrètes, des analyses approfondies, des connaissances à jour pour mieux apprécier les réalités du monde industriel.

GÉRER & COMPRENDRE

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* pose un regard lucide, parfois critique, sur la gestion « au concret » des entreprises et des affaires publiques. *Gérer & Comprendre* va au-delà des idées reçues et présente au lecteur, non pas des recettes, mais des faits, des expériences et des idées pour comprendre et mieux gérer.

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* propose de contribuer aux débats sur les choix techniques qui engagent nos sociétés en matière d'environnement et de risques industriels. Son ambition : ouvrir ses colonnes à toutes les opinions qui s'inscrivent dans une démarche de confrontation rigoureuse des idées. Son public : industries, associations, universitaires ou élus, et tous ceux qui s'intéressent aux grands enjeux de notre société.

**ABONNEZ-VOUS
 AUX
 ANNALES DES MINES**

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

et

GÉRER & COMPRENDRE

et

RESPONSABILITÉ

& ENVIRONNEMENT

**DEMANDE DE
 SPÉCIMEN**

L'INDUSTRIE
 AU
 CONCRET

BULLETIN D'ABONNEMENT

A retourner accompagné de votre règlement
aux Editions ESKA <http://www.eska.fr>
12 rue du Quatre-Septembre 75002 Paris
Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35

Je m'abonne pour 2006 aux Annales des Mines :

Réalités Industrielles

4 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 74 €	<input type="checkbox"/> 89 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 96 €	<input type="checkbox"/> 115 €

Réalités Industrielles + Responsabilité & Environnement

8 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 140 €	<input type="checkbox"/> 168 €
Sociétés/Institutions	<input type="checkbox"/> 175 €	<input type="checkbox"/> 229 €

Réalités Industrielles + Gérer & Comprendre

8 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 140 €	<input type="checkbox"/> 168 €
Sociétés/Institutions	<input type="checkbox"/> 175 €	<input type="checkbox"/> 229 €

Réalités Industrielles + Gérer & Comprendre + Responsabilité & Environnement

12 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 178 €	<input type="checkbox"/> 227 €
Sociétés/Institutions	<input type="checkbox"/> 266 €	<input type="checkbox"/> 317 €

Nom
Fonction
Organisme
Adresse

- Je joins : un chèque bancaire à l'ordre des Editions ESKA
 un virement postal aux Editions ESKA,
CCP PARIS 1667-494-Z
 je souhaite recevoir une facture

DEMANDE DE SPÉCIMEN

A retourner à la rédaction des Annales des Mines
120, rue de Bercy - Télédock 797 - 75572 Paris Cedex 12
Tél. : 01 53 18 52 68 - Fax : 01 53 18 52 72

Je désire recevoir, dans la limite des stocks
disponibles, un numéro spécimen :

- de la série **Réalités Industrielles**
 de la série **Gérer & Comprendre**
 de la série **Responsabilité & Environnement**

Nom
Fonction
Organisme
Adresse

Publié par
**ANNALES
DES
MINES**
Fondées en 1794

Fondées en 1794, les Annales des Mines comptent parmi les plus anciennes publications économiques. Consacrées hier à l'industrie lourde, elles s'intéressent aujourd'hui à l'ensemble de l'activité industrielle en France et dans le monde, sous ses aspects économiques, scientifiques, techniques et socio-culturels.

Des articles rédigés par les meilleurs spécialistes français et étrangers, d'une lecture aisée, nourris d'expériences concrètes : les numéros des Annales des Mines sont des documents qui font référence en matière d'industrie.

Les Annales des Mines éditent trois séries complémentaires :

**Réalités Industrielles,
Gérer & Comprendre,
Responsabilité & Environnement.**

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

Quatre fois par an, cette série des Annales des Mines fait le point sur un sujet technique, un secteur économique ou un problème d'actualité. Chaque numéro, en une vingtaine d'articles, propose une sélection d'informations concrètes, des analyses approfondies, des connaissances à jour pour mieux apprécier les réalités du monde industriel.

GÉRER & COMPRENDRE

Quatre fois par an, cette série des Annales des Mines pose un regard lucide, parfois critique, sur la gestion « au concret » des entreprises et des affaires publiques. Gérer & Comprendre va au-delà des idées reçues et présente au lecteur, non pas des recettes, mais des faits, des expériences et des idées pour comprendre et mieux gérer.

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

Quatre fois par an, cette série des Annales des Mines propose de contribuer aux débats sur les choix techniques qui engagent nos sociétés en matière d'environnement et de risques industriels. Son ambition : ouvrir ses colonnes à toutes les opinions qui s'inscrivent dans une démarche de confrontation rigoureuse des idées. Son public : industries, associations, universitaires ou élus, et tous ceux qui s'intéressent aux grands enjeux de notre société.

L'INDUSTRIE
AU
CONCRET

Les technologies de l'information et de la communication et leurs applications dans la santé

Les applications des TIC au domaine de la santé devraient connaître dans les prochaines années un développement considérable, générateur d'emplois industriels, de gains de productivité et de réduction des coûts pour ce secteur. La France dispose des compétences nécessaires au développement des TIC adaptées au secteur sanitaire ; les résultats économiques dépendent des efforts de recherche et développement engagés et des encouragements en direction des acteurs de la santé, des sociétés de service, des développeurs de logiciels et des producteurs de matériels électroniques.

**par Géraldine Capdeboscq,
Bull**

Après une histoire mouvementée, dont elle n'aurait pas surmonté les difficultés sans une grande capacité d'innovation due à ses compétences techniques, et sans l'appui persévérant de l'Etat, la société Bull reste le

dernier fournisseur européen d'ordinateurs. Elle espère sortir un jour de cette situation qui a longtemps empêché l'opinion publique française, et européenne – au moins dans les pays qui avaient laissé disparaître leurs propres constructeurs – de prendre conscience de l'importance des technologies numériques dans la spécialisation internationale, et des inconvénients qu'aurait la perte de contrôle d'un élément clé de la chaîne de valeur ajoutée qu'apportent ces technologies pour la croissance économique.

Contrairement à ce qui se passe dans le domaine des technologies électroniques et numériques, le domaine de la santé est généralement crédité d'un bon potentiel tant pour les activités actuelles que pour les bio-technologies du futur. Mais dans ce domaine aussi, la compétition internationale est très forte, et l'effort de recherche et d'innovation va devoir prendre en compte des avantages nouveaux qu'apportent des systèmes d'information très performants, des capacités d'échange en temps réel, et des capacités de traitement de données très nombreuses et complexes.

Pour participer aux grands projets de réforme en cours en France et en Europe dans le domaine de la santé, Bull a choisi de coopérer avec Siemens, pour associer l'expérience de cette société dans l'outillage et les techniques médicales et la gestion des systèmes de soins américains avec ses services d'intégration de systèmes et de pilotage de grands projets, qu'il s'agisse de déployer une infrastructure orientée services en ligne (SOA) ou des solutions performantes pour la sécurité des systèmes, avec les grands serveurs Bull

conçus à partir de composants standards et de logiciels libres.

Comme l'ensemble des sociétés actives dans le domaine de la santé, Bull sera donc très attentive au succès des évolutions du marché européen sous l'angle de :

- la nécessaire relance de la recherche et du développement de solutions innovantes dans le domaine des TIC et celui de la santé, l'un aidant l'autre ;
- la promotion de solutions conçues et développées en France pour la mise en réseaux et l'interopérabilité des systèmes d'information, leur sécurisation et leur infogérance ;
- la mise en œuvre des principales réformes annoncées depuis quelques mois, dans le domaine de l'aide à la recherche, de la réforme de l'assurance maladie (dossier médical personnel) et du fonctionnement des services publics (partenariats « public-privé ») dans le domaine de la santé.

Il a été « de bon ton » en Europe, dans les années récentes, de considérer que la maîtrise des technologies numériques pouvait être laissée aux Américains et aux Japonais, voire aux Indiens, et qu'on devait importer les outils correspondants au prix le plus bas possible, plutôt que faire l'effort de concevoir ceux-ci, et de les développer, sur le territoire européen.

Cette position correspondait certes aux intérêts de court terme des consommateurs, et s'accordait bien aussi avec le souci de protéger des structures traditionnelles, notamment administratives ou de production, dans la mesure où elle induisait une introduction plus tardive et lente d'outils informatiques modernes, faute d'avoir été conçus en prise directe avec les utilisateurs potentiels.

Bien qu'avec retard, ces outils se sont néanmoins imposés, en raison des gains de productivité qu'ils permettent. Les emplois traditionnels ont diminué à mesure que se généralisaient ces outils qui, à de rares exceptions près, ont été développés dans d'autres pays. L'idéologie ambiante a donc simplement freiné le développement local des emplois nouveaux, plus techniquement qualifiés, qui auraient dû remplacer, au bénéfice des générations suivantes, les emplois inéluctablement dépassés.

Dans tous les métiers, les outils faisant appel aux technologies mécaniques, analogiques, photographiques, etc., sont progressivement remplacés par des ordinateurs communicants, ou tout au moins par des outils utilisant les technologies numériques, qui prennent une part croissante de la valeur ajoutée. C'est particulièrement vrai dans le secteur de la santé.

Ces technologies numériques deviennent *on demand*, comme l'énergie, l'eau ou l'électricité ; mais, alors que les investissements de recherche et de développement dans les TIC continuent à être prioritaires (et considérablement aidés par les pouvoirs publics) dans les autres parties du monde, et alors que la Chine fait aujourd'hui l'effort de créer de toute pièce une industrie électronique diversifiée et puissante, cet étrange mépris de l'enjeu que représentent les TIC reste malheureusement répandu. Les conséquences culturelles, économiques, sociales, et financières et les effets de la dépendance correspondante n'ont commencé que très récemment à être un objet de débat et de réflexion collective.

Leurs acheteurs européens, publics et privés, n'ont qu'insuffisamment contribué au développement des TIC sur leur territoire ; ils n'ont pas souvent le réflexe de privilégier les technologies nouvelles qui s'y présentent et de chercher à tirer avantage des innovations en se les appropriant dès qu'elles apparaissent, comme le font systématiquement leurs homologues américains ou asiatiques ; ils ont tendance à se contenter des solutions TIC déjà éprouvées ailleurs, ce qui les prive d'atouts différenciants dans la compétition internationale et les met en situation dangereuse de dépendance. La rentabilité de l'aide à

la recherche apportée par les pouvoirs publics en sort affaiblie, car les créations d'emplois locaux, qui engendrent des recettes fiscales et des cotisations sociales supplémentaires, sont freinées. Les compétences et les *start-ups* brillantes n'ont pas manqué, mais nombre d'entre elles n'ont eu d'autre solution que de se vendre à des sociétés étrangères puissantes, plus disposées à les aider à conquérir le marché international et, avec retard, leur pays d'origine. Il faut donner aux emplois associés à ces technologies nouvelles la possibilité de se construire, leur offrir non pas un marché réservé, mais une chance de se faire connaître par une ou plusieurs réalisations de référence, et de conquérir une part de marché significative sur leur marché d'origine. Le « patriotisme industriel » moderne ne peut en effet reprendre les voies du nationalisme et du protectionnisme d'antan, car la recherche et l'innovation sont des prises de risques, qui résultent toujours de coopérations et de compétitions exigeant une grande intensité d'échanges ; elles tirent parti d'acquis déjà promus par des sociétés internationales puissantes et dont il ne faut évidemment pas se priver ; enfin, pour démontrer la qualité d'une innovation sur le marché international, la dimension européenne est indispensable.

L'enjeu est considérable

Les chiffres clés pour 2005 sur la science, la technologie et l'innovation par la Commission européenne, publiés en juillet, font apparaître que le taux de croissance du rapport entre les dépenses de R&D et le PIB régresse depuis 2000 et est actuellement proche de zéro. En outre, l'Europe attire moins les activités de recherche que par le passé : entre 1997 et 2002, les dépenses de R&D effectuées par les entreprises de l'UE aux Etats-Unis ont augmenté beaucoup plus rapidement que celles des entreprises américaines dans l'Union européenne (54 % contre 38 %). Le déséquilibre net en faveur des Etats-Unis a quintuplé entre 1997 et 2002 : il est en effet passé d'environ 300 millions d'euros en 1997 à près de 2 milliards d'euros en 2002. De plus, les

investissements des Etats-Unis ont augmenté beaucoup plus rapidement dans des régions situées en dehors de l'UE : 25 % par an en Chine contre seulement 8 % environ dans l'Union européenne. Or, ce retard pris par l'Europe dans le domaine de la recherche et de l'innovation est notamment dû aux domaines des TIC et de la santé.

La France dispose pourtant dans le domaine de la santé d'une position favorable, que cette position se mesure en termes d'espérance de vie des citoyens, de natalité et de taux de mortalité infantile, de productivité horaire du travail (pour les actifs), ou par l'existence sur son territoire de grandes entreprises pharmaceutiques, de laboratoires de recherche réputés, et de compétences scientifiques et technologiques importantes dans le domaine des TIC. Et ces compétences françaises sont reconnues sur le plan international.

Mais de multiples rapports (1) d'experts récents insistent sur le retard qui se prend désormais dans les domaines de :

- la recherche dans les médicaments (Cf. le n° 2005-1 des *Annales des Mines*) ;
- les biotechnologies ;
- la psychiatrie ;
- l'organisation des soins (médecine de ville/hôpitaux) et le déficit de l'Assurance Maladie ;
- les emplois induits (depuis le chercheur et prix Nobel de médecine jusqu'aux emplois d'aide à domicile) ;
- le rythme d'appropriation des TIC et leur rôle dans toutes les formes d'échanges, les outils et l'organisation sociale du travail.

L'inquiétude des experts reflète bien sur la prise de conscience d'une réalité, mais elle correspond aussi au sentiment que tout n'est pas fait pour y remédier, et que les compétences encore disponibles peuvent contribuer à un effort de redressement efficace.

Selon l'OCDE, les dépenses totales de santé représentaient 8,5 % dans la moyenne des pays de l'OCDE (près de 8 % au Royaume-Uni, 11 % en

(1) Numéro des *Annales des Mines*, série *Réalités Industrielles*, de 2005 consacré à la pharmacie ; rapport Fontagné-Lorenzi du Conseil d'analyse économique, fin 2004 ; rapport Betbèze, juin 2004 ; rapport Beffa, janvier 2005 ; rapport Moinot ; rapport annuel de la Cour des comptes sur l'assurance maladie ; rapport Yolin sur les TIC et les PME.

Allemagne et 9,5 % en France, 14,5 % aux USA en 2002). Ces dépenses couvrent aussi bien des équipements que des bâtiments et des personnels. Rappelons que le secteur de la santé est un employeur majeur, souvent le plus grand, dans la plupart des pays occidentaux ; plus d'un million de personnes en France et en Grande-Bretagne, par exemple.

Les principaux analystes industriels spécialistes des TIC (Datamonitor, Gartner, IDC...) prévoient une croissance annuelle moyenne de ces activités (sur le marché européen, dans le domaine de la santé) comprise entre 6 et 9 % par an d'ici 2010, dont près de 8 % par an pour les trois prochaines années. La croissance des dépenses TIC dans la santé devrait être de l'ordre de 10 % en Espagne et 14 % dans les pays de l'Est, contre 7 % en moyenne en Allemagne et en France.

Ces taux concernent le matériel (+ 8 à + 12 % par an, si l'on inclut l'outillage médical « propriétaire » dont les composants « embarqués » spécifiques évoluent à mesure que les informations doivent être mises en réseaux), les logiciels (+ 6 à 9 % par an) et les services (+ 3 à 4 % par an).

C'est dire l'importance que prendront les TIC dans les applications de la santé dans les années qui viennent.

Le domaine de la santé est à la fois un domaine qui relève de la responsabilité nationale et un domaine très porteur de l'activité économique et de l'emploi, où la disponibilité d'outils compétitifs est essentielle. Les règles en vigueur, ou que développe l'Union européenne devraient favoriser leur diffusion dans tous les pays de l'Union.

Compte tenu de la nature et de l'importance des réformes qui y sont actuellement engagées, ce domaine devrait être un champ exemplaire du « patriotisme industriel » européen, évoqué récemment par le Premier ministre pour ce qui concerne la France, ou à tout le moins d'un dynamisme industriel européen maîtrisé, favorisant des investissements rentables dans des domaines innovants et créateurs d'emploi, c'est-à-dire de la promotion de technologies très innovantes et compétitives, conçues sur le territoire européen ou pour ses besoins spécifiques, de façon à

TABLEAU I
Les services représentent un peu moins de la moitié
des investissements totaux d'informatique

Milliards \$ US	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Hardware*	5,5	5,9	6,5	7,0	7,3	7,7
Software	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,4
Services IT	9,3	9,6	10,1	10,7	11,3	12,1
Total	19,2	21,2	21,8	23,2	24,6	26,2

* hors matériels médicaux.
Source : IDC 2005 : Europe des 25 + Suisse, Norvège et Russie.

y réconcilier la création d'emplois avec la compétition internationale. Un grand nombre des technologies développées pour la santé devraient avoir en outre un caractère « dual » privé-public, et se déployer au sein de solutions concernant notamment les services de l'Etat ou les collectivités territoriales, comme dans toutes les activités commerciales. Dans la plupart des pays, mais notamment en Europe, l'allongement de la durée de la vie et l'augmentation de la qualité des soins médicaux se traduisent par une croissance des dépenses de santé plus rapide que celle de la richesse nationale, ce qui impose, pour résoudre la contradiction qui en résulte, un rythme d'innovations et de gains de compétitivité très soutenu, tant dans le domaine des technologies médicales que dans celui de l'organisation des soins.

Une très large part des produits et « solutions » (combinant produits et services sous-jacents à la croissance des activités de santé) restent à inventer. Les compétences nécessaires pour construire ces nouveaux outils existent heureusement en France, mais il faut encourager les acteurs de la santé, mais aussi les sociétés de services, les développeurs de logiciels ou les producteurs de matériels électroniques, à en faire des éléments de leur compétitivité.

Les pays européens présentent globalement deux types de systèmes de santé :
- des soins gratuits financés par l'impôt et gérés par une administration : c'est le cas au Danemark, en Espagne, en Finlande, en Grèce, en Italie, en Irlande, au Portugal, au Royaume-Uni, et en Suède. Les médecins y sont des salariés du secteur public. Un secteur privé parallèle répond à la demande que le secteur public ne peut satisfaire ;

- des soins financés par des cotisations sociales prélevées sur les salaires et gérées par des organismes de sécurité sociale. La médecine de ville y est majoritairement libérale alors que le secteur hospitalier est généralement public, mais il y existe aussi un secteur hospitalier de cliniques privées. C'est le système de soins en vigueur en Allemagne, en Autriche, en Belgique, en France, au Luxembourg, et aux Pays-Bas.

En dépit de la forte pression financière sur les finances publiques qui en résulte, la solidarité et l'universalité restent les principes fondateurs de tous les systèmes européens et ne sont pas remis en cause.

En revanche, tous ces pays ont entamé le chantier de la rénovation de leur politique de santé publique, pour relever des défis majeurs, notamment le maintien à un niveau satisfaisant de l'offre de prévention et de soins, par :

- la protection contre les pandémies internationales avec les systèmes de vigilance appropriés ;
- la mise en œuvre de programmes de recherche pour favoriser le développement et le partage des connaissances médicales ;
- la fixation des grands objectifs de santé publique et le développement d'outils de mesure des résultats atteints ;
- la vérification de la qualité des médicaments par un mécanisme d'autorisation de leur mise sur le marché ;
- la coopération entre médecine de ville et médecine hospitalière, en prenant en compte une participation croissante des patients dans les décisions de santé ;
- la définition des règles d'organisation des soins et l'optimisation des dépenses en vue d'en maîtriser la croissance.

L'évolution des systèmes d'information constitue l'instrument privilégié de ce très vaste chantier

L'objectif est de faciliter la collaboration d'équipes pluridisciplinaires et souvent géographiquement distantes (2), de leur permettre de mettre en commun, avec la meilleure qualité possible, les informations (images, textes, sons...) dont elles ont besoin.

Ainsi, en France, les « systèmes d'information hospitaliers » (SIH), aujourd'hui hétérogènes et informatisés à des degrés variables, devraient devenir transparents pour garantir aux professionnels de santé, où qu'ils se trouvent dans l'hôpital, l'ergonomie de leurs postes de travail et un accès suffisamment rapide aux informations de toutes sortes qui leur sont nécessaires (production de soins, relations avec la recherche, plateaux techniques, finance et administration).

Le développement de réseaux de soins et de l'hospitalisation à domicile s'inscrit également dans une logique d'ouverture du système d'information de la santé, au service des patients.

Pour certaines spécialités, telles que le cancer et le diabète, ces réseaux de soins sont déjà arrivés à maturité et sont présents de manière homogène sur le territoire national.

A terme, tout soignant devrait pouvoir disposer de l'ensemble des informations disponibles sur un malade, qui lui sont nécessaires pour une pleine efficacité. Ce besoin est particulièrement crucial pour les services d'urgences, et fera du dossier médical personnel une pièce maîtresse du système de soins.

L'un des défis majeurs de ce fonctionnement en réseau est de garantir néanmoins la confidentialité des données médicales, tout en autorisant l'accès aux informations nécessaires pour bien prendre en charge les patients. Or les systèmes d'information existants sont structurés en grands ensembles, ou « silos » indépendants, entre lesquels les échanges sont d'autant plus complexes qu'ils ont été conçus à des époques différentes avec des technologies hétérogènes. La suppression des « effets de

silos » passe par la définition de référentiels communs à la disposition des professionnels de plusieurs disciplines – comme par exemple la définition et la validation de la connaissance sur les pathologies, les actes et les signes – mais aussi par l'identification des acteurs et la création d'annuaires. La fiabilité des données échangées doit être extrême, et le secret médical sauvegardé.

Pour obtenir :

- une coordination de l'ensemble des informations ou données associées à un patient, à une pathologie, à un ensemble d'équipements, au personnel hospitalier, etc. il faut réaliser l'agrégation de données de natures diverses (image, graphique, texte...) fournies par des acteurs multiples qui peuvent être des personnes (les médecins et personnels soignants ; dans certains cas les patients eux-mêmes), des dossiers, images et « contenus », ou des programmes d'ordinateurs chargés de traiter les informations reçues ; il faut aussi avoir la capacité d'archiver de manière cohérente les très grandes masses d'information associées. Ces archives devront rester accessibles de manière standard, sécurisée, conviviale (utilisant notamment le langage naturel), stable dans la longue durée, et avec un temps de réponse acceptable. Des analyses très approfondies de certains dossiers, ou d'un grand ensemble de dossiers, avec une durée de traitement compa-

tible avec la prise de décision, seront sans doute nécessaires.

Tous les concepteurs d'ordinateurs ou d'équipements de télécommunications réfléchissent aujourd'hui à l'élaboration de solutions compétitives à ces problèmes, dans la mesure où l'interopérabilité exigée introduit une rupture par rapport aux offres établies, que ce soit dans le domaine des composants matériels standards, ou celui des logiciels adaptés d'archivage, d'interrogation, de fouille de données et de communications, ou dans le domaine des systèmes d'exploitation sous-jacents aux applications « tournant » sur ces machines. Le développement d'Internet provoque en effet la diffusion et l'adoption de nouvelles normes d'échange et d'archivage de données complexes, qui sont l'enjeu d'une forte compétition sur un marché encore très ouvert, donc accessible même à des acteurs nouveaux.

- une organisation intégrée des diverses fonctions ou métiers de l'hôpital et de la ville, favorisant une automatisation de processus internes, la coopération entre divers services intérieurs ou extérieurs, l'interopérabilité de leurs systèmes d'information, l'aptitude au changement...

(2) Voir par exemple les travaux du 9^e congrès européen du télétravail en 2002, pour l'e-santé, la coopération lors d'accidents, les interventions à distance, ou faiblement intrusives : http://www.telecom.gouv.fr/informatique/prog_9teletrav.htm.

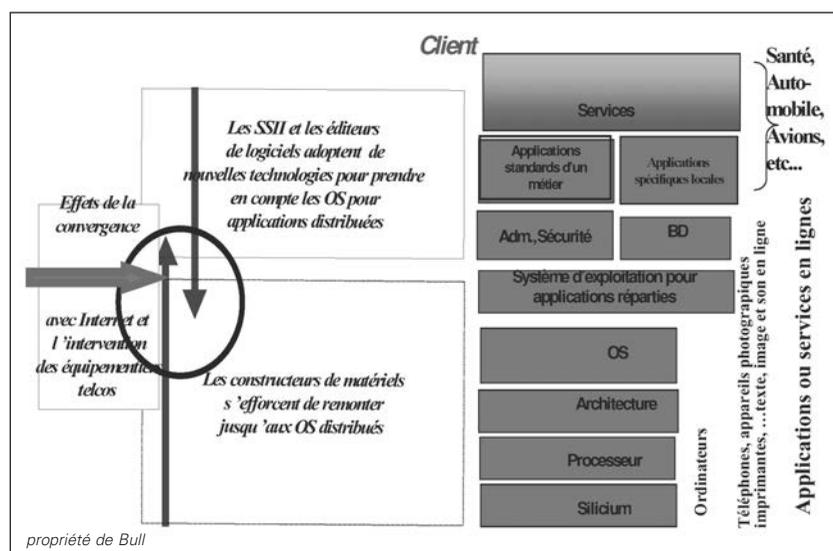


Figure 1. - La standardisation internationale dans le domaine des TIC commence à s'attaquer aux applicatifs métiers : il est temps d'en reprendre la maîtrise.

il faut, bien sûr et en premier lieu, déployer des réseaux à très haut débit intra- et inter-établissements, mais il conviendra ensuite de doter l'ensemble des serveurs et terminaux concernés d'outils logiciels standard permettant la communication entre applications et la conception des nouvelles applications distribuées. L'architecture de système d'information qu'il va falloir ainsi déployer repose sur le concept nouveau d'« architecture orientée services » (OS) qui va permettre notamment de constituer, à diverses échelles géographiques, ce qu'on pourrait appeler des grilles d'informations et de connaissances.

L'industrie européenne toute entière pourrait tirer parti de la rupture juridique et technique associée dans ce domaine aux projets *open source*. Ce mouvement accélère la standardisation en s'appuyant sur des coopérations dans la recherche-développement et dès la conception technique des outils, sans attendre l'investissement commercial de promotion de produits incorporant ces nouvelles techniques. Fondé sur la diffusion libre de connaissances établies en commun, il introduit de la modularité, un processus international de contrôle de la qualité et une très grande stabilité dans la couche des logiciels indispensables à l'interopérabilité des services.

- la sécurité des systèmes d'information fait naturellement appel à d'autres concepts que ceux de liberté et d'ouverture. La France a des compétences reconnues dans ce domaine, notamment en matière d'encryption et d'authentification. En dépit des compétences dont disposaient les principaux pays d'Europe dans le domaine des cartes à puces, ceux-ci n'ont pas su imposer un standard unique européen au moment de la création de l'euro. La compétition internationale est aujourd'hui très sévère pour l'établissement d'outils efficaces de sécurité sur Internet et pour les communications entre mobiles. Les efforts doivent se poursuivre pour éviter que des solutions venues d'ailleurs ne viennent rendre obsolètes les solutions destinées à la sécurité des systèmes d'information des administrations et entreprises françaises ou européennes.

Par ailleurs, les outils électroniques permettant de développer les biotechnologies ou d'autres recherches médicales, de développer des médicaments ou de contribuer à l'amélioration de l'efficacité des opérations chirurgicales ou des soins, vont aussi continuer à progresser : par exemple, de nouveaux outils, plus performants et moins coûteux, devraient remplacer l'IRM. Ces nouveaux outils devront permettre le pilotage des soins, l'évaluation des bonnes pratiques sous leurs aspects techniques et, bien sûr, protéger aussi la sécurité des informations traitées et le secret médical.

Les informations produites par ces nouveaux outils propres aux métiers de la santé devront elles aussi être communicables en ligne, ce qui implique une profonde évolution des composants « embarqués ».

Les solutions correspondantes seront développées grâce à des coopérations entre laboratoires de recherche publics et privés et des entreprises, et leur contribution au développement de la compétitivité économique et de l'emploi devrait être majeure. Libérés de certaines tâches, les acteurs de la santé vont devoir appréhender de nouvelles procédures et s'approprier les nouveaux outils. Les conditions d'exercice de la plupart des métiers concernés vont changer et devraient susciter un plan d'accompagnement adéquat. Des produits et des services nouveaux verront le jour et en engendreront d'autres. Dans les principaux domaines de la santé ou des TIC, les compétences pour construire les outils du futur existent en France et en Europe, mais de nombreux efforts restent nécessaires pour que ces compétences se réunissent, s'organisent en projets et débouchent assez rapidement sur des réalisations, pour pouvoir s'imposer dans la compétition internationale.

Ces compétences sont souvent dispersées, ou s'ignorent entre elles. Les pousser à se connaître et à définir des projets communs peut soulever un enthousiasme fécond, comme l'a montré la démarche de lancement des « pôles de compétitivité » au début de 2005. Pratiquement, tous les pôles de compétitivité labellisés par le Comité interministériel d'aménagement du territoire

(Ciat) du 12 juillet 2005 peuvent apporter leur concours à la conception d'outils contribuant à l'amélioration de la santé.

Des réformes en cours, source d'espoir, à condition d'intégrer l'expérience acquise

D'importantes réformes sont actuellement engagées, en France, dans le domaine de la santé et/ou des technologies de l'information et de la communication, qui doivent contribuer à la réalisation des objectifs d'innovation et de développement évoqués ci-dessus. Elles concernent en particulier l'aide publique à la recherche, le dossier médical personnel et les règles de l'achat public pour créer les « partenariats public-privé ».

Leur réussite mérite une attention particulière.

Dans son discours du 30 août 2005 à Reims, le Président de la République a placé – ensemble – le domaine de la santé et celui des technologies numériques au cœur des priorités de la « nouvelle politique industrielle et de recherche française ». C'était à l'occasion de la réunion inaugurale de l'Agence pour l'innovation industrielle, après la création de l'Agence nationale pour la recherche, et d'Oseo, pour les PMI.

La définition du champ d'action, des objectifs et des modalités d'intervention de ces trois organismes a été clairement précisée, et on ne peut que se féliciter du fait que des moyens supplémentaires importants leur soient réservés.

Toutefois, on ne peut manquer de s'interroger sur les conditions dans lesquelles un projet nécessitant les efforts conjoints d'au moins un laboratoire de recherche publique, une grande entreprise et une PME va pouvoir tirer parti de ces encouragements, et de se demander si la complexité administrative (qui ne manquera pas de résulter de ce que chaque organisme définira ses propres règles) ne risque pas de freiner l'enthousiasme et le rythme de mise en œuvre de ces nouveaux moyens, alors que le développement du reste du

monde n'attend pas. Les règles de chaque organisme risquent en outre de se heurter à celles – aujourd'hui largement divergentes – des directions « Recherche », « Information de la société » et « Concurrence » de la Commission européenne, chacune pour son domaine d'intervention. Ces règles méritent également d'être rendues plus cohérentes, sans attendre, pour ce faire, l'échéance du 7^e PCRD.

Enfin, les pôles de compétitivité labellisés par le Ciat du 12 juillet 2005 ont suscité dynamisme et enthousiasme. Mais si les projets correspondants doivent tenir compte des zones d'implantation et des ambitions politiques locales, ou s'il arrive qu'il y ait besoin, pour réussir, d'associer une équipe issue d'un autre pays européen, et dépendent pour leur succès d'un complément d'aide de la Commission européenne, le temps nécessaire au montage des dossiers d'aides risque de devenir une contrainte bien lourde ; le succès de ces réformes va donc dépendre largement des conditions de leur mise en œuvre.

L'expérience pratique acquise grâce à la gestion des programmes Euréka sera très utile à cet égard. Elle a montré néanmoins que les meilleurs projets de coopération entre pays européens pouvaient échouer à cause des différences trop grandes de traitement (règles et délais d'octroi des aides, niveaux de rémunération) existant entre les équipes initialement volontaires pour coopérer. Avec la réforme des conditions d'intervention de la Commission – et donc sa capacité à compléter des projets déjà partiellement financés par les Pays membres, sans imposer *a priori* des règles supplémentaires –, qui restent encore à définir, devrait achever de se mettre en place un train de réformes très important pour l'avenir.

- La création d'un dossier médical personnel informatisé, prévue par la loi du 13 août 2004 sur la réforme de l'Assurance Maladie, et dont les premiers prototypes sont appelés à voir le jour au printemps de l'année prochaine, devrait constituer une étape très importante pour la mise en réseau des

activités des professionnels de santé : l'établissement d'une approche globale des besoins des patients doit permettre d'éviter les contradictions ou les redondances des soins qui leur sont apportés, une meilleure qualité des soins, ainsi qu'une meilleure information pour le pilotage des progrès à rechercher dans le domaine de la santé.

Il s'agit d'un projet ambitieux et difficile, tant du point de vue purement technique que du point de vue de la définition précise des objectifs prioritaires, de leur calendrier de mise en œuvre et des réorganisations institutionnelles nécessaires. Il paraît donc raisonnable de tirer parti des expériences déjà menées dans d'autres pays, en les complétant afin de tenir compte des usages et des objectifs spécifiquement français.

Du point de vue technique, les deux sujets les plus délicats sont celui de la sécurité (avec une convergence « fixe-mobiles » sur Internet), et l'organisation de l'infogérance du système, sur la base d'un « partenariat public-privé ». La démonstration des solutions de sécurité devra être faite pour des maquettes, avant la fin de cette année, mais, en vraie grandeur, seulement au fur et à mesure de la montée en charge du système, en 2006 et, surtout, en 2007. En revanche, l'organisation territoriale définitive sur la base de laquelle sera affirmée la gestion du DMP ne sera définie qu'en 2006. Les conditions d'interopérabilité entre les solutions mises en œuvre par les différents groupes de régions ne seront fixées, le cas échéant, que dans la seconde moitié de 2006.

Il s'agit là d'une approche prudente, mais qui incite aussi les entreprises concernées à la prudence pour leurs investissements. Le financement du vaste projet qu'est le DMP reste en effet à définir.

- Pour assurer une bonne coopération entre les différentes institutions et les différents métiers du monde de la santé, il faudra passer par de nouvelles organisations. Celles-ci devront être souples et modulaires, prévoir les effets de l'apprentissage (comme les réactions qui peuvent se produire en réaction aux changements) ou les retards que les

pénuries de certains personnels peuvent provoquer dans certaines zones.

Ce sera le rôle des nouvelles formes de concession de service public, les « partenariats public-privé ».

Le principal risque, dans ce domaine, est de voir les sociétés étrangères qui dominent déjà le marché des TIC et disposent de ressources financières considérables, se constituer une rente supplémentaire en « achetant » les marchés correspondants. En effet, il ne s'agit pas seulement d'obtenir des concessionnaires une prestation banale à meilleur prix. Les compétences, les technologies, et les brevets acquis grâce à ces partenariats devraient apporter une avance significative à leurs bénéficiaires sur le marché européen de la santé, et il faudra veiller à ce que le mouvement créé sur le territoire puisse se poursuivre dans sa lancée en termes d'emplois créés, d'innovations et de développement de services, au bénéfice des compétences françaises.

Incontestablement, les idées changent. Comme la sagesse populaire dit que « ce sont les meilleurs ouvriers qui ont les meilleurs outils », il est urgent de créer les conditions pour que des domaines d'activité prioritaires pour tous, comme la santé, bénéficient des meilleurs outils, et maîtrisent les technologies électroniques et numériques qui leur sont – et seront – absolument nécessaires. La compétitivité d'un monde en réseaux dépend avant tout de l'aptitude à imposer un standard sur le marché local et mondial avant les autres. Le processus de standardisation en cours dans les technologies électroniques et numériques n'a pour l'instant bénéficié qu'en partie à l'Europe (dans le domaine des télécommunications, quand les administrations d'Etat se sont entendues pour imposer le GSM). Il faut aujourd'hui prendre garde à ce que la standardisation des usages et besoins exprimés par les citoyens ou consommateurs (le *Business to Consumer* ou *to Citizens* remplaçant le *business to business*) ne soit imposée par la standardisation en cours des outils qu'ils utilisent afin de communiquer. ●

L'administration électronique : un bouleversement sans précédent

L'administration électronique se mettra en place. Reste à savoir selon quel rythme et quelles modalités s'opérera cette transformation majeure de l'administration, transformation qui modifiera en profondeur un grand nombre de nos pratiques, et influera sur notre relation à l'Etat.

par **Jacques Sauret,**
Directeur de l'ADAE (1)

Le concept d'administration électronique (*e-government* en anglais) est né à la fin des années 90 lorsque les administrations ont commencé à utiliser les technologies de l'information et de la communication (TIC) pour offrir des services accessibles par l'Internet. Il couvrait alors essentiellement les portails d'information et les formulaires dématérialisés. Il a rapidement été étendu à l'ensemble des transformations issues de l'utilisation des TIC par les administrations. Les bouleversements induits dans les relations entre usagers et administrations comme dans l'organisation et les missions des administrations elles-mêmes, les questions soulevées en matière de libertés individuelles, de service personnalisé, de politique industrielle ou de simplification administrative font de l'administration électronique un enjeu stratégique en termes de choix de société, mais sa complexité et le caractère technique de

certaines des aspects qui la sous-tendent rebutent encore souvent politiques et décideurs, qui ont la tentation de la ramener à une question d'outils ou d'intendance. Personne ne peut prédire avec certitude à quoi ressembleront les administrations dans une vingtaine d'années du fait de l'utilisation généralisée des TIC, mais il est nécessaire de bâtir sans attendre les infrastructures qui en constitueront les fondations et de proposer une première vague de services.

La définition la plus généralement admise du terme « administration électronique » est celle donnée par l'OCDE, à savoir l'utilisation par les administrations des technologies de l'information et de la communication (TIC), et en particulier de l'Internet, afin d'améliorer leur efficacité et les services qu'elles offrent. Le périmètre de l'administration électronique varie cependant d'un pays à l'autre. Alors qu'il couvre dans son acception française tous les domaines administratifs, dont le domaine de l'éducation ou celui de la santé, l'*e-government* est le plus souvent cantonné dans les pays anglo-saxons au champ de la gouvernance et du fonctionnement interne des administrations nationales et locales.

L'administration électronique est née dans les années 90 avec le double phénomène de la diffusion de masse de la micro-informatique au sein des administrations et de la population, et du développement d'Internet. Après l'informatique de production des années 60-70, réservée aux *back-offices* des grandes administrations de production (fiscales et sociales pour l'essentiel) et très centralisée (*mainframes* et terminaux passifs), puis les systèmes « clients-serveurs » des années 80-90, encore très tournés vers l'interne, le lancement par Al Gore en 1995 des Autoroutes de l'information a marqué le lancement

des services axés sur le fonctionnement en réseau et l'ouverture aux utilisateurs (téléservices). Pour ce qui concerne les administrations, les pays d'Amérique du Nord et certains pays d'Asie (Corée du Sud, Singapour) s'y sont lancés très activement vers 1997, ceux d'Europe du Nord et de l'Ouest plutôt vers 1999-2000. En 2005, un mouvement mondial est perceptible, tant dans les pays d'Europe de l'Est, dont certains sont très avancés (Estonie, Slovaquie), que dans les Etats du Proche-Orient, du Moyen-Orient et de plus en plus de l'Afrique. Plusieurs phases peuvent être observées depuis ces débuts. La première a consisté à diffuser des informations sur un site web avec la constitution de portails. La deuxième correspond à la mise en ligne de formulaires existants (dématérialisation des démarches), mais sans remise en cause fondamentale des procédures ou de l'organisation administrative. Sans que cette deuxième phase soit terminée, une troisième a débuté en 2003 à peu près simultanément dans de nombreux pays. Elle consiste en une transformation radicale des administrations, en fonction des possibilités offertes par les technologies disponibles. Le service est alors bâti essentiellement autour des attentes des usagers (personnes, entreprises, associations ou autres administrations) prises par événement de vie (naissance, embauche, déménagement, décès, etc.) et non plus par interlocuteur administratif. Ce changement de paradigme induit une remise à plat des conditions dans lesquelles des informations circulent entre les différentes administrations et leurs usagers. Il est à l'origine d'une remise en cause réellement fondamentale quant à la façon de penser l'administration, tant en termes de missions,

(1) Agence pour le développement de l'administration électronique.

de fonctionnement, ou d'organisation internes qu'en termes institutionnels (compétences institutionnelles, organisation territoriale, etc.) ou de droit (sécurité juridique, libertés individuelles, sécurité nationale).

Le présent article se propose de dégager les opportunités liées à cette dernière phase d'administration électronique, mais également les risques de cette révolution, avant d'évoquer les orientations retenues par notre pays pour tenter de concilier les contraintes et d'atteindre le plus efficacement possible les objectifs assignés.

L'administration électronique : des opportunités nombreuses et à forte valeur ajoutée

Les nouveaux services de l'administration électronique contribuent à diminuer les contraintes imposées aux usagers des services publics : heures d'ouverture non décalées par rapport aux horaires de travail, déplacement nécessaire au guichet et files d'attente souvent longues pour obtenir parfois de simples informations ou traiter des dossiers très simples. Les systèmes d'information permettent tout d'abord d'élargir la palette des médias permettant de dialoguer avec l'administration : à côté du guichet traditionnel, les services par téléphone et les services sur internet permettent une meilleure répartition des demandes. Grâce à cette approche dite « multi-canal », les bénéfices pour l'utilisateur sont nombreux : les services en ligne sont disponibles à tout moment, ils font gagner du temps (même si le déplacement au guichet est requis, la préparation de la démarche et la prise de rendez-vous soit par téléphone, soit par internet, fait gagner au moins 50 % du temps).

L'utilisateur peut ainsi choisir le média en fonction de la nature du dossier qu'il a à traiter (secteur concerné, complexité du dossier, heure, proximité ou non du service public compétent, etc.). Les guichets d'accueil, qui constituent le point de contact – et par là même sont l'ima-

ge de l'administration –, verront leur activité allégée par déport d'une partie de leur charge sur les téléservices, et réorientée vers du conseil et de l'assistance (dossiers complexes, personnes incapables d'utiliser seules les téléservices).

La mise en place de téléservices induit également des gains en termes de qualité de service par limitation des erreurs de saisie ou de compréhension. Dans une procédure classique, l'utilisateur remplit un formulaire papier, puis l'adresse à l'administration destinataire, qui saisit de nouveau l'information dans son système d'information interne. Se cumulent donc les erreurs de l'utilisateur lui-même (oubli d'un chiffre, non remplissage d'une rubrique, faute d'orthographe, incompréhension, etc.), les erreurs de lecture ou de frappe à la nouvelle saisie des formulaires, estimées en moyenne à une faute de frappe pour vingt caractères. Même si le système de production est ensuite capable de repérer les erreurs et de rejeter les formulaires correspondants, le coût de traitement des formulaires rejetés, manuel dans de nombreux cas, est très élevé. Les administrations préfèrent le plus souvent renvoyer le formulaire à son expéditeur, avec les coûts inhérents pour elle-même et pour l'utilisateur. Les téléservices permettent de pallier la plupart de cette non-qualité. La saisie devient unique, par l'utilisateur lui-même ou sous son contrôle en cas d'intermédiation, limitant ainsi une bonne part des risques mentionnés ci-dessus. De plus, des contrôles de forme ou de vraisemblance permettent d'éliminer à la source un grand nombre d'erreurs (oublis, fautes de frappe, non respect du format attendu, etc.). Enfin, certaines rubriques peuvent être remplies automatiquement, simplifiant la tâche de saisie et évitant là encore des erreurs.

Au final, les téléservices permettent, dès la simple mise en ligne des formulaires existants, une meilleure efficacité de l'administration gestionnaire, ainsi qu'une meilleure réactivité de celle-ci. Un exemple illustre cette amélioration de la qualité : la mise en place des feuilles de soins électroniques dans le cadre du programme Sesam-Vitale.

Cette dématérialisation a permis de passer d'un délai de remboursement de 3 à 6 semaines au début des années 2000 à moins de cinq jours, avec quasi disparition des erreurs de saisie. Il convient de noter que les délais de traitement du résidu de feuilles de soins papier (environ 300 millions) ont également été réduits du fait de la dématérialisation à la source du milliard de feuilles de soins maintenant transmises par voie électronique.

Mais la numérisation des données appliquée à la sphère administrative permet également de créer de nouveaux services, inimaginables auparavant. Il est bien évidemment impossible de les décrire tous, et en la matière l'inventivité est quasi sans limite. Trois illustrations seulement seront présentées.

La première concerne les systèmes d'information géographiques (SIG). Il s'agit de services s'appuyant sur des informations géo-référencées telles que la localisation (adresse, réseaux), la nature d'un bien (surface d'une parcelle ou d'un immeuble, caractéristiques techniques) ou le type d'activité (zones culturelles, documents d'urbanisme, etc.). Chaque administration gère ces informations de façon plus ou moins isolée, voire secrète (ex : le « calepinage » des agents EDF décrivant avec précision les lieux de passage des réseaux électriques sur la voirie, qui fait l'objet d'une transmission quasi initiatique). L'administration électronique, pour peu qu'elle impose des référentiels communs pour garantir l'interopérabilité entre la multitude d'informations ayant une composante géographique, permet la création de services inédits. Ainsi, la gestion des enquêtes publiques peut être largement améliorée par la simplification du porté à connaissance ou par l'accessibilité des documents. De même, des services d'information ou d'alerte peuvent être mis en œuvre, dans lesquels seules les personnes effectivement présentes dans une zone peuvent être alertées (gestion par SMS), ou en fournissant une image des zones concernées (inondation, alerte « Seveso » ou autre). La mise en cohérence de diverses politiques publiques est également une possibilité nouvelle

permise par les SIG, comme par exemple la politique de l'eau, les politiques environnementales et les politiques agricoles. Les ministères chargés de l'Agriculture et de l'Environnement fondent de grands espoirs en la matière et sont très actifs dans le domaine de l'information géographique.

La deuxième illustration des nouveaux services disponibles grâce aux TIC et à l'administration électronique concerne l'ergonomie des services et leur personnalisation. Les téléservices permettent la mise en place de formulaires simplifiés car adaptés au profil de l'utilisateur : seuls apparaissent les champs pertinents pour la personne concernée, évitant ainsi les incompréhensions et la transmission d'informations erronées. Cette personnalisation se traduit également par le pré-remplissage d'un certain nombre de rubriques, et peut aller jusqu'à la constitution de dossiers personnels, avec information sur l'état d'avancement du traitement d'une demande ou encore l'accès au dossier lui-même. Plusieurs administrations proposent déjà ce niveau de service (caisses d'allocations familiales, services fiscaux, éducation nationale avec les espaces numériques de travail). Cette évolution, qui va s'intensifier avec l'utilisation

prochaine des commandes vocales et d'interfaces hommes-machines plus intuitives (sans doute couplées à la télévision numérique terrestre et aux téléphones portables de troisième ou quatrième génération), induit d'ores et déjà un changement radical des administrations, qui deviennent plus transparentes et plus tournées vers les usagers. L'accès aux documents administratifs de toute nature, prévu par la loi « CADA » du 17 juillet 1978, devient une réalité avec l'administration électronique. L'ordonnance de juin 2005 sur l'accès et la réutilisation des données publiques a notamment actualisé la loi de 78 en tenant compte de la disponibilité des informations sur Internet. Le troisième exemple de nouveaux services est sans conteste celui qui aura le plus de conséquences. Il s'agit de l'évolution vers des services globaux corres-

pondant aux événements de la vie des usagers, que ceux-ci soient des personnes physiques, des entreprises ou des associations. Les réseaux de communications et des technologies récentes telles que les *Web services* permettent de rassembler en un service unique toutes les démarches des administrations concernées par un événement de vie. Ce type de service a déjà été créé dans les années 90 dans le monde du papier, avec notamment le chèque emploi-service ou la déclaration annuelle de données sociales (DADS), mais ils étaient subordonnés à l'existence d'un opérateur unique (l'URSSAF de Saint-Etienne pour le chèque emploi-service ou la CNAV pour la DADS). Du fait des rivalités institutionnelles, une généralisation de cette approche centrée sur les besoins réels des usagers à un instant donné n'était pas envisageable. Il en va tout autrement aujourd'hui, les TIC permettant que chacun conserve la maîtrise des données qui le concernent tout en participant à un service global. De tels services obtiennent un succès immédiat, comme en atteste le service public de changement d'adresse (www.changement-adresse.fr) : dès son ouverture

La numérisation des données appliquée à la sphère administrative permet également de créer de nouveaux services, inimaginables auparavant

en mai 2005 et sans qu'un tassement soit observé dans les quatre mois qui ont suivi, plus de 17 % de l'ensemble des foyers déménageant l'ont utilisé, bien qu'il ne concerne encore que cinq administrations. A titre de comparaison, le service de déclaration des impôts en ligne (Télé-IR) a franchi la barre des 10 % d'utilisateurs après 4 ans d'existence.

Nous n'en sommes qu'aux prémices du développement des services globaux, car ils nécessitent la mise en place d'infrastructures garantissant l'interopérabilité (cf infra). Ils concerneront tous les événements de la vie civile (naissance, mariage, divorce, scolarisation, décès, prestations sociales, fiscalité, etc.) ou de la vie professionnelle (création d'une entreprise, déclarations fiscales et sociales, embauche, cessation d'activité, marchés publics, etc.) et permettront de masquer les séparations institutionnelles dont l'utilisateur n'a que faire. C'est « l'administration sans couture », ob-

jectif actuel de tous les pays, quel que soit leur degré d'avancement en matière d'administration électronique.

Au-delà des services que peut proposer l'administration électronique, l'utilisation des TIC par les administrations permet de repenser fondamentalement l'organisation des services publics sur le territoire. Depuis que les administrations existent, la nécessaire gestion de dossiers personnels, qui constitue l'essence même du travail administratif, imposait que chaque dossier, par exemple fiscal, soit élaboré par un agent de l'administration compétente géographiquement proche du contribuable, stocké dans une armoire fiscale, elle-même placée dans un bâtiment de l'administration fiscale. Toute l'organisation administrative des services de l'Etat en découle. Avec la numérisation des données, les dossiers peuvent être stockés en tout point du territoire, et il est possible de repenser la présence des services publics en dissociant plus clairement les fonctions d'accueil, les fonctions de « production/expertise » et les fonctions de « pilotage/contrôle/évaluation ». Les fonctions d'accueil peuvent être revalorisées et « professionnalisées », pour déboucher sur de véritables écrivains publics, plus nombreux et plus proches des citoyens, équipés et formés de façon à être capables d'informer et d'assister les usagers dans l'essentiel de leurs démarches administratives, alors que les autres fonctions peuvent être largement concentrées dans des « *back-offices* » plus efficaces et disposant d'outils et de conditions de travail améliorés pour les agents concernés.

Dans cet esprit, et pour répondre à la problématique du renforcement de la présence des services publics, notamment en milieu rural, quelques expérimentations de « guichets polyvalents » vont être lancées pour favoriser la démultiplication des accueils multi-services au plus près du domicile, dans une mairie, une caisse d'allocations familiales, une sous-préfecture, etc.

Les risques

De tels bouleversements, aussi bénéfiques soient-ils, sont nécessairement

porteurs de risques. De nature diverse, ils sont liés à la compréhension du changement des usages, à la gouvernance et au champ d'action. Le passage du papier au numérique n'est évident pour personne.

Le premier risque était celui de l'acceptabilité par les utilisateurs de ces techniques, qu'il s'agisse des citoyens ou des agents publics. L'ergonomie d'Internet est encore loin d'être optimale, les nouveaux types d'interface homme/machine comme la commande vocale ne sont pas encore très performants ou sont encore trop coûteux, et les modes d'inscription et les chartes graphiques varient encore beaucoup d'un service à l'autre, ce qui peut dérouter et décourager les éventuels usagers. Et pourtant, les taux d'utilisation des services en ligne augmentent fortement, l'année 2005 étant à ce titre une année charnière : le taux d'utilisation des télé-services publics augmente dans toutes les couches de la population et les différences s'estompent entre zones géographiques ou catégories socio-professionnelles.

Ce risque semble donc maintenant derrière nous, même si des interrogations demeurent, notamment sur les questions liées à la sécurité et aux libertés individuelles. En effet, la puissance des technologies disponibles permet tout autant une protection des libertés à un niveau encore jamais atteint que la mise en place d'un système de contrôle généralisé (« *Big Brother* ») : l'outil est neutre, mais les résultats peuvent être opposés selon les choix effectués. A ce titre, la position du Gouvernement français, édictée dans le Plan stratégique de l'Administration électronique (PSAE) du programme ADELE, est tout à fait claire : l'administration électronique, pour être acceptable, ne peut se concevoir que comme un moyen permettant de simplifier les démarches, tout en garantissant aux individus une protection encore renforcée de leurs libertés individuelles. Cela se traduit par l'absence de numéro national d'identification pour l'ensemble des administrations, sans qu'en pâtisse la simplicité d'identification pour l'utilisateur, grâce au mécanisme de fédération d'identité : après s'être identifié une fois auprès d'un portail « de fédération d'identité », en

l'occurrence « mon.service-public.fr », l'utilisateur pourra passer d'un télé-service public à un autre sans avoir à s'authentifier à nouveau, bien que chaque administration garde son identifiant sectoriel.

Un troisième risque tient à la connotation technique qui colle encore à l'administration électronique. Pendant longtemps, les décideurs ont considéré qu'il s'agissait de questions de et pour informaticiens, reléguées à de simples préoccupations « d'intendance ». Le terme même de système d'information renvoie encore trop à l'informatique, alors que les questions les plus épineuses touchent à l'organisationnel, au juridique, aux procédures et, plus gé-

néralement, à ce qu'on appelle la conduite du chan-

gement. Dans la réalité, les sujets techniques ne représentent en moyenne que 20 % du coût du projet et des risques. Une évolution est perceptible, liée notamment aux résultats incontestables d'autres pays en matière de gains de productivité (Canada notamment) ou du secteur privé. Il n'en reste pas moins que le travail de sensibilisation des décideurs, au niveau politique comme au niveau de la haute administration, est loin d'être achevé. Ce risque se traduit par des arbitrages, notamment budgétaires, n'allant pas dans le sens des investissements productifs que constituent les projets d'administration électronique. Encore très souvent, ces projets sont les premières victimes des régulations budgétaires : ils coûtent cher (même si leur rentabilité financière à court ou moyen terme est certaine) et, hormis pour les grands projets du ministère des Finances, sont peu porteurs politiquement. Il est à souhaiter que la mise en œuvre des dispositions de la Loi organique relative aux lois de finances (LOLF) induira bien un comportement vertueux des responsables de programmes en les incitant à privilégier les investissements productifs.

Le dernier risque majeur qu'il convient d'évoquer concerne le risque technique, ou plutôt systémique. Pour être en capacité d'offrir des services globaux aux usagers et une amélioration significative de l'efficacité des administrations, il est nécessaire de faire dialo-

guer de façon simple et avec une haute qualité de service une multitude d'organisations (plus de 110 000 entités publiques sont par exemple en relation avec le réseau des comptables publics). Définir puis mettre en place les éléments nécessaires et suffisants pour assurer l'interopérabilité effective des milliers d'applications des différentes administrations, le tout dans un calendrier cohérent avec chacun des systèmes et sans avoir de rupture de service, constitue une des plus grandes difficultés auxquelles est confrontée l'ADAE dans son rôle d'impulsion et de coordination des administrations. Il convient de concilier la cohérence générale sans limiter les innovations et

Des services globaux correspondant aux événements de la vie des usagers

la créativité des acteurs des 350 projets menés par l'Etat, les collectivités et les organismes sanitaires et sociaux. Pour que l'ensemble des projets se développe de manière harmonieuse, chacun doit avoir une visibilité d'ensemble sur les services, les infrastructures et les normes d'interopérabilité et de sécurité qui s'imposeront, ainsi que les dates de leur disponibilité, pour pouvoir définir son plan d'action en conséquence. Les différents référentiels doivent également s'inscrire dans le contexte européen et international, dont les calendriers sont peu maîtrisables. Au final, le pilotage de l'ensemble est d'une grande complexité, nécessite beaucoup de concertation en amont, et rend illusoire le « zéro défaut » : certaines briques devront être élaborées en avance de phase par rapport au référentiel pour permettre à un projet d'être opérationnel, et devront être abandonnées une fois le référentiel défini.

Les orientations retenues

C'est sur la base des considérations précédentes que le Premier ministre a annoncé, en février 2004, le lancement d'ADELE, le programme gouvernemental de l'administration en ligne sur la période 2004-2007. Il a pour objectif de donner une vision commune à l'ensemble des acteurs dans le cadre d'un plan stratégique, d'un plan d'action et d'un plan de communication.

Le plan stratégique fixe les objectifs et les principes de l'administration électronique en prenant appui sur trois axes de développement : construire une administration de service pour les usagers, moderniser le fonctionnement interne de l'administration, faire mieux en dépensant moins.

Le plan d'action se décline concrètement par des services développés pour les usagers et les agents publics, par des procédures rénovées qui permettent l'efficacité des administrations et par la sécurité juridique et technique des infrastructures nécessaires pour établir la confiance entre l'usager et l'administration. Aujourd'hui 42 % des projets ADELE 2004 sont opérationnels, ceux offerts aux usagers particuliers et professionnels sont accessibles à l'adresse : <http://ww.Adele.service-public.fr>

Le programme ADELE a fait l'objet d'une large concertation menée par l'ADAE avec le secteur public (ministères, collectivité

territoriales, sphère sanitaire et sociale), le secteur privé (industriels, banques), les usagers (particuliers et entreprises) et les agents publics.

Pour la sécurité juridique des télé-services, une ordonnance et ses décrets d'application seront publiés début 2006 afin de garantir les libertés individuelles et la sécurité des transactions entre les usagers et l'administration ainsi qu'entre administrations (signature électronique des actes administratifs, espace de données, référentiel général d'interopérabilité et référentiel général de sécurité).

Pour générer des économies, l'ADAE a adopté avec les ministères le principe de la mutualisation des projets : sur les 140 mesures ADELE 2004, 43 % d'entre elles sont menées de manière mutualisée. Ces 140 mesures représentent, d'ici la fin de 2007, un budget de 1,8 milliard d'euros pour les développements et un budget équivalent pour la conduite du changement et la formation. Les gains générés par les projets ADELE pour cette période sont de

l'ordre de 5 à 7 milliards d'euros par an à partir de 2007. Une évaluation par projet est en cours d'évaluation dans les ministères. Pour les projets menés en direct par l'ADAE, qui représentent un budget sur 4 ans de 180 M€, les gains financiers sont évalués en 2006 à 157 M€ (dont 32 M€ liés aux gains ETP) et 522 M€ par an à partir de 2010.

Le plan de communication décline la marque ADELE, soit lors d'événements destinés aux acteurs et aux agents publics, soit en organisant des campagnes média destinées au grand public. Les actions engagées le sont en partenariat avec les ministères et plus largement les services publics impliqués dans le programme.

Afin de mieux structurer le plan d'action et de donner une meilleure visibilité à tous les acteurs, un schéma directeur de l'administration électronique a été lancé fin 2004 et sera ache-

vé fin 2005. Il a pour objectif d'articuler et d'ordon-

nancer les projets en initiatives regroupant les projets interdépendants. La prochaine étape de la mutualisation consistera à mettre en place un mode opératoire de contractualisation et de financement dans le cadre de conventions de projet négociées et signées entre les acteurs concernés. Ces conventions préciseront les objectifs du projet, les acteurs impliqués, le mode de pilotage du projet, le niveau d'implication de chaque acteur, le calendrier de mise en œuvre, le montage financier et les modalités d'évaluation du projet.

L'année 2006 sera celle de l'explosion de l'administration électronique : tous les formulaires administratifs pourront être remplis et envoyés en ligne, les référentiels généraux d'interopérabilité et de sécurité seront en place au plan juridique et commenceront à être alimentés, les infrastructures communes verront le jour (annuaires communs, « hub » d'échanges entre administrations, infrastructure de gestion de clé gouvernementale, noyau commun des

systèmes d'information des ressources humaines, etc.), les services existants seront enrichis (changement d'adresse, compte fiscal, etc.) et de nouveaux services seront opérationnels (demande unique de subvention par les associations, portail personnalisé « mon.service-public.fr », certificats d'urbanisme, etc.). Cette augmentation de l'offre de services et des capacités à la développer sera couplée avec l'augmentation de la demande de tels services par les usagers. Jean-François Copé a ainsi fixé l'objectif de 10 millions de télé-déclarations de revenus au printemps 2006, soit un triplement par rapport à l'année 2005, qui avait elle-même connu un triplement par rapport à l'année précédente.

Dans le cadre des projets ADELE, les pouvoirs publics sont amenés progressivement à bâtir les infrastructures d'un mode d'administration totalement nouveau, à repenser globalement les missions et l'organisation des administrations, à accompagner la montée en compétence des agents pour atteindre une plus grande efficacité.

L'administration électronique participe ainsi à une transformation d'une ampleur et d'une rapidité sans précédent de la société. Il est impossible de prédire aujourd'hui quel en sera le terme et quelle sera l'intensité des modifications pour les usagers comme pour les administrations. La question n'est plus de savoir si l'administration électronique se mettra ou non en place, mais quand et dans quelles conditions. L'enjeu consiste donc pour le gouvernement à profiter à plein des effets positifs de l'administration électronique (amélioration des services, gains de productivité, valorisation du travail des agents) dans un processus maîtrisé et non subi, afin de renforcer l'attractivité de la France au niveau international. Le programme ADELE constitue ainsi un des piliers de la modernisation de l'Etat que Jean-François Copé, ministre délégué au Budget et à la Réforme de l'Etat, a souhaité accélérer et intensifier. ●

C'est « l'administration sans couture », objectif actuel de tous les pays

Le développement des TIC à l'épreuve de la sécurité

Pour le développement des technologies de l'information et de la communication, la sécurité de l'information et des réseaux s'est progressivement imposée comme un passage obligé. Partant de positions très différentes, les Etats membres et l'Europe évoluent vers des politiques de plus en plus cohérentes et complémentaires en matière de sécurité des systèmes d'information. L'établissement d'une base technologique, industrielle et opérationnelle compétitive et indépendante à l'échelle nationale et européenne est le nouvel objectif à viser.

par Alain Esterle (1)

Les fondements des politiques de sécurité des systèmes d'information

Le développement des technologies de l'information et de la communication s'accompagne d'un besoin croissant en politiques de sécurité destinées à pré-

server l'information (intégrité), à garantir ses conditions d'accès (disponibilité, confidentialité, identification des interlocuteurs) et sa valeur probante (authentification, imputabilité). Ces propriétés, regroupées sous le terme SSI (sécurité des systèmes d'information) ou *Infosec* en anglais (*information security*), sont essentielles pour garantir l'exercice autonome de la politique de l'Etat, ainsi que pour fonder la confiance des différents acteurs dans les grandes applications socio-économiques des technologies de l'information (échanges en ligne pour l'administration, le commerce, l'enseignement, la santé...).

Trois types d'acteurs sont concernés :

- le citoyen, en tant qu'individu intéressé à la protection des données à caractère personnel, condition première des libertés individuelles dans les Etats démocratiques, et en tant que consommateur soucieux de la qualité des produits et services qu'il achète ;

- Les entreprises, dont le fonctionnement et la réussite – voire la survie – sont étroitement liés à la protection de leur savoir-faire, au respect des règles de propriété intellectuelle et de concurrence loyale, au bon déroulement des processus de production et de distribution ;

- L'appareil d'Etat en charge de la protection des informations sensibles, *a fortiori* des informations classifiées, ainsi que de la sécurité et de la continuité de fonctionnement des institutions et des infrastructures vitales pour les activités socio-économiques du pays : la maîtrise des moyens de communications est plus que jamais un élément essentiel de la souveraineté.

Face à cette diversité d'acteurs et d'intérêts, les politiques de sécurité des systèmes d'information sont toujours des compromis (traduits en règles techniques, opérationnelles et juridiques)

entre la préservation des libertés individuelles, des procédures de sécurité contraignantes et des allocations de ressources matérielles et humaines. Trois phases peuvent être distinguées :

- la protection des systèmes d'informations qui porte sur le choix de produits de sécurité, les actions de contrôle et d'audit, les fonctions de veille et d'alerte ;

- la prévention des incidents, notamment grâce à des actions de sensibilisation, de formation, de qualification de prestataires et à des exercices ;

- la capacité de réaction et de sanction, grâce à des équipes opérationnelles (CERT (2) ou CSIRT (3)), un appareil juridique spécifiant le caractère délictueux de certains actes et les services capables d'engager d'éventuelles poursuites.

Au cours des cinq ou six dernières années, des mutations profondes sont intervenues dans le paysage de la SSI tant au plan national qu'euro-péen (1). Elles pourraient infléchir notablement le développement des TIC.

Les politiques nationales en matière de sécurité des systèmes d'information : de fortes disparités institutionnelles sur fond d'un héritage commun

Au plan national, la sécurité des systèmes d'information apparaît comme

(1) Alain Esterle a été Directeur adjoint à la Direction Centrale de la Sécurité des Systèmes d'Information du SGDN de décembre 1999 à août 2005. Le 1^{er} septembre 2005, il a rejoint l'Agence européenne pour la sécurité des systèmes d'information (ENISA) comme Chef du Département Technique.

(2) Computer Emergency Response Team (terminologie déposée par l'Institut Carnegie-Melon).

(3) Computer Security Incident Response Team (sigle européen).

un héritage de l'époque pas si lointaine où la cryptographie était considérée comme une arme que les Etats devaient maîtriser afin de protéger leurs informations militaires et diplomatiques les plus secrètes, et d'accéder à celles des Etats et groupes hostiles.

Depuis la fin des années 90, l'emploi généralisé des technologies de l'information et de la communication exige une pleine confiance de tous les acteurs dans la sécurité des systèmes. Il n'était plus possible de réserver les outils, méthodes et pratiques de sécurité aux seules fonctions régaliennes, ce qui a conduit à faciliter la fourniture et l'utilisation des moyens de cryptographie et le développement d'un marché ouvert en produits de sécurité.

Au plan institutionnel, le schéma général est le suivant :

- une agence gouvernementale dispose de certaines prérogatives nationales (évaluation de la cryptographie, fabrication des clés...) et met des prestations de sécurité à disposition de l'ensemble des ministères, qui restent responsables de la SSI de leurs réseaux,
- une autre instance (autorité de régulation des télécommunications, par exemple) est en charge de la SSI pour les applications « civiles » de la société de l'information.

Il peut se faire que l'agence gouvernementale englobe l'ensemble des responsabilités de la politique de SSI (cas de la DCSSI en France, l'ART n'ayant pas de responsabilité en SSI). Mais il arrive aussi, souvent, que cette agence reste, comme aux Etats-Unis, intégrée dans les services de renseignement sur les communications ou SIGINT (4) (Espagne, Royaume-Uni, Pays-Bas). Par ailleurs, cette agence peut être rattachée directement au chef du gouvernement (France, Espagne) ou faire partie d'un ministère particulier (Intérieur en Allemagne, Affaires étrangères au Royaume-Uni). Elle entretient le plus souvent des relations étroites avec l'instance gouvernementale en charge du développement de l'administration électronique (eEnvoy au Royaume-Uni, ADAE en France).

Malgré quelques différences de périmètres, les ressources humaines de ces agences peuvent être considérées comme un bon révélateur de la priorité

politique accordée à ces questions : environ 3 000 personnes travaillant à la Division Information Assurance de la NSA, aux Etats-Unis, 400 au Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) en Allemagne et au Communications Electronics Security Group (CESG) au Royaume-Uni, et 100 personnes à la DCSSI, en France.

Les capacités de développement et d'évaluation des produits de sécurité : un besoin partagé au niveau national

Le marché des produits commerciaux assurant des fonctions de sécurité des communications électroniques est aujourd'hui largement dominé par un nombre limité de fournisseurs non européens. Cette situation de quasi-monopole peut avoir des répercussions très négatives en termes tant de concurrence que de sécurité.

Des procédures d'évaluation ont été mises en place pour garantir au consommateur que le produit qu'il achète fait bien ce qu'il est censé faire (mais sans garantir qu'il ne puisse aussi faire autre chose...), notamment résister à certaines attaques. Les agences gouvernementales sont largement impliquées dans ces procédures :

- elles réalisent pratiquement toutes les évaluations des produits cryptographiques en interne ;
- dans le domaine du contrôle des signaux compromettants (TEMPEST), la tendance actuelle est à l'externalisation des évaluations, celles-ci étant alors simplement sous-traitées ou réalisées chez les industriels, sous contrôle étatique ;
- l'évaluation des produits de sécurité des technologies de l'information, plus récente, a dès le début été réalisée par des laboratoires privés agréés par les agences nationales en SSI, sur la base de standards publics tels que les Critères communs (norme ISO 15408) et plus récemment le FIPS140-2 proposé par le NIST (5) américain ;
- ce travail d'évaluation est validé par un centre de certification qui délivre *in*

fine un certificat (schéma d'évaluation/certification). Cette fonction est assurée par l'agence gouvernementale, même si peuvent exister simultanément des organismes privés de certification (TUV-IT et T-System en Allemagne, par exemple) ;

- un accord de reconnaissance mutuelle, signé en 1999 entre les Etats membres, valide pour tous les évaluations/certifications faites chez l'un d'eux, quel qu'en soit le niveau, excepté les équipements traitant d'informations classifiées. Sur le plan international, le « Common Criteria Mutual Recognition Agreement » adopté en mai 2000 permet de reconnaître les certificats selon les critères communs délivrés par n'importe quel pays signataire, jusqu'au niveau EAL 4.

Compte tenu des garanties limitées qu'offrent ces procédures d'évaluation, la plupart des Etats membres essaient de préserver une certaine diversité d'approvisionnement, par exemple en favorisant le développement de filières fondées sur des sources ouvertes (logiciels libres) et/ou en assurant un contrôle direct sur le développement de certains produits, notamment les équipements cryptographiques de haut niveau de sécurité. Comme aux Etats-Unis, c'est généralement l'agence nationale en SSI qui est chargée du développement de ces produits (Allemagne, Pays-Bas, Royaume-Uni, Espagne). En France, cette activité est actuellement assurée par la Délégation générale pour l'Armement (DGA) du ministère de la Défense.

Les services en sécurité des systèmes d'information : un marché qui tend à se réguler

Les services traitant de la SSI se sont largement développés ces dernières années. A la traditionnelle gestion des clés cryptographiques se sont ajoutés le conseil (assistance à maîtrise d'ouvrage), la réalisation d'audits techniques de sécurité, l'exploitation de la sécurité

(4) Signal Intelligence.

(5) National Institute for standards and Technology.

des réseaux, la certification des clés racines des IGC, avec, dans chaque cas, la nécessité d'une grande confiance entre le commanditaire et le prestataire. La gestion des clés cryptographiques reste traditionnellement une des activités les plus contrôlées. Ainsi le CESC (pour le Royaume-Uni), la NSA (pour le DoD américain), DACAN (pour l'OTAN), le NLNCSA (pour les Pays-Bas) ont encore le monopole de la fabrication des clés de confidentialité pour l'administration, avec toutefois une certaine tendance à la décentralisation compte tenu de la lourdeur de cette fonction.

Pour les services plus récents, les besoins croissants des secteurs tant public que privé ont fait émerger un grand nombre de prestataires privés et le besoin d'un label de qualité pour leurs prestations. Le CESC britannique a été le premier à s'engager dans cette voie, avec notamment les programmes de qualification des consultants CLASS et le programme IT-Health Check pour la réalisation d'audits techniques des systèmes d'information. De même, le BSI a mis récemment en place un programme d'accréditation des auditeurs selon son standard d'audit des systèmes d'information (I). En France, le Plan de renforcement de la sécurité des systèmes d'information de l'Etat (II) prévoit des mécanismes de qualification de prestataires privés, notamment en audit et conseil. Cette régulation progressive du marché des services en SSI s'appuie sur des standards, dont le plus connu est l'ISO 17799.

Les capacités de réaction aux attaques et de protection des infrastructures critiques : des approches nationales publiques et privées qui gagneront à être mieux coordonnées

Depuis la fin des années 90 se sont progressivement développées au sein des Etats membres des structures opérationnelles et juridiques destinées à réagir plus efficacement aux attaques sur les réseaux et à mieux protéger les infra-

structures critiques nationales. Ces structures sont principalement de trois catégories :

- des équipes techniques de statut public ou privé, de type CERT (6) ou CSIRT (7) pour la veille, l'alerte et la réaction aux attaques ;
- des services de type CCU (8) en charge des poursuites des délits liés à l'emploi des technologies de l'information et de la communication ;
- des structures dédiées à la protection des infrastructures critiques et des plans de vigilance et d'intervention adaptés aux attaques contre les réseaux, jusqu'au plus haut niveau d'intensité.

Après l'abandon du projet d'EuroCERT (1999-2000), des structures autonomes à statut universitaire, gouvernemental ou commercial se sont progressivement mises en place au sein des Etats membres, pour assurer les fonctions de veille, alerte et réaction aux attaques. On compte actuellement quelques 80 CSIRTs en Europe, regroupés au sein de la structure de coordination TF-CSIRT qui a notamment des activités de formation (création de nouveaux CSIRTs), de normalisation (catégorisation des incidents) et de mise au point de liaisons sécurisées en toutes circonstances. Un accent particulier est mis sur la disponibilité de moyens de veille et d'alerte au service des PME. D'autres structures de coordination existent à l'échelle mondiale (FIRST) et entre les CSIRTs gouvernementaux de certains Etats membres de l'Union européenne (European governmental CSIRTs).

Le besoin de lutter contre la cyber-criminalité a conduit la plupart des Etats membres à instaurer des unités spécialisées, couramment appelées CCU (Computer Crime Units), pour mener en tant que de besoin, et en s'appuyant sur l'expertise technique des CSIRTs, des poursuites judiciaires relatives aux attaques contre les réseaux ou à des délits plus traditionnels ayant impliqué les communications électroniques.

La plupart de ces équipes restent de petites dimensions, au regard de l'ampleur de la tâche et une bonne partie de leur activité consiste à coordonner les actions d'autres équipes d'investigation (Bundeskriminalamt ou BKA en Allemagne). Au Royaume-Uni, la structure nationale NHTCU (9) assure la coordi-

nation avec des correspondants locaux à l'échelle du pays, la coopération entre agences et des liaisons avec les industries. En France, ce rôle est assuré depuis mai 2000 par l'OCLCTIC (10) créé au sein de la Direction générale de la Police nationale du ministère de l'Intérieur.

D'une manière générale, ces CCUs sont confrontées à des besoins de croissance interne, de coordination entre elles et de coopération opérationnelle avec leurs homologues étrangères (investigations au-delà des frontières). Des réseaux de points de contact nationaux avec certaines instances internationales (Europol, Interpol, G8) ont été mis en place pour améliorer la coordination de leurs actions.

Les Etats membres sont aussi confrontés au risque d'attaques majeures contre les réseaux, susceptibles de paralyser ou d'endommager durablement certaines infrastructures essentielles à la continuité des activités socio-économiques du pays : télécommunications, transports, énergie, santé, système bancaire, etc. La protection de ces infrastructures « critiques » s'appuie aussi largement sur les compétences et les structures de coordination dont disposent les CSIRTs.

Ainsi au Royaume-Uni, le NISCC (11), rattaché au Home Office, s'appuie sur l'UNIRAS (CSIRT gouvernemental) pour fournir aux opérateurs des infrastructures critiques des avis techniques et des informations sur les menaces, les vulnérabilités et les niveaux d'alerte. Il s'appuie aussi sur des WARPs (12), chargés de recueillir des alertes et de signaler des incidents (mais sans capacité d'intervention) et des ISAC (13), qui diffusent des informations d'alerte et d'incidents au sein d'une communauté donnée d'utilisateurs, généralement sur une base commerciale.

En Allemagne, la protection des infrastructures critiques est confiée au BSI

(6) Computer Emergency Response Team (terminologie déposée par l'Institut Carnegie-Mellon).

(7) Computer Security Incident Response Team (sigle européen).

(8) Computer Crime Unit.

(9) National High Technology Crime Unit.

(10) Office Central de Lutte contre la Criminalité liée aux Technologies de l'Information et de la Communication.

(11) National Infrastructure Security Co-ordination Centre.

(12) Warning, Advice and Reporting Point.

(13) Information Sharing and Analysis Center.

qui a entrepris un travail d'identification de ces infrastructures, grâce à des exercices impliquant l'administration (ministères de l'intérieur, de la défense, des transports, des télécommunications) et des industriels (EADS).

En France, le pilotage général de la protection des infrastructures vitales est confié au Secrétariat général de la Défense nationale, avec un rôle particulier pour le COSSI (centre opérationnel en SSI qui englobe le CERTA, le CSIRT gouvernemental français). La politique de protection comprend des inspections pratiquées régulièrement sur un ensemble de points et réseaux sensibles répartis sur le territoire, des plans de vigilance et d'intervention qui sont déclenchés lorsque les menaces augmentent significativement et des exercices impliquant tout ou partie de l'appareil d'Etat et des infrastructures critiques.

De plus en plus, ces activités nationales s'élargissent à des actions coordonnées au plan international (*Table top exercise* impliquant les pays du G8 en mai 2005) et européen, avec notamment la préparation d'un Programme européen de protection des infrastructures critiques (EPCIP) s'appuyant sur le réseau d'alerte CIWIN (III).

L'Union européenne et la sécurité des systèmes d'information (SSI) : une politique en devenir

Contrairement aux Etats membres, les institutions européennes n'ont pas d'héritage historique en matière de protection d'information classifiée ni d'activité de renseignement (IV) : la politique actuelle de l'Union en matière de SSI s'inscrit d'abord dans le sillage de la politique économique et monétaire développée depuis 50 ans, au regard de la politique européenne de sécurité et de défense (PESD), beaucoup plus récente.

On peut considérer comme élément fondateur de l'engagement européen en matière de SSI la « stratégie de Lisbonne », adoptée par le Conseil en mars 2000 (14) afin que l'Union puisse « devenir l'économie de la

connaissance la plus compétitive et la plus dynamique du monde, capable de croissance économique durable accompagnée d'une amélioration quantitative et qualitative de l'emploi et d'une plus grande cohésion sociale », sur la base d'un emploi généralisé et fiable des technologies de l'information et de la communication. Depuis lors, la pression du contexte géopolitique a conduit l'Union à aborder d'autres domaines de la SSI.

Le développement d'un cadre juridique européen à même de renforcer la confiance des acteurs

En préambule à un espace unique européen d'information (objectif du programme i2010 en gestation), les directives du « paquet télécom » ont renforcé le socle juridique de la sécurité des communications électroniques en Europe, notamment en matière :

- d'intégrité et sécurité des réseaux, qui doivent être garanties par les autorités nationales de régulation (directive cadre 2002/21) ;
- d'accès au réseau pour tous et en particulier aux services d'urgence pour lesquels les Etats membres doivent prendre toutes les mesures nécessaires (directive « service universel » 2002/22), à charge pour les autorités de régulation de fixer les techniques et les méthodes opérationnelles auxquelles les fournisseurs devront se soumettre (directive « accès » 2002/19) ;
- d'interception légale et d'utilisation en cas de catastrophe majeure, qui font partie des obligations spécifiques conditionnant les autorisations de fourniture de réseaux et de services de communication électroniques (directive « autorisation » 2002/20) ;
- de protection des données à caractère personnel, que les autorités nationales de régulation doivent contribuer à assurer à un niveau élevé (directive « cadre » 2002/21).

L'édifice a été complété par la directive 2002/58 concernant le traitement des données à caractère personnel et la protection de la vie privée, notamment la confidentialité des communications

électroniques à caractère public, qui doit être garantie par les Etats membres, ainsi que les messages non sollicités ou *spam*, pour lesquels le principe de l'autorisation préalable (*opt-in*) est retenu. En matière d'imputabilité, la directive 1999/93 donnait déjà à la signature électronique la même valeur légale qu'à la signature manuscrite. Quant à la protection des personnes physiques, au regard du traitement des données personnelles et de leur libre circulation, elle est assurée par la directive 1995/46.

En ce qui concerne la conservation des données de connexion associées aux communications électroniques (mais qui ne concernent pas leur contenu), déjà abordée dans la directive 2002/58, l'adoption de la déclaration sur la lutte contre le terrorisme consécutive aux attentats du 11 mars 2004 à Madrid a conduit beaucoup d'Etats membres à légiférer et quatre d'entre eux (France, Irlande, Royaume-Uni et Suède) ont proposé une série de principes qui, repris pas la Commission sous forme de directive, devraient être adoptés d'ici la fin 2005.

Sur ces bases, le travail consiste surtout à suivre la mise en œuvre des textes (transposition dans les législations nationales) et à débattre des ajustements souhaitables (révision tous les trois ans environ).

Des programmes de R&D élargis à certaines applications duales

Sur les 3,62 milliards d'euros du 6^e programme cadre de R&D (PCRD) consacrés aux ICT (20 % du total) (15), 50 millions d'euros environ concernent le

(14) Avant 2000, la Commission avait mis en place un Senior Officer Group sur la société de l'information (SOG-IS) dont les recommandations ont conduit à l'adoption en 1997 d'un Accord de Reconnaissance Mutuelle sur l'emploi des critères ITSEC pour l'évaluation des outils de sécurité, puis à son extension aux critères communs en 1999 (cf. supra). On peut aussi noter l'adoption de la directive sur la signature électronique, fin 1999.

(15) Le budget total du 6^e PCRD s'élève à 17,5 milliards d'euros (y compris Eurotam) sur la période 2002-2006. Par comparaison, le 5^e PCRD a représenté une enveloppe de 15 milliards d'euros de 1998 à 2002, dont 3,6 pour les technologies de la société de l'information. Le budget du 7^e PCRD est en discussion (débat sur le budget de l'Union de 2007 à 2013, avec une proposition initiale de la Commission à 73 Mds€, dont 28 % sur les TIC, 10 % sur la sécurité).

thème « Vers un cadre global de confiance et de sécurité ». Dans la préparation du 7^e PCRD, on notera un budget accru consacré aux ICT (28 % peut-être), la confiance et la sécurité restant un thème prioritaire ciblé (parallèlement au soutien au commerce et à l'industrie, aux contenus, techniques d'apprentissage et nouveaux media, aux grands enjeux sociaux).

A partir de 2004, et sur la base d'un rapport validé par 25 personnalités européennes, la Commission a engagé une Action préparatoire sur les recherches en sécurité (PASR) portant sur les moyens techniques de lutte anti-terroriste, la prévention et la réaction contre les armes de destruction massive (16) et la protection des réseaux d'information. Dotée d'un faible montant de crédits (12,5 millions d'euros en 2004, autant en 2005), elle vise surtout à préparer un programme européen de recherches en sécurité (EPSR), qui doit être intégré au 7^e PCRD. Il s'agit d'un tournant majeur de par son volume (dotation attendue de l'ordre du milliard d'euros) mais surtout parce que les thèmes traités sortent du cadre traditionnel (soutien au marché intérieur, applications civiles) et concernent clairement les second et troisième piliers.

Les responsabilités croissantes de l'Union en matière opérationnelle

A la suite du programme IDA (Interchange of Data between Administrations), devenu IDABC (17), la Commission européenne a entrepris fin 2003 de développer TESTA (18), réseau européen reliant les réseaux nationaux des administrations des Etats membres. La Commission, maître d'ouvrage, est aujourd'hui amenée à définir une politique de sécurité propre à TESTA, à spécifier avec les Etats membres les conditions techniques et opérationnelles d'interconnexion entre TESTA et les réseaux nationaux et à mettre en place une procédure d'homologation de réseaux impliquant les partenaires nationaux.

D'abord simple coordinatrice des travaux préparatoires du programme Galileo (études de faisabilité financées

sur le 5^e PCRD), la Commission a progressivement réduit son rôle au profit de l'ESA (co-pilotage de l'étude de définition), puis de l'Entreprise commune (phase de développement) et enfin de l'Autorité de surveillance Galileo (phase de déploiement). En revanche, le rôle du Secrétariat général du Conseil s'est progressivement affirmé en tant qu'autorité politique européenne légitime pour la gestion opérationnelle des enjeux de sécurité liés à Galileo, en particulier pour les prises de décision nécessairement très rapides en période de crise telles que celle de dégrader certains signaux, de les rendre inaccessibles à certains utilisateurs, de les supprimer, de les rétablir, etc.

Enfin le Secrétariat général du Conseil a été confronté à la gestion du réseau ESDPnet (European security and Défence Policy), fusion des réseaux opérationnels WEUnet de l'UEO ainsi que de Cortesy reliant les ministères des Affaires étrangères des Etats membres, les représentations permanentes, la Commission et le Secrétariat du Conseil à Bruxelles. Les accords de reconnaissance mutuelle dans l'évaluation de produits de sécurité ne s'appliquant pas à la protection des données classifiées, le Secrétariat a fait adopter en décembre 2002 par les Etats membres le CISPS (Council Infosec Selection and Procurement Scheme) qui prévoit qu'un équipement développé par un Etat membre donné sera valablement évalué par une AQUA (Appropriately Qualified Authority) relevant d'un autre Etat. De plus, l'OTAN et l'Union européenne ont signé à Athènes le 14 mars 2003 un accord sur la sécurité de l'information, ouvrant la voie à l'échange d'informations classifiées, complété le 3 juin 2003 par la définition de standards communs pour la protection des informations classifiées, y compris pour les équipements utilisant des systèmes de cryptographie.

Le rôle attendu de l'agence européenne pour la sécurité de l'information et des réseaux

En matière de sécurité, le programme eEurope, en vigueur de 2000 à 2005

pour soutenir la stratégie de Lisbonne, aura eu au moins un résultat majeur : la création de l'agence européenne chargée de la sécurité des réseaux et de l'information (ENISA) (19).

Il est attendu d'ENISA qu'elle devienne un centre d'expertise capable « d'assister la Commission, les Etats membres et le secteur des entreprises en vue de les aider à satisfaire aux exigences de sécurité des réseaux et de l'information » et de « renforcer la coopération entre les différents acteurs dans le domaine de la sécurité des réseaux et de l'information ». Une des premières tâches d'ENISA consistera à dresser un catalogue des compétences réparties au sein de l'Union pour l'ensemble des métiers de la sécurité des systèmes d'information.

Elle devra aussi assurer la « promotion des meilleures pratiques, y compris les méthodes d'alerte des utilisateurs... fournir à la Commission des conseils sur la recherche en matière de sécurité des réseaux et de l'information... et suivre l'élaboration [des normes] pour les produits et services » en SSI.

Il est bien sûr trop tôt pour apprécier la place qu'ENISA est appelée à prendre dans le développement des politiques de SSI au sein de l'Union et au-delà. L'année 2005 sera surtout consacrée à l'implantation de l'agence à Hérahion (Crète), à la démonstration de ses capacités à mener des actions de sensibilisation et de concertation entre les acteurs concernés et à la consolidation de ses compétences dans le domaine de la SSI.

Quoi qu'il en soit, ENISA peut devenir à terme un acteur précieux d'harmonisation des politiques et des pratiques de la SSI à l'échelle de l'Union, facteur de réduction des disparités de compétences techniques et opérationnelles entre les pays membres, voire entre les acteurs au sein d'un même pays. Dans

(16) Nucléaire, Radiologique, Bactériologique et Chimique (NRBC).

(17) Fourniture interopérable de services paneuropéens de gouvernement électronique aux administrations publiques, aux entreprises et aux citoyens (IDABC).

(18) Trans-European Services for Telematics between Administrations.

(19) Règlement n° 460/2004 du Parlement européen et du Conseil du 10 mars 2004, instituant l'Agence européenne chargée de la sécurité des réseaux et de l'information – JO de l'UE, L77/1 à 11 du 13 mars 2004.

ce sens, elle est appelée à jouer un rôle majeur dans l'élévation du niveau général de la sécurité de l'information et des réseaux dans l'ensemble de l'Union.

Les nouveaux enjeux de la SSI pour la société de l'information en France et en Europe

Avec la convergence informatique-télécommunications qui s'approche et le passage au « tout IP », les enjeux de sécurité des réseaux et de l'information doivent maintenant être réévalués à l'horizon des dix à quinze années à venir. Alors que la Commission européenne propose d'élaborer en 2006 une « Stratégie pour une société de l'information sûre » (voir COM(2005) 229 final), deux documents récents analysent les enjeux de SSI à moyen terme et proposent une dizaine d'actions prioritaires. On peut noter que le comité consultatif en technologies de l'information du président américain (V) et le séminaire européen sur la sécurité d'Internet (VII) identifient quelques objectifs similaires :

- une meilleure coordination des politiques et plans d'action, entre les Etats membres et les agences fédérales respectivement ;
- un emploi plus systématique de méthodes rigoureuses pour inclure les exigences de sécurité dans la conception, le développement et la validation des logiciels de commerce ;
- des actions de sensibilisation pour améliorer la culture de sécurité et pour partager les expériences ;
- des méthodes et des moyens techniques nouveaux à la mesure de la complexité croissante des réseaux et des interconnexions.

Néanmoins, en vue des analyses stratégiques à venir aux niveaux national et

européen, deux points méritent une attention particulière, en raison de leurs implications sociales et économiques. La gestion des identités est un champ où s'entrecroisent la protection des données personnelles, la recherche de profits économiques et les actions de lutte contre la grande criminalité et les actions terroristes. Le terrorisme international et les gains de productivité associés aux technologies de l'information sont devenus deux tendances lourdes pour le moyen terme, alors que la vision européenne de la protection des données personnelles (directive 1995/46), bien que dominante à l'échelle mondiale, est toujours confrontée à une conception américaine beaucoup plus limitative en matière de protection. Une inflexion de cette position européenne, sous la pression des deux tendances lourdes évoquées plus haut, pourrait avoir des conséquences majeures en matière d'équilibre social et politique dans le contexte européen (VII).

L'enjeu de souveraineté que représente la maîtrise des moyens de communication doit être adapté au contexte qui se prépare, avec deux conséquences concrètes

D'une part la gouvernance d'Internet devient un enjeu politique majeur, comme le confirme la décision du département du commerce américain de maintenir ses relations privilégiées avec l'ICANN (VIII). La mise en place d'une capacité réellement autonome de gestion des adresses et noms de domaines doit être identifiée comme un enjeu majeur au niveau national et européen et se traduire dans les faits.

D'autre part, le caractère stratégique de la base technologique et industrielle en SSI doit être reconnu comme tel, ce qui demande des inflexions majeures en matière de soutien à l'innovation, de recherche de compétitivité, des actions publiques volontaristes en matière de développement de produits et services de haut niveau en SSI, des adaptations organisationnelles, voire institutionnelles. Au plan national français, cette problématique s'inscrit clairement dans le sillage du rapport du député Carayon (20), ainsi, plus récemment que de la mission confiée au député Lasborde (La Tribune, 8 juillet 2005). La préparation de la nouvelle tranche du Plan de renforcement de la sécurité des systèmes d'information devrait être l'occasion de sa traduction concrète. La préparation prochaine d'une « stratégie pour une société de l'information sûre » pourra également être l'occasion de sa prise en compte au niveau européen. ●

(20) [Http://w.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/034000484/index.shtml](http://w.ladocumentationfrancaise.fr/rapports-publics/034000484/index.shtml)

BIBLIOGRAPHIE

- (I) IT Baseline Protection Manual, Federal Office for Information Security (BSI), <http://www.bsi.de/english/gshb/manual/>
- (II) Plan de renforcement de la sécurité des systèmes d'information, SGDN, 10201/SGDN/SG, 17 octobre 2003.
- (III) Séminaire sur la protection des infrastructures critiques, Union européenne, Bruxelles, 6-7 juin 2005.
- (IV) M. Lemoine, recommandation 707 « On the new challenges facing European Intelligence », Western European Organization Assembly, 2002.
- (V) « Cyber security : a crisis of prioritization », President's Information Technology Advisory Committee (PITAC), février 2005.
- (VI) Séminaire sur la Sécurité d'Internet, Commission européenne, DG INFSO-A3, mai 2005.
- (VII) Alain Esterle, « ICT security stakes and identity management in the future Europe », Conférence Fistera, Séville, 16-17 juin 2005.
- (VIII) US principles on the Internet's domain name and addressing system, National Telecommunication and Information Administration, 30 juin 2005.

La défense et les technologies de l'information et de la communication

Les technologies de l'information et de la communication se sont diffusées largement dans les systèmes et équipements des armées. Mais elles ont surtout provoqué une transformation profonde des organisations et de la conduite des forces par une mise en réseau de toutes les informations opérationnelles, rendant leur transmission possible au niveau de chaque combattant.

**par François Levieux,
Directeur des processus techniques,
Groupe Thales**

Si vous demandez à dix spécialistes des affaires militaires leur opinion sur les technologies de l'information, nul doute que vous obtiendrez au moins dix réponses différentes et contradictoires. En cela, la communauté militaire ne se distingue pas vraiment du reste de la population ! Mais elle entretient vis-à-vis de ce domaine technique une relation complexe, liée à l'évolution des trente dernières années. La défense a été, en effet, le principal marché de l'informatique jusqu'en 1960, et un donneur d'ordre significatif, jusqu'aux années 70. Aujourd'hui, le numérique et le logiciel ont pénétré tous les systèmes opérationnels du commandement, des équipe-

ments et de la logistique, et cependant la défense n'est plus un marché significatif pour les fournisseurs du domaine de l'information et de la communication, alors même qu'entre un quart et la moitié de la valeur ajoutée d'un équipement militaire moderne relève aujourd'hui de ces disciplines.

Les technologies de l'information et de la communication (pour simplifier nous dirons désormais : les TIC) sont depuis plus de vingt ans des technologies duales, c'est-à-dire communes à l'économie et à la défense. On pourrait donc croire que les armées se contentent d'acheter les produits disponibles, un peu partout, pour les faire intégrer, tels quels, dans les architectures de leurs outils. La situation réelle est beaucoup plus complexe. Les possibilités offertes par la révolution permanente du monde informatique transforment les organisations militaires, de la même façon qu'elles modifient le reste de l'organisation sociale. Tout d'abord, nous allons examiner la réorganisation radicale imposée aux militaires par l'informatique et les télécommunications et ensuite nous exposerons quels produits et technologies du domaine des TIC jouent un rôle significatif dans les armées et quelles sont les contraintes propres à leur utilisation.

Les TIC et la « transformation » des armées

**« Murat, vas-tu nous laisser
dévorer par ces gens-là? » [1]**

Pour lancer en quelques minutes la plus grande charge de cavalerie de l'histoire moderne, Napoléon n'a eu besoin que d'une longue vue et de sa voix. Le besoin était clair : réorganiser immédia-

tement les forces disponibles, pour faire face à un événement imprévu. Ce besoin est toujours d'actualité – deux siècles plus tard – et l'urgence toujours présente, mais ni la voix ni une longue vue ne peuvent suffire. Un réseau complexe de transmissions est nécessaire, associant grande fiabilité, distances considérables et haute performance, car le combat est toujours le monde du temps instantané.

Ce que faisait Napoléon à Eylau s'appelle aujourd'hui « boucle OODA » (observer, orienter, décider, agir) ; mais le champ de bataille est à la taille d'un état, la chaîne logistique traverse océans et continents et le combat se planifie sur des semaines, voire des mois. De plus l'information est fournie par une grande variété de capteurs portés par des plates-formes diverses (avions, chars, drones, navires, robots... ou observateurs humains).

Le délai de re-planification des opérations est un paramètre critique. Pour donner des ordres de grandeur, il était de l'ordre de la semaine en 1945, de l'ordre de la journée lors de la première guerre du Golfe, de l'ordre de l'heure en Afghanistan, inférieur à l'heure en Irak [2]. Ceci suppose une actualisation de la situation de toutes les unités en quelques minutes. Collecter toutes ces données sur le terrain, les transmettre au quartier général, parfois au niveau politique, pour décision, réaffecter les ressources et agir : voilà qui serait impossible sans un réseau de transmission cohérent et homogène, depuis l'observateur, humain ou automate, jusqu'à l'arme sollicitée, elle-même plate-forme pilotée ou module automatique. Un exemple : pendant l'opération *Enduring Freedom* en Afghanistan, un sergent des forces spéciales, sur son cheval, identifia une cible. Il téléchargea à partir d'un drone une photographie aérienne de son environnement,

envoya par satellite une demande d'engagement aux USA. Le quartier général affecta un avion d'armes à la mission, qui reçut du sergent les coordonnées de la cible. Le pilote vérifia la situation opérationnelle pour s'assurer de l'absence de troupes amies et neutralisa la cible, par l'intermédiaire d'un engin muni d'un GPS.

Pas une seule de ces actions qui n'ait largement recouru aux TIC (sauf le cheval, bien sûr...).

Deux questions priment : comment accélérer la transmission de la bonne information au bon utilisateur, et quelle est l'information pertinente pour chaque niveau de commandement ? La réponse à la seconde question, de nature opérationnelle, doit être apportée par les militaires, et sort par conséquent du sujet de cet article. En revanche, la première réponse est technique et elle fait largement appel aux TIC. Selon les pays, elle porte un nom différent : *Network Centric Warfare* aux USA [3], *Network Enabling Capability* en Grande-Bretagne, Réseaux Info-Centrés en France. La conséquence en fut une profonde réorganisation des armées dans tous les pays de l'Otan, baptisée aux USA « transformation des forces ».

Les organisations info-centrées

« *The network is the computer* »

Ce slogan marketing du début des années 90 est dû à la société SUN Microsystems. Il montre dès cette date qu'un système informatique, ne pouvant plus se limiter à une collection d'ordinateurs reliés entre eux, devient un tout cohérent, dont la colonne vertébrale est le réseau, élément central de l'organisation. Dix ans plus tard, ce même concept se généralise, dans les armées.

Un premier niveau de mise en réseau concerne plusieurs plates-formes militaires : flotte d'avions ou escadre navale, par exemple. On parle dans ce cas d'engagement coopératif, et les informations sont souvent homogènes (radars, sonars, senseurs de guerre électronique, contre-mesures, etc.). La diffi-

culté principale réside dans la maîtrise de la latence. Non pas la latence technique, liée à la transmission, qui est de l'ordre de la microseconde, ni la latence liée aux traitements, nettement plus élevée du niveau de la milliseconde, mais la latence induite par l'intervention de l'homme dans la boucle de décision, d'une durée variable, mais considérable, par rapport aux deux premières (quelques dizaines de secondes, voire plusieurs minutes). Ceci pousse à une organisation sans intervention humaine (*man out of the loop*) qui suppose des algorithmes de robotique, d'intelligence artificielle et une puissance de calcul considérable, même compte tenu de l'état de l'art actuel. L'usage du drone en aéronautique, ou encore du robot marin ou terrestre, va donc se généraliser dans les armées, avec les transmissions, les senseurs et les logiciels de mission correspondants.

Un deuxième niveau est le concept de « bulle ». La mise en réseau des moyens militaires des trois armes, appuyés et relayés par des observations et des transmissions spatiales, crée des zones de sûreté appelées « bulles opérationnelles » qui protègent les unités ou les équipements critiques de tout risque de destruction. Ce principe peut d'ailleurs être aisément étendu à la sécurité civile lorsque c'est réaliste économiquement (protection des aéroports ou des côtes, par exemple). Il faut bien sûr disposer de moyens variés, faisant ici aussi une large place aux engins automatiques et aux capteurs sophistiqués.

Le troisième niveau est dédié à la conduite des opérations militaires elles-mêmes. La mise en réseau structure le mode de conduite des forces engagées. Les observations de toute nature sont regroupées, fusionnées et transmises à chaque unité combattante qui en a l'usage. Ceci suppose la capacité de gérer, traiter et transmettre en faible temps différé des quantités d'informations très importantes à toutes les positions de combat, dont il faudra bien sûr actualiser les mouvements. Ces principes ont été mis en œuvre par l'armée américaine pendant l'offensive en Irak, en 2003. Les résultats, variables, sont

encore en cours d'analyse aujourd'hui [4].

L'interopérabilité des armées coalisées

« *J'admire beaucoup moins Napoléon, depuis que je sais ce qu'est une coalition* »

Le maréchal Foch se posait déjà la question en 1918 : avec des organisations collectives aussi sophistiquées, comment mener une coalition ? Ces organisations étant construites en fonction des capacités des TIC à fournir des réponses instantanées, et deux systèmes informatiques conçus séparément n'étant jamais parfaitement

Aujourd'hui, le numérique et le logiciel ont pénétré tous les systèmes opérationnels du commandement

compatibles, deux armées alliées de pays distincts sont confrontées au pro-

blème de la cohérence de leurs informations et de leurs actions. Ce n'est pas très difficile à résoudre avec des messageries classiques. Mais comment, en revanche, faire tirer une frégate française ou britannique sur une cible identifiée et codée par un bateau américain (ou l'inverse) ? La réponse est malaisée et, illustrant le cas extrême, il y eut encore de nombreux morts par tir fratricide en 2003, un des drames les plus spectaculaires de ce type ayant été la destruction d'un avion britannique par les défenses US [5].

Pour éviter de telles situations, une coopération étroite entre armées alliées est indispensable, au point de poser le problème – difficile – du commandement et des procédures partagés. Des méthodes et cultures variées coexistant par nécessité historique, une telle harmonisation est irréaliste sur l'ensemble de l'OTAN, par exemple. L'impact des TIC accroît clairement la difficulté. Un premier objectif serait sans doute d'arriver à une grande compatibilité entre les armées des nations majeures européennes. C'est en cours, mais même dans ce cadre restreint, le travail à accomplir est considérable. Les accords franco-britanniques et franco-allemands, la création de l'agence européenne de défense, participent à cet

effort préalable à toute concrétisation d'une force militaire européenne intégrée. Tous ceux qui ont essayé de rationaliser l'informatique interne d'un grand groupe industriel comprendront sans doute quelle est la nature des difficultés rencontrées...

Passons maintenant à l'examen de quelques problèmes techniques liés à l'utilisation des TIC dans les armées

Les télécommunications militaires

Depuis toujours, les télécommunications jouent un rôle décisif dans la conduite des armées et des flottes. Le téléphone portable, produit emblématique du marché des télécommunications civiles depuis dix ans, existe au moins depuis la première guerre mondiale dans sa version militaire et, sous sa forme moderne, au moins depuis les systèmes de la classe RITA ou MSE de la fin des années 80. Mais la version civile banalisée ne résout pas deux besoins critiques – le chiffrement et l'anti-brouillage – lesquels justifient la conception de solutions spécifiques. De plus, se pose le problème de la compatibilité avec les formes d'ondes des matériels militaires préexistants. La solution en préparation est la radio logicielle dont les caractéristiques du signal émis résultent de l'exécution d'un des programmes de l'ordinateur intégré au poste [3]. Ainsi, malgré son succès éclatant sur le marché civil, l'impact du portable sur les armées induit surtout une certaine baisse des coûts.

La version civile d'Internet et son complément – le Web – ont en revanche modifié le mode d'organisation et de conception des réseaux et, comme nous l'avons vu, des armées. Le protocole Internet (IP), bien connu des internautes, est en passe de se substituer à tous ses prédécesseurs. On peut observer que cela termine une évolution originale qui aura vu l'Arpanet de la guerre froide devenir le Web de la recherche physique fondamentale, puis envahir les messageries privées et les méthodes documentaires de toute l'économie, avant de revenir offrir aux

armées une solution exceptionnellement robuste et économique pour la réalisation des réseaux de transmission critiques.

L'informatique militarisée

Internet fournit la transition entre les télécommunications, domaine d'une certaine continuité, et l'informatique, lieu de tous les bouleversements. L'informatique est, après le nucléaire, la technologie qui a eu le plus d'impact sur la défense depuis les années 1950. A l'origine de l'évolution du matériel, une seule cause : l'intégration des composants sur silicium et la célèbre loi empirique de « Moore » (1). A l'opposé, la pesanteur et l'inertie considérable des standards de logiciel de base (2) (Dos, Unix, Windows, MacOS, Linux...) et des logiciels d'application qui en dépendent représentent un investissement coûteux qui pèse sur des décennies. Une des conséquences de ces évolutions contradictoires (le silicium qui pousse, le logiciel qui retient) est l'apparition de cycles de sept à huit ans générant des ruptures brutales sur le marché informatique, que les utilisateurs ont été obligés de prendre en compte, du fait notamment de la disparition de fournisseurs précédemment dominants et de leurs lignes de produits. Ceci est aggravé par la banalisation des produits militarisés.

En effet, le même matériel pouvant être utilisé au nord du Canada en hiver ou en Arabie Saoudite en été, on a connu une prolifération de circuits et logiciels « militarisés » jusqu'au milieu des années 90. Mais l'automobile, devenue un marché dominant pour les composants, a imposé à tous les fabricants de produits électroniques des contraintes autrefois réservées aux seules applications militaires. Le marché du « militarisé » a disparu, en-dehors du cas particulier du spatial.

Aujourd'hui, les systèmes militaires utilisent les mêmes composants numériques élémentaires que les civils (mémoires, microprocesseurs, interfaces...). Le problème d'accès à un matériel robuste et bon marché ne se

pose plus. Mais, comme toujours, la situation est plus complexe pour le logiciel.

Un dilemme technique : le choix des standards logiciels

Dans un célèbre tableau de W. Turner, un navire de ligne du milieu du 18^e siècle, le « Téméraire », héros de la bataille de Trafalgar, est remorqué par un vapeur à roue à aubes... Ceci montre que le système d'armes représenté par ce bâtiment a été utilisé pendant plus d'un demi-siècle. Ce constat perdure pour les systèmes militaires d'aujourd'hui, où l'informatique a remplacé la hausse manuelle des canons et la manœuvre au sifflet. Les armées font campagne avec des outils imaginés, au mieux 20 ans plus tôt, et souvent, bien avant. Pensons au bombardier B-52, conçu comme outil stratégique de la guerre froide, mis en service dans les années 50 et prévu pour servir, avec une informatique qu'on suppose rénovée, jusqu'en...2030 au moins !

Changer en cours de développement le logiciel de base (2) des ordinateurs utilisés est pratiquement impossible, sans une remise à zéro des applications déjà réalisées, et donc un coût prohibitif. Or, les standards les plus répandus – Windows, UNIX, MAC-OS – sont, tous, la propriété de sociétés privées qui n'ont aucun intérêt à s'intéresser à la défense et à ses exigences originales, surtout en-dehors du marché dominant des USA. Un fournisseur célèbre a déjà déclaré : « Je n'ai pas un seul de mes rares ingénieurs à affecter à ce marché stupide ! ».

Que faire, quand votre poste de travail et son logiciel sont abandonnés par tous en trois ans et que votre dévelop-

(1) Dès 1966, G. Moore, le fondateur d'Intel, a prédit que les circuits numériques doubleraient leur capacité tous les dix-huit mois sur... les dix années suivantes. En 2005, c'est toujours vérifié...

(2) Un logiciel de base (système d'exploitation, gestion de la mémoire et des interfaces) est nécessaire au fonctionnement d'un ordinateur. Un logiciel d'application est dédié à une utilisation précise. Le code source (ou, simplement : la source) d'un logiciel utilise un langage « proche » du langage humain, ce qui en permet la modification. La version de tout logiciel, fournie contractuellement à l'utilisateur, est le code binaire, qu'on ne peut interpréter sans connaître le code source.

pement s'étale sur dix, voire quinze ans, sans parler de la logistique, sur...vingt-cinq ans ! Le fournisseur de systèmes militaires doit donc soit négocier – difficilement – un accord technologique avec l'un d'entre eux, soit acheter tel quel leur produit, avec, comme seul support, celui dédié aux applications civiles [3]. La première option est satisfaisante sur le plan technique, mais coûteuse et risquée si le partenaire périclité et la seconde, très dangereuse car ne garantissant en aucun cas le bon fonctionnement du système. Ces deux solutions génèrent de plus un risque opérationnel.

Un enjeu de souveraineté

Comme dans tous les pays de l'OCDE, le matériel de guerre américain est soumis à des restrictions aux pratiques d'exportation. Et ce n'est pas une clause de style : Boeing a par exemple été mis en cause pour avoir fourni à la Chine des avions civils comportant un circuit critique coûtant seulement 1 000 \$! Tout produit « concourant à la supériorité des forces américaines » peut être concerné : on le constate, il s'agit d'une définition pour le moins large de la notion de matériel militaire stratégique.

Pas de risque, en revanche, pour le matériel et logiciel informatique classique, par exemple les microprocesseurs, car une application à ce type de produit de restrictions commerciales aurait des conséquences économiques insupportables pour les industriels américains. Pour des produits plus spécifiques ou la source (2) des logiciels, la situation est tout autre, comme l'illustra l'exemple des supercalculateurs, à l'origine de quelques frictions transatlantiques demeurées célèbres. Des refus de commercialisation, même au sein des pays membres de l'Otan, surviennent régulièrement. Or, sans support technique permanent, aucune application informatique militaire ne peut être mise au point. Enfin, subsiste le risque que le logiciel fourni contienne des « failles », connues du seul fournisseur, ce qui accroît l'effet de dépendance souligné plus haut.

Comment contourner cette difficulté dans le contexte européen ? Le véri-

table enjeu porte sur l'usage – ou non – de Windows et de l'énorme quantité de logiciels d'applications associés au monde Microsoft. Ceci est particulièrement vrai en ce qui concerne les applications jugées non-critiques. Pour un architecte de systèmes militaires, éliminer une partie des aléas de l'informatique, en choisissant ce standard propriétaire, est très tentant. (Il y a trois décennies, la même logique jouait en faveur d'IBM). Mais, dans ce cas, la mise au point et la logistique, voire le fonctionnement, dépendent du bon vouloir de la firme de Redmond...

L'impact des logiciels libres

La solution à ce dilemme provient de façon inattendue de la communauté universitaire, car la mission d'éducation pose ce même problème d'accès aux sources (2) des logiciels de base. Les informaticiens universitaires ont donc décidé, au niveau mondial, dès 1991, de créer leurs propres standards gratuits et universels, dont l'élément le plus célèbre est le système d'exploitation Linux. Cette solution des « logiciels libres » (« Open Source » en anglais) n'a été rendue possible que grâce à la généralisation d'Internet, qui rend la diffusion gratuite aisée et assure une mise au point d'une qualité exceptionnelle. Linux représente aujourd'hui une excellente option technique pour les systèmes de commandement et tous les systèmes militaires hors « temps réel ». Le rôle des logiciels libres est décisif. Ces technologies sont extraterritoriales et l'accès aux sources via Internet est totalement garanti (et accessoirement presque gratuit).

Plusieurs sociétés (dont au moins une en France) assurent

la diffusion et le support de ces logiciels pour ceux des utilisateurs qui souhaitent se décharger de cette tâche. C'est à terme la solution la plus sûre pour toutes les applications de défense. La panoplie des logiciels d'application accessibles autour de Linux est désormais très complète. Aux USA, le lancement de plusieurs procès contre les fournisseurs de logiciels libres montre

d'ailleurs que cette solution est considérée par les fournisseurs traditionnels comme une concurrence très sérieuse. Le frein le plus gênant à leur plus large adoption tient aux habitudes des utilisateurs, qui bénéficient aux produits Microsoft. On a vu des systèmes de commandement utiliser Windows pour la seule raison qu'il était plus pratique de transférer en fichiers Excel les rapports à l'état-major, grâce à ce logiciel ! Cependant les considérations de sécurité et de souveraineté imposeront le choix de l'indépendance, et donc l'usage généralisé des logiciels libres.

Un dernier problème technique : le temps réel...

De nombreux équipements militaires ne peuvent réagir qu'après un temps de latence incompressible. Ceci est dû à des servitudes essentiellement mécaniques (tour d'antenne sur les radars, identification et validation des objets observés, vitesse de défilement des avions d'observation, etc.). Pour des raisons de mémorisation (que nous n'exposerons pas ici), un ordinateur muni d'un logiciel classique est tributaire de la vitesse de rotation de son disque dur. Celle-ci, prenant du retard sur le développement des performances de l'électronique, devient un goulet d'étranglement que tout utilisateur peut constater sur son PC lorsqu'il doit attendre, durant d'interminables secondes, que sa demande apparemment anodine daigne être prise en compte...

Ce type de contrainte doit être contourné par un logiciel de base spécifique à ce type d'application : le système d'ex-

Depuis toujours, les télécommunications jouent un rôle décisif dans la conduite des armées et des flottes

ploitation en temps réel (2). Les militaires sont les plus gros consommateurs

de ces produits, qui ont pour seul inconvénient d'exiger l'adaptation de tous les logiciels qui en dépendent. Il existe une spécificité des applications temps réel, protégée par les lois d'inertie de la mécanique et le théorème empirique (encore un !) – ironiquement intitulé « théorème des gaz parfaits informatiques » – qui rend compte de la boulimie d'occupation des mémoires,

trop largement répandue chez la plupart des concepteurs de logiciels.

Quelques perspectives

La « loi » de Moore (1) restera sans doute valable encore au moins dix ans. Nous verrons donc apparaître au moins quatre générations d'ordinateurs avant tout éventuel ralentissement de l'évolution technologique. La capacité des transmissions sous protocole IP ira croissant, avec l'« encapsulation », puis l'absorption, sous IP, des réseaux préexistants. Tout ceci améliorera l'efficacité des armées, notamment par la réduction des destructions dites « collatérales ». Où les futures opportunités vont-elles donc se créer et quels goulots d'étranglement sont-ils susceptibles de freiner la diffusion des TIC dans le domaine militaire ?

Rappelons les quatre étapes de toute action militaire : Observer, Orienter, Décider, Agir (OODA).

- Observer : les TIC induisent une numérisation généralisée et une banalisation des traitements numériques de tous les capteurs physiques. Le traitement radar ressemble à celui du sonar, de la guerre électronique, des contre-mesures, etc. En parallèle, le traitement de l'information dépend de la fusion des données issues de ces capteurs et de renseignements extrêmement diversifiés : voix, textes, cartes, images vidéo... On peut imaginer que des technologies du grand public, telles celles illustrées par Google, ou des concepts de diffusion grand public comme le *triple play* soient bientôt nécessaires aux armées, ce qui représente un champ presque vierge pour les concepteurs des systèmes futurs.

- Orienter : première phase du commandement, la préparation et la planification des actions devront recourir à des simulations mélangeant les niveaux

opérationnels et physiques, et ceci, en temps quasi réel. Les moyens informatiques nécessaires n'existent pas encore, de nos jours, mais avec un peu de patience, cela ne devrait pas tarder.

- Décider : le rôle de l'aide à la décision et des nombreuses techniques d'intelligence artificielle sera ici primordial. Une partie de la chaîne de décision échappera nécessairement au contrôle humain. Comment en vérifier le bon fonctionnement ? En prévenir les éventuelles dérives ? La bonne architecture des futurs systèmes de commandement reste encore à préciser, tant les champs du possible ouverts par les TIC s'élargissent sans fin.

- Agir : Les armes sont déjà largement pénétrées par des solutions numérisées : commandes de vol des avions, contrôle des commandes de l'armement des navires, réglage automatique des tirs, pilotage des missiles, etc. Cette évolution va continuer sans heurts. En revanche, la rupture proviendra vraisemblablement de l'amélioration des drones et autres robots. Le sans pilote ou le piloté à distance vont inévitablement devenir la règle, l'amélioration de la sécurité des combattants se conjuguant à la baisse du coût des pertes éventuelles pour justifier un recours systématique à ce type de moyens.

En conclusion : Les TIC sont-elles stratégiques pour la défense ?

Nous avons vu que la réponse à cette question est loin d'être simple. Stratégiques, les supercalculateurs l'ont été, or ils ne le sont plus aujourd'hui, où n'importe quelle université peut en concevoir un, au moyen de microprocesseurs et de logiciels libres. Les sys-

tèmes d'exploitation le sont, alors même qu'ils sont apparemment très répandus et facilement accessibles. Demain, les moteurs de recherche ou de messagerie peuvent le devenir, en fonction de l'évolution de l'organisation industrielle des fournisseurs.

Mais il y a, dans tous les cas, une certitude : la maîtrise des technologies informatiques et de télécommunications par une large communauté d'ingénieurs et de chercheurs est une condition nécessaire de la création et de l'entretien de forces armées efficaces. Si la puissance des nations dépend de leur capacité reconnue à

exercer éventuellement leur *ultima ratio* militaire, alors, n'en doutons pas, cette communauté des technologies de l'information et de la communication jouera un rôle majeur dans la crédibilité de l'ensemble du dispositif de défense d'un Etat moderne.

Ceci dit, restons modestes : quelle TIC permettra-t-elle de se protéger contre le tir à très courte distance d'un missile rudimentaire lancé... depuis une charrette tirée par un âne ? La métallurgie et le blindage ont peut-être encore un certain avenir militaire devant eux... ●

BIBLIOGRAPHIE

[1] Napoléon Bonaparte à la bataille d'Eylau. Citation rapportée notamment par G. Plon dans son ouvrage « La Grande Armée », éd. R. Laffont, 1979, p. 130.

[2] Annales du colloque « Nouvelles Technologies et Art de la Guerre » – CID 28 avril 2004 – <http://www.college.interarmees.defense.gouv.fr>.

[3] IT Special Report « Connecting the Dots », J. C. Anselmo, AW & ST, February 28th, 2005, pp. 19-25.

[4] US Army Transformation; An Update, M. Leibstone, in Military Technology, Vol. XXVIII, issue 10, 2004, pp. 19-25.

[5] « Unfriendly Fire », D. Barrie, AW & ST, April 7th, 2003.

Des mutations majeures dans l'organisation des entreprises

La compétitivité d'une entreprise dépend largement de la qualité des informations dont elle dispose et de sa capacité à les capitaliser puis à les traiter. Elle dépend également de sa réactivité. Or tous les processus touchant l'information – production, consommation, échange, traitement ou capitalisation – sont susceptibles d'être concernés par l'Internet. Nouveau système nerveux de l'économie, Internet permet de passer d'un processus discontinu à un processus continu et de réduire drastiquement les délais : c'est là une des principales modifications qu'il apporte au fonctionnement de l'économie et donc, à terme, à sa structuration.

**par Jean-Michel Yolin,
Ingénieur général des Mines**

Pour une entreprise, l'information représente une part en forte croissance de la valeur ajoutée dans un produit et les services qui lui sont associés.

En effet, de plus en plus fréquemment, le contenu informationnel dépasse, en valeur, le contenu en énergie, en matière première et en heures de travail manufacturier d'un produit. Un séminaire récent de la Banque Mondiale à Paris indiquait ainsi que l'investissement immatériel égalait aux Etats Unis l'investissement matériel.

Or nous entendons par coûts informationnels toute la gamme des coûts « immatériels », de la conception du produit au service après-vente, en passant par la transmission et le traitement de l'information ou la gestion de la logistique.

Il s'agit donc :

- des études préliminaires du marché, du marketing, de la détermination des besoins du client, de l'analyse de la concurrence, de l'intelligence économique ;
- des coûts de conception (R&D, bureau d'étude, mise au point, élaboration des programmes de CFAO qui piloteront les machines de production (MOCN), ou suivi dans la pharmacie des tests sur des milliers de patients) ;
- de la protection juridique et de la veille technologique ;
- des coûts de fabrication de la partie immatérielle (élaboration des modes d'emploi, de la documentation technique, écriture des logiciels nécessaires pour le produit...) ;
- des coûts engendrés par le suivi qualité ;
- des coûts de transmission de l'information (télécommunications) ;
- des coûts de traitement de l'information (informatique) ;
- des coûts immatériels au niveau de l'atelier de production, du bureau des méthodes, de l'organisation des processus de production, des cercles de qualité, de la programmation des machines-outils à commandes numériques, mais aussi des choix techniques réalisés par

les opérateurs (définition des paramètres d'usage, choix des matériaux...) ;

- des coûts relatifs à la recherche de sous-traitants ou de partenaires ;
- des coûts de gestion (procédures administratives relatives au paiement des taxes, aux demandes d'autorisations ou aux questionnaires statistiques, comptabilité, facturation), etc. ;
- des coûts nécessaires à la communication ou aux relations publiques ;
- des coûts de commercialisation (publicité, conseil au client, catalogue, formation des clients, négociation du prix et des clauses du contrat, recherche de nouveaux distributeurs, de nouveaux clients, de nouveaux marchés) ;
- des coûts de gestion du personnel (recrutement, paye, formation des salariés) ;
- des coûts liés à la logistique (gestion et organisation du transport et du stockage...) ;
- des coûts des services financiers (négociation, optimisations, gestion de trésorerie) ;
- des coûts liés aux achats, à la recherche de fournisseurs, au lancement des appels d'offre, à la gestion des approvisionnements ;
- des coûts que génère la conduite de projets ou de chantiers ;
- des coûts spécifiques au service après-vente (maintenance, *upgrading* (1), contentieux...) ;
- sans oublier le coût des informations que l'on achète, comme les brevets, les licences, ou l'accès à des banques de données...

En outre, la compétitivité d'une entreprise, liée à la pertinence de ses décisions, dépend largement de la qualité des informations dont elle dispose et de sa capacité à les capitaliser puis à

(1) Augmentation de la performance des matériels notamment par une amélioration des logiciels de commande.

les traiter. Ainsi, par exemple, le CIO de Boeing (2) déclarait : « *Aujourd'hui Boeing, c'est 80 % d'info-management et 20 % de processus physiques* ».

La compétitivité d'une entreprise dépend également de sa réactivité et donc de la performance de son « système nerveux ». Et tous les processus touchant l'information, sa production, sa consommation, son échange, son traitement ou sa capitalisation sont susceptibles d'être concernés par les technologies de l'Internet.

D'un processus discontinu à un processus continu

Internet véhicule des instructions exécutives : nouveau système nerveux de l'économie, il réduit drastiquement les délais, en passant d'un processus discontinu à un processus continu. C'est là une des principales modifications qu'Internet apporte au fonctionnement de l'économie – et donc, à terme, à sa structuration – et pourtant peu la perçoivent dans toutes ses conséquences. Aujourd'hui les étapes de production sont effectuées les unes après les autres. Prenons l'exemple d'un fabricant de meubles : le client va dans une boutique, il choisit un meuble et passe sa commande (ou, pressé, emporte un produit disponible en stock). Le commerçant envoie un ordre de fabrication à l'usine (le meuble commandé ou un réassort pour son stock), voire même à un grossiste qui lui-même s'adresse au producteur. Le fabricant transmet les instructions de fabrication à l'atelier. Le bureau d'étude et le bureau des méthodes programment les machines et ordonnent la production. Pour certains éléments, le fabricant passe également commande à ses fournisseurs et sous-traitants qui, après avoir produit les pièces nécessaires, livrent l'usine qui procède au montage et au contrôle qualité. Enfin, il est fait appel à un transporteur qui assure la livraison de la marchandise.

Les factures et les paiements suivent un processus identique : opération après opération, avec la lenteur, les coûts et les risques d'erreur qu'impliquent les diverses saisies des chiffres.

L'une des mutations majeures entraînée par l'Internet est la remise en cause radicale de ces processus de conception, de production et de vente. Jusqu'alors, dans l'économie traditionnelle, chacune des opérations (prise de commande, approvisionnement, production, appel à des sous-traitants, livraison...) était initiée et lancée l'une après l'autre : on était dans un processus économique « séquentiel ».

Ce que permet l'Internet, en interconnectant l'ensemble des acteurs de la chaîne, c'est de lancer l'ensemble de ces opérations simultanément. On passe ainsi à un processus « continu » avec, comme principale conséquence, un écrasement radical des délais.

C'est cette mutation qui permet de produire des objets « sur mesure » pour chaque client, avec les prix d'une production de masse, des délais de livraison inférieurs à ceux de l'économie traditionnelle, tout en évitant d'avoir à financer des stocks.

De même, pour la conception de produits (comme une automobile, un avion, un moule, une maison...), Internet permet d'interconnecter les bureaux d'étude de toutes les entreprises concernées, qui peuvent apporter chacune leur savoir-faire. Celles-ci travaillent sur une « maquette numérique » partagée (c'est « l'ingénierie concourante » ou « co-ingénierie »), qui permet de réduire considérablement les délais et les coûts de conception.

Dans une économie qui exige des renouvellements de plus en plus fréquents des produits, la productivité des bureaux d'étude devient un facteur essentiel de compétitivité : « *Si de 1997 à 2001, neuf « événements produits » (lancement de nouveaux véhicules ou restyling profond) ont eu lieu pour le groupe, la période 2002-2004 devrait voir vingt-cinq « événements produits » se dérouler, ce qui constitue une augmentation drastique* » (Annick Gentes-Kruch, Directeur e-business de PSA, avril 2003).

Dans la nouvelle organisation qui se dessine, l'ensemble des opérateurs est interconnecté grâce à l'Internet, par un

véritable système nerveux qui les relie entre eux : un « extranet » (3).

Demain notre client trouvera chez lui ou chez son marchand, comme déjà aujourd'hui chez les « Meubles Grange » ou chez Buronomic, un outil de simulation et de visualisation lui permettant de « créer » sa bibliothèque en fonction de ses goûts, de ses contraintes de place et de son budget (mesurations, tiroirs, partie vitrée, accessoires...) : lorsque son choix est fait, son « clic » de commande n'envoie pas une simple « information » mais une « instruction » qui traverse sans délai l'ensemble des maillons de la chaîne de production – livraison – paiement.

Lorsque que le client lance sa commande, celle-ci « irrigue », d'un clic, sans aucun délai, chacun des acteurs avec les instructions qui le concernent. Il lance directement l'ensemble des processus de fabrication, de facturation et de paiement : ce qu'il envoie alors sur l'Internet, ce ne sont pas seulement des informations, mais des instructions exécutives. Sans aucune nouvelle saisie, les mensurations qu'il aura choisies iront directement commander la machine à commande numérique qui usinera

Nouveau système nerveux de l'économie, Internet réduit drastiquement les délais en passant d'un processus discontinu à un processus continu

les panneaux dans l'usine, initiera les commandes de serrurerie, lancera la production chez

les sous-traitants concernés, organisera la logistique pour la livraison, transmettra les ordres de paiement relatifs à chacune de ces opérations, entraînera la passation de l'ensemble des opérations comptables...

La valeur ajoutée des différents opérateurs change alors profondément de nature. Elle se situera en particulier dans la définition préalable de l'ensemble des *process* : ceux-ci devront faire l'objet d'une programmation, afin de pouvoir être déclenchés automatiquement par les choix du client (programmation de la machine-outil, ordonnancement de la production, processus comptable, organisation de la logistique...).

L'action des acteurs se situe dorénavant au niveau de la conception, de l'amé-

(2) Mission Acsel à Chicago en mai 2002.

(3) <http://yolin.net/extranet.html>.

lioration permanente et du contrôle de ce *process* (notamment de la gestion des anomalies qui permet d'en améliorer l'efficacité) et non plus de son exécution qui est automatisée.

On comprend ainsi comment cette nouvelle organisation, permise par les technologies de l'Internet, peut écraser les délais et éviter d'avoir à constituer les stocks de produits aujourd'hui nécessaires pour être en mesure de répondre dans des délais courts au client (et cela, avec des produits qui correspondent seulement « à peu près » à ses besoins).

Mutatis mutandis, avec une organisation industrielle infiniment plus complexe, l'industrie automobile bascule dans cette nouvelle organisation avec pour objectif de fournir aux clients exactement la voiture qu'ils désirent (et non le modèle en stock qu'un garagiste, bon vendeur, parviendra à faire acheter, après une remise). Renault estimait ainsi en 2002 que cela permettrait :

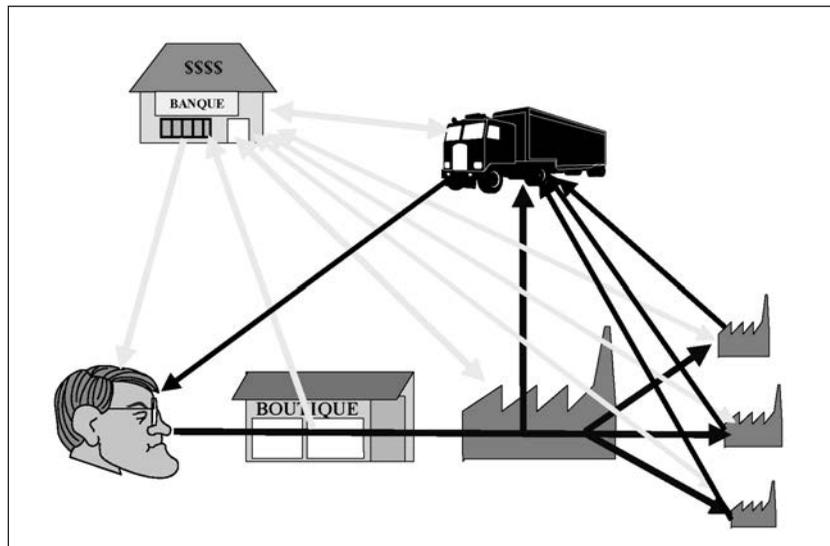
- d'augmenter la valeur du produit vendu grâce à un beaucoup plus large choix de variantes et la disponibilité de toutes les options souhaitées ;
- de réduire à 15 jours les délais entre la prise de commandes et la livraison ;
- de diviser par deux les stocks, qui ne se bonifient pas toujours avec le temps et nécessitent une considérable immobilisation stérile de capital.

« Cela va nécessiter une adaptation de l'outil industriel et la formation de 28 000 personnes pour être capable de produire une voiture avec un préavis de 5 jours... Internet va booster la diversité des modèles... jusqu'à présent nos voitures neuves attendaient les clients qui devaient se rabattre sur les modèles disponibles » (André Bodis, Renault, aux Echos).

François Hinfray déclarait aux Echos en juillet 2002 : « 40 % des clients d'automobiles en Europe font une recherche sur le Web avant d'acheter. Internet nous a apporté 10 000 nouveaux clients que nous n'aurions jamais eus sans cela sur les six premiers mois de 2002 ».

Grâce au *e-procurement* et aux *Market Places*, les gains en approvisionnement sont estimés à 50 %.

Bien entendu, tout au long de cette chaîne, le produit et ses composants



Ce que permet l'Internet, en interconnectant l'ensemble des acteurs de la chaîne, c'est de lancer l'ensemble des opérations simultanément (prise de commande, approvisionnement, production, appel à des sous-traitants, livraison, etc.).

Animation Power point accessible à www.yolin.net/process.ppt.

seront très précisément localisés avec un suivi qualité continu.

En outre, moins de stocks, c'est aussi une moindre vulnérabilité à l'évolution parfois brutale des prix : les mémoires DRAM ont baissé de 80 % en 2001, DELL qui n'a que 5 h de stocks a gagné 1,7 milliard de dollars en accroissant ses parts de marché là où ses concurrents « buvaient la tasse ».

Révolution dans la gestion des entreprises

Derrière cette digression d'apparence très technique se cache une profonde révolution :

- les délais et coûts de conception drastiquement réduits permettront un renouvellement plus rapide des produits ;
- les délais de production qui, pour la plupart, proviennent des temps morts entre les étapes de fabrication (« *Mon acier passe son temps à rouiller* », estimait Francis Mer alors à la tête d'Usinor, avant de réduire ses stocks) sont réduits d'un ordre de grandeur d'un facteur 7, d'où cette expression de « *dog years* » illustrant l'accélération du temps. Cette accélération est amplifiée par l'impatience des clients qui ont perdu l'habitude d'attendre (« *l'unité de temps n'est plus la même, nous devons*

répondre au client dans les vingt-quatre heures ») ;

- ce processus continu ne nécessite plus de stocks, ce qui permet de produire les commandes une à une et donc de les personnaliser, révolutionnant le marketing ;
- les stocks et les en-cours représentent souvent des immobilisations financières du même ordre que les outils de production ; réduire ceux-ci permet donc de limiter les besoins de capitaux de l'entreprise ;
- ce *process*, qui ne nécessite pas d'interventions en cours de fabrication, permet une productivité voisine de la grande série « *mass customisation* » ;
- la logistique se trouve dorénavant sur le chemin critique ; tous les autres processus étant considérablement accélérés, le client n'est pas prêt à attendre notablement plus longtemps que lorsqu'il y avait des stocks ; ainsi, si l'Internet devient le système nerveux de l'économie, la logistique devient son système sanguin ;
- le métier des commerciaux change, avec des vendeurs-conseillers chargés d'écouter le client et d'apporter une réponse à ses besoins et non des commerciaux-bonimenteurs chargés d'écouler les stocks ;
- une large part du métier de comptable disparaît, puisque la comptabilité devient un sous-produit de tout ce pro-

cessus ; il ne reste plus que l'audit de ce processus pour s'assurer qu'il traduit fidèlement les opérations et la partie « artistique », qui en « calculant » les provisions, les dépréciations des stocks, la valeur des contrats sur les années futures, les amortissements exceptionnels et les revalorisations d'actifs permettent « d'ajuster les bénéfices » (et ces dernières années ont montré à de nombreuses reprises que ce pouvoir d'appréciation pouvait porter rien moins que sur plusieurs dizaines de milliards de dollars) ;

- cela entraîne des évolutions en matière d'urbanisme ; aujourd'hui les magasins sont immenses (plutôt en périphérie à cause des impératifs de stocks et de parking), demain ils pourraient être plus petits, réduits à des boutiques d'exposition en centre ville (car il sera encore longtemps demandé par le client la possibilité d'évaluer la qualité du meuble en le touchant) ;

- les préoccupations de sécurité des réseaux d'information prennent un poids accru, du fait d'une certaine vulnérabilité de ces organisations (à l'occasion de la fusion des systèmes d'Elf et de Total, Philippe Chalon déclarait au journal Les Echos : « *Lorsque le réseau tombe c'est notre trésorerie qui ne fonctionne plus, tout comme nos ERP, sans parler des raffineries qui ne peuvent plus charger les camions de livraison...* »).

Le respect des standards, clé de l'entreprise en réseau

Comme nous l'avons vu, Internet (IP), c'est d'abord et avant tout un standard qui permet l'interconnexion entre toutes les applications qui le respectent. Un fonctionnement en réseau impose donc un strict respect des standards, tant pour pouvoir travailler efficacement à l'intérieur de l'entreprise (intranet) qu'entre entreprises concourant à un même projet (extranet).

Pour toutes les applications nouvelles, il est donc impératif de respecter absolument tous les standards, pour pouvoir décentraliser le développement des applications auprès des responsables opérationnels en étant certain que

celles-ci pourront communiquer tant à l'intérieur de la société qu'avec les partenaires actuels... ou futurs.

Dans les relations interentreprises, la capacité à s'intégrer au système informatique de l'acheteur devient un critère de choix déterminant. Pour l'élaboration des Standards, les *Market Place* (UDDI pour les catalogues, XML, Web-EDI...) jouent un rôle essentiel. L'XML et le Web-EDI s'imposent car, moins chers et plus souples que l'EDI, ils permettent d'aller « *further down the supply chain* » (LEAR). Il ne faut pas oublier

l'utilisation des standards dans les produits fabriqués qui sont eux aussi de plus en plus communicants (Bluetooth pour Daimler Chrysler, Audi, Saab, BMW, Peugeot par exemple).

Il est important de s'assurer en particulier qu'un fournisseur de logiciel ou ASP respecte les standards pour ne pas être handicapé par sa disparition (*Yankee Group*).

Enfin, une filiale est mieux valorisée si son système informatique répond aux standards car elle est plus facilement vendable...

Une des difficultés tient bien évidemment au fait que les entreprises ont développé depuis plus de 30 ans des programmes informatiques (*legacy systems*) qui ne sont bien entendu pas conformes à ces standards et qu'il n'est pas envisageable de mettre au rebut dans un délai rapproché (le traitement du bug de l'an 2000 a montré qu'on trouvait encore des applications en Cobol, écrites dans les années 70 et dont les modes d'emploi étaient souvent inexistant).

C'est un des défis majeurs pour les grandes entreprises, tout à la fois en interne pour faire communiquer leurs applications (notamment avec les innombrables fusions intervenues depuis lors) que pour les relations interentreprises (*e-procurement*, ingénierie simultanée, Extranets, places de marché...).

Les techniques d'autrefois, l'EDI (*Electronic Data Interchange*) et la fabrication de « passerelles » entre programmes, l'EAI traditionnelle (*Enterprise Integration Application*) sont hors de prix (il en faut une pour chaque

couple de programme ayant besoin d'échanger) et doivent être revues à chaque évolution de l'un d'entre eux. C'est pourquoi a émergé la technique des « connecteurs », briques logicielles permettant de rendre toute entrée-sortie du programme compatible avec les standards. Cette technologie a été curieusement nommée *Services Web* (*Web services*).

Ceux-ci ont représenté la plus grosse partie des achats informatiques en 2001 (40 % à 60 % des budgets) et la plus forte croissance du marché (+ 63 % en

2001) et ce mouvement s'est poursuivi depuis. Chez Quaker Oats, ce sont ainsi 200 systèmes incompatibles qui ont du être connectés en 2001 à un « *core system* ». Les services *Web* sont des logiciels qui font communiquer deux applications hétérogènes grâce à la combinaison de standards Internet : le protocole http (transport) et SOAP (un dérivé d'XML). Ils gèrent des interfaces pour les rendre compatibles et communicantes, ce sont des outils d'interopérabilité.

Ils utilisent XML pour formater des données transportées par le protocole SOAP (*Simple Object Access Protocol*) : les « modules de traduction » SOAP servent d'interfaces entre l'entreprise et ses partenaires, organisant le dialogue via Internet avec d'autres services *Web*. Les services pertinents peuvent être identifiés et joints grâce à UDDI (*Universal Description, Discovery and Integration*), annuaire également au format XML, répertoriant de façon homogène l'ensemble des services accessibles sur Internet. Les *Web Services* permettent le déploiement d'applications distribuées et accessibles depuis n'importe quel type de terminal, PC, téléphone Internet, PDA... Ce sont des outils d'intégration puissants entre applications distantes.

En permettant aux entreprises d'acheter uniquement la fonctionnalité dont elles ont besoin, au moment où elles en ont besoin, l'architecture *Web* peut réduire de manière substantielle les investissements en technologie d'information. En transférant la responsabilité de la maintenance des systèmes à des fournisseurs

Ce que le client envoie sur l'Internet, ce ne sont pas seulement des informations, mais des instructions exécutoires

extérieurs, elle réduit les embauches de spécialistes ainsi que le risque d'utiliser des technologies obsolètes.

Pour des programmes récents, des logiciels comme GLUE (*The Mind Electric*) ou *Cape Connect (Cape Clear)* automatisent ce *process* pour une somme de l'ordre de 2 000 \$. Cela permet de transformer les programmes en « jeu de lego » réduisant de 30 % le coût des projets (*Whit Andrews, Gartner Group*). « *L'intégration de nos services entre un revendeur et notre plate-forme nécessite entre 3 jours et 8 jours. Le coût des échanges de données-commandes, listes de prix, rapports de ventes, etc. est nul, ce qui est une fameuse différence avec l'EDI* » Philippe Geleyn, de B2boost, place ce marché entre éditeurs et revendeurs de jeux vidéo (*Les Echos 9/9/2002*).

Selon le Yankee Group, cette technologie permet de diviser par deux les coûts des projets d'intégration d'applications inhérents à une entreprise en réseau.

Centralisation et décentralisation dans l'organisation de l'entreprise

Les outils de l'Internet conduisent, paradoxalement et simultanément tout à la fois, à un mouvement de centralisation et de décentralisation.

Les standards doivent être totalement centralisés : c'est la condition même de... la décentralisation des projets (pour reprendre l'expression entendue de nombreuses fois lors de notre mission dans le cœur industriel des Etats-Unis au printemps 2002).

De même les achats doivent être centralisés : c'est par leur regroupement que l'entreprise peut les rationaliser et avoir un volume suffisant pour être en position de force afin de négocier les prix, tout en veillant à ne pas mettre en difficulté un partenaire dont elle a besoin sur le long terme... mais c'est ce qui permet de décentraliser complètement les « *appro* » (ce qui explique en particulier le développement fulgurant des « cartes d'achat » qui impliquent tout un système de gestion décentralisée des approvisionnements) : « *before*

we had purchasing people, now we have people purchasing » (*Quaker Oats, mission Chicago, mai 2002*).

Une entreprise, pour être efficace, a besoin tout à la fois d'être proche de ses clients pour pouvoir mieux les satisfaire et, donc, d'être « éclatée », et en même temps d'avoir une forte cohérence interne et, donc, d'être « ramassée ». En gommant les distances, Internet permet d'apporter des éléments de solution à ces exigences contradictoires :

- l'entreprise peut se concentrer sur une implantation géographique et être néanmoins étroitement connectée, par un Extranet, avec ses clients ;

- à l'inverse, elle peut adopter une organisation éclatée au plus près de ses clients (comme les équipementiers automobiles ; MC SYNCHRO, par exemple, doit fournir une heure après la commande, les pneus montés sur la ligne de montage) et, pour autant, grâce à un intranet assurer une forte cohérence managériale.

L'entreprise DEFI 12 à Rodez, bureau d'étude qui conçoit des machines spéciales pour l'industrie aéronautique, emploie une trentaine de techniciens et ingénieurs à Rodez. Elle travaille pour moitié pour l'aéronautique et pour moitié dans l'automobile.

Dans le cadre de son programme de développement, elle a créé une filiale à Bucarest qui emploie une trentaine d'ingénieurs : les deux équipes travaillent sur les mêmes programmes et partagent donc les mêmes données grâce à Internet. Bernard Dalmon, son PDG, est frappé par l'efficacité de la formule : « *L'expérience que nous menons en Roumanie est, à cet égard, extraordinaire, tant sur le plan technique que sur le plan humain. Ce projet ne fut pas évident à mettre en œuvre, d'autant plus que dès le départ il nous a été demandé de nous rapprocher d'un de nos concurrents. Cela dit, sur ce plan aussi, la réussite fut au rendez-vous, tant cette collaboration forcée s'est avérée très enrichissante* ».

Le « B to C to B »

Nous assistons aussi à une modification en profondeur des circuits commerciaux : le « B to C to B ». Quand

Caterpillar offre à son client la possibilité de définir sur son site l'engin dont il a besoin à partir d'un outil de CAO lui permettant de choisir fonctions et modules et assurant la cohérence d'ensemble, il se met en intermédiaire entre le client et le concessionnaire... et c'est maintenant souvent le constructeur qui amène le client au distributeur. Il en va de même quand Daimler Chrysler permet aux acheteurs potentiels de « construire » sur l'écran la voiture de leurs rêves, et, dans une moindre mesure, pour tous les sites qui fournissent les informations conduisant à la décision d'achat, notamment les outils de simulation permettant d'étudier le financement de cet achat : aujourd'hui seuls 45 % des clients s'adressent directement aux concessionnaires alors que 55 % prennent leur décision via Internet dont 86 % via des « *neutral third parties* » (*Daimler Chrysler, Mission Acsel à Chicago, mai 2002*) : « *Si cette démarche ne conduit pas à des achats en ligne, les constructeurs deviennent des intermédiaires systématiques entre le client final et le concessionnaire* » (*PriceWaterHouseCooper dec 01*). On pourrait appeler cela le « B to C to B ».

Certes, les grandes entreprises affichent leur souci de ne pas tuer leurs distributeurs en les court-circuitant, mais elles créent un type de relation très différent de la situation qui prévaut aujourd'hui :

- en leur apportant des clients et plus seulement des prospects ;

- en mettant leur capacité d'organisation à leur service (Daimler Chrysler agrège les commandes de ses concessionnaires pour passer des marchés groupés, ce qui génère des économies de 15 à 20 % pour 50 % d'entre eux) ;
- en aidant les distributeurs actuels et en favorisant la création de nouveaux (fourniture d'études de marché, d'outils de gestion et de sites Web de commerce électronique connectables à leur système de SCM « *United Stationers* ») ; Ceci reste vrai même si, comme c'est souvent le cas (voir l'exemple des Meubles Grange), l'outil de CAO et de simulation financière est localisé chez le distributeur.

Il s'agit là d'une mutation qui permet au fabricant d'avoir un contact direct avec son client final, le concessionnaire

étant recentré sur un rôle de « centre de service ».

A l'inverse, Internet a aussi favorisé l'émergence de sites comparatifs comme Autobytel, permettant au client de faire des comparaisons entre modèles de fabricants différents et mettant le pouvoir chez les consommateurs et les « infomédiaires ».

Une industrie moins gourmande en capitaux, des sous-traitants regroupés, mais gare à la stratégie du lombric !

Une production pilotée par la demande permet la réduction des stocks. Le travail en flux tendu, sans stocks, permet de limiter les besoins en capitaux nécessaires pour faire tourner l'entreprise, et ceci dans des proportions significatives (les capitaux immobilisés pour les stocks et les en-cours sont en effet souvent du même ordre que pour l'outil de production lui-même).

Bill Crist, ex-patron du fonds de pension Calpers, un des principaux investisseurs mondiaux – il gère 200 milliards de dollars – considérait que c'est là le principal potentiel de gains en terme d'immobilisation et de réactivité pour les entreprises. La division « moteurs d'avion » de General Electric (CA de 9 milliards de dollars) a réalisé ainsi une économie de 100 millions de dollars en 2002.

Caterpillar travaille en *build to order*, ce qui lui a permis une réduction drastique des stocks de produits finis (80 %) et de 10 % sur les en-cours.

Tower Automotive indique une réduction de 50 % en 3 ans.

Quaker Oats affiche une réduction de 15 % et Daimler Chrysler, après une réorganisation radicale, de 33 %.

Covisint, place de marché des constructeurs automobile, revendique entre 20 et 80 % d'accroissement du taux de rotation des stocks.

Desamais (Avermes), grossiste en quincaillerie – 25 000 références, 5 000 clients – a doublé son chiffre d'affaires en trois ans et rachète régulièrement chaque année plusieurs concurrents. Ses zones de stockage sont équipées en

WiFi depuis 1999, ce qui permet un suivi en temps réel de tous les mouvements. Ses commerciaux sont dotés depuis 1999 de *tablet-PC* : une connexion journalière nomade leur permet de lancer la livraison des commandes et leur fournit chaque jour l'état des marchandises effectivement disponibles. Cet outil leur permet aussi de conseiller les drogueries selon l'historique de leur consommation pour les promotions et les plans d'assortiment. L'entreprise considère que c'est la rigueur avec laquelle elle gère ses stocks qui lui a permis de devenir leader sur son marché. Malheureusement ses clients droguistes utilisent encore peu l'Internet ce qui ne permet pas encore en 2005 la prise de commandes directes.

Une autre approche pour réduire les besoins en fonds propres que permettent les technologies de l'Internet, c'est la *Fabless Company*. Il s'agit d'une tendance lourde qui touche les principales entreprises (automobile, aéronautique, transport, équipements électroniques). Celles-ci, en effet, se recentrent sur la partie qui dégage le maximum de valeur ajoutée : la conception et le marketing, en déléguant la production à des fournisseurs et sous-traitants. Internet permet cette évolution en accroissant l'efficacité des relations inter-entreprise (tant pour la conception que pour la fabrication, la logistique, la distribution et le SAV).

Il en découle deux avantages :

- un gain en flexibilité, car il est plus facile de stopper des commandes que de fermer une de ses propres usines (dans les faits, une entreprise a droit de vie ou de mort sur ses fournisseurs, mais n'a quasiment pas de pouvoir sur ses propres employés ; il suffit de se souvenir de Renault Vilvoorde), ce qui permet de prendre plus de risques en termes d'innovation, car, en cas d'échec d'un produit, l'impact sur les finances de l'entreprise est beaucoup plus limité, grâce à sa capacité d'adaptation rapide ;

- une limitation des besoins en capitaux, ce qui permet de concentrer ceux-ci sur le développement de nouveaux produits ;

En juin 2003 Serge Tchuruk déclarait aux *Echos* que le pourcentage de cols bleus chez Alcatel était tombé à 10 % des effectifs. Fin 2003, Alcatel comptait 16 sites industriels contre 33 en 2001. Fin 2003, 3Com ferme son usine de Dublin pour externaliser sa production (1 000 emplois) et STMicroelectronics prévoit de fermer son usine de Rennes pour délocaliser ses fabrications en Asie. Medion, 3 G€ de chiffre d'affaires, 100 M€ de bénéfice en 2003, champion allemand des ordinateurs discount, développe les concepts de produit, teste leur acceptation par les clients, conçoit *design* et *packaging* mais sous-traite la fabrication, la logistique et le SAV. « *L'ordre de fabrication n'est donné qu'une fois signé le contrat avec le client* » (*Le Nouvel Economiste*, Novembre 2003).

Contrairement à ce que l'on pourrait craindre, cela ne se traduit pas obligatoirement par une incertitude plus grande pour les sous-traitants : en effet, cette organisation permet de dissocier les fluctuations du plan de charge dues à la conjoncture et celles dues à la réussite d'un nouveau produit.

Aujourd'hui, s'agissant de la production d'une entreprise, les fluctuations sont dues, de façon cumulée, à la conjoncture générale et à la réussite du nouveau modèle développé.

Dans le cas d'une *fabless company*, les sous-traitants travaillent pour toutes les entreprises d'un même secteur (tous les équipementiers téléphoniques, mais aussi les fabricants de micro-ordinateurs, de consoles de jeu, imprimantes, décodeurs numériques, de routeurs

Si l'Internet devient le système nerveux de l'économie, la logistique devient son système sanguin

Internet et bien d'autres encore).

Ces sous-traitants (comme par exemple Solectron (US), Flextronic (Singapour), Celestica (Canada) sont maintenant souvent de gigantesques entreprises multinationales (en 2000 Solectron comptait 120 000 salariés).

Cependant cette évolution a un effet pernicieux : c'est la stratégie du lombric, qui favorise une migration des emplois vers l'Est et vers les pays à « bas salaires ».

Quand une entreprise décide d'« *outsourcer* » ses productions elle cède au sous-traitant ses usines avec le personnel

concerné (Belfort, Longuenesse, Laval, Pont-de-Buis, Douarnenez, Déville-lès-Rouen...):

- en haut de cycle, (période d'extension), le sous-traitant fait tourner ses usines européennes, mais localise ses nouvelles usines dans les pays à haute technicité et bas salaires (Inde, Chine...);

- et, en bas de cycle (période de contraction), elle ferme ses usines dans les pays qui pratiquent de hauts salaires sans grand avantage compensatoire de technicité (Solectron a, par exemple, supprimé 52 000 postes entre 2001 et 2003 et fermé trois usines sur quatre en France); en 2005, Celestics qui avait acquis le site de Saumur en 2001, a ainsi décidé de réduire l'emploi dans cette usine (-188 postes) et de fermer l'unité de Guérande (-128 emplois).

Au bout d'un cycle complet « d'extension – contraction » on constate que telle le lombric, l'entreprise s'est déplacée vers l'Est.

Une organisation autour d'un projet

Comme nous l'avons vu, l'Internet conduit à des évolutions très fortes dans l'organisation des entreprises tant au niveau individuel que collectif, car il permet de réaliser des objectifs visés depuis longtemps mais qui n'étaient pas réalisables jusque là : meilleure écoute du client, travail sans stocks en flux tendu, hiérarchies plates permettant une grande réactivité, flexibilité dans l'organisation et l'outil de production, accélération du renouvellement des produits, entreprise en réseau ou chacun se recentre sur son cœur de métier...

Ces mutations profondes entraînent un renouvellement accéléré du tissu économique : la durée de vie moyenne d'une entreprise en tant que personnalité morale était déjà tombée aux Etats-Unis de 13 ans, au début des années 1990, à 4 ans en 1999, par suite de fusions, rachats, démantèlement, fermetures... Sans doute a-t-elle encore baissé depuis (celle des PDG est passée sur cette période de 6 ans à 16 mois).

Tout ceci conduit l'ensemble de l'économie à une organisation bien connue dans le monde du BTP : une organisation en projet, qui devient la structure forte de l'économie (4) au détriment de l'entreprise avec sa hiérarchie.

C'est autour d'un avion ou d'une voiture, d'un char ou d'un navire, comme c'est le cas aujourd'hui pour la construction d'un aéroport dans un pays lointain, que s'organisent temporairement des centaines, voire des milliers, d'entreprises pour la conception, la réalisation et le service après-vente.

Les entreprises en question, qui coopèrent sur un projet, peuvent être en concurrence sur un autre. Un nouveau vocable a d'ailleurs émergé pour décrire cette situation : la « coopération ».

Les règles de sécurité et de confidentialité sont alors définies et organisées autour du projet et non plus de l'entreprise (règles d'identification et de gestion des droits d'accès à travers tout le réseau d'entreprise (*single sign on, firewall...*)).

Culturellement, on peut dire que la nouvelle organisation de l'économie se bâtit plus sur une culture nomade (on s'allie pour une expédition) que sur une culture sédentaire (on s'organise pour défendre et accroître son territoire); les pays anglo-saxons, mais aussi certains asiatiques, y sont assez à l'aise.

Daimler Chrysler se présente comme a *fully Networked Company across it's entire value chain* : 100 % des dealers sont aujourd'hui connectés, 100 % des sous-traitants de premier niveau (tier1) et de second niveau (tier2), 61 % des employés disposent d'un accès Internet. Dans la prochaine étape « *fast car* » il y aura transparence totale de toutes les entreprises concourant à la conception. Boeing, pour sa part, affiche comme credo « *through design, build and support. Instant access to info by anyone in the global enterprise, anywhere in the world at anytime* », notons qu'il a par exemple une équipe de 1 000 designers à Moscou qui travaillent en totale symbiose avec leurs homologues de Seattle sur les mêmes projets.

Tower Automotive déclare, quant à lui : « avec le « *single sign on* » on ne perçoit plus les frontières entre entreprises » à l'unisson de Caterpillar « *open book with more and more suppliers* »

ou de Lear : « *everything done through the screen (auction desk, collaborative engineering), firewalls are no more built around companies but around projects* ».

Citons encore Boeing : « *Companies no longer compete with other companies but Supply Chain to Supply Chain* ». Le futur 7E7 (*dreamliner*) de Boeing devrait ainsi être assemblé en à peine 3 jours par 800 à 1 200 personnes en direct, à comparer aux 12 à 25 jours actuels qui mobilisent 5 à 10 000 personnes.

Le programme « e-pme » et l'industrie aéronautique et spatiale

Pour faire face à ce défi, le programme e-pme a été lancé en avril 2003, sous l'impulsion conjointe des donneurs d'ordres aéronautiques (Dassault, Thalès, Snecma, Airbus...), des régions (collectivités locales, Drire, CCI, chambres syndicales, réseau R@cin...), qui veulent accompagner leurs PME dans cette difficile mutation vitale pour elles, et sur l'initiative de l'AFNET (Association française des utilisateurs du Net) animée par Pierre Faure, Directeur *e-business* de Dassault-aviation) qui a servi de catalyseur et d'animateur national au lancement de cette opération.

Cette opération a repris et amplifié l'opération ADER, lancée en 2000 en Midi-Pyrénées, financée par l'Etat et la région, avec la DRIRE (Stéphane Molinier) comme cheville ouvrière et avec le concours de l'Adépa et de l'UIMM. Ader a concerné 338 entreprises dont 136 ont bénéficié d'un diagnostic et 298 ont obtenu un concours financier (5,8M€). Ces entreprises ont pu échanger leur expérience au sein d'ateliers ; cette opération a généré 6 regroupements. Un important référentiel pour l'ingénierie collaborative a en outre été élaboré.

L'UIMM, de son côté (Dominique de Calan), mobilise son potentiel de formation pour accompagner l'opération notamment avec ses IFTI (Ilots de formations technologiques individuali-

(4) C'est l'une des considérations qui a conduit aux recommandations aboutissant à l'agence de l'innovation industrielle, créée en août 2005, elle aussi fondée sur des projets.

sées) et ses moyens en termes de *e-learning*.

« Sup@irworld », le système électronique d'Airbus, couvrant l'ensemble du processus d'achat et d'approvisionnement en temps réel, sera bientôt le canal unique pour travailler avec les fournisseurs, et ceci concernera tant les 800 à 1 000 fournisseurs de produits « avionables » (75 % des achats, plate-forme *sourcing*) que les 9 000 fournisseurs de matériels ou services « non avionables » (25 %, plate-forme *buyside*). Pour la plate-forme *sourcing*, il s'agit de mettre en place un environnement collaboratif permettant d'optimiser les méthodes de travail : en particulier, l'affichage des prévisions à 18 mois doit permettre de mieux lisser les plans de charge et l'outil doit permettre de prendre en compte, le plus en amont possible, toutes les difficultés qui peuvent apparaître dans l'exécution d'une commande, expédition, *tracking* durant le transport, réception (les enchères inversées existent mais ce n'est pas le processus majeur). Les objectifs sont : efficacité, flexibilité, rapidité, réduction des coûts administratifs et des risques d'erreur (gestion par exception : seules les anomalies sont traitées manuellement), traçabilité, réduction des stocks, réduction des coûts globaux, standardisation des processus (ce seront les mêmes à Toulouse et Hambourg) ; 100 % des appels d'offre se feront sur la plate-forme *sourcing* (produits avionables) ; l'investissement est nul pour les fournisseurs, Airbus met à leur disposition gratuitement les logiciels nécessaires et assure leur formation en quatre langues.

Fin 2003, 60 fournisseurs travaillaient selon ce *process*, l'objectif 2006 est de 800.

Pour les produits « non avionables » la plate-forme « *buy side* » regroupera les catalogues au niveau du groupe EADS pour accroître la puissance d'achat et assurer une rationalisation au niveau du groupe : centralisation des achats, décentralisation des approvisionnements avec des délais drastiquement réduits (jusqu'à moins de 24 heures entre commande et livraison). Il s'agit d'« acheter mieux, moins cher en maîtrisant le budget du programme ». La plate-forme est opérationnelle depuis fin 2003 : 1 000

fournisseurs enregistrés, 100 acheteurs et 500 utilisateurs hors achat. Elle compte aujourd'hui 14 catalogues (objectif 500) avec 11 500 articles et 1 000 utilisateurs formés (objectif : 5 000).

Chez Dassault, le F7X est le premier avion en France à avoir été entièrement conçu sur une plate-forme virtuelle, en faisant travailler ensemble plusieurs dizaines d'entreprises simultanément sur la même maquette numérique. Les résultats ont été au rendez-vous lors de sa sortie en 2005 : division par 2 des temps de conception, division par 10 des anomalies de conception, suppression des opérations d'ajustage, suppression de la maquette physique et « bon avion » du premier coup, alors que les générations précédentes nécessitaient des corrections jusqu'au centième appareil.

Les objectifs aux niveaux national, régional et européen

L'objectif au niveau national est ;

- de mutualiser l'élaboration des modules de formation pour les consultants et les chefs d'entreprises, ainsi que des modules de diagnostic ;
- de mettre à disposition des PME des packs sécurisés pour se connecter à Internet ;
- de favoriser les échanges de bonnes pratiques ;
- et, surtout, d'élaborer un corps de standards tant pour les données techniques que pour celles liées aux processus d'acquisition et de mise à disposition (*supply chain*) ; les standards *e-business* sont d'une nature particulière, « mi-technologies de l'information », « mi-management de l'entreprise » et, contrairement aux précédents qui étaient très techniques, ceux-ci sont également fonctionnels.

Aujourd'hui, la non-standardisation coûte cher aux PME qui se dotent de plusieurs systèmes informatiques différents, ce qui pèse *in fine* sur le coût et donc la compétitivité des donneurs d'ordre et, si ces PME se limitent à un seul donneur d'ordre, elles sont confrontées à une rigidité dans l'économie du secteur, et cette entrave à la

concurrence ne facilite pas la « fertilisation croisée ».

Les entreprises qui respecteront ces standards deviendront « *plug and play* », c'est-à-dire capables de travailler immédiatement avec un nouveau partenaire en interconnectant leur système informatique sans délai et sans surcoût.

Au niveau régional, l'objectif, en associant tous les partenaires régionaux, est d'aider les PME à prendre à temps conscience des évolutions en cours et de les aider (grâce à des pré-diagnos-tics, des actions collectives ou de l'accompagnement dans leurs évolutions technologiques comme le référencement sur une place de marché stratégique ou commerciale...) à faire de ce défi une opportunité de croissance et non un risque d'exclusion du marché.

« *Je souhaite néanmoins adresser un message aux grands donneurs d'ordres : accompagnez-nous, et ne vous contentez pas de venir nous installer un PC un matin en nous disant « maintenant, on travaille comme ça ! ».* « *On peut également souhaiter que l'anticipation soit plus grande, précisément afin d'améliorer la préparation du changement et afin de travailler de façon efficace en engageant la collaboration très en amont* » : Aline Doyen, Somepic Technologie (Picardie), avril 2003.

« *En l'absence d'une demande de client en amont, le coût de participation à une place de marché est très élevé. La mise en place de notre catalogue électronique sur la place de marché à la demande de Snecma ne nous a rien coûté* » : Pascal Orlando, Directeur général, ALDA Bureau, avril 2003.

Le programme analyse également les besoins en débit de connexion pour les PME concernées pour permettre aux régions, avec leurs nouvelles capacités d'intervention, de prendre en compte ces besoins afin de ne pas contraindre les entreprises à se regrouper dans les grandes agglomérations pour pouvoir continuer à « être dans le coup ».

« *Les PME ont trois stratégies possibles : attendre que tout soit en place, se préparer ou anticiper pour en tirer un avantage compétitif* » : Jean-Patrick Carrié, membre de l'équipe programme e-pme. Bien entendu, et c'est l'objectif du programme *Boost-industry*, lancé en 2005,

cette opération a vocation à s'étendre vers d'autres secteurs industriels comme la défense, la construction navale ou ferroviaire, l'automobile, le matériel d'équipement... Notamment parce que ce sont bien souvent en bout de chaîne les mêmes entreprises qui travaillent pour ces différents secteurs, et il convient d'homogénéiser les processus d'acquisition de façon intersectorielle : l'hétérogénéité des processus de conception (ingénierie collaborative) comme des processus d'acquisition se traduisent, soit par des surcoûts pour les PME, qui d'une façon ou d'une autre pèsent sur la compétitivité de notre industrie, soit par un cloisonnement de la concurrence, parce que la PME n'aura pas eu les moyens de s'équiper pour travailler avec plusieurs donneurs d'ordre ; cette rigidification aura un impact sur les prix, sur un emploi optimal des capacités et sur la fécondation intersectorielle en matière d'innovation.

Mais cette opération a aussi vocation à s'étendre vers les autres pays européens, car la plupart des secteurs ci-dessus sont dominés par des entreprises internationales (EADS, Thalès...) qui font appel à des sous-traitants européens. C'est à la fois un risque et une opportunité pour nos PME. De premiers contacts sont déjà pris avec les organisations homologues britanniques, européennes et wallonnes et d'autres sont en cours. Elles ont pour la plupart engagé des programmes analogues et la conjonction des efforts (en ce qui concerne l'élaboration des standards et les échanges d'expérience sur les programmes de soutien aux PME) devrait être particulièrement fructueuse.

Citons, en particulier, le programme eBAT, développé par l'UKCeB (UK Council for Electronic Business) en Grande-Bretagne, et sa méthodologie d'auto-diagnostics.

« Dépassant le cadre de l'entreprise, des liaisons innervent progressivement l'ensemble du tissu industriel en application du concept d' « entreprise étendue »... Internet apporte à ce système nerveux la capacité d'englober l'ensemble des PME, les associant ainsi à un progrès déterminant qui doit générer des gains substantiels de productivité et de compétitivité... la pression de la concurrence ne nous permet pas d'at-

tendre » : Henri Martre, Président d'Honneur du GIFAS, Président du Comité de Pilotage d'e-PME, ancien dirigeant de l'Aérospatiale et ancien Délégué général à l'Armement.

L'Internet au service de la compétitivité et de l'expansion

Internet, outil de transactions, permet de réduire les coûts de télécommunications (téléphone, fax, transmissions de données) et d'informatique (en échappant aux logiciels « propriétaires »). Cisco, une des entreprises les plus engagées dans Internet (CA sur Internet 7,9 milliards de dollars dès 1999) considère qu'elle économise chaque année 70 millions de dollars de téléphone.

Mais il permet également de gagner en flexibilité, coûts de gestion, de stocks, de logistique, en coûts d'approvisionnement, de SAV, de financement.

Dell, qui vendait pour 50 millions de dollars par jour dès 2000, arrive ainsi à faire tourner son stock 61 fois par an ! Ce fut un atout majeur dans sa compétition avec Compaq et HP : les mémoires DRAM ont baissé de 80 % en 2001 ; DELL, qui n'a que 5h de stocks, a gagné 1,7 milliard de dollars cette année-là en

accroissant ses parts de marché là où ses concurrents voyaient plonger leurs résultats. Dès mi-2002, il reprenait la tête du classement malgré la fusion de HP et Compaq.

Heineken a fait passer son délai de livraison aux Etats-unis de 12 à 6 semaines, grâce à son extranet Hops (*Heineken Operational Planning System*) qui le relie avec ses 400 distributeurs. Inditex-Zara, groupe textile espagnol, qui pèse autant que les 3 plus gros groupes français cumulés, doit largement son succès à son extrême réactivité par rapport à la mode et aux besoins du client : c'est Internet qui lui apporte le « système nerveux » nécessaire.

Nos amis britanniques, avec le sens de la formule, ont choisi comme slogan de leur programme de développement de *e-business* : « *faster, better, cheaper* ».

Iseo (Saint-Rambert d'Albon), 30 personnes, spécialisée dans l'aménagement personnalisé d'autocars, a remplacé l'envoi des traditionnels plans papiers à ses sous-traitants par des fichiers CAO avec un module de visualisation tridimensionnelle via le courrier électronique : « *Il nous fallait un délai d'une semaine minimum pour présenter une série d'avant-projets à un client. Deux jours suffisent aujourd'hui grâce à cet outil* »... « *Le destinataire n'a même pas besoin de disposer d'une licence de ce logiciel de CAO pour visualiser la pièce* ». Les fichiers envoyés sont des exécutable et peuvent donc être ouverts sur n'importe quel PC. Il est également possible d'importer ces fichiers dans un logiciel de marque différente, grâce aux standards d'échanges comme IGES, DXF ou SET. Ces échanges de représentations tridimensionnelles facilitent le dialogue et accélèrent les nombreux allers et retours entre l'entreprise, ses sous-traitants, les moulistes et le client final, qui peuvent ainsi plus rapidement (et avec moins de risques d'erreur) converger vers la définition du produit à réaliser : « *L'échange rapide du modèle 3D dynamique avec un sous-traitant élimine toute erreur d'interprétation lorsqu'il doit fabriquer tout ou partie*

Un fonctionnement en réseau impose un strict respect des standards

d'un ensemble complexe ». C'est aussi un avantage pour la prospection : « *Le client peut très facilement naviguer autour et dans son futur véhicule, et peut zoomer à tout moment pour visionner certains détails* ».

Iseo envisage aussi d'ouvrir un accès réservé à ses sous-traitants, et ses clients constructeurs, pour disposer en ligne d'une bibliothèque de fichiers CAO leur permettant d'importer directement des dessins de pièces et de sous-ensembles en 2D et 3D. Iseo compte également proposer à ses clients la possibilité de suivre, en temps réel, l'état d'avancement de l'aménagement de leur véhicule, en particulier grâce à des photos prises dans le hall de montage (5).

L'ouverture sur le monde qu'offre la *World Wide Web* et ses outils de publi-

(5) Propos recueillis par Daniel Chabbert, avril 2002 - Pôle Productique Rhône-Alpes.

cation et de navigation permettent d'accéder à de nouveaux clients, de nouveaux marchés, à de nouveaux partenaires, de nouveaux collaborateurs ou à de nouveaux fournisseurs.

Actiforge (Laguiolle) a réussi, grâce à Internet, à accéder au marché américain qui représente maintenant la majorité des clients de l'entreprise.

Internet et la création d'entreprises

Pour les nouveaux créneaux de marché qu'il offre, le développement de nouveaux outils qu'il suscite, Internet est également un gigantesque réservoir de création de nouvelles entreprises.

Certaines entreprises prisonnières de leurs structures ne sauront pas s'adapter et disparaîtront, d'autres ne prendront conscience de ce défi que trop tard : il faut que de nouvelles entreprises s'apprêtent à prendre la relève.

Il peut s'agir :

- soit de petites entreprises de service, de conseil ou de formation ayant vocation à garder une taille modeste, qui sont très nombreuses ;
- soit d'entreprises qui atteignent rapidement une envergure mondiale et des capitalisations se chiffrant en milliards de dollars.

La plupart des gens sérieux prévoyaient depuis longtemps un séisme boursier, et ils ont fini par avoir raison en 2000-2002 ; notons toutefois que cette prévision de catastrophe imminente était déjà faite à la mi-96 et que, depuis cette époque, les capitalisations ont été par-

fois multipliées par plus de 100 avant d'être re-divisées par 20, puis de se réenvoler depuis 2004, pour atteindre de nouveaux sommets (80 milliards de dollars pour Google, par exemple).

Il faut avoir les nerfs solides pour ce type d'investissement et certains *traders* embauchent des psychologues pour leurs clients : l'actualité montre que ce n'est pas toujours suffisant (13 morts à Atlanta, en juin 1999, à la suite de la déprime d'un épargnant déçu).

Au premier semestre 1999, un financier aussi avisé que George Soros a perdu 700 millions de dollars en pariant sur la baisse des cours depuis longtemps imminente des valeurs Internet...qui ne s'est produite qu'un an plus tard.

Les Echos citent la prévision d'un magazine spécialisé dans les hautes technologies, le célèbre *Red Herring*, qui, en septembre 1996, pariant sur l'« éclatement prochain de la bulle spéculative », illustre son propos par le cas du moteur de recherche Excite, indiquant : « la société est aujourd'hui valorisée à 177 millions de dollars, mais son futur ne semble pas aussi brillant que son présent » ; en 1999, elle s'est vendue 8 milliards de dollars... pour finir par être entraînée dans la faillite de son repreneur, *excite@home*.

Il ne serait donc sans doute pas judicieux de s'en tenir pour cette réflexion à une définition trop restrictive de la PMI : le champ pertinent ici semble être la PME, avec une attention toute particulière pour celles qui sont directement ou indirectement confrontées à la concurrence internationale (*services à*

l'industrie, logistique, plates-formes commerciales, tourisme, industries culturelles, agroalimentaire...).

De même, il convient de souligner, comme le rappelle Christophe Lambrecht, que les TPE (très petites entreprises) sont particulièrement bien placées pour saisir ces opportunités et bénéficient de mécanismes décisionnels particulièrement bien adaptés à la réactivité nécessaire dans ce domaine. Enfin, et surtout, comme nous l'avons vu avec la nouvelle structure économique qui se met en place, l'entreprise étendue, capable de concevoir, de fabriquer et de distribuer une voiture ou un avion est constituée de milliers d'entreprises interdépendantes fonctionnant en réseau – ce qu'Internet rend justement possible – qui réunit des multinationales et des entreprises de toutes tailles jusqu'à des TPE. La performance de ce tissu économique dépend autant de l'efficacité des relations entre ces entreprises que de la performance de chacune d'entre elles (6). Cela n'aurait donc pas de sens de les distinguer lors de cette analyse (ce qui ne signifie pas, bien entendu, que les entreprises les plus petites ne justifient pas une action particulière des pouvoirs publics pour les accompagner dans ces profondes mutations). Il convient néanmoins de distinguer différentes catégories d'entreprises selon leur positionnement dans le champ de l'information. ●

(6) Voir à ce sujet l'étude de l'Observatoire des stratégies industrielles sur le rachat des start-up technologiques par des groupes, à échelle mondiale (2002).

La France en voie de rattrapage ?

L'urgence de l'investissement intelligent

L'investissement dans les TIC est une condition nécessaire pour répondre aux défis à venir de la compétitivité et de la croissance.

**par Grégoire Postel-Vinay,
Direction générale des Entreprises,
Responsable de la prospective**

Les révolutions technologiques et industrielles de grande ampleur dans le monde depuis deux siècles sont issues de progrès techniques et de R&D tant fondamentale qu'appliquée. Depuis la fin de la seconde guerre mondiale, les Etats-Unis en ont été souvent leaders, avec plusieurs grandes vagues d'investissement, dans lesquelles le département de la défense était le plus gros opérateur (ce qui, à l'origine, tenait à des préoccupations de sécurité de l'effort public ainsi consenti) : nucléaire, d'abord militaire puis civil après la guerre ; suivi par un investissement massif dans l'espace et les enjeux de télécommunication, militaires (la « guerre des étoiles ») puis civils, qui lui étaient liés ; technologies de l'information, ouvrant la voie vers la société de la connaissance ; puis doublement des moyens du NIH sur la santé (répondant en cela aux attentes d'une population dont l'espérance de vie a doublé en un siècle) ; enfin, thème sécuritaire de la lutte contre le terrorisme, à partir de 2002, et réaction au choc pétrolier, en cours (1). Mais ces priorités successives, si elles sont

relayées par les médias avec des intensités liées à la priorité du moment, continuent de développer leurs effets selon leur dynamique propre : ainsi les TIC, passées un peu au second plan médiatique après l'explosion de la bulle Internet, continuent-elles d'être le moteur le plus puissant des évolutions sociétales à l'échelle mondiale, porteuses à la fois de progrès économiques majeurs, et de risques, si nous ne savons pas saisir à temps les chances qu'offrent ces technologies, ou maîtriser les problèmes inhérents à leur usage. Les articles précédents ont bien montré plusieurs de ces aspects. Celui-ci esquisse une mise en perspective, quant aux effets globaux. Esquisse, car il ne saurait être question, s'agissant d'un phénomène multiforme et explosif, de prétendre le décrire complètement : tout au plus a-t-il paru utile de rappeler quelques ordres de grandeur significatifs, et débats en cours. Sont ainsi abordés successivement la question de l'impact des TIC sur la croissance et la productivité, les dynamiques en cours du développement de l'Internet, le problème de l'investissement en R&D, et celui de l'investissement des utilisateurs dans les usages.

Les TIC et la croissance : que sont devenus les gains de productivité ? L'écart entre les Etats-Unis et l'Europe ; la situation française au sein de l'UE

En 1987, Robert Solow énonçait son paradoxe selon lequel on ne voyait jamais apparaître les gains de productivité liés à l'informatique. A compter de

1996, la rupture est cependant bien apparue : entre-temps, les effets réseaux s'étaient considérablement multipliés, et l'usage des TIC était passé de l'apanage d'un petit nombre de chercheurs et aficionados à une pratique quotidienne d'une part de la population, bientôt majoritaire. Depuis, ce résultat est empiriquement conforté : imperturbablement, malgré l'éclatement de la bulle et les crises de toutes sortes, les gains de productivité annuels aux Etats-Unis, de 1,5 %, sont passés à plus de 2,5 % en tendance décennale, et le phénomène, loin de se ralentir, a plutôt tendance à s'accroître. Certains économistes n'y ont vu qu'un phénomène passager : le moins qu'on puisse dire, c'est que, s'il est passager, il dure depuis assez longtemps pour avoir des effets structurels.

Il en est résulté un gain de croissance, plus fort aux Etats-Unis qu'en Europe, car l'investissement dans les TIC avait commencé plus tôt, et était d'une ampleur plus grande. Ainsi :

- entre 2000 et 2004, la croissance est restée nettement plus faible en France qu'aux Etats-Unis (1,3 % par an en moyenne sur la période, contre 2,4 % aux Etats-Unis) ;
- cet écart s'explique principalement par une productivité par tête qui a crû moins rapidement en France (+ 0,7 % par an) qu'aux Etats-Unis (+ 2,0 % par an) ;
- cet écart de productivité paraît fortement corrélé avec le niveau d'investissements en TIC ;
- mais la qualité de l'investissement, les modes de gestion liés à cet investissement, et le degré de formation des utilisateurs, comptent aussi parmi les facteurs clés, dans des proportions plus

(1) http://www.ensmp.fr/industrie/digitip/osi/seminaire21_avril_2005_geopolitique_de_la_recherche.ppt

considérables que ne le montrent des agrégats macroscopiques.

Un décalage en investissements TIC avéré

Une étude du centre d'analyse économique du Premier ministre en 2004, sur les investissements en diffusion de matériels informatiques, logiciels et matériels de communication, comparés parmi plusieurs pays industrialisés, indique un décalage entre les Etats-Unis et l'Europe sur 1996-2001 : cf. tableau I.

L'OCDE permet de conforter ces observations sur des bases plus larges, mais qui datent davantage (et donc n'intègrent pas les changements de rythme observés sur la période récente en France et en Europe) (cf. figure 1).

La corrélation entre la croissance de la productivité et la part des TIC dans le PIB est également mesurée, dans divers pays (cf. tableau II).

Dans le même temps, côté demande, les entreprises françaises ont moins investi que les entreprises américaines dans les technologies de l'information et de la communication et, corrélativement, côté demande, les secteurs producteurs de TIC y sont moins développés (avec cependant des exceptions là où une politique constante a été menée pour compenser le retard : ainsi des semi-conducteurs, dont l'histoire et les perspectives font l'objet d'un autre article de ce numéro. *A fortiori* dans le cas où l'Europe a pris de l'avance dès les années 80, comme pour les portables). Ce constat établi pour la France, vaut aussi pour la plupart des grandes économies d'Europe continentale ; il s'inverse, en revanche, pour quelques pays d'Europe du Nord (cf. figure 2).

Cependant, des travaux rétrospectifs plus fins, sur la France, tendent à montrer que les TIC ne sont pas le seul facteur explicatif du différentiel de productivité : elles ne seraient responsables que d'un écart de 0,1 à 0,3 points de croissance pour un différentiel total de 0,6 à 0,8 %/an (cf. tableau III).

TABLEAU I

	Investissements en TIC (% PIB)	Dépenses d'investissement (% PIB)
USA	4,5 %	28 %
France, Allemagne	2,5 %	17 %
Pays Bas, RU	3 %	17 à 22 %

TABLEAU II
Relation entre l'importance des TIC et la croissance de la productivité
(coefficient de corrélation : 0,9).

(1995-2005)	Part des TIC dans le PIB	Croissance de la productivité
Irlande	12,3 %	5,3 %
Etats-Unis	7,3 %	2,5 %
Suède	7,3 %	2,1 %
Royaume-Uni	7,1 %	1,8 %
Europe	5,9 %	1,4 %
Hollande	5,8 %	0,9 %
Allemagne	5,6 %	1,3 %
France	5,5 %	1,2 %
Italie	4,7 %	0,8 %

TABLEAU III
Contribution des TIC à la croissance entre 1995 et 2000.
Comparaison franco-américaine.

	USA	France
Croissance annuelle moyenne du PIB	4,2 %	2,7 %
Croissance annuelle moyenne de la productivité par tête	2,5 %	1,2 %
Contribution des TIC	1,3 à 1,5 pt	0,7 pt
<i>dont secteurs producteurs de TIC</i>	<i>0,5 à 0,7 pt</i>	<i>0,4 pt</i>
<i>dont investissement en TIC</i>	<i>0,8 pt</i>	<i>0,3 pt</i>
<small>Source : DGTPE, Timmer, Ypma et van Ark (2003), mise à jour de 2005, Estevão (2004), Jorgensen, Ho, Stiroh (2002), van Ark (2001) sur la période 1996-1999.</small>		

Une priorité : investir dans la R&D industrielle et l'innovation

En tout état de cause, il reste de ce qui précède que les TIC apparaissent comme un élément majeur pour soutenir la croissance. Pour cette raison, les politiques publiques s'attachent toutes, peu ou prou, à les promouvoir, à commencer par la R&D :

- dans sa proposition pour la préparation du 7^e PCRDT, la Commission donne aux TIC 28 % des moyens financiers globaux qu'elle réclame (73 Mds€ sur 10 ans) en en faisant de loin

le plus important des dix programmes. (on trouvera une évaluation quinquennale des travaux antérieurs du PCRDT en matière de TIC sur http://www.telecom.gouv.fr/programmes/cons_ist04.htm ;

- si l'on compare les moyens dévolus à la R&D dans les principaux pays industrialisés, on trouve le tableau IV.

Qu'en est-il en France, dans la période récente ?

Ce type de considération a conduit à ce que, au sein de la priorité générale de relèvement de l'effort de R&D (et en particulier de R&D industrielle) figurant dans l'action gouvernementale en France et mis en œuvre à comp-

ter de 2005, des moyens significatifs soient dévolus aux TIC dans l'Agence nationale pour la recherche, dans l'Agence pour l'innovation industrielle, dans les pôles de compétitivité (parmi les 15 principaux pôles à vocation mondiale que l'Etat a décidé de soutenir en juillet 2005, 5 sont des pôles IT : deux en Ile-de-France, un en Bretagne, un en Rhône-Alpes, un en PACA). Cet effort repose, rappelons-le, pour une part importante sur des initiatives privées, qui traduisent également la volonté des industriels d'accroître leurs investissements. Les marchés à venir sont énormes comme l'indique le tableau V.

Des marchés mondiaux toujours en forte croissance

En juillet 2005, sur un total de 934 millions d'internautes dans le monde (14,6 % de la population globale), l'Asie en comptait 324 millions (8,9 % de la population connectée), l'Europe 269 millions (36,8 % de la population), l'Amérique du Nord 223 millions (taux de pénétration : 68,0 %), l'Amérique du Sud 68 millions (12,5 %), le Moyen Orient 22 millions (8,3 %), l'Océanie-Australie 16,5 millions (taux de pénétration : 49,2 %), enfin l'Afrique 16,2 millions (taux de pénétration : 1,8 %). Quant au classement par pays et non plus par continent, la France se trouvait alors au 9^e rang en nombre d'internautes (25,614 millions soit un taux de pénétration de 42,3 %) et le taux de progression de ces derniers entre 2000 et 2005 est un des plus importants (+201,4 %), avec une très forte accélération, en particulier sur le haut débit, depuis 2003 :

- avec près de 8 millions d'abonnés à Internet haut débit en juin 2005 (+61 % sur un an) la France possède le marché le plus dynamique et le plus concurrentiel d'Europe ;
- un foyer sur deux possède un équipement informatique ;
- 45 millions de Français sont abonnés à la téléphonie mobile (dont les générations en cours de développement sont liées aux usages d'Internet) ;

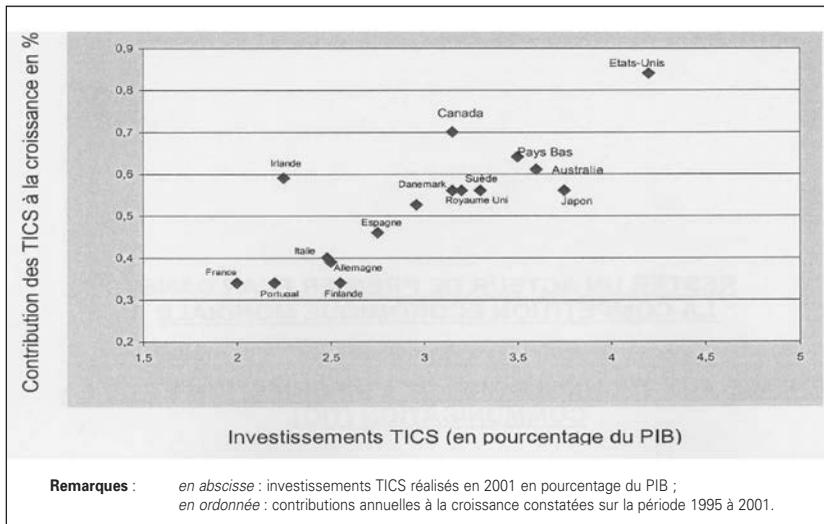


Figure 1. - Plus on investit dans les TIC, plus ces dernières contribuent à la croissance.

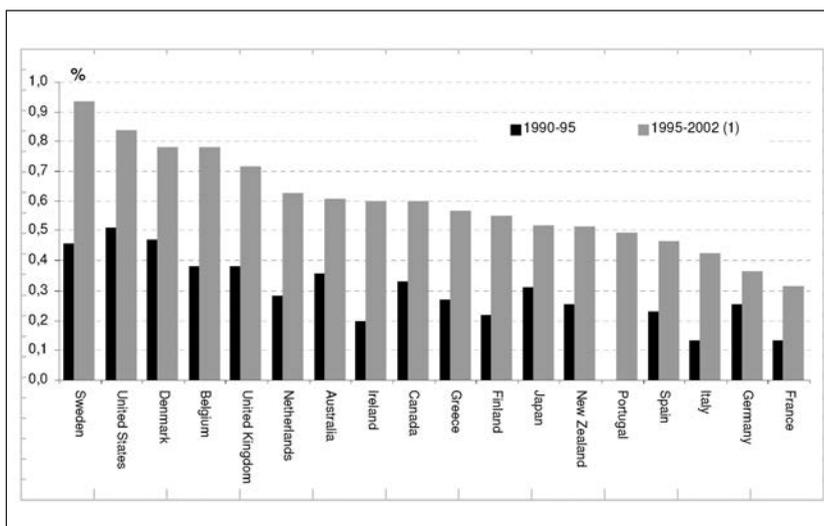


Figure 2. - Contributions des investissements en TIC à la croissance du PIB, sur les périodes 1990-95 et 1995-2002, en points de PIB OCDE.

TABLEAU IV
Comparaison de la R&D en TIC en Europe, aux Etats-Unis et au Japon.

R&D en TIC	EU15	Etats-Unis	Japon
Investissements privés (en Mds €)	23	83	40
Investissements publics (en Mds €)	8	20	11
Nombre d'habitants (en millions)	383	296	127
Investissement R&D/habitant (en €)	80	350	400
Part R&D TIC/R&D Total	18 %	34 %	35 %

- le commerce électronique représente un tiers de la vente à distance, soit désormais plus de 3 % des ventes au détail. Internet Retailer estime à 87,5 milliards de dollars le montant des ventes réalisées par les distributeurs en ligne en 2004, soit 25 % de croissance annuelle.

En guise de conclusion : défis et espérances

Un marché dynamique, une offre soutenue par de nouveaux efforts de R&D, des exemples de succès comme les semi-conducteurs ou les mobiles, mais

aussi, côté utilisateurs, par les grands donneurs d'ordre de l'automobile ou de l'aéronautique, des opérateurs globaux parmi lesquels les intérêts français, un temps secoués par des investissements coûteux, se retrouvent en meilleure santé financière, des compétences d'excellence, des raisons majeures au nom de l'intérêt général (et d'emplois durables, compétitifs), comme d'intérêts particuliers, pour s'y intéresser : les métiers des TIC en France n'auraient-ils que des jours heureux devant eux ? Clairement, plusieurs séries d'obstacles devront être surmontés pour qu'il en aille ainsi. Ils sont surmontables (car c'étaient peu ou prou les mêmes dans les domaines qui sont des succès), mais doivent être pris au sérieux :

- la croissance la plus rapide est désormais en Asie, avec des niveaux de compétence qui n'ont désormais souvent plus rien à envier aux meilleurs standards mondiaux : c'est donc à une compétition ouverte, mondiale, que la plupart de ces métiers se trouvent confrontés ;

- ces métiers demeurent des créateurs nets d'emplois (indépendamment de restructurations qui défrayent la chronique, illustrant l'idée qu'un arbre qui tombe fait toujours beaucoup plus de bruit qu'une forêt qui pousse). Encore faudra-t-il tenir compte de la diminution des flux d'entrée de compétences de très haut niveau, du seul fait de la démographie. L'attraction des compétences à l'échelle mondiale prend de ce fait, à compter de 2006, un degré de priorité plus élevé (que traduisent des initiatives comme le groupement Paristech, les améliorations apportées à l'accueil d'étudiants étrangers, les mesures pour les impatriés). Simultanément, le relatif désamour pour les carrières scientifiques et techniques observé à la fin des années 90 devrait prendre fin, dans la mesure où elles sont à la fois vitales pour le dynamisme et la prospérité de notre pays, mais aussi, offrent de nouveau des carrières passionnantes (cf. tableau VI) ;

- le capital-risque, et les *business angels*, aux niveaux tant français qu'euro-péen, peuvent et doivent encore se

Les TIC continuent d'être le moteur le plus puissant des évolutions sociétales à l'échelle mondiale

développer et s'améliorer, au regard des standards mondiaux ;

- l'incapacité des institutions de l'Union à faire évoluer le droit de la propriété intellectuelle dans des domaines complexes comme le logiciel donne désormais un pouvoir plus important à l'OEB. En user sagement sera crucial pour l'intensité de l'innovation en Europe ;

- un marché intérieur avide d'innovations importe. Il y a là un effet d'œuf et de poule : l'implantation sur le territoire de compétences de pointe permet de tester et diffuser rapidement des innovations qui vont améliorer l'efficacité des utilisateurs, les rendre plus compétitifs, et en même temps plus exi-

TABLEAU V
Monde : évolution du nombre d'internautes
(Nombre d'internautes en 2004 et projections pour 2005, 2006 et 2007)
Les prévisions d'augmentation du nombre d'internautes sont toujours à deux chiffres pour les prochaines années.

Année	Nombre d'internautes en millions	Progression
2004	934	--
2005	1,070	+ 14,6 %
2006	1,210	+ 13,1 %
2007	1,350	+ 11,6 %

Source : Computer Industry Almanac.
Mis à jour le 13/09/2004

TABLEAU VI
Sous l'hypothèse d'une croissance à 2 %, les différents secteurs de l'activité industrielle connaissent des croissances contrastées (colonne de gauche, en milliers d'emplois), cette croissance nette masquant elle-même des situations très diverses quant à la nécessité de renouveler les classes d'âge (colonne de droite, en milliers d'emplois).

Période 2000-2010	Créations nettes d'emplois (estimation 2 % PIB)	Besoins de remplacement liés au départs en retraite
Industries légères	-100	144
Domaines en croissance peu affectés par les départs en retraite		
Informaticiens et chercheurs	200	119
Ingénieurs et cadres techniques industriels	50	41
Domaines de l'industrie en croissance faible		
Electricité	- 200	72
Mécanique		321
Industrie de process		252
Maintenance		168
Ensemble	- 50	1 117

gents sur la pertinence des innovations produites. Or, la demande d'usages nouveaux est fortement liée à la taille des entreprises : il y a donc un effort structurel, volontariste, à conduire auprès des PMI et PME pour qu'elles s'approprient davantage ces outils. Une chance à saisir : leurs outils datent, pour bon nombre d'entre eux, de juste avant l'an 2000 : il est temps, souvent, de les moderniser. Les PMI, rappelons-le, représentent environ la moitié du tissu industriel, et les TIC induisent des « entreprises réseau » qui ne sauraient être efficaces si certains des maillons du réseau sont faibles ;

- l'acceptabilité des TIC passe aussi par un cadre réglementaire adéquat, respectueux des libertés individuelles. Beaucoup a été fait dans ce sens au cours de la période récente. Mais le

tropisme naturel de faire des TIC un outil de contrôle, porté trop loin, serait clairement contreproductif. Cela n'empêche pas de faire de la sécurité un thème majeur pour les TIC, dans le respect de cet impératif ;

- la structure économique du pays demeure moins intense en services que d'autres. Or, s'agissant des applications, les TIC se développent largement dans les services. De surcroît, elles y induisent,

Les entreprises françaises ont moins investi que les entreprises américaines dans les technologies de l'information et de la communication

indépendamment des évolutions légales ou réglementaires, une concurrence et une concentration accrues :

ceux qui se les seront appropriées de façon assez rapide et efficace seront en position forte pour affronter l'avenir, les autres peuvent se trouver en situation marginalisée, ou à faible valeur ajoutée ;

- l'investissement dans les TIC est une condition nécessaire pour répondre aux défis à venir de la compétitivité.

Cette condition n'est en aucune façon suffisante : un même outil informatique peut aussi bien créer des saturations et des pertes de temps, que permettre de gagner en efficacité et en rapidité. La gestion des organisations, la prise en compte de la modification des chaînes de valeur, (avec une importance accrue à l'amont de la logistique, face à des marchés plus transparents et mondiaux qu'autrefois, à l'aval des services et maintenance) doivent guider ceux qui entendent faire face aux défis qui, de toutes façons, sont devant nous. ●

G É R & E R

COMPRENDRE

SOMMAIRE

- GROUPES MAFIEUX OU RÉSEAU VERTUEUX
La lutte contre la corruption dans une entreprise d'Argentine
par Philippe d'IRIBARNE
- LA MÉDIATION, UNE COMPÉTENCE INGÉRABLE
par Damien COLLARD
- INSTILLER L'ESPRIT D'ENTREPRENDRE DANS LES GRANDES ENTREPRISES ET LES ORGANISATIONS
Auto administration d'une potion magique ou d'un bouillon de culture ?
par Alain FAYOLLE
- DE LA DIFFICULTÉ DE POPULARISER EN INTERNE
UNE EXPÉRIENCE PILOTE RÉUSSIE
par Jean-Pierre SEGAL
- - OCEANO VOX
par Hervé LAROCHE
- L'INDUSTRIE EN QUÊTE D'ARCHITECTES
par Blanche SEGRESTIN
- L'EMPIRE DES CONTREMAÎTRES
par Éric GODELIER
- RÉTABLIR LA CONFIANCE ENTRE ENTREPRISES
ET INVESTISSEURS
par Dominique JACQUET
- AVEZ-VOUS LU FRANÇOIS CHADEAU ?
Le parcours de Marcel Dassault revisité
par Michel VILLETTE
- QUE DEVIENT LE TRAVAIL COLLECTIF DANS DES GROUPES ENTRECROISÉS ET TRANSITOIRES ?
Une analyse simmeliennne
par Régine BERCOT et Frédéric de CONINCK



JUN 2003
ISSN 0295.4397
ISBN 2-7472-0553-3

BULLETIN DE COMMANDE

A retourner aux Éditions ESKA, 12, rue du Quatre-Septembre, 75002 PARIS

Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35 - <http://www.eska.fr>

Je désire recevoir exemplaire(s) du numéro de *Gérer & Comprendre* juin 2003 - numéro 72 (ISBN 2-7472-0553-3) au prix unitaire de 20,58 € TTC.

Je joins un chèque bancaire à l'ordre des Éditions ESKA

un virement postal aux Éditions ESKA CCP PARIS 1667-494-Z

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville

Quelle Europe électrique et gazière ?

Le monde de l'énergie connaît de profondes transformations, alors que les marchés européens ont été libéralisés principalement dans une vision de court terme. Réflexion sur le bouquet énergétique et définition d'une architecture de marché pertinente : tels sont les deux enjeux majeurs qui doivent être traités rapidement et sans tabou.

**par Patrick Buffet,
Délégué général de Suez**

« **D**ans les années à venir, une meilleure visibilité sur le marché des permis d'émission et les besoins de capacité permettra de poser sur de bonnes bases économiques à l'échelle européenne la compatibilité du marché et d'une politique d'investissements pertinente » Rapport IGF-CGM sur les prix de l'électricité, octobre 2004.

L'Europe électrique et gazière a vécu au cours de la dernière décennie une transformation majeure de sa structure de marché sous l'influence des directives communautaires organisant sa libéralisation progressive. Elle n'est néanmoins qu'au début des défis qu'elle devra surmonter pour parvenir à une organisation stabilisée. Dans les années à venir, le renchérissement du coût des énergies fossiles, dans un contexte de dépendance gazière accrue, l'entrée en vigueur progressive des mécanismes issus du protocole de Kyoto et surtout le besoin considérable d'investissements auquel le secteur devra faire face constitueront des défis majeurs dont personne ne peut jurer avec certitude

qu'ils seront surmontés dans la nouvelle organisation des marchés.

Le présent article ne prétend certainement pas apporter l'ensemble des réponses à ces questions déterminantes pour le secteur et partant l'économie européenne dans son ensemble. Il vise, plus modestement, à partir d'un rappel des principaux enjeux, à préciser les chantiers qui devraient être rapidement ouverts si l'on veut conforter la compatibilité entre la nouvelle organisation des marchés électriques et gaziers et la finalité de ce secteur, à savoir apporter à ses clients une énergie sûre à un coût compétitif, permettant à l'Europe de garantir sa sécurité.

Un cadre européen en pleine mutation

Une profonde mutation dans l'organisation des marchés...

Les faits sont bien connus. Sous l'impulsion des différentes directives communautaires, nous avons assisté au cours des dernières années à une mutation du secteur électrique et gazier. Partant d'une organisation centrée sur des acteurs nationaux intégrés sur l'ensemble de la chaîne de valeur – production, transport, distribution, fourniture – la position de la Commission européenne a visé à supprimer tout monopole n'ayant pas le caractère d'un « monopole naturel » et à inciter à plus de concurrence sur les segments dits libéralisés. Ce processus est en partie lié au progrès technique ou à l'émergence de nouvelles technologies (les turbines à gaz dans le domaine de la production essentiellement) qui ont remis en cause l'existence systématique de rendements d'échelle aux différents stades de la chaîne de valeur. Il part également des critiques adressées aux anciens monopoles accusés selon les cas d'inefficacité, de pratiquer des subventions croisées injustifiées ou d'avoir capturé, au sens de la théorie économique de Stigler, leur régulateur.

La nouvelle physionomie du secteur s'articule donc selon quelques figures dominantes, même si les modalités d'application demeurent par bien des aspects assez nationales :

- une séparation qui, selon les cas, est comptable, juridique ou patrimoniale entre des activités qui continuent de relever d'une logique de monopole naturel – les réseaux essentiellement – et des activités soumises à la concurrence se situant en pratique aux deux extrémités de la chaîne de valeur, soit pour l'électricité la production et la fourniture de la commodité ;

- l'émergence d'acteurs non plus strictement nationaux mais pan-européens visant, dans un cadre de marché libéralisé, à tirer le meilleur parti de leur portefeuille d'actifs pour développer leurs avantages comparatifs par rapport à leurs concurrents. Ceci explique pour partie la forte concentration du secteur à laquelle on a pu assister au cours des années 2000-2002. Même si le marché européen présente d'ores et déjà un degré élevé de concentration – pour donner un ordre de grandeur, les cinq premiers électriciens européens représentent plus de 60 % de la capacité installée contre un peu moins de 25 % pour leurs homologues américains – je pense que cette tendance est appelée à se poursuivre. Les nouvelles acquisitions des électriciens allemands en Europe de l'Est, le règlement par EDF du dossier Edison en Italie comme les récents mouvements en Espagne plaident d'ailleurs en ce sens. Cette mutation n'est d'ailleurs pas sans conséquence sur le dimensionnement des réseaux et notamment des interconnexions transfrontalières. Historiquement, les interconnexions ont en effet été conçues dans une optique de secours mutuel entre les pays, pour éviter les écroulements en cascade des réseaux et non comme des axes d'échanges commerciaux dans un espace communautaire entièrement libéralisé ;

- enfin, la structuration du marché autour de bourses d'électricité, de marchés de gré à gré ou de marchés d'ajus-

tement, qui constituent aujourd'hui des références pivots dans la formation des prix au niveau européen avec, selon le degré d'interconnexion des marchés, des liens plus ou moins nets entre les prix constatés dans les différents pays et surtout une influence des bouquets énergétiques limitrophes sur la formation des prix dans chaque pays.

... dans un secteur confronté dans les années à venir à des défis majeurs

Cette mutation dans l'organisation des marchés intervient à mon sens à un moment critique pour le secteur énergétique dans son ensemble et, partant, pour l'industrie européenne. C'est à la fois une bonne et une mauvaise nouvelle. Une bonne, dans le sens où, si le secteur démontre dans le cadre actuel sa capacité à surmonter les défis à venir, un pas important aura été franchi dans la crédibilisation de sa nouvelle organisation. Une mauvaise, dans la mesure où le risque que le secteur n'y parvienne pas, faute d'une architecture de marché adéquate, n'est pas nul, ce qui plaide pour ouvrir rapidement un certain nombre de chantiers, j'y reviendrai dans la seconde partie de cet article. Mais d'abord, quelques éléments sur les défis. Ils sont à mon sens au nombre de trois :

- d'abord, le renchérissement des combustibles fossiles qui induit partout en Europe une pression sur les prix. L'évolution récente des prix des combustibles classiques, soit de 20 à 60 USD/baril pour le pétrole brut en moins de 4 ans, le doublement du prix du charbon à plus de 65 €/tonne, le prix du gaz naturel qui dépasse les 23 €/MWh au point de cotation de Zeebrugge, tous ces éléments concordent pour entraîner les prix de l'électricité à des niveaux structurellement plus élevés. Ceci conduit de plus en plus à une remise en cause des bénéfices de la libéralisation des marchés par les consommateurs notamment industriels qui ont presque naturellement associé libéralisation et baisse de prix. Ce malaise est aggravé par le fait que même les pays dans lesquels les com-

combustibles fossiles ne pèsent que minoritairement dans le parc de production connaissent des prix calqués sur les marchés dominés par les combustibles fossiles (le cas de la convergence des prix français et allemands est à ce titre une bonne illustration) ;

- ensuite, l'entrée en vigueur des dispositifs environnementaux issus pour partie du protocole de Kyoto et dans l'Union européenne du système EU-ETS. L'envolée récente des prix des certificats fait que la mise en place dans le secteur électrique des restrictions d'émission de CO₂ depuis le 1^{er} janvier 2005 s'est accompagnée d'une forte hausse des prix de l'électricité. De nombreux observateurs estiment que le coût du CO₂ pèse largement sur les prix de l'électricité, alors même qu'une large majorité des quotas est attribuée gratuitement aux producteurs jusqu'à

Le cadre européen connaît une profonde mutation dans l'organisation des marchés

2007. Il y a là également un facteur de malaise ;

- enfin, et c'est probablement le point le plus structurant pour les années à venir, l'Europe passe progressivement d'une situation de surcapacité à une situation de sous-capacité. Les besoins tant en gaz qu'en électricité ont régulièrement augmenté au cours des dernières années et cette tendance devrait se poursuivre. Selon les estimations de la Commission européenne, la consommation d'électricité en 2030 sera supérieure de près de moitié à celle que l'on constate aujourd'hui. S'agissant du gaz naturel, le marché devrait pour sa part s'accroître d'environ 40 % d'ici 2030. Pour faire face à la croissance attendue de la consommation énergétique, et plus particulièrement d'électricité et de gaz naturel, les infrastructures actuelles devraient se révéler bientôt insuffisantes. Aussi devient-il urgent d'anticiper les besoins en infrastructures nécessaires. Au-delà des simples délais de construction, c'est avant tout l'ampleur des investissements à réaliser qui nous impose également une réflexion sur la politique énergétique à conduire. En électricité, d'ici à 2030, l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) estime à plus de 750 GW pour l'Europe des 25 les besoins en nouvelles capacités de production nécessaires pour couvrir

l'augmentation prévue de la demande et pour remplacer les centrales existantes devenues entre-temps obsolètes. Ces investissements sont estimés à près de 650 B€. A ces besoins de nouvelles centrales, s'ajoutent d'importants investissements dans le transport d'électricité afin de résorber les congestions existantes le long des connexions actuelles entre les différents réseaux européens. Ces « autoroutes électriques » sont indispensables pour éviter que ne se reproduisent des coupures comparables à celle survenue en Italie en 2003, mais sont également nécessaires à l'émergence d'un réel marché européen intégré de l'électricité, plus efficient que la juxtaposition actuelle de marchés nationaux. Ici encore, les investissements à réaliser sont colossaux et pourraient, toujours selon l'Agence internationale de l'énergie, se monter à environ 100 B€ d'ici à 2030.

Nous sommes donc aujourd'hui à l'aube d'une phase majeure de relance des investissements électriques et gaziers dans un cadre de marché radicalement différent de celui qui avait conduit à la sécurité d'approvisionnement sur laquelle nous vivons actuellement. Ce cadre étant présenté, le problème étant posé, je souhaiterais à présent aborder les deux principaux paramètres qui conditionnent largement la résolution de l'équation. Ce sont les deux défis des années à venir : la question du bouquet énergétique, et la question d'une architecture de marché permettant que les investissements puissent se réaliser en temps utile.

Deux défis majeurs pour l'Europe de l'énergie

1^{er} défi : la question du bouquet énergétique

Qui dit investissement dit, de fait, choix de technologie pour la production d'électricité avec, dans ce domaine, un triple faisceau de contraintes :

- l'indépendance énergétique : la dépendance énergétique européenne s'accroît depuis le milieu des années 1990. L'épuisement des ressources propres, qu'elles soient pétrolières,

gazières ou houillères, conjugué à la croissance des besoins en énergie fossile, devrait accentuer encore davantage cette tendance. La dépendance énergétique globale de l'Europe pourrait ainsi atteindre près de 70 % d'ici à 2030. Ceci nous rend de plus en plus vulnérables aux chocs extérieurs, d'autant plus que l'Europe se fournit auprès d'un nombre limité de pays. L'exemple de la Russie est parlant. Les importations de gaz Russe représentent déjà 23 % de la consommation européenne de gaz naturel et continuent leur progression régulière ;

- la compétitivité-prix : on le voit aujourd'hui en France dans les revendications de prix des industriels. Il y a fort à parier que ce débat va se généraliser en Europe. La présidence britannique envisage en effet de mettre en place au niveau communautaire un groupe de travail visant à étudier les moyens d'assurer un niveau compétitif mais également moins volatile des prix sur la plaque européenne ;

- la contribution aux objectifs de Kyoto. Quelques chiffres pour situer les enjeux : pour une consommation annuelle mondiale de combustibles fossiles de l'ordre de 7,5 Gtep, on estime les émissions de carbone dans l'atmosphère à environ 6,5 milliards de tonnes de carbone. Or, il semble que les « puits naturels » de carbone ne sont le sol, les arbres et les océans ne soient capables de résorber que 3 milliards de tonnes par an, soit un peu moins de la moitié des émissions anthropiques,

avec pour corollaire une augmentation nette de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère conduisant à son réchauffement. Selon le dernier rapport du Groupe d'experts inter-gouvernemental sur l'évolution du climat, la température devrait augmenter de 1,5 °C à 5,8 °C d'ici à 2100 si les scénarios tendanciels ne sont pas inversés. Le défi est donc de réduire les émissions carboniques, et ce indépendamment de la ratification ou non du processus de Kyoto puisqu'il y aura en tout état de cause de nouvelles négociations sur un après-Kyoto (1). Dans cette perspective, le secteur de la production d'électricité a un rôle important à jouer puisqu'il est responsable au

niveau mondial de 39 % des émissions de CO₂.

Comment se positionnent dans cette perspective les différentes solutions en termes de bouquet énergétique ?

D'abord, il faut à mon sens bien garder en tête que les énergies renouvelables ne constituent pas une véritable alternative. L'hydroélectricité bute sur un manque de sites disponibles pour de nouveaux développements : 70 à 80 % environ du potentiel européen est déjà exploité et les nouveaux développements anticipés sont désormais des petites installations, qui pourront jouer un rôle local précieux, mais ne changeront pas le profil énergétique européen de manière majeure. Les progressions de capacité anticipées par la Commission européenne et l'Agence internationale de énergie ne dépassent pas 10 à 15 GW. L'éolien rencontre pour sa part d'autres facteurs limitatifs : il reste significativement plus onéreux que les autres sources d'électricité, et ne peut se développer sans incitations financières conséquentes, compte tenu notamment des capacités de secours à mettre en place pour prendre le relais en l'absence de vent ; il est par ailleurs également tributaire de l'acceptation locale ; enfin il bute sur des limites physiques dues aux spécificités climatiques requises pour l'implantation d'éoliennes avec des sites en quantité limitée.

Je pense pour ma part qu'il y a en Europe un vrai avenir pour la filière nucléaire qui apporte une réponse intéressante aux trois contraintes que j'ai mentionnées. C'est tout le sens et l'opportunité de la relance du nucléaire à travers l'EPR en France. La contribution du nucléaire à l'indépendance énergétique est en effet indiscutable. D'un point de vue économique, les études publiques disponibles montrent que le coût du MWh d'origine nucléaire est compétitif, notamment pour une production en base. Par ailleurs, la composante combustible du MWh d'origine nucléaire est très faible. Une forte augmentation du prix du combustible n'a donc qu'un impact limité sur le prix de l'électricité produite, à la différence de l'énergie produite par les combustibles fossiles. Ceci est d'autant plus précieux dans un

contexte marqué par une forte progression récente du prix des hydrocarbures. L'autre avantage majeur du nucléaire est à rechercher du côté des émissions de gaz à effet de serre : la production d'électricité nucléaire n'en génère pas, ce qui favorise le respect du protocole de Kyoto. Cet avantage environnemental se concrétisera en un avantage sur les coûts de production, dès lors que les émissions de CO₂ des centrales conventionnelles se verront pénalisées.

Cela étant, tant pour des raisons tenant aux délais de construction qu'à des positions encore divergentes des Etats-membres sur l'opportunité d'une relance du nucléaire, de nouvelles centrales fonctionnant à partir de combustibles fossiles, et particulièrement au gaz, seront nécessaires en Europe. Ainsi, selon les estimations de l'Agence internationale de l'énergie, la part des centrales au gaz dans le bouquet électrique de l'Union européenne devrait passer de 17 % en 2000 à près de 30 % en 2010. Ceci ne devrait d'ailleurs pas rester sans conséquence sur la physionomie des secteurs gaziers et électriques qui devraient en toute rigueur connaître une imbrication de plus en plus étroite du fait de la « convergence » entre les deux énergies.

La convergence gaz-électricité trouve en effet sa source dans ce caractère de plus en plus lié de ces deux énergies. Globalement, la part d'électricité produite à partir de gaz en Europe de l'Ouest oscille aujourd'hui autour de 20 %. Réciproquement, si l'on considère l'ensemble des ventes de gaz en Europe, on constate que plus de 20 % est destiné à être consommé dans les centrales électriques.

Au-delà, l'analyse des chaînes de valeur du gaz et de l'électricité permet de mettre en évidence un certain gisement de synergies qui paraissent appeler au niveau opérationnel une imbrication croissante des activités des entreprises gazières et électriques.

En effet, une gestion intégrée du gaz et de l'électricité permet d'étendre les opportunités d'arbitrage-prix entre le

(1) C'est une nécessité dans la mesure où i) Kyoto s'arrête à 2012 ; ii) il ne vise que les pays développés (et les Etats-Unis ne l'ont pas ratifié) alors même que, selon les estimations de l'AIE, les émissions de la Chine et l'Inde dépasseront dès 2015 celles des Etats-Unis.

gaz et l'électricité. Ces opportunités sont d'autant plus importantes que les acteurs disposent de flexibilité tant dans leur approvisionnement en gaz (via des clauses contractuelles suffisamment souples, des capacités de stockage adéquates notamment) que dans leurs ventes (interruptibilité des clients). A cet égard, parmi les sources de gaz possibles, le Gaz naturel liquéfié (GNL) constitue une source de flexibilité supplémentaire de par la possibilité qu'il offre de modifier le site de livraison du gaz et, partant, de développer le champ des arbitrages possibles.

Au-delà, en aval de la chaîne de valeur, c'est-à-dire au niveau des ventes aux clients tant industriels que particuliers, deux bénéfices sont particulièrement notables. D'une part, les économies d'échelle qui peuvent être réalisées au niveau des forces de ventes, des services clientèles, des équipes de facturation. La convergence gaz-électricité est de ce point de vue un élément important de réduction du coût du service (*cost to serve*) qui constitue un facteur de compétitivité déterminant dans un marché de l'énergie libéralisé. D'autre part, et c'est également un facteur important de compétitivité, un effet de fidélisation de la clientèle par la capacité à proposer des offres multi-énergies dont on se rend compte qu'elles peuvent constituer un élément important de conquête et d'appréciation des clients. Les bénéfices attendus de cette convergence entre le gaz et l'électricité conduisent à modifier très significativement la dynamique des acteurs. On assiste ainsi progressivement à une abolition de la segmentation traditionnelle entre gaziers et électriciens et à l'émergence d'un modèle européen d'acteur multi-énergies. Ce sont par exemple les plans de développement ambitieux dans l'électricité mis en œuvre par des acteurs historiquement purement gaziers comme Gaz de France ou, en Espagne, Gas Natural. Réciproquement, les principaux électriciens européens se dotent d'une composante gazière soit par partenariat avec des gaziers (exemple de Union Fenosa en Espagne avec ENI), soit plus souvent par acquisition : la meilleure illustration à ce jour étant le rachat par E.ON du grand gazier Ruhrgas mais

cette dynamique est également à l'œuvre dans l'opération de rachat d'Edison par EDF.

2^e défi : la question d'une architecture de marché permettant que les investissements puissent se réaliser en temps utile

Il faut garder à l'esprit que la Commission européenne s'est principalement préoccupée jusqu'à ce jour des moyens de développer la concurrence sur les marchés libéralisés dans un horizon de court terme. Dans cette perspective, le degré de concentration du secteur dont on a vu qu'il était d'ores et déjà élevé en Europe a constitué un point d'attention particulier et sans doute excessif.

Or, la physionomie du secteur et la recomposition éventuelle du paysage des acteurs seront une question importante dans les années à venir dans le prolongement des grands mouvements de concentration constatés dans les années 2000-2002.

La période 2003-2004 a certes marqué une pause imposée par ailleurs par le nécessaire assainissement des bilans. Qu'en sera-t-il pour les années à venir maintenant que les principaux acteurs ont reconstitué leurs marges de manœuvre ? Comme je l'indiquais précédemment, je crois que la convergence gaz/électricité va pousser à de nouveaux rapprochements ou à tout le moins de nouvelles coopérations entre les grands acteurs. La récente annonce par le gazier espagnol Gas Natural d'une offre sur l'électricien Endesa semble d'ailleurs l'attester.

Faut-il dès lors s'inquiéter d'une nouvelle vague de concentration du secteur et notamment y voir les prémices de concrétisation du risque souvent avancé d'un oligopole européen qui aboutirait au paradoxe d'une reconstitution des rentes que la libéralisation était supposée faire disparaître ?

Parfois renaît même l'idée que la solution permettant une concurrence optimale au profit des consommateurs résiderait dans la désintégration des acteurs et, à la limite, dans un paysage énergétique européen morcelé à l'extrême. Outre les problèmes qu'une telle approche me semble poser dans un sec-

teur à forte intensité capitalistique intrinsèque et mettant en évidence des effets d'échelle sensible à partir d'une certaine taille du parc, elle invite surtout à une réflexion renouvelée sur la notion de « marchés pertinents ».

Pour être considéré comme pertinent, tout marché doit englober l'ensemble des acteurs ayant un accès, à la fois physique et économique, au marché en question. Or, il apparaît de plus en plus difficile de cerner correctement en Europe les zones d'action des différents agents du marché électrique. Le développement continu des échanges transfrontaliers et le caractère international des acteurs tendent à rendre obsolète une analyse en termes de marchés nationaux. Or, alors que l'objectif final reste la création d'un marché commun de l'électricité, les dernières décisions de la Commission européenne concernant les fusions-acquisitions du secteur utilisent encore le marché national comme critère pertinent.

Le sujet de fond, dans un modèle de concurrence, me semble résider dans une approche élargie de la contestabilité des marchés qui, comme nous l'enseigne la théorie économique, incite chaque producteur/offreur à ne pas s'éloigner durablement de l'optimum en terme d'offre. Un nombre limité d'acteurs rend-il les marchés moins contestables ? Pas nécessairement, dès lors que trois conditions sont réunies : La première porte sur les acteurs et sur la capacité réelle de chacun d'entre eux à conquérir les clients de ses concurrents, ce qui passe à mon sens par une certaine surface financière – et donc une certaine taille – ainsi que par la capacité de soumettre des offres compétitives.

La deuxième, qui est par bien des aspects une condition de réalisation de la première, porte sur l'accessibilité effective des marchés. Il faut, pour assurer la contestabilité, des interconnexions suffisantes entre les marchés et des accès non discriminatoires aux infrastructures de réseau. Or, sur ces deux points, beaucoup reste à faire. S'agissant des infrastructures, il faut se rappeler qu'elles ont été essentiellement calibrées dans une optique de secours mutuel entre les pays, ce qui n'est pas exactement la même chose que d'en faire les axes de développe-

ment des échanges commerciaux transfrontaliers dans un espace communautaire entièrement libéralisé.

Par ailleurs, l'Europe électrique reste encore largement une juxtaposition de réseaux nationaux. A tel point qu'on ne parle d'ailleurs pas d'Europe électrique mais d'une « plaque de cuivre » continentale (France, Allemagne et Bénélux) et « d'îles électriques », certaines au caractère insulaire avéré (Angleterre), d'autres moins (Italie, Espagne) mais toutes mal intercon-

tées aux réseaux de la plaque centrale. Cette situation n'est pas complètement nouvelle mais la libéralisation du

secteur électrique vient faire peser une contrainte supplémentaire sur ces réseaux transfrontaliers. On assiste alors logiquement à une multiplication des congestions. S'agissant de l'accès des tiers aux réseaux, les directives communautaires en posent le principe mais force est de constater que sa mise en œuvre demeure variable d'un pays à l'autre et que nous aurions, à mon sens, tout à gagner à une harmonisation au plan européen.

Une dernière condition enfin portant sur la surveillance du secteur (éviter les ententes) qui passe par un renforcement des pouvoirs des régulateurs. Il faut de ce point de vue que l'Etat ou le régulateur indépendant puisse jouer un rôle qui dépasse la simple notion de développement de la concurrence. L'important ne semble pas, en effet, de viser une structure de marché déconcentrée ou faiblement intégrée. On ne doit pas non plus viser une réduction de prix telle que les perspectives d'investissement se réduisent, ni condamner l'investissement en faisant planer sur lui de possibles évolutions réglementaires une fois ces investissements réalisés. Deux objectifs sont en revanche fondamentaux. Il s'agit de limiter, d'une part, d'éventuels abus de position dominante (particulièrement dans un marché où l'élasticité de la demande est très faible) et d'œuvrer, d'autre part, dans une perspective de développement et d'investissement à long terme. A cet égard, ne perdons pas de vue que la notion d'oligopole n'est

pas en soi une organisation de marché critiquable. Elle ne le devient que lorsque cette structure conduit à des abus par le jeu d'ententes d'où un rôle important pour la régulation qui devrait selon moi dépasser le cadre strictement national pour migrer vers le niveau européen.

Au-delà, une régulation efficace doit permettre d'introduire une vision de long terme dans un secteur dont les règles de marché portent essentiellement sur le court terme. Je souhaiterais

La Commission européenne s'est principalement préoccupée jusqu'à ce jour des moyens de développer la concurrence sur les marchés libéralisés dans un horizon de court terme

pour finir insister sur ce point qui me semble déterminant.

En effet, tandis que les systèmes électriques monopolistiques étaient basés sur une logique de planification avec des prévisions de demande de long terme, cette planification est remplacée, dans un contexte libéralisé, par le fonctionnement du marché et l'intervention du régulateur.

Or, l'observation des acteurs du secteur conduit à un schéma cyclique et souvent inefficace de l'investissement : dans un contexte où le marché apparaît en relative surcapacité au moment de la libéralisation, l'ouverture du marché conduit à une baisse des investissements qui se traduit par une élimination des unités de production les moins rentables et une augmentation du taux d'utilisation des centrales. Les prix et les coûts peuvent donc baisser jusqu'à ce que les capacités de réserve deviennent faibles. Leur faiblesse conduit alors à certains pics tarifaires qui peuvent soit signifier un abus de position dominante soit un manque d'investissement de base. Plus ces mini-crisis se développent, plus les centrales de pointes (permettant de répondre à un pic de court terme) se multiplient. Ces investissements en centrales de pointe retardent en même temps les investissements plus lourds qui seraient nécessaires mais qui sont beaucoup plus coûteux et plus risqués. Lorsque la décision d'investir dans ces grosses centrales est prise, il est souvent déjà trop tard au regard du temps nécessaire à leur construction.

Ces réflexions ont permis de dresser à la fois les contraintes et les perspectives dans lesquelles l'Europe électrique et

gazière va se mouvoir. Pour ma part, je considère absolument nécessaire d'instaurer les conditions d'un marché pleinement concurrentiel soumis à une régulation vigilante et assurant la sécurité d'approvisionnement à long terme de l'Europe.

Dans ce cadre, je propose :

- d'abord, d'amorcer sans attendre un débat sur l'évolution des équilibres offre/demande en Europe. Compte tenu de la nouvelle dynamique des marchés, cet exercice doit nécessairement être communautaire et raisonner à tout le moins à l'échelle des sous-marchés interconnectés, dans l'attente de la réalisation effective d'un grand marché électrique européen. Les projections nationales sont en effet impuissantes à cerner l'évolution des équilibres au-delà des frontières nationales. Malgré toutes ses vertus, la programmation pluriannuelle des investissements (PPI) française en est une bonne illustration lorsqu'elle postule, pour établir le dimensionnement adéquat du parc français à moyen terme, une annulation du solde exportateur à la pointe, hypothèse dont la robustesse mériterait d'être testée en englobant les prévisions d'équilibre offre/demande dans les pays limitrophes ;

- ensuite, d'inciter les opérateurs à effectuer à temps les investissements nécessaires. Les réglementations adoptées jusqu'à présent n'ont guère mis l'accent sur de telles pratiques. Si elles étaient mises en œuvre, certaines mesures pourraient même aller à l'encontre de l'investissement (*price-cap...*). Des solutions économiques existent sans doute (mise en place de marchés de capacité, marges de réserve imposées aux opérateurs) qui présenteraient toutes des avantages et des inconvénients et, faute de solution univoque, il serait utile d'ouvrir sérieusement ce chantier.

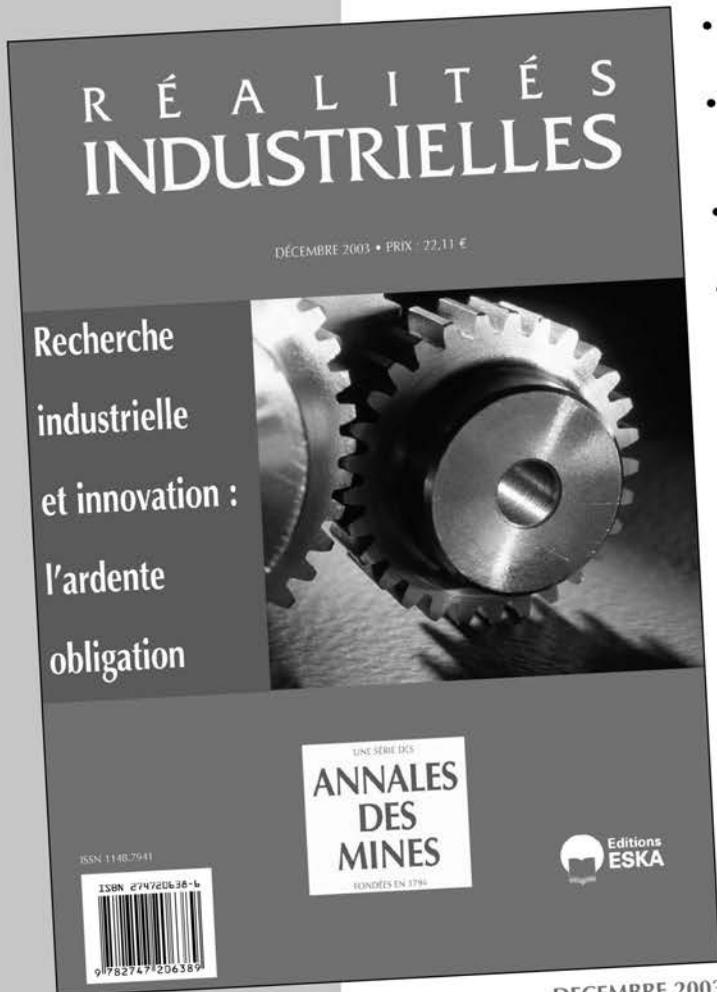
Réflexion sur le bouquet énergétique et définition d'une architecture de marché pertinente, tels sont les deux enjeux majeurs qui doivent être traités rapidement et sans tabou. Ils sont la condition nécessaire pour que l'Europe puisse, à travers ses grands groupes énergétiques, apporter à ses entreprises et à ses citoyens une énergie sûre et à un coût en ligne avec ses exigences légitimes de compétitivité. ●

R É A L I T É S INDUSTRIELLES

une série des Annales des Mines

SOMMAIRE

- **Avant-propos**
Jean-François Dehecq
- **Le dispositif de la recherche publique en France**
Madame Esterlé
- **Où va la matière grise et comment la capter ?**
Madame Belotti
- **Fuite et circulation des cerveaux : les défis américains et asiatiques**
Jérôme Fourel
- **Les incubateurs sont-ils au service des entrepreneurs ?**
Philippe Albert
- **Le management de l'innovation dans les entreprises**
Thierry Weil
- **Les soutiens à la R&D industrielle dans le domaine de la microélectronique**
Ivan Faucheux
- **Technopoles et clusters. Pour la croissance par l'innovation**
Pierre Laffitte
- **Recherche et technologie pour la sécurité : perspectives européennes et nationales**
Patrice Cardot
- **Les enjeux technologiques de la sécurité : technologies-clés, besoins et cadres possibles d'intervention**
Brigitte Serrault
- **Le capital risque : que nous enseigne l'après-crise ?**
Pascal Lagarde et Pierre Bouchara
- **Recherche industrielle : l'Europe, une puissance en devenir ? Premiers enseignements du 6^e programme - cadre de RDT de l'Union européenne**
Alain Quevrex



DECEMBRE 2003
ISSN 1148.7941
ISBN 2-7472-0638-6

BULLETIN DE COMMANDE

A retourner aux Éditions ESKA, 12, rue du Quatre-Septembre, 75002 PARIS

Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35 - <http://www.eska.fr>

Je désire recevoir exemplaire(s) du numéro de **Réalités Industrielles** décembre 2003 « Recherche industrielle et innovation : l'ardente obligation » (ISBN 2-7472-0638-6) au prix unitaire de 22,11 € TTC.

Je joins un chèque bancaire à l'ordre des Éditions ESKA
 un virement postal aux Éditions ESKA CCP PARIS 1667-494-Z

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville

For our english-speaking readers

INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY, AND ITS APPLICATIONS

Micro- and nanoelectronics

Laurent Gouzènes

The continuous miniaturization of transistors over the past forty years has brought microelectronics down to the nanometric scale. Nanoelectronics has been born! The awesome scientific and technologic challenges in this new field justify ever more internationalized research programs. But the stakes are also economic, for both companies and governments. For this reason, we should pay close attention to the scientific and financial aspects of this emerging technology.

The FPRTD: Accomplishments in the field of information and communication technology, and prospects for the 7th Framework Program

Patrick Schouller

What accomplishments has the EU's 6th Framework Program for Research and Technological Development (FPRTD) had in the field of information and communication technology? How to help the 7th Framework Program more clearly foresee prospects in this field? Answering these two questions involves assessing the past and making forecasts. After recalling the original purposes of EU research programs, accomplishments in info-tech are quantitatively examined. A qualitative illustration is provided with the help of a few examples so as to show the rationality of the choices made. Finally, the challenges facing the 7th FPRDT are taken under consideration.

Traceability

Georges Kayanakis

Electronic traceability is opening vast prospects for monitoring functions in production, stock-management and logistics inside firms. Developments in industry and services as a result of this growing market in information technology depend on sustained efforts in research and training so as to enable France to acquire the knowledge and skills for improving its competitiveness.

Information technology's decisive contribution to economic growth and to territorial planning and development

Jacques Pomonti and Françoise Roure

Information technology provides a major lever for economic development and for territorial planning. Public policies have had the priority of supporting national network infrastructures. But now, the target should be to provide high-speed access to Internet in areas where this is not yet possible because the necessary investments are not economically profitable.

New communicating objects: An abundant, potential supply for which markets?

Jean-Paul Laurencin and Evelyne Janeau

Lifestyles as well as systems of production and transactions have considerably changed thanks to the new

tools and services produced by information and communication technology. If multifunctional concentration characterizes tomorrow's tools, the services associated with them should be the pivot of future applications.

The mobile phone, our new companion

Grégoire Olivier and Thierry Buffenoir

In less than fifteen years, GSM has become the leading means of communication. This market has an apparently limitless potential for growth. Improving services for well-equipped countries and extending the market to developing countries requires ongoing efforts in R&D. In this context, French operators and manufacturers have several assets.

Assisted driving: The prospects

Daniel Augello

The traffic system is so complicated that drivers are not responsible for everything. Users do not build the roads or manufacture vehicles; nor do they control the weather, traffic density, number of work sites or erroneous road signs. But they are responsible for making decisions depending on what they encounter on the road. The vehicles they use, the highway system and traffic management must increase safety and enable users to optimize their decisions, or even make up for the consequences of their slightest mistakes.

The A380's avionics

Pierre Froment

Airbus has decided to adopt a modular avionics for its latest model, A380. This new architecture is a response to the quick pace of changing needs, since the life span of an aircraft program is a few decades whereas the services demanded by airlines and passengers are of much shorter duration. This concept will facilitate future modifications of the A380 and become the new avionics standard for Airbus.

Information and communication technology and its applications in health

Géraldine Capdeboscq

Applications of information and communication technology in the field of health should thrive in the coming years. This will create jobs in manufacturing, improve productivity, and reduce costs in this industry. France has the necessary skills for adapting info-tech to the field of health. Earnings will depend on the country's investment in research and development and on incentives for actors in this field and in service firms, for software engineers and electronic manufacturers.

The electronic administration: unprecedented upheaval in the public sector

Jacques Sauret

The civil service will soon be electronic, but how soon? And how will the public administration be transformed? This will deeply alter many current practices and influence our relations with the government.

The development of information and communication technology, and security issues

Alain Esterle

Security issues regarding information and info-tech networks have gradually compelled recognition and are conditioning developments in this field. Though starting from quite different positions, the EU and member states are moving toward increasingly coherent, complementary policies with regard to the security of information systems. The new target is to establish a technological, industrial and operational basis that will be competitive and independent at the national and European levels.

Defense and the new information and communication technology

François Levieux

Information and communication technology is increasingly used in military systems and equipment. It has thoroughly changed the organization and conduct of the armed services by hooking up in a network all operational information, which can be transmitted to each combatant.

Major changes in how firms are organized

Jean-Michel Yolin

A company's competitiveness depends very much on the quality of the information it has and its capacity for

tapping and processing it. It also depends on its ability to react. All processes related to information (production, consumption, transactions, data-processing or -mining) are concerned in the Internet, the economy's new nervous system. Thanks to Internet, the shift can be made from a discontinuous to a continuous process; and delays, drastically reduced. This is one of the major changes affecting the operation of the economy and eventually its very structure.

France catching up? The urgency of intelligent investments

Grégoire Postel-Vinay

Investments in information and communication technology are necessary to cope with the challenges represented by the need for improving competitiveness and stimulating growth.

What Europe for electricity and natural gas?

Patrick Buffet

The world of energy is undergoing a transformation, while a short-term vision has prevailed in decisions for opening EU markets. Two major issues must be addressed rapidly without any reserves. Thought must be devoted to the energy mix; and a relevant market architecture must be defined.

An unsere deutschsprachigen Leser...

Mikro- und Nanoelektronik

Laurent Gouzènes

Die seit vierzig Jahren fortlaufende Miniaturisierung der Transistoren hat eine Mikroelektronik im Nanometerbereich entstehen lassen: die Nanoelektronik wurde ins Leben gerufen. Die gewaltigen wissenschaftlichen und technologischen Herausforderungen rechtfertigen Forschungsprogramme, die in zunehmendem Maße international ausgerichtet sind. Aber die wirtschaftlichen Interessen sind für die Unternehmen wie für die Staaten ebenfalls immer bedeutender geworden, und erklären die besondere Aufmerksamkeit für die wissenschaftlichen und finanziellen Gesichtspunkte.

Das Rahmenprogramm für Forschung und Entwicklung und die Informations- und Kommunikationstechnologien (IT)

Grundlagen und Perspektiven des 7. Rahmenprogramms

Patrick Schouller

Zu welchen Ergebnissen auf dem Gebiet der IT führte das 6. Rahmenprogramm für Forschung und technologische Entwicklung? Wie können die diesbezüglichen Perspektiven im 7. Rahmenprogramm besser berücksichtigt werden? Um diese doppelte Frage beantworten zu können, soll zunächst an das ursprüngliche Ziel der gemeinschaftlichen Forschungsprogramme erinnert und dann eine quantitative Prüfung der Ergebnisse auf dem Gebiet der IT vorgenommen werden, zu deren qualitativer Erläuterung einige Beispiele herangezogen werden, damit der Versuch gemacht werden kann, die Vernünftigkeit der getroffenen Entscheidungen aufzuzeigen, bevor die Herausforderungen des 7. Rahmenprogramms für Forschung und Entwicklung angegangen werden.

Zur Rückverfolgbarkeit

Georges Kayanakis

Die „elektronische Rückverfolgbarkeit“ eröffnet den Unternehmen weite Perspektiven für die Entwicklung zahlreicher Kontrollfunktionen auf den Gebieten der Produktion, der Lagerwirtschaft und des Logistikmanagements. Das Wachstum des IT-Marktes wird Entwicklungen in der Industrie und im Dienstleistungssektor auslösen, die durch intensive Forschungs- und Ausbildungsbemühungen begleitet werden müssen, damit Frankreich über die notwendigen Kenntnisse und Kompetenzen verfügen kann, um im Wettbewerb auf diesem Sektor zu bestehen.

Der entscheidende Beitrag der Informationstechnologien zur wirtschaftlichen Entwicklung und zur Raumplanung

Jacques Pomonti und Françoise Roure

Die Informationstechnologien stellen einen wichtigen Faktor für die wirtschaftliche Entwicklung und somit auch für die Raumplanung dar. Die öffentlichen Politiken haben vorrangig die Unterstützung der nationalen Netzinfrastrukturen privilegiert; die Bemühungen müssen künftig der Einführung des Internets mit hoher Übertragungsrates in den noch nicht versorgten Gebieten gelten, die wegen mangelnder wirtschaftlicher Rentabilität nicht über die nötigen Infrastrukturen verfügen.

Neue kommunizierende Objekte: ein reiches potentielles Angebot für welche Märkte?

Jean-Paul Laurencin und Evelyne Janeau

Die Lebensformen sowie die Produktions- und Handelssysteme haben sich dank der Innovationen und Dienstleistungen, die aus den Informations- und Kommunikationstechnologien hervorgegangen sind, beträchtlich entwickelt. Wenn die multifunktionale Konzentration der zukünftigen Geräte sich durchgesetzt haben wird, müssten die damit verbundenen Dienstleistungen im Zentrum der zukünftigen Anwendungen stehen.

Das Mobiltelefon, unser neuer Begleiter

Grégoire Olivier und Thierry Buffenoir

In weniger als fünfzehn Jahren ist GSM zum wichtigsten Kommunikationsmittel geworden und stellt heute einen Markt dar, dessen Entwicklungspotential grenzenlos erscheint. Die Erweiterung des Serviceangebots in den Ländern mit hohem Ausrüstungsgrad und die Entwicklung eines Angebots für Entwicklungsländer erfordern einen kontinuierlichen Einsatz von Forschung und Entwicklung. Auf diesem Gebiet verfügen die französischen Betreiber und Ausrüster über die besten Trümpfe.

Unterstützte Verkehrsteilnehmer: die Perspektiven

Daniel Augello

Die Vielfalt der Komponenten des Verkehrssystems zeigt deutlich, dass der Verkehrsteilnehmer nicht für Alles verantwortlich ist. Er baut weder die Straßen noch die Fahrzeuge, und auch die Wettervorhersage, die Verkehrsdichte, Baustellen, defekte Ampeln etc. unterliegen nicht seinem Willen. Dafür aber muss er genau diejenigen Entscheidungen treffen, die angesichts der jeweiligen Verkehrslage zwingend geboten sind. Die Fahrzeuge und die Straßennetze, die er benutzt, sowie die Verkehrsbestimmungen müssen seine Sicherheit erhöhen und optimale Reaktionen, ja sogar die Folgenlosigkeit seiner geringfügigsten Fehler ermöglichen.

Der Aufbau der Bordelektronik des A380

Pierre Froment

Airbus hat entschieden, für den neuesten Flugzeugtyp, den A380, eine modulare Bordelektronik zu verwenden. Ein solches System entspricht am besten dem sich rapide entwickelnden Bedarf, denn die Lebensdauer eines Flugzeugprogramms wird in Jahrzehnten gemessen, während die von Fluggesellschaften und Passagieren gewünschten Leistungen viel kürzeren Zyklen unterliegen. Dieses Konzept wird die zukünftigen Entwicklungen des A380 erleichtern, und wird für Airbus zum neuen Standard für Bordelektronik.

Die Informations- und Kommunikationstechnologien und ihre Anwendungen im Gesundheitswesen

Géraldine Capdeboscq

Die IT-Anwendungen im Gesundheitswesen müssten in den kommenden Jahren eine beträchtliche Entwicklung erfahren, die Arbeitsplätze, Produktionszuwächse und Kostenreduzierungen auf diesem Sektor generieren wird.

Frankreich verfügt über die nötigen Kompetenzen dazu; wirtschaftliche Ergebnisse setzen ein hohes Maß an Forschung und Entwicklung voraus, und erfordern Unterstützung für die Akteure im Gesundheitssektor, für Dienstleistungsgesellschaften, für Software-Entwickler und Hersteller von IT-Technik.

Elektronische Verwaltung: eine beispiellose Umwälzung

Jacques Sauret

Die elektronische Verwaltung wird Wirklichkeit. Es fragt sich nur noch, in welchem Rhythmus und nach welchen Modalitäten diese beträchtliche Umstellung der Verwaltung realisiert wird, die einen großen Teil unserer Praktiken tiefgreifend verändern und unser Verhältnis zum Staat beeinflussen wird.

Die Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien und die Sicherheitsfrage

Alain Esterle

Für die Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien ist die Frage der Sicherheit der Information und der Netze mehr und mehr zu einem zentralen Kriterium geworden. Ausgehend von sehr unterschiedlichen Positionen, verfolgen die Mitgliedstaaten und Europa Politiken, die auf dem Gebiet der Sicherheit der Informationssysteme in zunehmendem Maße kohärent und aufeinander abgestimmt sind. Der Aufbau einer technologischen, industriellen und operationellen Grundlage, die auf nationaler und europäischer Ebene wettbewerbsfähig und unabhängig sein soll, ist das neue anzustrebende Ziel.

Die Verteidigung und die Informations- und Kommunikationstechnologien

François Levieux

Die Informations- und Kommunikationstechnologien sind in den Systemen und in der Ausrüstung der Streitkräfte längst präsent. Aber sie haben vor allem eine tiefgreifende Veränderung der Organisations- und Führungsstrukturen

bewirkt, denn durch die Vernetzung aller operationellen Informationen wird deren Übertragung auf der Ebene jedes Kampfteilnehmers möglich.

Die tiefgreifenden Veränderungen in der Organisation der Unternehmen

Jean-Michel Yolin

Die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens beruht in hohem Maße auf der Qualität der Informationen, über die es verfügt, und auf der Fähigkeit sie zu verwerten und zu verarbeiten. Sie hängt auch von dem Reaktionsvermögen ab. Nun können aber alle auf Information basierenden Prozesse – Produktion, Verbrauch, Handel, Verarbeitung und Kapitalisierung – durch das Internet betroffen werden. Als das neue Nervensystem der Wirtschaft ermöglicht es das Internet, von einem diskontinuierlichen zu einem kontinuierlichen Prozess überzugehen, so dass die Fristen beträchtlich reduziert werden können: dies führt zu einer der bedeutendsten Veränderungen im Funktionieren der Wirtschaft, also auch in ihrer Strukturierung.

Kann Frankreich Versäumtes nachholen? Die Dringlichkeit intelligenter Investitionen

Grégoire Postel-Vinay

Investitionen in die Informations- und Kommunikationstechnologien sind eine notwendige Bedingung, um den zukünftigen Herausforderungen des Wettbewerbs und des Wachstums gerecht zu werden.

Strom und Gas in welchem Europa?

Patrick Buffet

Im Energiesektor vollziehen sich tiefgreifende Wandlungsprozesse, während die europäischen Märkte hauptsächlich in kurzfristiger Perspektive liberalisiert worden sind. Überlegungen zu den Energieversorgungssystemen und eine Definition der zeitgemäßen Marktarchitektur, dies sind die beiden wichtigsten Themen, die schnell und ohne Tabu behandelt werden müssen.

A nuestros lectores de lengua española...

TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC) Y SUS APLICACIONES

La micro y nanoelectrónica

Laurent Gouzènes

La miniaturización continua de los transistores desde hace 40 años ha llevado la microelectrónica hasta la escala del nanómetro. De esta forma, una nueva ciencia ha nacido: la nanoelectrónica. Los desafíos científicos y tecnológicos formidables exigen programas de investigación cada vez más internacionales. Al mismo tiempo, los intereses económicos también han aumentado considerablemente, tanto para las empresas como para los Estados, y justifican una atención particular en los campos científico y económico.

El programa-marco de Investigación Tecnológica (PCRDT) y las Tecnologías de la Información. Logros y perspectivas del 7° programa-marco

Patrick Schouller

¿Cuáles fueron los logros sobre las tecnologías de la información y comunicación (TIC) en el 6° programa-marco de investigación y desarrollo tecnológico? ¿Cómo anticipar las perspectivas en la materia para el 7° PCRDT?

Dar una respuesta a esta doble interrogación de evaluación y de perspectiva significa recordar la finalidad original de los programas de investigación comunitarios, examinar cuantitativamente los logros en materias de TIC e ilustrarlos cualitativamente con algunos ejemplos, para tratar de mostrar la racionalidad de las decisiones tomadas, antes de abordar los desafíos del 7° PCRDT.

Trazabilidad

Georges Kayanakis

La "trazabilidad electrónica" abre vastas perspectivas de evolución de las numerosas funciones de seguimiento de producción, de reservas y de gestión logística en la empresa. Los desarrollos de la industria y de los servicios que generará el crecimiento del mercado de las tecnologías de la información implican un esfuerzo continuo de investigación y formación que permitirá que Francia disponga de los conocimientos y cualificaciones necesarias para afrontar la competencia en este sector.

La contribución decisiva de las tecnologías de la información al desarrollo económico y a la ordenación del territorio

Jacques Pomonti y Françoise Roure

Las tecnologías de la información constituyen una palanca de fuerza del desarrollo económico y, por consecuencia, de la ordenación del territorio. Las políticas públicas han apoyado principalmente las infraestructuras nacionales de redes; en adelante, el esfuerzo debe enfocarse en la implantación de Internet de banda ancha en los territorios que aún no disponen de este servicio, a causa de la falta de rentabilidad económica de las infraestructuras necesarias.

Nuevos objetos comunicantes. ¿Una oferta potencial para algunos mercados?

Jean-Paul Laurencin y Evelyne Janeau

Los modos de vida, los sistemas de producción y de intercambio han evolucionado considerablemente gracias a las nuevas herramientas y servicios provenientes de las tecnologías de la información y comunicación. Si la concentración multifuncional de las herramientas del mañana se impone, los servicios asociados deberán estar en el centro de las aplicaciones futuras.

El teléfono móvil, nuestro nuevo compañero

Grégoire Olivier y Thierry Buffenoir

En menos de 15 años, el teléfono móvil se ha convertido en el primer medio de comunicación y representa un mercado cuyo potencial de desarrollo parece ilimitado. El enriquecimiento de los servicios para los países altamente equipados y el desarrollo de una oferta adaptada a los países en vías de desarrollo se apoyan en un esfuerzo permanente de Investigación y Desarrollo. En este contexto, los operadores e industriales franceses disponen de serias ventajas.

Perspectivas de la ayuda a la conducción

Daniel Augello

La diversidad de los componentes del sistema de circulación demuestra que el usuario no es el único responsable. Él no es responsable de la construcción de carreteras ni de vehículos ni tampoco del estado del tiempo, de la densidad del tráfico, de las obras o de los fallos de señalización. Lo que sí le atañe es la toma de decisiones en función de los elementos encontrados en el camino. Los vehículos que utiliza o la red de carreteras que toma o incluso la gestión de la circulación deben acrecentar su seguridad, permitirle optimizar la toma de decisiones, incluso hacer frente a las consecuencias de sus errores más pequeños.

La arquitectura aviónica del A380

Pierre Froment

Airbus ha decidido adoptar una aviónica modular para su última creación, el A380. Esta arquitectura aporta una respuesta a una necesidad rápidamente evolutiva, ya que la vida de un programa de aviones se cuenta en decenas, mientras que los servicios exigidos por las aerolíneas y sus pasajeros presentan ciclos mucho más cortos. Este concepto facilitará las evoluciones futuras del A380 y se convierte, para Airbus, en la nueva norma aviónica.

Las tecnologías de la información y comunicación y sus aplicaciones en el sector de la sanidad

Géraldine Capdeboscq

Las aplicaciones de las TIC en el campo de la sanidad deberían conocer un desarrollo considerable en los próximos años. Ellas podrían generar empleos industriales, ganancias de productividad y reducción de costes para este sector. Francia dispone de las competencias necesarias para el desarrollo de TIC adaptadas al sector de la sanidad. Los resultados económicos dependen de los esfuerzos de investigación y desarrollo hechos y de los incentivos para los actores del

sector, sociedades de servicios, creadores de softwares y productores de materiales electrónicos.

El Estado electrónico, un cambio sin precedentes

Jacques Sauret

El estado electrónico verá la luz del día en un futuro. Queda por saber a qué ritmo y según qué modalidades se realizará esta transformación mayor de la administración, transformación que modificará profundamente un gran número de prácticas e influenciará nuestra relación con el Estado.

El desarrollo de las TIC frente a la seguridad

Alain Esterle

Para que las tecnologías de la información y comunicación se puedan desarrollar, la seguridad de la información y de las redes se imponen como un paso obligatorio. Inicialmente con posiciones muy diversas, los Estados miembros y la Unión evolucionan hacia políticas cada vez más coherentes y complementarias en materias de seguridad de los sistemas de información. El establecimiento de una base tecnológica, industrial y operativa competitiva e independiente a escala nacional y europea es el nuevo objetivo que se vislumbra en el horizonte.

La defensa y las tecnologías de la información y comunicación

François Levieux

Las tecnologías de la información y comunicación se han difundido en los sistemas y equipos del ejército. En especial han provocado una transformación profunda de las organizaciones y del comportamiento de las fuerzas armadas a través de una organización en red de toda la información operativa, lo que hace posible su transmisión al nivel de cada combatiente.

Cambios mayores en la organización empresarial

Jean-Michel Yolin

La competitividad de una empresa depende ampliamente de la calidad de la información a su alcance y de su capacidad de capitalización y tratamiento de la misma. También depende de su reactividad. Al mismo tiempo, todos los procesos que tratan la información, producción, consumo, intercambio, tratamiento o capitalización, pueden tener una relación con Internet.

En su papel de nuevo sistema nervioso de la economía, Internet permite pasar de un proceso discontinuo a un proceso continuo y reducir drásticamente los plazos. Esta es una de las principales modificaciones que aporta al funcionamiento de la economía y, por lo tanto, a largo plazo, a su estructuración.

¿Francia se está quedando atrás? La urgencia de la inversión inteligente

Grégoire Postel-Vinay

La inversión en las TIC es una condición *sine qua none* para hacer frente a los desafíos futuros de la competitividad y del crecimiento.

¿Gas o electricidad para Europa?

Patrick Buffet

A pesar de que el mundo de la energía conoce transformaciones profundas, los mercados europeos se han liberalizado principalmente con una visión a corto plazo. Una reflexión sobre todo el asunto energético y la definición de una arquitectura de mercado pertinente, deben ser los dos puntos claves por tratar de forma rápida y sin tabúes.

НАШИМ ЧИТАТЕЛЯМ, ГОВОРЯЩИМ ПО-РУССКИ

Информационные и коммуникационные технологии и их применение

Микро- и нанoeлектроника Лоран Гузенес

Развивающаяся уже сорок лет миниатюризация транзисторов привела микроэлектронику к масштабу нанометра, что ознаменовало собой рождение нанoeлектроники. Замечательные научные и технологические достижения оправдывают внедрение международных программ исследований. Но и экономические задачи стали весьма важными как для предприятий, так и для государств, что оправдывает особое внимание, уделяемое им в научном и финансовом плане.

Рамочная программа технологического поиска и развития (PCRDТ) и информационные и коммуникационные технологии (ТIC)

Достижения и перспективы 7-й рамочной программы Патрик Шуллер

Каковы достижения в области информационных и коммуникационных технологий (ТIC) в 6-й рамочной программе технологического поиска и развития? Как лучше предвосхищать перспективы в этой области при разработке 7-й программы PCRDТ? Ответ на этот двойной вопрос оценки и перспективы предполагает, в первую очередь, напоминание первоначальной цели европейских исследовательских программ, а затем - количественную оценку достижений в области TIC и их качественную иллюстрацию несколькими примерами, чтобы попытаться показать рациональность выбранных решений, до определения задач 7-й программы PCRDТ.

Сквозной контроль Жорж Кайянакис

«Электронный сквозной контроль» открывает широкие перспективы развития многочисленных функций контроля за продукцией, запасами и управлением логистикой на предприятиях. Развитие в области промышленности и услуг, которое породит рост этого рынка информационных технологий, предполагает постоянное усилие в области поиска и профобучения, что позволит Франции располагать необходимыми знаниями и компетенцией для борьбы с конкуренцией в этой отрасли.

Вклад информационных технологий в экономическое развитие и обустройство территории Жак Помонти и Франсуаза Рур

Информационные технологии являются важнейшим рычагом экономического развития и, следовательно, обустройства территорий. Государственная политика отдавала приоритет поддержке национальных инфраструктур и сетей; отныне усилия должны быть направлены на внедрение высокоскоростного Интернета на еще неохваченных территориях, поскольку необходимые инфраструктуры экономически нерентабельны.

Новые сообщающиеся объекты: для каких рынков предназначено потенциальное предложение?

Жан-Поль Лорансен и Эвелина Жано

Образ жизни, системы производства и обменов уже претерпели значительную эволюцию благодаря новым инструментам и услугам, порожденным информационными и коммуникационными технологиями. Если мультифункциональная концентрация инструментов будущего возьмет верх, сопутствующие услуги должны будут находиться в центре будущих применений.

Сотовый телефон - наш новый товарищ Грегуар Оливье и Тьерри Бюффенуар

Менее чем за пятнадцать лет связь GSM стала важнейшим средством коммуникации и представляет собой рынок, потенциал развития которого представляется безграничным. Развитие услуг для стран с высоким процентом оборудованности и развитие предложения, адаптированного к развивающимся странам, опираются на постоянное усилие в области научных исследований. В этом контексте французские операторы и промышленники располагают серьезными преимуществами.

Помощь при вождении: перспективы Даниэль Ожелло

Разнообразие составляющих системы дорожного движения показывает, что пользователь ответственен не за все. Он не строит дороги, не производит автомобили, не оказывает влияния на погоду, дорожные работы, отсутствие сигнализации и т.п. Напротив, пользователь должен принимать необходимые решения в зависимости от дорожной ситуации. Автомобиль, которым он пользуется, или дорожная сеть, по которой он едет, или управление движением должны обеспечивать его безопасность, позволять оптимизировать его решения, и даже устранять последствия его малейших ошибок.

Авиаэлектронная архитектура самолета А380 Пьер Фроман

Компания Airbus решила принять модульную авиаэлектронику для своего последнего самолета А380. Эта архитектура дает ответ на быстро развивающиеся потребности, т.к. срок программы самолета исчисляется десятилетиями, в то время как услуги, запрашиваемые авиакомпаниями и пассажирами, требуют значительно более кратких циклов. Эта концепция упростит будущую эволюцию самолета А380 и станет для компании Airbus новым авиаэлектронным стандартом.

Информационные и коммуникационные технологии и их применение в здравоохранении Жеральдина Капдебоск

Применение информационных и коммуникационных технологий в области здравоохранения должно бурно развиваться в ближайшие годы, создавая рабочие места в промышленности, выигрыш в производительности и сокращение расходов в этой отрасли. Франция располагает компетенцией, необходимой для развития информационных и коммуникационных технологий, адаптированных к санитарному сектору; экономические результаты зависят от усилий, прилагаемых в области научного поиска и развития и поощрения действующих лиц в сфере здравоохранения, сервисных фирм, девелоперов программного обеспечения и производителей электронного оборудования.

Электронная администрация: беспрецедентное преобразование Жак Соре

Электронная администрация будет внедрена. Остается понять, согласно какому ритму и порядку будет произведено это беспрецедентное преобразование администрации, которое вызовет глубокие изменения в наших привычках и повлияет на наши отношения с государством.

Развитие информационных и коммуникационных технологий и безопасность

Ален Эстерль

Для развития информационных и коммуникационных технологий обязательным этапом постепенно стала безопасность информации и сетей. Отталкиваясь от весьма различных позиций, государства-члены и Европа идут к все более последовательной политике в области безопасности информационных систем. Новой задачей стало установление конкурентоспособной технологической, промышленной и операционной базы в национальном и европейском масштабе.

Оборона и информационные и коммуникационные технологии

Франсуа Левье

Информационные и коммуникационные технологии широко распространились в системах и оборудовании армий. Но в особенности они привели к глубоким преобразованиям в области организации и ведения военных действий, путем объединения в сеть всей операционной информации, что позволяет передавать ее буквально каждому бойцу.

Значительные перемены в организации предприятий

Жан-Мишель Йолен

Конкурентоспособность предприятия в большой степени зависит от качества информации, которой оно располагает, и от

его способности накапливать и обрабатывать ее. Она зависит также от его способности к реагированию. Однако все процессы, относящиеся к информации - производство, потребление, обмен, обработка или накопление - могут быть связаны с Интернетом. Новая нервная система экономики, Интернет позволяет перейти от прерывистого к непрерывному процессу и значительно сократить сроки: это основное изменение, которое он привносит в функционирование экономики и, следовательно, в ее структурирование.

Франция наверстывает пробелы? Срочность продуманных инвестиций

Грегюар Постель-Винэ

Инвестиции в информационные и коммуникационные технологии являются необходимым условием для решения будущих задач в области конкурентоспособности и экономического роста.

Каково будущее Европы в области электро- и газоснабжения?

Патрик Бюффе

Мир энергетики претерпевает значительные изменения, в то время как европейские рынки были либерализованы в основном в краткосрочной перспективе. Размышление об энергетическом комплексе и определение надлежащей архитектуры рынка - таковы основные задачи, которые должны решаться быстро и без предубеждений.