

CONTEXTE INTERNATIONAL

Évolution des TIC

Définition

En quinze ans, les technologies de l'information et de la communication (TIC) sont devenues partie intégrante de la vie quotidienne des ménages et fournissent progressivement un mode d'accès élargi pour les biens et services culturels. Avec la baisse tendancielle des prix des équipements numériques (informatique, électronique grand public, abonnement au réseau internet) et l'essor du haut débit, la multiplication rapide de nouvelles fonctionnalités des équipements, leur diffusion et leur utilisation se sont intensifiées et démocratisées, même si leurs usages dépendent toujours du niveau d'éducation, de revenus et de l'âge des usagers.

Cependant, la fracture numérique s'atténue alors que la convergence numérique progresse : grâce à des débits plus élevés, l'accès à des contenus culturels (programmes de radio et télévision, presse, musique, etc.) s'amplifie tandis qu'émergent la haute définition et l'internet mobile avec la nouvelle génération d'équipements (TV, porte-monnaie électronique...). Chaque fois, la connexion offre-demande de biens culturels constitue un facteur central de déploiement des TIC, de leur diffusion et de leurs usages. L'ère numérique parvenant à une certaine maturité, se renouvellent les enjeux de politique culturelle afin de favoriser

...

RÉTROSPECTIVE

Quatre tendances constantes en matière d'évolutions techniques

L'abondance des ressources, l'omniprésence des réseaux, la miniaturisation et la mobilité des équipements ont conduit à la numérisation progressive des chaînes de production, d'échange et d'usage de l'ensemble des contenus.

Abondance des ressources

L'augmentation exponentielle du rapport performance/prix conduit à une situation d'abondance des ressources de traitement, de stockage et, dans une moindre mesure, de communication.

Cette tendance s'exprime notamment au travers d'une série de « lois » empiriques telles que la loi de Moore (le nombre de transistors des microprocesseurs double tous les deux ans depuis les années 1970), ou la loi de Kryder (la densité de mémoire des disques durs double chaque année).

Ces lois ont trois conséquences simultanées :

- la mise à disposition de tous les utilisateurs de l'informatique d'outils de production, d'échange et d'exploitation de contenus numériques d'une puissance exceptionnelle ;
- le passage de seuils qui vont tous dans le sens d'une gestion de l'abondance plutôt que de la rareté : il n'est plus nécessaire de choisir ce que l'on va conserver sur ses disques durs ;
- l'insertion de capacités informatiques et de communication dans un nombre croissant d'objets grâce à la miniaturisation.

Il est probable que ces différentes lois se heurtent prochainement à des limites physiques. Les spécialistes s'accordent par exemple à penser que la loi de Moore cessera de fonctionner vers 2020. Mais les industriels travaillent déjà à des alternatives : nouveaux matériaux, processeurs

...

l'accès à ces technologies, d'en développer les usages, de s'assurer de leur diversité, et d'en soutenir les acteurs.

En effet, les TIC jouent un rôle majeur dans la transformation contemporaine du paysage culturel :

- elles changent les conditions de production et d'échange des œuvres (en particulier celles qui requièrent un support de fixation) et des connaissances, avec des conséquences sur les industries culturelles et sur les métiers de la culture ;
- elles appuient ou produisent des changements dans les pratiques culturelles. Elles contribuent notamment au brouillage des frontières entre consommation, production et distribution ; ainsi qu'entre pratiques en amateur et professionnelles ;
- elles suscitent l'émergence de nouvelles formes, de nouveaux questionnements artistiques et culturels, voire peut-être de nouveaux arts à l'instar du jeu vidéo.

Ces technologies numériques ne sont donc pas seulement les instruments au service d'intentions qui leur préexistent, mais bien des agents du changement. Elles ouvrent de nouveaux possibles ; elles éclairent certains chemins et en obscurcissent d'autres ; elles modifient des équilibres et des rapports de force. Il apparaît donc indispensable, dans une prospective des politiques culturelles, d'en analyser l'évolution passée et à venir.

en trois dimensions, informatique quantique, etc. En outre, il est possible – mais nullement certain – que vienne un temps où les capacités de calcul et de stockage seront jugées suffisantes, leur augmentation rapide cessant alors d'apparaître aussi prioritaire qu'aujourd'hui.

Omniprésence des réseaux

La capacité des réseaux de communication croît très vite. Les liaisons filaires sont exploitées d'une manière de plus en plus efficace : les vieux réseaux téléphoniques et câblés sont désormais capables d'accueillir des communications à haut, voire très haut débit. La fibre optique, généralisée dans les cœurs de réseaux, s'étend progressivement jusqu'aux zones d'activité, au pied des immeubles voire – notamment en Asie – jusqu'aux appartements. Elle offre des capacités qui se comptent en gigabits. Les réseaux sans fil sont moins rapides mais, selon la loi (également empirique) de Cooper, leur capacité double tous les 30 mois.

Ces évolutions convergent vers une situation d'omniprésence des réseaux : tout point du territoire est couvert par au moins un réseau, généralement plusieurs ; tout appareil, lieu, objet, individu, est potentiellement connecté à l'un ou plusieurs de ces réseaux ; ces réseaux deviennent de plus en plus « interopérables », capables d'assurer la continuité des communications en mobilité : par exemple, une transaction engagée à domicile pourra se poursuivre en mobilité et se conclure lorsque l'utilisateur sera parvenu à son bureau.

La continuité des réseaux s'exprime également en termes d'échelle. Les réseaux de communication étendus (téléphone, internet, cellulaire) prolongent les réseaux locaux (avec ou sans fil, tel le wi-fi), qui prolongent à leur tour des réseaux de très grande proximité chargés de relier des appareils tout proches les uns des autres : Bluetooth, NFC (associé aux puces d'identification par radio-fréquences, ou Rfid).

Dans ce monde de « communication ambiante », la différence entre communications fixes et mobiles n'a plus de sens. La plupart des appareils se connectent sans fil même s'ils restent peu mobiles, d'autres profitent de la prise électrique pour y faire également transiter des données et, au fond, la nature physique du réseau retenu

ne change pas beaucoup ce que l'on peut faire avec, sauf cas assez particulier (télévision haute définition, usages réellement mobiles...).

Apparu au début des années 1980, et accessible au public depuis le milieu des années 1990, l'internet s'impose progressivement comme l'infrastructure commune à toutes ces communications. Il est ou deviendra le réseau du téléphone, de la télévision, des jeux en réseau et des échanges de données ; à la fois le réseau privatif des entreprises, le support des communications privées et celui des communications publiques ; à la fois le réseau fixe et mobile ; à la fois le réseau des ordinateurs et celui des objets communicants (électroménager, objets usuels, etc.).

Dernière conséquence de cette mise en réseau généralisée : la localisation de nombreuses ressources informatiques, voire des informations, revêt de moins en moins d'importance. Les capacités de traitement et de stockage forment une sorte de « nuage » que chacun mobilise en fonction de ses besoins. On peut ainsi choisir d'héberger ses services et ses contenus à l'autre bout du monde, ou sur une multitude de serveurs répartis ; de mener toutes ses activités, ou presque, à partir de logiciels en ligne (comme les outils de Google, Google Docs, Gmail, etc.).

Miniaturisation et mobilité

La miniaturisation, autre face de l'augmentation des performances de traitement, de stockage et de communication, se traduit par le développement d'appareils mobiles et l'insertion de puces dans un nombre croissant d'objets, dans les lieux et, de plus en plus, dans les corps. L'explosion de la diffusion des appareils électroniques mobiles – téléphones, mais aussi baladeurs, consoles de jeux, organiseurs personnels, navigateurs GPS... – débute dans les années 1990 et ne se ralentit pas depuis. Elle a absorbé la photo et la vidéo, devenues numériques.

Mais une tendance longtemps demeurée souterraine, et désormais de plus en plus visible, consiste à adjoindre des capacités numériques à des objets, machines ou lieux de tous genres. Les capacités de calcul « enfouies » dans les machines-outils, les automobiles et même certains appareils électroménagers, dépassent (parfois de beaucoup) celles des ordinateurs personnels des années 1980. Il y a, actuellement déjà, beaucoup plus de puces dans ce type de machines qu'il n'y en a dans des ordinateurs classiques.

Aujourd'hui, on trouve des puces partout : dans les arbres de Paris, sur les Vélib' et autres Velov', le long des berges de rivières sujettes aux crues, dans des briques de légos... Ces puces peuvent typiquement appartenir à quatre catégories :

- les « identificateurs », qui ont pour seule fonction de transmettre un code lorsqu'ils sont lus, généralement à petite ou moyenne distance (quelques centimètres ou quelques mètres). Les « étiquettes » Rfid relèvent de cette catégorie et équipent aujourd'hui des titres de transport, les nouveaux passeports biométriques ou encore, les porte-monnaie électroniques asiatiques ;
- les « capteurs », capables d'observer leur environnement : température, chaleur, bruit, présence de certaines particules, images...
- les « actionneurs », qui interviennent sur cet environnement : allumer ou éteindre, ouvrir ou fermer, déclencher une alarme ou un mécanisme...
- les « processeurs », qui traitent l'information captée et reçue et déclenchent des actions à partir de ces informations, avec ou sans interaction humaine.

Tous ces objets « intelligents » sont également communicants. Avec ou, le plus souvent, sans fil, ils échangent des informations entre eux et avec des systèmes chargés d'analyser l'information qu'ils fournissent et d'agir en conséquence. Ces réseaux peuvent fonctionner sur une base locale ou bien donner à chaque objet une adresse internet qui leur permet, du moins en principe, de s'interconnecter avec tous les objets et les ordinateurs également connectés au réseau mondial. On considère aujourd'hui qu'il y a dans le monde plus de puces d'identification Rfid que d'humains. Elles ont notamment vocation à remplacer les codes-barres qui identifient les produits.

Numérisation et « convergence numérique »

Les trois tendances qui précèdent ont conduit à la numérisation progressive de l'ensemble des chaînes de production, d'échange et d'usage de l'ensemble des contenus, textes, sons, images fixes et animées. Aujourd'hui, la majorité des textes et des photos ne s'imprime plus jamais sur papier et une part importante de la musique est d'emblée produite par des instruments numériques. Cinéma et vidéo suivent plus lentement le chemin.

La numérisation généralisée est d'abord à l'origine de la « convergence industrielle », qui est au fond plutôt un brouillage généralisé des frontières entre entreprises culturelles ou des

médias, opérateurs télécoms et entreprises des secteurs informatique et électronique : tout le monde est susceptible de faire un peu du métier des autres, de vendre des appareils d'écoute ou de la musique, de produire des films ou d'en proposer à la demande, etc. Ce brouillage s'étend au statut des contenus et à celui des individus : la différence entre visiocommunication entre deux personnes et le visionnage d'un film n'apparaît pas physiquement au premier abord ; celle entre production en amateur et production professionnelle encore moins...

La deuxième conséquence de la numérisation est la dématérialisation des contenus, qui n'ont plus à être fixés sur un support physique pour circuler et être utilisés. Il en résulte à la fois une beaucoup plus grande facilité de diffusion et une facilitation de la copie qui tire la valeur unitaire des contenus vers zéro.

Troisième conséquence, l'établissement de liens entre différents commentaires, informations, œuvres, références... n'est plus une simple opération de l'esprit – l'association d'idées – ou l'affaire de lourds appareils de notes, références et index : tous les contenus existant sous des formes comparables, étant à peu près lisibles par tous et se trouvant à peu près sur les mêmes réseaux – notamment l'internet –, il suffit d'écrire un lien entre deux contenus, concepts, images, etc., pour le rendre actif et exploitable. C'est le principe de l'hypertexte, inventé dans les années 1980 mais popularisé depuis l'émergence du web, en 1994.

Au-delà du lien entre documents, l'« informatique sémantique » cherche, depuis les années 1980, à comprendre ce que contient chacun pour établir des liens directs entre informations et faciliter des traitements automatisés. Ainsi, on signalera par des balises que ceci est le titre d'un document, cela son auteur, sa date de création, de révision, cela encore un chapitre, une illustration, etc. Particulièrement efficace sur du texte ou des bases de données structurées, ce dispositif s'étend désormais aux documents sonores (reconnaissance vocale) et visuels (reconnaissance de visages).

Du point de vue de la culture, toutes ces évolutions convergent vers une dissociation croissante entre le document (texte, vidéo, image, musique...), voire l'événement (performance, spectacle...) et son contexte (d'édition, de représentation...). Chaque élément peut se consommer, se réutiliser, se réagencer, dans des situations très différentes de l'idée d'origine des auteurs ou producteurs. Nous commençons à peine à en entrevoir les conséquences, non seulement sur l'économie de la culture, mais sur la création elle-même.

Quatre nœuds de tension : fragilités et limites des TIC

L'histoire de l'informatique et des réseaux n'est pas seulement celle d'une série de succès. Elle est aussi faite de beaucoup d'échecs, d'erreurs, d'insatisfactions et d'hésitations. Le passé récent des TIC est notamment marqué par de fortes tensions et incertitudes dans trois domaines : la sécurité, la productivité et l'efficacité des logiciels, et les interfaces utilisateurs.

Sécurité des technologies et des réseaux, sécurité par les technologies

Les relations entre réseaux, informatique et sécurité sont de deux ordres :

- la sécurité des systèmes informatiques, des réseaux et des infrastructures de communication, qui devient une composante comme les autres de la sécurité publique. Dans le domaine culturel, cela peut concerner la protection des contenus ou la traçabilité de leurs origines (auteurs, interprètes, ayants droit...);
- l'usage des technologies numériques au service de la sécurité publique et privée (surveillance, gestion des risques, police...), qui s'accroît et se sophistique, et provoque également des débats de société.

Historiquement, la sécurité des systèmes informatiques et des réseaux ne faisait pas partie des préoccupations prioritaires des industriels et des opérateurs, d'autant que les États se méfiaient de l'usage privé de technologies telles que le chiffrement, au point de l'interdire,

jusqu'en 1996 en France. Mais la dépendance croissante vis-à-vis de l'informatique – pour le commerce et la production, le fonctionnement de l'administration, etc. – s'accompagne d'une montée des risques : externes, liés aux attaques et autres virus, mais aussi internes, liés à la probabilité croissante de pannes à grande échelle, dues à la complexité et à l'interdépendance croissante des systèmes.

Cette interdépendance produit également le risque d'effets émergents, imprévus, des interactions entre systèmes automatisés : les bourses dans les années 1980-1990, les systèmes financiers dans les années 2000, en fournissent des exemples. Par ailleurs, la demande de sécurité incite à exploiter à des fins sécuritaires des technologies en voie de maturation rapide : surveillance (vidéo, capteurs divers), identification biométrique, traçabilité, recherches dans de vastes bases de données, etc.

Depuis 1978 et la loi Informatique et libertés, le développement des technologies sécuritaires se déroule pendant dans un débat et un mouvement de balancier permanents entre la recherche d'une efficacité maximale et la demande de protection de la vie privée et des libertés.

Faible qualité des logiciels

La qualité et la productivité des logiciels ne progressent pas aussi vite que celles des matériels numériques. Certes, les outils dont on dispose pour produire des textes ou des images, monter des vidéos, naviguer dans des masses d'informations, etc., sont d'une qualité et d'une puissance sans cesse plus grandes. Mais c'est aujourd'hui au prix d'une complexité croissante des logiciels, laquelle est facteur de lenteur (le poids des logiciels absorbe une grande part de la montée en performance des processeurs informatiques), d'instabilité (tout logiciel est amené à « planter », parfois gravement et souvent) et de vulnérabilité. Les logiciels deviennent de plus en plus lourds, coûteux à écrire et à maintenir, difficiles à documenter. Appliquée à des grands systèmes de gestion ou d'échange – comme les systèmes financiers –, cette complexité peut rendre l'ensemble très difficile à piloter.

Ainsi, le monde dépend de manière croissante de logiciels à la fiabilité douteuse, au fonctionnement opaque et difficile à corriger, et dont les interactions produisent des effets que l'on ne sait souvent pas prévoir.

Inconnue des interfaces homme-machine

Du côté des interfaces, on assiste à un double mouvement :

- un enrichissement visuel et sensoriel des interfaces écrans ou assimilées : haute, puis très haute définition, 3D, holographie, interfaces immersives...
- la distribution, plus progressive, de capacités d'interaction intuitives avec d'autres objets que des terminaux informatiques ou mobiles. D'autres sens et capacités sont exploités : l'ouïe, le toucher, le geste, les expressions faciales...

Aucun paradigme universellement accepté n'émerge en fait dans ces domaines : on reste dans le champ de l'empirisme et de l'expérimentation continue. Ainsi, l'interface de pilotage des ordinateurs et même des téléphones mobiles reste-t-elle peu ou prou celle qu'ont inventée dans les années 1970 les chercheurs du Xerox PARC en Californie, popularisée par Apple à partir de 1983, puis par Microsoft avec Windows. Ses défauts apparaissent de plus en plus clairement à mesure que de nouveaux publics accèdent à l'ordinateur, que de nouveaux usages émergent, mais les propositions alternatives n'ont pas encore vraiment pris.

L'informatique commence à avoir une histoire qui rend certaines évolutions difficiles à réaliser. Ainsi, l'amélioration et l'enrichissement des interfaces se heurtent-ils aux habitudes, à l'énormité du parc installé, à la nécessité pour les développeurs de faire évoluer leurs concepts et leurs outils... Les interfaces évolueront, mais le rythme de ces évolutions reste une inconnue.

Ouverture ou centralisation

L'internet est né autour d'un principe d'organisation totalement décentralisé et égalitaire, dans lequel aucun nœud du réseau n'a un statut différent des autres. L'idée s'oppose de manière assez radicale aux concepts traditionnels d'organisation des réseaux de communication.

De plus, la micro-informatique a mis entre les mains de chaque utilisateur des capacités naguère centralisées dans des grands systèmes d'entreprises. Les deux s'appuient, pour leur développement, sur un ensemble de standards partagés qui garantit (en général) que leurs composants matériels et logiciels fonctionnent ensemble (interopérabilité).

Mais le débat sur le degré souhaitable et réalisable d'ouverture des technologies n'a en fait jamais cessé. Les entreprises n'ont cessé de reprendre le contrôle de ce qu'il y a sur les ordinateurs de leurs employés, pour des raisons de sécurité, mais aussi de qualité et de partage de l'information. Les réseaux mobiles fonctionnent sous l'étroit contrôle des opérateurs.

Le modèle décentralisé de l'internet s'est montré extraordinairement robuste. En vingt ans, il est passé de quelques milliers à près d'un milliard d'utilisateurs ; son trafic a doublé chaque année ; il a supporté des applications de plus en plus diverses et exigeantes. Il ne s'est jamais effondré, aucune révision déchirante n'a été nécessaire. En outre, son architecture extrêmement ouverte lui a permis d'être un support d'innovation d'une efficacité sans précédent.

Mais l'internet vit une crise de croissance et a du mal à répondre à cinq obligations : la connexion de milliards de nouveaux objets communicants, la mobilité, la sécurité et la lutte contre les usages illicites, la qualité de service pour répondre à de nouveaux usages exigeants en débit ou en délai et, enfin, la rentabilité des acteurs qui en font leur métier.

Face à ces difficultés, des propositions émergent, qui consistent à refonder le réseau mondial sur des bases nouvelles, beaucoup plus contrôlées par les grands acteurs des réseaux et les gouvernements. Un peu partout, des projets gouvernementaux ou privés s'attaquent au principe de neutralité de l'internet, qu'il s'agisse de surveiller les communications (à des fins policières ou pour combattre le piratage) ou de faire payer de manière différenciée les usages plus ou moins exigeants des réseaux.

Ce débat entre, d'un côté, des technologies très ouvertes et neutres et, de l'autre, des technologies fiables et sûres parce que maîtrisées par quelques professionnels, se poursuivra vraisemblablement pendant toute la période prise en compte.

Nano-bio-info-cogno : les technologies de la « seconde convergence »

Depuis quelques années, de nouvelles sciences et technologies se sont développées pour répondre à des questions techniques, parmi lesquelles l'augmentation des capacités cognitives humaines, l'amélioration des capacités physiques et de la santé humaines, ou la sécurité nationale.

Toute vision un peu prospective de l'avenir de l'internet et du numérique doit prendre en compte les croisements annoncés des TIC avec ces nouvelles disciplines : les nanotechnologies, les nouvelles technologies du vivant et les sciences de la cognition – ce que les Américains rassemblent sous l'appellation (sujette à débat) « convergence NBIC » (nano-bio-info-cogno), en y injectant des milliards de dollars au titre de la recherche-développement.

Un rapport commandé par la National Science Foundation et le Department of Commerce des États-Unis en juin 2002¹, dresse un panorama complet de l'état d'avancement de ces quatre technologies scientifiques parmi les plus prometteuses pour l'avenir de

1. Mihail C. ROCO et William Sims BAINBRIDGE (eds), *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*, rapport de la NSF et du DOC, juin 2002, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003.

Définitions

Nanotechnologies : elles regroupent un ensemble de connaissances et de technologies qui se consacrent à la manipulation de la matière à une échelle inférieure à 100 nanomètres (milliardièmes de mètre), à laquelle il devient possible d'exploiter des propriétés nouvelles de certains matériaux. Elles se focalisent sur les nouveaux matériaux, sur la création de systèmes complexes de très petite taille (tels que des laboratoires de tests biologiques sur une seule puce électronique) et sur la transformation des modes de fabrication traditionnelle « par le haut » (on réduit un matériau existant) au profit d'approches « par le bas » (on assemble des composants de base, atomes ou molécules) qui sont le propre de la chimie... et du vivant.

Biotechnologies : ce terme désigne l'application de la technologie aux organismes vivants ainsi qu'à leurs composants et à leurs produits. Issues d'un mariage entre la biologie et un ensemble de techniques issues de la chimie, la physique, la génétique, l'informatique... , elles permettent désormais d'agir au niveau des cellules ou des molécules individuelles (biologie moléculaire) et de décrypter, puis de manipuler les gènes d'organismes vivants (génie génétique).

On distingue traditionnellement les biotechnologies médicales et pharmaceutiques (diagnostics, médicaments, traitements préventifs...), industrielles (catalyseurs, épuration d'eau...) et les biotechnologies appliquées à l'agriculture et à l'agro-alimentaire, dont font partie les plantes transgéniques.

Sciences cognitives : elles désignent un ensemble de disciplines visant à l'étude et à la compréhension des mécanismes de la pensée, du cerveau et de la connaissance : la perception, l'intelligence, le langage, le calcul, le raisonnement... Elles associent des disciplines aussi diverses que la linguistique, l'anthropologie, la psychologie, les neurosciences, la biologie, la physique... Le courant dominant, et celui dont les applications industrielles apparaissent les plus évidentes, considère le cerveau comme un dispositif logique qui peut être étudié, modélisé et éventuellement influencé ou reproduit à l'aide d'ordinateurs. Les recherches portent sur des domaines tels que la mémoire, l'attention, le langage, l'apprentissage ou encore l'intelligence artificielle.

l'humanité. Il en ressort que les passerelles entre elles, de plus en plus fréquentes, posent des questions qui n'appartiennent plus à la science-fiction : au fur et à mesure qu'elle quitte les ordinateurs pour devenir ambiante, l'informatique entre partout, s'insère dans le tissu urbain, dans notre environnement, dans notre corps même, *via* les puces Rfid ou les futurs nano-systèmes. Partant de là, la « convergence » NBIC tend à s'amplifier continuellement.

« Convergence » NBIC

Les NBIC demeurent des champs distincts, mais leurs rapprochements sont nombreux. Par exemple, les biotechnologies et les neurosciences modélisent l'ADN ou le système nerveux comme des dispositifs de traitement de l'information qui peuvent être simulés, voire contrôlés par des ordinateurs. En sens inverse, l'informatique et la robotique s'intéressent aux processus vivants pour résoudre de nouveaux problèmes, inventer de nouveaux logiciels ou de nouvelles formes d'interfaces avec les humains.

De même, la recherche en nanotechnologies apportera sans doute des avancées fulgurantes dans le domaine de l'informatique, permettant de pallier les limites prévisibles des procédés traditionnels de gravure des composants électroniques, et de démultiplier les possibilités relatives au traitement de l'information (stockage moléculaire, cryptage quantique...).

De la même façon, seuls des ordinateurs plus puissants, adaptés au traitement rapide et pertinent de gigantesques volumes d'informations, peuvent faire progresser de façon significative la compréhension du cerveau humain, et donc les sciences cognitives. Mais ces dernières, associées aux biotechnologies, peuvent aussi s'inspirer du fonctionnement biologique animal ou humain pour concevoir de nouveaux algorithmes ou procédés, qui pourraient également conduire à de nouvelles étapes de l'informatique ou de l'intelligence artificielle.

Au total, les NBIC constituent quatre voies qui progressent chacune de leur côté et conjointement, et qui pourraient apporter de nouvelles solutions, une meilleure compréhension de

la vie, ou une meilleure utilisation des ressources. De nouveaux cycles technologiques s'amorcent, dont les effets pourraient s'avérer bien plus profonds que ceux de l'internet et du téléphone mobile : ces disciplines vont avoir une réelle influence sur le domaine des TIC, par exemple, on ne concevra et n'administrera plus de la même manière les réseaux ; les objets et les usages mobiles changeront de nature ; les outils de coopération, les interfaces entre les humains et les machines, prendront des formes entièrement nouvelles.

La connexité des NBIC entraîne aussi une transformation de l'approche scientifique et l'apparition d'une « Nouvelle Renaissance, dans laquelle ces différentes disciplines seraient unifiées pour assurer une convergence, nécessitant une mutation profonde de la notion même de Science² ». Mais cette idée même fait débat. Pour certains, cette notion de convergence risquerait de masquer les différences importantes entre les différents champs de connaissances pour ne souligner que leurs similarités.

Pour autant « l'amélioration de l'humain » ne relève pas que d'une problématique technique. Potentiellement, et précisément parce qu'il s'agit de modifier ce qui fait l'essence même de l'homme – le fonctionnement de son cerveau et ses aptitudes physiques –, les problèmes éthiques posés par les NBIC sont infinis.

Une réflexion en la matière est déjà conduite par l'Association mondiale de transhumanisme (WTA), organisme fondé en 1998 et dirigé par Nick Bostrom, professeur de philosophie de l'université de Yale. Elle regroupe des scientifiques, des sociologues, des philosophes, qui cherchent à étudier « les possibilités et les dangers de l'utilisation de la science et de la technologie pour surpasser les limites humaines³ ».

■ TENDANCES ET INCERTITUDES

Tendances

- Abondance des ressources de traitement, de stockage et, dans une moindre mesure, de communication appelée à se heurter à des limites physiques vers 2020.
- Omniprésence des réseaux.
- Miniaturisation et mobilité des appareils.
- Numérisation généralisée, convergence numérique et dématérialisation des contenus.
- Dissociation entre le document, voire l'événement, et son contexte.

Incertitudes

■ Des conséquences, non seulement sur l'économie de la culture, mais sur la création elle-même, du fait que chaque élément (texte, vidéo, image, musique...) peut se consommer, se réutiliser, se réagencer, dans des situations très différentes de l'idée d'origine des auteurs ou producteurs.

■ Incertitudes dans trois domaines : la sécurité, la productivité et l'efficacité des logiciels, et les interfaces utilisateurs.

2. M. C. ROCO et W. S. BAINBRIDGE (eds), *Converging Technologies...*, *op. cit.*

3. www.transhumanism.org

■ PROSPECTIVE

À partir d'une hypothèse tendancielle, trois variantes peuvent intervenir, de manière indépendante ou liée, vraisemblablement à partir de 2015. Elles dépendent de trois facteurs essentiels :

- la capacité des sciences et technologies à produire des résultats réellement révolutionnaires (probabilité forte, même si ces résultats sont parfois non intentionnels) ;
- le degré de contrôle des grandes entreprises et des États sur les réseaux et sur le développement des connaissances et des technologies (probabilité assez faible) ;
- le degré de contrôle de la société sur les développements technologiques, particulièrement en matière d'environnement et de vie privée (probabilité faible).

HYPOTHÈSE 1 (TENDANCIELLE) – *Règne des NBIC*

Le mouvement, qui combine gains de performances et omniprésence des réseaux et des TIC, se poursuit sans ralentir. Comme aujourd'hui, il s'appuie pour l'essentiel sur des standards ouverts qui, tout en rendant le paysage technologique assez complexe et mouvant, contribuent à réduire les coûts et à favoriser l'innovation.

Les réseaux connectent tout ce qui fonctionne à l'électricité et véhiculent indifféremment toutes sortes de contenus. Les puces s'insèrent dans les espaces – espaces publics, mobiliers urbains, domiciles, bureaux... –, les objets – des véhicules aux objets du quotidien – et les corps – puces d'identification d'animaux, bracelets électroniques pour les délinquants ou les malades d'Alzheimer...

Malgré quelques protestations ponctuelles, le public arbitre clairement en faveur des bénéfices perçus de ces technologies, au prix de certaines concessions sur leur vie privée. Il adopte avec enthousiasme les nouveaux produits et services qui arrivent sur le marché à partir de 2015, qu'ils soient utilitaires – domotique, santé, services à domicile... –, ludiques, esthétiques, etc. Les acteurs industriels liés à l'informatique « ambiante » connaissent une forte croissance ; les secteurs touchés par leurs applications doivent réinventer leurs métiers et les enrichir en services.

La relation aux technologies change. Des interfaces nouvelles, faisant appel au corps, aux sens, aux gestes, voire à la connexion directe avec les ondes cérébrales, rendent le lien avec les machines plus intuitif, voire charnel. Sous des formes très diverses, les robots prennent peu à peu une place dans notre quotidien. On s'habitue à leur déléguer des tâches ménagères, à jouer avec eux, à leur confier la surveillance de la maison. Certains deviennent, pour les enfants ou les personnes âgées en particulier, de véritables interlocuteurs, presque des animaux domestiques.

De nouveaux risques informatiques émergent, ainsi que de nouveaux usages sécuritaires des technologies, sans aboutir à un point d'équilibre stable. Des attaques informatiques coordonnées contre une entreprise ou un territoire font régulièrement partie de l'actualité. L'abondance des traces, des dispositifs de surveillance et des modes de collecte d'informations ont rendu inopérantes les protections traditionnelles de la vie privée, mais d'autres dispositifs savent tromper les systèmes de surveillance, effacer les données ou les recouvrir d'informations inexploitable, etc. Des groupes militants s'opposent, parfois violemment, à la « surveillance généralisée ».

Mais la transformation majeure qui se fait jour pendant cette période est liée au rapprochement entre les TIC et les NBIC. Ces dernières technologies progressent et se diffusent d'une manière rapide, produisant dès 2010 des transformations profondes dans plusieurs domaines, en particulier l'environnement, l'énergie, l'électronique puis, vers 2020, l'agriculture, la défense et la santé. Elles contribuent à stimuler la croissance économique. En dehors des ques-

tions de santé publique, les opinions s'inquiètent peu des éventuelles conséquences sociales du développement de ces technologies.

Le coût d'accès à ces technologies produit au départ un mouvement de reconcentration technologique et économique. Mais en résistance aux tentatives d'appropriation du vivant ainsi que des connaissances issues des nanotechnologies et des sciences cognitives, les États et l'Union européenne finissent, entre 2015 et 2020, par privilégier un modèle ouvert de développement des connaissances et des technologies. D'énormes bases de données de gènes, d'observations scientifiques, de modèles, etc., sont ouvertes aux scientifiques et aux entrepreneurs du monde entier.

Ce mouvement se conjugue avec l'aspiration, issue de l'internet, à une plus grande intervention des usagers dans l'innovation, voire dans la production. L'augmentation des capacités humaines fait partie des grands domaines d'innovation, de même que la décentralisation de la production vers des unités plus petites et plus locales.

Une vague de *start-up* émerge dans tous ces domaines, en même temps qu'un mouvement mondial de « bricolage technologique » prend le relais des *hackers* de l'époque numérique. Le mouvement du « libre » et les inquiétudes des industriels vis-à-vis du piratage s'étendent aux objets physiques. La croissance est tirée par un mouvement d'innovation intensive, produisant des grandes réussites, des « bulles » à répétition et des bouleversements continus dans les secteurs d'activité plus installés.

HYPOTHÈSE 2 – *Avant-garde et résistance*

Faute de compréhension des besoins de leurs utilisateurs, faute de standards aussi, les TIC perdent le contact avec leurs utilisateurs. Le problème devient manifeste vers 2015. L'échec cuisant des versions successives de Windows, de 2007 à 2015, montre que l'informatique ne parvient pas à trouver le successeur de l'interface « clavier-souris-fenêtres » en vigueur depuis la fin des années 1980. Chaque nouvelle tentative d'imposer une autre forme de dialogue homme-machine se heurte à des problèmes d'ergonomie et de compatibilité avec l'énorme base de machines, de logiciels et de contenus existants.

En matière d'informatique « ambiante », les développements techniques des acteurs industriels n'aboutissent pas à des normes communes, ce qui ralentit la baisse des coûts tout en freinant l'innovation dans les services. Plusieurs échecs graves d'applications de sécurité ou de santé publique sapent la confiance en ces dispositifs technologiques. Le marché industriel continue à se développer, mais à un rythme modéré. Au-delà des effets de mode, le grand public se détourne vite de ces applications. Ce domaine continue d'exister, mais se cantonne à des applications industrielles, sectorielles ou publiques, sans connaître un développement important.

À leur tour, dans les années 2020, les NBIC, sont à l'origine de nombreux produits et services innovants, parfois très utiles, mais ne produisent pas la révolution espérée, ni dans la médecine, ni dans l'industrie, ni dans l'agriculture ou l'énergie. Cette série de déceptions pénalise la croissance mondiale. Après avoir été un peu laissés de côté au bénéfice de celles-ci, les secteurs liés au numérique redeviennent en vogue. La croissance ne peut plus reposer sur les seules « nouvelles technologies », mais sur les services et la créativité, dans un contexte de concurrence mondiale très active.

Enfin, il apparaît clairement à tous que les réponses aux questions environnementales, sanitaires, sociales ou culturelles, ne proviendront pas de la science, mais des choix politiques. En bref, les technologies elles-mêmes, qu'elles soient issues des TIC et même des NBIC continuent de jouer un rôle important, mais elles cessent d'être les moteurs de la croissance, de l'innovation et du changement social.

Cette variante conduit à une interruption de l'hypothèse 1 (scénario tendanciel), les dynamiques d'innovation décentralisée se déplaçant hors du champ des technologies. Du point

de vue des technologies, elle se poursuit à partir de 2020, soit par l'hypothèse 2bis (reprise en main par les grands acteurs industriels et, à des fins sécuritaires, par les États), soit par l'hypothèse 3 (focalisation délibérée sur les technologies apportant des bénéfices sociaux et environnementaux prévisibles et tangibles).

HYPOTHÈSE 2BIS – *Déception surmontée (l'oligopole des NBIC)*

L'évolution rapide des technologies et des services, trop difficile à suivre par les petits entrepreneurs ou les acteurs publics, conduit dès 2012-2015 à une reprise en main par un petit nombre de grands acteurs industriels et de services, soutenus par les États. Ces opérateurs intègrent de plus en plus leurs activités, horizontalement (tous les publics, tous les besoins) et verticalement (des technologies aux infrastructures, puis aux contenus et services). Ils contrôlent les usages faits de leurs technologies, bannissant certaines pratiques considérées comme illégales (le téléchargement pair à pair par exemple) ou encore certains logiciels innovants qui concurrenceraient les leurs. Dès 2015, la neutralité de l'internet appartient au passé.

La persistance du sentiment d'insécurité ouvre la voie à la surveillance généralisée et appuyée sur des dispositifs techniques. La sécurité s'impose comme la priorité dans le développement et le déploiement des technologies de l'information – y compris au détriment d'une part de rêve et d'innovation. On attend des entreprises, des territoires et des institutions qu'ils préviennent les événements désagréables (accidents, délinquance, catastrophes...), plutôt qu'ils ne les réparent.

Les développements des NBIC sont de fait réservés aux grandes entreprises capables d'investir les sommes considérables nécessaires à la recherche, puis à l'industrialisation de produits. Ceux-ci protègent de manière vigoureuse leur propriété intellectuelle. Les financements militaires sont également au cœur de ces recherches.

Les petits innovateurs sont cantonnés à travailler sur les contenus et les services, et à s'adapter aux écosystèmes proposés par quelques grands opérateurs commerciaux, qu'il s'agisse des grands médiateurs du monde numérique (opérateurs, réseaux sociaux et moteurs de recherche), de quelques industriels de référence du logiciel, de la robotique, du multimédia, de l'informatique et du mobile.

Du point de vue de la culture, cette variante marque une nouvelle étape de l'industrialisation de la culture et, surtout, de la prise de pouvoir des acteurs de l'aval du secteur, ceux de l'accès et de la diffusion.

HYPOTHÈSE 3 – *Appropriation créative*

Un certain nombre d'initiatives maladroites des entreprises (contrôle des usages, *marketing* intrusif) et des acteurs publics (surveillance excessive) finissent, après plusieurs alertes, par susciter une réaction vive de la société.

À partir de 2015-2020, après avoir beaucoup repoussé les limites de la vie privée, les entreprises et les acteurs publics sont contraints de changer de pratiques. La montée des mouvements d'opposition ralentit fortement la croissance des usages publics ou domestiques des technologies. Les acteurs publics ralentissent, voire annulent certains projets de déploiement de cartes sécurisées, de réseaux de capteurs ou de surveillance. Ils soumettent également les industriels et les opérateurs à des règles strictes en matière de vie privée, de sécurité, de santé publique. Ceci entraîne notamment une croissance beaucoup plus faible du marché, et un certain désinvestissement qui ralentit tant la recherche que la baisse des coûts.

En contrepartie, les échanges entre les réseaux sont plus difficiles et coûteux ; les infrastructures, les capteurs installés dans les lieux, les informations recueillies en ligne, ne peuvent pas être valorisés dans d'autres contextes, ce qui réduit leur densité et leur rentabilité

potentielles. Ainsi, les espaces urbains denses restent très bien équipés, mais l'écart avec les zones rurales s'accroît.

Les individus développent des stratégies personnelles complexes de gestion de leur présence en réseau. Ils peuvent ainsi apparaître présents ou joignables à certaines personnes et pas à d'autres, afficher, masquer ou travestir leur localisation, régler finement l'accès au contenu de leurs blogs et autres espaces en ligne...

Certains territoires ruraux, voire certains bâtiments urbains, font même de l'absence de réseaux un argument de différenciation : espaces de calme, de concentration, de contemplation, non pas totalement déconnectés, mais débarrassés des facteurs de sollicitation permanente des réseaux ubiquitaires.

Les progrès rapides des NBIC se heurtent également à une vive réaction de la société. Des manifestations, voire parfois des opérations violentes (arrachage de caméras de surveillance et de puces Rfid, saccage de laboratoires de recherche, élimination de produits comprenant des nanomatériaux...) marquent l'opinion. Des moratoires sont imposés dans certains pays, tandis que de nombreux produits issus des technologies NBIC font l'objet d'un étiquetage obligatoire, voire d'une autorisation préalable.

Après une période de crise, les industries prennent alors le virage du bio, du « doux » et du durable. La montée des problèmes environnementaux et énergétiques ainsi que l'insatisfaction provoquée par le développement des technologies entraînent de manière progressive une réorientation des régulations et des soutiens publics vers des objectifs durables. La mise sur le marché de technologies nouvelles devient soumise à des batteries de tests et se fait sous l'œil vigilant d'associations diverses.

Le public devient également moins sensible à l'effet de nouveauté, pour se focaliser sur la qualité, la durabilité, la sécurité et l'impact environnemental des produits et services qu'il consomme. Plutôt qu'un facteur de différenciation, on demande aux TIC d'être un facteur d'unification : les produits, les logiciels et les informations doivent fonctionner ensemble par-delà les différences de marques et de techniques ; les interfaces doivent être simples d'usage, et l'ensemble doit être accessible à tous, même aux plus bas revenus ; les médias numériques doivent aider à produire des représentations collectives et partagées. Les villes se peuplent de très grands écrans pour proposer des expériences partagées à leurs citoyens. Une technologie qui n'a pas vocation à toucher 100 % de la population devient considérée comme peu désirable.

L'intervention des technologies sur et dans le corps, l'augmentation des capacités humaines, l'intrusion dans la vie privée sont désormais considérées comme des perspectives à rejeter. L'innovation est assez fortement ralentie. Elle devient moins décentralisée, plus prévisible. L'analyse d'impact accompagne systématiquement toute recherche, tout soutien public, toute innovation significative. Elle est enfin, et surtout, clairement orientée vers la réponse à des besoins collectifs clairement identifiés. Les entreprises installées sont plus à même que de nouvelles entreprises de fonctionner dans ce contexte. Le secteur public devient également un acteur, y compris productif, important.

BIBLIOGRAPHIE

- Alain BRAVO, *la Société et l'économie à l'aune de la révolution numérique. Enjeux et perspectives des prochaines décennies (2015-2025)*, Paris, La Documentation française, 2009.
- Dominique CARDON, *Web 2.0, Réseaux*, mars-avril 2009, vol. 27, n° 154.
- Jean-Michel CORNU, *ProspectTIC. Nouvelles technologies, nouvelles pensées ? La convergence des NBIC*, Paris, FYP éd., 2008.
<http://prospecttic.fing.org>
- , « Pourquoi devrions-nous nous intéresser au NBIC ? », article du 13 avril 2007
<http://www.internetactu.net/2007/04/13/pourquoi-devrions-nous-nous-interesser-aux-nbic/>
- David FAYON, *Web 2.0 et au-delà. Nouveaux internautes : du surfeur à l'acteur*, Paris, Economica, 2008.
- Laurent GILLE (sous la dir. de), *les Dilemmes de l'économie numérique. La transformation des économies sous l'influence de l'innovation*, Paris, FYP éd., 2009.
- Xavier GREFFE, Nathalie SONNAC, *Culture Web. Création, contenus, économie numérique*, Paris, Dalloz-Sirey, 2008.
- Daniel KAPLAN, Renaud FRANCOU, Charles NEPOTE, *Informatique, libertés, identités*, Paris, FYP éd., 2010.
- Stéphanie LACOUR (sous la dir. de), *la Régulation des nanotechnologies. Clair-obscur normatif*, Bruxelles, Larcier, 2010.
- Yannick LEJEUNE, *Tic 2025 les grandes mutations. Comment internet et les technologies de l'information et de la communication vont dessiner les prochaines années*, Paris, FYP éd., 2010.
- Christian LICOPPE, *l'Évolution des cultures numériques. De la mutation du lien social à l'organisation du travail*, Paris, FYP éd., 2009.
<http://www.scribd.com/doc/23661263/L-evolution-des-cultures-numeriques-De-la-mutation-du-lien-social-a-l-organisation-du-travail>
- Mathias MATHIAS, *Des libertés numériques. Notre liberté est-elle menacée par l'internet ?*, Paris, PUF, 2008.
- Mihail C. ROCO et William Sims BAINBRIDGE (eds), *Converging Technologies for Improving Human Performance. Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science*, rapport de la NSF et du DOC, juin 2002, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 2003., 482 p.

