

BULLETIN N° 222
ACADÉMIE EUROPEENNE
INTERDISCIPLINAIRE
DES SCIENCES
INTERDISCIPLINARY EUROPEAN ACADEMY OF SCIENCES



Lundi 5 février 2018:

Conférence d'Emmanuel DUPOUX,
Directeur d'Etudes 1 à Ecole des Hautes Etudes en Sciences Sociales (EHESS)
Laboratoire des Sciences cognitives et Psycholinguistique
ENS-EHESS-CNRS-INRIA 29 rue d'Ulm 75005 PARIS
" L'Intelligence Artificielle peut elle aider l'étude du développement cognitif ?
(et vice versa)?"

Notre Prochaine séance aura lieu le lundi 5 mars 2018 à 15h45
à l'Institut Curie salle annexe 2 à côté de l'Amphithéâtre BURG
12, rue Lhomond 75005 PARIS

Elle aura pour thème

1. Présentation par notre Collègue Alain STAHL de la 3ème édition de son ouvrage:
"SCIENCE & PHILOSOPHIE"
La science permet-elle une présentation moderne des grandes questions philosophiques ?
 Librairie Philosophique J. Vrin, Paris (2017)
2. Revue des préparatifs du colloque des 15 et 16 mars prochains
"Les Signatures de la Conscience "
Histoire naturelle, Phénomènes de conscience, Neurobiologie fonctionnelle, Automates
« intelligents », Éthique

ACADÉMIE EUROPÉENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES INTERDISCIPLINARY EUROPEAN ACADEMY OF SCIENCES

PRÉSIDENT : Pr Victor MASTRANGELO
VICE PRÉSIDENT : Pr Jean-Pierre FRANÇOISE
VICE PRÉSIDENT BELGIQUE(Liège):
 Pr Jean SCHMETS
VICE PRÉSIDENT ITALIE(Rome):
 Pr Ernesto DI MAURO
SECRETAIRES GÉNÉRALES : Irène HERPE-LITWIN
SECRETAIRES GÉNÉRALES Adjointes : Marie-Françoise
 PASSINI
TRÉSORIÈRE GÉNÉRALE: Édith PERRIER

MEMBRES CONSULTATIFS DU CA :
 Gilbert BELAUBRE
 François BÉGON
 Bruno BLONDEL
 Michel GONDRAN

COMMISSION FINANCES: Claude ELBAZ
COMMISSION MULTIMÉDIA: Pr. Alain CORDIER
COMMISSION SYNTHÈSES SCIENTIFIQUES:
 Jean-Pierre TREUIL
COMMISSION CANDIDATURES:
 Pr. Jean-Pierre FRANÇOISE

PRÉSIDENT FONDATEUR : Dr. Lucien LÉVY (†)
PRÉSIDENT D'HONNEUR : Gilbert BELAUBRE

CONSEILLERS SCIENTIFIQUES :
SCIENCES DE LA MATIÈRE : Pr. Gilles COHEN-TANNOUDI
SCIENCES DE LA VIE ET BIOTECHNIQUES : Pr Ernesto DI MAURO

CONSEILLERS SPÉCIAUX:
ÉDITION: Pr Robert FRANCK
AFFAIRES EUROPÉENNES : Pr Jean SCHMETS
RELATIONS VILLE DE PARIS et IDF:
 Michel GONDRAN ex-Président/ Claude MAURY
MOYENS MULTIMÉDIA et RELATIONS UNIVERSITÉS:
 Pr Alain CORDIER
RELATIONS AX: Gilbert BELAUBRE
MECENAT: Pr Jean Félix DURASTANTI
**GRANDS ORGANISMES DE RECHERCHE NATIONAUX ET
 INTERNATIONAUX**: Pr Michel SPIRO

SECTION DE NANCY :
PRÉSIDENT : Pr Pierre NABET

février 2018

N°222

TABLE DES MATIÈRES

- p. 03 Séance du 5 février 2018:
- p. 06 Annonces
- p. 07 Documents

Prochaine séance : lundi 5 mars 2018

1. Présentation par notre Collègue Alain STAHL de la 3ème édition de son ouvrage:
"SCIENCE & PHILOSOPHIE"
La science permet-elle une présentation moderne des grandes questions philosophiques ?
 Librairie Philosophique J. Vrin, Paris (2017)
2. Revue des préparatifs du colloque des 15 et 16 mars prochains
"Les Signatures de la Conscience "
*Histoire naturelle, Phénomènes de conscience, Neurobiologie fonctionnelle, Automates
 « intelligents », Éthique*

**ACADEMIE EUROPEENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES
INTERDISCIPLINARY EUROPEAN ACADEMY OF SCIENCES**

5 rue Descartes 75005 PARIS

Séance du Lundi 5 février 2018/Institut Henri Poincaré à 15h45

La séance est ouverte à 15h45 **sous la Présidence de Victor MASTRANGELO** et en la présence de nos Collègues Gilbert BELAUBRE, Gilles COHEN-TANNOUDJI, Françoise DUTHEIL , Claude ELBAZ, Michel GONDRAN, Irène HERPE-LITWIN, Gérard LEVY, Claude MAURY, Marie-Françoise PASSINI, Jacques PRINTZ, Jean SCHMETS , Alain STAHL, Jean-Paul TEYSSANDIER .

Etaient présents en tant que visiteurs Jean BERBINAU administrateur du lycée Saint Louis et du Collège Stanislas, Marie-Joséphe MARTIN ancienne professeur de Mathématiques en classes préparatoires, Denise PUMAIN Pr Paris I Panthéon Sorbonne, René PUMAIN chercheur en Neurosciences à l'INSERM..

Etaient excusés :François BEGON, Jean-Pierre BESSIS, Jean-Louis BOBIN, Bruno BLONDEL, Michel CABANAC, Alain CARDON, Juan-Carlos CHACHQUES, Alain CORDIER , Sylvie DERENNE, Ernesto DI MAURO, Jean-Félix DURASTANTI, Claude ELBAZ, Vincent FLEURY, Jean -Pierre FRANÇOISE, Dominique LAMBERT, Valérie LEFEVRE-SEGUIN, Gérard LEVY, Antoine LONG, Pierre MARCHAIS, Anastassios METAXAS, Jean-Jacques NIO, Alberto OLIVIERO, Edith PERRIER, Pierre PESQUIES, Michel SPIRO, Mohand TAZEROUT , Jean-Pierre TREUIL, Jean VERDETTI.

I. Présentation de notre conférencier Emmanuel DUPOUX par Victor MASTRANGELO :

Emmanuel DUPOUX est Directeur d'Etudes 1, Ecole des Hautes Etudes Sciences Sociales (EHESS). Il travaille au **Laboratoire de Sciences Cognitives et Psycholinguistique (L.S.C.P.)** situé à l'ENS et qui dépend également de l'EHESS, du CNRS et de l'INRIA.

PRINCIPAUX DIPLOMES:

INSTITUTION	DIPLOME	ANNEE	DOMAINE
École des Hautes Etudes en Sciences Sociales	Habilitation à Diriger des Recherches (HDA)	1997	Psychologie cognitive
École Nationale Supérieure des Télécom	Diplôme d'ingénieur	1992	Télécommunication
École des Hautes Etudes en Sciences Sociales	Doctorat	1989	Psychologie cognitive
Université d'Orsay, Paris XI	Diplôme d'Études Approfondies	1986	Informatique
Université P. et M. Curie, Paris VI	Maîtrise	1985	Math. Appliquées

PRINCIPAUX EMPLOIS

- Directeur d'Études, EHESS de 2001- à aujourd'hui.
- Maître de Conférence, EHESS, 1996-2001
- Chercheur au CNRS (détaché) et France Telecom (Corps des Télécom), 1991-1996.
- Post-Doc-doc au Cognitive Science Department, Université d'Arizona, Tucson, USA, 1989 - 1991.
- Élève Fonctionnaire Stagiaire, École Normale Supérieure, 1984-1988.

PRICIPALES RESPONSABILITES

- Responsable de l'équipe "Modèles computationnels du développement cognitif " au L.S.C.P. depuis 2012, affilié à l'INRIA depuis 2017.
- Responsable du programme "Ingénierie Cognitive" à l'Institut des Technologies de l'Innovation, 2013- (Paris Sciences Lettres).
- Créateur et directeur du Master en Sciences Cognitives (CogMaster), 2004-2013 (EHESS-ENS-Paris Descartes).
- Directeur du L.S.C.P., 1998-2009 (CNRS, EHESS, ENS)

Il a été Professeur visiteur dans plusieurs institutions:

- Max Planck Institute for Psycholinguistics, Nimègue, Pays Bas, 2011-2012 (hôte: Pr. A. Cutler).
- University College London, Royaume Unis, 2005-2006 (hôte: Pr .H. van der Lely).

et il a exercé les activités d'enseignement récentes suivantes:

- 2014-: Ingénierie Cognitive (Niveau pré-doctoral, ITI PSL) [80h]
- 2014-: Introduction aux Sciences Cognitives (Licence PSL, L2) [8h]
- 2011-: Sciences Cognitives Théoriques (Cogmaster, M1/M2) [8h]
- 2011-: Modèles computationnels du développement cognitif (Séminaire EHESS) [32h]

Il est en cours de collaboration avec:

- Nuria Sebastian, (Psycholinguistique) Research group in cognitive neurosciences, Université de Barcelone, Espagne
- "Reiko Mazuka (Psycholinguistique développementale) Human Learning research Group, Riken, Tokyo, Japon
- Mark Johnson (Traitement automatique du langage), CLaS, Univ Maquarie, Sydney, Australie
- Hynek Hermansky (Reconnaissance automatique de la parole), CLSP, Université de Baltimore, MD, USA
- Francis Bach (Machine Learning), SIERRA, INRIA, Paris

Il a participé à l'organisation de 7 conférences, symposia et workshops internationaux pendant les derniers 5 ans. Il a été invité à 6 conférences internationales pendant les derniers 7 ans.

Il s'intéresse de manière générale aux mécanismes psychologiques qui permettent au jeune enfant d'acquérir le langage et la capacité de raisonnement au contact de son environnement linguistique et social, et à l'impact cognitif durable que ces acquisitions précoces peuvent avoir au long du développement et à l'âge adulte. Partant de sa formation initiale en informatique et en

psycholinguistique, il a étudié la perception de la parole et du langage chez les adultes et les nourrissons en utilisant des méthodes inspirées de la **linguistique comparée (études inter-langues)** et des outils tirés de la **psychologie expérimentale (jugements perceptifs, temps de réaction)** et **des neurosciences (imagerie cérébrale, déficits cérébraux)**.

Plus récemment, il explore la façon dont les "Big data" peuvent être utilisées pour l'étude du développement cognitif. Ce projet, mobilisant l'anthropologie linguistique (groupe DARCLE) et l'informatique (affiliation de l'équipe avec l'**INRIA**), utilise des **techniques d'apprentissage machine** sur des enregistrements naturalistes d'interactions entre les nourrissons et les parents dans différentes cultures afin **de construire des modèles quantitatifs de l'acquisition du langage**.

Bibliographie (établie en novembre 2016)

- Un livre, un livre édité, 148 articles publiés: 81 dans des revues internationales à comité de lecture (psychologie, linguistique, neurosciences, sciences cognitives) dont 18 sur l'acquisition du langage, 42 dans des actes de conférences internationales à comité de lecture (traitement automatique du langage, linguistique computationnelle, machine learning), 31 dans des chapitres d'ouvrages, opinions, et autres actes de conférences sans comité de lecture.
-

Il est l'auteur de 2 ouvrages

- Mehler, J., & Dupoux, E. (1990). *Naître humain*. Odile Jacob, Paris. Traduit et publié en Anglais (Blackwell), Chinois (Yuan Liou Publishers), Espagnol (Alianza), Italien, (Mondadori), Grec (Alexiandria) & Portugais (Piaget).
- Dupoux, E. (éditeur, 2002). *Cerveau, Langage et Développement Cognitif*, Odile Jacob, Paris. Traduit en anglais chez MIT Press (2001), Cambridge, MASS.

I. Conférence d'Emmanuel DUPOUX

Résumé de la conférence avec références bibliographiques:

L'Intelligence Artificielle peut elle aider l'étude du développement cognitif ? (et vice versa)
Emmanuel Dupoux, Directeur d'Etudes EHESS

Les progrès spectaculaires de l'intelligence artificielle (IA) s'appuient sur des techniques d'apprentissage statistique portant sur de grandes bases de données.

Dans cette présentation, nous montrons que l'IA peut également avoir un impact scientifique en (neuro)sciences cognitives, en offrant des modèles quantitatifs de l'apprentissage humain. Nous examinons le cas du développement cognitif et linguistique chez l'enfant et montrons qu'ici, les algorithmes pertinents sont essentiellement non supervisés ou faiblement supervisés (c'est à dire s'appuient principalement sur des données sensorielles ambiguës et variables). Nous illustrons ce type d'algorithme avec la découverte automatique d'unités linguistiques dans une langue inconnue. Nous discutons de la faisabilité de cette approche et sa capacité à générer des hypothèses nouvelles sur les processus d'apprentissage chez l'enfant, ainsi que le rôle fonctionnel des interactions parent/enfant.

Un compte-rendu détaillé sera prochainement disponible sur le site de l'AEIS , <http://www.science-inter.com>

Annonces

I. Le prochain colloque de l'AEIS sur "Les Signatures de la Conscience" se tiendra les jeudi 15 mars et vendredi 16 mars 2018 à l'Institut Henri Poincaré dans l'Amphi Hermite . Pour vous inscrire il vous suffit d'aller sur le site :

<https://aeis-2018.sciencesconf.org>

(ou en cas de difficultés, de contacter iherpelitwin@gmail.com)

II. Notre Collègue Alain STAHL vient de publier auprès de la Librairie Philosophique VRIN la 3ème édition de son ouvrage "Science et Philosophie"

Cet ouvrage de 337 pages est consacré à une réflexion sur les conséquences épistémologiques et philosophiques des avancées spectaculaires dans tous les domaines scientifiques. Il renvoie à d'importants développements donnés en libre accès sur le site de l'auteur <http://perso.wanadood.fr/alain.stahl>

Les apports nouveaux, dans cette troisième édition, concernent :

- 1 - des acquis récents qui étayent ses réflexions de « critique scientifique » sur des points d'actualité, tels que le calcul informatique, les transitions de phase, la cosmologie, le repliement des protéines, l'intelligence artificielle, les méthodes de mesure...
- 2 - Un dernier chapitre, entièrement nouveau, où – par une méthode originale, récapitulant les conclusions des chapitres scientifiques – l'auteur tente de répondre à la question posée par le nouveau sous-titre de l'ouvrage. : "La science permet-elle une présentation moderne des grandes questions philosophiques?" L'écriture est rigoureuse, mais la lecture est aisée.

Les grands thèmes philosophiques sont toujours, – chose rare -, étayés par la priorité donnée aux acquis scientifiques. C'est une mise à niveau dont la lecture induit un dialogue permanent, très ouvert et très riche, avec l'auteur.

III. Marie- Christine MAUREL Professeure à l'UMPC qui avait modéré une des sessions du colloque de 2014 " Systèmes stellaires et planétaires- Conditions d'apparition de la Vie" nous fait part de la parution de son ouvrage cosigné par Michel CASSE chez Odile Jacob Sciences , intitulé "XENO BIOLOGIE- VERS D'AUTRES VIES".

IV. Quelques ouvrages papiers relatifs au colloque de 2014 " Systèmes stellaires et planétaires- Conditions d'apparition de la Vie" -

–Prix de l'ouvrage :25€.

–Pour toute commande s'adresser à :

Irène HERPE-LITWIN Secrétaire générale AEIS

39 rue Michel Ange 75016 PARIS

06 07 73 69 75

iherpelitwin@gmail.com

I. L'ouvrage cité ci-dessus est accessible gratuitement sur le site:

<http://www.edp-open.org/images/stories/books/full/Formation-des-systemes-stellaires-et-planetaires.pdf>

Documents

p.09 : Un article de David LAROUSSERIE publié dans LE MONDE-SCIENCE ET TECHNO du 10 janvier 2017 intitulé " LA REVOLUTION DES NEURONES ARTIFICIELS"

Pour vous familiariser avec certains orateurs du futur colloque AEIS-2018 que nous n'avons pas pu accueillir au cours de nos séances de préparation nous vous proposons:

p.14 : un article de Laurence DEVILLERS (section 4 -intelligence artificielle) issu du site du CNRS <https://lejournald.cnrs.fr/billets/rire-avec-les-robots-pour-mieux-vivre-avec> intitulé "Rire avec les robots pour mieux vivre avec".

p.17: un article présentant Raja CHATILA (animateur de la Table Ronde) issu du site du CNRS <http://www.cnrs.fr/ins2i/spip.php?article677>

p.18: un article issu du site <http://mashable.france24.com/tech-business/20180123-facebook-intelligence-artificielle-yann-lecun-antoine-bordes> présentant le nouveau Laboratoire de Facebook en Intelligence Artificielle créé à Paris par Yann LECUN en 2015 avec Antoine BORDES comme Directeur (conférencier de la Table Ronde)

p.21: issu du site <https://rslmag.fr/fil/robots-intelligence-artificielle-cyberguerre-conflits/> une interview sur RSLN de Gérard de BOISBOISSEL du Centre de Recherche des Ecoles de St Cyr et Coëtquidan sur "Robots, intelligence artificielle : comment se dessine le champ de bataille de demain"

La révolution des neurones artificiels

Traduction automatique, conduite autonome : les progrès de l'intelligence artificielle s'appuient sur les réseaux de neurones, une vieille idée relancée par les géants de l'informatique.

LE MONDE SCIENCE ET TECHNO | 09.01.2017 à 17h59 • Mis à jour le 10.01.2017 à 06h42 | Par [David Larousserie](#)

L'année 2016 aura été celle des grandes percées en intelligence artificielle. En mars, le programme AlphaGo de la filiale de Google DeepMind battait un champion coréen au jeu de go par quatre victoires à une. En juin, l'équipe chinoise du moteur de recherche Baidu annonçait des performances inégalées en [traduction automatique](#) : six points de mieux que l'état de l'art. En septembre, Google répliquait avec un point de mieux et l'intégration de cette technique dans son célèbre [outil de traduction](#).

En novembre, une équipe d'Oxford et de Google décrivait son programme de [lecture sur les lèvres](#), surpassant nettement les meilleurs programmes, déjà supérieurs à l'être humain. Et en décembre, à Barcelone, Nips, une conférence phare d'intelligence artificielle, accueillait 6 000 personnes, le double de l'an passé. L'année 2016 a aussi été celle des assistants vocaux à la maison (Echo d'Amazon, Home de Google...), des « robots » de conversation, des véhicules autonomes, avec son lot de désillusions : propos racistes et accident mortel, entre autres.

Le point commun de cette vague de succès est une petite révolution technique qui prend ses racines à la fin des années 1940, s'éteint presque, puis renaît et écrase la concurrence à partir de 2012, jusqu'à se répandre partout : automobile, aide au diagnostic médical, reconnaissance d'images, compréhension du langage - naturel, traduction...

« *Pendant longtemps, on nous a jeté des tomates* », se souvient Christophe Garcia, aujourd'hui directeur du Laboratoire d'informatique en image et systèmes d'information à Lyon, mais qui a œuvré au sein des laboratoires Orange, à Rennes, pour développer cette technologie redoutablement efficace : les réseaux de neurones artificiels. « *Maintenant, je croule sous les sollicitations et, du jour au lendemain, j'ai vu des détracteurs retourner leur veste et clamer qu'ils faisaient comme moi !* », ajoute, amusé, le chercheur.

Lire aussi : [Des intelligences artificielles lisent désormais sur les lèvres](#)

« *Nos étudiants refusaient même nos sujets, car ils savaient qu'ils auraient peu de chances d'être publiés* », complète Yoshua Bengio, franco-canadien, professeur à l'université de Montréal, à la tête de ce qu'il considère comme « *le plus gros groupe de recherche sur le sujet dans le monde académique* ».

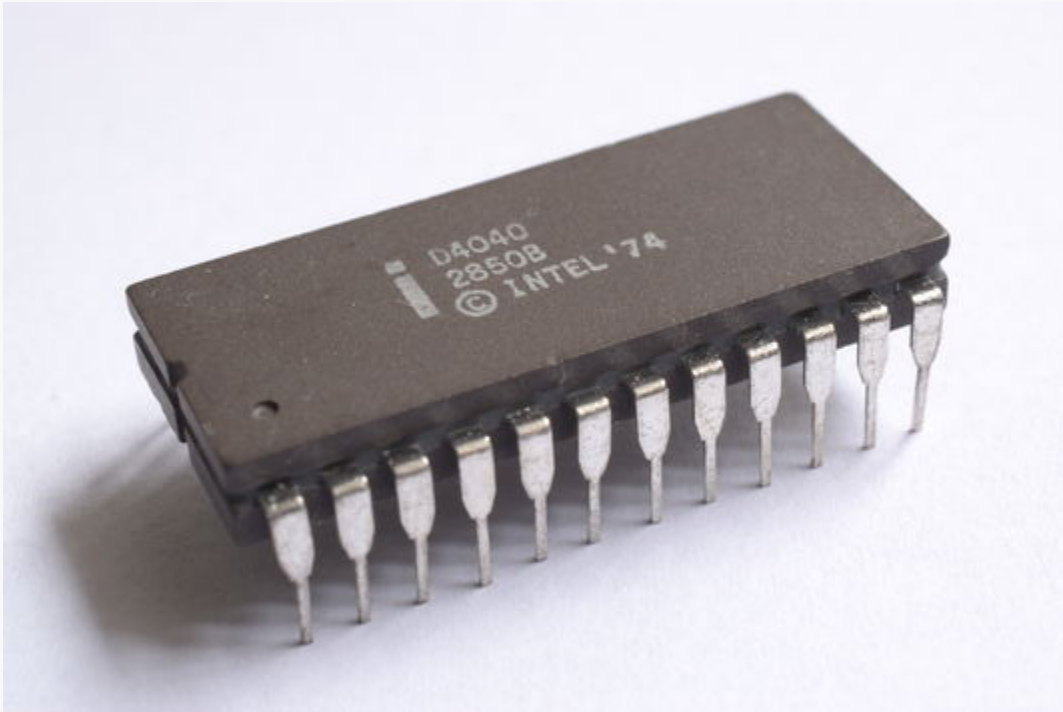
Une très vieille idée

Yoshua Bengio est surtout, avec le Français Yann LeCun (aujourd'hui chez Facebook et à l'université de New York) et l'Écossais Geoffrey Hinton (lui partage son temps entre l'université de Toronto et Google), l'un des trois chercheurs – autobaptisés « conspirateurs » – qui ont tenu bon pour promouvoir ces réseaux de neurones. Ils les ont même renommés deep learning, ou apprentissage profond, pour éviter la référence au cerveau, trop connotée négativement.

Il est vrai que cette révolution des années 2000 est une très vieille idée. Elle prend racine aux débuts de l'informatique, quand Warren McCulloch, Walter Pitts et Donald Hebb réalisent, dans les années 1940, que le cerveau étant une belle machine, il serait tentant de l'imiter. Les chercheurs retiennent de cette complexité quelques notions simples. Le cerveau est constitué de neurones reliés entre eux par des synapses. Celles-ci

sont plus ou moins fortes en fonction de stimulus reçus (leur répétition, leur intensité, leur « passé »...). Les neurones réagissent en faisant la somme pondérée des informations reçues des synapses.

image: http://s1.lemde.fr/image/2017/01/09/534x0/5059946_6_6062_un-processeur-intel-d4040_5f7a8915f9c1953c8075d4eeddf2c9d0.jpg



Un processeur Intel

D4040. Thomas Nguyen et Deep Dream Generator

Cela débouche même sur une machine, le perceptron de Frank Rosenblatt à la fin des années 1950, capable de reconnaître des images après une phase dite « d'apprentissage ». Les valeurs des « synapses » sont ajustées jusqu'à ce que la réponse soit correcte. Le système est ensuite capable, face à une image inconnue, de la classer dans l'une des catégories apprises (chien, chat, voiture...). Imaginez que vous vouliez obtenir une certaine couleur à partir de trois pots de peinture, rouge, jaune, bleu. Vous mettez plus ou moins de l'une et de l'autre jusqu'à trouver le bon mélange. C'est exactement ce que fait le perceptron ; les « synapses » correspondant au volume des trois couleurs.

Finalement, les descendants actuels du perceptron font toujours la même chose. Prendre des informations en entrée, modifier les « connexions » à l'intérieur pour trouver la bonne réponse, de façon à sortir de nouvelles données permettant de classer, de reconnaître et simplifier les entrées inconnues... Ce type d'intelligence se distingue de celui qui consistait à élaborer des règles à suivre pour la machine (règles de grammaire, recherche de certains traits dans une image...).

Le scepticisme des symbolistes

Mais, pendant de nombreuses années, cette belle idée n'a guère progressé. Pire, un pape de l'intelligence artificielle, Marvin Minsky, avait même démontré, dans les années 1960, que certaines tâches seraient impossibles à réaliser de cette façon. De plus, les chercheurs ne savaient pas trop comment ajuster ce câblage complexe. Ajoutons aussi que d'autres méthodes d'apprentissage ont fleuri. La plus simple, qui fonctionne encore, est par exemple la régression linéaire. Etant donné quelques points sur une feuille, elle consiste à trouver la pente d'une droite passant le plus près possible de tous ces points, pour ensuite déterminer la réponse à une valeur inconnue.

Ultime coup de grâce, parallèlement à la vision bio-inspirée dite « connexionniste » des réseaux de neurones, s'est développée la vision « symboliste » issue notamment des travaux de von Neumann. Celle-ci sépare les unités de calcul des unités de stockage ; les résultats des unes alimentant les autres et réciproquement. Tous les ordinateurs fonctionnent désormais ainsi, contrairement à notre cerveau qui a une mémoire et des calculs distribués.

Mais les connexionnistes prennent leur revanche. A partir des années 1980, de rares travaux marquent une renaissance. Si rares et si dispersés que la généalogie est difficile à retracer pour identifier ce regain. Lorsque le trio de conspirateurs s'y essaie dans *Nature*, en mai 2015, un quatrième chercheur (comme eux au sommet des citations), Jürgen Schmidhuber, professeur à l'université de Lugano (Suisse), les tacle, corrigeant leur bibliographie.

Toujours est-il que, petit à petit, les chercheurs ont réussi à dépasser les limites du perceptron. Au milieu des années 1990, par exemple, Yann LeCun et Yoshua Bengio, au sein des laboratoires de la société américaine de télécommunications ATT, mettent au point une machine de reconnaissance de caractères manuscrits. Autre progrès en 2008, la reconnaissance automatique des visages et des plaques d'immatriculation par Google, afin de les flouter dans Google Street View.

Lire aussi : [Des composants bio-inspirés](#)

Surtout, l'équipe de Geoffrey Hinton démontre magistralement, en 2012, que les nouveaux réseaux de neurones fonctionnent mieux que les anciens, et même que toutes les techniques concurrentes pour la reconnaissance d'images. Lors de la compétition de classification d'images Imagenet, leur programme ne fait que 15 % d'erreurs quand le second au classement en faisait 25 %. En 2013, toutes les équipes ou presque utilisaient l'apprentissage profond...

Renaissance

Cette renaissance est due à trois facteurs. D'abord, pour apprendre à ce cerveau de silicium à bien régler ces synapses, il doit se nourrir d'exemples. Il faut des millions d'images, nécessairement annotées, les décrivant afin de dire à la machine si elle a tort ou raison. A partir des années 2000 et la montée en puissance de la numérisation, de telles collections se créent pour les lettres manuscrites, les images, les langues...

Ensuite, même si les opérations sont très simples (des additions et des multiplications essentiellement), il faut en mener énormément, ce qui est gourmand en calculs. Les ingénieurs ont bénéficié là des progrès des fabricants qui, pour les jeux vidéo, ont développé des processeurs particuliers, dits « graphiques » (GPU en anglais), parfaits pour répéter souvent le même genre d'opération simple.

Enfin, les chercheurs se sont creusé la tête pour améliorer astucieusement ces algorithmes : architecture en plusieurs couches de neurones, procédure pour corriger le câblage interne en fonction de la sortie, « filtres » mathématiques pour traiter adroitement les signaux d'entrée... Geoffrey Hinton a aussi montré qu'un apprentissage un peu simple rend trop rigide le réseau et conduit à des erreurs. Il introduit donc un peu d'aléa afin de perturber les synapses et de rendre plus plastique sa machine.

« Il y a quinze ans, on aurait pensé que c'était inaccessible, voire de la science-fiction » Yann Ollivier, chercheur CNRS à l'université Paris-Saclay

« Il y a quinze ans, on aurait pensé que c'était inaccessible, voire de la science-fiction. Mais cette progression a fini par déboucher ! », estime Yann Ollivier, chercheur CNRS à l'université Paris-Saclay. Depuis, c'est donc le succès, avec une foule de variations et d'améliorations permettant des prouesses spectaculaires. Les réseaux peuvent avoir des dizaines de couches, un million de neurones et des milliards de synapses. Ils sont capables d'identifier un sport dans une vidéo. Ils peuvent prédire la suite d'une phrase ou

même d'une vidéo. Ils peuvent additionner deux visages de manière à [poser les lunettes de l'un sur le visage de l'autre](#).

« Boîte noire »

De nombreuses variantes ont essaimé. DeepMind s'est spécialisé dans la technique de l'apprentissage par renforcement : la machine s'est améliorée au go en jouant contre elle-même – récemment, sa dernière version a anonymement écrasé en ligne les meilleurs joueurs humains. Yann LeCun et son équipe de Facebook ont développé l'apprentissage adversarial : deux réseaux de neurones se confrontent ; l'un essayant de tromper l'autre. C'est ainsi qu'ils prédisent les séquences d'un film.

Jürgen Schmidhuber les a dotés d'une sorte de mémoire à court terme en interconnectant les couches. L'entreprise française Spikenet a trouvé un moyen de reconnaître en une fois certains objets, en se basant sur l'ordre d'apparition des signaux dans les synapses plutôt que leur intensité. Ses caméras repèrent, dans les casinos, les cartes ou les dés, pour détecter les fraudes.

Les géants de l'informatique, Google, Facebook, Microsoft, IBM, Baidu... recrutent à tour de bras et mettent à disposition des logiciels (Torch, Tensorflow, PaddlePaddle, Caffe...) pour faciliter l'écriture de programmes. Nvidia, fabricant de cartes graphiques, a lancé un premier ordinateur dédié...

« Ça marche très bien, mais n'en comprend pas très bien le fonctionnement »
Emmanuel Mogenet, directeur du laboratoire de recherche de Google à Zürich

Lire aussi : [Contrôler des neurones par ultrasons](#)

Où cela va-t-il s'arrêter ? « *Ça marche très bien, mais c'est un peu une boîte noire. On n'en comprend pas très bien le fonctionnement*, indique Emmanuel Mogenet, directeur du nouveau laboratoire de recherche de Google à Zürich, ouvert il y a un an et déjà fort de plus de 130 chercheurs. *Comme l'alchimie au Moyen Age, ça reste assez empirique.* »

A chaque « problème », l'ingénieur hésite : combien de couches de neurones faudra-t-il ? De paramètres ? Quelles fonctions mathématiques choisir pour estimer les erreurs d'apprentissages et les corriger ? Comment ne pas avoir un système trop « rigide » ? Trop complexe ?

« Action/réaction »

Pire, un autre article, cité plusieurs fois, d'une équipe issue de Google, Facebook et de l'université de Montréal en 2013 a montré qu'un réseau de neurones de reconnaissance d'images prenait [un chien ou une mante religieuse pour une autruche](#), alors que seuls quelques pixels de l'image, invisibles à l'œil, avaient été modifiés...

« *Nous avons encore du chemin à parcourir avant d'avoir des réseaux de neurones capables de raisonner ou de faire des choses compliquées à partir de peu d'informations* », estime Geoffrey Hinton. AlphaGo ne sait pas par exemple qu'il joue au go. Ces réseaux sont de plus surtout efficaces pour des problèmes de type assez fruste « action/réaction », loin de représenter toutes les tâches cognitives.

En taille, les réseaux actuels sont également très loin des 100 milliards de neurones d'un cerveau humain et de leurs nombreuses relations. Chacun est entraîné et réservé à une fonction particulière : pas simple de mettre ensemble une machine de go et un traducteur... Leur succès a aussi réveillé les interrogations éthico-sociales sur leurs applications : nouveau type d'armes autonomes, emplois remplacés par des automates, responsabilité en cas de faute, contrôle des boîtes noires, gestion des données personnelles nourrissant les algorithmes...

Marge de progression

A court terme, Yoshua Bengio, l'une des rares vedettes non débauchées par l'industrie (mais qui a des contrats avec elle), souligne « *le risque qu'on manque de profs pour former les jeunes* ». « *Il ne faudrait pas commettre la même erreur que lors des prémices des réseaux de neurones et se fermer à d'autres idées* », indique pour sa part Christophe Garcia, qui note aussi que, parfois, une « *régression linéaire classique peut suffire à régler un problème* ».

Les défis à relever sont aussi encore nombreux. De grandes masses de données sont nécessaires pour entraîner ces réseaux pour la phase d'apprentissage dit « supervisé », et celles-ci n'existent pas toujours. Certains essaient de pallier ce défaut en utilisant des réseaux éprouvés sur une tâche pour leur en faire faire une autre.

L'un des Graal est de parvenir à un apprentissage non supervisé, c'est-à-dire que le réseau apprendrait tout seul en observant, sans nécessité de lui faire ingurgiter des collections annotées de données. Pour Yann Le Cun, lors de la séance inaugurale de ses cours au Collège de France, en 2016, « *dans la métaphore de la cerise sur le gâteau, le supervisé, c'est la cerise et le non-supervisé, c'est le gâteau* ». Il y a donc de la marge de progression.

En savoir plus sur http://www.lemonde.fr/sciences/article/2017/01/09/la-revolution-des-neurones-artificiels_5059943_1650684.html#VdvWV1T7tXIIHPQS.99

Rire avec les robots pour mieux vivre avec

19.06.2015, par
[Laurence Devillers](#)

• [Imprimer](#)

© B. DALY/LIMSI

Laurence Devillers

Professeure d'informatique

Professeure à l'université Paris-Sorbonne et chercheuse au Laboratoire d'informatique pour la mécanique et les sciences de l'ingénieur (Limsi) du CNRS, Laurence Devillers anime l'équipe de recherche Dimensions affectives et sociales dans les interactions parlées. Ses domaines de recherche portent principalement sur l'interaction homme-machine, la détection des émotions, le dialogue oral et la robotique affective et interactive. Elle a participé à plusieurs projets nationaux (ANR Tecsan Armen, FUI Romeo, BPI Romeo2) et européens (Rex Humaine, Chist-era Joker) portant sur les interactions affectives et sociales humain-robot. Elle anime également le pôle sur la co-évolution humain-machine dans le cadre de l'Institut de la société numérique. Elle a participé à la rédaction du rapport sur l'éthique du chercheur en robotique pour la Commission de réflexion sur l'éthique de la recherche en sciences et technologies du numérique (Cerna) de l'alliance Allistene.

Parce que la plupart d'entre nous préféreraient partir en vacances avec l'espiègle R2-D2 plutôt qu'avec l'obséquieux C-3PO, les roboticiens tentent désormais de donner le sens de l'humour et de l'empathie à leurs machines.

Établir une relation affective avec les machines n'est plus seulement un rêve d'auteur de science-fiction, mais bien une thématique émergente pour de nombreuses équipes de recherche, dont la mienne. Nous travaillons sur la détection des émotions dans les interactions parlées avec des machines, notamment avec des robots, à partir d'indices verbaux (ce qui est dit) et non verbaux (comment cela est dit). Un robot est une machine artificiellement intelligente grâce à des modèles informatiques conçus par des humains : pour peu qu'on l'ait programmée pour détecter et reconnaître des indices émotionnels et conversationnels et pour s'adapter à l'humain, voire même faire de l'humour, cette machine peut sembler chaleureuse. Notre défi consiste ni plus ni moins qu'à créer une empathie et un humour propre aux machines.

L'humour comme fluidifiant social

Pour que le robot soit capable de faire de l'humour au moment approprié, il doit également être doté d'une théorie de l'esprit : c'est-à-dire de la capacité à comprendre, même sommairement, les intentions d'autrui. L'humour devient alors pour le robot le moyen de détendre une conversation, de surmonter des échecs ou encore de mettre une situation en perspective.

Notre défi consiste à créer une empathie et un humour propre aux machines.

L'humour joue en effet un rôle capital dans les relations sociales : il amortit le stress, met en confiance, voire crée une connivence entre les interlocuteurs. Si vous êtes seuls et malheureux, le robot plaisante pour vous reconforter ; si vous êtes en colère, il vous rappelle avec humour que la situation n'est pas si terrible. L'autodérision s'avère également très utile lorsque le robot fait des erreurs... et qu'il s'en rend compte.

Dans le cadre du projet européen Chist-Era Joker, nous travaillons à identifier et à interpréter certains indicateurs du comportement de l'interlocuteur qui caractérisent une interaction sociale et affective ; puis, grâce à l'humour, à engager l'interlocuteur humain dans une relation à long terme avec un robot de type Nao.

(pour voir le document youtube [LivingWithRobot 2012 - LIMSI-CNRS: Emotion detection from speech with NAO](#) sur le robot NAO aller sur le site <https://lejournel.cnrs.fr/billets/rire-avec-les-robots-pour-mieux-vivre-avec>)

Détecter les émotions pour améliorer l'interaction

Des modèles informatiques basés sur l'apprentissage machine sont développés pour reconnaître les émotions à partir d'indices paralinguistiques acoustiques et visuels : ton, énergie et rythme de la voix, rire ou encore sourire. Lorsqu'on lui parle, [le robot Nao-Joker\(link is external\)](#) établit le profil dynamique de son interlocuteur humain selon plusieurs dimensions liées à sa personnalité, aux états affectifs perçus et au déroulement du dialogue. Il est notamment capable de reconnaître son sexe, l'expression de certaines émotions – hésitations, rires d'amusement ou de gêne, marques d'énervement, etc. Le robot intègre également de nombreuses informations liées au contexte de la conversation. Tout cela lui permet de déterminer si la personne avec laquelle il dialogue est plutôt extravertie ou timide, si elle apprécie l'interaction ou encore si elle rit facilement...

Si le robot comprend que son interlocuteur n'est pas à l'aise, il tente de le faire rire par une blague.

La détection des réactions de l'utilisateur permet dès lors au robot d'ajuster son comportement de manière à établir une interaction sociale de meilleure qualité, donc plus stable à long terme. Par exemple, si le robot Nao-Joker comprend que son interlocuteur n'est pas à l'aise, il tente de le faire rire par une blague ou de le valoriser en pratiquant l'autodérision. S'il comprend que la personne a une attitude négative envers lui, il va essayer de comprendre les raisons de cette attitude et y répondre par diverses stratégies lui permettant de rééquilibrer l'interaction. Un système artificiel de dialogue fait forcément des erreurs, que ce soit au niveau de la reconnaissance de la parole, de la compréhension ou de la gestion du dialogue.

Toutefois, grâce à la compréhension des réactions de l'utilisateur et grâce à la mise en œuvre de stratégies basées sur l'humour, nous espérons rendre l'interaction avec les robots plus facile, plus spontanée et plus agréable... en dépit de ses erreurs inévitables.

Pour une éthique de l'attachement robotique

Le but ultime est que vous vous attachiez ainsi à lui et que vous lui pardonniez ses imperfections, voire qu'il devienne capable de vous émouvoir et de vous divertir ! Il faut cependant bien comprendre que ces robots affectifs ne seront mis en œuvre que pour certaines applications particulières, comme les robots compagnons. De fait, la question de l'utilité et de la pertinence des modèles de comportements robotiques doit toujours se poser, à plus forte raison si ces machines doivent être placées auprès d'enfants ou de personnes fragiles. Il importe également de savoir si nous sommes prêts à accepter des robots capables de faire de l'humour ; et si nous pourrions un jour nous attacher à des machines affectives comme nous nous

attachons à un animal domestique. Dans ce cas, quels statuts auront ces artefacts dans nos sociétés ? Autant de questions qu'il faudra bien se poser afin de préparer la société à vivre avec ces machines autonomes.

A lire : le rapport [Éthique de la recherche en robotique](#)(link is external) publié par la Cerna.

Les points de vue, les opinions et les analyses publiés dans cette rubrique n'engagent que leur auteur. Ils ne sauraient constituer une quelconque position du CNRS.

<http://www.cnrs.fr/ins2i/spip.php?article677>

Raja Chatila nommé directeur de l'ISIR

Raja Chatila a été nommé au 1er janvier 2014 directeur de l'Institut des systèmes intelligents et de robotique (Isir), unité de recherche commune à l'Université Pierre et Marie Curie et au CNRS.

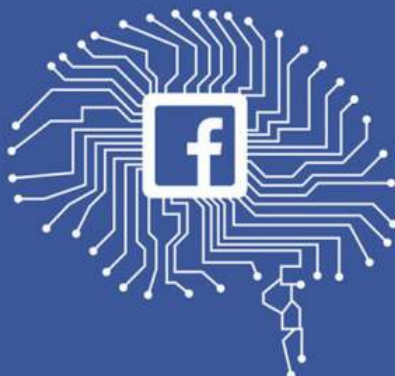
Docteur en automatique, Raja Chatila est directeur de recherche de classe exceptionnelle au CNRS, à l'Institut des systèmes intelligents et de robotique (Isir) et directeur adjoint scientifique de l'Institut INS2I du CNRS. Il coordonne le Labex « Smart » portant sur les interactions humain - machine dans le monde numérique. Raja Chatila a précédemment dirigé le Laas-CNRS à Toulouse et a été directeur adjoint du GDR Robotique. Il a présidé la Section d'informatique, automatique, signal et communication du Comité national de la recherche scientifique.

Ses domaines de recherche portent sur la robotique autonome, la robotique cognitive et interactive, la perception et la fusion de données, la planification des actions et du mouvement, les architectures décisionnelles et cognitives et l'apprentissage.

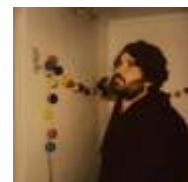
Raja Chatila a dirigé plusieurs projets de recherche en robotique avec des applications dans les domaines de la robotique de service, de l'exploration planétaire, de la robotique aérienne ou de la robotique personnelle. Il a notamment coordonné un projet intégré européen « Cogniron » (The Cognitive Robot Companion). Il a également participé à deux projets européens sur l'éthique en robotique : Roboethics et Ethicbots et il est membre de la Commission de réflexion sur l'éthique de la recherche en sciences et technologies du numérique d'Allistene (Cerna). Il est président de la IEEE Robotics and Automation Society, et Fellow IEEE

<http://mashable.france24.com/tech-business/20180123-facebook-intelligence-artificielle-yann-lecun-antoine-bordes>

Mais qu'est-ce que Facebook fabrique au juste dans son labo sur l'intelligence artificielle ?



FACEBOOK/FAIR



PAR BENJAMIN BRUEL

23 JANVIER 2018

Facebook va débloquer 10 millions d'euros supplémentaires pour son hub européen de recherche en intelligence artificielle, situé à Paris. Nous avons rencontré [Antoine Bordes](#), son directeur, pour comprendre dans le détail ce que ses équipes étudient.

Sheryl Sandberg, numéro 2 du réseau social, est même venue pour l'occasion. Elle a annoncé, ce mardi, [l'investissement de 10 millions d'euros](#) supplémentaires dans le laboratoire de recherche en intelligence artificielle de Facebook à Paris et le doublement des effectifs sur le site, qui passent donc de 30 à 60 scientifiques.

Le hub européen de [Facebook Artificial Intelligence Research \(FAIR\)](#), créé en 2015 par Yann LeCun, *chief scientist* au sein du laboratoire, considéré comme le père fondateur de l'apprentissage profond, et dirigé actuellement par Antoine Bordes, spécialiste de la compréhension du langage naturel, va ainsi

devenir le plus important des quatre labos de recherche du réseau social de Mark Zuckerberg. Les trois autres sont situés à New York, Montréal et Menlo Park, dans la baie de Palo Alto. Au total, Facebook emploie actuellement 120 chercheurs spécialisés dans l'IA.

La recherche fondamentale, c'est pas si compliqué..

Mais qu'est-ce qu'on fabrique, précisément, dans ces centres où l'on réfléchit et on essaie beaucoup de choses ? Comment se déroule la recherche en intelligence artificielle au quotidien ? Chez FAIR, le fonctionnement semble a priori assez simple. "On donne la liberté aux scientifiques de mener les recherches qu'ils veulent. Nous avons évidemment de grandes directions, comme la compréhension du langage, le dialogue, la perception, la vidéo ou le développement de stratégies, mais ce sont des domaines assez vastes dont ils peuvent s'emparer", explique **Antoine Bordes** à Mashable FR.

Les trente chercheurs qui débarqueront à FAIR Paris avant 2022 seront recrutés sur des propositions de recherche neuves. Ce qui est relativement compliqué, puisque l'équipe couvre déjà un vaste champ des domaines liés à l'intelligence artificielle. "Nous travaillons sur quelque chose de véritablement important, même si ça paraît un peu abstrait, c'est la recherche de similarité. Je donne une image à l'IA, puis un milliard d'autres, et elle va devoir trouver laquelle est la plus similaire à la première. Deux chercheurs de chez nous ont monté ce projet, nommé FAISS, pour Facebook Artificial Intelligence Similarity Search, qui a eu un effet complètement transformatif au sein de Facebook", explique encore le directeur du centre de recherche européen de Facebook.

"Comment les machines pourraient-elles construire ces modèles ? Si on arrive à résoudre cette question, nous ferons significativement avancer l'IA"

À Paris, les équipes issues d'une douzaine de nationalités différentes se concentrent principalement sur trois autres aspects de l'IA. Le dialogue, c'est-à-dire la compréhension et la gestion du langage humain par une IA, également la spécialité d'Alexandre Lebrun, fondateur de Wit.ai et ingénieur au sein de l'équipe. La vidéo, c'est-à-dire la capacité pour une intelligence artificielle de prédire la suite ou de détecter les formes et les différents aspects d'un enregistrement vidéo. Et les mathématiques, dirigées par une équipe de trois personnes au sein de FAIR Paris, qui se concentrent sur la mise à l'épreuve des codes, des algorithmes et à leur optimisation.

Mais le hub européen de FAIR se dédie uniquement à la recherche fondamentale, c'est-à-dire des travaux expérimentaux ou théoriques qui n'ont pas d'application concrète mais cherchent à faire avancer la connaissance. Pour que Facebook fasse du business avec les découvertes des scientifiques, il faut se déporter de l'autre côté de l'Atlantique.

Un autre laboratoire, nommé **Applied Machine Learning (AML)**, situé entre Seattle et la Californie, a pour mission de faire de la recherche appliquée. "Prenons un exemple. Nos chercheurs ont la mission de créer un système d'IA qui doit traduire 100 langues en 100 autres langues, par paires. Un gros challenge. Nous, nous avons une équipe qui s'occupe de la traduction en cherchant de nouveaux algorithmes innovants. Quand nous en avons un qui marche mieux sur une paire, ils vont prendre la main dessus pour l'utiliser", explique **Antoine Bordes** à Mashable FR.

L'apprentissage prédictif, la petite marotte de Yann LeCun

En plus de ces recherches fondées sur la **technologie des réseaux de neurones artificiels**, FAIR Paris réalise des recherches sur ce que **Yann LeCun qualifie de "[prochaine frontière de l'intelligence artificielle](#)"**, c'est-à-dire **l'apprentissage prédictif**. C'est la capacité, pour un système d'intelligence artificielle, de réfléchir à ce qu'il va se passer et d'anticiper cette action. [Les réussites récentes d'AlphaGo](#)

[Zero](#), l'intelligence artificielle développée par DeepMind, font probablement partie des exemples qui s'en rapprochent le plus. Mais AlphaGo Zero joue à un jeu, pas avec la vie de personnes.

"Le problème, avec le monde réel, c'est que la machine ne peut pas se permettre, par exemple si l'on veut entraîner un agent intelligent à conduire une voiture, de la laisser tomber d'une falaise ou se planter dans un arbre 50 000 fois avant qu'il comprenne ce qu'il doit faire", nous a expliqué **Yann LeCun** lors d'une séance de questions-réponses avec la presse. "Un des grands débats et des grands mystères de l'intelligence artificielle, c'est comment se fait-il que nous, humains, nous puissions apprendre rapidement, avec très peu d'essais ? Une idée qui m'est très personnelle, même si elle est partagée par plusieurs chercheurs chez FAIR, c'est que les humains et les animaux construisent des modèles prédictifs du monde. Ils savent ce qu'il va se passer avant le choix de l'action. On sait très bien que rentrer dans un arbre n'est pas une bonne idée, parce que nous avons construit un modèle. Comment les machines pourraient-elles construire ces modèles ? Si on arrive à résoudre cette question, nous ferons significativement avancer l'IA."



Yann LeCun dans son bureau de New York.

FACEBOOK

Les recherches sur les vidéos menées par FAIR Paris peuvent entrer dans le domaine de l'apprentissage prédictif. C'est la possibilité pour un système d'IA d'anticiper ce qu'il va se passer, quelles vont être les formes et les mouvements dans les quelques secondes suivant la mise en pause d'une vidéo. Pour faire évoluer ses connaissances dans le domaine, **FAIR Paris collabore par exemple avec [Emmanuel Dupoux](#) du laboratoire de sciences cognitives de l'EHESS**. Celui-ci travaille sur les mécanismes et les représentations du cerveau chez les bébés. Par exemple, un enfant apprend seul, par l'observation, naturellement et autour de ses huit mois, que n'importe quel objet lâché et tomber. Comment faire comprendre cela à une machine ? Le futur nous le dira.

MOTS-CLÉS : [FACEBOOK](#), [INTELLIGENCE ARTIFICIELLE](#), [MARK ZUCKERBERG](#), [DEEP LEARNING](#), [PARIS](#), [START-UP](#), [FRANCE](#)

<https://rslnmag.fr/fil/robots-intelligence-artificielle-cyberguerre-conflits>/<https://rslnmag.fr/fil/robots-intelligence-artificielle-cyberguerre-conflits/>

« Robots, intelligence artificielle : comment se dessine le champ de bataille de demain »

Regards Sur Le Numérique - RSLN

Comment les technologies numériques s'insèrent-elles sur le terrain militaire d'aujourd'hui et demain ? Comment aident-elle à faire face aux nouveaux enjeux d'une conflictualité qui se joue désormais aussi en ligne ? Entre réalité augmentée et robotisation, sur le cyber-terrain comme sur les zones de conflits physiques, l'armée française s'interroge sur ces problématiques. Interview de Gérard de Boisboissel, ingénieur de recherche au CREC Saint-Cyr.

1. L'armée américaine est souvent citée comme modèle en termes d'emploi de nouvelles technologies. Qu'en est-il de la France ? Aujourd'hui, où en sommes-nous du point de vue de l'innovation militaire ?

Gérard de Boisboissel : La France a une démarche très différente de celle des Etats-Unis, où des financements abondants permettent à des projets prospectifs d'être développés, prototypés et testés sur le terrain. L'armée française est plutôt sur l'anticipation des besoins, dont l'expression est remontée en permanence par l'État Major des Armées.

La Direction Générale de l'Armement ([DGA](#)) valide ensuite la faisabilité technique de la demande tout en élargissant le besoin initial si besoin – par exemple en y ajoutant des spécificités techniques (par exemple, des contraintes thermiques selon les théâtres d'opération). Enfin, la Section Technique de l'Armée de Terre (STAT) teste et éprouve les innovations avant une potentielle validation des projets pour une utilisation opérationnelle, voire leur commercialisation à l'étranger.

Tout au long de ce processus, le centre de recherches au sein duquel je travaille [*le CREC Saint-Cyr, NDLR*] propose un regard d'accompagnement non seulement technologique mais aussi juridique, sociologique, éthique, sur les usages... Une approche pluridisciplinaire qui n'est pas le cœur de métier de l'Etat Major et qui se veut donc complémentaire. Prenons l'exemple de la robotique militaire qui sera partie prenante de la conflictualité de demain : le mot « robot » n'est pas mentionné dans le code civil. Donc en cas d'accidents, quelle chaîne de responsabilité entre en jeu ? C'est l'un de nos sujets de réflexion.

2. Face au mouvement de robotisation des armées, où se situe justement l'armée française ?

La robotique est une révolution, tout le monde s'accorde à le dire, au point de parler de « rovolution » depuis quelques années. Mais il faut bien comprendre que cette technologie reste un outil pour le combattant...

Ce que l'on peut en faire a, en revanche, de multiples avantages, comme celui de déporter l'action et donc le risque pour un combattant. Si je « déporte » mes cinq sens avec un robot, je pourrai de la sorte voir plus loin – ce qui s'avère primordial dans le monde militaire pour étendre la zone de contrôle d'une unité et donc anticiper les menaces et les manœuvres de l'ennemi.

Cette technologie permet aussi la protection du soldat, moins exposé si l'on met les robots en avant du dispositif. Et cette préservation de la ressource humaine est indispensable à l'heure où les effectifs militaires ont été en constante réduction pendant de nombreuses années, et où la France est projetée sur de multiples fronts. Pour contrôler des zones immenses comme le Mali par exemple, les soldats déployés ne peuvent plus aujourd'hui se passer de drones. On peut en effet leur déléguer 24 heures sur 24 et 7 jours sur 7 un certain nombre de tâches de surveillance très contraignantes, chronophages et ainsi laisser les soldats sur les zones où il est nécessaire d'assurer la protection des populations et, parfois, de mener le combat.

3. Cette « augmentation » de la puissance du soldat par les machines passe-t-elle également par le développement de la réalité augmentée ?

Aujourd'hui, l'un des questionnements de l'armée est : « *comment donner des informations supplémentaires aux militaires pour leur permettre d'être plus efficaces, tout en évitant le risque de surcharge cognitive (positions amies, ennemies, menaces, capacités restantes, etc.) ?* » C'est en ce sens que la réalité augmentée est un enjeu important car elle permet de surajouter à l'environnement visuel habituel de telles informations.

Ceci étant, il faut bien percevoir que le combat représente 99% de moments où il ne se passe pas grand chose et 1% de moments d'une intensité colossale, où votre vie et celles de vos camarades sont en jeu. Le cerveau humain se concentre alors sur des actions réflexes apprises à l'entraînement et sur sa mission militaire : il faut donc éviter la surcharge informationnelle et réfléchir à la hiérarchie de l'information. Ainsi, dans un monde où tout devient connecté, quelle information pertinente remonter, à qui, à quel moment et comment ?

Plus largement, au-delà de la réalité augmentée, il s'agit aussi de réfléchir à la formation des décideurs face à la trop grande richesse d'informations qu'ils peuvent recevoir en temps réel. Et qui bouscule certains rôles, comme celui de l'homme politique qui se retrouve parfois projeté dans un combat – comme Barack Obama lors de l'opération militaire d'arrestation d'Oussama Ben Laden – alors que ce n'est pas sa place.

4. Quelles sont les questions éthiques posées selon vous par l'emploi de ces nouvelles technologies qui favorisent l'ubiquité du combat ?

La question posée par les robots militaires rejoint celles que se pose le monde civil au sujet de la surveillance permanente et des libertés personnelles, notamment dans des zones hors conflit. Mais c'est ici un débat sociétal qui n'est pas propre au monde militaire.

La vraie question éthique porte plutôt sur l'armement des drones. Or tuer à distance, d'un strict point de vue d'efficacité militaire, est plus précis avec un drone armé qu'avec un tir d'artillerie. En effet, le pilote du drone a une excellente visibilité du terrain, et l'opérateur responsable des équipements embarqués peut se concentrer sur la cible avec une précision de l'information que n'aura jamais l'artillerie traditionnelle. Ce qui permet d'éviter certaines bavures potentielles...

5. Un aspect « chirurgical » des frappes qui a pourtant été maintes fois remis en question ces dernières années...

Les Américains ont une doctrine d'emploi qui ne sera jamais la nôtre : les drones armés ont ainsi été utilisés, lors de frappes d'opportunité, pour des éliminations ciblées par la CIA – et non les militaires US – avec pour conséquence une efficacité court-termiste, parfois hors situations de guerre, ce qui a donné à l'opinion mondiale une mauvaise image de l'utilisation de ces drones.

Or l'usage militaire des drones par l'armée française est très différent : pour l'instant, nous ne disposons pas de drones armés mais de drones Reapers [*types de drones utilisés pour la surveillance, NDLR*]. La question de l'armement de ces drones se pose cependant, et le débat éthique portera sur les circonstances d'emploi de ces drones armés, notamment dans des situations de conflits non déclarés.

6. Les enjeux de la conflictualité ont justement beaucoup évolué avec l'augmentation de la menace terroriste, qui bouleverse les frontières définitionnelles qui séparaient zones de paix et zones de guerre. La technologie aide-t-elle à répondre à ces nouvelles règles ?

Nous sommes dans un bouleversement terrible : en 1914, tout le monde avait peur de la 5^e colonne, de l'ennemi infiltré derrière les lignes de front, alors qu'il était quasi inexistant. Aujourd'hui, cette 5^e colonne peut aussi bien être votre voisin radicalisé qu'un individu qui rejette brutalement nos valeurs démocratiques... Aucune société n'est préparée à cela, mais nous touchons là à un débat plus vaste, qui tourne autour des questions de cohésion sociale et nationale.

En ce qui le concerne, le militaire intervient quant à lui dans une zone donnée pour réduire un ennemi : il doit l'identifier, et si ce dernier est armé, l'arrêter ou l'attaquer. Combattre un ennemi infiltré en zone de paix, sans uniforme, n'est donc pas usuel pour l'armée, qui voit tous ses repères changer... Il n'y a que les technologies de surveillance et de détection qui vont pouvoir aider en favorisant l'anticipation de la réaction, mais nous n'aurons jamais de militaires qui travailleront exclusivement derrière des ordinateurs, sauf en cyberconflictualité

: leur travail est d'intervenir sur les zones où le danger est potentiellement extrême, mais non pas de repérer les ennemis insérés dans une population amie supposée être en paix...