

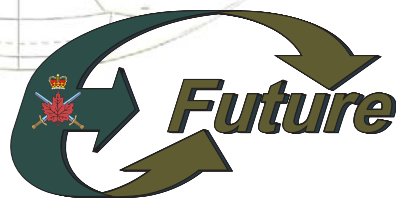
**PUBLICATION NO 1  
COLLECTION JADEX**



**CONFLITS ARMÉS: LA  
PROCHAINE GÉNÉRATION  
TECHNOLOGIES ET  
TENDANCES MONDIALES  
EN ÉMERGENCE**

**REGAN RESHKE  
NOVEMBRE 2007**

**ARMÉE CANADIENNE  
DIRECTION -  
CONCEPTS ET SCHÉMAS  
DE LA FORCE TERRESTRE**



---

**PUBLICATION NO 1 DE LA COLLECTION JADEX**  
**CONFLITS ARMÉS : LA PROCHAINE GÉNÉRATION**  
**TECHNOLOGIES ET TENDANCES MONDIALES EN**  
**ÉMERGENCE**

Regan Reshke  
Novembre 2007



---

# **CONFLITS ARMÉS : LA PROCHAINE GÉNÉRATION TECHNOLOGIES ET TENDANCES MONDIALES EN ÉMERGENCE**

**Regan Reshke**

---

© 2007 Ministère de la Défense nationale

Le présent ouvrage est protégé par droit d'auteur.

IDDN—B-GL-900-J01/JP-000

ISSN—1915-2817

**Collection des Publications hors série de l'Armée canadienne**

**Rédacteur des publications** : Major Andrew B. Godefroy CD Ph. D.

Publications hors série produites pour l'Armée canadienne par la Direction - Concepts et schémas de la Force terrestre. Ces publications sont des véhicules pour lancer, encourager et diriger la discussion et le débat professionnels sur des concepts, la doctrine, les capacités, les opérations contemporaines, l'histoire, ainsi que d'autres sujets d'intérêt pour l'Armée canadienne et les Forces canadiennes. De par leur nature, les publications hors série ne se veulent pas des études définitives, mais plutôt une partie du processus itératif de créer un ensemble de connaissances pour appuyer le développement de capacités.

Nous vous invitons à faire parvenir vos commentaires sur la présente publication hors série et les autres publications hors série à l'adresse suivante :

Rédacteur de la collection—Publications hors série de l'Armée canadienne

À l'intention de la Direction—Concepts et schémas de la Force terrestre

Édifice Sir Julian Byng (A-31)

4, promenade Princess Mary

Base des Forces canadiennes Kingston

Kingston (Ontario), Canada K7K 7B4

---

## « JADEX »

### Le Général Jacques Alfred Dextraze



Ces articles occasionnels paraissent dans une collection appelée JADEX en l'honneur du légendaire Général Jacques Alfred Dextraze CC, CMM, CBE, DSO, CD, LL.D. de l'Armée canadienne, que ses soldats appelaient affectueusement 'Mad Jimmy' et plus tard, simplement 'JADEX'. Né le 15 août 1919, Jacques Dextraze s'enrôle comme simple soldat dans l'Armée canadienne en 1940. Trente-sept ans plus tard, à la fin de sa carrière militaire, il détendra le grade de général et occupera le poste de Chef de l'état-major de la Défense.

Jacques Dextraze a fait ses études au Collège Saint-Joseph de Berthierville (Qc) avant de devenir vendeur pour la Dominion Rubber Company. Durant la Seconde Guerre mondiale, plus précisément en juillet 1940, juste après la chute de la France, il quitte son emploi civil et s'enrôle comme simple soldat dans les Fusiliers Mont-Royal (Fus MR). Grâce aux qualités de leadership qu'il manifeste durant l'entraînement, il est promu sergent par intérim, mais sa première demande de commission d'officier, au début de 1941, est refusée par le régiment. Malgré cela, il continue d'afficher un leadership naturel et de démontrer une grande compétence, particulièrement dans la formation des autres soldats. Il reçoit éventuellement sa commission d'officier au début de 1942 et se porte volontaire pour le service outre-mer dès la fin de sa formation d'officier.

Le Lieutenant Dextraze arrive en Angleterre en août 1942, juste après le raid de Dieppe. Son unité ayant été décimée lors de cette attaque, c'est à lui et à d'autres nouveaux jeunes officiers subalternes qu'incombera la tâche de la reconstruire et de la préparer à retourner au combat. Débrouillard et dévoué, le jeune Dextraze se consacre corps et âme à cette tâche, montrant un grand leadership de tous les instants. Lorsqu'arrive le mois de juin 1944, Dextraze et les Fus MR sont prêts au combat.

Les Fus MR débarquent en France la première semaine de juillet au sein de la 6<sup>e</sup> Brigade d'infanterie canadienne, 2<sup>e</sup> Division d'infanterie du Canada. Ils sont immédiatement lancés dans l'action alors que la 1<sup>re</sup> Armée du Canada reçoit l'ordre d'attaquer et de détruire toutes les forces allemandes résistant encore en Normandie, et de prendre certaines positions en vue du combat d'exploitation qui va suivre.

Le 1<sup>er</sup> août 1944, le Major Dextraze commande la compagnie D lors de l'attaque exécutée pour prendre l'église de Saint-Martin de Fontenay. Cette église, utilisée

---

comme poste d'observation par l'ennemi, contrôlait tout le secteur et menaçait les opérations subséquentes de la 6<sup>e</sup> Brigade parce qu'elle dominait une colline qu'il fallait conquérir pour prendre le contrôle du front. À cette occasion, la cie D subit de lourdes pertes dues au feu des mitrailleuses et mortiers ennemis qui balayent les rues dégagées du village durant l'attaque. Réalisant qu'il est vital de maintenir l'élan de l'attaque, le Major Dextraze se précipite vers l'avant et, sans égard pour sa propre sécurité, mène personnellement l'assaut dans la cour de l'église, parmi les grenades, les tirs de fusils et les rafales de mitrailleuses de l'ennemi. Dans le violent combat corps à corps qui suit, le Major Dextraze « donne l'exemple », renverse l'ennemi et prend la position. La contre-attaque ennemie est immédiate, mais le Major Dextraze réorganise rapidement le reste de sa compagnie et repousse toutes les tentatives ennemies de reprendre la position. En reconnaissance du leadership personnel extraordinaire et de la bravoure dont il a fait preuve au combat, l'Armée lui décerne l'Ordre du service distingué (D.S.O.)'. C'est à cette occasion que ses hommes lui donne le surnom de « Mad Jimmy ».

En décembre 1944, le Major Dextraze est promu au grade de lieutenant-colonel et nommé commandant de son régiment. Il commandera les Fus MR pendant tout le reste de la guerre et recevra une deuxième D.S.O. pour le leadership manifesté lors de la libération de la ville de Groningen (Hollande), le 15 avril 1945. La 6<sup>e</sup> Brigade d'infanterie canadienne avait reçu la mission d'expulser l'ennemi du centre de Groningen et les Fus MR avaient reçu l'ordre de dégager la moitié est de la ville. Un combat maison par maison allait être nécessaire, car l'ennemi était déterminé à tenir la position à tout prix.

Dans les premières phases de la bataille, les troupes de tête sont stoppées par des tirs de mitrailleuses lourdes venant de positions judicieusement placées. Le Lcol Dextraze s'aperçoit rapidement que s'il ne fait rien pour changer la situation, tout le plan risque d'échouer. Il se rend alors immédiatement à la compagnie de tête pour élaborer un plan en vue de dégager les positions de mitrailleuses et dirigera personnellement leur destruction finale. Lorsque le commandant de la compagnie sur le flanc droit se fait tuer, Dextraze se précipite à travers les tirs ennemis pour aller prendre la relève, réorganiser la compagnie et la conduire personnellement jusqu'à son objectif. Malgré l'intensité du tir ennemi, il expulsera les Allemands de leurs positions défensives et obligera la garnison à se rendre. Tout au long de cette action, le Lieutenant-colonel Dextraze a mené son bataillon à l'attaque et lorsque celui-ci était ralenti par l'ennemi, il était là pour aider et encourager ses hommes à atteindre leur objectif. Sa débrouillardise, son courage indomptable et son dévouement à sa tâche ont non seulement été une grande source d'inspiration pour ses hommes, mais ont joué un rôle déterminant dans la reddition finale de la garnison ennemie de Groningen et dans la réussite du plan divisionnaire .

Le Lieutenant-colonel Dextraze commande son unité jusqu'à la reddition finale de l'Allemagne en 1945, puis se porte volontaire pour commander un bataillon de la division d'infanterie du Canada qui est en train d'être constituée pour aller servir dans le Pacifique. Le Japon se rend en août, avant que les unités canadiennes puissent se déployer et le Lcol Dextraze décide alors de prendre sa 'retraite' et de s'inscrire sur la liste générale des officiers de réserve, avant de retourner à la vie civile. Sa vie hors-uniforme ne sera cependant pas de longue durée, car dès 1950 il reprend le service actif à titre de commandant du 2<sup>e</sup> Bataillon, Royal 22<sup>e</sup> Régiment en Corée. Dextraze démontrera encore une fois sa ténacité et son leadership dans la défense de la colline 355; alors que son unité est encerclée par l'ennemi, il repousse toutes les attaques et refuse d'abandonner sa position. En 1952, le Lcol Dextraze est fait officier de l'Ordre de l'Empire britannique (OBE) en reconnaissance de son service.

---

De retour de Corée, Dextraze est brièvement affecté au Collège d'état-major de l'Armée, puis au Quartier-général de la région de l'Est de la Force terrestre. En 1954, il est promu au grade de colonel et nommé chef d'état-major du commandement du Québec à Montréal. Par la suite, il servira dans les écoles de combat de l'infanterie à Borden et à Valcartier, puis reviendra commander la région du Québec à titre de brigadier-général en 1962. Il ne restera cependant pas longtemps à ce poste, car dès l'année suivante il accepte le commandement du contingent canadien au Congo et le poste de chef d'état-major de l'Opération des Nations-Unies au Congo. Au début de 1964, il organise, coordonne et dirige une série de missions portant le nom de code 'JADEX' pour sortir des non-combattants des zones de conflit dans le théâtre; ces actions lui vaudront une promotion au rang de commandeur de l'Ordre de l'Empire britannique, avec feuille de chêne pour bravoure devant l'ennemi .

À son retour au Canada, Dextraze est nommé commandant de la 2<sup>e</sup> Brigade d'infanterie canadienne; c'est à partir de ce moment que son attache de signature traditionnelle 'JADEX', qui apparaît sur toute sa correspondance officielle, devient son surnom. En 1966, il est à nouveau promu au grade de major-général et nommé au poste de commandant-adjoint du commandement de la Force mobile. En 1970, Dextraze est promu au grade de lieutenant-général et nommé chef du personnel au Quartier-général de la Défense nationale. Finalement, en 1972, le Lieutenant-général Jacques Alfred Dextraze est nommé Chef de l'état-major de la Défense avec le grade de général et fait commandeur de l'Ordre du mérite militaire. Il occupera ce poste jusqu'à sa retraite du service en 1977, près de quatre décennies après son enrôlement comme simple soldat dans l'infanterie. En reconnaissance de son service exceptionnel au sein des forces armées et pour son pays, il est fait membre de l'Ordre du Canada en 1978. Lorsque Jacques Alfred Dextraze s'est éteint paisiblement le 9 mai 1993, la nation a tristement salué le départ de l'un des plus exceptionnels et légendaires soldats de son histoire.



## Note

1. Recommandation d'attribution immédiate de la D.S.O. le 5 septembre 1944; recommandation approuvée par le Lieutenant-général H.D.G. Crerar, officier général commandant en chef par intérim de la 1<sup>re</sup> Armée canadienne, le 4 novembre 1944.



---

## À PROPOS DE L'AUTEUR

M. Regan Reshke se joint aux Forces canadiennes en juin 1980 et, en 1985 obtient du Collège militaire royal (CMR) à Kingston un baccalauréat en génie civil.

Après avoir terminé sa formation en génie militaire à Chilliwack, il est affecté à la section de Génie construction à la BFC Edmonton, où il sert comme officier des opérations, officier des services publics, officier des contrats et officier du génie. Entretiens, il présente sa demande d'agrément à l'Association of Professional Engineers, Geologists and Geophysicists of Alberta (APEGGA), qui lui octroie le titre d'ingénieur professionnel en 1988.

Sélectionné en 1989 pour suivre l'instruction de qualification de spécialiste à l'Université du Nouveau-Brunswick, il obtient un diplôme en cartographie et géodésie en 1991. Une fois ses études terminées, il est affecté au Service de cartographie, à Ottawa, où il occupe les postes d'officier des opérations et de commandant (cmdt) de l'escadron de cartographie, puis de cmdt du nouvel escadron de production numérique. En 1993, M. Reshke devient membre du personnel de gestion de projet du tout nouveau Système de commandement de la Force terrestre et occupe le poste d'ingénieur — Système d'information géographique pendant quatre ans.

En 1997, M. Reshke est sélectionné pour entreprendre des études supérieures subventionnées en génie civil, au CMR. Il obtient en 1999 une maîtrise en génie avec spécialisation en ingénierie structurale. À la fin de ses études, il devient chargé de cours au département de génie civil, au CMR. À cette époque, il présente sa demande d'agrément à l'Association des arpenteurs-géomètres de l'Ontario et il reçoit l'agrément professionnel en 2001. M. Reshke occupe le poste de J2 Environnement au Quartier général interarmées des FC, à Kingston, de 2001 jusqu'à sa retraite des FC en 2002.

En mars 2002, M. Reshke se joint à l'agence de Recherche et développement pour la défense Canada, où il occupe actuellement le poste de Directeur — Sciences et technologie (Terre) 7 et agit comme conseiller scientifique auprès du Chef d'état-major Stratégie (anciennement DGDCFT), à Kingston. Servant dans une capacité de liaison entre les développeurs de capacités de l'état-major de l'Armée de terre et RDDC, M. Reshke fait des recherches et donne des conseils en matière des tendances en sciences et technologie et de leurs implications pour le développement des capacités de l'Armée.

### Remerciements

L'auteur aimerait remercier M. Peter Gizewski, analyste de données stratégiques à la Direction — Concepts et schémas de la Force terrestre, de son aide et de ses commentaires sur les versions antérieures de la présente publication.

### Déni de responsabilité

Les opinions exprimées ici sont celles de l'auteur et ne sont pas forcément celles de l'Armée canadienne, du ministère de la Défense nationale ou du gouvernement du Canada.

---

## **DIRECTION — CONCEPTS ET SCHÉMAS DE LA FORCE TERRESTRE**

La Direction — Concepts et schémas de la Force terrestre (DCSFT) a évolué de la Direction — Concepts stratégiques (Opérations terrestres) (1997-2006) dans le cadre de la transformation permanente de l'armée de terre et de la maturation du développement des capacités de la force terrestre. À titre d'organisme de recherche principal de l'Armée canadienne, la Direction a pour mission de conseiller le chef d'état-major de l'Armée de terre en matière de l'environnement de sécurité de l'avenir (ESA), des capacités qui seront nécessaires pour évoluer dans cet environnement et des concepts et technologies de remplacement pour atteindre ces capacités. La DCSFT constitue un point focal de l'Armée pour identifier, examiner et évaluer les facteurs et développements qui auront une incidence sur l'Armée de terre de demain (ATdD) et sur l'Armée de l'avenir (AdA) ou, en termes plus concrets, de 2016 et au-delà. Pour exécuter son mandat, la Direction examine une vaste gamme de questions comprenant les environnements mondial et national, les technologies en émergence et les facteurs humains, ainsi que les développements au sein des forces alliées et étrangères.

---

## RÉSUMÉ

Tout au long de l'histoire, la conduite de la guerre a été profondément influencée par les sciences et la technologie. Le radar, la radio, les ordinateurs, les lasers, les satellites GPS, les fusils, l'artillerie, les chars — tous ces produits de la technologie militaire du 20<sup>e</sup> siècle et bien d'autres encore peuvent retracer leur origine au moins en partie à la recherche scientifique, technologique et technique. Les investissements dans les sciences et la technologie ont bien servi l'Armée et continueront d'être le pilier essentiel du maintien des capacités supérieures de la Force terrestre à mener la guerre. Les recherches scientifiques et technologiques seront encore plus influentes au 21<sup>e</sup> siècle qu'elles ne l'ont été tout au long du 20<sup>e</sup> siècle.

Bien qu'il soit impossible de prédire l'avenir, l'étude des principaux facteurs qui contribuent au changement permet quand même d'identifier certaines des possibilités générales qui s'annoncent. Les possibilités négatives constituent un avertissement, alors que les possibilités positives peuvent révéler des occasions qui devraient être explorées activement, permettant ainsi de modeler l'avenir. Bien que les opinions divergent quant aux principaux moteurs des changements futurs, il y a parmi ceux qui étudient l'avenir un consensus généralisé selon lequel la technologie est le principal instrument d'habilitation du changement social. Par conséquent, il est impératif de surveiller et de comprendre les tendances actuelles et en émergence en sciences et technologie, compte tenu de leur statut reconnu de principaux moteurs du changement.

Paradoxalement, malgré l'analogie générale entre l'étude de l'avenir et la planification militaire, les professionnels militaires consacrent très peu d'effort à l'étude de l'avenir. En tant que premier pas vers l'amélioration de cette situation, et compte tenu de la diversité des changements mondiaux au cours du 21<sup>e</sup> siècle, les moteurs, les tendances et les technologies abordés ici ont une vaste portée, visant tant les systèmes militaires que les systèmes commerciaux et leur incidence potentielle sur la société et les forces armées. Le présent document démontrera que le manque à investir dans les activités de développement en vue de parer aux menaces potentielles habilitées par l'assaut des technologies avancées disponibles dans le commerce constitue un grave risque pour les opérations terrestres de demain.

---

# CONFLITS ARMÉS : LA PROCHAINE GÉNÉRATION TECHNOLOGIES ET TENDANCES MONDIALES EN ÉMERGENCE

Par Regan Reshke

*Les sciences et la technologie peuvent soutenir efficacement la transformation des Forces canadiennes en contribuant directement à l'amélioration des capacités militaires du Canada*

Général R.J. Hillier, chef d'état-major de la Défense, et Ward P.D. Elcock, sous-ministre de la Défense, dans leur avant-propos de la Stratégie S & T pour la Défense, publiée en décembre 2006.

## Introduction

Tout au long de l'histoire, la conduite de la guerre a été profondément influencée par les sciences et la technologie. Dans son analyse de l'effet de l'industrialisation et de la technologie sur la conduite de la guerre, Patrick Murphy<sup>1</sup> révèle qu'après 1850, l'Europe a connu une poussée du développement d'armes. Les sciences, la technologie et l'ingénierie ont contribué à l'amélioration de la plupart des armes, y compris les armes légères (fusil se chargeant par la culasse) et l'artillerie (rayage), qui ont vu d'énormes améliorations à l'égard de la précision et de la létalité. Ces développements ont changé la façon dont les guerres ont été menées par la suite, à mesure que la dispersion des troupes augmentait et que la technologie de communication (le télégraphe) a été introduite pour faciliter le commandement et le contrôle des forces dispersées. Cependant, à cause du coût élevé de ces derniers développements des capacités, seules les nations riches pouvaient se les permettre, ce qui a donné lieu à des écarts technologiques entre riches et pauvres. Malgré le siècle et demi qui s'est écoulé depuis que l'industrialisation a commencé à transformer la conduite de la guerre, on reconnaît aujourd'hui exactement les mêmes tendances : augmentation de la précision, de la portée, de la puissance de feu, et de la létalité des armes, augmentation de la dispersion des troupes, commandement et contrôle habilités par la technologie de l'information et écarts technologiques entre les pays.

Les sciences et la technologie sont également les principaux moteurs des économies des pays développés et, dans une certaine mesure, des pays en voie de développement. En effet, cinquante-huit pour cent des dirigeants sondés dans le cadre du CEO Briefing<sup>2</sup> de l'Economist Intelligence Unit de 2005 mentionnaient les progrès de la technologie comme le moteur le plus critique du changement sur le marché mondial. De plus, les sciences et la technologie définissent tous les autres moteurs du changement (allant de la démographie à la mondialisation<sup>3</sup>), de sorte que leur incidence est centrale, bien qu'elle soit difficile à prévoir à cause de la vaste gamme d'innovations qui caractérise le début du 21<sup>e</sup> siècle. Bien que certaines technologies soient prévisibles, notamment celles qui constituent des améliorations et de nouvelles applications d'anciennes technologies, il y a des changements si rapides dans des domaines fondamentalement nouveaux qu'il est difficile de prévoir leurs conséquences.

La science, comme la définit le Petit Robert, est tout « Ensemble de connaissances, d'études d'une valeur universelle, caractérisées par un objet et une méthode déterminés, et fondées sur des relations objectives vérifiables »<sup>4</sup>. En règle générale, une science comprend l'acquisition de connaissances portant sur des vérités générales ou l'application de lois fondamentales. Les connaissances scientifiques sont un instrument d'habilitation fondamental pour le développement de technologies nouvelles ou

---

améliorées. Par conséquent, les innovations majeures de la technologie future, celles qui définiront la société, exigeront une fondation de recherche de base solide. Donc, l'innovation est la clé de l'avenir, tandis que la recherche de base est la clé de l'innovation future.<sup>5</sup>

La technologie est l'application des connaissances scientifiques aux buts pratiques de la vie humaine ou, en d'autres termes, au changement et à la manipulation de l'environnement humain.<sup>6</sup> Par conséquent, la technologie comprend des machines et de l'équipement basés sur des connaissances scientifiques. Cependant, les outils et les machines n'ont pas besoin d'être matériels. La technologie virtuelle, comme les logiciels, est également comprise dans cette définition de la technologie. La technologie militaire comprend la gamme d'armes, d'équipements, de structures et de véhicules utilisés notamment aux fins du combat. Elle comprend la connaissance nécessaire pour réaliser cette technologie, pour utiliser les produits technologiques au combat et pour réparer et réapprovisionner ces produits.<sup>7</sup>

Bien que la définition générale de la technologie du paragraphe précédent s'applique à tout article artificiel, allant des bottes aux armes nucléaires, il y a une tendance apparente parmi les professionnels militaires de considérer seuls des développements nouveaux et en évolution comme de la technologie. L'équipement, les outils et les techniques au point qui sont devenus une partie intégrante d'une doctrine bien développée sont moins aptes à être considérés comme de la technologie, mais plutôt comme une partie du patrimoine culturel — ce qui les rend supérieurs à la technologie. Par conséquent, le terme « technologie » commence à désigner, à tort, par exemple les derniers développements des technologies de l'information et des communications (TIC) — également appelée « haute technologie ». Toutefois, cette interprétation risque de mener à une tendance à éviter les solutions de technologie en évolution en faveur de technologies au point telles que celles des chars ou de l'artillerie. Bien que cette approche ait un certain mérite, elle ne doit pas demeurer la réaction par défaut aux nouveaux développements, notamment lorsqu'ils atteignent la maturité à un rythme croissant.

Tout au long de l'histoire, la technologie a été un catalyseur important du changement. Bien que les opinions divergent quant aux principaux moteurs du changement, il y a parmi ceux qui étudient l'avenir un consensus généralisé selon lequel la technologie est le principal instrument d'habilitation du changement social. Bien que l'importance des sciences et de la technologie soit claire, leurs valeur et fonction dans la société demeurent discutables car il est difficile de prévoir les effets de ces changements, et il n'est pas clair si c'est la technologie qui stimule le changement de la société ou l'inverse. Il semble de plus en plus que ce soit ni l'un ni l'autre, mais qu'il y ait plutôt un rapport symbiotique : la technologie et la société s'influencent mutuellement par étapes incrémentales, tantôt c'est l'une qui mène, tantôt l'autre, mais elles finissent par progresser toutes les deux.

Il importe de surveiller et de comprendre les tendances, car cela aide les organisations à réfléchir sur l'adaptation au changement inévitable qui se produira à l'avenir et qui est la somme des résultats des tendances, des événements fortuits et de choix humains. En outre, il est impératif que les tendances ayant trait aux sciences et à la technologie soient analysées en raison de leur statut reconnu de principaux moteurs. Bien qu'il soit impossible de prédire l'avenir, l'étude des principaux facteurs qui contribuent au changement permet d'identifier des possibilités générales qui s'annoncent. Les possibilités négatives constituent un avertissement, alors que les possibilités positives peuvent révéler des occasions qui devraient être explorées activement, permettant ainsi de modeler l'avenir.

---

Dans son texte qui fait date, « *Futuring: The Exploration of the Future* »<sup>8</sup>, Edward Cornish compare l'étude de l'avenir aux grandes expéditions des fameux explorateurs européens. Les professionnels militaires s'identifieront facilement aux préparations méticuleuses des grands explorateurs, dont le succès dépendait d'avoir le bon équipement, les bonnes fournitures, les bons équipiers et la formation appropriée au moment opportun.<sup>9</sup> De plus, Cornish identifie sept leçons de ces grandes expéditions qui sont applicables à la futurologie,<sup>10</sup> et ces leçons sont également connues des planificateurs militaires : préparez-vous à ce qui vous attend à l'avenir; anticipez les besoins futurs; utilisez au besoin de l'information médiocre; attendez-vous à l'imprévu; pensez long terme (stratégie) ainsi que court terme (tactique); rêvez de façon productive (créative, novatrice); et apprenez de vos prédécesseurs. Paradoxalement, malgré l'analogie générale entre l'étude de l'avenir et la planification militaire, les professionnels militaires consacrent très peu d'effort à l'étude de l'avenir. En tant que premier pas vers l'amélioration de cette situation, et compte tenu de la diversité des changements mondiaux au cours du 21<sup>e</sup> siècle, les moteurs, les tendances et les technologies abordés ici ont une vaste portée, visant tant les systèmes militaires que les systèmes commerciaux et leur incidence potentielle sur la société et les forces armées.

## Méga-tendances

Afin de comprendre la complexité des changements rapides auxquels nous faisons face, Cornish<sup>11</sup> propose, pour faciliter les choses, un ensemble de méga-tendances ou de super-tendances, qui définissent l'avenir. Il reconnaît le progrès technologique comme le principal moteur de la rapide évolution culturelle.<sup>12</sup> Il avance, toutefois, que le progrès technologique est plus qu'une super-tendance : c'est une super-force, qui donne lieu à d'autres super-tendances. Étudiée de façon plus détaillée ci-dessous, la croissance économique est la première super-tendance qui résulte directement du progrès technologique. On a produit et on continue de produire de nouvelles technologies qui permettent de concevoir, de produire et de livrer de meilleurs biens et services qui maintiennent un cycle de demande continu. Cette croissance économique résultant de la combinaison de ces nouvelles technologies a sans aucun doute créé, au cours du dernier siècle et demi, une quantité phénoménale de changements de la société. D'après Cornish, la combinaison de la croissance de la technologie et de celle de l'économie est une autre super-force, parce qu'elle provoque bien d'autres changements, y compris quatre super-tendances additionnelles : amélioration de la santé humaine, augmentation de la mobilité, dégradation environnementale et augmentation de la déculturation.

La croissance techno-économique a donné lieu à l'amélioration de la santé humaine grâce à la production et à la distribution de plus d'aliments, à une meilleure intervention médicale, à des services de santé et à des installations sanitaires améliorées, etc. Des sociétés en meilleure santé ont vu une longévité prolongée donnant lieu à plusieurs sous-tendances importantes : croissance de la population et changements démographiques liés à l'âge. La super-tendance de la mobilité accrue résulte du fait que, collectivement, le progrès technologique, la croissance économique et la hausse de la population mondiale donnent lieu à un déplacement accru de personnes, de biens et d'information à des vitesses et par quantités jamais vues auparavant. D'après Cornish<sup>13</sup>, cette hausse de mobilité mondiale semble être la principale cause de la mondialisation — l'intégration croissante des activités humaines à une échelle mondiale.

En ce qui concerne la méga-tendance de la dégradation environnementale, des rapports récents de l'OMM et du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC) du PNUÉ<sup>13</sup> présentent des arguments convaincants que la croissance économique mondiale et la hausse de la population sont des facteurs contributifs clés.

---

Finalement, Cornish attribue la déculturation à l'augmentation de la mobilité globale, aux changements technologiques rapides, à la croissance économique, à la mondialisation et à l'urbanisation parmi d'autres facteurs.

Tout en utilisant ces méga-tendances comme cadre global pour simplifier l'énorme quantité de changements qui caractérise le 21<sup>e</sup> siècle, les sections qui suivent examineront plusieurs des tendances sous-jacentes qui contribuent à ces courants majeurs de notre ère.

## Innovation

Le progrès, qu'il soit de nature technologique ou autre, résulte de l'innovation. Une des marques de l'innovation c'est qu'elle bâtit sur le travail d'autrui : les percées scientifiques et technologiques ne se produisent pas dans un vide. Les scientifiques et ingénieurs d'aujourd'hui peuvent retracer leur travail à une longue lignée d'innovateurs. De plus, l'innovation est favorisée par des prix de prestige tels que le prix Ansari X pour constructeurs d'engins spatiaux<sup>15</sup>, le prix Archon X pour la génomique<sup>16</sup>, le prix Automotive X<sup>17</sup>, le concours DARPA Grand Challenge pour véhicules urbains autonomes<sup>18</sup> ou le concours Robo Cup Challenge pour robots humanoïdes autonomes<sup>19</sup>. Ces concours attirent et motivent une énorme quantité de capital intellectuel humain. En outre, plusieurs initiatives de collaboration ouverte axées sur le Web telles que ThinkCycle<sup>20</sup>, tentent de créer une culture d'innovation de conception à source libre, avec une collaboration permanente parmi des individus, des collectivités et des organisations dans le monde entier. Un autre service Web, lancé en 1999, yet2.com<sup>21</sup>, vise à rapprocher acheteurs et vendeurs de technologies, pour que toutes les parties maximisent le rendement de leurs investissements. Le service yet2.com excelle dans la localisation de potentiel de valeur IP non réalisé, notamment dans des situations où Internet et la technologie offrent des occasions substantielles de commercialisation de produits, de services ou de relations de coopération avec des tiers.

En plus d'une fondation de recherche scientifique de base, l'innovation exige la créativité. La science-fiction a souvent été l'inspiration créative pour bien des développements technologiques qui finissent par transformer la fiction en réalité. Après tout, les écrivains de science-fiction ont présagé la communication sans fil, les aéronefs, les armes nucléaires, le cyberspace, les virus informatiques et les voyages dans l'espace parmi de nombreux autres développements. Paul Saffo, un prévisionniste technologique de la Silicon Valley conseille les leaders principaux de se tenir au fait de la science-fiction que lisent les nouvelles recrues afin d'avoir une idée de ce que celles-ci voudront construire ou mettre en œuvre lorsqu'elles deviendront gestionnaires intermédiaires<sup>22</sup>. La source de la créativité pour la jeunesse d'aujourd'hui se trouve de plus en plus dans des jeux informatisés et des mondes virtuels<sup>23</sup>. Ces sources variées de stimulation créative continueront de causer des avancées novatrices scientifiques et technologiques.

Ray Kurzweil était un des premiers à proposer un nom pour l'assaut continu de l'innovation technologique : « Law of accelerating returns » (loi des rendements accélérés)<sup>24</sup>. Cette loi décrit l'innovation et le développement technologiques comme une boucle à réaction positive selon laquelle chaque cycle d'innovation produit un jeu amélioré d'outils, qui sont utilisés à leur tour pour inventer des outils nouveaux et meilleurs. Kurzweil et d'autres<sup>25</sup> aussi définissent le raccourcissement continu du temps entre les cycles d'innovation (c.-à-d. des changements accélérés) comme une caractéristique de prestige du développement technologique. Un bon exemple de l'application de la loi de Kurzweil se retrouve dans l'industrie de l'automatisation, où une plus haute fidélité et une automatisation plus souple sont utilisées pour fabriquer des pièces pour des systèmes automatisés encore meilleurs. Maintenant, un nouvel outil

---

d'innovation est disponible dans la boîte à outils du concepteur : la fabrication numérique, qui crée un environnement de gestion du cycle de vie (GCV) des produits entièrement numérique. Cette capacité a permis à Boeing de « fabriquer » numériquement son 787 « Dreamliner » au complet avant qu'un seul nouvel outil soit fabriqué<sup>26</sup>. Cette capacité permet de réaliser des conceptions novatrices avec moins de risques de gaspiller du temps sur une conception qui n'est pas facile à fabriquer. Évidemment, des cycles de conception-fabrication plus rapides contribueront au rythme accéléré des changements en développement technologique.

Le prototypage rapide, nom courant donné à une variété de technologies connexes qui sont utilisées pour fabriquer des objets matériels directement à partir de sources de données CAO, contribue aussi à l'accélération des changements. Ces méthodes sont uniques : elles ajoutent et collent des matériaux par couches pour former des objets. Ces systèmes sont connus sous une variété de noms, y compris : fabrication additive; impression tridimensionnelle; Solid Freeform Fabrication (SFF); et fabrication par couches. Ces technologies offrent de nombreux avantages par rapport à la fabrication classique par fraisage ou tournage. Par exemple, on peut former des objets de n'importe quelle complexité géométrique sans avoir besoin d'un montage de machine ou d'un assemblage final complexes. Bien que le choix de matériaux ne soit pas aussi grand que dans le cas des techniques de fabrication classiques, il y a une liste croissante de matériaux qui peuvent être utilisés dans les systèmes de prototypage rapide, dont : de nombreux plastiques, des céramiques, des métaux allant de l'acier inoxydable au titane et le papier simili-bois. Deux nouveaux matériaux viennent d'être ajoutés : une solution de nitrate d'argent en tant qu' « encre métallique » et l'acide ascorbique (vitamine C) en tant que réducteur. Lorsque ces matériaux sont chargés dans une imprimante à jet d'encre de bureau modifiée, des chercheurs ont pu imprimer des circuits électroniques<sup>27</sup>. Ce dispositif expérimental pourrait mener à la fabrication plus sécuritaire, plus écologique et meilleur marché des dispositifs électroniques.

En outre, la disponibilité des communications mondiales et d'outils de recherche de pointe axés sur Internet crée un environnement prospère d'innovation donnant lieu à une meilleure interaction entre chercheurs et à des idées de recherche qui tendent à multiplier leur incidence et leur accélération. En effet, cet environnement connaît une amélioration active continue grâce à des initiatives telles que l'initiative National Academies Keck Futures Initiative<sup>28</sup>, qui cherche à catalyser les recherches interdisciplinaires et à améliorer les communications parmi les chercheurs, les organisations de financement, les universités et le grand public. L'objectif de l'Initiative consiste à améliorer le milieu pour effectuer de la recherche interdisciplinaire et à éliminer les barrières institutionnelles et systémiques connexes. La technologie elle-même est en voie de devenir le catalyseur le plus important de la recherche mondialisée. À titre d'exemple, elle peut donner à une organisation de recherche une journée de 16 ou même de 24 heures en R & D, car l'activité de recherche passe d'un fuseau horaire à l'autre pour boucler le circuit mondial. La recherche 24 h sur 24 accélère la productivité d'un projet et offre au commanditaire un avantage potentiel au point de vue concurrentiel<sup>29</sup>.

Chose importante, la mondialisation de la R & D change l'équilibre mondial de la force technologique. Ainsi, d'après un rapport récent du Forum économique mondial<sup>30</sup>, les États-Unis ont perdu leur position à titre de leader de l'innovation technologique. Le rapport précise que les premiers innovateurs sont, dans l'ordre, le Danemark et la Suède, alors que les États-Unis occupent maintenant le septième rang dans la table du Forum qui mesure l'incidence de la technologie sur le développement des nations.



---

## Moteurs technologiques

D'après une étude de 2005 effectuée par l'équipe des orientations futures du Conseil national de recherches du Canada (CNRC) et intitulée *Regard sur l'avenir : Les S-T pour le XXI<sup>e</sup> siècle*<sup>31</sup>, trois technologies transformatrices principales stimuleront les changements mondiaux d'ici 2020 : les technologies de l'information et des communications (TIC), les biotechnologies et les technologies axées sur l'énergie et l'environnement. Le rapport indique que le pouvoir transformateur des technologies de l'information et des communications se fait déjà ressentir et qu'il devrait même s'intensifier d'ici 2020. On s'attend à ce que la puissance informatique soit omniprésente et fasse partie de la vie quotidienne. D'après les auteurs du rapport, la nature transformatrice de la biotechnologie aura une incidence définitive sur la plupart des secteurs de l'économie mondiale. À leur avis, les biotechnologies sont en train de devenir les S-T les plus importantes du siècle actuel, et ils s'attendent à ce que les répercussions des biotechnologies dépassent celles des technologies de l'information et des communications. Les technologies axées sur l'énergie et l'environnement gagnent rapidement en importance à l'échelle mondiale et sont toutes les deux alimentées par les récentes études du changement du climat mondial, ce qui laisse croire que cette vague d'innovations aura une incidence grandissante au cours des prochaines années.

En plus des technologies transformatrices générales ci-dessus, le rapport du CNRC fait état d'une série de sciences et technologies habilitantes principales. Cependant, les auteurs reconnaissent que, vu leur complexité, la plupart des progrès importants sont rendus possibles uniquement par des progrès complémentaires dans d'autres sciences et technologies habilitantes. En effet, le rapport montre que, de façon croissante, les thèmes de la « convergence » domineront l'élaboration des S-T. Les nouvelles technologies constitueront souvent un mélange de deux ou plusieurs disciplines, et les progrès réalisés dans un domaine donné habiliteront ceux dans un autre (p. ex., l'influence de l'informatique sur la recherche génomique). On s'attend à ce que la convergence de la nanotechnologie, de la biotechnologie, de l'infotechnologie et de la technologie cognitive (parfois désignées technologies NBIC)<sup>32</sup> produise des progrès importants en santé humaine, en sécurité et dans les applications industrielles, pour ne nommer que quelques domaines. Un exemple de la convergence des technologies NBI vient d'être annoncé par IBM<sup>33</sup>. Il s'agit de la première application d'une nanotechnologie révolutionnaire d'auto-assemblage par rapport à la fabrication classique de puces de microprocesseur, qui a emprunté un procédé de la nature pour fabriquer la prochaine génération de puces d'ordinateur. L'annonce revendique que les puces fabriquées au moyen de cette technique présentent une augmentation de 35 pour cent de la vitesse des signaux électriques et peuvent consommer 15 pour cent d'énergie de moins que les puces les plus perfectionnées fabriquées selon des techniques classiques.

Nous reproduisons ci-dessous la liste du rapport de l'Équipe des orientations futures du CNRC qui énumère les sciences et technologies importantes qui sont appelées à connaître une progression considérable jusqu'en 2020 :

- ❖ **Nanoscience et nanogénie** : On s'attend à ce que l'incidence des technologies de la nanoscience et du nanogénie soit la plus considérable de toutes les technologies habilitantes principales. La nanoscience, soit la science des matériaux à l'échelle atomique et moléculaire, transformera la toile même de la société à long terme.
- ❖ **Science des matériaux** : La science des matériaux constitue un domaine multidisciplinaire axé sur les solides fonctionnels, que la fonction servie soit structurale, électronique, thermique, chimique, magnétique, optique ou une combinaison de ce qui précède.

---

❖ **Photonique** : La photonique s'entend de la science et de la technologie qui est fondée sur les flux contrôlés de photons, ou particules de lumière, et qui en traite. En tant qu'outil, l'optique s'immisce dans presque tous les domaines des sciences et de la technologie.

❖ **Microfluides** : Les microfluides constituent peut-être l'avenir des « aqualabos ». On peut les concevoir comme la miniaturisation du laboratoire de culture de cellules, doté de la capacité de contrôler des combinaisons complexes d'interactions entre les molécules d'essai et les foyers déterminés sur des cellules individuelles.

❖ **Information quantique** : L'information quantique recèle le potentiel d'opérer une révolution dans plusieurs domaines scientifiques et technologiques. Elle exploite des modes de calcul et de communication fondamentalement nouveaux, parce qu'elle se fonde sur les lois physiques de la physique quantique plutôt que sur la physique traditionnelle.

En plus des moteurs qui donneront lieu à des développements continus et importants des sciences et de la technologie, l'Équipe des orientations futures signale qu'il y a également des points de friction qui pourront ralentir ou réorienter les développements : d'une part, il y a le défi pour les organismes de réglementation de suivre le rythme des changements du développement des S-T et, d'autre part, il y a un sentiment croissant qu'on se fie trop aux S-T, ce qui donne lieu à un certain degré de technophobie. Un exemple probant est offert par un sondage récent qui était mené par le Pew Internet & American Life Project auprès de 742 techniciens experts et qui soumettait la question : « À l'avenir, serons-nous en mesure de maîtriser nos technologies? »<sup>34</sup> Un nombre inattendu de 42 % des répondants étaient pessimistes quant à la capacité des humains à maîtriser la technologie à l'avenir. En d'autres termes, ils croyaient que les dangers et les dépendances de la technologie augmenteraient au-delà de notre capacité à demeurer maîtres de la technologie.

Un sondage mené en 2006 par l'Institute for the Future (ITF) et *IEEE Spectrum*<sup>35</sup> parmi plus de 700 membres de l'IEEE a révélé des moteurs semblables à ceux du rapport du CNRC. Ce sondage était effectué pour déterminer à quels développements des sciences et de la technologie les membres de l'IEEE s'attendaient au cours des 10 à 50 prochaines années. Les sondeurs étaient d'avis que ce groupe était particulièrement bien placé pour prévoir les développements en S-T, étant donné que les membres sont si intimement liés à la réalisation de ces développements — démontrant la vérité de la citation d'Alan Kay : [traduction] « La meilleure façon de prédire l'avenir est de l'inventer. »

Le sondage a identifié cinq thèmes qu'on considérerait comme les artères principales des sciences et de la technologie au cours des 50 prochaines années : « puissance informatique et largeur de bande en abondance », ce qui implique le passage de la rareté à une extrême abondance tant pour la puissance informatique que pour la connectivité des réseaux; « transformation sensorielle » c'est-à-dire des « objets » qui commencent à penser; « infrastructure légère », soit exactement le contraire des chemins de fer, des réseaux optiques, de la distribution électrique centralisée et d'autres projets extrêmement chers et compliqués du 20<sup>e</sup> siècle; « micromonde » résultat produit lorsque la nanotechnologie commence à se réaliser et est intégrée aux systèmes microélectromécaniques (MEMS) et aux biosystèmes; et finalement, « biologie étendue » résultat d'une vaste gamme de technologies, allant du génie génétique à la bioinformatique, appliquées pour créer de nouvelles formes de vie et modifier d'anciennes.

---

Examiner, évaluer et comprendre le rapide changement inévitable que ces moteurs généraux produiront et y réagir seront les défis permanents pour les grandes organisations, notamment celles qui ont une inertie institutionnelle considérable. Les FC en général, et l'Armée de terre en particulier, sont sensibles à ce risque. Les sections qui suivent examineront bien des principaux instruments d'habilitation technologiques clés qui continuent d'alimenter la course aux technologies de plus en plus sophistiquées. Elles seront suivies d'une introduction au grand nombre de tendances au changement qui commencent à se dessiner et qui finiront assurément par modeler l'avenir.

## Importantes tendances technologiques

Depuis plus de 40 ans, la hausse rapide de la puissance informatique cause la croissance de l'âge de l'information. Cela a eu de fortes répercussions sur les technologies de l'information et des communications (TIC), qui comprend les ordinateurs, les dispositifs de mise en réseau et l'infrastructure, tant câblée que sans fil. La puissance informatique croissante disponible à des prix décroissants est devenue la réalisation de la prédiction de Gordon Moore d'IBM selon laquelle le nombre de composants pouvant être montés sur une puce de silicium doublerait à peu près tous les deux ans. Le résultat de ce taux de croissance exponentielle remarquablement régulier est qu'un ordinateur de bureau à processeur multicœur se vend aujourd'hui à un dix-millième du prix, mais avec des performances équivalentes du superordinateur occupant la première place en 1991<sup>36</sup>. Il s'ajoute à cette amélioration extraordinaire du prix une réduction tout aussi étonnante de l'encombrement et de la consommation d'énergie des dispositifs informatisés. Les résultats de ces tendances se voient dans les lecteurs de musique portatifs d'aujourd'hui qui comportent autant de ressources informatiques que les ordinateurs principaux d'antan, dans les téléphones cellulaires (essentiellement des mini-ordinateurs portatifs) qui sont devenus omniprésents sur la planète, et dans la fin des caméras à pellicule.

Grâce à l'augmentation de la puissance informatique rendue possible par l'augmentation exponentielle du nombre de composants placés sur les puces, correspondant à la loi de Moore, et aux progrès phénoménaux de la technologie des capteurs et des algorithmes logiciels (également rendus possibles par la prolifération de nos ressources informatiques), des capacités entièrement nouvelles et jusque-là non imaginées sont en émergence aux laboratoires dans le monde entier. Dans le domaine de la sécurité, par exemple, des scientifiques informaticiens de l'université de Californie, à Berkeley, ont conçu un moyen pour analyser l'enregistrement audio des frappes au clavier pour déterminer ce qui a été tapé. Grâce à cette technique appelée « espionnage acoustique », les chercheurs étaient en mesure d'entrer le signal audio de plusieurs enregistrements acoustiques de 10 minutes d'utilisateurs tapant au clavier dans un ordinateur et d'utiliser un algorithme pour recouvrer jusqu'à 96 pour cent des caractères entrés<sup>37</sup>. Si l'on combine cette capacité aux petits dispositifs d'enregistrement portatifs omniprésents tels que les lecteurs MP3, les téléphones à caméra ou les assistants numériques personnels, les défis pour la protection de la vie privée et la sécurité deviennent apparents.

Bien que l'abolition éventuelle de la loi de Moore ait été prédite depuis quelque temps déjà, de récentes annonces nous amènent à croire que des techniques novatrices continueront à doubler la puissance des processeurs jusqu'à un point avancé de la partie initiale du siècle. Par exemple, on s'attend à un autre saut gigantesque de la puissance des ordinateurs de consommation lorsque les puces<sup>38</sup> révolutionnaires de 45 nanomètres d'Intel commenceront à faire leur apparition sur le marché en 2007. IBM vient d'annoncer<sup>39</sup> qu'elle a des plans d'amener la loi de Moore à la troisième dimension au moyen d'une nouvelle technologie de fabrication de puces par couches appelée «

---

Through-Silicon Vias » (disposition 3D), qui permet de rapprocher de beaucoup les divers composants des puces pour la fabrication de systèmes plus rapides, plus petits et plus éconergétiques. L'annonce indique qu'IBM envisage de cibler les puces de communication sans fil, les processeurs de puissance, les puces de supercalculateur Blue Gene et les applications de mémoire à grande largeur de bande<sup>40</sup>. On peut s'attendre à ce que chacun de ces domaines continuera à connaître une croissance exponentielle des performances au cours des prochaines décennies.

Bien que la miniaturisation et la croissance de la puissance des dispositifs aient profité de la loi de Moore, souvent les circuits intégrés ne représentent qu'environ 10 pour cent de tout système donné. Les autres 90 pour cent restent intouchés, sous la forme d'une variété de composants discrets passifs encombrants, tels que résistances, condensateurs, inducteurs, antennes, filtres et commutateurs, qui sont normalement interconnectés et disposés sur une ou plusieurs cartes imprimées. La miniaturisation réelle, qui donnera probablement lieu à des dispositifs mégafonctions, s'approche de la réalité à mesure que les chercheurs continuent de progresser au moyen d'une technique appelée système sur boîtier (SOP). Le centre de recherches Microsystems Packaging Research Center du Georgia Institute of Technology, à Atlanta, revendique que leur technique SOP dépassera de loin la loi de Moore à l'égard de la convergence et de la miniaturisation des dispositifs<sup>41</sup>. Cette technique combine des circuits intégrés à des versions à couche mince de l'échelle micrométrique de composants discrets, et elle intègre tout dans un nouveau type de boîtier qui est si petit que les ordinateurs de poche finiront par se situer quelque part entre les dispositifs multifonctions et les dispositifs mégafonctions<sup>42</sup>. Les produits SOP seront développés non seulement pour les communications sans fil, l'informatique et le divertissement; lorsqu'ils sont équipés de capteurs, les SOP pourraient aussi être utilisés pour détecter toutes sortes de substances, tant toxiques qu'inoffensives, y compris les produits chimiques dans l'environnement, les aliments et le corps humain. Le niveau d'intégration de systèmes faisant appel à la technologie de système sur boîtier (SOP) proposée par les chercheurs verra une croissance exponentielle passant d'environ 50 composants par centimètre carré en 2004 à une densité de composants d'environ un million par centimètre carré d'ici 2020. Une retombée de la réduction d'encombrement de cette envergure c'est qu'elle permet des signaux entre puces beaucoup plus rapides à des courants et tensions inférieurs, ce qui réduit la dissipation de la puissance. Le but ultime de la miniaturisation de système sera la création de particules de poussière intelligentes comprenant des capteurs, des sources d'alimentation, des circuits de communication et de traitement numériques dans un volume de un millimètre cube.

Au chapitre du stockage des données, des chercheurs de Caltech et d'UCLA viennent d'annoncer<sup>43</sup> la création d'un circuit de mémoire, de la taille d'un globule blanc humain, capable de stocker 160 kilobits de données — soit l'équivalent de 100 milliards de bits (100 gigabits) par centimètre carré. Cette densité de stockage, la plus grande jamais produite, a été atteinte environ 13 ans plus tôt que prévu par la loi de Moore. La capacité de stockage des disques aussi subit une amélioration dramatique. Alors que les disques et lecteurs haute définition basés sur les lasers bleus viennent à peine d'arriver sur le marché, une nouvelle génération est déjà en cours de développement, laissant prévoir une autre augmentation quintuple de la capacité de stockage. Les disques de première génération faisant appel à des lasers rouges pouvaient contenir environ 5 gigaoctets de données, et les lasers bleus ont porté ce chiffre à 50 Go. Les nouveaux systèmes faisant appel à des lasers ultraviolets pourraient porter la densité d'enregistrement des disques à 250 Go<sup>44</sup>. De même, de nouvelles avancées ont lieu en stockage sur disque dur. Alors que la capacité des disques durs rotatifs (DDR) classiques a atteint l'ordre des téraoctets<sup>45</sup>, 2007 a vu l'avènement des disques durs à

---

semi-conducteurs<sup>46</sup>. Bien qu'ils ne soient pas compétitifs en termes de coût par gigaoctet, les disques durs à semi-conducteurs (DDS) offrent de nombreux avantages : ils sont plus légers, rapides, silencieux et éconergétiques que les disques durs classiques, ils sont plus résistants à une manipulation brutale dans les applications portatives et produisent moins de chaleur. De récents rapports ont indiqué qu'on est en train de fabriquer des disques durs à semi-conducteurs avec des débits de données jusqu'à 62 Mo/s — soit environ 100 fois plus rapides que les DDR classiques. Ce niveau de performance donnera probablement lieu à des téléphones cellulaires pouvant enregistrer plusieurs heures de vidéo, ou bien à des ordinateurs bloc-notes plus petits d'une autonomie grandement améliorée. Comme dans le cas de la plupart des technologies d'information antérieures, les prix diminuent tandis que les capacités augmentent. En effet, certains rapports<sup>47</sup> affirment que la technologie avance un peu plus rapidement que ne le prévoit la loi de Moore, la densité de mémoire doublant chaque année. Cela est partiellement dû au fait que, il y a quelques années, la technologie NAND était produite sur des chaînes de fabrication secondaires. Aujourd'hui, les fabricants la mettent en place sur leurs installations principales, ce qui accélère le développement des produits.

La prédiction relative à la « puissance informatique en abondance » faite par des membres d'IEEE, comme nous l'avons déjà dit, semble être un résultat fort plausible de ces développements de la technologie. À mesure que la puissance informatique augmente, alors que la consommation d'énergie et l'encombrement diminuent, on peut s'attendre à ce que les capacités informatiques soient intégrées de plus en plus à toutes sortes de dispositifs — les transformant en dispositifs intelligents — ce qui donne lieu à la possibilité de l'informatique omniprésente<sup>48</sup>. Les derniers téléphones cellulaires sont déjà appelés téléphones intelligents.

Les avancées en vitesse de transmission des données, en durée de vie de batterie et en capacité de stockage changent les téléphones cellulaires ou téléphones intelligents en outils multifonctions. La possibilité d'utiliser un téléphone comme téléviseur, carte de crédit ou récepteur GPS porte ce dispositif à de nouveaux niveaux d'utilisabilité. La dernière génération de téléphones prendra en charge l'exploration mobile du Web, permettant l'itinérance transparente aux points d'accès Wi-Fi, aux réseaux cellulaires et aux nouveaux réseaux de données haute vitesse. Beaucoup s'attendent maintenant à ce que d'ici dix ans le téléphone cellulaire — ou son successeur évolutionnaire — remplace l'ordinateur portable à titre d'outil Internet dominant<sup>49</sup>. Certains fabricants de téléphones cellulaires facilitent déjà cette tendance. Ainsi, LG Electronics, le cinquième plus grand fabricant de combinés mobiles au monde, vient d'annoncer qu'en 2007, il mettra sur le marché 10 nouveaux modèles de téléphones qui seront préinstallés avec Google Maps, Gmail et autres produits et services Google<sup>50</sup>.

Ces tendances continues des TIC ont eu pour effet que l'Union internationale des télécommunications (UIT) a prédit la possibilité de créer « The Internet of Things »<sup>51</sup> (L'Internet des objets). Dans un rapport de 2005 portant ce titre, l'UIT avance que le monde développé est au seuil d'une ère d'informatique et de communication omniprésentes, qui a le potentiel de transformer radicalement nos sphères commerciale, communautaire et personnelle. À mesure que les tendances des TIC continuent, les étiquettes d'identification par radiofréquence (RFID), les capteurs, la robotique et la nanotechnologie rendront la puissance de traitement de plus en plus disponible dans des boîtiers de plus en plus petits, de sorte que l'informatique en réseau se confondra avec la toile des objets qui nous entourent. Le rapport avance que les indicateurs précoces de cet environnement d'information et de communication omniprésent sont déjà apparents dans la prolifération de téléphones cellulaires de plus en plus puissants

---

et nombreux. Les auteurs affirment que la capacité existante des connexions « n'importe quand » et « n'importe où » fournies par les TIC actuelles sera élargie pour inclure des connexions à « n'importe quoi ». Ce développement est essentiellement le sens de la vision de la « transformation sensorielle » des membres de l'IEEE, que nous avons mentionnée plus haut.

La prolifération des données numériques est, et sera toujours, une retombée de la prolifération des TIC. Dans un livre blanc d'IDC commandité par l'EMC Corporation et intitulé « The Expanding Digital Universe: A Forecast of Worldwide Information Growth Through 2010 », les auteurs décrivent l'ampleur alarmante de cette situation<sup>52</sup>. D'après ce rapport, entre 2006 et 2010, l'information ajoutée annuellement à l'univers numérique passera de 161 exaoctets à 988 exaoctets<sup>53</sup> dans une grande mesure en raison de trois conversions majeures de l'analogique au numérique : de la saisie analogique sur pellicule à la saisie d'image numérique; du signal vocal analogique au signal vocal numérique; et de la télévision analogique à la télévision numérique. IDC prédit que, d'ici 2010, des organisations, y compris des entreprises, des corporations et des gouvernements, seront responsables de la sécurité, de la protection de la vie privée, de la fiabilité et de la conformité d'au moins 85 % de l'univers numérique, malgré le fait que des individus en auront créé près de 70 %. Cette croissance incroyable de l'univers numérique a des implications pour les individus et les organisations à l'égard de la protection de la vie privée, de la sécurité, de la protection de la propriété intellectuelle, de la gestion du contenu, de l'adoption de la technologie, de la gestion de l'information et de l'architecture des centres de traitement des données. Vu cette situation, ce ne peut pas être une simple coïncidence que des entreprises de gestion des données telles que Google atteignent une prééminence mondiale sur Internet. Les initiatives de numérisation des FC et de l'Armée de terre donneront lieu à des problèmes de gestion des données semblables. Paradoxe de l'univers numérique, en raison des changements rapides de la technologie, à mesure que notre capacité à stocker l'information numérique augmente, notre capacité à la stocker à long terme diminue. La durée de vie d'un support d'enregistrement numérique est beaucoup plus courte que celle de la pierre ou du papier; c'est que le support d'enregistrement se détériore, mais, chose plus importante, les dispositifs de lecture deviennent obsolètes. La durée de vie nominale d'un disque dur standard peut être de pas plus de 5 ans, et la vie utile d'une bande magnétique a été estimée à pas plus de 10 ans. Bien que la durée de vie des CD et des DVD soit encore inconnue, il se peut qu'elle ne soit pas de beaucoup plus de 20 ans. Les pratiques de gestion des données doivent tenir compte de cette situation et veiller à ce que les données stockées sur d'anciens supports soient continuellement transférées à de nouveaux supports normalisés à mesure qu'ils atteignent la maturité.

Mis à part les dispositifs informatiques de consommation, la technologie des superordinateurs continue également de s'améliorer de façon exponentielle<sup>54</sup>. Les superordinateurs sont utilisés pour résoudre des problèmes complexes, y compris la simulation et la modélisation de phénomènes physiques, tels que le changement du climat, les explosions ou le comportement de molécules et l'analyse de données venant de sources telles que le renseignement de sécurité nationale, le séquençage de génomes ou des observations astronomiques, ou encore la conception complexe de produits techniques<sup>55</sup>. Leur utilisation est importante pour la sécurité et la défense nationales, ainsi que pour la recherche et développement en science et technologie. L'importance du développement des superordinateurs est reflétée par la réaction des États-Unis au superordinateur japonais, Earth Simulator, qui avait pris la première place mondiale en superinformatique en 2002 (et l'a conservée pendant deux ans). Les É.-U. ont réagi par un financement considérable et, depuis 2004 ont repris la première place, avec pas moins de trois (et maintenant quatre) machines plus rapides<sup>56</sup>. On peut

---

s'attendre à des machines encore plus rapides à mesure que les superordinateurs de la prochaine génération axés sur le laser à diode de NEC appelé « laser à cavité verticale et à émission par la surface » (VCSEL)<sup>57</sup> sont mis au point avec le potentiel d'atteindre des niveaux de performance du petaflop<sup>58</sup>.

Pour ceux d'entre nous qui utilisent la puissance informatique de notre ordinateur de bureau pour peu de choses autres que la création de documents et le courriel, un superordinateur plus rapide peut sembler plutôt peu pertinent. Pourtant, rien ne pourrait être moins vrai. La puissance informatique de ces machines permet d'effectuer des simulations de si haute fidélité qu'elles s'approchent de la fidélité du monde réel (et, en effet, elles permettent de simuler des événements ou des phénomènes que nous ne pourrions même pas espérer tenter dans le monde matériel réel). Cela veut dire que les dernières innovations peuvent être simulées sur un superordinateur avant que toute fabrication ou toute réalisation de l'outillage ait lieu, et la combinaison à des outils de prototypage rapide tels que des imprimantes 3D veut dire que les dernières innovations peuvent être mises sur le marché à un rythme de plus en plus rapide. Par conséquent, il est presque certain que la croissance exponentielle de la technologie continuera (sauf catastrophe majeure).

Il est à noter que, alors que les États-Unis consacrent une part considérable de leurs ressources en superordinateurs à des fins militaires, d'autres pays (dont maintenant la Chine) utilisent de plus en plus leurs installations de superordinateurs à des fins d'innovation commerciale. Il est peu probable que ce soit une simple coïncidence que l'ensemble des pays G8 possèdent 417 des 500 superordinateurs les plus rapides au monde. Il est également à noter que la Chine et l'Inde, qui connaissent toutes les deux une croissance économique considérable, ont chacune plus de superordinateurs parmi les 500 plus rapides que le Canada et la Russie combinés. Si le nombre de superordinateurs est effectivement un indicateur du potentiel de croissance économique, on peut s'attendre à ce que la Chine et l'Inde poursuivent leurs trajectoires de croissance récentes.

En nous penchant sur les technologies habilitant la largeur de bande, nous constatons des tendances très similaires tant dans le domaine câblé que dans le domaine sans fil. Au chapitre de l'infrastructure des réseaux optiques, Alcatel-Lucent Bell Labs vient d'annoncer la création d'un nouveau filtre optique sur puce<sup>59</sup> qui devrait assurer l'intégration des dispositifs électroniques au silicium et des fibres optiques. Cette intégration éliminera les goulots d'étranglement actuels causés par les filtres de réseau qui doivent convertir les signaux optiques en signal électrique pour les conditionner, puis reconvertir ce signal en signal optique avant la retransmission. De même, des chercheurs d'IBM viennent d'annoncer<sup>60</sup> un nouveau jeu de puces d'émetteur-récepteur optique qui peut transférer les données à des vitesses de jusqu'à 160 Go par seconde, soit huit fois plus vite que les composants optiques antérieurs.

Pour promouvoir encore l'innovation de la largeur de bande à l'intérieur de l'infrastructure des réseaux fixes, le consortium Internet2<sup>61</sup> commandite le concours Internet2 Land Speed Record (I2-LSR) pour la plus grande largeur de bande de réseau de bout en bout — concours ouvert et permanent. Le détenteur du record actuel dans la catégorie IPv6<sup>62</sup> — classe de flux simple — est une équipe composée de membres de l'université de Tokyo, du projet WIDE, de la Microsoft Corporation et d'autres. Cette équipe a atteint un débit de données de 272 400 téraoctets-mètres par seconde en transférant 585 gigaoctets de données sur un réseau de 30 000 kilomètres en environ 30 minutes — soit un débit moyen équivalent de 9,08 gigabits par seconde<sup>63</sup>.

Pour ce qui est du réseautage sans fil, l'utilisation d'antennes multiples à l'émetteur et au récepteur, connu couramment comme le sans-fil à entrées et à sorties multiples

---

(MIMO), est une technologie économique en émergence qui devrait réaliser des liaisons sans fil à 1 Go/s. Cette technologie est également désignée « à antennes intelligentes ». <sup>64</sup> La technologie MIMO a attiré l'attention en communications sans fil, puisqu'elle offre des augmentations considérables du débit de données et de la portée des liaisons sans exiger de largeur de bande ou de puissance d'émission additionnelles. Elle y parvient grâce à une plus grande efficacité spectrale (davantage de bits par seconde par Hertz de largeur de bande) et une plus grande fiabilité ou diversité de la liaison (évanouissement réduit).

Plusieurs technologies laissent prévoir des vitesses large bande véritable qui rapprocheront la connectivité omniprésente de la réalité. Trois technologies ont émergé pour couvrir la gamme allant des courtes distances aux distances étendues : la bande ultralarge (UWB), la fidélité sans fil (Wi-Fi) et l'interopérabilité mondiale en vue de l'accès par micro-ondes (WiMAX). Les systèmes UWB conviennent à des distances jusqu'à 10 mètres, alors que les systèmes Wi-Fi couvrent normalement des distances jusqu'à 100 mètres, et les systèmes WiMax sont prévus pour des distances jusqu'à 50 kilomètres.

La technologie UWB est basée sur la norme WiMedia et offrira la commodité et la mobilité des communications sans fil à des interconnexions haute vitesse de dispositifs dans l'ensemble d'un foyer ou bureau numérique. Elle est conçue pour des réseaux personnels sans fil (WPAN) à courte distance et à faible puissance et c'est la technologie de choix pour libérer les gens des fils, permettant la connexion de dispositifs multiples pour la transmission de vidéo, d'audio et d'autres données exigeant une grande largeur de bande. La technologie UWB assure la transmission de données par radio dans la bande 3,1-10,6 GHz, capable d'atteindre des débits de données s'approchant de 500 Mbit/s avec un parasitage réduit.

Les réseaux Wi-Fi font appel aux technologies radioélectriques appelées IEEE 802.11a, 802.11b et 802.11g pour assurer la connectivité sécurisée, fiable, rapide, sans fil. On peut utiliser un réseau Wi-Fi pour connecter des ordinateurs entre eux, à Internet et à des réseaux câblés (qui font appel au protocole IEEE 802.3 ou Ethernet). Les réseaux Wi-Fi fonctionnent dans les bandes radio exemptes de licence de 2,4 et de 5 GHz, et permettent un débit de données de 11 Mb/s (802.11b) ou de 54 Mb/s (802.11a) <sup>65</sup> ou sont utilisés avec des produits qui offrent les deux bandes. Ils peuvent fournir des performances en conditions réelles semblables à celles des réseaux câblés Ethernet 10BaseT <sup>66</sup>.

La technologie WiMAX est basée sur la norme IEEE 802.16, et l'on s'attend à ce qu'elle permette des vitesses large bande véritable sur des réseaux sans fil à un prix qui permettra l'adoption par le marché de masse. Deux applications principales sont envisagées pour le WiMAX : les applications WiMAX fixes permettant l'accès large bande point à multipoint aux foyers et aux entreprises; et le WiMAX mobile, qui offre la mobilité intégrale des réseaux cellulaires à des vitesses large bande véritable. Les applications tant fixes que mobiles du WiMAX sont conçues pour aider à fournir des services large bande sans fil omniprésents à grand débit et à frais réduits. Certains chercheurs s'attendent à ce que les technologies sans fil de la prochaine génération (4G) évoluent vers la norme WiMAX, faisant appel à des réseaux axés exclusivement sur IP, ce qui est considéré comme le moyen idéal pour fournir des services de données sans fil économiques <sup>67</sup>. L'importance du routage axé exclusivement sur IP est reflétée par un projet de démonstration de la technologie de capacité interarmées (JCTD) du Département de la défense des États-Unis récemment annoncé <sup>68</sup> et visant à essayer le routage Internet dans l'espace (IRIS). Intelsat General Corp., filiale en propriété exclusive d'Intelsat Ltd, a été sélectionnée pour démontrer la viabilité d'effectuer des communications militaires via un routeur Internet dans l'espace, qui sera utilisé à des



---

fins commerciales, une fois les essais terminés. Si le projet IRIS est couronné de succès, Internet sera étendu à l'espace, en intégrant les systèmes par satellite à l'infrastructure au sol, ce qui améliorera la largeur de bande pour les combattants américains, les premiers intervenants et d'autres utilisateurs qui ont besoin de communications continues et instantanées.<sup>69</sup>

La communication par satellite, capacité importante pour les opérations militaires, subit également d'importants changements. Ainsi, les nouveaux satellites faisant partie du programme Skynet 5 viennent d'être mis en service, ce qui a doublé la largeur de bande disponible aux forces UK dans le théâtre de guerre en Afghanistan et en Iraq<sup>70</sup>. Chose remarquable, ce système de communication n'appartient pas aux forces armées, mais plutôt à Paradigm Secure Communications, consortium d'entrepreneurs en défense dirigé par EADS Astrium, le leader des entreprises aérospatiales européennes. Bien que Paradigm travaille à contrat pour UK MOD (dans le cadre d'une Private Finance Initiative) pour fournir la largeur de bande assurée, l'arrangement prévoit la vente de largeur de bande de réserve sur les nouveaux satellites aux forces « amies », ce qui est payant non seulement pour Paradigm, mais aussi pour le ministère anglais de la Défense. Le Canada compte parmi les forces qui achètent de la largeur de bande de Paradigm.

Comme nous l'avons déjà dit, il y a plusieurs nouvelles technologies radio en cours de développement, y compris Bluetooth, ZigBee, un nombre croissant de services cellulaires vocaux et numériques et la radiodiffusion par satellite. Pour que cette prolifération de technologies sans fil fonctionne avec un parasitage minime, chacune est limitée à des bandes particulières du spectre électromagnétique. Toutefois, la gestion classique du spectre est limitée par la façon dont elle divise le spectre en canaux et par les techniques de codage et les schémas de modulation qu'elle peut utiliser<sup>71</sup>. Une technologie en émergence se pointe à l'horizon, soit la radio cognitive, qui devrait redéfinir la gestion du spectre. Un poste de radio cognitive sera un appareil sans fil qui sera assez intelligent pour analyser l'environnement radio et décider lui-même de la meilleure bande de fréquences et du meilleur protocole à utiliser pour atteindre toute station de base avec laquelle il doit communiquer, au plus bas niveau de consommation d'énergie<sup>72</sup>.

Bien que le matériel informatique et les réseaux continuent de connaître une croissance exponentielle, habilitant des vitesses de transfert de données et des capacités de stockage sans précédent, les interfaces utilisateur qui assurent l'accès efficace et efficient à des quantités toujours croissantes de données numérisées n'ont pas emboîté le pas. Cela changera probablement au cours des quelques prochaines années, à mesure que de nouveaux modes de manipulation des données seront habilités par des interfaces multitactiles, des dispositifs haptiques et des contrôleurs sensibles au mouvement. Un exemple précoce de la fonction multitactile a été développé et démontré par Jeff Han au Department of Computer Science Courant Institute of Mathematical Sciences de la New York University<sup>73</sup>. La détection multitactile permet aux utilisateurs d'interagir avec un système avec plusieurs doigts à la fois. Ces dispositifs de détection ont également la capacité inhérente de prendre en charge plusieurs utilisateurs en même temps, ce qui est particulièrement utile pour les écrans interactifs plus grands tels que les murs et les dessus de table interactifs — par conséquent, ils conviennent à merveille aux affichages de systèmes de commandement et de contrôle aux quartiers généraux de formation et d'unité. En revanche, les dispositifs haptiques permettront aux utilisateurs de toucher ou de sentir les données numérisées. Une interface haptique est un dispositif qui permet à l'utilisateur d'interagir avec un ordinateur tout en recevant une rétroaction tactile. Cette rétroaction est réalisée par l'application d'un certain degré de force opposée à l'utilisateur<sup>74</sup> au moyen d'une

---

variété de techniques, y compris la sustentation magnétique.<sup>75</sup> Une autre forme d'interface à rétroaction est le contrôleur sensible au mouvement, popularisé par le système de jeux Nintendo Wii<sup>76</sup>. Combinés aux progrès exponentiels de la qualité des graphismes informatiques qui fournissent de plus en plus des affichages réalistes de mondes virtuels 3-D, ces interfaces donneront lieu à des environnements virtuels convaincants et réalistes.

La conception et le développement des logiciels, comme la technologie des interfaces, commencent également à subir des changements importants. Le développement s'éloigne du modèle séquentiel, dans lequel la progression est un passage continu par les phases d'analyse des exigences, de conception, de mise en œuvre, d'essais (de validation), d'intégration et de maintenance. Les nouvelles méthodes verront assurément une plus grande agilité<sup>77</sup>, habilitée par les TIC, devenant interactive et coopérative, et ce, souvent en temps réel. La mise en valeur de ces progrès au sein de la communauté de la défense posera des défis de taille. Sue Payton, Undersecretary of Defense (Advanced Systems and Concepts) du département de la Défense des États-Unis, décrit ces défis dans une version en ligne du magazine « Military Information Technology ». Elle indique que les logiciels de défense sont encore souvent acquis selon les mêmes processus d'affaires de l'âge industriel utilisés pour acquérir navires, chars et autres machines matérielles<sup>78</sup>. À son avis, afin de conduire une guerre de l'âge de l'information, il faudra de nouveaux processus d'affaires qui permettent une évolution plus rapide des capacités. Au contraire des aéronefs ou des chars, qui exigent des usines pour produire des copies multiples, les logiciels peuvent être photocopiés parfaitement, à partir de pratiquement tout emplacement et être modifiés à la volée pour que leurs caractéristiques soient changées.

Les environnements de développement en émergence tels qu'Ajax, ainsi que les technologies de la couche présentation, permettront de combiner des ensembles de données à la demande au moyen d'une quantité de programmation minimale. Une autre tendance croissante est la fourniture de logiciels à titre de service Web — dont on trouve un exemple dans la fonction « Document et Tableur » de Google, qui permet aux utilisateurs de créer des documents et tableurs compatibles MS Office sans installer aucun logiciel (sauf un explorateur Web standard). Les documents ainsi créés peuvent être édités (même en collaboration) à partir de tout ordinateur ayant accès au Web et être partagés sans problème. Il y a un nombre croissant de services logiciels axés sur le Web. La base de données Office 2.0<sup>79</sup>, par exemple, énumère plus de 250 services axés sur le Web, groupés par domaine d'applications [en anglais seulement], y compris : bookmarks (signets), business intelligence (renseignements d'affaires), calculators (calculatrices), calendars (calendriers), clipboards (bloc-notes), contacts, CRM (gestion des relations avec la clientèle), databases (bases de données), desktop publishing (édition), development tools (outils de développement), document managers (gestionnaires de documents), drawing (dessin), email (courriel), event managers (gestionnaires d'événements), expense trackers (logiciels de suivi des dépenses), fax (télécopies), feed processors and readers (processeurs et lecteurs de signaux), files managers (gestionnaires de fichiers), file senders (logiciels d'envoi de fichiers) et file servers (serveurs de fichiers). De nouveaux services Web, tels qu'iUpload<sup>80</sup> et Knownow<sup>81</sup>, devraient également fournir des outils qui permettront aux organisations de bâtir des systèmes organiques autogérés de gestion de connaissances, notamment lorsqu'ils sont combinés à des applications de recherche d'entreprise et de renseignements d'affaires.

Ensemble, les innovations susmentionnées en traitement informatique, capacité de mémoire, capacité de stockage sur disque, largeur de bande, interfaces et développement de logiciels continueront à stimuler l'innovation en TIC. Il ne faut pas

---

sous-estimer l'importance des TIC pour le développement national et la croissance économique. En effet, le rapport repère Global Information Technology Report du Forum économique mondial, qui évalue les forces et les faiblesses des TIC nationales, souligne l'importance continue des TIC<sup>82</sup>. La forte corrélation entre les nations occupant une place médiocre sur l'Indice de préparation pour l'accès au réseau du Forum économique mondial<sup>83</sup> et le Failed States Index (indice des États en déroute)<sup>84</sup>, fourni par Foreign Policy.com, renforce l'importance des TIC globales non seulement pour le développement économique, mais aussi pour la sécurité mondiale. De même, dans son « Rapport 2006 sur l'économie de l'information », la Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (CNUCED) indique que les processus économiques mondiaux, y compris le commerce international, sont de plus en plus influencés par la création, la dissémination, l'accumulation et l'application d'information et de connaissance<sup>85</sup>. En outre, elle conclut qu'on ne peut plus comprendre le développement sans considérer de façon approfondie les effets généralisés des TIC. Le rapport estime que les réseaux à large bande pourraient contribuer des centaines de milliards de dollars par année au PIB des pays développés au cours des quelques prochaines années. Bien que cela puisse surprendre certains, dans le rapport, l'importance des réseaux à large bande a été comparée à celle des services publics tels que l'eau et l'électricité. La CNUCED avertit que l'importance croissante de l'accès Internet haute vitesse est une « nouvelle inquiétante » pour les pays en voie de développement où l'accès large bande est rare, parce que la technologie exerce une influence de plus en plus grande sur les tendances commerciales mondiales<sup>86</sup>.

La prolifération mondiale des technologies de l'information et des communications citée ci-dessus habilite des capacités révolutionnaires. Les superordinateurs, dont on a traité plus haut, ne sont plus réservés aux pays riches. Les réseaux à large bande combinés à la prolifération d'ordinateurs individuels de plus en plus puissants et connectés à Internet ont mis les superordinateurs à la disposition des peuples. Les principaux acteurs de la technologie, tels qu'IBM, Sun Microsystems Inc. et Hewlett-Packard Co., vendent déjà de la puissance informatique, à grande échelle, à des corporations majeures. De nouveaux services, par contre, offerts par Amazon.com Inc. et 3tera Inc. par exemple, fournissent l'informatique sur demande aux petites et moyennes entreprises. Ce concept est connu sous le nom d'informatique répartie et fait appel à une technique appelée virtualisation. Ainsi, Amazon fournit des serveurs virtuels qui ont la puissance équivalente d'une machine avec un processeur Xeon 1,7 GHz, près de 2 Go de RAM, un disque dur 160 Go et une connexion Internet haute vitesse. Les utilisateurs paient sur demande à un tarif de 10 cents par serveur virtuel à l'heure pour l'accès à des instances générées de serveurs virtuels<sup>87</sup>. De nombreux projets de recherche scientifiques utilisent l'inverse de cette technique, en fournissant aux utilisateurs d'ordinateurs domestiques une application qui relie ces ordinateurs automatiquement dans une configuration de superordinateur réparti, qui fait appel à la capacité de traitement excédentaire des ordinateurs domestiques. Dernièrement, cette technique a également été élargie pour inclure des consoles de jeux haut de gamme, d'après l'annonce de Sony<sup>88</sup> que la dernière console de cette entreprise, la PS3, sera capable de participer au projet folding@home mené par la Stanford University<sup>89</sup>. Des niveaux remarquables de puissance informatique ont été atteints au moyen de cette technique. À titre d'exemple, l'application Berkeley Open Infrastructure for Network Computing (BOINC), relie près de 2 millions d'ordinateurs pour 41 projets de recherche différents. Le projet de prédiction du climat à lui seul atteint en moyenne l'équivalent de 43 183 milliards de calculs par seconde<sup>90</sup>. Comme l'application BOINC est à source libre, il est raisonnable de prédire qu'au fil du temps, d'autres projets seront ajoutés. Il peut être difficile, toutefois, de garantir que de nouveaux projets ne seront pas conçus à des fins malicieuses malgré leur apparence bienveillante.

---

Une autre tendance habilitée par les TIC est la prolifération de l'hébergement Internet. Yahoo! vient d'annoncer qu'il offrirait à ses utilisateurs un stockage illimité de courriels<sup>91</sup>. D'autre part, le Gmail de Google offre à ses utilisateurs une capacité de stockage de fichiers de près de 3 gigaoctets. Chacune de ces offres n'aurait sans doute pas été possible sans la réduction des frais du stockage de données indiquée plus haut. Un autre exemple dans ce domaine, Amazon S3 (service de stockage simple), est un système de stockage sur Internet conçu pour faciliter l'informatique à l'échelle du Web pour les développeurs. Amazon S3 offre une interface simple de services web qui peut être utilisée pour stocker et extraire n'importe quelle quantité de données, n'importe quand, de n'importe où sur le Web. Il donne à un développeur quelconque accès à la même infrastructure de stockage de données fortement dimensionnable, fiable, rapide et peu dispendieuse qu'Amazon utilise elle-même pour exploiter son réseau mondial de sites Web. Il n'y a pas de droits minimaux et pas de frais initiaux. À titre d'exemple du caractère économique de cette offre, un investissement mensuel de 200 \$ fournirait une capacité de stockage de 667 gigaoctets et permettrait le transfert de 500 gigaoctets de données<sup>92</sup>. En combinant Amazon S3 à Elastic Compute Cloud d'Amazon (Amazon EC2), les développeurs ont accès à l'informatique à l'échelle du Web, pratiquement de n'importe où dans le monde, ce qui simplifie leurs activités de développement. Étant donné ce niveau de ressources informatiques disponibles à quiconque a un accès Internet, on aurait tort de croire que des groupes d'insurgés ou des organisations criminelles ne sont pas technohabilités.

La projection de la « puissance informatique et largeur de bande en abondance » des membres de l'IEEE, de même que la prévision du CNRC en matière de TIC, résultent de la confluence des tendances de croissance exponentielle continue en technologie de l'information et en communications par réseau à large bande à haute vitesse telles que décrites ci-dessus. Les puces deviennent plus éconergétiques, plus petites et de plus en plus puissantes. La capacité informatique et la largeur de bande des réseaux, qu'ils soient à câble optique ou sans fil, continuent de se répandre et de prendre de l'importance à titre de capacité nationale vitale.

Dans les environnements militaires, l'importance des technologies de l'information et du réseautage est reconnue depuis de nombreuses années. En effet, le succès du concept des opérations adaptables et dispersées pour l'Armée de terre de demain dépend de la distribution adéquate des TIC jusqu'aux plus bas niveaux, y compris les soldats individuels débarqués. Ici, l'hypothèse est basée sur la logique selon laquelle la mise en réseau de chacun et de tout permettra aux acteurs en périphérie du réseau<sup>93</sup> de prendre des décisions indépendantes. Les parallèles avec les principes du commandement de la mission dans la doctrine actuelle de l'Armée de terre devraient être évidents. L'accès omniprésent aux réseaux épouse également l'idée de la « sagesse de la foule »<sup>94</sup> de James Surowiecki, selon laquelle les grands groupes de gens sont plus avisés que quelques personnes d'élite, peu importe la brillance de celles-ci. D'après Surowiecki, les foules en réseau sont plus capables de résoudre des problèmes, de favoriser l'innovation, d'en arriver à des décisions sages et même de prédire l'avenir. Néanmoins, de nombreuses questions demeurent sans réponse, notamment en ce qui a trait à l'incidence sur les décisions relatives aux ressources humaines. Par exemple, quels seront les critères les plus importants pour la sélection de leaders à l'avenir? À cette époque, quelle est l'exigence principale d'un bon commandant? — l'expérience opérationnelle ou la capacité à gérer les ressources humaines? Peut-être que les tendances qui se dessinent maintenant dans les secteurs commerciaux peuvent nous mettre sur la piste; les PDG de nos jours connaissant le plus de succès sont ceux qui favorisent, développent et créent un environnement qui habilite la périphérie — en adoptant et encourageant le potentiel novateur des « foules ». Bien

---

que le commandement de mission puisse être un pas dans cette direction, il se peut que ce ne soit qu'un petit pas comparativement au potentiel d'habiliter « chacun et tout » sur le champ de bataille.

Un des principaux avantages de l'environnement TIC qui est en train de devenir omniprésent que nous avons présenté jusqu'ici est la façon dont il a permis aux gens de se mettre en réseau. Une retombée clé de cette situation a été une augmentation dramatique de la collaboration, souvent à une échelle mondiale. Un domaine qui a grandement bénéficié de ce type de collaboration du genre « sagesse de la foule » a été le développement de logiciels libres. Bien que ce ne soit pas un développement nouveau, l'initiative des logiciels libres<sup>95</sup> a produit des applications robustes qui sont devenues un défi d'importance mondiale pour les logiciels propriétaires classiques. L'échelle seule de la collaboration en réseau mondial a donné lieu à l'élaboration de logiciels libre dans presque tous les domaines d'application; les logiciels et les codes source peuvent être téléchargés, utilisés et modifiés librement.

Les promoteurs des principes des logiciels libres avancent que le fait que le code source libre soit transparent et largement disponible aide à rendre les logiciels libres plus sécurisés que les logiciels commerciaux. En revanche, d'autres prétendent que l'absence de contrats entre le vendeur et l'acheteur sur le marché des logiciels libres rend le déploiement de ces logiciels moins sécurisé. Bien qu'il soit peu probable que cette controverse soit résolue sous peu, il est fort probable que l'adoption des logiciels libres fleurira dans les pays en voie de développement à cause des barrières de coût prohibitives présentées par les logiciels commerciaux de remplacement. Vu la haute qualité de nombreux logiciels libres, combinée aux nombreux utilisateurs mondiaux qui fournissent des modifications, des corrections et des mises à niveau, il y a très peu d'inconvénients pour les pays en voie de développement à suivre cette approche. Les coûts de partage de code sont faibles, alors que les bénéfices sont élevés. Le projet « One Laptop Per Child » (un portatif par enfant, OLPC)<sup>96</sup> (qui n'utilise que des applications gratuites) ne servira qu'à renforcer le mouvement des logiciels libres dans les pays en voie de développement. Il est possible que l'initiative des logiciels libres combinée à l'OLPC soit la raison derrière la récente annonce de Microsoft de couper les prix des logiciels pour élèves dans les pays en voie de développement<sup>97</sup>. Microsoft envisage d'offrir une version limitée de son progiciel Office aux élèves des pays en voie de développement au prix de trois dollars par copie. Quelles que soient les motivations de cette initiative, si on la combine aux logiciels libres, il y a là un potentiel de rétrécir le fossé numérique existant<sup>98</sup>. Il est clair que les logiciels libres constituent une tendance croissante. Il s'agit d'une tendance qui habilite les individus au moyen d'outils et capacités TIC de pointe, quels que soient leurs emplacements ou leurs moyens financiers.

De plus, l'initiative des logiciels libres change profondément le visage de l'éducation. Ainsi, le Massachusetts Institute of Technology (MIT), a lancé, il y a six ans, son programme novateur OpenCourseWare (OCW)<sup>99</sup>. Le programme OCW est une ressource éducative libre (OER) et gratuite pour les enseignants, les étudiants et les apprenants autonomes dans le monde entier. Le programme OCW assure actuellement le libre accès aux documents de cours pour jusqu'à 1 550 cours du MIT, représentant 34 départements et les cinq branches du MIT<sup>100</sup>. L'objectif est d'inclure du matériel de tous les cours du MIT d'ici 2008. Depuis les efforts de pionnier du MIT, onze autres collègues américains ont fait état de plans d'offrir des OCW semblables, et cinq d'entre eux ont déjà une présence en ligne<sup>101</sup>.

Une autre tendance de réseautage humain en évolution rapide est le phénomène du réseautage social, y compris les wikis, les blogues, la mise en commun de signets et le taggage. Chacun de ces domaines présente des similarités avec l'initiative des

---

logiciels libres susmentionnée; leur force réside dans une participation et une collaboration optimales de la communauté des utilisateurs. Les changements mis en œuvre en raison du phénomène social du réseautage social seront abordés de façon plus approfondie dans une section ultérieure portant sur l'incidence de la technologie sur la société. Le reste de la présente section porte sur les progrès dans d'autres domaines technologiques à l'intérieur des TIC.

La recherche en intelligence artificielle est un domaine qui a vu une recrudescence d'activité grâce aux progrès réalisés en TIC et dans d'autres domaines de recherche scientifique fondamentale. Certains experts croient que l'avènement de l'intelligence technologique autonome sera inévitable, mais proposent que la manière et le moment de la transition demeurent des choix clés sous l'influence d'êtres humains<sup>102</sup>. Toutefois, ce qui est le plus remarquable en ce qui a trait aux prédictions relatives à l'intelligence artificielle (IA), c'est le fait que les experts osent de nouveau faire des prédictions au sujet de l'avenir de l'IA. L'échec des réalisations des attentes en IA de la fin des années 1980 et du début des années 90 a mené à l'évaporation des fonds de recherche en IA. Il semble maintenant qu'une masse critique de recherche visant la création d'une vraie intelligence artificielle et d'autres technologies de pointe, dont la robotique, convergent rapidement.

Il y a déjà de nombreux exemples de créneaux spécialisés où l'intelligence machine dépasse les capacités humaines. Par exemple, Wallace Forbes, président du Forbes Investors Advisory Institute affirme que le programme informatique propriétaire « Quant Model » de cet institut l'emporte sur la plupart des gestionnaires de portefeuille humains dans la sélection d'actions. Forbes affirme que plus de 75 % des gestionnaires de portefeuille le cèdent au marché, alors que, sur une période de 10 ans, le Quant Model l'a emporté sur le S&P 500 d'un taux étonnant de 362 %<sup>103</sup>. Certains ont comparé ces applications intelligentes de créneau spécialisé à des savants autistiques : très doués dans des domaines très restreints, mais fortement handicapés dans la plupart des autres. Bien qu'aujourd'hui cela puisse être une comparaison raisonnable, il demeure qu'il y a un nombre croissant de ces domaines spécialisés où l'IA présente des performances comparables ou supérieures à celles des humains. Bien qu'il n'y ait pas de consensus clair parmi les chercheurs en IA, ces domaines spécialisés pourraient finir par converger, donnant lieu à des systèmes d'IA de plus en plus puissants qui couvrent une vaste gamme de domaines — atteignant éventuellement une intelligence de niveau humain.

Un des domaines à succès de la mise en œuvre de l'IA est celui des agents intelligents. Un agent est un programme (souvent axé sur le Web) qui s'exécute automatiquement sans qu'un utilisateur ait besoin de le lancer, une fois qu'il a été configuré. Par exemple, le service de recherche d'emploi en ligne Monster ([www.monster.com](http://www.monster.com)) permet aux utilisateurs d'entrer les types d'emplois qu'ils cherchent. Même lorsque les utilisateurs sont hors ligne, l'agent balaye la base de données d'emplois de Monster tous les jours et envoie un courriel s'il trouve un emploi qui répond aux critères de l'utilisateur. Le développement et l'amélioration permanents du Web sémantique<sup>104</sup> promettent d'établir un cadre de données et de connaissance qui permettra une automatisation plus sophistiquée de l'information et de la connaissance au moyen des agents intelligents. L'Advanced Research Projects Agency (DARPA) du département de la Défense des États-Unis finance un programme d'agent intelligent appelé Personalized Assistant that Learns, ou PAL, qui vise à améliorer radicalement la façon dont les ordinateurs soutiennent les humains en habilitant des systèmes qui sont cognitifs, c.-à-d. des systèmes informatiques qui peuvent raisonner, apprendre de l'expérience, suivre des instructions, expliquer ce qu'ils sont en train de faire, réfléchir à leur expérience et réagir à la surprise de façon positive<sup>105</sup>. Notamment, PAL développera

---

une série de systèmes cognitifs prototypes qui pourront servir d'assistants aux commandants et à l'état-major. Ce type de développements en IA est en train de pénétrer dans le domaine commercial. Un des exemples se retrouve dans MATY de Proto-Mind Machines (PMM) — il s'agit d'un modèle informatisé des réseaux neuronaux du cerveau humain<sup>106</sup>. PMM commercialise MATY comme une partie d'un système portable fourni avec des microphones et un système de vision informatisée expérimental, tout en revendiquant que le système apprendra et deviendra intimement lié à l'intellect du porteur.

De plus, les technologies d'intelligence artificielle laissent prévoir l'habilitation et le perfectionnement des dispositifs intelligents. Ainsi, un produit d'Intelli-Vision<sup>107</sup> habilite les « caméras intelligentes », qui sont capables de sélectionner des événements et activités suspects<sup>108</sup>. Ces applications devraient améliorer des fonctions exigeantes en main-d'œuvre, telles que la surveillance périphérique. Le personnel qui aurait été requis pour la tâche fastidieuse et susceptible d'erreurs de surveillance de moniteurs vidéo peut être réaffecté à des activités plus exigeantes. Les dispositifs intelligents sont aptes à se multiplier à un rythme plus élevé, à mesure que les nouvelles techniques d'intelligence artificielle, telles que les algorithmes évolutionnaires<sup>109</sup>, atteignent la maturité et habilitent des solutions jusque-là hors d'atteinte.

Des annonces de progrès dans divers domaines en rapport avec l'IA paraissent régulièrement. Les chercheurs abandonnent l'ancienne approche en IA qui tentait d'imiter le comportement humain au moyen de règles codées sous forme fixe, approche qui s'est avérée inadéquate dans les situations où les systèmes IA se confrontaient à des situations qui se trouvaient en dehors de la portée des règles préétablies<sup>110</sup>. Beaucoup des plus grandes avancées de la recherche en IA ont été atteintes par la mise en œuvre d'algorithmes qui apprennent par observation et imitation, comme l'approche utilisée par les humains. Certains chercheurs prévoient maintenant que le Web sera la source de la connaissance brute nécessaire pour doter l'IA future de la connaissance de bon sens nécessaire pour lui donner des niveaux d'intelligence humains<sup>111</sup>.

Bien qu'il semble y avoir un consensus croissant qu'une intelligence machine de niveau humain sera atteinte, les opinions divergent grandement quant au moment de sa réalisation éventuelle. Certains spéculent que cela pourrait se produire dès 2029<sup>112</sup>. Il est probable que le développement de l'IA suivra les mêmes tendances que presque toutes les autres technologies — elle progressera par étapes incrémentales, chacune bâtissant sur les succès antérieurs. Cette méthodologie de développement par « rendements accélérés » laisse prévoir qu'il n'y aura pas de développement catastrophique du jour au lendemain qui prend l'humanité par surprise, malgré la popularité de ce thème à Hollywood. Ce sera plutôt une série de choix délibérés faits en cours de route, chaque étape incrémentale servant à aborder quelque besoin humain immédiat. Il existe déjà de nombreux exemples historiques, tels que le décodage, le pilote automatique d'aéronefs, les engins télépilotes ou les missiles de croisière à longue portée. Aujourd'hui, un effort de recherche considérable, tant militaire que commercial, est consacré aux technologies des engins terrestres télépilotes<sup>113</sup>.

À mesure que les capacités des systèmes IA s'améliorent, ceux-ci assumeront de plus en plus de fonctions qui, traditionnellement, relèvent exclusivement de la compétence des humains. Comme nous l'avons déjà dit, nos machines dépassent déjà les humains dans l'exécution de plus en plus de tâches, par exemple, la gestion du secteur électrique<sup>114</sup> ou le guidage d'objets comme les missiles ou les satellites et l'assemblage d'autres machines<sup>115</sup>. Il sera important, dans le cadre des efforts de développement des capacités de l'Armée de terre, de demeurer conscient, et en effet, d'être à l'avant-garde des développements en IA à mesure qu'ils continuent de

---

s'accélérer parallèlement aux autres domaines à croissance exponentielle tels que la cybernétique, la mécatronique et la robotique.

On peut s'attendre à ce que, à un moment donné de l'avenir, l'IA de nature militaire atteigne un seuil de capacité qui menace de franchir des frontières morales, éthiques et/ou légales. Prenons comme exemple un système autonome qui est capable de prendre des décisions de vie ou de mort dans des environnements chaotiques ou dynamiques. Bien que l'approche standard d'aujourd'hui consiste à limiter ces complications en veillant à ce qu'il y ait un chaînon humain dans la boucle de prise de ces décisions, il se peut que cela ne soit pas une solution convenable à l'avenir. Il est possible qu'il y ait des situations où les événements se produisent si vite que les temps de réaction humains normaux seraient complètement inadéquats. Nous voyons déjà le début de cette tendance. Par exemple, des contremesures automatisées comme le blindage actif doivent s'exécuter en quelques millisecondes, bien avant que des opérateurs humains soient capables de déceler une menace et d'y réagir.

Vu les progrès récents de l'IA et la probabilité qu'elle atteindra un niveau de perfectionnement qui mettra au défi les capacités humaines dans une vaste gamme de domaines, la prudence dicterait aux employés des organisations de développement des capacités d'être conscients des ramifications morales, éthiques et légales des décisions visant le développement lié à l'IA. Ce qui complique la situation c'est le fait que l'automatisation est actuellement considérée comme un multiplicateur de la force de combat. Il faudrait peut-être discuter de ces questions aujourd'hui afin de déterminer quelles devraient être les frontières morales et éthiques pour les systèmes IA. Cependant, comme le montre l'histoire, les frontières morales et éthiques continuent de se déplacer à mesure que les sociétés changent et s'adaptent à de nouvelles technologies.

Intimement liée au domaine de l'IA, la technologie des systèmes cybernétiques est un autre domaine qui se développe rapidement en raison de la croissance exponentielle de beaucoup des technologies habilitantes. La cybernétique porte sur l'intégration de la mécanique, de l'électronique, de la bionique et de la robotique. Un exemple probant d'un système cybernétique est une exosquelette<sup>116</sup>. Un exemple plus dramatique est le bras bionique développé au Rehabilitation Institute of Chicago, au sein du Neural Engineering Center for Artificial Limbs (NECAL). Ce bras fait appel à une procédure novatrice de réinnervation musculaire qui consiste à prendre les nerfs d'un amputé et à les attacher à un muscle en bonne santé<sup>117</sup>. Cette technique permet au sujet d'utiliser un bras prothétique comme s'il s'agissait d'un membre réel — en pensant tout simplement à ce qu'il veut que le bras fasse.

Mis à part les bénéfiques évidents de la communauté des handicapés, cette technologie en évolution rapide a du potentiel pour le développement de nouvelles capacités telles que la téléprésence. Imaginez que vous seriez capable de commander les fonctions d'un robot humanoïde<sup>118</sup> en y pensant tout simplement. Puis, combinez un robot humanoïde intelligent<sup>119</sup> à une interface de réseau, et il devient faisable qu'un opérateur soit capable de penser à ce que le robot téléopéré devrait faire — les fonctions d'intelligence de ce dernier prenant la relève en cas de retard ou d'interruption du réseau. Imaginez ensuite que la rétroaction du robot retourne directement à votre cerveau<sup>120</sup> produisant une sensation tactile<sup>121</sup> ainsi que de l'information visuelle<sup>122</sup> et auditive<sup>123</sup>. Ces tendances laissent prévoir qu'il peut bientôt être possible d'être « sur les lieux » sans jamais quitter la maison. Éventuellement, si l'information de rétroaction sensorielle atteint une résolution suffisante, dans votre esprit, vous seriez effectivement sur les lieux. Bien qu'il soit peu probable que ce niveau de capacité soit atteint dans le délai visé par le présent document, il est probable que ce type de système cybernétique sera un facteur à l'avenir — peut-être en tant que moyen d'atténuer les questions



---

morales et éthiques entourant la prise de décisions par un système d'IA mentionnée plus haut.

La croissance exponentielle est également évidente dans le domaine de la robotique, en raison de bien des mêmes tendances de croissance attribuables à la loi de Moore. De nouveaux outils de développement tels que Robotics Studio<sup>124</sup> de Microsoft devraient servir à alimenter cette croissance. Certains chercheurs croient que la robotique est sur le point de devenir la prochaine technologie de base majeure, dépassant peut-être celle de l'informatique en importance<sup>125</sup>. Le département de la Défense semble être du même avis : malgré les obstacles, en 2000, le Congrès américain a ordonné que le tiers des véhicules terrestres et le tiers des avions d'attaque en profondeur des forces armées doivent devenir robotiques en moins de dix ans. Les États-Unis ont déjà dépensé bien des milliards de dollars en robotique militaire dans une tentative de répondre à ce mandat. Des percées technologiques ont sans aucun doute été atteintes, bien que les résultats détaillés de ce programme ne soient pas rendus publics.

Une étude de 2006 de la Defence Science and Technology Organization (DSTO)<sup>126</sup> de l'Australie qui examinait les questions de génération de la connaissance de la situation dans des systèmes autonomes a conclu qu'en termes stratégiques, vu les précédents en développement des concepts et les goulots d'étranglement et les progrès de la technologie, la robotique a passé le point d'être une nouvelle menace stratégique, pour devenir une technologie qui élargit la menace au niveau opérationnel et tactique. La caractéristique clé est la banalisation, permettant aux différents intervenants d'utiliser une technologie anciennement spécialisée. L'espace de menace des systèmes autonomes bâtit donc sur les progrès et la banalisation des technologies habilitantes, comprenant notamment : mise en espace/orbite, réseaux de communication civils, logiciels et matériel informatique.

De plus, le rapport de la DSTO aborde les mêmes débats moraux et éthiques que ceux notés plus haut à l'égard des systèmes IA et indique que les options de l'utilisation de robots seront définies par le contexte social (aversion à l'égard des pertes), l'environnement attendu (forces expéditionnaires) et la rapidité des décisions (intensité du combat). Les décisions seront également axées sur la question d'autonomie et de connaissance de la situation — il ne s'agira pas de déterminer si un système « est » autonome ou « possède » une connaissance de la situation, mais de déterminer si le système a une connaissance *suffisante* pour être *suffisamment* autonome dans la situation en cause. La revue historique du rapport décrivait des cas où des technologies « ignares » avec une connaissance réduite de la situation avaient été déployées avec une grande autonomie (mines terrestres, par exemple), alors que des technologies « intelligentes » (le système de guerre aérienne Aegis par exemple) avec une grande connaissance de la situation avaient été maintenues à une autonomie réduite à cause des contraintes de la situation.

Les progrès des technologies habilitantes pointent vers des niveaux de plus en plus élevés de connaissance de la situation et d'autonomie de la machine, qui exigeront une considération prudente par les développeurs des capacités à l'égard des modes de fonctionnement acceptables, compte tenu des attentes et contraintes de la société.

Bien qu'il y ait eu récemment une recrudescence de la technologie des robots humanoïdes<sup>127</sup>, témoin les munitions « intelligentes », il est probable que les robots continueront de prendre une variété de formes. En effet, les premiers robots domestiques<sup>128</sup> commerciaux ou les robots tactiques<sup>129</sup> d'iRobot ne ressemblent pas à notre illustration historique de science-fiction. Bien des robots futurs n'auront probablement pas de forme définie, mais peuvent être un ensemble de composants qui

---

se reconfigurent en fonction de la tâche à effectuer. Le robot pourrait se composer d'une série d'unités articulées qui peuvent se relier pour former des chaînes extensibles, permettant à la structure de s'adapter au déplacement sur une grande variété de terrains : en marchant, en rampant comme un serpent, en nageant comme un poisson ou même en volant<sup>130</sup>. Ces dispositifs sont connus comme des robots auto-reconfigurables ou polymorphes, et ils pourraient être bien adaptés à toute une gamme de tâches dans des environnements inhospitaliers, telles que la neutralisation de déchets toxiques ou les réparations d'engins spatiaux<sup>131</sup>.

Les robots reconfigurables ont émergé du domaine des robots en essaim : notion selon laquelle une collection de nombreuses petites unités robotiques bon marché peut agir comme une entité autonome. Les colonies de fourmis ont servi d'inspiration biologique dans la mesure où elles présentent un genre d'« intelligence d'essaim » qui permet aux fourmis de butiner beaucoup plus efficacement comme collectivité qu'individuellement. Chose importante, il n'y a pas de « centre de commande » qui dirige les activités, le comportement collectif se manifestant spontanément, ce qui permet de le rendre adaptatif et efficace sans nécessiter de logiciel sophistiqué de prise de décision. Une extension de cette idée consiste à réduire la taille des composants de façon qu'ils deviennent des « atomes » autonomes qui peuvent être utilisés pour bâtir des structures avec une vaste gamme de fonctions et de propriétés. Ces robots en essaim miniaturisés ont été baptisés « poussière électronique communicante »<sup>132</sup> et également « claytronics »<sup>133</sup>. Les robots en essaim pourraient constituer un meilleur moyen de surveiller les environnements éloignés sur la Terre et sur d'autres planètes que ne le fait un seul dispositif complexe, ou ils peuvent, en effet, habiliter des réalités synthétiques convaincantes. Non seulement les robots en essaim effectuent-ils une recherche plus efficace, mais aussi sont-ils plus résistants à la défaillance<sup>134</sup>.

D'autres robots inspirés par la biologie comprennent les insectes mécaniques qui, d'après certains chercheurs, pourraient s'avérer beaucoup plus manœuvrables que les versions miniaturisées d'avions ou d'hélicoptères classiques<sup>135</sup>. Ces dispositifs ressemblant à des insectes pourraient voler à la dérobée à l'intérieur de bâtiments, en passant par des fenêtres ouvertes, par exemple. Lorsqu'ils sont équipés de différents types de capteurs, ils pourraient être utilisés comme des moniteurs de danger miniaturisés. DARPA est en train de développer quatre « robobugs » volants qui pèsent jusqu'à 10 grammes chacun et ont une envergure de jusqu'à 7,5 centimètres. Aeroenvironment, une des entreprises qui développent les engins pour DARPA, vise à produire un « prototype grossier » volant d'ici la mi-2008<sup>136</sup>. On s'attend à ce que ces insectes robotiques deviennent rapidement bon marché et courants en raison de leur taille et de leur poids (moins d'un dixième de gramme) et se vendent moins d'un dollar.

Une autre classe de robots encore est à l'étude. Elle fait appel à un réseau de cultures de neurones animaux pour la commande des fonctions<sup>137</sup>. Les chercheurs ont montré que le « cerveau » de culture devient plus complexe à mesure qu'il apprend et interagit avec le monde externe au moyen des actions du robot. Ce cerveau est combiné à de nouvelles formes de puissance robotique, telles que des muscles artificiels<sup>138</sup> faits de polymères électroactifs ou chimiquement actifs, et on peut s'attendre à ce qu'il y ait des progrès considérables à l'égard de la mobilité, de la commande et de la conscience de soi des robots. Par exemple, un robot en forme d'étoile développé par des chercheurs de la Cornell University est capable de détecter des variations de l'environnement et des dommages à son propre corps et d'y répondre, en raffinant en continu les logiciels intégrés<sup>139</sup>.

Règle générale, les technologies robotiques atteignent la maturité à un rythme accéléré, principalement en raison des tendances à la croissance exponentielle des technologies habilitantes. De nouveaux engins aériens télépilotés (UAV) commerciaux

---

sont mis sur le marché à une fréquence croissante et avec des spécifications de performance impressionnantes — atteignant environ 50 % de la vitesse, du rayon d'action et de l'autonomie des UAV militaires beaucoup plus chers<sup>140</sup>. Chose plus significative, certains modèles peuvent s'acheter en version entièrement autonome à moins de 25 000 \$. Grâce à une propulsion électrique silencieuse et à une caméra vidéo embarquée, il est parfaitement faisable pour l'ennemi d'utiliser un tel système pour la surveillance subreptice et la détection des objectifs à l'intérieur des camps de la coalition. Perspective plus inquiétante, l'engin pourrait être utilisé comme missile de croisière bon marché — peut-être pour répandre des agents biologiques. À mesure que ces systèmes bon marché, mais efficaces, se multiplient, les concepts actuels qui impliquent la supériorité de l'information ou se fient à cette supériorité risquent de plus en plus d'être erronés. De plus, si l'on ne demeure pas à l'avant-garde de la technologie commerciale, il est possible que l'information soit inférieure. Des groupes de criminels et de terroristes continuent de générer des milliards de dollars par crime sur Internet — de sorte qu'il devient plausible qu'ils soient en mesure d'acheter à leur gré des produits commerciaux de la technologie de pointe, avec livraison le lendemain par UPS. On ne saurait certainement pas en dire autant du système d'approvisionnement des FC.

Ce qui complique le problème des dispositifs robotiques commerciaux est un intérêt croissant dans le piratage de leurs capacités<sup>141</sup>. Il y a une liste croissante de sites Internet qui offrent des idées de piratage ainsi que du code informatique<sup>142</sup>. Un robot aspirateur Roomba, par exemple, coûte quelques centaines de dollars et contient des circuits électroniques sophistiqués le rendant un candidat pour l'utilisation comme IED entièrement autonome — capable d'identifier et d'attaquer les objectifs sans surveillance humaine. Bien que nos troupes se confrontent aujourd'hui à des ennemis à technologie assez rudimentaire, cela va probablement changer. Déjà, les tendances en Iraq et en Afghanistan révèlent des capacités ingénieuses de l'adversaire à intégrer diverses technologies commerciales à des dispositifs explosifs improvisés de plus en plus sophistiqués. En effet, l'attaque du 11 septembre aux États-Unis était une combinaison confectionnée de technologie rudimentaire (couteaux polyvalents) et de haute technologie (aéronefs Boeing 767).

Vu l'ampleur des activités de recherche mondiales, il est raisonnable de s'attendre à ce que d'ici 2025, les robots pourraient agir, penser et toucher comme des humains et leur ressembler, à presque tous les égards<sup>143</sup>. Bien qu'il y ait encore beaucoup de problèmes techniques à surmonter, on les surmonte un à un. La capacité des robots à engager les humains sur le plan émotionnel porte les chercheurs à réfléchir sur l'interaction entre l'humain et le robot, et à se demander si la relation devrait évoluer à partir de la simple perspective de l'humain et de son outil ou d'une relation plus complexe entre membres d'équipe. D'autres chercheurs affirment à titre de mise en garde qu'il est peu probable que des machines auront la capacité d'inspirer un niveau émotionnel de confiance — une qualité préalable pour une équipe<sup>144</sup>. D'autres chercheurs encore croient que d'ici 2015, des véhicules robotiques seront utilisés sur le champ de bataille pour des opérations en convoi ou dans des zones où il y a un danger extrême pour le personnel. Un chercheur de la Stanford University, Sebastian Thrun, s'attend à ce que, d'ici 2030, des véhicules robotiques auront une fiabilité de conduite qui dépassera celle des humains de plusieurs ordres de grandeur. Nos adversaires commenceront probablement à utiliser de plus en plus des systèmes autonomes : pas besoin d'humain, mais le système est tout aussi létal que les attentats suicides.

Au sein de l'industrie automobile commerciale, on a des méthodologies de conception bien établies qui faciliteront cette transition vers les véhicules robotiques. Par exemple, les véhicules d'aujourd'hui comportent de plus en plus de composants et systèmes électroniques et électromécaniques — allant des simples solénoïdes et

---

moteurs électriques aux microprocesseurs intégrés qui commandent le fonctionnement des freins, de la direction et du moteur<sup>145</sup>. Ajoutez à cela un réseau bien développé de capteurs et d'actionneurs à commande électronique pour presque chaque système du véhicule, et il semblerait raisonnable de prévoir l'émergence de véhicules robotiques commerciaux. Des systèmes microélectromécaniques (MEMS) qui sont des systèmes autonomes miniaturisés (de l'ordre de la largeur d'un cheveu humain — à l'échelle micrométrique) qui intègrent la fonctionnalité électrique et mécanique pour capter et traiter l'information de leur environnement et y réagir, feront avancer encore les technologies automobile et robotique. Les MEMS sont fabriqués par lots au moyen de techniques semblables à celles utilisées dans l'industrie des circuits intégrés. La nature autonome, miniaturisée des MEMS réduit le coût et augmente la fonctionnalité des produits auxquels ils sont intégrés. Les MEMS auront un effet considérable sur le développement de produits « intelligents » dans une vaste gamme d'industries, dont l'aérospatiale, les soins de santé, l'automobile et les biens de consommation. Cette intégration de l'électronique, de la mécanique, des logiciels et des commandes au sein de l'industrie automobile est appelée « mécatronique », qui stimulera de toute évidence la progression de la robotique.

D'après une récente étude menée par le Board on Army Science and Technology des États-Unis, les robots, y compris les engins terrestres télépilotés (UGV), ont de nombreuses caractéristiques précieuses qui aideront et complèteront les soldats sur le champ de bataille. Ils conviennent bien à l'exécution de tâches routinières et fastidieuses. Ils ne connaissent ni crainte ni fatigue. Ils effectuent des tâches répétitives rapidement et avec précision. Ils peuvent être conçus pour éviter les armements ennemis ou y tenir et remplir des fonctions militaires particulières. La chose la plus importante, c'est que les robots réduisent les pertes en augmentant l'efficacité des soldats sur le champ de bataille<sup>146</sup>.

Par la suite, l'étude a évalué les technologies qui seraient nécessaires pour réaliser divers degrés d'autonomie. Pour les systèmes les moins complexes, des technologies au point existent déjà pour permettre leur mise en œuvre. Par contre, on ne s'attend pas à ce que les technologies pour les systèmes les plus perfectionnés, tels que des systèmes d'attaque autonomes, atteignent une maturité suffisante avant 2016 et plus probablement pas avant 2025.

Il est probable que les mises en œuvre précoces d'UGV et d'UAV autonomes viseront des tâches de cartographie en milieu urbain. Des ingénieurs de l'University of California, à Berkeley, ont élaboré une technique, appelée « réalité virtualisée » (virtualised reality) qui pourrait être utilisée pour cartographier des zones urbaines inconnues, créant des cartes tridimensionnelles rue par rue, montrant chaque fenêtre et ouverture de porte du champ de bataille urbain<sup>147</sup>. Cette technique automatisée fait appel à des lasers pour mesurer les distances aux objets et aux façades des bâtiments, tandis qu'un appareil photo numérique prend des photos 2D. Après une courte période de traitement des données, le système crée de la zone un modèle 3D virtuel réaliste de qualité photographique qui pourrait être utilisé aux fins de l'entraînement et de la répétition de mission.

Des progrès considérables continuent d'être réalisés dans les domaines de la modélisation 3D et de la réalité virtuelle. Ces technologies ont le potentiel de changer radicalement les techniques d'entraînement militaires. Ainsi, certains chercheurs avancent que, d'ici 2020, les environnements réels et virtuels deviendront à toute fin pratique indistinguables. Déjà, des clones numériques de personnes ont été créés au moyen de scanners 3D et de caméras à assez haute résolution pour capturer les pores et les rides de la peau. En moins d'une minute, un système de scanners et de caméras peut capturer suffisamment de données pour créer un double numérique 3D qui peut

---

être vieilli, bronzé ou illuminé de façon réaliste en fonction de presque n'importe quelle situation<sup>148</sup>. La combinaison de ces modèles et personnages 3D virtuels réalistes au moyen d'algorithmes IA sophistiqués dans des environnements vidéo à la première personne fournira des environnements d'entraînement convaincants. L'ajout d'interfaces à rétroaction haptique rehaussera encore l'expérience en introduisant un moyen de produire de la fatigue. Des jeux vidéo existants combinent déjà nombre de ces techniques pour créer des environnements très convaincants au moyen d'algorithmes d'intelligence artificielle impressionnants qui confèrent aux soldats « numériques » amis la capacité de suivre et parfois de mener, fournissant des tirs de protection et des avertissements de la présence de tireurs embusqués et de grenades<sup>149</sup>.

Les tendances dans le secteur commercial rehausseront encore le développement des environnements de réalité virtuelle. De nombreuses entreprises, dont Dell, IBM, Toyota, Sony BMG, Telstra, ABC, Adidas et le détaillant américain American Apparel ont acheté du territoire numérique à l'intérieur d'un des environnements virtuels principaux d'aujourd'hui, Second Life<sup>150</sup>. Le nombre d'avatars virtuels dans ce monde virtuel continue d'augmenter de façon exponentielle depuis son introduction en 2003. IBM vient de recommander une intégration plus poussée parmi les divers mondes virtuels en ligne où les avatars se rencontrent<sup>151</sup>. IBM tentera de permettre à un utilisateur d'un monde virtuel donné de transférer les éléments créés dans ce monde à d'autres mondes, ce que la direction d'IBM a décrit comme des « planètes virtuelles ». Ce concept ressemble au monde virtuel immersif imaginé par Neal Stephenson dans son roman visionnaire « Snow Crash ». En effet, le projet Metaverse Roadmap (MVR)<sup>152</sup> décrit le métavers (méta-univers) comme le résultat de la convergence et du fusionnement de technologies existantes en évolution : lorsque les jeux vidéo rencontrent le Web 2.0; lorsque des mondes virtuels rencontrent des cartes géospatiales de la planète; lorsque les simulations deviennent réelles, et la vie et les affaires deviennent virtuelles; lorsqu'on utilise une Terre virtuelle pour naviguer la Terre matérielle; et lorsque votre avatar devient votre agent en ligne.

À l'autre extrémité du même spectre technologique se trouve la « virtualité incorporée », qui a été décrite comme le processus d'extraire les ordinateurs de leur carcasse électronique, de les miniaturiser et de les incorporer dans tout : voitures, bâtiments, appareils électroménagers et corps humains. Le résultat probable de cet environnement informatique omniprésent est la capacité de créer une réalité augmentée. Ces technologies en émergence permettent d'offrir à n'importe qui une éducation et une formation immersives, peu importe le moment ou l'endroit. Les joueurs à la réalité augmentée transforment déjà le monde réel en zones de combat virtuelles au moyen de technologies existantes telles que des téléphones cellulaires avec récepteur GPS et accès Internet<sup>153</sup>. Ces exemples révèlent le potentiel puissant d'une force entièrement habilitée par réseau — c.-à-d. une force qui a des services de communication, d'informatique et géodépendants.

Sur le plan commercial, une mise en œuvre précoce de l'informatique omniprésente est déjà en cours dans la ville sud-coréenne de Songdo, qui est conçue pour devenir un centre commercial international et la première « U-city » (caractérisée par l'ubiquité de l'informatique)<sup>154</sup>. L'infrastructure de la ville permettra à tous les systèmes TI, qu'ils appartiennent à des organismes gouvernementaux, à des corporations, à des services de soins de santé ou à des particuliers, de partager des données. Chaque rue, chaque maison et chaque bureau seront mis en réseau sans fil, ce qui fera la démonstration des avantages (ou des inconvénients) d'un mode de vie numérique. Une technologie sous-jacente sera un réseau de nouveaux services basés sur la RFID, qui seront introduits, testés et mis au point avant d'être libérés pour envahir le reste du monde.

---

En nous penchant sur la biologie, nous voyons beaucoup des mêmes tendances qui étaient évidentes dans le domaine des TIC. En effet, les TIC ont révolutionné l'étude de la biologie : elle est essentiellement devenue une technologie d'information, soumise à la croissance exponentielle et aux rendements accélérés étudiés plus haut. D'après l'inventeur de renom Ray Kurzweil, les technologies liées à la biologie continuent de réduire de moitié le rapport prix-capacité chaque année<sup>155</sup>. À ce rythme, M. Kurzweil prévoit que les biotechnologies connaîtront une augmentation de la capacité d'un facteur de mille dans une décennie et d'un facteur de un milliard d'ici 2030.

L'envergure du développement de la biotechnologie a des implications profondes, menant au potentiel de changer fondamentalement la vie sur Terre. Des signes du pouvoir et du potentiel des biotechnologies sont évidents dans les étapes initiales de la production d'un moustique résistant à la malaria, ce qui pourrait réduire la propagation de la malaria<sup>156</sup>. Des développements liés à la biologie continueront probablement de rencontrer une certaine résistance à cause des conséquences réelles ou perçues pour la santé écologique et humaine dues à la modification génétique d'organismes<sup>157</sup>.

Malgré la résistance initiale, certains chercheurs prévoient une ère qui se rapproche rapidement et où le piratage biologique deviendra monnaie courante, ce qui risque d'amplifier les situations de danger biologique existantes de façon à les rendre méconnaissables. Ce qui rend cette opinion plausible et inquiétante est le fait que le développement de la biotechnologie et de la génétique connaît une croissance exponentielle. On développe continuellement de nouvelles générations d'outils sophistiqués<sup>158</sup> - ce qui a pour résultat que les laboratoires de recherche mettent leur équipement à niveau et vendent leur « ancien équipement » à rabais. N'importe qui peut déterminer la disponibilité de cet équipement grâce à des sites Web de vente d'équipement scientifique et d'instruments de laboratoire tels que LabX<sup>159</sup>. Bien que cet équipement ne soit pas à la fine pointe de la technologie, il est remarquablement sophistiqué comparativement à ce qui existait il y a 5 ans. Cet équipement à rabais est plus qu'adéquat pour faire de la recherche et ainsi habiliter la multiplication des menaces liées à la biologie.

Les bases de données et dépôts de renseignements à libre accès augmentent la menace. Il demeure à déterminer si l'information scientifique devrait être publiée pour le bien public ou si elle devrait être protégée parce que cette information et ces connaissances représentent un pouvoir énorme — donc une menace si elles sont utilisées comme arme. Cette information accélère la capacité des scientifiques à combattre des maladies et à réaliser d'autres avancées médicales, mais les décideurs doivent considérer le risque que l'information soit utilisée à des fins destructives dans des actes de bioterrorisme ou de guerre.

Malgré cette tension entre le libre accès et les contraintes de sécurité, les politiques actuelles permettent aux scientifiques et au public l'accès sans restrictions aux données de génome sur les pathogènes microbiens. Le National Research Council Committee on Genomics Databases for Bioterrorism Threat Agents des États-Unis a conclu dans son rapport que le libre accès améliore notre capacité à combattre à la fois le bioterrorisme et les maladies infectieuses naturelles, et que la sécurité vis-à-vis du bioterrorisme est mieux servie par des politiques qui facilitent, et non qui limitent, le libre échange de cette information<sup>160</sup>. Le rapport indique également que la base de données d'information disponible est considérable, comprenant les génomes complets de centaines et de centaines d'organismes, allant des virus aux humains en passant par les bactéries et des séquences partielles de milliers et de milliers d'autres organismes. Des génomes complets de plus de 100 pathogènes microbiens — y compris ceux de la variole, de la fièvre charbonneuse (anthrax), de la fièvre hémorragique à virus Ebola, du botulisme et de la peste — se trouvent déjà dans des bases de données accessibles à tous par

---

Internet, et les séquences de génomes de centaines d'autres pathogènes seront déterminées à l'aide de fonds gouvernementaux au cours des quelques prochaines années.

Ces risques soulignent que le rythme des progrès scientifiques crée un besoin d'une évaluation continue et approfondie de la technologie scientifique dans la mesure où elle influe sur la sécurité nationale et la santé et le bien-être de tous les habitants de la planète<sup>161</sup>. Malgré le dilemme du double usage (pour ou contre le bioterrorisme), la recherche biologique moderne est une entreprise internationale prospère avec un énorme potentiel de bénéficier à la société. La synergie créée par la connaissance croissante et le libre échange d'idées et d'information accélère les progrès de la médecine, de l'industrie et de l'agriculture. Des détails émergent sur l'interaction entre les micro-organismes pathogènes et leurs hôtes permettront aux scientifiques de continuer de développer et de produire de nouveaux vaccins améliorés, des drogues anti-infection plus fortes et des outils de diagnostic plus précis<sup>162</sup>.

Le potentiel prometteur de la recherche biologique a été discuté lors d'une conférence sur les changements accélérés tenue à la Stanford University en 2005. Plusieurs membres bien estimés de la communauté scientifique ont décrit l'incidence des technologies et recherches liées à la biologie sur notre compréhension de la vie et de la mort. Certains chercheurs commencent à considérer le vieillissement comme une maladie qui pourrait un jour être guérissable. Même si cela est un pas de trop, le résultat inévitable du rythme élevé du développement de la biotechnologie sera une espérance de vie humaine accrue et, à la longue, des populations vieillissantes dans les pays en voie de développement. En effet, cette tendance est déjà évidente. D'après des statistiques publiées par le Municipal Research and Services Centre of Washington, les États-Unis sont au seuil d'une révolution de longévité<sup>163</sup>. D'ici 2030, le nombre d'Américains âgés aura plus que doublé pour atteindre 70 millions, soit un sur cinq. Le nombre et la proportion croissants d'adultes âgés impose des exigences accrues au régime de santé publique et aux services médicaux et sociaux. Le Canada sera sans aucun doute confronté à des pressions semblables qui changeront la société de façons qui sont encore incertaines. Il risque d'y avoir des manques de ressources humaines à l'avenir. En effet, il peut y avoir une réduction du bassin de recrues disponibles pour les forces armées futures. Le Japon, par exemple, a déjà reconnu cette tendance au vieillissement au sein de sa société et a fait d'énormes investissements en robotique pour compenser la main-d'œuvre réduite qui sera disponible pour financer les soins du nombre croissant d'ainés<sup>164</sup>. En outre, les populations vieillissantes auront une incidence sur les budgets militaires futurs. Chaque année, les pensions de retraite militaires deviennent de plus en plus coûteuses parce que les gens vivent plus vieux et que le coût de la nouvelle technologie de soins de santé et des nouveaux médicaments nécessaires pour garder les aînés en vie augmente. Les recrues qui entrent dans les forces armées aujourd'hui, à l'âge de 18 ans, et qui prennent leur retraite à l'âge de 38 ans, recevront en moyenne une pension de retraite pendant plus de 40 ans — recevant effectivement des prestations de retraite deux fois plus longtemps qu'ils n'ont reçu leur paie de service actif.

En plus des conséquences négatives possibles dues aux progrès dans les domaines de la biotechnologie décrits ci-dessus, il y a des incidences prévisibles également importantes sur la dimension humaine. Depuis le déverrouillage du génome humain, la capacité de la communauté scientifique à manipuler le code de la vie a augmenté énormément, menant à des découvertes qui, il n'y a que quelques années, n'étaient possible qu'en science-fiction. Par exemple, on fait des progrès dans la compréhension, mais chose plus importante, dans la manipulation de la base génétique de la réaction de peur. Bien qu'il ne soit pas irraisonnable de penser qu'une telle

---

manipulation génétique ne peut être effectuée qu'en laboratoire, des avancées récentes pointent vers le potentiel de manipuler la façon dont les gènes s'expriment en modifiant les aliments que nous mangeons<sup>165</sup>. Malgré la résistance et les contraintes morales, éthiques et légales qui sont évidentes, il y a de plus en plus d'évidence qui pointe vers le potentiel d'un perfectionnement humain radical. Les domaines en voie de développement de la nutriginomique<sup>166</sup> et de la nutrition personnalisée, par exemple, laissent prévoir des produits qui sont adaptés exactement à la prévention de maladies en fonction du matériel génétique d'un individu<sup>167</sup>.

Il est clair que ces capacités ont des implications de nature offensive et de nature défensive pour l'Armée de terre de demain et de l'avenir. Par exemple, les FC exploiteront-elles cette capacité pour rendre leurs soldats des guerriers vraiment audacieux face à l'ennemi? Cela pourrait-il finir par atténuer les effets du stress post-traumatique? Bien que, pour le moment, cela puisse être trop radical pour les démocraties occidentales, tel peut ne pas être le cas d'une cellule terroriste ou d'un réseau criminel ayant les fonds nécessaires. Peut-être qu'en éliminant la peur, les groupes terroristes pourraient « recruter » un nombre infini de candidats à l'attentat suicide.

Il est probable que les capacités du genre science-fiction en voie de développement au moyen du génie génétique deviendront de plus en plus déstabilisatrices au cours des prochaines décennies. Les activités de développement des Forces doivent continuer de tenir compte des développements et viser éventuellement des scénarios qui comprennent ces capacités radicales si nous voulons effectivement nous préparer à la défense et aux menaces relatives à la sécurité qui s'annoncent.

Ce qui complique cette situation c'est le domaine de recherche en évolution de la biologie synthétique. La biologie synthétique peut se définir comme « la conception et la construction de nouvelles parties, dispositifs et systèmes biologiques et le remaniement de systèmes biologiques naturels existants à des fins utiles ». Ce domaine de recherche verra indubitablement une augmentation dramatique des capacités tant que des fournisseurs tels que Microsoft Research (MSR) continuent d'offrir des subventions pour des projets de recherche visant à relever les défis informatiques de la biologie synthétique<sup>168</sup>. D'après un article dans PLoS Biology, revue à libre accès avec comité de lecture publiée par la Public Library of Science, les biologistes synthétiques visent à transformer la biologie en une véritable discipline d'ingénierie, plutôt qu'à transférer simplement un gène existant déjà d'une espèce à une autre<sup>169</sup>.

Les biologistes synthétiques tentent d'élaborer un réseau de parties biologiques modulaires qui peuvent être facilement synthétisées et mélangées selon différentes combinaisons, sensiblement de la même façon que les ingénieurs électriciens se servent de condensateurs et de résistances, ou que les programmeurs se servent de blocs modulaires de code informatique. Le Massachusetts Institute of Technology (MIT) a déjà un registre de parties biologiques standard, ou BioBricks (ADN synthétique), qui soutient cet objectif en indexant les parties biologiques qui ont été construites, et offre des services d'assemblage pour construire des parties, dispositifs et systèmes nouveaux<sup>170</sup>. Essentiellement, la biologie synthétique est une tentative de construire des êtres vivants en commençant au niveau génétique. Des résultats remarquables et parfois alarmants ont été atteints. Ainsi, un virus polio vivant a été créé à partir de zéro au moyen de segments d'ADN obtenus par commande postale et d'une carte génomique virale qui est largement disponible sur Internet<sup>171</sup>. Les experts s'inquiètent que la biologie synthétique produise des bio-hackers (pirates biologiques). Un des experts dans le domaine, le professeur en génétique George Church de la Harvard University, a comparé l'usage abusif potentiel de modèles biologiques synthétiques au danger posé par les armes nucléaires. Toutefois, d'après lui, il y a une différence



---

importante : il est beaucoup plus difficile de construire un dispositif à fusion que de construire un pathogène au moyen du génie génétique. En outre, la complexité des processus biologiques augmente le risque d'accidents<sup>172</sup>.

Nos efforts actuels de développement des capacités de l'Armée de terre provisoire et de l'Armée de terre de demain, qui se fient dans une large mesure aux armes à énergie cinétique, deviendront inutiles si des groupes d'insurgés réussissent à mettre en valeur le plein potentiel déstabilisateur de la biologie synthétique. À mesure que cette technologie atteint la maturité, il y aura probablement un besoin de réévaluer la répartition des investissements parmi les fonctions opérationnelles — les capacités de détection et de protection augmentant en importance. Il se peut que le lien capteur-tireur de l'avenir, plutôt que de tirer une munition à énergie cinétique, doive produire un antidote contre une entité biologique synthétique.

Mis à part le potentiel réel des biotechnologies à modifier fondamentalement et éventuellement à améliorer radicalement la performance humaine au niveau génétique, la compréhension croissante du fonctionnement du cerveau humain donne lieu à une amélioration moins envahissante, mais néanmoins dramatique du potentiel de performance humaine. Par exemple, la DARPA des États-Unis cherche à combiner plusieurs technologies dans un système qui se branche littéralement sur le cortex préfrontal du porteur pour avertir le soldat des menaces furtives détectées par le subconscient du soldat<sup>173</sup>. Ce système intégrera des technologies qui sont disponibles dans les laboratoires depuis des années, allant d'appareils optiques à grand champ plan à l'utilisation d'électroencéphalogrammes évolués, pour reconnaître rapidement les signatures d'onde cérébrale. Des développements commerciaux laissent prévoir que cette capacité s'étendra bien au-delà du secteur de la défense. Par exemple, NeuroSky<sup>174</sup> de San Jose, en Californie, vient d'annoncer la mise au point d'un système économique à biocapteur et processeur de signaux pour le marché de consommation.

Des chercheurs avancent maintenant que, d'ici 2015 ou 2020, on pourrait faire la démonstration de la première interface neuronale physique entre un ordinateur et un cerveau humain (remplissant probablement une fonction prosthétique)<sup>175</sup>. Il est prévu que de telles interfaces établiront une connexion directe entre un cerveau humain ou animal et le système nerveux d'une part et un ordinateur ou un réseau d'ordinateurs de l'autre. Grâce à de telles interfaces, les humains seront capables d'interagir directement avec des ordinateurs tout simplement en pensant. Comme nous l'avons déjà indiqué, la mise en œuvre réussie d'une interface neuronale peut être réalisée par des chercheurs travaillant à la perception humaine et à l'ingénierie prosthétique, aux intersections de la médecine, de l'informatique, de la signalisation neuronale, de l'électronique et du traitement des signaux. Toutefois, les progrès dans les domaines de la biologie moléculaire, de la nanotechnologie et de la bionanotechnologie<sup>176</sup> offrent de plus en plus de résultats prometteurs pour la réalisation d'une interface neuronale.

Aujourd'hui, la nanotechnologie en est à un stade embryonnaire, semblable à la condition de l'informatique aux années 1960 ou de la biotechnologie aux années 1980. Cependant, elle évolue rapidement vers la maturité. D'après une étude de 2006, les investissements dans la recherche en nanotechnologie par les gouvernements du monde entier ont monté en flèche : de 432 millions \$ en 1997 à environ 4,1 milliards \$ en 2005, année pendant laquelle les investissements correspondants de l'industrie ont dépassé ceux des gouvernements<sup>177</sup>. De l'information présentée plus récemment par Luxresearch à la Nano and Giga Challenges in Electronics and Photonics de 2007 indique qu'en 2005, l'investissement total en nanotechnologie a atteint 9,6 milliards \$<sup>178</sup>. Luxresearch estime que le marché des produits basés sur la nanotechnologie atteindra 3,7 billions \$ d'ici 2014.

---

Les nanomatériaux, un sous-ensemble du marché de la nanotechnologie, offrent des occasions extraordinaires pour introduire une pléthore de nouveaux produits qui pourraient revitaliser les marchés existants ou, en fait, résoudre des problèmes majeurs de la société en fournissant une abondance d'eau potable et d'énergie bon marché<sup>179</sup>. À court terme, la nanotechnologie donnera lieu à des matériaux qui seront plus légers et plus résistants que les matériaux actuels et auront des propriétés différentes de ceux-ci. Les contributions potentielles économiques et sociales des nanomatériaux ont amené les organismes fédéraux américains participant au Nanoscale Science, Engineering, and Technology Subcommittee (NSET) et des entreprises américaines de toute taille oeuvrant dans le domaine de la chimie à engager des ressources considérables envers la recherche et développement (R & D) en nanotechnologie<sup>180</sup>. La course à la recherche et développement et à la commercialisation des nanomatériaux est d'envergure mondiale. Les avancées en nanomatériaux laissent prévoir une révolution d'une vaste gamme de domaines tels que les matériaux hautes performances, les revêtements, la conversion et le stockage d'énergie, les capteurs, l'électronique, les produits pharmaceutiques et le diagnostic.

D'autres gouvernements cherchent également à devenir des intervenants majeurs dans le domaine de la nanotechnologie. Le gouvernement de Taïwan, par exemple, envisage d'investir 20 milliards \$ NT entre 2006 et 2010 dans les entreprises qui appliquent la nanotechnologie à la vie quotidienne, dans l'attente que Taïwan devienne un centre mondial de R & D en nanotechnologie<sup>181</sup>. À Taïwan, la nanotechnologie est une de six industries S et T stratégiques axées sur la vie quotidienne. Les autres comprennent l'électronique logicielle, la RFID (identification par radiofréquence), les robots intelligents, les véhicules intelligents et les logements intelligents. Il est estimé que, d'ici 2013, la valeur de fabrication des robots intelligents taïwanais atteindra 90 milliards \$ NT et que celle de la RFID atteindra 70 milliards \$ NT.

D'après un article dans la revue internationale de l'AFCEA, *Signal Magazine*, la nanotechnologie a des implications militaires, économiques et de sécurité considérables pour l'avenir<sup>182</sup>. Pour beaucoup, les capacités potentielles qui seront habilitées par la nanotechnologie semblent encore être de la science-fiction. Cependant, des percées quotidiennes dans presque tous les aspects de la nanotechnologie rapprochent ces capacités de la réalité. La nanotechnologie peut ou non s'avérer une force déstabilisatrice, mais il n'y a aucun doute que c'est un instrument d'habilitation que la communauté de développement des capacités des FC ne peut pas se permettre de laisser de côté ou de minimiser.

L'Armée de terre américaine, ayant reconnu l'importance et l'incidence potentielle de la nanotechnologie sur les capacités futures a fourni 50 millions \$ pour mettre sur pied l'Institute for Soldier Nanotechnologies au sein du Massachusetts Institute of Technology (MIT) à Cambridge afin de développer des technologies pour améliorer la protection des combattants. Le directeur de du nouvel institut, M. E.L. Thomas, prédit que, dans les 5 à 15 prochaines années, de nouvelles capacités telles que des architectures de systèmes BattleSuit et des réseaux ultra légers à nanorelief, des micropoutres auto-assemblées et des nanocomposites à motifs produits par UV seront possibles.<sup>183</sup> Alors que ces développements permettront le développement de nouveaux uniformes, de meilleurs blindages et de capteurs améliorés, on s'attend à ce que, passé 2020, la nanotechnologie aura une incidence considérable sur tous types d'armement, y compris les armes chimiques intelligentes — offrant une combinaison unique de létalité et de précision. On s'attend à ce que, dans ce délai, la production des armes conventionnelles et nucléaires bénéficie également de la nanotechnologie. Par exemple, le potentiel de produire des armes nucléaires beaucoup plus rapidement avec un seuil de détection beaucoup plus bas sera possible<sup>184</sup>. C'est pourquoi certains experts aux

---

États-Unis considèrent la supériorité en nanotechnologie comme une course comparable à celle aux armes nucléaires, et peut-être même plus importante.

Un important domaine de recherche au MIT est constitué par les matériaux mécaniquement actifs et les dispositifs à matériaux reconfigurables. Cette recherche laisse prévoir la production de matériaux intelligents qui changent de forme lorsqu'ils sont fléchis. Ces matériaux pourront servir de vêtements qui se transforment en blindage ou en plâtre reconfigurable qui stabilise une blessure telle qu'une jambe cassée. Un matériau de forme adaptable encore plus remarquable — la nanopoussière ou « claytronics » — en est au stade initial de son développement à la Carnegie Mellon University<sup>185</sup>. Le projet de claytronics a pour objectif de comprendre et de développer le matériel et le logiciel nécessaires pour créer un matériau qui peut être programmé pour former des formes dynamiques tridimensionnelles, qui peuvent interagir dans le monde matériel et adopter visuellement une apparence arbitraire. La claytronics désigne un ensemble de composants individuels, appelés catomes (atomes claytroniques). Chaque catome comporte une CPU, une source d'énergie, un périphérique réseau, un dispositif de sortie vidéo, un ou plusieurs capteurs, un moyen de locomotion et un mécanisme pour adhérer à d'autres catomes. Si les catomes sont combinés avec succès au scanner numérique 3D mentionné plus haut, il pourrait être possible de recréer une réplique de n'importe quoi ou de n'importe qui, lorsqu'il se trouve qu'il y a suffisamment de catomes.

Une autre capacité du genre science-fiction, l'invisibilité, est déjà vue comme une possibilité future, compte tenu de la recherche sur les nanomatériaux et plus particulièrement sur les métamatériaux<sup>186</sup>. Plusieurs chercheurs ont déjà mis au point des métamatériaux avec des propriétés remarquables. Par exemple, des chercheurs canadiens ont réussi à créer des métamatériaux qui ont un indice de réfraction négatif et sont capables de focaliser des ondes électromagnétiques avec une précision inégalée<sup>187</sup>.

On s'attend à ce que, à l'intérieur du secteur de l'énergie, la nanotechnologie offre des percées importantes. Tous les secteurs du marché de l'énergie devraient bénéficier des nouvelles approches basées sur la nanotechnologie. Par exemple, les nouveaux nanomatériaux devraient permettre la production de panneaux solaires bon marché et de plus en plus efficaces qui concurrenceront les sources de production d'électricité classiques. De nouvelles bionanotechnologies offriront une amélioration considérable dans la conversion de la biomasse en énergie et éventuellement dans la production directe d'hydrogène. Même l'énergie éolienne bénéficiera des nanotechnologies, lorsque des matériaux structuraux légers créés au moyen de nanotubes de carbone sont intégrés à des éléments de turbines éoliennes.

Mis à part les applications susmentionnées, les chercheurs en nanotechnologie imaginent des systèmes robotiques ultra miniaturisés et des dispositifs nanomécaniques qui ont des applications en fabrication et dans les sciences de la vie. Ces domaines sont aptes à se développer plus lentement que d'autres, car les préoccupations de sécurité soulèveront des questions de politique. Ici, au Canada, l'Institut national de nanotechnologie (INNT)<sup>188</sup> jouera sans aucun doute un rôle clé dans l'établissement de politiques nationales. Du point de vue de la défense, vu le potentiel déstabilisateur considérable offert par les nouveaux développements en nanotechnologie, il sera important que la communauté de défense demeure impliquée dans les décisions relatives aux politiques, particulièrement à l'égard des questions de transfert de la technologie commerciale.

La convergence de tous ces domaines de la technologie révolutionne nombre d'entreprises dépendant des technologies existantes. L'accès à l'espace, par exemple,

---

est devenu une entreprise commerciale qui devient de plus en plus disponible au public<sup>189</sup>. Vu le coût exorbitant actuel du tourisme spatial, malgré une demande reconnue, Buzz Aldrin, le deuxième astronaute de la NASA à marcher sur la lune, vient d'annoncer des plans de tenir une loterie de tourisme spatial. Cela enverrait le gagnant dans l'espace dans une tentative d'étendre le rêve des voyages extraterrestres au-delà des très riches<sup>190</sup>. En outre, Richard Branson de Virgin Galactic respecte l'échéancier pour développer un engin à six passagers qui offrira cette décennie des voyages touristiques spatiaux infraorbitaux<sup>191</sup>. Un des résultats de cet intérêt renouvelé dans l'espace est une capacité croissante des individus à accéder à l'espace. Bien que le tourisme spatial ne soit guère une menace pour la sécurité nationale, il y a un potentiel que tout groupe ayant les ressources financières nécessaires obtienne accès à l'espace au moyen du lancement commercial d'un microsatellite de surveillance par exemple. Il semble qu'il y ait une nouvelle course à l'espace qui stimulera l'innovation renouvelée des technologies spatiales. Un nombre croissant d'intervenants mondiaux envisagent des initiatives spatiales majeures. La Russie et la Chine, par exemple, viennent d'annoncer une mission conjointe à destination de Mars<sup>192</sup>. Il est possible qu'à l'avenir, l'espace devienne un nouveau champ de bataille.

## Changement sociétal induit par la technologie

Comme nous l'avons indiqué dans l'introduction du présent chapitre, la technologie est un des principaux moteurs du changement sociétal. De plus, le rythme du changement donne lieu à des perturbations de la société qui, dans bien des cas, se manifestent dans des modifications réactionnaires des lois et des politiques. Par exemple, des différends se produisent à la suite de l'utilisation ou du désir d'utilisation de nouvelles technologies, lesquels commencent à se présenter devant les tribunaux généralement avant que le public en soit conscient, donc avant que tout organisme élu ait considéré les politiques publiques associées. Dans notre ère de blogues et d'autres outils de réseautage tels que MySpace, qui offrent des plates-formes aux individus pour critiquer ouvertement et à l'échelle mondiale des gouvernements et autres autorités, il y aura probablement des tensions croissantes entre la liberté d'expression et la censure de ces médias par l'État. Par conséquent, les tribunaux devront se prononcer sur des situations qui, dans le contexte actuel nous semblent choquantes et immorales<sup>193</sup>, et ce peut-être de plus en plus fréquemment et souvent avant qu'un environnement de réglementation soit établi. Pour cette seule raison, des exercices axés sur l'avenir sont d'une grande importance pratique. L'étude systématique de questions futures devrait devenir une partie intégrante de toutes les activités de développement en tant que moyen d'éviter d'être pris de surprise et d'avoir à prononcer des jugements précipités, qui ont souvent des conséquences non voulues.

Le débat éthique en cours sur la recherche en cellules souches embryonnaires humaines aux États-Unis est un exemple type de la perturbation de politique actuelle induite par la technologie. Les promoteurs font valoir les grandes attentes de la recherche en cellules souches pour la guérison du diabète juvénile, de la maladie de Parkinson, du cancer, de blessures de la moelle épinière et de bien d'autres maladies et conditions. En revanche, le président américain George Bush, invoquant des préoccupations quant aux implications morales, a indiqué qu'il opposerait son veto à la loi nouvellement proposée<sup>194</sup> qui relâche les restrictions sur l'utilisation des cellules souches embryonnaires si elle progresse jusqu'au Congrès<sup>195</sup>.

Un développement également déstabilisant habilité par notre société branchée à l'échelle mondiale est le pouvoir qu'Internet accorde aux individus et aux groupements sociaux dans leur lutte contre la corruption<sup>196</sup> ou même les politiques ou activités au palier national. Par exemple, la US Navy vient d'être poursuivie en raison de son

---

utilisation de la technologie du sonar et des dommages environnementaux qu'elle produit<sup>197</sup>. De plus, la désinformation, qui est facile à diffuser au moyen de nouveaux outils du réseau social<sup>198</sup> tels que YouTube, peut facilement donner lieu à des tensions internationales. Par exemple, un utilisateur grec vient de verser un vidéo sur le site YouTube portraiturant Mustafa Kemal Atatürk, fondateur de la Turquie moderne, et tous les citoyens turcs comme des homosexuels, ce qui a amené le gouvernement de la Turquie à interdire l'accès au site<sup>199</sup>.

Tous les secteurs de la société subiront une transformation à la suite de l'introduction de nouvelles technologies. Le système juridique, par exemple, commence à s'adapter à l'incidence de l'évidence de la neuro-imagerie et des neurosciences en procédure pénale. Les promoteurs prévoient une incidence considérable non seulement sur les questions de culpabilité et de punition, mais aussi sur la détection de mensonges et de préjugés cachés et sur la prédiction de comportement criminel futur. Cependant, les sceptiques craignent que l'utilisation de la technologie du balayage du cerveau en tant que moyen de lecture de pensée menace la vie privée et la liberté mentale. Certains ont avancé qu'un nouveau concept de liberté cognitive sera nécessaire pour atténuer ces préoccupations<sup>200</sup>. La liberté génétique devient également un sujet de discussion étant donné que les avancées en biotechnologie et en génétique permettent d'identifier la prédisposition à des maladies particulières. Cela a amené la Chambre des représentants américaine à adopter la Genetic Information Non-discrimination Act<sup>201</sup>, loi qui interdit l'utilisation inappropriée d'information génétique aux fins des décisions relatives à l'embauche et à l'assurance-maladie.

Les développements de la réalité virtuelle finiront par mener à des économies virtuelles et à des parties croissantes de la société qui passent de plus en plus de temps en ligne. Une capacité en émergence qui atteint rapidement sa maturité en raison de la collectivité croissante en ligne et des outils d'automatisation est la capacité de créer des mondes de plus en plus personnalisés autour de nous. Une conséquence plus importante du nombre croissant de personnes en ligne est la production de comportements stigmergiques<sup>202</sup>. Des outils tels que le courriel et les blogues, par exemple, permettent à des personnes de collaborer, peu importe où elles se trouvent. En outre, la stigmergie (collaboration décalée dans le temps) est possible, comme le montre l'utilisation croissante d'outils wiki.

En revanche, la sécurité numérique deviendra de plus en plus un secteur préoccupant à mesure que de plus en plus d'information personnelle et privée est numérisée. Récemment, la Transportation Security Administration (TSA) des États-Unis a découvert qu'un disque dur externe contenant des données sur les employés (y compris le nom, le numéro d'assurance sociale, la date de naissance et de l'information de liste de paye, d'affectation de fonds, de compte bancaire et d'acheminement) avait disparu d'une zone contrôlée du Headquarters Office of Human Capital<sup>203</sup>. Les implications pour les établissements sont importantes. En plus d'avoir des implications relatives à la sécurité, le manque à protéger l'information numérique pourrait mener à des pertes financières. Ainsi, la TSA a eu à accorder une année de surveillance de crédit gratuite et une assurance de vol d'identité de jusqu'à 25 000 \$ pour aider les employés au cas où ils seraient victimes d'un vol d'identité. Les systèmes militaires ne seront pas immuns à ces mêmes risques et défis.

Un autre aspect qui continuera de mettre au défi les sociétés est la facilité avec laquelle les données numériques peuvent être copiées, partagées et manipulées. Avant l'avènement des appareils photo numériques et des logiciels de manipulation d'image avancée tels que Photoshop ou la solution de rechange gratuite GIMP, les retouches des images en chambre noire exigeaient un effort concentré, de la compétence et beaucoup de temps. Aujourd'hui, la manipulation des images et des vidéos est possible au moyen

---

de quelques coups de touche ou de clics sur la souris et est disponible pour presque tout le monde. Ces capacités peu coûteuses, combinées à la diffusion quasi instantanée à l'échelle mondiale sur Internet offrent des occasions de désinformation, de déception et de fraude — intentionnelles ou autres. La capacité d'accéder à cette information via le Web, compliquée par les courriels venant de collègues, augmentera le besoin de diligence raisonnable dans la vérification des sources. Il deviendra impossible de croire tout ce qu'on voit, entend ou lit dans les médias populaires ou en ligne, à moins que ce ne soit confirmé par de nombreuses sources uniques, distinctes et de confiance. Malheureusement, il devient beaucoup trop facile pour les sources légitimes de copier du contenu (exact, trompeur ou tout simplement erroné) dans un instant dans notre monde branché sur le Web. Même les revues scientifiques ne sont pas à l'abri de la tromperie à mesure que le mot d'ordre de plus en plus répandu de « publiez ou périssez » oblige les programmes se dirigeant vers l'échec de prendre des mesures draconiennes<sup>204</sup>. Les journaux Web ou blogues ne servent qu'à aggraver la situation à mesure que les non-initiés pontifient sur des choses qu'ils ont entendues, vues ou apprises d'une autre manière dans les médias populaires ou dans un autre blogue.

Malgré les aspects négatifs de la manipulation inappropriée des données et de l'information indiquée ci-dessus, la collaboration sociale en réseau au moyen d'outils tels que des wikis demeure une capacité puissante et bénéfique qui continuera fort probablement de croître en popularité et en importance. Bien des grandes organisations gouvernementales tenteront probablement de bénéficier de ce phénomène social. La NASA, par exemple, a déjà annoncé un projet à source libre appelé CosmosCode, qui vise à recruter des volontaires pour écrire du code pour les missions spatiales futures<sup>205</sup>. Chose intéressante, les participants peuvent rencontrer les autres membres de la communauté des volontaires aux réunions hebdomadaires le mardi de CosmosCode qui ont lieu dans le monde virtuel de Second Life — le tout, sans quitter leur maison ou bureau<sup>206</sup>. Ce niveau d'ouverture et de transparence à l'intérieur d'un environnement de défense se confrontera probablement à des contraintes de sécurité. Cependant, il n'y a aucune raison pour laquelle des outils de collaboration sociale ne pourraient pas être mis en œuvre pour bénéficier de la sagesse collective des membres actifs des FC. Le manque à mettre en œuvre de tels outils pourrait donner lieu à la déstabilisation de la sécurité, car la collaboration massive du secteur privé risque d'être plus concurrentielle que les bureaucraties des établissements classiques<sup>207</sup>. Le pouvoir potentiel de la collaboration sociale a été démontré récemment, lorsqu'un élève âgé de 15 ans d'une école secondaire a créé un dispositif de fusion sophistiqué avec un peu d'aide de collaboration en ligne<sup>208</sup>. La reconnaissance du pouvoir fourni par la collaboration en réseau a amené certaines corporations à élaborer des applications qui permettent « l'approvisionnement par la foule »<sup>209</sup>. En outre, Internet est même devenu le nouveau champ de bataille politique<sup>210</sup> de la prochaine élection présidentielle américaine<sup>211</sup>.

La collaboration en réseau est loin d'être un phénomène nouveau. Cependant, elle prend de l'essor à mesure que les applications du prétendu Web 2.0 se multiplient. Ces applications commencent avec très peu d'information, mais elles fournissent des outils d'utilisation facile qui encouragent les utilisateurs à contribuer du matériel et à augmenter le contenu. Avec le temps, une application du Web 2.0 évolue, les utilisateurs devenant essentiellement les administrateurs et établissant ainsi un site auto-organisateur. Une étude Booz Allen Hamilton de 2006 a révélé que l'utilisation de sites de réseautage social, de wikis et d'autres technologies du Web 2.0 est un phénomène de masse croissant. L'étude a conclu que le réseautage social était un phénomène massif applicable à tous les utilisateurs, indépendamment de l'âge, de la classe sociale, du sexe ou de l'éducation. En outre, le sondage a révélé que plus de la moitié de tous les utilisateurs d'Internet se fient déjà aux conseils d'une communauté mondiale

---

d'utilisateurs, indiquant une acceptation à grande échelle de nouvelles façons de former des opinions et de prendre des décisions d'achat. Les préoccupations de la vie privée ont également diminué : 70 % des utilisateurs de MySpace au R.-U. créent leur propre contenu à partager, mais seulement 39 % limitent l'accès à leur matériel destiné à eux-mêmes ou à leurs connaissances<sup>212</sup>.

Bien qu'il y ait peut-être une certaine résistance à mettre en œuvre des initiatives de collaboration libre, il peut s'avérer nécessaire que les organisations gouvernementales accordent le libre accès à leur recherche financée par les deniers publics. Plusieurs organisations, telles que l'Alliance for Taxpayer Access, cherchent activement à obtenir cet accès, revendiquant que les fonds publics devraient donner lieu à des bénéfices publics<sup>213</sup>. Dans une certaine mesure, la communauté scientifique a déjà commencé à assurer le libre accès à son information — au moins aux autres professionnels scientifiques au moyen du wiki pour professionnels. Ce wiki est décrit comme un espace de travail sur le Web sémantique qui permettra l'échange et l'exploration des connaissances en temps réel par la combinaison de l'information dans des bases de données avec la littérature de façon que le tout semble être une seule base de données du point de vue de l'utilisateur<sup>214</sup>. Le libre accès à toute cette information, combiné à l'ajout de logiciel de fouille de texte permettra aux utilisateurs d'explorer des liaisons à l'intérieur des données, ce qui facilite une analyse détaillée. La libération de l'information de cette façon habilitera les individus tout en réduisant le monopole de l'information que détenaient les gouvernements par le passé. En effet, il peut s'avérer nécessaire que les organisations fournissent des outils de réseautage social à leur personnel. Le manque à le faire pourra de plus en plus être perçu par le personnel interne comme une tentative de censurer leurs activités. Dans une certaine mesure, cette situation se produit dans les forces américaines, car l'accès aux outils de réseautage social a été limité à cause de préoccupations liées à la largeur de bande et à la sécurité<sup>215</sup>.

Alors que les préoccupations relatives à la largeur de bande et à la sécurité peuvent être des préoccupations légitimes dans un contexte militaire qui exige des restrictions, celles-ci peuvent devenir de plus en plus intolérables pour les individus qui s'attendent à avoir accès à la collaboration sociale et à des outils de communication. La réaction récente des utilisateurs du portail de nouvelles sociales Digg.com à une autorité perçue intimidante peut devenir plus courante à l'avenir. Récemment, les utilisateurs de Digg.com ont affiché sur le Web des liens avec un code qui permet aux développeurs de logiciels de copier du contenu chiffré de disques DVD HD. Les créateurs du code, Advanced Access Content Systems, ont exigé que les administrateurs de Digg.com suppriment ces liens. Bien que les administrateurs aient acquiescé à la demande, les utilisateurs du site se sont révoltés<sup>216</sup>. Le site Digg fut inondé de milliers de liens avec le code et d'énoncés invoquant la liberté d'expression. Paradoxalement, des millions ont maintenant vu le code du DVD HD, et une recherche Google des quelques premiers chiffres du code donne des liens avec plus de 1,6 million de copies du code complet. Cette révolte sociale a obligé les administrateurs du site Digg à abandonner leurs tentatives de supprimer les liens et à élaborer une position juridique en vue d'une poursuite inévitable par les créateurs du code. À l'avenir, toute tentative par les autorités visant à empêcher la communication parmi les utilisateurs dans ces environnements de collaboration du Web 2.0 en émergence peut paradoxalement mener à une diffusion plus poussée de l'information qu'elles essayaient de limiter. Ce phénomène commence à être connu sous le nom de « marketing viral »<sup>217</sup>, qui peut de toute évidence avoir des bénéfices publicitaires, mais également des conséquences négatives s'il s'agit de protéger des renseignements de nature délicate. Cependant, il y a des occasions croissantes d'explorer les données de ces connexions florissantes. Par exemple, des

---

organismes du renseignement cherchent à suivre des groupes d'insurgés au moyen d'outils de mappage de réseau social<sup>218</sup>. Bien que cela donne lieu à des questions de protection de la vie privée, il est probable que la commodité fournie par le réseautage social l'emportera sur ces préoccupations. Toutefois, vu la prolifération des téléphones photo et des visiophones, il se peut que la plus grande menace future à la vie privée ne soit pas le gouvernement, mais plutôt votre voisin immédiat. Les implications potentielles pour la perturbation sociale semblent être graves<sup>219</sup>.

La prolifération de ces plates-formes de réseau de collaboration sociale libre permettra donc aux petits de devenir puissants. L'accès à la collection croissante d'information exhaustive et permettant la recherche sur le Web peut également changer la façon dont la société définit l'intelligence. Alors que, par le passé, l'intelligence était principalement déterminée par la quantité d'information qu'une personne pouvait mémoriser, à l'avenir, il se peut que l'intelligence soit mesurée par la capacité de localiser rapidement, d'organiser et de comprendre l'information extraite de sources d'information mondiales telles qu'Internet. Par conséquent, une personne qui a des connaissances très limitées d'un sujet donné, mais qui sait trouver rapidement et organiser l'information pertinente sur ce sujet sera beaucoup plus productive que quelqu'un qui n'est pas familiarisé avec les technologies de recherche et d'extraction d'information, quelle que soit sa capacité mentale. Cette compétence deviendra de plus en plus importante, à mesure que les sociétés deviennent plus complexes et que l'accès à la toile mondiale d'information devient disponible 24 h sur 24, 7 j sur 7 à partir de n'importe quel emplacement grâce à la couverture généralisée des téléphones cellulaires et des applications de logiciel social mobile (MoSoSo)<sup>220</sup>.

Les applications MoSoSo commerciales offrent l'équivalent civil du suivi de la force bleue, de la connaissance de la situation et du commandement en déplacement. Il est probable que ces capacités d'opérations habilitées par réseau civil augmenteront en perfection et en puissance, concurrençant tout ce qui pourra être mis en œuvre par les grandes armées institutionnelles à cause de leurs bureaucraties. Cette condition d'informatique disponible en continu fera assurément en sorte que les sociétés se transforment dans des directions inattendues, à mesure que les gens trouvent des façons novatrices de mettre ces technologies commerciales et à source libre en œuvre dans leurs vies sociales. Dans un avenir rapproché, le matériel et le logiciel sous-jacents qui habilitent ce réseautage social mobile omniprésent<sup>221</sup> deviendront tellement discrets et courants qu'ils deviendront une partie intégrante de la structure sociale et cesseront d'être considérés comme de la haute technologie. À ce stade, le fait d'être débranché du réseau deviendra un événement traumatique. Bien qu'on soit encore à quelques années de cette situation, tandis que certains peuvent avancer qu'elle existe déjà pour bien des personnes, la communauté de développement des capacités de l'Armée doit être consciente de cette question et de son incidence sur les ressources humaines. Les recrues potentielles de l'an 2021, qui est l'année prévue pour la capacité opérationnelle totale de l'ATdD, ont aujourd'hui de quatre à huit ans. Ils auront indubitablement des attentes bien développées quant à la disponibilité de la collaboration sociale continue habilitée par un réseau omniprésent. Par conséquent, le développement des capacités devra pouvoir satisfaire cette attente. De plus, la capacité de pouvoir évoluer dans cet environnement sera une caractéristique fortement recherchée parmi les recrues puisque le concept des OAD de l'ATdD envisage un environnement réseauté omniprésent. Cependant, l'établissement du juste équilibre entre les exigences de sécurité et les exigences de disponibilité continuera probablement d'être un défi pour la mise en œuvre des systèmes militaires. Un logiciel espion mobile, par exemple, appelé SymbOS/Flexispy.B, est capable d'activer à distance le microphone monté sur un



---

dispositif mobile, permettant l'écoute clandestine<sup>222</sup>. D'autres logiciels permettent d'activer des caméras.

Bien que les nations développées soient à la tête du développement de l'accès omniprésent aux réseaux, l'importance et la prolifération des réseaux dans les pays en voie de développement ne sauraient être sous-estimées. Par exemple, le projet « United Villages » fait appel à des autocars et motocyclettes équipés de Wi-Fi pour livrer le contenu du Web aux villages éloignés du monde en voie de développement<sup>223</sup>. En Inde rurale et dans des parties de la Rwanda, du Cambodge et du Paraguay, des véhicules offrent le contenu du Web à des ordinateurs sans accès Internet. Déjà, des parties importantes du monde développé cherchent à rendre l'accès au réseau obligatoire. Par exemple, les 25 États membres de la Commission européenne et neuf pays en phase d'adhésion ont souscrit à un plan qui pourrait rendre l'accessibilité en approvisionnement électronique obligatoire<sup>224</sup>.

## Changement de la technologie militaire

Les changements aux sociétés mondiales en raison de la prolifération des réseaux dans le secteur commercial influencent également l'interface entre la société canadienne et les forces armées. Les communications entre le personnel déployé et leurs familles, et la société en général, ont été améliorées considérablement grâce à des initiatives telles que le site DNDTALK<sup>225</sup>, qui est préconisé comme un endroit où les membres de la famille peuvent afficher des messages pour le personnel déployé. Ce site a des capacités de blogue et offrira bientôt des outils de baladodiffusion qui permettront de verser des messages audio en format MP3.

Le blogage militaire est une tendance en pleine croissance. Le site Milblogging.com, par exemple, offre un index mondial de blogues militaires. Le site suit également les milblogs (blogues militaires) par pays. Les États-Unis et l'Iraq mènent la liste de pays ayant des milblogs, avec 1123 et 386 sites respectivement. Le site comprend 18 milblogs<sup>226</sup> pour le Canada. Un des exemples, le blogue des Forces canadiennes<sup>227</sup>, sert de site de recrutement de réservistes. D'autres offrent des outils de soutien pour les familles des militaires<sup>228</sup>. Bien que ces sites offrent énormément de soutien aux familles et peuvent remonter le moral des troupes, ils ne sont pas sans enjeu. La fourniture d'accès à ces services et à d'autres pour les troupes déployées exige une largeur de bande de communication considérable. Les impératifs opérationnels exigent évidemment que la largeur de bande disponible soit accordée en priorité à l'utilisation pour les missions. Par conséquent, une largeur de bande d'appui extérieur insuffisante risque de démoraliser les troupes à l'avenir, à mesure que de plus en plus d'individus s'habituent à être en contact constant — souvent en temps réel.

Alors que le développement continu et l'expansion d'Internet caractérisent et définissent l'âge de l'information du 21<sup>e</sup> siècle, du point de vue de la capacité militaire, les outils de base de la guerre demeurent remarquablement semblables à leurs prédécesseurs de l'âge industriel — chars, camions, systèmes de tir direct et missiles, par exemple. Bien que l'intégration de la technologie d'information du 21<sup>e</sup> siècle aux systèmes des véhicules soit notable, les caractéristiques de performance matérielle de base ne sont que légèrement supérieures à celles de leurs prédécesseurs de l'époque de la guerre froide. Les systèmes de propulsion et autres éléments mécaniques qui définissent les caractéristiques de performance matérielle progressent à des rythmes beaucoup plus lents que la technologie de l'information ou ses applications. Par conséquent, ce sera principalement dans le domaine de la technologie de l'information que les améliorations exponentielles de vitesse de calcul, de simulation, de connaissance de la situation, de l'acquisition des objectifs, de la surveillance et de la précision serviront à augmenter l'efficacité des véhicules.

---

Les TIC de réseautage avancées sont de plus en plus utilisées pour prolonger la vie utile des systèmes existants en permettant de les utiliser de façons nouvelles et novatrices — y compris la dispersion avec une meilleure connaissance de la situation et un potentiel supérieur d'engagement coopératif. Les TIC nouvellement intégrées fournissent également de meilleures capacités d'engagement. Par exemple, les nouveaux systèmes de conduite du tir axés sur les TIC comprenant des ordinateurs, des capteurs et des logiciels peuvent compenser une protection insuffisante par le blindage au moyen d'une probabilité améliorée d'atteinte/destruction au premier coup. En outre, à mesure que les véhicules robotiques entrent en service d'ici 2021, ils pourraient attirer le feu ou détecter les objectifs permettant aux systèmes existants d'engager les objectifs et de dominer même s'ils ne possèdent pas de puissance de feu ou de blindage supérieurs. La recherche en matériaux nouveaux peut offrir des occasions de prolonger la durée de vie du châssis principal des plates-formes d'armes majeures; toutefois, il serait irraisonnable de s'attendre à ce que les éléments de TIC intégrés aient une durée de vie supérieure à plusieurs années. Ce n'est pas qu'ils tomberaient en panne, mais plutôt qu'ils deviendraient obsolètes en raison du rythme exponentiel du développement des technologies. Cette situation exige un chemin de mise à niveau de modules prêts à l'emploi qui permette l'intégration facile de nouvelles TIC aux systèmes existants sans rattrapage majeur.

De la technologie est en cours d'être mise en valeur pour atteindre le plein avantage stratégique et tactique d'une force mobile, agile et souple. Cela a amené de nombreuses armées à concentrer une bonne partie de leur effort de développement sur des parcs de véhicules blindés plus légers qui constituent une force de combat crédible et efficace. Alors que l'expérience récente dans l'environnement opérationnel contemporain a souligné la réorientation vers un plus grand accent sur la protection à l'égard de la puissance de feu, de la mobilité, du triangle de protection et du besoin de niveaux de blindage lourd pour contrer la menace des IED, les avancées de la conception et de la fabrication du matériel et de la technologie de l'information seront mises en valeur pour améliorer la protection des forces à matériel léger. À cet égard, la surviabilité comprend toutes les couches successives de protection, y compris la mobilité et la furtivité, la réduction des signatures, la suite d'aides de défense (SAD) de neutralisation en douceur, la SAD de destruction, le blindage amélioré et les systèmes de suppression d'éclats.

D'après un rapport de 2004 rédigé par le Center for Strategic and Budgetary Assessments, une révolution de la conduite de la guerre est en cours depuis près de trois décennies<sup>229</sup>. Pendant cette période, les alliés occidentaux ont cherché à compenser la supériorité numérique des forces du Pacte de Varsovie en tentant de développer des avantages technologiques asymétriques. Malgré la fin de la guerre froide, les auteurs du rapport avancent que la révolution résultant de ces initiatives continue et peut être caractérisée par : l'émergence de la guerre de précision tout temps; l'avènement de la furtivité; l'augmentation de systèmes télépilotes; l'exploitation tactique et opérationnelle de l'espace; et l'émergence de formes initiales de conduite de la guerre axée sur réseau et d'intégration des forces interarmées. Les auteurs avancent également que le rythme des changements des capacités militaires est apte à augmenter considérablement au cours des prochaines décennies. Les capacités d'atteinte avec précision continueront d'augmenter à l'égard de la portée, de l'échelle et du degré de sophistication. Des formes plus avancées de furtivité sont en cours de développement. Les capteurs et les réseaux de combat continueront d'augmenter en capacité et sophistication. Les systèmes télépilotes deviendront un élément de plus en plus important des structures de la force. Il n'est pas clair, toutefois, si une masse

---

critique de ces capacités passera à des concurrents potentiels ou si les États-Unis demeureront la puissance technologique militaire dominante.

Toutefois, l'utilité continue des systèmes existants bien au-delà de l'année 2010 a été remise en question. Les analystes de défense Michael Vickers et Robert Martinage maintiennent que la puissance des munitions intelligentes (qui peuvent être tirées à distance ou à l'épaule) l'emporte sur la protection assurée par la vitesse et le blindage<sup>230</sup>. De même, George et Meredith Friedman maintiennent que les plates-formes d'armes classiques telles que les chars auront du mal à survivre dans un monde de munitions guidées avec précision<sup>231</sup>. La crainte en cause est confirmée par les tendances dans la communauté de R & D en blindage de protection, qui étudie le blindage réactif par explosion comme moyen potentiel de neutraliser les munitions intelligentes.

De plus en plus de technologies commerciales deviennent disponibles à des coûts beaucoup plus réduits et ont souvent une meilleure fonctionnalité opérationnelle que ceux des équivalents militarisés utilisés en campagne. Bien que ces systèmes commerciaux soient parfois démunis de caractéristiques de sécurité, celles-ci sont achetées par les troupes avant qu'elles se déploient au théâtre. Par exemple, la mise à jour CFLO ARDEC de févr. /mars 2007 signalait que les unités et/ou soldats américains achetaient des produits GPS Garmin commerciaux pour utilisation dans le théâtre. Cela garantissait qu'au moins une personne par patrouille et parfois tout le monde avait la capacité GPS. Cette situation persistera probablement, car les innovations commerciales offrent des capacités supérieures plus fréquemment que ne le permettent les programmes d'approvisionnement militaires. Chose plus importante, les dispositifs de navigation plus modernes sont devenus des articles bon marché que n'importe qui, y compris l'ennemi, peut obtenir. Ces dispositifs personnels compacts sophistiqués offrent des fonctions avancées, y compris la navigation point à point avec des directions virage-à-virage, le tout affiché sur un écran cartographique tactile de trois à quatre pouces et fourni avec des instructions vocales<sup>232</sup>. Ces systèmes commerciaux sont conçus pour être portatifs et résistants avec une autonomie prolongée. Ils pourraient même être intégrés à une variété de produits commerciaux courants permettant la création d'armes de précision bon marché. S'ils sont en plus combinés à des technologies de communication commerciales, ils offrent des capacités de connaissance de la situation rivalisant celles disponibles pour les systèmes militaires déployés à l'heure actuelle. Bien qu'il connaisse des défis de financement, le système de navigation par satellite commercial de l'Union européenne, Galileo, augmentera la robustesse des offres de navigation commerciale. De plus, Galileo offrira des avantages par rapport à ses contreparties militaires contemporaines (le système de positionnement global (GPS) des États-Unis et le système soviétique GLONASS); il devrait fournir une amélioration considérable des performances compte tenu de ce qu'on a appris de trente ans d'expérience en technologie GPS.

La Chine aussi cherche à entrer dans le secteur de la navigation par satellite. Le 14 avril 2007, la Chine a lancé le satellite de navigation COMPASS, qui suit un lancement le 3 février 2007, le quatrième depuis 2000. La Chine planifierait d'assurer la couverture nationale et la couverture de certains des pays voisins en 2008<sup>233</sup>. On s'attend à ce que cela soit élargi pour devenir une couverture mondiale.

L'innovation commerciale fournit au public d'autres capacités avancées qui jusque-là n'étaient disponibles qu'aux forces armées avancées. Ainsi, l'entreprise ImageSat International appartenant à Israël offre à ses abonnés la possibilité de se servir de son satellite d'imagerie EROS-A et de télécharger en aval les données de ce dernier dans le plus grand secret avec peu de restrictions si restriction il y a<sup>234</sup>. Ce service fournit essentiellement aux abonnés leur propre satellite de reconnaissance, mais à une fraction du coût. À l'heure actuelle, les applications Google Earth<sup>235</sup> et Map largement

---

disponibles fournissent à quiconque a une connexion Internet et un ordinateur contemporain des puissants outils géographiques gratuits et la couverture cartographique mondiale par satellite. L'industrie des satellites privés devient si avancée et omniprésente que de nombreuses forces armées avancées, y compris les forces armées américaines, s'y fient maintenant pour satisfaire une partie de ses besoins en imagerie et une bonne partie de ses besoins en communications.

Une autre réorientation dramatique vers l'innovation commerciale est apparente dans le secteur de la robotique. Dans une interview récente dans le *FastCompany Magazine*, Rodney Brooks, directeur d'un laboratoire d'informatique et d'intelligence artificielle américain de grande envergure, indiquait que, il y a dix ans, 90 % du financement de son groupe provenait du Département de la défense, alors que ce chiffre est maintenant de moins de 25 %<sup>236</sup>. Par conséquent, la robotique sophistiquée se multipliera dans le secteur commercial, et non seulement dans le domaine militaire.

La convergence de toutes ces tendances pourrait mener à de nouvelles formes de guerre à l'intérieur des dimensions de l'espace, de l'information et de la biologie. La conduite de la guerre terrestre pourrait passer d'un régime dominé par des forces mobiles, interarmes et blindées à une force dominée par des forces beaucoup plus légères, furtives et à forte composante d'information et de robotique. L'augmentation de l'utilisation commerciale et militaire de l'espace pourrait donner lieu à l'émergence d'une vaste gamme de capacités de contrôle offensives et défensives de l'espace. Des outils d'attaque de réseaux informatiques et des armes à radiofréquence pourraient être utilisés à grande échelle pour attaquer les infrastructures d'information et les forces à forte composante d'information. Des armes biologiques personnalisées et l'émergence d'opérations biologiques pourraient également occuper une place importante à l'avenir. Le manque à investir dans les efforts de développement des capacités en fonction de ces possibilités représente un risque considérable pour l'avenir.

## Implications pour les facteurs humains

À mesure que la société change, les capacités dont les citoyens ont besoin pour relever les défis changent également. Au début des années 1900, une personne qui avait acquis les simples aptitudes de lecture, d'écriture et de calcul était jugée alphabète. Aujourd'hui, on s'attend à ce que tous les élèves sachent lire d'un œil critique, écrire de façon convaincante, penser et raisonner logiquement et résoudre des problèmes complexes de mathématique et de science. D'après une étude en *Gauge 21<sup>st</sup> Century Skills*<sup>237</sup>, la force motrice du 21<sup>e</sup> siècle sera le capital intellectuel des citoyens. Sur le front militaire, les soldats auront besoin de compétences de l'âge numérique afin de fleurir sur le champ de bataille numérique. Et le système d'instruction militaire doit apporter des changements parallèles pour préparer les soldats à cet environnement. Notamment, le système d'instruction doit comprendre et adopter les compétences exigées par la technologie changeante du 21<sup>e</sup> siècle. Ces compétences comprennent :<sup>238</sup>

❖ **Alphabétisme visuel et informatique** : L'interface utilisateur graphique du World Wide Web et la convergence de la voix, de la vidéo et des données dans un format numérique ont augmenté de façon dramatique l'utilisation de l'imagerie visuelle. Des avancées telles que les appareils photo numériques, les progiciels de graphisme, la vidéo en continu et des normes d'imagerie communes permettent l'utilisation de l'imagerie visuelle pour communiquer des idées. Il faut de bonnes aptitudes de visualisation pour être en mesure de déchiffrer, d'interpréter, de détecter des modèles et de communiquer à l'aide d'imagerie. L'alphabétisme informatique comprend l'accès efficient et efficace à l'information, l'évaluation de l'information d'un œil critique et avec compétence et l'utilisation de l'information de façon appropriée et créative.

---

❖ **Alphabétisme culturel et connaissance du monde** : Comme le monde devient de plus en plus câblé et interconnecté, la mondialisation du commerce, des échanges et des conflits qui en résulte augmente le besoin d’alphabétisme culturel. Dans une telle économie mondiale, avec des interactions, des partenariats et de la concurrence du monde entier, il y a un besoin plus grand de connaître, de comprendre et d’apprécier les autres cultures, y compris les normes culturelles d’une société technologique.

❖ **Adaptabilité, gestion de la complexité et auto-direction** : Le monde interconnecté d’aujourd’hui génère une complexité sans précédent. La mondialisation et le Web sont intrinsèquement complexes et accélèrent le rythme de changement du monde contemporain. L’interaction dans un tel environnement exige des individus capables d’identifier les conditions changeantes et d’y réagir indépendamment. En effet, les individus doivent être des apprenants autonomes qui sont capables d’analyser de nouvelles conditions à mesure qu’elles surviennent, déterminer les nouvelles aptitudes qui seront nécessaires pour y faire face et, de façon indépendante, tracer une route qui réagit à ces changements. Ils doivent être en mesure de tenir compte de contingences, de prévoir le changement et de comprendre les interdépendances dans les systèmes.

❖ **Curiosité, créativité et prise de risques** : De nos jours, on s’attend à ce que les individus s’adaptent à des environnements changeants. Un trait de caractère indispensable dans ces situations est une curiosité vis-à-vis du monde et de la façon dont il marche. Les chercheurs comprennent maintenant comment la structure même du cerveau peut être modifiée grâce à des entreprises intellectuelles. La curiosité stimule l’apprentissage pendant toute la vie car elle contribue à la qualité de la vie et au capital intellectuel du pays. La prise de risques est tout aussi importante — sans elle, il y aurait peu de progrès sous la forme de découvertes, d’inventions et d’apprentissage.

❖ **Processus mental de niveau élevé et raisonnement solide** : Depuis des décennies, les rapports proposent un processus mental de niveau élevé et un raisonnement solide dans les programmes de cours d’école. Cela comprend la réflexion créative, la prise de décisions, la résolution de problèmes, la visualisation mentale et la faculté d’apprendre et de raisonner. Le raisonnement solide permet aux individus de planifier, de concevoir, d’exécuter et d’évaluer les solutions — processus qui sont souvent effectués de façon plus efficiente et plus efficace au moyen d’outils technologiques.

❖ **Travail en équipe et collaboration** : Le rythme rapide de la société d’aujourd’hui et des réseaux de communications a causé et habilité un déplacement de la prise de décision jusqu’au niveau des individus. En même temps, la complexité du monde contemporain exige un degré élevé de spécialisation des preneurs de décisions. Cela exige le travail en équipe des spécialistes pour accomplir des tâches complexes de façons qui soient efficaces, efficaces et opportunes. La technologie de l’information joue un rôle clé dans la facilité avec laquelle les individus et les groupes collaborent. Les courriels, les télécopies, la messagerie vocale, les audioconférences et les vidéoconférences, les salons de clavardage, les documents partagés et les lieux de travail virtuels peuvent donner lieu à une collaboration plus opportune et itérative.

❖ **Responsabilité personnelle et sociale** : Les technologies posent souvent des dilemmes éthiques et des conflits de valeurs. À mesure que la complexité technique augmente, l’éthique et les valeurs doivent guider l’application des sciences et de la technologie aux niveaux personnel, communautaire et gouvernemental. Les individus doivent assumer cette responsabilité et contribuer à titre de citoyens informés à tous les niveaux.

---

❖ **Communication interactive** : Dans notre société câblée et réseautée, il est impératif que les gens sachent comment communiquer à l'aide de la technologie. Cela comprend la communication asynchrone et la communication synchrone, telle que le courriel de personne à personne, les interactions de blogue et de wiki, les interactions de groupe dans des environnements virtuels, les salons de clavardage, les environnements de jeux multiutilisateurs, les vidéoconférences interactives, les interactions téléphoniques/audio et les interactions au moyen de simulations et de modèles. Ces interactions exigent la connaissance de conventions souvent propres à l'environnement en cause. Les technologies d'information ne changent pas ce qui est nécessaire aux communications interactives de haute qualité. Par contre, elles ajoutent de nouvelles dimensions qui doivent être maîtrisées pour qu'elles deviennent transparentes (p. ex. établissement de l'horaire sur plusieurs fuseaux horaires, diversité culturelle et problèmes de langue). Si cette exigence n'est pas respectée, ces technologies risquent de nuire à la communication plutôt que de la rehausser.

❖ **Établissement des priorités, planification et gestion des résultats** : Les hauts niveaux de complexité exigent une planification soignée, la gestion et la capacité de prévoir les contingences. Cela implique davantage que simplement se concentrer sur l'atteinte des principaux objectifs de la mission ou contrôler les résultats attendus. Cela exige également faire preuve de souplesse et de créativité pour anticiper également des résultats imprévus.

## Conclusion

Au 21<sup>e</sup> siècle, le leadership appartiendra aux nations qui sauront le mieux tirer profit du changement. La recherche en sciences, en technologie et en ingénierie est devenue le moteur le plus puissant du changement dans notre société. Une solide capacité de recherche prospective en matière de défense permettra à l'Armée de terre de relever une grande variété de défis futurs, que ce soient des menaces à la sécurité nationale, des problèmes environnementaux, des urgences publiques ou des crises imprévisibles. Des solutions aux problèmes pressants continueront d'émerger de façons inattendues de nouvelles connaissances scientifiques et technologiques.

Les technologies militaires continueront indubitablement d'augmenter grâce à l'amélioration du renseignement, de la vitesse, de la portée, de la furtivité, de la létalité et de l'autonomie dans ce qui se résume à une course continue visant à l'emporter sur les menaces perçues. En effet, malgré l'incapacité inhérente de prédire l'avenir, il y a suffisamment de données sur les tendances pour affirmer que la technologie (principalement commerciale) continuera de progresser de façon exponentielle et de converger (sauf catastrophe imprévue). Cela offre le potentiel à de petits groupes amplement financés d'atteindre un avantage technologique asymétrique dans certains créneaux particuliers, ce qui constitue une menace pour la supériorité militaire occidentale actuelle.

Des avancées prévisibles en intelligence artificielle, informatique, simulation, communication, capteurs, robotique et blocs d'alimentation portatifs commencent à peine à influencer l'orientation du développement des capacités de la force terrestre contemporaine. Malheureusement, compte tenu de la lenteur avec laquelle les nouvelles capacités majeures de système sont livrées, compliquée par une filière d'approvisionnement qui est entièrement nantie d'équipement et de plates-formes principalement classiques, il sera difficile de réagir en temps opportun aux changements technologiques rapides et continus, pour ne pas parler d'une atteinte potentielle (peut-être imminente) à la sécurité causée par de nouvelles percées technologiques

---

commerciales. De plus, les forces armées internationales perdent leur position concurrentielle sur le marché à cause de la réduction des dépenses de défense. Néanmoins, l'innovation commerciale va bon train, ce qui donne lieu à une obsolescence rapide de la technologie militaire en raison de la réduction du coût et du cycle opératoire du développement de la technologie commerciale.

Il n'est pas encore clair si les États en déroute et défailants ou les groupes de terroristes et les syndicats du crime organisé incorporeront ces nouvelles capacités de haute technologie dans leurs opérations dans une mesure suffisante pour menacer la supériorité militaire occidentale. Cependant, Al-Qaïda s'est déjà avéré compétent à mettre en valeur le pouvoir des technologies de réseautage et à adapter la technologie commerciale à l'utilisation comme armes (comme dans le cas de l'utilisation, le 11 septembre, d'avions à réaction de ligne comme missiles de croisière à longue portée). En outre, la connaissance de ce que la technologie commerciale est capable de faire et de l'endroit où se la procurer fait partie du domaine public sur Internet; les produits de cette technologie sont faciles à commander par Internet avec livraison le lendemain par un des nombreux services de messagerie internationale. En effet, des attaques asymétriques au moyen de simples technologies commerciales, telles que des téléphones cellulaires ou des télécommandes IR, se sont déjà produites. En outre, comme le montre l'expérience avec des auteurs d'attentats suicides, ces menaces technologiques ad hoc n'ont qu'à fonctionner une seule fois pour être une arme efficace.

Cependant, le problème clé pour le développement de la force consiste à déterminer dans quelle mesure le potentiel offert par les développements technologiques en évolution rapide influencera les exigences de capacité dans les 5 à 10 prochaines années. Ces délais sont particulièrement importants, puisque l'historique des acquisitions d'immobilisations du MDN laisse prévoir qu'il est peu probable que de nombreuses décisions d'approvisionnement prises aujourd'hui entrent en vigueur bien avant 2015 et, dans certains cas, avant 2020 ou même après.

Des projets axés sur l'avenir tels que les systèmes autonomes (robotiques) doivent être entrés dans la filière d'approvisionnement dès que possible. Il est impératif que les priorités de développement de capacités découlant du projet de « Armée de terre de demain » soient fonction du rythme de changement technologique dans la vaste gamme de domaines décrite ci-dessus. En effet, le manque à investir dans les activités de développement en vue de parer aux menaces potentielles habilitées par l'assaut de technologies avancées disponibles dans le commerce constitue un grave risque pour les opérations terrestres de demain.

---

## Endnotes

1. Patrick Murphy, The Effect of Industrialization and Technology on Warfare: 1854-1878 <http://www.militaryhistoryonline.com/general/articles/effectofindustrialization.aspx>
2. [http://www.ukinvest.gov.uk/10481/en\\_IL/0.pdf](http://www.ukinvest.gov.uk/10481/en_IL/0.pdf). Le CEO Briefing, commandité par UK Trade & Investment, est un programme de recherche annuel de l'Economist Intelligence Unit conçu pour identifier les enjeux de gestion auxquels font face les dirigeants mondiaux d'entreprise.
3. Diverses technologies définissent la démographie, par exemple les technologies de la fécondité, de la reproduction et de la contraception influent sur les taux de naissance, alors que l'intervention et les traitements médicaux peuvent prolonger l'espérance de vie. La mondialisation est également définie par la technologie, notamment celle qui a trait à l'information et aux communications.
4. <http://www.britannica.com/eb/article-9066286/science>
5. <http://www.aip.org/tip/INPHFA/vol-8/iss-6/p22.html>
6. <http://www.britannica.com/eb/article-9071527/technology>
7. <http://www.britannica.com/eb/article-9110174/military-technology>
8. Cornish, E. (2004). *Futuring: The exploration of the future*. Bethesda, MD: World Future Society. P1.
9. Ibid.
10. Ibid. P7.

- 
11. Ibid. PP22
  12. Technological progress comprises many sub-trends. Some of the more important trends will be highlighted in following sections.
  13. Cornish, E. (2004). *Futuring: The exploration of the future*. Bethesda, MD: World Future Society. p. 26.
  14. <http://www.ipcc.ch/pub/pub.htm>
  15. [http://www.xprize.org/xprizes/ansari\\_x\\_prize.html](http://www.xprize.org/xprizes/ansari_x_prize.html)
  16. [http://www.xprize.org/xprizes/genomics\\_x\\_prize.html](http://www.xprize.org/xprizes/genomics_x_prize.html)
  17. [http://www.xprize.org/xprizes/automotive\\_x\\_prize.html](http://www.xprize.org/xprizes/automotive_x_prize.html)
  18. <http://www.darpa.mil/grandchallenge/index.asp>
  19. <http://www.robocup.org/>
  20. <http://www.thinkcycle.org/> ThinkCycle est une initiative universitaire sans but lucratif visant à soutenir la collaboration répartie en vue de relever des défis de conception auxquels font face les collectivités mal desservies et l'environnement.
  21. <http://www.yet2.com/app/about/about>
  22. [http://www.cio.com/archive/100106/essential\\_tech.html](http://www.cio.com/archive/100106/essential_tech.html)
  23. <http://www.technewsworld.com/story/57224.html>
  24. <http://www.kurzweilai.net/articles/art0134.html?printable=1>
  25. <http://www.accelerationwatch.com/degree.html>
  26. <http://designnews.com/article/CA6435790.html?nid=2332&rid=2052535400>
  27. <http://www.newscientisttech.com/article/dn11632?DCMP=NLCLetter&nrsref=dn11632>
  28. <http://www.keckfutures.org/site/PageServer?pagename=home>
  29. Where Science is Headed—Sixteen Trends The Journal of the Washington Academy of Sciences (Fall-Winter 2003) Page 1, Joseph Coates Consulting Futurist, Inc.
  30. <http://www.weforum.org/en/initiatives/gcp/Global%20Competitiveness%20Report/index.htm>
  31. [http://www.nrc-cnrc.gc.ca/aboutUs/ren/nrc-foresight\\_f.html](http://www.nrc-cnrc.gc.ca/aboutUs/ren/nrc-foresight_f.html)
  32. <http://wtcc.org/ConvergingTechnologies/>
  33. <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/21473.wss>
  34. [http://www.pewInternet.org/PPP/r/188/report\\_display.asp](http://www.pewInternet.org/PPP/r/188/report_display.asp)
  35. <http://www.spectrum.ieee.org/sep06/4435>
  36. <http://www.openfabrics.org/archives/aug2005datacenter/W8.pdf> (diapo 7)
  37. [http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2005/09/14\\_key.shtml](http://www.berkeley.edu/news/media/releases/2005/09/14_key.shtml)
  38. <http://www.intel.com/pressroom/archive/releases/20070416supp.htm> Le projet Larrabee d'Intel fait également l'objet de cette annonce. Il laisse prévoir des architectures à puces parallèles faciles à programmer conçues pour se traduire par des performances à des billions d'opérations à point flottant par seconde (téraflops). Ce niveau de performance mènera à l'accélération des applications telles que l'informatique scientifique, la reconnaissance, l'extraction de données, la synthèse, la visualisation, l'analyse financière et les applications de santé. De plus, Intel a des objectifs précis pour ramener la consommation d'énergie et la taille des moules de fabrication pour produire des processeurs pour l'utilisation dans des ordinateurs ultra mobiles, visant une réduction 10X de la consommation d'énergie de sa gamme de processeurs d'ici 2010.
  39. [http://domino.research.ibm.com/comm/pr.nsf/pages/news.20070412\\_3dchip.html](http://domino.research.ibm.com/comm/pr.nsf/pages/news.20070412_3dchip.html)
  40. Ces puces sont utilisées non seulement sur les super-ordinateurs, mais aussi dans le développement du téléphone cellulaire. Si ces progrès permettent de réaliser les revendications de performance, on peut s'attendre à ce que les performances des téléphones cellulaires atteignent de nouveaux niveaux. Il serait raisonnable de s'attendre à ce que les téléphones cellulaires atteignent bientôt le niveau de performance des ordinateurs portatifs.
  41. <http://www.prc.gatech.edu/>
  42. Intel vient d'introduire son processeur de medias Intel® CE 2110, une architecture de système complet sur puce (SoC) qui combine un noyau de traitement de 1 GHz à un puissant traitement audio vidéo (AV) avec graphisme et des composants d'entrée/sortie (E/S) sur une seule puce destinée à l'utilisation dans des appareils électroniques de consommation.
  43. [http://mr.caltech.edu/media/Press\\_Releases/PR12942.html](http://mr.caltech.edu/media/Press_Releases/PR12942.html)
  44. <http://spectrum.ieee.org/mar07/4946>
  45. Vaut 1 024 gigaoctets.
  46. <http://www.sandisk.com/Oem/Default.aspx?CatID=1477>
  47. [http://news.com.com/Bye-bye+hard+drive,+hello+flash/2100-1006\\_3-6005849.html](http://news.com.com/Bye-bye+hard+drive,+hello+flash/2100-1006_3-6005849.html)
  48. D'après Xerox, l'informatique omniprésente est de l'informatique invisible qui n'existe sur aucun dispositif personnel d'aucune sorte, mais qui existe partout dans l'ébénisterie. <http://sandbox.xerox.com/ubicomp/>
  49. <http://www.ipsos-na.com/news/pressrelease.cfm?id=3049>
  50. <http://www.technewsworld.com/story/56567.html>
  51. <http://www.itu.int/osg/spu/publications/Internetofthings/>
  52. [http://www.emc.com/about/destination/digital\\_universe/](http://www.emc.com/about/destination/digital_universe/)
  53. Un exaoctet vaut un milliard de gigaoctets.
  54. [http://www.top500.org/lists/2006/11/performance\\_development](http://www.top500.org/lists/2006/11/performance_development)
  55. [http://books.nap.edu/openbook.php?record\\_id=10784&page=1](http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=10784&page=1)
  56. En plus des quatre superordinateurs les plus rapides au monde, les É.-U. en ont sept parmi les dix plus rapides et 309 parmi les 500 plus rapides. Par conséquent, les É.-U. ont plus de superordinateurs parmi les 500 plus rapides que les



- 
- 30 autres pays combinés de la liste. <http://www.top500.org/list/2006/11/100>
  57. <http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn8876&print=true>
  58. Un petaflop est une indication des performances d'un processeur d'ordinateur représentant mille milliards d'opérations à point flottant par seconde.
  59. <http://www.technewsworld.com/story/56545.html>
  60. <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/21278.wss>
  61. Internet2 est un consortium de réseaux avancés sans but lucratif comprenant plus de 200 universités américaines collaborant avec 70 corporations majeures, 45 organismes gouvernementaux, laboratoires et autres établissements d'enseignement supérieur ainsi que plus de 50 organisations partenaires internationales.
  62. IPv6 est le système d'adressage du protocole Internet qui remplacera la version IPv4 en vigueur. IPv6 offrira 5x10<sup>28</sup> adresses pour chacune des 6,5 milliards de personnes. IPv4, par contre, ne prend en charge qu'environ 4,3 milliards d'adresses.
  63. <http://www.Internet2.edu/lsr/>
  64. <http://www.nari.ee.ethz.ch/commth/pubs/p/proc03>
  65. Le groupe de travail IEEE 802.11n vient d'approuver l'ébauche 2.0 de la norme, ce qui prépare le chemin pour les produits LAN sans fil > 100 Mb/s. À l'origine, la norme IEEE prévoyait un débit minimal de > 100 Mb/s, mais plusieurs produits « ébauche 1 » ou « pré-11n » déjà sur le marché offrent des débits de 140 à 160 Mb/s. Nombre de fournisseurs affirment qu'ils s'attendent à pouvoir atteindre plus de 200 Mb/s, et parfois des débits nettement plus élevés encore, grâce à un plus grand nombre d'antennes, à une plus grande puissance et à d'autres perfectionnements.
  - <http://www.ieee802.org/11/>
  66. [http://www.wi-fi.org/OpenSection/why\\_Wi-Fi.asp](http://www.wi-fi.org/OpenSection/why_Wi-Fi.asp)
  67. <http://www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/index.htm>
  68. <http://www.intelstatgeneral.com/pdf/en/aboutus/releases/2007-4-11-IRIS.pdf>
  69. Ibid.
  70. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/6645987.stm>
  71. <http://www.spectrum.ieee.org/feb07/4892>
  72. Ibid.
  73. <http://cs.nyu.edu/~jhan/ftirtouch/>
  74. <http://www.utoronto.ca/atrc/reference/tech/haptic.html>
  75. <http://www.msl.ri.cmu.edu/projects/haptic/>
  76. <http://wii.nintendo.com/controller.jsp>
  77. <http://www.agilealliance.org/>
  78. <http://www.military-information-technology.com/article.cfm?DocID=1589>
  79. <http://itredux.com/office-20/database/>
  80. <http://www.iupload.com/>
  81. <http://www.knownow.com/>
  82. [http://www.weforum.org/en/initiatives/gcp/Global Information Technology Report](http://www.weforum.org/en/initiatives/gcp/Global%20Information%20Technology%20Report)
  83. <http://www.weforum.org/pdf/gitr/rankings2007.pdf>
  84. [http://www.foreignpolicy.com/story/cms.php?story\\_id=3420&page=1](http://www.foreignpolicy.com/story/cms.php?story_id=3420&page=1)
  85. <http://www.unctad.org/Templates/WebFlyer.asp?intItemID=3991&lang=1>
  86. <http://www.itu.int/ITU-D/ict/statistics/>
  87. <http://computerworld.com>
  88. [www.scei.co.jp/folding/en/](http://www.scei.co.jp/folding/en/)
  89. <http://folding.stanford.edu/>
  90. [http://www.boincstats.com/stats/project\\_graph.php?pr=cpdn&view=hosts](http://www.boincstats.com/stats/project_graph.php?pr=cpdn&view=hosts)
  91. <http://yodel.yahoo.com/2007/03/27/yahoo-mail-goes-to-infinity-and-beyond>
  92. <http://www.amazon.com/gp/browse.html?node=16427261>
  93. [www.dodccrp.org/publications/pdf/Alberts\\_Power.pdf](http://www.dodccrp.org/publications/pdf/Alberts_Power.pdf)
  94. Cette idée de faire appel à l'intelligence collective de l'opinion d'un vaste auditoire est maintenant souvent désignée par le terme « approvisionnement par la foule ». Une application type de l'approvisionnement par la foule est le journalisme citoyen, dans lequel le public participe au processus de reportage. De nouvelles applications paraissent régulièrement, par exemple CrowdSpirit - <http://www.crowdsprite.org/how-it-works>. De nombreux gros fournisseurs profitent également de ce phénomène, par exemple Dell Computers avec son site Idea Storm - <http://www.ideastorm.com/>.
  95. <http://www.opensource.org/>
  96. <http://www.laptop.org/en/vision/index.shtml>
  97. <http://www.microsoft.com/middleeast/press/presspage.aspx?id=200718>
  98. <http://www.developmentgateway.org/?goo=147>
  99. <http://web.mit.edu/newsoffice/2001/ocw.html>
  100. <http://ocw.mit.edu/OcwWeb/Global/all-courses.htm>
  101. <http://oedb.org/library/features/how-the-open-source-movement-has-changed-education-10-success-stories>
  102. <http://www.accelerationwatch.com/singletimingpredictions.html>
  103. <http://www.forbesinc.com/newsletters/fgi/>
  104. Le Web sémantique est une extension du Web actuel dans laquelle un sens bien défini et structuré est attribué à l'information, permettant aux ordinateurs et aux gens de mieux collaborer. <http://www.w3.org/RDF/Metalog/docs/sw->

---

easy.html

105. <http://www.darpa.mil/ipto/programs/pal/index.htm>

106. <http://www.proto-mind.com/>

107. <http://www.intelli-vision.com/>

108. [http://www.vigilos.com/article\\_04032006.html](http://www.vigilos.com/article_04032006.html)

100. <http://www.newscientisttech.com/channel/tech/mg19526146.000?DCMP=NLC-nletter&nsref=mg19526146.000>

110. <http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn6914>

111. <http://www.newscientist.com/article.ns?id=dn6924>

112. <http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0655.html>

113. <http://www.darpa.mil/grandchallenge/index.asp>

114. <http://www.scientificcomputing.com>

115. <http://www.kurzweilai.net/meme/frame.html?main=/articles/art0637.html>

116. <http://www.newscientist.com/article.ns?id=mg18624945.800>

117. <http://www.ric.org/bionic/>

118. [http://www.sony.net/SonyInfo/QRIO/top\\_nf.html](http://www.sony.net/SonyInfo/QRIO/top_nf.html)

119. [http://robots.stanford.edu/papers/thrun.icra\\_minerva.html](http://robots.stanford.edu/papers/thrun.icra_minerva.html)

120. <http://www.sciencedaily.com/releases/2004/03/040324071203.htm>

121. <http://motorcortex.huji.ac.il/research.asp#4>

122. <http://www.mdsupport.org/library/chip.html>

123. <http://www.nidcd.nih.gov/health/hearing/coch.asp>

124. <http://www.machinebrain.com/>

125. <http://www.sciam.com>

126. Hew, Patrick Chisan, The Generation of Situational Awareness within Autonomous Systems —Near to Mid Term Study — Issues, Australian DoD, Defence Science and Technology Organization, DSTO-GD-0467, Edinburgh South Australia 5111 Australie, juillet 2006. <http://dspace.dsto.defence.gov.au/dspace/handle/1947/4560>

127. [http://www.nasa.gov/vision/universe/roboticexplorers/robots\\_human\\_coop.html](http://www.nasa.gov/vision/universe/roboticexplorers/robots_human_coop.html)

128. <http://www.irobot.com/sp.cfm?pageid=95>

129. <http://www.irobot.com/sp.cfm?pageid=109>

130. <http://www.isi.edu/robots/>

131. <http://www.sigmascan.org/ViewIssue.aspx?Issuelid=302>

132. <http://www.bsac.eecs.berkeley.edu/archive/users/warneke-brett/SmartDust/index.html>

133. <http://www.cs.cmu.edu/~claytronics/>

134. <http://www.sigmascan.org/ViewIssue.aspx?Issuelid=302>

135. <http://www.newscientisttech.com>

136. Ibid.

137. <http://www.gatech.edu/news-room/release.php?id=125>

138. <http://sbir.nasa.gov/SBIR/successes/ss/9-066text.html>

139. <http://www.news.cornell.edu/stories/Nov06/ResilientRobot.ws.html>

140. <http://www.rctoys.com/rc-toys-and-parts/DF-TANGORC/INDUSTRIAL.html>

141. <http://todbot.com/blog/category/roomba/>

142. <http://www.botmag.com/>

143. <http://www.newscientisttech.com/article/mg19325966.500?DCMP=NLC-nletter&nsref=mg19325966.500>

144. Ibid.

145. <http://www.designnews.com/article/CA6424936.html?nid=3198&rid=2052535400>

146. Technology Development for Army Unmanned Ground Vehicles, Committee on Army Unmanned Ground Vehicle Technology, Board on Army Science and Technology, Division on Engineering and Physical Sciences, NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES, THE NATIONAL ACADEMIES PRESS, Washington, D.C. Copyright 2002 by the National Academies Press, [http://books.nap.edu/openbook.php?record\\_id=10592&page=13](http://books.nap.edu/openbook.php?record_id=10592&page=13)

147. <http://www.newscientist.com/article.ns?id=mg18624985.800>

148. <http://www.newscientisttech.com/article/mg19426006.800>

149. [http://www.technologyreview.com/InfoTech/wtr\\_16479,294.p1.html](http://www.technologyreview.com/InfoTech/wtr_16479,294.p1.html)

150. <http://www.smh.com.au/articles/2007/04/23/1177180526985.html>

151. [http://www.cio.com/article/107551?source=nl\\_t\\_cioinsider](http://www.cio.com/article/107551?source=nl_t_cioinsider)

152. MVR est la première étude publique de prédiction et de planification sur dix ans des technologies Web 3D et des applications, marchés et répercussions sociales potentielles connexes. <http://metaverseroadmap.org/>

153. <http://www.newscientist.com/article.ns?id=mg18625036.200>

154. <http://www.songdo.com/default.aspx>

155. [http://www.sciam.com/print\\_version.cfm?](http://www.sciam.com/print_version.cfm?)

156. [http://www.jhsph.edu/publichealthnews/articles/2007/jacobs\\_lorena\\_mosquito.html](http://www.jhsph.edu/publichealthnews/articles/2007/jacobs_lorena_mosquito.html)

157. [http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human\\_Genome/elsi/gmfood.shtml](http://www.ornl.gov/sci/techresources/Human_Genome/elsi/gmfood.shtml)

158. De nouveaux outils de laboratoire, tels que les produits de la technologie de laboratoire microfluidique sur puce atteignent rapidement la maturité et devraient accélérer davantage les domaines existants de la biologie et donner naissance à des sujets d'étude entièrement nouveaux. Par exemple, l'étude de la biologie se divise maintenant dans des domaines tels que la génomique (l'étude des gènes et de leurs fonctions) et la protéomique (l'étude des protéines codées

---

par les gènes).

159. <http://www.labx.com/>
160. [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=11087#description](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11087#description)
161. L'Initiative de recherche et de technologie CBRNE dirigée par RDDC est un excellent exemple de l'approche proactive adoptée par le Canada. <http://www.crti.drdc-rddc.gc.ca/fr/default.asp>
162. Ibid.
163. <http://www.mrsc.org/Subjects/Governance/DemogOver.aspx>
164. <http://www.globalaging.org/health/world/2005/robot.htm>
165. <http://www.newscientist.com/channel/health/mg18825264.800.html>
166. La nutriginomique est la science qui étudie l'effet de la nourriture et des éléments nutritifs ingérés sur les gènes — notamment ceux liés à la prévention de maladies.
167. <http://www.newscientist.com/channel/health/mg18825264.800.html>
168. [http://research.microsoft.com/ur/us/fundingopps/RFPs/eScience\\_RFP\\_2006.aspx](http://research.microsoft.com/ur/us/fundingopps/RFPs/eScience_RFP_2006.aspx)
169. <http://biology.plosjournals.org/perlserv/?request=get-document>
170. [http://parts.mit.edu/registry/index.php/Main\\_Page](http://parts.mit.edu/registry/index.php/Main_Page)
171. <http://www.nature.com/doi/10.1038/431624a>
172. <http://www.eetimes.com/news/latest/showArticle.jhtml>
173. <http://www.darpa.mil/sto/solicitations/SN07-20/index.html>
174. <http://www.neurosky.com/>
175. <http://humanitieslab.stanford.edu/2/290>
176. <http://www.biomed.drexel.edu/BioNano/>
177. <http://www.sciam.com/article.cfm>
178. <http://asdn.net/ngc2007/presentations/mamukianian.pdf>
179. <http://www.nano.gov/>
180. <http://chemicalvision2020.org/nanomaterialsroadmap.html>
181. <http://english.www.gov.tw/TaiwanHeadlines/index.jsp?catid=9&recordid=91955>
182. <http://www.afcea.org/signal/articles/templates>
183. <http://web.mit.edu/ISN/>
184. <http://www.afcea.org/signal/articles>
185. <http://www.cs.cmu.edu/~claytronics/>
186. <http://www.photonics.com/content/spectra/2006/July/tech/83278.aspx>
187. [http://www.nserc.ca/news/2004/p040311\\_bio3.htm](http://www.nserc.ca/news/2004/p040311_bio3.htm)
188. [http://nint-innt.proteus.cisti.nrc.ca/main\\_e.html](http://nint-innt.proteus.cisti.nrc.ca/main_e.html)
189. À l'heure actuelle, bien que le tourisme spatial soit une réalité commerciale, seuls les riches peuvent se le permettre. Comme c'est le cas de la plupart des entreprises axées sur la technologie, toutefois, ce n'est qu'une question de temps avant que les coûts se réduisent au point où elles commencent à être à la portée de la classe moyenne.
190. <http://www.reuters.com/article/scienceNews/idUSN1742589120070417>
191. <http://www.virgingalactic.com/htmlsite/index.htm>
192. <http://www.technewsworld.com/story/57383.html>
193. À titre d'exemple, des chercheurs en Californie ont injecté des cellules souches embryonnaires humaines dans des souris en gestation fœtales âgées de deux semaines. À mesure que les souris se développaient, certaines cellules souches humaines ont survécu et sont devenues des composants fonctionnels du cerveau et du système nerveux des souris. [http://news.nationalgeographic.com/news/2005/12/1214\\_051214\\_stem\\_cell.html](http://news.nationalgeographic.com/news/2005/12/1214_051214_stem_cell.html)
194. <http://thomas.loc.gov/cgi-bin/bdquery/z?d110:SN00005:@@L&summ2=m&>
195. <http://www.technewsworld.com/story/56853.html>
196. [http://www.transparency.org/global\\_priorities](http://www.transparency.org/global_priorities)
197. <http://www.nrdc.org/media/pressreleases/051019.asp>
198. <http://www.technewsworld.com/story/56458.html>
199. <http://www.technewsworld.com/story/56184.html>
200. <http://www.nytimes.com/2007/03/11/magazine/11Neurolaw.t.html>
201. <http://thomas.loc.gov/cgi-bin/bdquery/z?d108:s.01053:>
202. Pierre-Paul Grasse a introduit le concept de la stigmergie aux années 1950 pour décrire la communication indirecte parmi les individus de sociétés d'insectes.
203. <http://www.tsa.gov/datasecurity/b>
204. <http://blog.sciam.com/index.php?title=journals>
205. <http://colab.arc.nasa.gov/>
206. <http://colab.arc.nasa.gov/virtual>
207. [http://www.cio.com/article/107253/Why\\_You\\_Should\\_Collaborate](http://www.cio.com/article/107253/Why_You_Should_Collaborate)
208. <http://discovermagazine.com/2007/mar/radioactive-boy-scout>
209. [http://www.businessweek.com/innovate/content/jul2006/id20060713\\_755844.htm](http://www.businessweek.com/innovate/content/jul2006/id20060713_755844.htm)
210. <http://www.technewsworld.com/edpick/56424.html>
211. <http://www.technewsworld.com/story/57041.html>
212. <http://www.boozallen.com/publications/article/29354647>
213. <http://www.taxpayeraccess.org/>

- 
214. <http://www.popsi.com/popsi/how20/58c7db3c57f61110vgnvcm1000004eecbccdrdr.html>
  215. <http://www.technewsworld.com/edpick/57400.html> .
  216. <http://blog.digg.com/?p=74>
  217. [http://www.marketingterms.com/dictionary/viral\\_marketing/](http://www.marketingterms.com/dictionary/viral_marketing/)
  218. <http://drupal.org/node/60614>
  219. <http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/content/article/2005/07/06/AR2005070601953.html>
  220. <http://m-trends.org/2005/11/mososo-wi-fi.html>
  221. En s'adressant à une conférence en 2006, le président de Motorola, Sir David Brown, indiquait que l'industrie du service mobile n'avait aucune idée du succès qu'elle atteindrait. Il admettait qu'au milieu des années 1980, l'industrie des téléphones mobiles estimait qu'en 2000, il y aurait un marché pour environ 900 000 téléphones mobiles. Au tournant du millénaire, a-t-il dit, on vendait 900 000 téléphones toutes les 19 heures.
  222. [http://www.darkreading.com/document.asp?doc\\_id=111595](http://www.darkreading.com/document.asp?doc_id=111595)
  223. <http://www.unitedvillages.com/>
  224. <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/06/769&format=HTML&aged=0>
  225. <http://dndtalk.com/Joomla/>
  226. <http://www.milblogging.com/result.php?country=Canada&mode=advance>
  227. <http://canadian-forces.blogspot.com/>
  228. <http://military.families.com/blog/category/357>
  229. <http://www.csbaonline.org/4Publications/PubLibrary/R.20041201.RevInWar>
  230. <http://www.csbaonline.org/4Publications/PubLibrary/R.20041201.RevInWar> , P80.
  231. <http://www.holtzbrinckpublishers.com/academic/Book/BookDisplay.asp?BookKey=566248>
  232. <http://www.gpsworld.com/gpsworld/article/articleDetail.jsp?id=300303>
  233. [http://www.spacedaily.com/reports/China\\_Launches\\_Compass\\_Navigation\\_Satellite\\_999.html](http://www.spacedaily.com/reports/China_Launches_Compass_Navigation_Satellite_999.html)
  234. <http://imagesat.pionet.com/?catid={38D9FD69-CE40-4E27-8F6D-85D35E50AFEF}>
  235. <http://earth.google.com/>
  236. <http://www.fastcompany.com/magazine/104/open-debate-extra.html>
  237. Les aptitudes de l'étude enGauge 21<sup>e</sup> Century Skills ont été établies au moyen d'un processus qui comprenait des revues de la littérature, de la recherche sur les caractéristiques en émergence de la Génération Net, une revue des rapports récents sur les tendances de l'effectif du commerce et de l'industrie, une analyse d'ensembles de compétences reconnus à l'échelle nationale, l'apport d'enseignants, des données de sondages auprès des enseignants et les réactions des groupes constitutifs. (<http://www.metiri.com/features.html>)
  238. Cette liste de compétences du 21<sup>e</sup> siècle a été dérivée de l'étude « enGauge 21<sup>e</sup> Century Skills ». <http://www.ncrel.org/engage/skills/skills.htm>
-

---

## BIBLIOGRAPHIE

Bainbridge, William S. et Mihail C. Roco (éditeurs). *Managing Nano-Bio-Infocogno Innovations: Converging Technologies In Society*, Springer, Dordrecht, Pays-Bas, 2006.

Committee on Accelerating Technology Transition, National Materials Advisory Board, Board on Manufacturing and Engineering Design, Division on Engineering and Physical Sciences. *ACCELERATING TECHNOLOGY TRANSITION Bridging the Valley of Death for Materials and Processes in Defense Systems*, National Research Council of the National Academies, The National Academies Press, Washington, DC., 2004.

Committee on Army Unmanned Ground Vehicle Technology, Board on Army Science and Technology, Division on Engineering and Physical Sciences. *Technology Development for Army Unmanned Ground Vehicles*, National Research Council Of The National Academies, Washington, D.C., 2002.

Cornish, Edward. *FUTURING: The Exploration Of The Future*. The World Future Society, 2005.

Cutter, Susan L. *The Vulnerability of Science and the Science of Vulnerability*, Annals of the Association of American Geographers, 93(1), 2003, p. 1–12  
© 2003, Association of American Geographers.

Development, Concepts and Doctrine Centre (DCDC). *The DCDC Global Strategic Trends Program*, Third Edition, UK Ministry of Defence (MOD), janvier 2007.

Hew, Patrick C., *The Generation of Situational Awareness within Autonomous Systems — Near to Mid Term Study — Issues*, Australian DoD, Defence Science and Technology Organization, DSTO-GD-0467, Edinburgh South Australia 5111, Australie, juillet 2006.

Kramer, Franklin D. et John C. Cittadino. *Sweden's Use of Commercial Information Technology for Military Applications*, *Defense Horizons*, Center for Technology and National Security Policy National Defense University, Number 50, octobre 2005.

Kurzweil, Ray. *The singularity is near : when humans transcend biology*. Viking, New York, 2005.

Kyser, Giles, Matt Keegan et Samuel A. Musa. *Applying Law Enforcement Technology to Counterinsurgency Operations*, Joint Force Quarterly, Issue 46, 3e trimestre 2007.

Parliamentary Commissioner for the Environment 2001: *Key Lessons from the History of Science and Technology: Knowns and Unknowns*, Breakthroughs and Cautions. Parliamentary Commissioner for the Environment, Wellington.

Possony, Stefan T., Jerry E. Pournelle et Francis X. Kane, (Col., USAF Ret.). *The Strategy Of Technology*, édition électronique, Copyright © 1997, Jerry E. Pournelle, édition électronique préparée par WebWrights, [http://www.jerrypournelle.com/sot/sot\\_intro.htm](http://www.jerrypournelle.com/sot/sot_intro.htm)

U.S. Congress, Office of Technology Assessment, *Proliferation of Weapons of Mass Destruction: Assessing the Risk*, OTA-ISC-559 (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, août 1993).

---

## PUBLICATIONS DE LA DIRECTION — CONCEPTS ET SCHÉMAS DE LA FORCE TERRESTRE

Depuis 1997, la DCSFT et ses prédécesseurs ont produit des publications hors série, des notes de recherche et des rapports à l'appui du développement des capacités de l'Armée de terre. La liste qui suit classe les publications dans l'ordre chronologique selon l'organisation où elles ont été produites à l'origine. Des publications choisies sont disponibles en format électronique sur le site Web de la DCSFT.

### Série de rapports et d'études (1997-2002) de la Direction — Concepts et schémas de la Force terrestre (DCSFT)

- Sans numéro. Auteur inconnu. *Armour Combat Vehicle Concept Paper*. 19 mai 1998.
- RN9801. S. Friesen. *Annotated Bibliography of the Future Security Environment*. Août 1998.
- RN9802. S. Friesen. *Some Recent Trends in Major Armed Conflicts, 1988-1997*. Oct. 1998.
- RN9901 S. Friesen. éd. *In the Arena: The Army and the Future Security Environment*. Janv. 1999.
- Sans numéro. Auteur inconnu. *Future Army Development Plan*. 8 mars 1999.
- RN9902. R.L. Roy, F.W.P. Cameron, capt B. Chapman, I. Julien. *Situational Awareness System Preliminary User Trial Final Report*. Juin 1999.
- RN9903. Shaye K. Friesen. *Is Warfare Becoming more Barbaric*. Juin 1999.
- RN 9906. Roger L. Roy, Shaye K. Friesen. *Historical Uses of Antipersonnel Landmines: Impact on Land Force Operations*. Octobre 1999.
- Report 9902. *The Future Security Environment*. Août 1999.
- Report 9904. S. Friesen. *Transforming An Army: Land Warfare Capabilities for the Future Army*. Juillet 1999.
- Report 9905. S.M. Maloney. *An Identifiable Cult: The Evolution of Combat Development in the Canadian Army, 1946-1965*. Août 1999.
- Report 9906. Lcol J. Hamel et al. *Army Experiment 1: ISTAR*. Déc. 1999.
- Report 0001. Bgén (retraité) E. Beno et col (retraité) J. Joly. *Sustainment Capabilities for the Army of the Future*. Mars 2000.
- RN0003. Zakia Bouayed. *How to Generate Data Using EBB Suite Tools*. Mai 2000.
- RN0004. Zakia Bouayed. *The Multi-Container Loading Problem*. Juin 2000.
- RN0101. Zakia Bouayed. *Procedures for Updating Databases in the Electronic Battlebox*. Novembre 2001.
- Report 0101. Auteur inconnu. *Future Army Capabilities: Command, Sense, Act, Shield, Sustain*. Janv. 2001.
- RN0102. S. Maloney. *Homeland Defence*. Janv. 2001.
- EXFOR01. Auteur inconnu. *Future Army Experiment: Operations in the Expanded Battlespace*. Juin 2001.
- EXFOR02. Auteur inconnu. *Future Army Experiment: Operations in the Urban Battlespace*. Mai 2002.

---

## Conférences commanditées par le DCSOT (2002)

DP DSPFT, DCSOT, RDDC Toronto. *Report of the Army Futures Seminar — Leadership*, séminaire tenu au Collège de commandement et d'état-major de la Force terrestre canadienne, à Kingston, en Ontario, les 6 et 7 février 2002. Févr. 2002.

## Collection de monographies de la DCSOT (2003-2005)

Lcol B. Horn et P. Gizewski (éditeurs). *Towards the Brave New World: Canada's Army in the 21<sup>st</sup> Century*. 2003.

DCSOT. *La Force de demain : Vision conceptuelle des capacités de l'Armée de terre*. 2003.

DCSOT. *Objectif défini : Le concept d'emploi de l'Armée de terre*. Kingston : DCSOT, 31 mars 2004.

Lcol B. Horn, éd. *In the Breach: Perspectives on Leadership in the Army Today*. 2004.

DCSOT. *Crise à Zefra*. 2005.

## DCSOT/DCSFT Collection de publications relatives à l'Armée de terre de demain (2006-2007)

Godefroy, maj A.B. *Canada's Army of Tomorrow: Assessing Concepts and Capabilities*. Kingston : Direction — Concepts stratégiques (Opérations terrestres), mai 2006.

Godefroy, maj A.B. *The Army of Tomorrow Seminar Wargame Handbook*. Kingston : Direction — Concepts et schémas de la Force terrestre, septembre 2006.

Godefroy, maj A.B. *Opérations terrestres 2021 : Concept d'emploi de la force de l'Armée de terre canadienne de demain*. Kingston : Direction — Concepts et schémas de la Force terrestre, juin 2007.

## Collection des publications de JADEX (2007 — présent)

Regan Reshke. *Conflits armés : la prochaine génération — Technologies et tendances mondiales en émergence*. Novembre 2007.