



Octobre 2003

www.point-org-securite.com

Les nouvelles technologies Enjeux de pouvoir et de sécurité nationale

Docteur Patrick Barriot, colonel (CR)

Ancien médecin chef des Unités d'Intervention de la Sécurité Civile
Responsable du Département Risques Biologiques - Point Org Sécurité

Les nouvelles technologies (nanotechnologies, biotechnologies et robotique), s'appuyant sur les progrès de l'informatique et opérant à l'échelle du nanomètre, permettent de réorganiser la matière, molécule par molécule, atome par atome. Cette manipulation de la matière concerne aussi bien la matière vivante que la matière inerte et les opposants à ces nouvelles technologies font désormais le parallèle entre OGM (organismes génétiquement modifiés) et OAM (organismes atomiquement modifiés).

De la micro-informatique à la nano-informatique

Conformément à la loi de Moore, la performance des circuits intégrés (mesurée par le nombre de transistors par circuit) double à peu de choses près chaque année depuis 1990. La technologie de gravure des puces en silicium (photolithogravure), qui vient de franchir la barre des 100 nanomètres, permet d'intégrer aujourd'hui 400 millions de transistors sur un circuit et en intégrera 1 milliard vers 2007. Cette approche top-down (du haut vers le bas) de la miniaturisation des circuits par photolithogravure atteindra son stade ultime de développement vers 2017 (tableau 1). L'approche bottom-up (du bas vers le haut), radicalement différente, repose sur la mise au point de transistors constitués d'une seule molécule et pouvant être reliés par des nanotubes de carbone. Pour un coût de fabrication réduit, on observe une augmentation des performances (puissance de calcul, vitesse de traitement de l'information, autonomie..) ainsi qu'une diminution de la consommation électrique et de l'échauffement des puces.

La puissance de calcul de crête des supercalculateurs, qu'il s'agisse des supercalculateurs vectoriels de Cray ou des ordinateurs superscalaires d'IBM, devrait atteindre le pétaflops (million de milliards d'opérations par seconde) d'ici à 2010. Elle aura été multipliée par un million en 20 ans (tableau 2).

L'ultracalculateur vectoriel japonais « Earth Simulator » dispose de 5 120 processeurs regroupés au sein de 640 machines. Sa puissance de calcul de crête atteint 40 téraflops (40 000 milliards d'opérations à la seconde) et sa mémoire 10 téraoctets (10 000 milliards d'octets). Evoquant les applications militaires de ces machines par le gouvernement américain, James Rottsolk, PDG de Cray, a déclaré : « *Le gouvernement voulait un tel système pour assurer des missions critiques* ». Le supercalculateur Téra du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA) français possède une puissance de 5 téraflops (5 000 milliards d'opérations à la seconde). Cette puissance sera portée à 50 téraflops en 2005 et à 100 téraflops en 2010. Elle permet, entre autres, la mise au point de lasers à vocation militaire et la simulation d'explosions nucléaires. En France, la Direction des Applications Militaires du CEA (CEA-DAM) a lancé un programme de simulations d'explosions nucléaires associant 3 outils qui devraient être opérationnels en 2010 : le supercalculateur Téra, l'appareil de radiographie Airix et un laser mégajoule (1,8 mégajoule).

Parallèlement, le stockage de l'information se fait dans des espaces de plus en plus réduits. Le « millipède », développé par les laboratoires IBM à Zurich, est capable de stocker dix milliards de bits sur une surface de neuf millimètres carrés. Richard Feynman, Prix Nobel de physique en 1965, envisageait la possibilité de faire tenir le contenu des 24 volumes de l'Encyclopedia Britannica sur la tête d'une épingle. Cette capacité de stockage donne corps aux vastes projets de surveillance électronique utilisant l'interconnexion de fichiers informatisés. Le programme américain TIA (Total Information Awareness), dirigé par le vice-amiral John Poindexter au sein de la Darpa (Defense Advanced Research Project Agency), a entrepris le fichage de centaines de millions de personnes afin de repérer des comportements révélant un projet terroriste. John Poindexter a déclaré : « *Le gouvernement doit faire tomber les barrières séparant les banques de données de l'Etat des banques de données commerciales* ». De gigantesques bases de données sont ainsi constituées et interconnectées pour détecter, entre autres, les passagers aériens suspects. Dans ce but, les douanes américaines réclament avec insistance l'accès aux fichiers de réservation des compagnies aériennes européennes. La société ChoicePoint, spécialisée dans la création de fichiers, a collecté pour le compte du gouvernement américain des données personnelles concernant 100 millions de Latino-Américains. Dès 2004, les voyageurs désirant se rendre aux Etats-Unis devront posséder un passeport sécurisé doté d'une puce stockant un ou plusieurs identifiants biométriques (empreintes digitales, scanner de la rétine, hologramme du visage..) ou génétiques (ADN non codant). De tels documents seront développés dans le cadre de la lutte contre la criminalité identitaire. Il est désormais possible de constituer des fichiers génétiques à l'échelle d'un pays. L'Estonie vient de lancer un programme (scientifique) visant à génotyper 1 million de personnes. De même que les puces incorporées à divers matériels

(véhicules, ordinateurs...) permettent leur localisation par système GPS, l'implantation de puces à des êtres humains aboutira à une hypertraçabilité de certains individus. Kevin Warwick a décidé d'implanter une puce de ce type à sa fille Danielle en prétextant : « *La greffe de cette micropuce nous permettra de situer instantanément notre fille si elle se fait kidnapper* ».

L'informatique diffuse repose sur la dissémination de capteurs capables de recueillir un grand nombre d'informations et de communiquer entre eux par un dispositif sans fil. Les noeuds de ce réseau « intelligent » peuvent échanger des informations au moyen d'ondes radio. La firme Traptec développe plusieurs systèmes de capteurs (« poussières de surveillance ») reliés à un centre de contrôle. Le système « Shotfired » est capable de reconnaître le bruit d'un coup de feu, de déterminer quelle arme a été utilisée en se basant sur la signature sonore de la détonation, de transmettre l'information à un téléphone de police et de localiser le bruit suspect par satellite GPS. Les communications sur réseau numérique sans fil permettent également le contrôle des champs de bataille. La transmission d'images en temps réel entre un drone Predator, un AC 130 (canonnière volante) et les unités au sol confère un avantage tactique indéniable. De même que la transmission d'informations entre les différents éléments d'une unité blindée grâce au système « Force 21 Battle Command Brigade and Below » (FBCB2). Les systèmes de perception de présence (Presence awareness) permettent d'épier et de localiser toute personne portant un appareil relié à un réseau.

Les systèmes informatiques sont cependant vulnérables, en particulier aux infections par virus et aux bugs. La prolifération de virus, tels que le virus Lovsan qui utilise un défaut des dernières versions du logiciel Windows de Microsoft, est capable de saturer les réseaux et de paralyser les systèmes (le Pentagone vient de se doter de serveurs IBM fonctionnant sous Linux). Le taux d'infection de ces virus augmente régulièrement : 1 courrier électronique sur 22 pour LoveBug (mai 2002), 1 courrier électronique sur 17 pour Sobig F (août 2003). Les récentes pannes d'électricité à l'échelle d'un pays soulignent la fragilité des systèmes interconnectés et interdépendants (« effet domino »), une cascade de ruptures des lignes provoquant l'effondrement d'un réseau tel un château de cartes. Afin de sécuriser les logiciels industriels et d'éviter un bug, le laboratoire de sûreté des logiciels du CEA vient de mettre au point un logiciel chargé de contrôler les logiciels pilotant les applications d'un système. Ce logiciel, dénommé « Caveat », vérifie les logiciels critiques de taille inférieure à 100 000 lignes de code et fonctionnant dans un cadre déterministe (dispositifs de sécurité des centrales nucléaires, commandes de vol d'un avion...).

Les nanotechnologies

Le 29 décembre 1959, dans un discours visionnaire devant l'American Physical Society, le physicien et Prix Nobel américain Richard Feynman évoqua la possibilité de réorganiser la matière atome par atome: « *Les principes de la physique, pour autant que nous puissions en juger, ne s'opposent pas à la possibilité de manipuler des choses atome par atome* ». Il termina son discours intitulé « *There is plenty of room at the bottom* » en lançant: « *Have some fun !* ». Grâce au microscope à balayage à effet tunnel (mis au point par Gerd Binnig et Heinrich Rohrer en 1982) et au microscope à force atomique, il est désormais possible de manipuler les composants élémentaires de la matière à la façon d'un jeu de Lego moléculaire ou de Mécano atomique. En 1990, Donald Eigler et Erhard Schweizer parvinrent à écrire le sigle IBM avec des atomes de Xénon déplacés un à un avec la pointe d'un microscope à effet tunnel et arrangés sur une surface de nickel. La découverte des billes de fullerènes par Richard Smalley en 1985 puis celle des nanotubes de carbone en 1991 offrit des matériaux nanométriques dotés de qualités mécaniques et électriques exceptionnelles. Récemment, une équipe française du CEA-CNRS a mis au point un outil permettant d'observer en temps réel la construction de nano-objets. En effet, l'évolution de la déviation d'un faisceau de rayons X dessine l'agencement des atomes et la structure moléculaire dans l'espace. Ces chercheurs ont ainsi pu observer la croissance d'îlots de palladium épais de 1,5 nanomètre sur une surface d'oxyde de magnésium. Les nanomachines mues par des nanomoteurs, imaginées par Eric Drexler dans son ouvrage « *Engines of Creation* » (1986), ne sont déjà plus du domaine de la science fiction. L'approche « *bottom-up* » s'attache à la fabrication de systèmes micro-électromécaniques (MEMS) un million de fois moins volumineux que ceux réalisés au moyen des méthodes d'usinage traditionnelles. Alors que la puissance de calcul des ordinateurs est multipliée par 1 million, la taille des machines est divisée par 1 million. En dessous de 100 nanomètres, les lois fondamentales de la physique classique ne sont plus applicables et les effets quantiques, exploités par les nanotechnologies, deviennent prédominants. Le plus petit moteur du monde vient d'être construit à l'université de Berkeley (Californie). Le rotor électrique, mû par un microcourant, est composé d'un axe constitué de nanotubes de carbone (de diamètre inférieur à 40 nanomètres soit 2 000 fois plus mince qu'un cheveu) et d'une lame de rotor rectangulaire en or de 300 nanomètres de long. Les applications des nanotechnologies concernent tous les domaines de l'industrie, et bien entendu ceux qui ont trait à la défense et à la sécurité. Citons, entre autres, la mise au point de robots de surveillance minuscules, de systèmes à nanocristal permettant de sécuriser la transmission des données sur les réseaux de fibres optiques, de nanostructures servant à la détection de substances toxiques dans l'environnement ou de nanostructures permettant l'identification et la localisation d'agents pathogènes dans le corps

humain, de neuropuces pour les systèmes biologiques contrôlés..... Les nanotechnologies pourraient également déboucher sur la mise au point de nouveaux ordinateurs, en particulier un ordinateur à ADN. Dans ce dernier, l'information n'est plus transportée par des électrons ni traitée par des transistors, mais par des molécules d'ADN qui mémorisent des quantités énormes de données en séquences de quatre bases (A -T - G - C). Des problèmes complexes, tels que le problème des chemins hamiltoniens ou problème du commis voyageur, ont pu être résolu avec ce type d'ordinateur. Sont également envisagés des ordinateurs hybrides composés d'ADN, de nanofils et de nanotubes.

L'impact des nanoparticules sur la santé, en particulier le risque lié à l'inhalation de déchets des unités de fabrication, fait l'objet de bien peu d'attention pour l'instant. Plusieurs scientifiques ont également souligné le risque d'écophagie globale ou destruction de la biosphère par épuisement du carbone nécessaire à l'autoreproduction des nano-engins. La biosphère serait alors transformée en « gelée grise » ou « Grey Goo ». Jean-Pierre Dupuy, professeur à l'école polytechnique et membre du Conseil général des mines, souligne de son côté les applications offensives des nanotechnologies : *« Contrairement aux armes NBC, les armes basées sur les nanotechnologies seront très facilement accessibles à de petites puissances ou des groupes terroristes puisque les techniques seront répandues partout, présentes dans tous les secteurs de la vie économique et sociale ».*

Pour Richard Smalley, Prix Nobel de chimie, le développement des nanotechnologies relève de « l'intérêt supérieur de la nation » américaine. En janvier 2001, le président Bill Clinton lança la « National Nanotechnology Initiative » et le Congrès approuva un budget initial de 450 millions de dollars (porté à 700 millions de dollars en 2003). La Darpa américaine (« Defense Advanced Research Project Agency ») investit des centaines de millions de dollars dans la recherche sur les nanotechnologies appliquée aux systèmes d'armement. L'évaluation du marché annuel ouvert par les nanotechnologies s'élèverait à 1 000 milliards de dollars (tableau 3). Les dépenses publiques de l'Union Européenne pour la période 2002-2006 représentent 1,3 milliard d'euros. Une estimation des dépenses publiques et privées pour l'ensemble du monde en 2002 donne un chiffre de 3 milliards d'euros investis par les pouvoirs publics et environ 3 milliards d'euros investis par le secteur privé. La prise de conscience occidentale de l'importance des nanotechnologies en termes de pouvoir économique et de puissance militaire peut être située assez précisément à l'année 2001. Il semble que du côté de l'Asie, la prise de conscience ait été plus précoce. En France deux sites développent tout particulièrement les nanotechnologies : le pôle d'innovation en micro- et nanotechnologies (Minatec) de Grenoble lancé en janvier 2002 sous l'impulsion du CEA et du LETI

(Laboratoire d'Electronique et de Technologies de l'Information), et le Centre d'élaboration des matériaux et d'études structurales (Cémés-CNRS) de Toulouse dirigé par Christian Joachim.

Robotique et intelligence artificielle

L'avènement des machines intelligentes, prédit par le mathématicien Alan Turing en 1950, est proche. Des machines bien plus intelligentes que le super-ordinateur d'IBM Deep Blue qui battit Gary Kasparov en 1997 ou que le logiciel allemand Deep Fritz qui fit match nul contre Vladimir Kramnik en 2002. Le logiciel Deep Fritz de la société ChessBase comporte 8 processeurs tournant en parallèle (2,4 GHz et 246 mégabits de mémoire). Il est capable de calculer plus de 3 millions de combinaisons par seconde contre une seule pour l'esprit humain. A l'issue du match, Vladimir Kramnik a déclaré « *affronter des machines qui jouent de plus en plus comme des hommes* ». A partir de 2005-2007, l'homme n'aura plus le moindre espoir de gagner contre la machine. Dans son ouvrage « The Age of Intelligent Machine », Ray Kurzweil, honoré de la National Medal of Technology par le Président des Etats-Unis, évoque le temps où les ordinateurs surpasseront l'intelligence humaine.

Grâce aux progrès de l'informatique et aux algorithmes darwiniens, l'évolution des robots sera dix millions de fois plus rapide que celle de l'espèce humaine. La connaissance de l'ordinateur progresse en effet de façon exponentielle, doublant ses capacités tous les ans conformément à la loi de Moore. En 2040, selon Hans Moravec, les robots effectueront 100 millions de MIPS (million d'instruction par seconde) soit 100 000 milliards d'instructions par seconde et surpasseront l'intelligence humaine (tableau 4). Ils auront la possibilité de se reproduire, d'évoluer, de prendre des décisions et d'échapper à tout contrôle. Bill Joy, directeur scientifique de Sun Microsystems, inventeur du langage de programmation Java et ancien directeur de la « Commission américaine sur l'avenir de la recherche dans les technologies de l'information » souligne le risque lié à l'autoreproduction et à l'autocomplexification des machines : « *Une bombe n'explose qu'une fois, un robot en revanche peut proliférer et rapidement échapper à tout contrôle* ».

Les robots actuels, même s'ils ne sont pas encore intelligents, possèdent d'extraordinaires capacités « sensorielles » et de traitement de l'information. Ils possèdent des capteurs visuels, auditifs, olfactifs, tactiles. Les chercheurs en robotique s'inspirent de la nature et reproduisent le bio-radar de la chauve-souris, l'œil de la mouche ou le poil du criquet. Les fonctions de ces robots se multiplient : robots de surveillance, robots explorateurs, robots espions, robots secouristes, robots chirurgiens, robots de compagnie, robots reporters..... Bientôt les micro-drones de surveillance, véritables petits robots, seront dotés

d'ailes battantes et capables de vol stationnaire, de décollage et d'atterrissage vertical. Ils seront équipés de tous les moyens d'interception de communication et de capture d'images, de jour comme de nuit.

Biotechnologies

Grâce à la découverte de systèmes enzymatiques tels que les enzymes de restriction, véritables scalpels moléculaires, les biologistes peuvent manipuler la molécule d'ADN, support de l'information génétique. L'universalité du code génétique permet en outre de franchir les barrières des espèces et des règnes au cours des opérations de transgénèse (insertion d'un gène dans un patrimoine génétique étranger). Des plantes et des micro-organismes génétiquement modifiés sont mis au point pour produire des médicaments, des vaccins, de nouveaux matériaux, de nouvelles sources d'énergie. D'autres sont mis au point pour détruire les infrastructures, les récoltes, les élevages et bien entendu les êtres humains.

Les organismes génétiquement modifiés anti-matériaux (GAMAs) ou « Bactéries mangeuses de routes ou de bunkers » sont des micro-organismes capables de s'attaquer au ciment, à l'acier ou au kevlar. Ils peuvent également dégrader le trinitrotoluène (TNT), le polyuréthane de certaines peintures, les hydrocarbures, et la cellulose. Le risque de destruction intentionnelle des récoltes par des micro-organismes génétiquement modifiés a été souligné en 2003 dans un rapport de l'OMS intitulé « Terrorist Threats to Food ». De nombreux agents peuvent être utilisés en particulier contre les cultures de céréales (charbon du blé, rouilles jaune et noire du blé..). Nous avons souligné il y a quelques temps la vulnérabilité de la filière viti-vinicole. Ces programmes de destruction s'intègrent dans le cadre de conflits armés, d'attentats terroristes mais également de guerre économique. Dans le cadre de la lutte anti-drogue, les Etats-Unis ont mis au point des champignons génétiquement modifiés, véritables armes biologiques, capables de détruire les champs de cocas en Amérique latine et les champs de pavots en Asie centrale. Ces champignons seraient susceptibles de contaminer d'autres récoltes. En ce qui concerne les élevages et les cheptels, le risque est tout aussi élevé comme en témoignent les épidémies récentes de fièvre aphteuse et de peste aviaire. Il sera bien difficile de préciser si une épidémie est d'origine naturelle ou criminelle. Une expérience récente menée par deux chercheurs australiens, Ronald Jackson et Ian Ramshaw, mérite d'être rapportée. En insérant le gène de l'interleukine 4 dans le virus de la variole murine (mousepox), ces chercheurs ont créé accidentellement un virus résistant aux vaccins et capable d'anéantir différentes espèces de rongeurs en inhibant leur système de défense immunitaire.

Ce type de manipulation génétique n'épargne bien évidemment pas les êtres humains qui peuvent être contaminés de bien des façons (tableau 5). Le génie génétique permet d'augmenter la virulence d'un agent pathogène connu, de conférer à ce dernier une résistance aux traitements (vaccins ou antibiotiques) ou de lui permettre de déjouer les défenses immunitaires. Constatant les résultats inquiétants de ses expériences sur le virus de la variole murine, Ronald Jackson déclara : « *On peut à coup sûr imaginer que si un fou mettait de l'interleukine 4 humaine dans le virus de la variole humaine, virus proche de la variole de la souris, ils en accroîtraient la mortalité de façon très importante* ». Récemment, l'équipe d'Eckard Wimmer a réussi à synthétiser in vitro le virus de la poliomyélite grâce à la séquence de son génome, véritable plan de montage du virus librement disponible sur Internet. Eckard Wimmer a déclaré : « *Nos résultats montrent qu'il est donc possible de synthétiser un agent infectieux in vitro, en suivant seulement les informations données par sa séquence écrite* ». Les virus utilisés en thérapie génique pourraient également constituer de redoutables agents de guerre biologique. Les expériences de thérapie génique reposent sur l'utilisation de virus permettant d'introduire un gène étranger dans l'organisme humain. Ces vecteurs de gènes sont actuellement testés dans le traitement d'affections cérébrales. Une « bombe virale intelligente » serait capable de détruire sélectivement certaines cellules cérébrales tumorales et un virus portant le gène codant pour la synthèse de la dopamine est testé pour traiter la maladie de Parkinson. Le cerveau risque fort d'être une cible privilégiée pour des attaques virales. Il est également possible de faire sécréter de redoutables toxines à des bactéries qui vivent normalement dans le tube digestif de l'être humain. Des chercheurs sont parvenus à insérer dans le patrimoine génétique de bactéries coliformes inoffensives (*E. coli*) les gènes codant pour le facteur létal de *Bacillus anthracis*, la toxine de *Vibrio cholerae* et la toxine de *Clostridium botulinum*. L'étude des gènes de prédisposition à certaines maladies et l'étude des variabilités génétiques ethniques pourraient aboutir à la mise au point d'armes biologiques visant à éliminer telle ou telle ethnie. La méthode d'hybridation moléculaire, élaborée par Edwin Southern en 1975, permet la réalisation de biopuces utilisées pour la détection rapide de la présence de fragments de génomes bactériens ou viraux dans un échantillon.

Hybrides et Interfaces

L'objectif d'une nouvelle discipline, la bionique, est de réaliser une jonction entre la matière vivante et les circuits électroniques, en particulier au niveau cérébral. La création d'hybrides et d'interfaces entre neurones et silicium est possible en laboratoire. Peter Fromherz, de l'Institut Max Planck de Munich, a créé un système neuro-électronique associant des neurones vivants et des transistors. Une équipe américano-italienne a développé un animal artificiel constitué par un cerveau de lamproie contrôlant un petit robot mobile. Les

chercheurs ont greffé le cerveau de la lamproie sur les circuits d'un robot munis de capteurs de lumière, le tout plongé dans du serum physiologique. Le cerveau de la lamproie a alors dirigé le robot vers la source de lumière comme s'il s'agissait de son propre corps.

La mise au point d'implants cérébraux (neuroprothèses) permettra dans un premier temps de restituer à des personnes handicapées leurs aptitudes perdues ou détériorées. Les prothèses neurales sont des « appareils conçus pour fournir des informations au système nerveux ou, au contraire, lui en faire transmettre » (tableau 6). Une caméra montée sur des lunettes peut transmettre à une puce implantée dans le cerveau d'une personne aveugle des images sous forme de courant électrique. En transformant les sons captés par un micro extérieur en signaux numériques qui stimulent le nerf auditif, des implants cochléaires peuvent guérir une surdité. Il sera difficile de résister à la tentation d'améliorer les performances sensorielles pour voir des longueurs d'onde dans l'infra-rouge ou entendre des ultrasons. Après l'extension des perceptions sensorielles, les capacités cognitives seront étendues.

Les prothèses neurales permettent déjà de commander des robots par la pensée. Les travaux de Miguel Nicolelis et John Chapin sur le singe, ceux de Roy Bakay et Philip Kennedy sur l'homme, prouvent qu'il est possible de traduire instantanément l'activité neuronale en instructions transmises à un robot. Des patients tétraplégiques ont pu commander par la pensée le déplacement d'un curseur sur un écran d'ordinateur comme s'ils déplaçaient une souris avec la main. Alain Berthoz, professeur au Collège de France, a déclaré : « *Associés aux nanotechnologies, ces travaux pourraient permettre de capter des processus mentaux afin de les utiliser pour commander des machines* ». Les travaux de Kevin Warwick, professeur de cybernétique à l'université de Reading près de Londres, concernent l'échange de signaux électroniques entre un être humain et un ordinateur ainsi que l'échange de signaux électroniques entre deux êtres humains via un ordinateur.

Les expériences sur l'animal se multiplient dans le cadre des « systèmes biologiques contrôlés ». Un rat bionique ou robot-rat, porteur d'électrodes implantées dans son cerveau, peut être dirigé grâce à des signaux produits par un microprocesseur et émis à partir d'un ordinateur portable. Les futures générations de drones comporteront probablement des insectes instrumentalisés ou drones bioniques. A terme, c'est la machine qui pourrait diriger le cerveau humain. Grâce à un système implanté dans le noyau subthalamique et un simple bouton marche-arrêt, les patients souffrant de la maladie de Parkinson peuvent atténuer leurs tremblements. Cette neurostimulation est également efficace contre certains troubles psychiatriques. Alain Berthoz estime qu' « *un simple boîtier permettra peut-être de contrôler une émotivité excessive* ». Les

recherches sur les « systèmes biologiques contrôlés » pourraient déboucher sur des techniques de contrôle cérébral par signaux électromagnétiques ou signaux chimiques. Par ailleurs, les machines commencent à décrypter les pensées humaines. L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf), la tomographie par émission de positons (TEP) et la magnétoencéphalographie (MEG) sont capables d'identifier les structures cérébrales spécifiquement activées par les évocations mentales, les actes cognitifs ou les émotions.

Scientia est Perimachia

Ces dernières années, les restrictions budgétaires ont conduit à des choix opérés au détriment de la recherche, du principe de précaution et de la sécurité économique. Les coupes claires effectuées dans les budgets de la recherche fondamentale auront un effet dévastateur en termes de compétitivité économique et de sécurité nationale. La protection des données scientifiques est d'une importance cruciale en évitant toutefois les dérives du « Patriot Act » américain. L'intelligence économique « *a pour ambition de rassembler et de traiter l'information au service des décideurs, de renforcer la sécurité de notre patrimoine technologique et plus généralement de développer l'influence de notre pays dans le monde* ». Nous avons vu que le patrimoine technologique français est riche : cartes à puces, logiciel Caveat, lasers mégajoule et femtoseconde, nanotechnologies.. A nous de le préserver et de l'enrichir. Les nouvelles technologies représentent un enjeu de pouvoir et un enjeu de sécurité nationale. Elles portent de grands espoirs mais elles sont également lourdes de menaces. Il serait bien irresponsable de négliger les mises en garde de Théodore Kaczynski, de Bill Joy, de Jeremy Rifkin ou de Jean-Pierre Dupuy. Bill Joy a déclaré à propos de Théodore Kaczynski : « *Il m'en coûte, mais son raisonnement mérite attention* ». Dont acte.

Patrick Barriot

T1 : Evolution de la technologie de gravure des puces en silicium

- * quelques micromètres en 1970
- * 130 nanomètres en 2001
- * 90 nanomètres en 2003
- * 65 nanomètres en 2005
- * 45 nanomètres
- * 20 à 25 nanomètres en 2017

T2 : Evolution de la puissance de calcul

(multipliée par 1 million en 20 ans)

- * 1990 : gigaflops (milliard d'opérations par seconde)
- * 2000 : téraflops (millier de milliards d'opérations par seconde)
- * 2010 : pétaflops (million de milliards d'opérations par seconde)

T3 : Evaluation du marché annuel généré par les nanotechnologies

- * 340 milliards de dollars (matériaux)
- * 300 milliards de dollars (électronique)
- * 180 milliards de dollars (industrie pharmaceutique)
- * 100 milliards de dollars (chimie)
- * 70 milliards de dollars (domaine spatial)

T4 : Evolution des robots en 4 générations (selon Hans Moravec)

(1 MIPS = 1 million d'instructions par seconde)

- * G1 2010 5000 MIPS (intelligence d'un lézard)
- * G2 100 000 MIPS (intelligence d'une souris)
- * G3 5 000 000 de MIPS (intelligence d'un singe)
- * G4 2040 100 millions de MIPS (intelligence humaine)

T5 : Voies de contamination humaine par des agents pathogènes

(respiratoire, digestive ou cutané-muqueuse)

- aérosols (épandage, système de ventilation, tours autoréfrigérantes)
- kamikaze infecté
- aliment ou boisson (sécrétion in situ d'une toxine)
- support inerte (courrier, poignée de porte, clavier d'ordinateur...)
- animal de compagnie
- médicament (collyre, aérosol-doseur, dispositif transdermique...)
- produit cosmétique ou d'hygiène (brumisateurs, crèmes, lotions..)
- cigarettes et cigares !

T6 : *Evolution de l'interface homme-machine*

1. La machine restitue des aptitudes perdues ou détériorées
2. La machine améliore les capacités sensorielles ou cognitives
3. La pensée dirige la machine
4. Le cerveau communique avec la machine
5. La machine décrypte les pensées
6. La machine dirige le cerveau