



2. LES DIFFÉRENTES POPULATIONS HUMAINES se distinguent notamment par la couleur de la peau. La répartition des gènes conférant une peau claire résulte en partie d'une adaptation à la faible exposition aux rayons ultraviolets du soleil, dans les latitudes élevées.

tion sur chaque gène impliqué dans la taille est faible. Comme la sélection agissant sur tout gène individuel est faible, les adaptations polygéniques ne se présentent pas comme un signal classique de sélection dans les études du génome. Ainsi, il est possible que les génomes humains aient subi récemment plus de changements adaptatifs que ne peuvent en identifier les scientifiques en recherchant des signes de balayage sélectif.

L'homme évolue toujours

Il est difficile d'observer la sélection naturelle en train de modeler les populations actuelles. Cependant, les quelques variants de gènes qui procurent une certaine protection contre des maladies infectieuses y seraient soumis, car les individus qui en sont dotés ont plus de chances de survivre et d'avoir une descendance que ceux qui en sont dépourvus.

Ainsi, un variant génétique qui protège de la forme à *Plasmodium vivax* du paludisme est devenu omniprésent en Afrique subsaharienne. De même, des mutations atténuant l'infection par le VIH, le virus du sida, pourraient se répandre en quelques centaines d'années dans toute l'Afrique subsaharienne si ce virus devait persister. Toutefois, comme le VIH évolue plus vite que l'homme, nous en viendrons plus probablement à bout grâce à la technologie, par exemple sous la forme d'un vaccin.

Dans les pays industrialisés, les pressions de sélection les plus fortes agiraient sur les gènes qui modifient le nombre d'enfants auquel on peut donner naissance. En 2009, Stephen Stearns et ses collègues de l'Université Yale ont identifié six caractères morphologiques et physiologiques qui, chez les femmes, sont associés à un nombre d'enfants plus élevé. Les femmes sont légèrement plus petites et plus corpulentes que la moyenne et sont ménopausées plus tard.

En conséquence, si l'environnement reste stable, ces caractères devraient se répandre sous l'action de la sélection naturelle : l'âge moyen à la ménopause augmenterait alors d'environ un an dans les dix prochaines générations, soit 200 ans. Il est aussi plausible que les variations génétiques influençant le comportement sexuel, voire l'utilisation de contraceptifs, soient soumises à la sélection, bien que l'on ignore jusqu'à quel point les gènes changent de tels comportements complexes.

Cependant, les changements adaptatifs majeurs nécessitent des conditions stables pendant des millénaires, et évoluent bien plus lentement que la vitesse à laquelle nous modifions notre culture, notre technologie et notre environnement. Dans 5000 ans, le milieu de l'homme sera sans aucun doute différent. En revanche, en l'absence d'ingénierie génomique à grande échelle, les individus seront probablement, pour l'essentiel, toujours les mêmes. ■

✓ BIBLIOGRAPHIE

P. C. Sabeti *et al.*, Positive natural selection in the human lineage, *Science*, vol. 312, pp. 1614-1620, 2006.

S. A. Tishkoff *et al.*, Convergent adaptation of human lactase persistence in Africa and Europe, *Nature Genetics*, vol. 39, pp. 31-40, 2007.

G. Coop *et al.*, The role of geography in human adaptation, *PLoS Genetics*, vol. 5, e1000500, 2009.

X. Yi *et al.*, Sequencing of 50 human exomes reveals adaptation to high altitude, *Science*, vol. 329, pp. 75-78, 2010.

S. C. Stearns *et al.*, Measuring selection in contemporary human populations, *Nature Rev. Genet.*, vol. 11, pp. 611-622, 2010.

Robotique

La guerre des machines

L'arrivée des robots sur les champs de bataille bouleverse la pratique de la guerre. Comme l'avènement des armes nucléaires, elle suscite aussi des questions d'ordre politique, juridique ou éthique.

Peter Singer





L'histoire du robot militaire est liée à celle de l'AUVSI. L'Association internationale pour les systèmes de véhicules sans pilotes (en anglais *Association for Unmanned Vehicle Systems International* ou AUVSI) naît au début des années 1970 après l'utilisation des premiers drones de reconnaissance durant la guerre du Viêt-nam. Quelques ingénieurs, chercheurs et officiers américains la fondent alors pour convaincre le Pentagone et le public de l'intérêt d'employer sur un champ de bataille des machines autonomes.

Au début, l'AUVSI n'était qu'un obscur cercle de réflexion, qui se réunissait une ou deux fois par an pour discuter de questions techniques, créer des liens et échanger des on-dit. Toutefois, cette association a connu au cours des années 2000

une expansion fulgurante. Elle compte aujourd'hui 6 000 membres travaillant dans 1 500 entreprises et organismes répartis dans 55 pays.

Cette croissance est à mettre en parallèle avec l'un des changements les plus profonds dans les pratiques de la guerre depuis l'invention de la poudre ou des avions : l'essor de l'utilisation de robots, par les plus puissantes armées du monde, a été étonnamment rapide.

Quelques exemples illustreront ici les capacités militaires créées par l'arrivée des robots de première génération sur les champs de bataille. Nous mettrons ensuite en lumière les tendances qui se dessinent dans la génération suivante, avant d'évoquer les implications politiques et éthiques de la robotisation de la guerre.

L'ESSENTIEL

✓ Autrefois rejetés par le Pentagone, les robots militaires ont été introduits en nombre dans les guerres menées par les États-Unis au Proche-Orient depuis 2000.

✓ D'abord seulement aériens, les robots se sont multipliés au sol, sur les mers et dans les airs à mesure qu'augmentait leur diversité.

✓ Désormais admis, ils changent radicalement la conduite de la guerre, tout en soulevant les mêmes questions politiques et éthiques que les grandes innovations militaires antérieures.

Joe Zeff Design, © Getty Images/Mansour Ali Photography

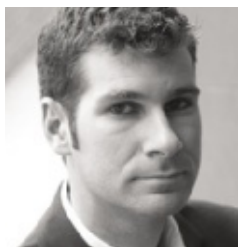


1. DANS LES GUERRES MODERNES, on voit de plus en plus de robots commandés à distance pour approvisionner les soldats au front, observer le champ de bataille ou procéder à des tirs.



2. CE DRONE PORTABLE, le *ScanEagle*, qui intègre une caméra de surveillance, est capable de survoler des zones isolées. Il a été couramment utilisé par les Marines américains dans la province iraquienne d'Al Anbar.

L'AUTEUR



Peter SINGER est spécialiste de questions militaires. Il dirige le groupe de réflexion *21st Century Defense Initiative* (Initiative pour la défense au XXI^e siècle) à la *Brookings Institution*, un centre de recherche en sciences sociales et politiques basé à Washington, aux États-Unis.

En 2003, alors que l'armée américaine progressait du Koweït vers Bagdad, pas un seul robot ne l'accompagnait. Elle emploie aujourd'hui 7 000 avions sans pilote et quelque 12 000 véhicules « automatiques ». Ces robots assurent des missions allant de la recherche de tireurs embusqués au bombardement de repaires d'al-Qaïda au Pakistan.

Ce sont les attentats du 11 septembre 2001 qui ont rendu prioritaire pour le Pentagone le développement de capacités à observer, repérer, puis frapper des cibles sans mettre en danger les militaires. Toute une série de nouvelles techniques, dont la géolocalisation par satellite (GPS), les progrès de la commande à distance et des interfaces homme-machine (jeux vidéo) ont rendu les robots utilisables et efficaces sur les champs de bataille.

Mais qu'entend-on par robot ? Très connoté par la science-fiction, le terme suggère une sorte de machine anthropoïde imitant le comportement des hommes. Un robot est en fait un système construit selon le principe « détecter-penser-agir ». Cela signifie que des capteurs embarqués nourrissent de données des processeurs où des intelligences artificielles (des programmes) prennent des décisions, qui sont ensuite traduites en instructions transmises à des actionneurs. Contrairement aux idées reçues, les robots sont de formes et tailles très diverses.

De fait, les jeunes Américains qui s'engagent aujourd'hui dans l'armée sont, dès leur incorporation, confrontés aux systèmes automatiques les plus divers. Pour apprendre à servir une arme (la manipuler correctement), ils utilisent par exemple des logiciels d'entraînement virtuel. Ils se familiariseront parfois avec le TALON, un petit robot conçu pour désamorcer des bombes ou observer le paysage par-delà une crête, à moins que leurs instructeurs ne les initient à l'usage du *PackBot*. Quand le prototype de ce petit robot démineur sur chenille, de la taille d'une tondeuse à gazon, fut testé sur le terrain au début de la campagne d'Afghanistan, en 2001, les soldats l'apprécièrent tellement qu'ils refusèrent de le rendre à la fin des essais... Depuis, *iRobot*, son constructeur, a vendu des milliers d'exemplaires du *PackBot*.

Si une jeune recrue intègre la marine, il pourra lui arriver de servir sur un contre-torpilleur de classe *Aegis* ou sur une frégate côtière de type LCS (de l'anglais *Littoral Combat Ship*). Ces deux types de bâti-

ment accueillent tout un ensemble de systèmes robotiques, depuis les hélicoptères sans pilote *Fire Scout* jusqu'à des bateaux à moteur sentinelles *Protector*.

Si une recrue fait carrière dans les sous-marins, elle pourra se retrouver au poste de pilotage d'un REMUS (*Remote Environmental Monitoring Unit System*) ; développé par l'Institut océanographique de Woods Hole, ce robot qui a une forme de torpille détecte les mines et surveille les côtes hostiles.

Engagée dans l'armée de l'air, une recrue en viendra peut-être à piloter au-dessus de l'Asie centrale des drones *Predator* ou *Global Hawk*, ce qu'elle pourra faire sans quitter les États-Unis...

Trois tendances pour la guerre robotisée

Les recruteurs de l'armée américaine présentent souvent ces nouveaux moyens techniques comme la réalisation d'idées de science-fiction. Il ne s'agit pourtant que des robots-soldats de première génération, c'est-à-dire d'un avant-goût de ce qui adviendra. Trois tendances nouvelles de la guerre robotisée se dégagent de l'examen des systèmes qui se préparent dans les entreprises et les laboratoires.

La première est que la guerre se livrera désormais à plusieurs échelles. En effet, dès lors qu'il n'y a plus de pilote à bord de machines, on peut leur donner des formes et des tailles très diverses. Tout se passe en fait comme aux débuts de l'industrie automobile, quand l'idée que les automobiles n'étaient que des charrettes sans chevaux a progressivement disparu à mesure que les constructeurs multipliaient les formes et les systèmes. De même, l'idée que les robots ne seraient que des machines comme les autres, à ce détail près qu'elles sont sans pilote, s'efface devant la variété de leurs configurations.

Comme on pouvait s'y attendre, certains des nouveaux robots imitent les animaux. Le *BigDog* de la Société *Boston Dynamics*, par exemple, est une sorte de mule mécanique conçue pour porter du matériel. D'autres robots sont aussi biomimétiques, mais de formes hybrides, tel le robot de surveillance doté de pattes et d'ailes inventé à la *Naval Postgraduate School*. En cours de développement, le *ChemBot*, créé par l'Université de Chicago et par la Société *iRobot*, est pour sa part conçu pour changer de forme afin de pouvoir se