

VRS

La vie de la recherche scientifique

débats
stratégies
opinions
dossiers
actions

411
hiver
2017
Prix au numéro : 8€



L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET LA RECHERCHE FACE AU « POUVOIR DES ALGORITHMES »

ZOOM

LES FINANCEMENTS PUBLICS
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

HORS-CHAMP

LES FEMMES SCIENTIFIQUES
AU CNRS ?
ENCORE UN (GROS) EFFORT !!!

VRS



La vie de la recherche scientifique

ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET RECHERCHE
PRÉCARISATION RÉORGANISATION SOCIÉTÉ
TERRITORIALISATION EMPLOI SCIENTIFIQUE PARITÉ
FINANCEMENTS PARCOURS PROFESSIONNEL

La Vie de la recherche scientifique (VRS) explore les grandes questions scientifiques et politiques en lien avec les préoccupations de la société et des mouvements sociaux. Retrouvez, au fil des dossiers, les grands sujets qui sont au coeur de vos interrogations et de vos exigences.



ABONNEMENT ANNUEL • 4 NUMÉROS PAR AN

INDIVIDUEL : 25€ INSTITUTIONNEL : 50€ PRIX AU NUMÉRO : 8€

ATTENTION : l'abonnement est facultatif pour les adhérents du SNCS et du SNESUP

Institution :

Nom : Prénom :

Adresse :

Téléphone : Courriel :

Merci de bien vouloir nous retourner ce bulletin complété avec votre règlement à l'adresse suivante :

SNCS - 1, Place Aristide Briand - 92195 Meudon Cedex

sncs@cnrs.fr - www.sncs.fr

édito



Hervé Christofol

Secrétaire général du SNESUP-FSU

Le projet de loi Vidal : un projet conservateur, inégalitaire, austéritaire, anxiogène et bureaucratique

Le projet de loi VIDAL pour l'accès au premier cycle de l'enseignement supérieur qui sera débattu à l'Assemblée nationale du 13 au 15 décembre puis au Sénat en janvier 2018, est une réforme conservatrice, inégalitaire, austéritaire, anxiogène dont nous demandons le retrait.

Ce projet est conservateur, car c'est un vieux projet de la droite que d'utiliser la sélection pour contenir l'augmentation des flux de bacheliers et maintenir les enfants des classes populaires majoritairement représentées dans les baccalauréats technologiques et professionnels dans des filières courtes. C'était celui de Jean Lecanuet en 1967, d'Alice Saunier-Seïté en 1976, d'Alain Devaquet en 1986. A chaque fois, c'est à l'issue de fortes mobilisations que ces projets ont pu être écartés et qu'ont pu être imposés les moyens qui permettent l'accueil et la réussite de toutes et tous.

Il est inégalitaire, car il reproduit les inégalités culturelles et sociales de l'enseignement secondaire lors de l'affectation des élèves dans l'enseignement supérieur. Avec ce projet, il en serait fini des parcours d'un tel qui a obtenu un doctorat depuis un CAP, ou d'une telle qui, après un BEP, poursuit ses études et devient commissaire aux comptes.

Il est austéritaire, car la gestion des flux prévue a pour objectif de limiter l'investissement dans le service public. De plus, il ne prévoit pas de faire converger l'investissement par étudiant consenti pour les formations universitaires avec le montant de celui octroyé aux classes préparatoires ou aux grandes écoles.

Il est anxiogène pour les lycéens qui auparavant se voyaient toujours accueillis à l'université et qui désormais n'ont plus aucune certitude quant à la possibilité de poursuivre des études dans le supérieur.

Il est bureaucratique, car il génère une gestion administrative de la sélection qui coûte et consomme des postes de travail qui seraient beaucoup mieux utilisés pour l'encadrement des étudiants.

Contrairement au gouvernement qui veut sortir par le bas du défi que constitue l'accueil de 200 000 étudiants supplémentaires au cours des cinq prochaines années – à savoir la sélection et le sous-investissement dans l'enseignement supérieur et la recherche (ESR) –, nous militons pour relever ce défi par le haut, grâce à un investissement massif dans l'ESR et à la création de places dans les formations à la hauteur des besoins.

sommaire

Édito 03

Le projet de loi Vidal : un projet conservateur, inégalitaire, austéritaire, anxiogène et bureaucratique **Hervé Christofol**

Actualités 05

Dossier 09

L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET LA RECHERCHE FACE « AU POUVOIR DES ALGORITHMES »

Coordonné par Laurence Favier

Le commerce, le pouvoir et les algorithmes **Hervé Le Crosnier 10**

De la science-fiction à la science : le mythe de la singularité selon Jean-Gabriel Ganascia **Laurence Favier 14**

Rapports institutionnels sur l'intelligence artificielle : extraits **17**

Enseignants et chercheurs au temps des algorithmes **Serge Abiteboul et Gilles Dowek 19**

Le pouvoir des algorithmes dans l'apprentissage : que peut l'« e-éducation » ? **Gérard Giraudon et Thierry Viéville 23**

Propos recueillis par Laurence Favier

Promesses et déconvenues du numérique dans l'enseignement et la recherche à l'université **François Jarrige et Thomas Bouchet 27**

La transformation numérique de la formation : miroir des techno-imaginaires du politique ? **Pascal Plantard 29**

Des nécessaires convergences entre disciplines pour appréhender la numérisation de la société **François Pelligrini 31**

L'éthique du numérique : un domaine à part entière de la recherche et de l'enseignement **Chantal Enguehard 34**

De l'admission postbac APB à ParcoursSup **Hervé Christofol 36**

Zoom 39

Les financements publics de l'enseignement supérieur et de la recherche

Hors-champ 43

Les femmes scientifiques au CNRS ? Encore un (gros) effort !!! **Florence Audier**

Syndicat national des chercheurs scientifiques [SNCS-FSU] 1, place Aristide-Briand. 92195 Meudon Cedex. Tél.: 01 45 07 58 70.

Fax : 01 45 07 58 51 - sncs@cnrs.fr - www.sncs.fr

Syndicat national de l'enseignement supérieur [SNESUP-FSU] 78, rue du Faubourg-Saint-Denis. 75010 Paris. Tél.: 01 44 79 96 10.

Fax : 01 42 46 26 56 - accueil@snesup.fr - www.snesup.fr

Directeur de la publication: Patrick Monfort | **Rédacteurs en chef:** Laurence Favier, Chantal Pacteau | **Comité de programmation:** les bureaux nationaux du SNCS et du SNESUP | **Ont participé à ce numéro:** Serge Abiteboul, Florence Audier, Thomas Bouchet, Hervé Christofol, Marc Delepouve, Gilles Dowek, Chantal Enguehard, Laurence Favier, Gérard Giraudon, François Jarrige, Hervé Le Crosnier, Patrick Monfort, Chantal Pacteau, François Pelligrini, Pascal Plantard, Thierry Viéville | **Montage:** Clotilde Péan | **Impression et routage:** Imprimerie Compédit Beaugard. Z.I. Beaugard, BP 39, 61600 La Ferté-Macé. Tél.: 02 33 37 08 33 - www.compedit-beaugard.fr | **Régie publicitaire:** Com d'habitude publicité. 7 rue Emile Lacoste 19100 Brive-la-Gaillarde. Tél.: 05 55 24 14 03. Fax: 05 55 18 03 73. Contact: Clotilde Poitevin-Amadiou (www.comdhabitude.fr - contact@comdhabitude.fr) | La Vie de la recherche scientifique est publiée par le SNCS-FSU, 1, place Aristide-Briand 92195 Meudon Cedex. Tél.: 01 45 07 58 70 Fax: 01 45 07 58 51 - sncs@cnrs.fr.

Commission paritaire: 0419 S 07016. ISSN: 0338-1889. Dépôt légal à parution.

Prix au numéro: 8€ - Abonnement annuel (4 numéros): 25€ (individuel), 50€ (institutionnel).

Les titres sont de la responsabilité de l'équipe de rédaction.



Ont participé à la rédaction de ces actualités: M. Delepouve, P. Monfort, C. Pacteau.

RECOMMANDATION CONCERNANT LA SCIENCE ET LES CHERCHEURS SCIENTIFIQUES



United Nations
Educational, Scientific and
Cultural Organization

Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture

Organización
de las Naciones Unidas
para la Educación,
la Ciencia y la Cultura

Организация
Объединенных Наций по
вопросам образования,
науки и культуры

منظمة الأمم المتحدة
للتربية والعلم والثقافة

联合国教育、

科学及文化组织

Lors de sa 39^{ème} Conférence générale de novembre 2017, l'UNESCO a adopté une recommandation remplaçant le texte de 1974 concernant la condition des chercheurs scientifiques¹. Son titre a également été changé pour devenir la *Recommandation concernant la science et les chercheurs scientifiques*. Rappelons que l'UNESCO élabore des textes normatifs qui sont régulièrement révisés afin des les réactualiser. Ces textes ont une valeur de référence mais non contraignante.

Fin 2014, après une longue phase de consultations sur l'opportunité d'une révision, l'UNESCO s'est adressée aux ONG partenaires, notamment le Conseil international pour la science (ex-Conseil international des unions scientifiques, qui a gardé son acronyme anglais ICSU), la COMEST (Commission mondiale d'éthique des connaissances scientifiques et des technologies) ainsi que la Fédération mondiale des travailleurs scientifiques (FMST), à laquelle le SNCS-FSU, le SNESUP-FSU et l'UGICT-CGT sont affiliés².

Le SNCS-FSU et le SNESUP-FSU ont agi auprès des organisations internationales auxquelles ils sont affiliés, comme la FMST et l'International de l'Éducation (fédération mondiale des syndicats de l'éducation) et de la commission française auprès de l'UNESCO (CNFU) – rattachée au ministère des Affaires étrangères – pour faire connaître leurs propositions d'évolution de la recommandation et pour s'opposer à des propositions telles que la création d'un serment du chercheur. Ils ont suivi les différentes étapes du processus : réponse au questionnaire émis par les services de l'UNESCO, participation à des réunions de travail, en particulier à la journée du 8 septembre 2016, organisée par la CNFU sur la condition et responsabilité du chercheur³. Ils ont tenu informée la communauté scientifique sur les enjeux de la révision de la recommandation, entre autres *via* ses articles dans la VRS.

Le SNCS-FSU et le SNESUP-FSU ont défendu les garanties d'indépendance, le lien entre les conditions

matérielles des chercheurs et la qualité de la recherche, l'affirmation du rôle de l'Etat et toutes les « valeurs syndicales » inscrites dans la Recommandation de 1974, en les transcrivant dans le monde d'aujourd'hui.

Les politiques actuelles de destruction de la recherche publique – en France comme dans la plupart des pays développés – pouvaient faire craindre une révision « à la baisse » de la recommandation, qui aurait reflété les considérations « *dans l'air du temps* ».

Il n'en a rien été. La recommandation de l'UNESCO est très « *positive* » pour la science et les chercheurs. Elle reconnaît ainsi l'importance de la science en tant que bien commun ; elle établit le lien entre l'importance croissante des activités scientifiques dans l'activité humaine et le besoin de soutenir le personnel scientifique, sa reconnaissance, sa formation, ses responsabilités, son autonomie et sa liberté intellectuelle et académique.

Ce document pourra servir de repère à la communauté scientifique dans le monde entier. Il faut en faire la promotion auprès des scientifiques eux-mêmes, de leurs organisations et des autorités politiques et professionnelles, car il représente un appui important contre les politiques de destruction de la recherche publique.

La Recommandation s'applique expressément

- à tous les chercheurs scientifiques, quels que soient :
 - la personnalité juridique de leur employeur ou le type d'organisation ou d'établissement au sein duquel ils travaillent ;
 - leur spécialisation scientifique ou technologique ;
 - les considérations qui motivent les travaux de recherche et de développement auxquels ils se consacrent ;
 - la nature de l'application à laquelle ces travaux de recherche et de développement ont trait le plus directement ;
 - leur statut professionnel ou leurs conditions d'emploi ;
- aux techniciens, au personnel auxiliaire et aux étudiants qui soutiennent les travaux de recherche et de développement et qui y contribuent ;
- aux établissements et aux personnes dont relève la recherche et le développement et autres aspects de la science, tels que l'enseignement scientifique, la communication scientifique, la réglementation et la politique, le contrôle, le financement, le recrutement, l'évaluation par les pairs et la publication scientifique.

¹ <http://unesdoc.unesco.org/images/0026/002601/260101f.pdf#page=34>

² Voir l'article « L'UNESCO lance un processus de révision de la recommandation sur la condition des chercheurs scientifiques de 1974 » dans la *VRS* de l'été 2014. <http://snscs.fr/sites/snscs.fr/IMG/pdf/vrs397-web.pdf>

³ Condition et responsabilité du chercheur : regards croisés (<http://snscs.fr/VRS-no406-11-2016>).

RÉFORME UNIVERSITAIRE EN TUNISIE

Début 2011, la Tunisie initiait le « printemps arabe ». Aujourd'hui, parmi les pays où souffla cette révolte, elle est le seul où le peuple élit ses responsables politiques et où les libertés démocratiques sont respectées. Dans ce contexte, une réforme de l'enseignement supérieur est en cours d'élaboration.

En avril 2017, invité par la FGESRS (syndicat des universités affilié à l'UGTT), le SNESUP-FSU participa au colloque international qui, dans le cadre de la préparation de cette réforme, portait sur les statuts des universitaires et l'autonomie des universités. En Tunisie, un chômeur sur trois est diplômé de l'enseignement supérieur. L'économie va mal et le pays traverse une crise sociale ; d'où une fragilisation de la démocratie. Dans le colloque, une même volonté était partagée : contribuer au développement de l'économie et à la lutte contre le chômage, tout en défendant les libertés et la qualité de la recherche et de l'enseignement. Le modèle français, maître de conférence/professeurs des universités, a été mis en avant par de nombreux intervenants ; ainsi qu'une évaluation récurrente, dans un but de qualité et de reconnaissance. Le SNESUP-FSU a exposé son point de vue sur les dangers de cette évaluation, et plus largement sur les dangers d'une réforme des statuts des collègues articulée avec une autonomie des universités.

Six mois plus tard, le ministre tunisien de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique participait, à Paris, à l'assemblée générale de l'Union des universités de la Médi-

terrannée. Voici quelques extraits de ses interventions, relayés par l'AEF¹. « (...) la nécessité de préserver la liberté individuelle, la liberté académique, la liberté de penser : l'université doit en être le véhicule. Par ailleurs, l'université doit être au service du développement, au sens le plus large : civilisationnel. » « La massification excessive des universités a provoqué une perte de qualité et un appauvrissement de la formation technique et entraîné un déséquilibre de l'offre de formation. » « La qualité de l'enseignement a baissé et la Tunisie a un problème d'employabilité. » « L'enseignement universitaire doit évoluer pour s'adapter aux nouvelles compétences que l'on demande des professeurs (coach, entrepreneurs). » « La Tunisie compte un grand nombre de chercheurs : 22 000 enseignants-chercheurs et 15 000 doctorants : nous sommes fiers de ce tissu mais un changement de gouvernance est nécessaire, nous avons donc défini six priorités thématiques nationales pour la recherche. Nous allons, par ailleurs, introduire un financement compétitif sur projet, avec une ouverture aux financements internationaux (notamment Horizon 2020) et un regroupement des structures pour leur donner un impact plus important. »



La réforme se prépare autour de dix thèmes : Autonomie des universités ; Gouvernance universitaire et administrative ; Carte universitaire ; Étudiants et vie universitaire ; Formations, qualité et accréditation ; Enseignants universitaires, statut, formation et évaluation ; Méthode d'enseignement et innovation pédagogique ; Ouverture sur l'environnement et employabilité ; Organisation et gouvernance de la recherche ; Innovation, valorisation et internationalisation.

¹ AEF Dépêche n°573392 - Paris, le 02/11/2017.

PAUSE : PREMIER BILAN

Le 9 novembre, un premier bilan du Programme national d'aide à l'accueil en urgence des scientifiques en exil (PAUSE) a été tiré au Collège de France, après moins d'un an d'existence. Turcs et Syriens en sont les principaux bénéficiaires

Rappelons que l'objectif de PAUSE est d'accueillir cent chercheurs par an, avec un budget estimé à 3,5 millions d'euros. En moyenne, explique David Bruchon, responsable du mécénat pour PAUSE, « 35 000 euros sont nécessaires pour sécuriser et insérer un candidat. Les financements sont versés aux établissements pour couvrir une partie des frais d'accueil

(transport, suivi médical et psychologique, aide en urgence au logement, cours de langue) du scientifique en danger et sa famille et/ou une part de la rémunération pour ses activités d'enseignement et de recherche. »



Programme d'Aide à l'Accueil en Urgence des Scientifiques en Exil

Alain Prochiantz, administrateur du Collège de France, a posé la question de la sortie du programme – après un, voire deux ans. Que vont devenir les chercheurs ayant bénéficié de PAUSE qui ne pourront pas rentrer dans leur pays ?

Tiré du texte de Giulia d'Anna Lupo, Cent chercheurs trouvent refuge en France, *Le Monde*, 15/11/2017.

ENQUÊTE SUR LE FINANCEMENT DE LA RECHERCHE



La section 29 du CoCNRS lance une enquête auprès de l'ensemble des chercheurs de la section « dont l'objectif est de dresser un état des lieux du financement des chercheurs par l'ANR, mais aussi d'autres sources nationales et internationales », écrit son président. « De nombreux chercheurs font part à la section 29 de leurs difficultés à financer leur recherche, notamment auprès de l'ANR. Si la faiblesse du

taux global de réussite à l'ANR est connue, nous n'avons aucune idée précise de la manière dont cela se répercute au niveau individuel et de l'impact sur la recherche des chercheurs de la section 29. Les résultats de cette enquête nous permettront de dresser un bilan que nous ne manquerons pas de faire remonter à nos tutelles et instances afin qu'elles puissent mesurer la situation financière dans laquelle se trouvent les chercheurs de la section 29. (...) Nous espérons également que d'autres sections du CoNRS suivront cette initiative. »

Enquête : <https://goo.gl/forms/WFiffUUu3l0kk522>

DROIT À L'ERREUR POUR DIX ANS

Avec son projet de loi « Pour un État au service d'une société de confiance » qui vise à instaurer un droit à l'erreur pour dix ans, le gouvernement veut pouvoir prendre par ordonnance des « mesures relevant du domaine de la loi destinées à expérimenter de nouvelles formes de rapprochement, de regroupement ou de fusion d'établissements d'enseignement supérieur et de recherche ».

Lors de son 46^{ème} congrès, réuni à Meudon du 29 novembre au 1^{er} décembre 2017, le SNCS-FSU a déclaré s'opposer à ce passage en force du gouvernement, qui entend par ce biais accélérer la mise en place d'établissements dérogeant au statut prévu par le Code de l'éducation, et ouvre la porte à la remise en cause des statuts des personnels, comme l'indiquent les projets d'« université cible » de Lyon Saint-Etienne et de Paris-Saclay.

<http://sncs.fr/Motion-Pour-la-defense-des>

Voir aussi : <http://www.snesup.fr/article/experimentation-le-gouvernement-joue-lapprenti-sorcier-avec-le-statut-des-etablissements>

LE CNRS CHERCHE SA/SOIN PDG



Devançant de quelques mois le terme de son mandat, le président du CNRS a démissionné.

« (...) Le CNRS doit se trouver un nouveau timonier. La procédure est, depuis 2010, très formalisée :

les candidats doivent passer une audition devant 'la commission compétente en matière de recherche' (comme dit la loi organique n° 2010-838) de chaque assemblée parlementaire et y exposer leurs intentions. Un peu ridicule lorsqu'il n'y a qu'un candidat, cette procédure peut aujourd'hui être l'occasion d'un véritable débat sur le rôle et le fonctionnement de la recherche publique. C'est l'occasion de répéter, en espérant qu'elles soient reprises à leur compte par les meilleurs des candidats, nos idées sur la question. »

<http://sncs.fr/Le-CNRS-que-nous-voulons-3991>

SUCCÈS DE L'APPEL DE JUSSIEU

Une trentaine d'universités (Paris-VI, Bordeaux), d'organismes de recherche (Inria, INRA), d'éditeurs et de spécialistes de l'information scientifique et technique (Ligue des bibliothèques européennes de recherche) ont déjà signé, depuis le 10 octobre, l'appel de Jussieu pour un accès ouvert aux publications scientifiques (<http://jussieucall.org/index-FR.html>). (...)



infrastructures pour le dépôt des données... « Les services doivent évoluer en fonction des intérêts scientifiques et non de ceux des oligopoles », estime Marin Dacos, du CNRS et directeur du Centre pour l'édition électronique ouverte (CLEO). D'où l'idée nouvelle de créer un consortium international financé avec les économies réalisées par les changements de modèles, afin de soutenir toutes les idées alternatives dans ce paysage et de « redonner le contrôle à la communauté scientifique », selon Marin Dacos.

Tiré de David Larousserie, *Le Monde science et techno*, 06.11.2017

http://www.lemonde.fr/sciences/article/2017/11/06/des-chercheurs-se-mobilisent-pour-un-acces-gratuit-aux-publications_5210895_1650684.html

PROTECTION DES DONNÉES À L'UNIVERSITÉ

« Universités et écoles produisent des données en continu, qui se comptent en pétaoctets, l'équivalent de milliers de disques durs personnels. Ces gisements d'informations liés à la recherche, à la pédagogie ou encore à l'administration doivent entrer en conformité avec le nouveau RGPD (Règlement général sur la protection des données) applicable au 25 mai 2018 partout dans l'Union européenne. » L'enjeu est de taille : il s'agit, pour les établissements, de faire de la protection et de la valorisation de leurs données un véritable axe de développement stratégique et de conserver leur souveraineté numérique.

Tiré de : <http://www.letudiant.fr/educpros/enquetes/donnees-personnelles-reglement-europeen-oblige-universites-pencher-sur-data.html>

A NE PAS MANQUER

Le mensuel du SNESUP de novembre 2017 : « La contribution économique et sociale de l'Université ».

http://www.snesup.fr/sites/default/files/fichier/le_snesup_659_pdf_bd.pdf

Reconnaissance du doctorat dans la haute fonction publique.

<http://blog.educpros.fr/doctrix/files/2017/12/2017-nov-MESRI-docteurs-dans-les-FP-VF.pdf>



Climat social : Cinquante ans après... vers un « mai 2018 » ?

<https://www.latribune.fr/economie/france/climat-social-vers-un-mai-2018-50-ans-apres-755012.html>

Le Président du CNRS a décidé la révocation d'un chargé de recherche 2^{ème} classe (décision n° DEC172856DRH) et d'un directeur de recherche 2^{ème} classe (Décision n° DEC172858DRH) pour harcèlement sexuel.

<https://www.dgdr.cnrs.fr/bo/2017/BO-octobre-17.pdf>

APPEL À UNE ASSEMBLÉE NATIONALE POUR LA SANTÉ AU TRAVAIL

Paris, le 4 décembre 2017

« Nous sommes des représentants des salariés dans des comités d'hygiène, de sécurité et des conditions de travail (CHSCT), des syndicalistes issus de toutes les organisations syndicales, des militants associatifs, des spécialistes de l'analyse du travail, de la santé au travail, du droit social. Nous travaillons dans des secteurs variés, des structures de tailles et de natures différentes.

Nous sommes opposés à la suppression des CHSCT, à la suppression d'instances proches du travail, à la diminution drastique du nombre de représentants des salariés, à la subordination des questions de santé aux intérêts économiques et financiers. Nous voulons au contraire l'extension et le renforcement d'une instance spécifique, aux pouvoirs élargis, représentant celles et ceux qui travaillent. (...) »

<http://assemblee-nationale-chsct.org/>

COMMUNICATION SCIENTIFIQUE EN FRANÇAIS SUR INTERNET



L'Agence universitaire de la Francophonie (AUF) et l'Association francophone pour le savoir (ACFAS) ont signé une entente-cadre de partenariat qui permettra, entre autres, la mise en œuvre d'une plateforme numé-

rique dédiée à la communication et la vulgarisation scientifiques. (...)

L'espace numérique à construire en partenariat permettra de renforcer les capacités des chercheurs francophones à présenter et vulgariser leurs résultats de recherche en français en mettant à disposition des ressources et valorisera notamment les meilleures pratiques en matière de communication scientifique et du rayonnement de la recherche scientifique universitaire francophone.

Tiré de l'article de Victor De Sepausy, Démocratiser la vulgarisation scientifique en français sur internet, 21.11.2017 (<https://www.actualitte.com/article/patrimoine-education/democratiser-la-vulgarisation-scientifique-en-franc-ais-sur-internet/85935>)

Laurence Favier

L'enseignement supérieur et la recherche face au « pouvoir des algorithmes »

Les succès des méthodes d'apprentissage des machines (des méthodes visant à rendre les machines capables d'apprendre et donc d'évoluer de façon autonome) issues de l'analyse de la masse de données disponibles, incluant celle des traces d'activité des internautes, renouvellent les applications de ce que l'on nomme depuis une soixantaine d'années « l'intelligence artificielle ». La généralisation de ces applications, ainsi que notre dépendance aux systèmes de recommandation multiples qui nous amènent à déléguer aux machines, pour le meilleur comme pour le pire, nos décisions et nos choix, conduisent à de nombreux débats relatifs au « pouvoir des algorithmes ». Loi pour une République numérique portée il y a un an par Axelle Lemaire (2016), chantier lancé par le Conseil national du numérique avec l'INRIA sur la « transparence des algorithmes », consultation cette année initiée par la CNIL, rapports multiples sur l'intelligence artificielle, publications variées ont donné un écho public aux préoccupations relatives au développement actuel des technologies de l'information. Le débat rentre dans la sphère publique en même temps qu'il engage le milieu scientifique et académique à y prendre part au delà des laboratoires.

L'ESR (l'enseignement supérieur et la recherche) est particulièrement concerné par ce débat sur le « pouvoir des algorithmes ». Il y est impliqué à la fois dans sa gestion (l'application « Admission Post-bac » en a été un exemple illustre), dans le développement de la recherche concernant ce domaine au cœur d'enjeux éthiques âprement discutés mais aussi d'innovations dont le succès est indiscutable, dans le devenir de l'enseignement (les perspectives de l'e-education), enfin dans la réflexion sur l'avenir des métiers auxquels nous formons les étudiants aujourd'hui.

Le commerce, le pouvoir et les algorithmes

L'« enfermement algorithmique » sur lequel reposent les plateformes de l'écosystème numérique dans lequel nous vivons désormais conduit à réduire les internautes à des profils regroupés en catégories. L'auto-apprentissage basé sur les données qu'ils produisent sert en général des intérêts économiques qui sont inscrits dans les lots de données utilisés comme dans le choix des objectifs assignés à ces algorithmes. La perspective qui se dessine est d'autant plus préoccupante que le savoir-faire permettant de manipuler des algorithmes se banalise et sert les objectifs les plus variés au-delà même de ceux des acteurs économiques qui les ont conçus.

Hervé Le Crosnier

Éditeur multimédia chez C&F éditions
Enseignant-chercheur retraité
de l'Université de Caen

« À quoi rêvent les algorithmes ? » se demande Dominique Cardon¹. En posant cette étrange question, il élargit la notion d'algorithme (organisation d'un calcul) pour considérer combien nous nous trouvons dans une situation telle que « nombre de nos gestes quotidiens, d'achats, de déplacements, de décisions personnelles ou professionnelles se trouvent orientées par une infrastructure de calcul ». Il ne faut pas prendre au pied de la lettre informatique le terme d'algorithme tel qu'il est dorénavant utilisé par les sciences humaines et sociales comme par la presse. Il ne s'agit plus d'étudier les méthodes d'organisation et d'optimisation des calculs, mais bien de penser la « société des calculs ». Et pour analyser une société, il est nécessaire de mettre à jour les relations de pouvoir qui s'y exercent. Quels sont les pouvoirs qui utilisent les algorithmes pour se maintenir ou se renforcer ; et comment ces algorithmes redéfinissent la hiérarchie des pouvoirs ?

Les algorithmes sont opaques. Ceux qui les font tourner se gardent bien de

nous en donner les clés. Pourquoi les services de Google arrivent-ils en tête des requêtes sur son moteur de recherche, se demande la Commission européenne ? Sur quelles bases Facebook fait-il apparaître ou non les posts d'une « page » dans les fils de ceux qui ont pourtant « aimé » cette page ? Pourquoi les systèmes de reconnaissance vocale ne savent pas bien reconnaître certains accents ? En s'abritant derrière le secret commercial, les entreprises du numérique ne nous laissent pas entrevoir, ni éventuellement critiquer, les préconceptions qui sont automatisées dans ces algorithmes.

FIGÉS DANS DES CATÉGORIES

Que font globalement les algorithmes dans les systèmes numériques en réseau ? Ils classifient. Dans notre dos, sur nos traces, celles que nous laissons en permanence sur internet, il s'agit de construire des profils, et ensuite de grouper ces profils en catégories au nom de deux hypothèses : ce qui m'a intéressé hier continuera de m'intéresser demain ; et ce qui intéresse les gens qui me ressemblent est susceptible de m'intéresser.

Double piège qui nous enferme dans une « bulle informationnelle ». Il n'est pas question, avec ces approches, de considérer les relations sociales qui nous font évoluer, les lectures qui nous transforment, les débats qui peuvent nous rendre conscients de questions nouvelles. Il s'agit d'organiser la continuité, le retour du même... pour mieux nous vendre des produits, des idées ou des comportements qui seraient, d'après les calculs, ceux que nous préférons.

Cette homophilie est déjà une tendance humaine et sociale : on se marie dans les mêmes catégories sociales ; on va voir les mêmes films que ses amis ; on va suivre un artiste au long de sa carrière ; et on a des marques préférées. Le rôle des marques étant de faire baisser notre charge cognitive quand nous devons faire un choix de produit, la continuité d'usage devient la règle.

Au lieu d'organiser l'échange d'idées, de concepts, d'envies, ce qui constituait la première utopie collective de l'internet, les algorithmes des principaux acteurs économiques visent au contraire à

¹ Dominique Cardon, *À quoi rêvent les algorithmes ?* Le Seuil, 2015.

Le terme algorithme représente ici l'ensemble des méthodes qui permettent d'organiser ce que nous voyons sur nos écrans : ordre des réponses à une requête, visibilité des *posts* dans les médias sociaux, publicité, conseils de lecture. Il représente également les outils qui vont être mis dans les mains des managers pour organiser les flux en « temps réel » : flux de travail, de produits, d'argent. Enfin, il nous parle des robots et autres machines autonomes. Le numérique, le cyberspace représentent dorénavant un écosystème dans lequel nous vivons, tout comme nous vivons déjà au sein de l'écosystème terrestre. Il va orienter les décisions matérielles que nous allons prendre, individuellement et collectivement. Dès lors, la manière dont ces algorithmes vont accomplir leur travail a une grande importance pour la démocratie (décider collectivement sans s'en remettre aveuglément à des calculs) et pour nos vies quotidiennes (décider individuellement en sachant ce qui va s'évanouir et disparaître dans notre consultation des médias en ligne ; en comprenant pour quelle raison nous recevons tel ou tel conseil, voire telle injonction).

nous réduire à des profils, à nous figer dans des catégories puis à nous faire revenir auprès d'eux pour conforter ces catégories. Cette mécanisation poussée de la sélection d'informations pour « pousser » vers nous des produits, des services ou des idées permet de parler d'une « industrie de l'influence », prête à utiliser tous les moyens pour pénétrer nos cerveaux et nos émotions.

L'économie de l'attention² doit être comprise dans les deux directions : il s'agit de nous faire revenir ou rester sur les sites, les jeux ou les objets connectés que nous avons déjà utilisés ; et il s'agit de capter de plus en plus de traces et d'informations sur nous pour

² Hervé Le Crosnier, « Publicité ciblée : l'économie de l'attention », *Mes datas et moi*, 27 mars 2017. <https://www.mesdatasetmoi-observatoire.fr/article/l-economie-de-lattention>

aiguiser nos profils, mieux nous connaître pour exercer de l'influence, économique ou politique, sur nous. Il ne viendrait à l'idée d'aucun commerçant du monde physique de nous courir après pour nous revendre ce que nous venons d'acheter. Pourtant, en ligne, le « reciblage publicitaire » vient nous rappeler que nous venons de fréquenter un site marchand, de rechercher un produit, alors même que souvent nous avons soit acheté, soit considéré le produit comme ne répondant pas à nos besoins. Est-ce parce que les algorithmes sont idiots ? Certes un peu, mais surtout parce que c'est le moteur même de l'enfermement algorithmique qui est au cœur des préconceptions des ingénieurs qui les ont mis au point.

L'APPRENTISSAGE PROFOND

Le modèle central est celui de l'apprentissage dit profond : à partir d'un lot d'exemples, l'algorithme va produire une probabilité de reconnaître un objet similaire qui ne fait pas partie de son lot d'apprentissage. Montrons-lui des milliers de photos de chats, et il saura reconnaître, avec un bon taux de réussite, les chats parmi un lot de photos de tigres. Il s'agit dès lors de définir deux critères : quel sera le lot de données utilisé pour l'apprentissage, et quelle sera la métrique utilisée en sortie pour estimer qu'un nouvel objet est ou n'est pas de la même catégorie que le lot d'exemples.

Ce modèle simpliste est généralisé ensuite : l'algorithme va organiser lui-même le tri en catégories, leur donner un nom et faire entrer un nouvel objet dans l'une des catégories. Avec un premier danger : quand les objectifs représentent

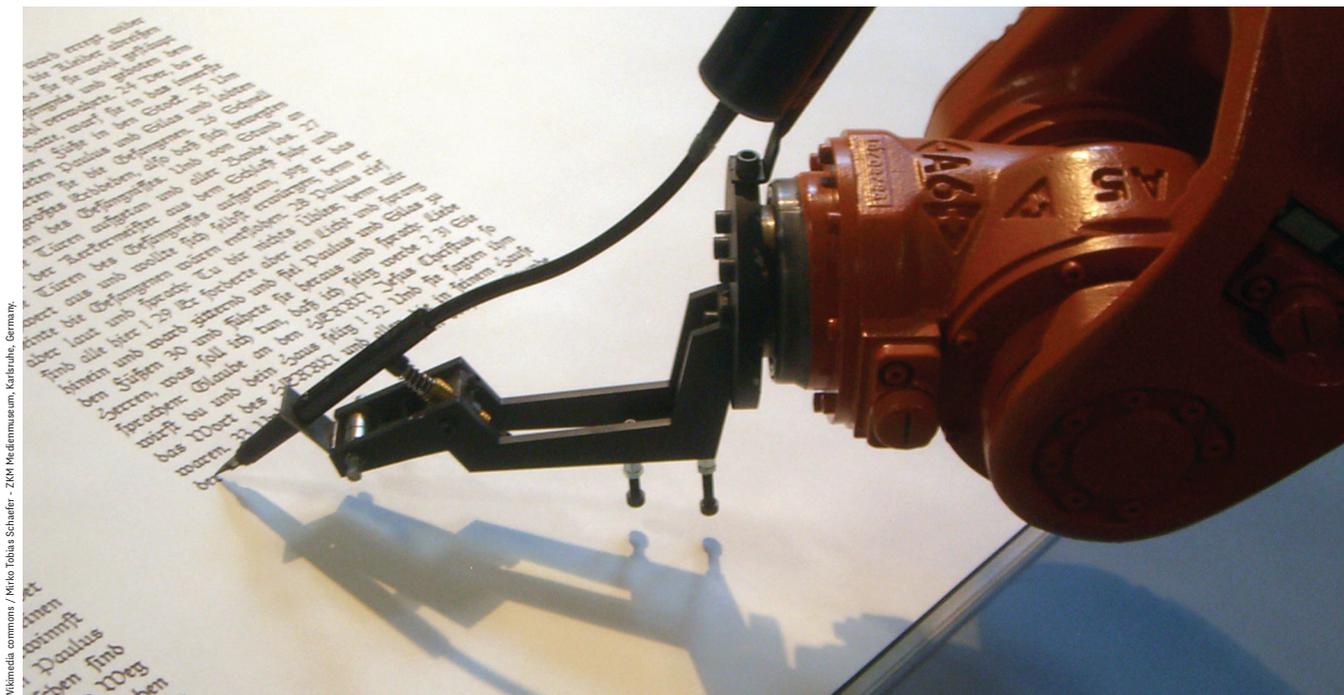
un nombre trop faible d'items, la chance de produire des « faux positifs » devient très grande. Un seul chat à chercher dans un lot de milliers de tigres ne permettra pas d'obtenir des résultats statistiquement probants. Que dire alors de l'usage des algorithmes, de la reconnaissance faciale ou de l'interprétation des gestes dans la rue pour « trouver des terroristes »... Les terroristes sont très peu nombreux dans la population et les faux positifs seront d'autant plus importants³.

On peut appliquer ce modèle d'auto-apprentissage à la recommandation culturelle, avec le danger de toujours trouver des résultats positifs qui nous enferment dans ce que nous connaissons déjà ou dans ce qui est le plus vu. Prenons l'exemple de l'algorithme de recommandation de Netflix. Il est déterminant pour le succès de ce site : en observant les pratiques des usagers, les ingénieurs de Netflix ont estimé que si celui-ci ne trouvait pas un nouveau film à voir dans les soixante à quatre-vingt-dix secondes, il quittait son écran pour faire autre chose⁴. Il faut donc qu'au moins un film présenté dans la liste des choix « conseillés et personnalisés » vous accroche. Les critères de choix dépendent de votre culture, mais aussi de votre humeur, de l'heure de la journée, de ce que vous avez déjà vu, des articles que vous avez pu lire dans les rubriques « Cinéma »...

En faisant analyser les films par plusieurs centaines de personnes, selon des questionnaires très travaillés, et en utilisant un classifieur, Netflix a pu définir 76 897

³ Faiza Patel, « Extreme Vetting by Algorithm », *Just Security*, 20 novembre 2017. <https://www.justsecurity.org/47239/extreme-vetting-algorithm/>

⁴ Hubert Guillaud, « "Tout est recommandation" : comment Netflix s'est transformé », *InternetActu*, 25 octobre 2017. <http://www.internetactu.net/2017/10/25/tout-est-recommandation-comment-netflix-sest-transforme/>



Wikimedia commons / Mirko Tobias Schaefer - ZKM Mediamuseum, Karlsruhe, Germany.

catégories⁵, soit un nombre bien plus grand que celui que peuvent imaginer les professionnels de la critique de cinéma. Il s'agit ensuite de comparer les pratiques de l'utilisateur avec celles des autres pour lui suggérer des films au sein de ces micro-catégories. Mais bien évidemment, plusieurs critères entrent en jeu, donc plusieurs algorithmes qui vont collaborer pour définir la probabilité pour que tel ou tel film donne envie d'enclencher une nouvelle session.

Certains critères viennent des traces et habitudes de l'utilisateur (ce que l'on nomme la « personnalisation », même si le terme est bien exagéré⁶) ; d'autres des tendances du moment, de l'impact des films tête d'affiche... et aussi, bien-sûr, de l'auto-promotion de Netflix concernant ses propres productions. Des productions qui auront également été fabriquées en suivant les recommandations d'un

algorithme qui analyse les succès de tel acteur, ou de tel scénario⁷. « *Orange is the new black* » a ainsi été écrit en tenant compte du succès des films de prison, de ceux qui ont un personnage féminin charismatique et des comédies noires⁸.

C'est le même processus qui permet à Facebook de créer des catégories d'utilisateurs que le site va ensuite proposer aux publicitaires. Quitte à enfreindre la loi en permettant des annonces de logements ciblant des catégories ethniques⁹, ou de permettre des publicités envoyées uniquement à ceux qui haïssent les Juifs¹⁰.

TRADUCTION AUTOMATIQUE SANS DICTIONNAIRE

Ce processus d'auto-classification par des algorithmes « apprenants » a aussi des côtés extrêmement positifs quand ceux-ci sont utilisés en dehors de la pression commerciale. Ainsi, la traduction automatique est grandement améliorée par des modèles sans dictionnaire : les proximités de mots d'une langue permettent de construire des classifications... que l'on devrait *a priori* retrouver dans d'autres langues. Cela permet d'établir automatiquement des correspondances. Le jeu des traductions dans les deux sens que peuvent mener très rapidement des algorithmes permet également de consolider les traductions des phrases : en retraduisant le résultat vers la langue originale et en comparant avec la phrase soumise, l'algorithme peut s'auto-évaluer et améliorer sa traduction¹¹. C'est aussi sur ces processus qui mêlent le calcul intensif et l'auto-apprentissage que *Google Deep Mind* a pu apprendre le jeu de Go et battre les champions mondiaux.

⁵ Alexis Madrigal, « How Netflix Reverse Engineered Hollywood », *The Atlantic*, 2 janvier 2014. <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2014/01/how-netflix-reverse-engineered-hollywood/282679/>

⁶ Hubert Guillaud, « La personnalisation : un mythe ? », *Internet Actus*, 11 novembre 2017. <http://internetactu.blog.lemonde.fr/2017/11/11/la-personnalisation-un-mythe/>

⁷ Robin Boudier, « Chez Disney, c'est une IA qui détermine quelles histoires vont marcher », *ActuaLitté*, 22 août 2017. <https://www.actualitte.com/article/monde-edition/chez-disney-c-est-une-ia-qui-determine-queelles-histoires-vont-marcher/84435>

⁸ Olivier Dumons, « L'algorithme de Netflix, un cerveau à la place du cœur », *Le Monde*, 12 septembre 2014. http://www.lemonde.fr/television-radio/article/2014/09/12/l-algorithme-de-netflix-un-cerveau-a-la-place-du-c-ur_4486880_1655027.html

⁹ Julia Angwin et Terry Parris Jr., « Facebook Lets Advertisers Exclude Users by Race », *Propublica*, 28 octobre 2016. <https://www.propublica.org/article/facebook-lets-advertisers-exclude-users-by-race>

¹⁰ Julia Angwin, Madeleine Varner et Ariana Tobin, « Facebook Enabled Advertisers to Reach 'Jew Haters' », *Propublica*, 14 septembre 2017. <https://www.propublica.org/article/facebook-enabled-advertisers-to-reach-jew-haters>

¹¹ « Artificial Intelligence Can Translate Languages Without a Dictionary », *MIT Technology Review*, 29 novembre 2017. <https://www.technologyreview.com/the-download/609595/artificial-intelligence-can-translate-languages-without-a-dictionary/>

Le *chatbot* (robot conversationnel) Tay, que Microsoft a lancé sur le réseau Twitter pour apprendre des interactions avec les autres usagers a ainsi, en moins d'une journée, été « éduqué » par des acteurs malins et déterminés pour devenir un robot raciste, fasciste et sexiste*. Ses concepteurs ont dû le débrancher en moins de vingt-quatre heures. De petits groupes, au départ pour s'amuser, ont appris à manipuler les algorithmes des plateformes... et on a pu en voir le résultat déplorable lors des élections de 2016 aux États-Unis.

* Olivier Ertzscheid, « Algo racistes et IA fascistes », *L'appétit des géants : pouvoir des algorithmes, ambitions des plateformes*, C&F éditions, 2017, p. 307-321.

Un problème éthique lié aux algorithmes « auto-apprenants » est qu'ils ne savent pas expliquer les raisons de leur choix. Il est donc difficile de les évaluer. On a pu remarquer combien les algorithmes étaient sensibles à des variations très faibles dans les lots d'exemples, ce qui est particulièrement dangereux : il suffit souvent qu'un petit groupe déterminé fasse croire à un algorithme certaines proximités pour que des fausses nouvelles soient promues auprès de nombreux lecteurs des médias sociaux.

Les concepteurs d'intelligences artificielles travaillent souvent dans un monde fermé, bien-pensant et se comportant correctement. La vérité des discours est prise comme base de l'apprentissage. Or, dans le monde réel, pour des raisons les plus diverses, allant des penchants personnels jusqu'aux objectifs de manipulations économiques, politiques ou géostratégiques, les gens apprennent

à faire le *reverse engineering* des algorithmes et à s'en servir pour promouvoir leurs produits, leurs idées, ou simplement organiser le chaos¹².

LE MODÈLE DES « TROIS LOIS DE LA ROBOTIQUE »

Si l'on peut considérer de nombreux usages positifs des algorithmes auto-apprenants, il convient de toujours les utiliser comme des aides à la décision humaine. Or la tendance est plutôt à suivre aveuglément les recommandations des algorithmes, voire à les laisser aux commandes, au sens propre quand il s'agit des voitures autonomes. Certes, des algorithmes de classification sont des plus utiles pour faire face à la multiplication des informations. Mais il importe que la décision soit ensuite humaine, et puisse être audité. C'est le sens, par exemple, de l'appel des scientifiques à interdire les robots tueurs autonomes¹³. Reprenant le modèle des « trois lois de la robotique » des romans de science-fiction d'Isaac Asimov, le chercheur en intelligence artificielle Oren Etzioni¹⁴ suggère d'imposer trois règles aux producteurs d'IA : le propriétaire est responsable des actes de l'IA ; une

IA et un robot doivent s'annoncer comme tels ; une IA ne peut partager des informations qu'avec l'accord de son propriétaire. On en est loin.

Même s'il peut paraître dérisoire face aux enjeux économiques, politiques et militaires qui président au développement des algorithmes auto-apprenants, ce type de réflexion est devenu indispensable pour les chercheurs du monde entier. Car les cas de conscience sont bien présents. Dans son exposé lors d'une conférence TED¹⁵, au titre qui résume pleinement la situation, « *Nous sommes en train de construire une dystopie simplement pour faire cliquer les gens sur des publicités* », explique Zeynep Tufekci¹⁶, « *et si le système que nous ne comprenons pas déterminait qu'il est plus simple de vendre des billets pour Las Vegas aux gens bipolaires qui sont sur le point d'entrer dans la phase maniaque. De telles personnes ont tendance à dépenser et parier de façon compulsive... Une fois, j'ai donné cet exemple à quelques informaticiens et après, l'un d'eux est venu me voir. Il était préoccupé : "C'est pour ça que je n'ai pas pu le publier". J'ai dit : "Publier quoi ?" Il avait essayé de voir s'il l'on pouvait détecter le début d'une manie d'après les posts sur les réseaux sociaux avant les symptômes cliniques et ça avait fonctionné, ça avait très bien fonctionné, et il n'avait aucune idée de comment ça marchait ou ce que ça détectait.* »

Article sous licence Creative Commons - by

¹² Danah Boyd, « Hacking the Attention Economy », *Points*, 5 janvier 2017. <https://points.datasociety.net/hacking-the-attention-economy-9fa1daca7a37>

¹³ Erwan Cario, « Robots tueurs : soudés pour dessouder », *Libération*, 24 août 2017. http://www.liberation.fr/futurs/2017/08/24/robots-tueurs-soudes-pour-dessouder_1591778

¹⁴ Oren Etzioni, « How to Regulate Artificial Intelligence », *The New York Times*, 1 septembre 2017. <https://www.nytimes.com/2017/09/01/opinion/artificial-intelligence-regulations-rules.html>

¹⁵ Note VRS. TED : Technology, Entertainment, Design. Voir : <https://www.ted.com/about/conferences>

¹⁶ Zeynep Tufekci, « We're building a dystopia just to make people click on ads », TED Conférence, septembre 2017. https://www.ted.com/talks/zeynep_tufekci_we_re_building_a_dystopia_just_to_make_people_click_on_ads/transcript



Pour en savoir plus...

En communs, une introduction aux communs de la connaissance par Hervé Le Crosnier.
La tête dans la toile, chroniques par Xavier de La Porte.
Surveillance:// Les libertés au défi du numérique : comprendre et agir par Tristan Nitot.
L'appétit des géants. Pouvoirs des algorithmes, ambitions des plateformes par Olivier Ertzscheid.
 Bundle Blogollection – C&F Editions - <https://cfeditions.com/blogollection2017/>

De la science-fiction à la science : le mythe de la singularité selon Jean-Gabriel Ganascia

Que les développements de la science inspirent la science-fiction n'a rien de nouveau. L'imaginaire que véhicule l'idée d'une intelligence artificielle s'épanouit depuis plus d'un demi-siècle, navigant au gré des innovations introduites par les technologies de l'information et des transformations qu'elles mettent en œuvre dans la science comme dans la vie quotidienne. Certains scientifiques eux-mêmes adhèrent aujourd'hui à l'idée d'un « événement brutal, imminent, majeur et pourtant inéluctable qui va, paraît-il, bouleverser le mode d'existence de l'homme du fait du développement incontrôlable des technologies contemporaines, en particulier, des technologies de l'information et de l'intelligence artificielle » écrit le chercheur en intelligence artificielle, Jean-Gabriel Ganascia¹, dans son ouvrage *Le mythe de la singularité* où il examine ce passage de la science-fiction à la science, porté par des scientifiques.

Laurence Favier

Membre de la Commission administrative du SNESUP

Toutes les théories prophétiques sur les transformations majeures et irréversibles auxquelles nous conduirait inévitablement les progrès des technologies de l'information décrivent l'acmé de ce mouvement évolutif par le concept de « singularité » emprunté aux mathématiques pour décrire des changements soudains (points de rupture, de rebroussement ou bifurcations). Indissociable de cette « singularité », la loi de Moore est invoquée pour rendre compte de la croissance exponentielle des technologies de l'information : « doublement des performances, de la rapidité ou de la capacité de stockage d'information à un rythme équivalent, diminution des coûts dans les mêmes proportions ». D'où la question : que

seront les machines qui résultent de ce mouvement de progression constante ? Si cette loi a une utilité pour prévoir les investissements informatiques à court terme, elle ne peut être généralisée selon Jean-Gabriel Ganascia.

Penser l'évolution de la technologie sur le mode de celui du cours de la nature, comme si l'induction par laquelle on déduit que le soleil se lèvera demain pouvait être applicable au rythme des inventions techniques, se heurte aux discontinuités que supposent même l'idée de singularité : « la légitimité de la loi de Moore qui repose sur un axiome de régularité est contredite par l'idée même de singularité qui découle de la perpétuation de cette même loi ». S'il y a régularité, comment peut-il y avoir rupture et bouleversement ?

Jean-Gabriel Ganascia est professeur d'informatique à l'Université Pierre et Marie Curie, chercheur en intelligence artificielle au Laboratoire Informatique de Paris 6 (LIP6), président du comité d'éthique du CNRS.

Outre ces objections d'ordre logique, d'autres arguments viennent remettre en cause la validité indéfinie de cette loi. Le premier est celui des barrières physiques dont le traitement de l'information ne peut s'affranchir (barrières spatio-temporelles, quantiques et thermodynamiques) auquel s'ajoute celui des limites des techniques actuelles reposant sur le silicium et les semi-conducteurs pour fabriquer des processeurs. Or, les matériaux nouveaux qui permettraient d'envisager de pousser plus loin

¹ Le mythe de la singularité. Faut-il craindre l'intelligence artificielle ? (éd. Seuil, 2017).

Pour une intelligence artificielle maîtrisée, utile et démystifiée¹

La rupture dite de la « singularité technologique » appelée aussi simplement singularité², est le nom que des écrivains et des chercheurs en intelligence artificielle ont donné au passage de l'intelligence artificielle (IA) faible à l'IA forte³. La singularité représente un tournant hypothétique supérieur dans l'évolution technologique, dont l'intelligence artificielle serait le ressort principal. (L'écrivain de science-fiction américain) Vernor Vinge a rédigé un essai remarqué à ce sujet en 1993⁴.

De nombreuses œuvres de science-fiction ont décrit ce tournant, qui a été une source d'inspiration très riche pour le cinéma. Les films *Terminator*, *Matrix*, *Transcendance* sont des exemples de la « singularité technologique », qui est donc bien plus qu'une simple **hostilité de l'intelligence artificielle**, également souvent au cœur de l'intrigue des œuvres de science-fiction.

Les progrès en matière d'intelligence artificielle, en particulier avec le *deep learning*, sont parfois interprétés comme de « bons » augures de la « singularité » mais rien ne permet de garantir la capacité à créer, au cours des prochaines décennies, une super-intelligence dépassant l'ensemble des capacités humaines. Par exemple, en s'appuyant sur la loi de Moore, (le chercheur et futurologue américain) **Ray Kurzweil** prédit que les machines rivalisant avec l'intelligence humaine arriveront **d'ici à 2020** et qu'elles le **dépasseront en 2045⁵**. D'après Raja Chatila, directeur de l'Institut des systèmes intelligents et de robotiques, Isir (UMR UPMC/CNRS/INSERM), nous en sommes, aujourd'hui, encore loin car « *pour être intelligente comme un humain, une machine devra d'abord avoir la perception d'elle-même, ressentir son environnement, traiter des informations à flux continu et en tirer du sens pour ensuite agir (...)* Ce n'est pas la technique qui fait défaut à la machine, mais le sens de ses actions, et l'intégration de la notion de concept ».

¹ Extrait du rapport d'information n° 464 (2016-2017) de M. Claude De Ganay, député et Mme Dominique Gillot, sénatrice, fait au nom de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, déposé le 15 mars 2017, p.195-196. http://www.senat.fr/rap/r16-464-1/r16-464-1_mono.html

² En gras dans le rapport.

³ Dès 1965, (le statisticien britannique) Irving John Good a décrit, en précurseur, la singularité, mais sans la nommer, et ce de la manière suivante : « *Mettons qu'une machine supra-intelligente soit une machine capable dans tous les domaines d'activités intellectuelles de grandement surpasser un humain, aussi brillant soit-il. Comme la conception de telles machines est l'une de ces activités intellectuelles, une machine supra-intelligente pourrait concevoir des machines encore meilleures ; il y aurait alors sans conteste une explosion d'intelligence, et l'intelligence humaine serait très vite dépassée. Ainsi, l'invention de la première machine supra-intelligente est la dernière invention que l'homme ait besoin de réaliser.* » (L'écrivain de science-fiction américain) Vernor Vinge a commencé à parler de la singularité dans les années 1980 et a formulé ses idées dans un premier article paru en 1993 intitulé Technological Singularity. Il y posait l'hypothèse que dans un délai de trente ans, l'humanité aurait les moyens de créer une intelligence surhumaine mettant un terme à l'ère humaine.

⁴ Vernor Vinge, *The Coming Technological Singularity*.

⁵ Les prédictions du futurologue peuvent être rappelées. Les ordinateurs atteindront une capacité de traitement comparable au cerveau humain en 2020. En 2022, les États-Unis et l'Europe adopteront des lois réglementant les relations entre les humains et le robot, l'activité des robots, leurs droits, leurs devoirs et autres restrictions seront fixés. En 2031, l'impression des organes humains par des imprimantes 3D sera possible. La circulation de véhicules autonomes sur les routes devient la norme en 2033. Immortalité de l'homme en 2042 et, enfin, la singularité en 2045

la miniaturisation conduiraient nécessairement à un changement de paradigme – au sens proposé par l'historien des sciences américain Thomas Khun –, c'est-à-dire à une façon radicalement autre de concevoir des processeurs. Par ailleurs, l'idée même d'une évolution exponentielle parvenant à une rupture majeure se heurte aussi à l'observation de celle du monde, telle que nous la comprenons par

la paléontologie, où disparition et extinction d'espèces concomitantes de changement dans les écosystèmes donnent une place à la contingence qui ne ressemble pas à une « *progression vers un idéal de perfection* ».

De plus, le mythe de la singularité repose sur une conception simplifiée de l'intelligence selon laquelle celle-ci serait un ensemble

de fonctions élémentaires reproductibles par un ordinateur : ses moteurs se résumeraient à une puissance de calcul et une capacité de stockage. Cette simplification contredit la connaissance que nous avons de la mobilisation du nombre de processus cognitifs mis en jeu pour rendre possibles des activités telles que le calcul ou la lecture.

L'AUTONOMIE DES MACHINES

Le sens de ce progrès indéfini pensé selon la loi de Moore, c'est l'autonomie des machines. Depuis Turing on pense que cette autonomie pourrait être acquise par la capacité des machines à apprendre. L'apprentissage automatique vise à « *doter les machines d'une capacité à construire d'elles-mêmes des connaissances et à les utiliser pour se reconfigurer en réécrivant leurs propres programmes. Il en résulte un accroissement impressionnant de leurs performances dont nous tirons les bénéfices dans beaucoup de nos activités quotidiennes (...)* ». Différentes approches ont été explorées avec succès. L'apprentissage automatique couplé aujourd'hui

à la masse de données disponibles (*Big Data*) rend possible cet accroissement des performances dont témoignent le logiciel de reconnaissance vocale Siri d'Apple, la voiture autonome de Google, le succès du programme d'AlphaGo qui a gagné au jeu de Go contre l'un des meilleurs joueurs du monde. Doit-on en déduire que les ordinateurs se passeront bientôt de nous pour agir ?

Démythifier l'intelligence artificielle et ses prédictions apocalyptiques

Invité d'Antoine Garapon dans l'émission de France Culture les Discussions du soir, Jean-Gabriel Ganascia évoque son essai sur l'intelligence artificielle, dans lequel il traque les vieux mythes que cette « science » réactive, comme celui de la gnose ou de la fameuse « pseudomorphose » qui fut mobilisée par Oswald Spengler. Il s'interroge sur les scrupules éthiques des géants du net, qui semblent à la fois pompiers et pyromanes, et en agitant des peurs qui nous masquent les vrais dangers...

<https://www.franceculture.fr/emissions/les-discussions-du-soir/demythifier-lintelligence-artificielle-et-ses-predictions>

Pour JG Ganascia, cette possibilité est le signe d'un dérapage risqué autant que d'un progrès car « *les ordinateurs se reprogrammant d'eux-mêmes, sans qu'aucun être humain n'ait ni rédigé, ni relu, ni a fortiori vérifié les programmes qui les animent* ». Dès lors, le comportement de ces machines devient de plus en plus difficile à anticiper et « *cette imprévisibilité apparaît neuve, parce qu'elle ne tient pas uniquement à la difficulté que nous avons de prévoir les réactions des machines dans la précipitation de l'action, du fait de*

leur rapidité, mais au caractère inédit de leurs comportements qui découlent de l'exécution de programmes construits sur des données qu'aucun homme n'a jamais examinées ». L'inquiétude des lettres ouvertes publiées en 2015² par les chercheurs en intelligence artificielle est donc justifiée.

AGIR PLUTÔT QUE DE FERMER LES YEUX

Mais outre les risques, JG Ganascia conteste la possibilité même d'ordinateurs pouvant se perfectionner indéfiniment jusqu'à se passer des hommes et acquérir, voire outrepasser, leur autonomie. Les machines ne parviennent pas à modifier d'elles-mêmes le langage dans lequel s'expriment les observations qui alimentent leurs mécanismes d'apprentissage. En d'autres termes, elles ne peuvent être inventives et la performance étonnante des applications issues des algorithmes d'apprentissage sur de grandes masses de données ne tient pas à leur créativité.

² <https://futureoflife.org/ai-open-letter/> et <https://futureoflife.org/open-letter-autonomous-weapons/>

Cette « *fable extravagante* » construite par le récit de la singularité est pour l'auteur un « *détournement d'attention* ». L'enjeu pour les acteurs industriels majeurs des hautes technologies n'est pas seulement économique : « il est aussi, et même avant tout, politique ». Ces acteurs défient les Etats constitués : « *les attributions traditionnelles des Etats s'amenuisent, grignotées chaque jour davantage par l'appétit de grands groupes industriels, sans que personne ne s'y oppose* ». C'est finalement un appel à l'action que revendique l'auteur du *Mythe de la singularité* : agissons plutôt que de fermer les yeux. Agir, cela veut dire ne pas se laisser déposséder de notre capacité d'action politique, celle de construire par nos choix la société que nous voulons, celle de défendre l'intérêt général contre celui de quelques-uns, de moins en moins nombreux, qui décideraient pour nous. L'évolution technologique participe donc à sa manière à la construction de rapports de force de plus en plus inégalitaires, sauf si nous nous en saisissons comme d'un instrument au service de tous, comme l'ont rappelé les deux lettres ouvertes de 2015 (op.cit.).



Rapports institutionnels sur l'intelligence artificielle : extraits

Les rapports se succèdent sur le « pouvoir des algorithmes » et sur l'« intelligence artificielle » afin d'appréhender à la fois l'enjeu économique que constituent les innovations qu'elle rend possible, les conséquences sur l'emploi et l'éducation qui en résultent, ou en résulteront, et les problèmes éthiques qu'ils génèrent. Quelques extraits.

Une stratégie pour la France en matière d'intelligence artificielle¹

L'IA suscite autant d'espairs que d'inquiétudes sur les plans technique, économique et social. Elle met en exergue des questions lourdes auxquelles les réponses ne pourront être apportées que dans le cadre d'un débat de société éclairé. C'est précisément à ce titre que le regard porté par la recherche en sciences humaines et sociales sur l'IA constituera un apport essentiel. Au-delà des synergies entre sciences de l'information et sciences de l'humain très fertiles pour la conception et la réalisation des outils à venir, les recherches en sciences humaines permettent d'introduire un recul et une démarche d'analyse scientifique sur des transformations dont l'issue reste une grande inconnue. (...)

En France, depuis plusieurs mois, de nombreux acteurs, des groupes de réflexion et des institutions se sont emparés des enjeux de l'IA.

De nombreux documents ou autres initiatives en résultent : un colloque de l'Académie des Sciences a été organisé, plusieurs pôles de compétitivité ont publié des rapports ; Inria² a proposé son livre blanc ; le rapport de l'Institut Mines-Telecom aborde les différentes formes d'intelligence artificielle dans une publication récente ; de très nombreuses soirées thématiques sont organisées dans divers lieux d'innovation ; les groupes d'échanges comme Paris AI accueillent de

plus en plus de membres ; le fonds ISAI a lancé l'initiative « *France is AI*³ » et a proposé une cartographie interactive des *startups* en IA ; un colloque de la Commission supérieure du numérique et des postes a été organisé le 14 février à l'Assemblée nationale ; un rapport de l'OPECST sur l'intelligence artificielle doit paraître incessamment ; le CNRS met en place un nouveau Groupe de recherche en intelligence artificielle présidé par le professeur Sébastien Konieczny ; plusieurs ouvrages de référence

sont parus récemment⁴ ; le festival Futur en Seine 2017 aura pour thème l'IA, tout comme l'événement Vivatech, etc. (...)

L'intelligence artificielle est un sujet où la recherche est extrêmement fertile en France. (...) La France dispose de chercheurs au meilleur niveau international dans tous les sous-domaines de l'IA. Elle se distingue ainsi des pays dotés d'une recherche de haut niveau mais limitée à certains aspects de l'intelligence artificielle seulement. Notre écosystème de recherche présente cependant quelques fragilités. Tout d'abord, il n'y a pas, dans la recherche amont, une véritable présence des grands groupes industriels français ; cette recherche reste financée pour l'essentiel par des fonds publics. Par ailleurs, le foisonnement des thématiques d'intelligence artificielle se traduit par un grand nombre de communautés, souvent très autonomes ; ceci est également observé dans tous les pays actifs sur le front de la recherche en intelligence artificielle. Or, c'est aux interfaces de ces thématiques et dans l'intégra-



¹ Rapport Stratégie France I.A., pour le développement des technologies d'intelligence artificielle, 22 mars 2017 <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid114739/rapport-strategie-france-i.a.-pour-le-developpement-des-technologies-d-intelligence-artificielle.html>

² Intelligence Artificielle, les défis actuels et l'action d'Inria <https://www.inria.fr/actualite/actualites-inria/livre-blanc-sur-l-intelligence-artificielle>

³ Cf. franceisai.com

⁴ *Le Mythe de la Singularité* de Jean-Gabriel Ganascia, Ed. du Seuil, Paris, 2017 ; *Des Robots et des Hommes*, de Laurence Devillers, Ed. Plon, Paris, 2017 ; *Big Brother is driving you*, de Hugues Bersini, Ed ANB, ou encore un livre plus général intitulé *Le temps des Algorithmes* de Gilles Dowek et Serge Abitbol paru aux Ed. Le Pommier.

Pour une intelligence artificielle utile, maîtrisée et partagée

- Moins de 10 % des emplois existants présentent un cumul de vulnérabilités susceptibles de menacer leur existence dans un contexte de numérisation et d'automatisation ;
- la moitié des emplois existants est susceptible d'évoluer dans leur contenu de manière significative ou très importante ;
- le progrès technologique devrait continuer à favoriser plutôt l'emploi qualifié et très qualifié.

Des emplois très qualifiés, du type statisticiens, analystes et conseillers financiers ou bancaires, médecins, notamment radiologues, etc. sont d'ores et déjà impactés par le recours à des applications intelligentes, agiles, interconnectées et ultra rapides. Il en va de même pour les métiers recourant à des techniques de simulation ou de projection dans les domaines de l'environnement, de l'urbanisme, de la gestion des flux, des transports et, d'une manière générale, de tous les systèmes complexes. (...)

La robotisation pousse les travailleurs vers des métiers de plus en plus intéressants, dès lors que des emplois nouveaux apparaissent (...). Il est donc indispensable et urgent d'adapter le système éducatif à ces nouveaux métiers et de développer une offre de formation professionnelle adéquate, afin de garantir aux travailleurs la souplesse de reconversion dont ils ont besoin. (...)

Il convient d'anticiper les problèmes posés par l'intelligence artificielle et d'accompagner ses usages d'une réflexion éthique. (...) Le rôle de la CERNA² en matière de réflexion éthique sur le numérique est remis en perspective avec les nouvelles missions dévolues à la CNIL, après la loi du 7 octobre 2016 pour une République numérique³.

¹ Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), mars 2017.
Accessible sur : http://www.senat.fr/rap/r16-464-1/r16-464-1_mono.html

² Commission de réflexion sur l'éthique de la recherche en sciences et technologies du numérique de l'Alliance des sciences et technologies du numérique-Allistene (CERNA).
<https://www.allistene.fr/cerna-2/>

³ Loi n° 2016-1321 du 7 octobre 2016 pour une République numérique.

tion de techniques qui en sont issues que le potentiel de progrès semble aujourd'hui le plus important. (...)

Dans l'ensemble, la qualité de la formation initiale en intelligence artificielle en France, au niveau master, semble répondre aux attentes des entreprises au regard du niveau d'expertise atteint. Cependant, le vivier ainsi formé suffit à peine à combler les besoins des *start-ups* et des grands groupes actifs dans le domaine. Ce déficit s'explique aussi par un mouvement significatif de départs à l'étranger (notamment vers les États-Unis) des jeunes ingénieurs et chercheurs, qui, pour être endigué, doit nous amener à renforcer toujours plus l'attractivité de l'écosystème français.

De plus, plusieurs points d'attention relatifs à l'offre de formation globale en IA en France peuvent être relevés :

- les formations existantes sont encore morcelées thématiquement et géographiquement, avec une concentration de l'offre en Île-de-France ;
- l'offre de formation croisant IA et Sciences humaines et

sociales (SHS) est encore embryonnaire : si la formation d'un grand nombre de spécialistes des SHS et de l'IA ne semble pas prioritaire pour les entreprises à ce stade, il apparaît indispensable de sensibiliser massivement les futurs ingénieurs et décideurs aux questions des SHS entourant l'IA ;

- en matière de formation continue, l'offre nationale est encore peu fournie : des offres de formations internes et diplômantes ont été développées avec succès dans des domaines connexes à l'IA (comme le Master spécialisé *Big Data* de Telecom Paris Tech) mais les modules spécifiques sur l'IA sont rares ;

- la standardisation des contenus pédagogiques est complexe en raison du décalage entre le rythme imposé par l'innovation technologique et celui, plus lent, de l'évolution du système de formation continue : les référentiels de compétences associés aux certifications professionnelles enregistrées au Répertoire national des certifications professionnelles sont ainsi figés sur plusieurs années ;

- certains moyens de formation sont insuffisamment développés : accès à des bases de données, accès aux moyens de calcul, tutoriels en ligne, etc. ;

- l'investissement dans la production de contenus pédagogiques innovants, *a fortiori* en IA, est peu valorisé dans la carrière des enseignants-chercheurs ;

- le vivier de formateurs (enseignants) en IA peine à se développer et à se maintenir.

Enseignants et chercheurs au temps des algorithmes

Les deux auteurs du *Temps des algorithmes*¹ esquissent le paysage de l'enseignement supérieur et de la recherche en voie de transformation par le pouvoir des algorithmes. Optimistes sur les enjeux de cette transformation, ils soulignent quelques points essentiels liés à la simulation numérique et l'analyse de données massives dont : la résolution de problèmes trop complexes pour que nous sachions les résoudre avec une théorie à taille humaine, le rapprochement des sciences dites « exactes » et des humanités en raison de l'utilisation d'outils communs et la participation à une « science ouverte ».

Serge Abiteboul

Chercheur INRIA et à l'École normale supérieure de Paris²

Gilles Dowek

Chercheur INRIA et professeur à l'École normale supérieure de Paris Saclay

L'informatique transforme tous les métiers. Certains disparaissent complètement, tel le métier d'opérateur télégraphiste, d'autres sont réinventés, tel le métier de facteur que le courrier électronique fait disparaître mais que le commerce en ligne réinvente car il y a davantage de colis à distribuer. Les métiers de médecin, d'avocat, d'ingénieur, etc. sont profondément transformés par l'informatique et il n'y a aucune raison pour que les métiers d'enseignant et de chercheur fassent exception. Analyser les transformations possibles de notre métier est sans doute le meilleur moyen de nous y préparer – en les anticipant plutôt qu'en tentant d'y résister – et d'en tirer le meilleur parti, sans nous acharner à vivre dans le passé.

Le métier d'enseignant-chercheur est très varié et ses différentes facettes sont diversement affectées par le numérique. Une première mission des enseignants-chercheurs est de faire cours dans un

amphithéâtre face à un auditoire parfois attentif et silencieux mais le plus souvent passif. Nos cours en chaire évoluent souvent peu d'une année à l'autre et nous en donnons souvent de très semblables à ceux de nos collègues. Les caméras numériques qui permettent de filmer ces cours, les réseaux par lesquels ces vidéos s'échangent et les ordinateurs grâce auxquels les étudiants peuvent les visionner à l'heure de leur choix et au rythme qui leur convient, questionnent cet aspect de notre métier. Nous ne voyons pas pourquoi les étudiants continueraient à se déplacer pour nous voir en chair et en os, alors qu'ils peuvent voir nos cours, ou d'autres qui sont meilleurs, depuis chez eux. À l'inverse, pour le petit nombre de cours que nous aimons vraiment faire et qui donnent lieu à des idées pédagogiques innovantes, nous avons la possibilité de nous adresser à un auditoire beaucoup plus vaste que les seuls étudiants de notre université.

ENSEIGNER AUTREMENT

Une autre de nos missions est d'enseigner à de petits groupes d'étudiants que nous connaissons

individuellement. Ici, les ordinateurs et les algorithmes sont d'une utilité moindre, car, en faisant passer un étudiant au tableau, en essayant de comprendre ce qu'il ne comprend pas, en personnalisant notre explication, nous faisons un travail difficile à remplacer par un algorithme. Nous pouvons cependant utiliser des algorithmes dans ce type d'activités. Des expériences menées dans plusieurs écoles primaires de Bordeaux ont montré qu'au lieu de faire faire le même exercice de calcul à chaque élève – par exemple la multiplication de deux nombres de deux chiffres – un algorithme pouvait proposer aux élèves, chacun muni d'une tablette ou d'un ordinateur, des exercices adaptés à leur niveau : les élèves qui ont réussi une multiplication de deux nombres de deux chiffres se voient proposer une multiplication de deux nombres de trois chiffres, alors que ceux qui ont eu des difficultés se voient proposer une autre multiplication de la même difficulté. Ainsi est évitée l'alternance de phases où l'élève s'ennuie car les exercices sont trop faciles pour lui, et ceux où il peine car les exercices sont trop difficiles. Il n'y a aucune raison pour que nous ne sachions

¹ Serge Abiteboul et Gilles Dowek, *Le temps des algorithmes*, Éditions Le Pommier, 2017.

² Serge Abiteboul a occupé la Chaire d'informatique au Collège de France (2011-2012) et la Chaire Franqui à l'Université de Namur (2012-2013). Il a été membre du Conseil national du numérique de 2013 à 2016 (<http://abiteboul.com/>).

pas faire de même au lycée ou à l'université. Dans ces séances de travaux dirigés, l'enseignant peut être assisté par un ordinateur mais il reste présent.

Une autre de nos missions est d'encadrer les étudiants qui effectuent des travaux non dirigés, tels la préparation d'exposés, les projets de programmation, les travaux d'initiative personnelle encadrés, les mémoires de recherche, etc. Ici, les enseignants restent incontournables, car des algorithmes capables d'aider un étudiant à formuler une question de recherche, à construire le plan d'un exposé, à trouver comment attaquer un projet de programmation, sont encore du domaine de la science fiction.

Une mission dans laquelle nombre d'entre nous s'épanouissent est la correction de copies ! Les algorithmes ont beaucoup à nous apporter pour cette tâche : bien entendu pour corriger des questions à choix multiples, mais aussi pour corriger des exercices, voire des dissertations. Nous risquons cependant de nous retrouver face au même paradoxe que les chauffeurs de taxis au moment de l'arrivée du GPS dans leurs voitures. Ils se sont réjouis de ne plus avoir à apprendre par cœur toutes les rues de la ville, mais ils ont dû prendre conscience bien vite que leur connaissance des coins les plus reculés de la ville n'était plus d'aucune utilité, qu'ils étaient facilement remplaçables et, qu'à court terme, les voitures autonomes feraient disparaître leur profession. De même, nombreux sont ceux qui parmi nous se réjouiront de ne plus avoir à corriger de copies, mais ils devront prendre conscience qu'ils hériteront d'autres tâches en contrepartie et que nombre d'entre eux seront remplacés par des logiciels plutôt que par de jeunes collègues.

Peut-être la plus noble des tâches des enseignants tient à son rapport

singulier avec l'élève. Il s'agit de comprendre l'étudiant, de le soutenir psychologiquement quand il est découragé, souvent à juste titre tant l'acquisition de connaissances est une tâche difficile, de l'accompagner quand il apprend à mieux connaître ses qualités et ses défauts et à se dépasser. Cette tâche continuera à nous incomber dans les années à venir. Détachée de travaux plus répétitifs, elle prendra de plus en plus de notre temps. Plus notre enseignement sera individualisé, particulier, original, plus il perdurera. Plus il sera uniforme, répétitif et automatique, plus il sera facilement remplacé par des algorithmes.

MAÎTRISER LE MONDE NUMÉRIQUE

Nous préparons des étudiants à exercer demain des métiers différents des nôtres. Or, le monde de demain sera numérique, il l'est d'ailleurs déjà en grande partie. Dans toutes les entreprises, les employés qui ne sauront pas maîtriser ces techniques seront écartés des innovations et des promotions. C'est déjà la réalité dans les domaines les plus innovants : la conception d'une voiture, d'un train ou encore d'un avion est en grande partie une conception de logiciels ; les outils principaux des architectes, des financiers, des logisticiens, etc. sont des logiciels. La maîtrise d'outils numériques se généralise dans bien d'autres professions plus éloignées des technologies comme la presse (avec le *fact checking*), le luxe (avec la conception de nouveaux produits), ou le marketing (avec les analyses de marchés). Comme cela a été relevé dans de nombreux rapports, apprendre à maîtriser le monde numérique, notamment en apprenant les bases de l'informatique et la programmation, est devenu une nécessité dans pratiquement tous les domaines. Un enseignement moderne passe par

l'utilisation d'outils numériques, autant de déclinaisons de la pensée algorithmique.

Il nous faut également préparer nos étudiants à la rapidité des transformations de notre monde. Quand nous les formons, par exemple, au métier d'architecte, leur enseigner à dessiner un bâtiment à la main est moins essentiel que naguère, mais leur enseigner à se servir des *SketchUp* et autres *AutoCAD*³ n'est pas suffisant, car ces logiciels auront disparu demain ou n'auront plus rien à voir avec ce qu'ils sont aujourd'hui. Nous devons leur enseigner la manière de concevoir un bâtiment et de le représenter de manière numérique, indépendamment des idiosyncrasies des logiciels contemporains, ce qui peut inclure – entre autres activités – des exercices de dessin à la main ou l'utilisation de logiciels actuels. Mais notre objectif doit être de les préparer à vivre ce qu'ils vivront : des changements réguliers de logiciels, mais plus fondamentalement des transformations du rôle du logiciel dans la conception d'un bâtiment. Leurs métiers seront peut-être même appelés en partie à disparaître. Il faut les préparer à bâtir leurs projets sur les compétences acquises et à en acquérir de nouvelles.

Les contenus de nos enseignements changent sans cesse, un peu comme si un professeur de physique devait enseigner des lois de Newton dans un monde où ces lois évolueraient en permanence. C'est une des raisons pour lesquelles les études ne cessent de s'allonger. C'est une bonne nouvelle pour nous : plus les études s'allongent, plus la société a besoin d'enseignants. Mais c'est aussi une mauvaise nouvelle, car notre métier devient de plus en plus difficile.

³ *Google SketchUp* est un puissant logiciel de traitement d'images 3D. *AutoCAD* est un logiciel de dessin assisté par ordinateur (DAO). *AutoCAD Architecture* est dédié aux dessins d'architecture.



« Parfois, il arrive que nous ne sachions résoudre les équations d'une théorie que de manière numérique, comme c'est le cas pour les phénomènes de turbulence par exemple. »

SIMULATIONS NUMÉRIQUES ET DONNÉES MASSIVES

L'un des piliers de la science moderne, la méthode expérimentale, est apparue au début du XVII^{ème} siècle, notamment avec l'observation des satellites de Jupiter par Galilée grâce à sa lunette. Lavoisier, avec la chimie au XVIII^{ème} siècle, Darwin avec les sciences naturelles au XIX^{ème}, ont à leur tour bouleversé notre manière d'appréhender le monde. Nous vivons avec le numérique une nouvelle rupture épistémologique qui bouleverse nos techniques, notre conception même des sciences, nos rapports avec elles et leurs interactions avec notre monde. Le métier de chercheur se transforme par de nouvelles formes de communication (courriels, téléconférences, réseaux sociaux, etc.), par la simplification de l'écriture de textes à plusieurs, par les bases de données et l'archivage numérique, etc. Mais au-delà de cette utilisation d'outils numériques qui dépasse largement le cadre des sciences, la transformation tient surtout à l'adoption d'une manière radicalement différente de penser, la « pensée algorithmique », qui s'appuie sur deux piliers essentiels :

la simulation numérique et l'analyse de données massives.

Dans une approche scientifique classique, nous proposons une théorie et tentons de la valider ou de la réfuter par l'expérience. Si les observations réfutent la théorie, nous l'abandonnons pour une autre. Par exemple, certains résultats expérimentaux, en particulier relatifs à la vitesse constante de la lumière, ont mené Einstein à la théorie de la relativité qui redonna un nouveau cadre aux enjeux de la physique newtonienne. Mais, pour que les observations puissent réfuter la théorie, il faut savoir ce que la théorie prédit, c'est à dire qu'il faut savoir résoudre les équations de la théorie. Parfois, il arrive que nous ne sachions résoudre ces équations que de manière numérique, comme c'est le cas, par exemple, pour les phénomènes de turbulence. Si les algorithmes sont utiles, ce ne sont encore que des outils au service de la théorie.

Aujourd'hui, nombre de problèmes que nous rencontrons sont extrêmement complexes⁴. Leur complexité

tient du trop grand nombre de leurs variables, de la variété des échelles de leurs éléments, de la diversité des spécialités scientifiques mises en jeu. C'est là que le numérique entre véritablement en jeu.

Ainsi, quand nous cherchons à prévoir comment évoluera la météo dans quelques heures ou le climat dans quelques décennies, les seules théories dont nous disposons sont des « modèles », c'est-à-dire des théories formulées sous la forme d'algorithmes de grande taille : il s'agit de programmes informatiques complexes qui simulent l'atmosphère et les océans en intégrant les résultats de nombreuses théories connues, comme les équations de mécanique des fluides pour modéliser les courants des océans, les équations de la thermodynamique pour modéliser la dissipation de l'énergie en chaleur, etc. Un tel programme découpe, par exemple, l'atmosphère en un nombre impressionnant de petits volumes, et simule dans le temps les échanges de chaleur entre ces volumes.

⁴ Penser le complexe : <http://snscs.fr/VRS-no410-auteur-2017>

Un aspect passionnant de la transformation des sciences que nous vivons, c'est qu'il parvient à combler le fossé qui s'était creusé aux XIX^{ème} et XX^{ème} siècles entre sciences dites « exactes » et humanités. Dans tous les domaines scientifiques, les chercheurs peuvent utiliser des outils communs, des approches semblables et s'appuyer sur la « pensée algorithmique ». Pourquoi être surpris ? Une donnée numérique reste, quel que soit le domaine, une séquence de *bits* ; un ordinateur est une machine à tout faire ; la « pensée algorithmique » peut être mise au service de tous les champs de la connaissance.

Plus un modèle comporte de paramètres, plus il faut de données pour tenter de le valider ou de le falsifier. C'est pour cela que les chercheurs réalisent massivement des mesures dans le monde entier : température de l'air et de l'eau, vitesse du vent, composition chimique de l'air, etc. Ils utilisent, pour produire de l'information en temps réel, des stations météorologiques (fixes ou mobiles), des ballons, l'imagerie satellite, ou encore des capteurs dispersés sur de larges territoires.

L'analyse des données massives offre véritablement des possibilités d'avancées considérables dans de nombreux domaines des sciences exactes comme l'astrophysique ou la biologie. Pour ce qui est des sciences humaines et sociales, les études quantitatives et statistiques tiennent une place déterminante, ce qui n'est pas nouveau pour certaines d'entre elles, comme par exemple l'économie. Ces sciences aussi se saisissent de l'analyse de données massives pour analyser des livres, tels la Bible, des archives de textes ou encore des données géographiques. Les sociologues trouvent des mines d'information inestimables dans des sites de rencontre...

Si nous sommes à juste titre impressionnés par les flots de résultats produits par les chercheurs dans les différentes disci-

plines, devons-nous nous inquiéter des transformations de nos disciplines ?

ARISTOTE PLUTÔT QUE PLATON

Platon proposait une démarche qui partait des idées pour aller vers les expériences, alors que pour Aristote, elle devait, à l'inverse, partir des expériences pour aller vers les idées. L'analyse de données massives prend le parti d'Aristote de façon radicale. Pour cer-

tains, la recherche pourrait même se réduire à accumuler des quantités de données inouïes et à laisser les « motifs » surgir de ces données pour ensuite élaborer des hypothèses. On ne chercherait plus de causes mais des corrélations : on laisserait parler les données. Cette vision est évidemment excessive. Si le travail intellectuel du scientifique change, il reste essentiel : quelle question poser, quelles données convoquer, quels algorithmes réaliser, comment interpréter des résultats, etc.

Que nous nous appuyons sur des données récoltées ou issues de simulations, la « théorie » que nous produisons consiste en des millions de lignes de code : elle n'a pas la concision ni l'élégance d'une théorie classique. Surtout, elle s'attache finalement davantage à reproduire le phénomène qu'à l'expliquer. Nous pourrions voir là un affaiblissement de la nature même des sciences. Mais cela tient, avant tout, à la nature des phénomènes étudiés qui échappent aux tentatives explicatives traditionnelles. Une telle approche ne se substitue pas aux approches scientifiques traditionnelles mais les complète. Elle doit servir de base à l'extension de nos connaissances, au développement de théories explicatives au sens classique, appréhendables par des humains.

SCIENCE OUVERTE

L'époque actuelle est vraiment surprenante, en ce que l'on voit dans le même temps émerger des entreprises privées géantes comme Google ou Amazon, et se développer une « économie du partage » – licences *creative common*, co-voiturage, colocations, co-financements... – facilitée par les outils numériques. C'est le cas de l'encyclopédie Wikipédia accessible gratuitement par tous qui est collectivement développée par une large population d'internautes ; et c'est aussi le cas de la science ouverte.

Le but des sciences est de produire des connaissances accessibles par tous. Le numérique nous permet de produire collectivement ces connaissances : partager des hypothèses, des méthodes, des techniques ; partager des données brutes, des logiciels de calcul, d'analyse et de simulation ; partager des résultats, les analyser de manière critique, les améliorer. Rien n'oblige d'ailleurs de limiter le partage à des chercheurs « officiels ». Par exemple, dans le cadre des sciences participatives, des naturalistes débutants ou confirmés identifient les plantes qu'ils rencontrent sur le terrain et partagent leurs observations. Que des naturalistes débutants puissent participer à des projets de recherche est aussi un élément nouveau qui devrait nous aider à repenser nos méthodes d'enseignement.

Pour aller plus loin

Serge Abiteboul et Valérie Peugeot, *Terra Data, Qu'allons-nous faire des données numériques ?* Éditions Le Pommier, 2017.

Gilles Dowek, *Vivre, aimer, voter en ligne et autres chroniques numériques*, Éditions Le Pommier 2017.

Le pouvoir des algorithmes dans l'apprentissage : que peut l'« e-éducation » ?

Il ne s'agit plus seulement d'utiliser des outils numériques pour rendre accessibles autrement les contenus d'enseignement, comme si l'enjeu était seulement de moderniser l'enseignement à distance. La révolution promise par les technologies éducatives est de bouleverser la pédagogie, de transformer le rôle de l'enseignant en fournissant une aide personnalisée à l'apprenant et la construction dynamique d'une pédagogie individualisée. En même temps que le pouvoir des algorithmes dans l'enseignement, un secteur économique s'affirme entre intérêts privés et décisions politiques.

Gérard Giraudon

Directeur de recherche INRIA, directeur du centre de recherche INRIA Sophia Antipolis - Méditerranée, Président d'Educazur (<https://eudcazur.fr>)

Thierry Viéville

Directeur de recherche INRIA en neurosciences computationnelles et ex-chargé de mission national pour la médiation scientifique d'INRIA, représentant INRIA dans le projet Class'Code (<https://pixees.fr/classcode-v2/>)

Propos recueillis par Laurence Favier

L. Favier : L'introduction de l'intelligence artificielle dans l'enseignement permettrait d'envisager une aide à l'apprentissage. De quelle aide s'agit-il ?

connues, prédit ce qu'il faut proposer à l'apprenant à l'étape suivante afin d'optimiser son acquisition de compétences. C'est en cela une personnalisation de l'apprentissage¹.

G. Giraudon / T. Viéville : Assez simplement, il s'agit de proposer des éléments de formation à l'apprenant(e) en fonction de son parcours précédent, de ses réussites ou de ses difficultés. Cela est réalisé à partir, soit d'observations (des mesures sur les actions appelées encore traces), soit de raisonnements sur des connaissances explicites qui modélisent les typologies d'apprentissage et d'apprenants, soit par des classifications par apprentissage profond, ou encore par la combinaison de ces deux derniers. Un assistant numérique est un algorithme qui mesure, par exemple, des réussites à des quizz ; qui peut aller chercher par raisonnement des questions similaires avec des résultats différents pour consolider l'acquisition ; ou bien qui, en les comparant statistiquement à de grands ensembles de données

Ces méthodes d'apprentissage statistiques sont des méthodes dites de « *machine learning* » : elles se révèlent parfois efficaces sans qu'il y ait d'« intelligence » au sens humain du terme, mais avec uniquement des milliards de calculs (voir, à ce sujet, par exemple Frédéric Alexandre²).

L.F : Cela va-t-il se faire en complément ou en substitution du mode « face à face » entre des apprenants et un enseignant ?

G.G/T.V : Ni l'un ni l'autre, tout va changer : et il va se passer quelque chose de vraiment très intéressant.

¹ Voir par exemple Ikram Chraïbi Kaadoud (2016) « L'apprentissage profond : une idée à creuser ? », *Interstices*, avril 2016. Disponible sur : https://interstices.info/jcms/p_83372/l-apprentissage-profond-une-idee-a-creuser

² Frédéric Alexandre (2016) « L'intelligence artificielle débrillée », *Blog Binaire du Monde.fr*, Janvier 2016. Disponible sur : <http://binaire.blog.lemonde.fr/2016/01/29/lintelligence-artificielle-debrillee>

L.F : Quel rôle doit avoir l'enseignant selon vous dans l'e-éducation telle que vous la concevez ?

G.G/V.V : Avant l'arrivée du Web et des ressources comme Wikipédia, le rôle de l'enseignant était avant tout de transmettre des connaissances (difficilement accessibles sans lui). Désormais, il faut davantage apprendre à trouver, organiser, questionner, critiquer : bref, il faut s'approprier des connaissances accessibles.

De même, le rôle de l'enseignant va être moins de créer et de diriger des exercices que de guider l'élève dans sa pratique en se positionnant comme référent ou tuteur. Une des conséquences est la possibilité de mettre en place une pédagogie doublement différenciée. D'une part, l'algorithme d'apprentissage va s'adapter à la pratique de l'apprenant. D'autre part, l'enseignant, avec sa classe en activité, va pouvoir dégager de grandes marges de temps pour se consacrer à tel ou tel



individu, travailler avec un petit groupe, etc. (voir, par exemple, le module pédagogique de la formation Class'Code³).

L.F : L'intelligence artificielle peut-elle apporter une aide dans tous les types d'apprentissage ?

G.G/T.V : On a vu l'intérêt technique : accès à des ressources et des activités adaptées au mieux à la personne au fil de son apprentissage. Cela conduit à ce que l'apprenant devienne acteur et moteur de sa formation : on joue avec le logiciel, ce qui peut augmenter l'appétence et renforcer l'implication cognitive. On peut déployer des formations à très grandes échelles et répondre au besoin planétaire de partage d'une éducation pour toutes et tous. Mais nous pensons que cela va au-delà.

On accède plus facilement aux connaissances et à de multiples ressources de haute qualité puisque préparées pour un très grand nombre d'apprenants. Dans un contexte de parcimo-

nie des dépenses publiques, nous pensons que ce progrès doit être mis au service d'un accès de chacun à l'éducation à tous les âges. On parle donc de créer des biens communs libres et ouverts au sens des licences dites « *creative-commons* ». Il faut considérer ces nouveaux outils comme de vraies opportunités de développer, à très grande échelle, des pédagogies si efficaces et précieuses (apprendre par la pratique, développer l'esprit de recherche, travailler en mode projet) qu'elles n'étaient auparavant réservées qu'à un petit nombre (par exemple dans les écoles Montessori ou celles utilisant les techniques Freinet) à cause (en particulier) des moyens qu'elles nécessitent.

L.F : Quels retours en termes de succès et échecs avons-nous à ce jour ?

G.G/T.V : Nous pouvons citer une étude issue du travail de thèse de notre collègue Didier Roy⁴ dans laquelle il montre comment l'expérimentation dite « *kidslearn* »

a permis d'augmenter de plus de 30 % les performances d'apprentissage des enfants devant des exercices de mathématiques à l'aide d'un assistant numérique. Cet assistant numérique « trie » les exercices choisis par l'enfant en fonction de ses performances précédentes et lui propose des options adaptées, laissant le choix à sa convenance. Un point clé de son travail de recherche est qu'il se concentre en même temps sur les pédagogies émergentes : apprendre par le faire (constructivisme), la pédagogie de l'erreur (« *chouette tu as fait une erreur : cela veut dire que tu vas apprendre quelque chose de nouveau et pas seulement valider tes acquis !* »), l'apprentissage par projet (« *apprends à choisir un objectif et à mobiliser tes ressources et celles de ton environnement pour l'atteindre, moi l'enseignant je saurai te faire acquérir les compétences utiles au fil de tes besoins* »).

L.F : Quelle formation est nécessaire aux enseignants ?

G.G/T.V : Elle est double. Il faut que nos collègues professeurs s'initient à l'informatique pour comprendre et maîtriser ces ou-

³ Voir <https://classcode.fr> ou « Pourquoi mélanger informatique et littératie numérique ? » Blog Class'Code sur : <https://project.inria.fr/classcode/pourquoi-melanger-informatique-et-litteratie-numerique/>

⁴ Didier Roy, *Optimisation des parcours d'apprentissage à l'aide des technologies numériques*. Disponible sur : <https://www.theses.fr/193578875>

tils ainsi qu'en appréhender les limites. L'objectif est de ne jamais être des utilisateurs sans recul. Plus généralement, il faut que nos collègues enseignants reprennent la main sur les technologies qu'on leur achète : tel conseil général ou telle municipalité équipe un collège ou une école selon les opportunités financières ou selon l'image qu'ils veulent donner, laissant ensuite les professionnelles de l'éducation « faire avec ». Si, au contraire, ces collègues sont formés aux fondements du numérique, ils reprendront la main sur la technologie et ne s'en laisseront pas déposséder. D'autre part, il faut tout autant les aider à se former aux pédagogies rendues possibles grâce à ces nouveaux outils, comme nous l'avons évoqué⁵.

L.F : Un point clé de ces recherches est de modéliser l'apprenant afin d'adapter dynamiquement les apprentissages à son profil. En quoi consiste un modèle de l'apprenant ?

G.G/T.V : Le modèle peut être très simple ou même très faux pourvu qu'il soit efficace. Le plus surprenant est que les modèles efficaces courants sont assez abstraits : l'apprenant est vu comme une « boîte noire », un système avec des entrées et des sorties et un état interne représenté par des valeurs numériques. Le comportement de ce modèle consiste à passer d'un état à un autre selon les entrées qu'il reçoit, ceci selon une certaine probabilité. Ce qui rend ces modèles efficaces est leur grand nombre de paramètres pour s'adapter, se modeler à la personne qu'on assiste en quelque sorte. Ce qui rend ces modèles performants est leur ajustement à

partir d'un grand nombre de données (voir la thèse de Didier Roy *op.cit.*).

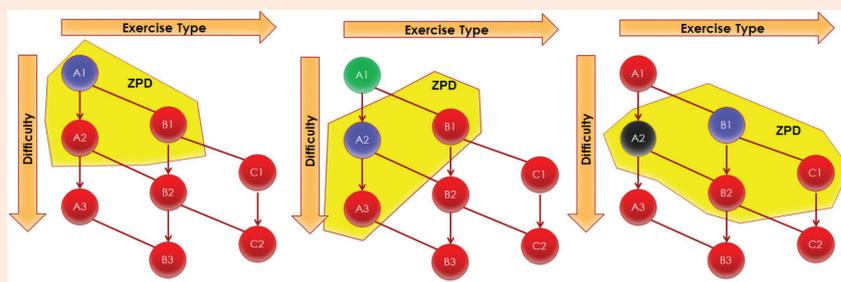
L.F : La capitalisation de données individuelles sur l'apprenant est-elle un problème éthique qui vous paraît surmontable ? Qui en aurait la responsabilité ? Comment seraient-elles gérées dans le temps ?

G.G/T.V : C'est un problème majeur (qui n'est pas limité aux données éducationnelles). L'enjeu est planétaire au sens suivant : allons-nous développer une véritable offre européenne, nationale et régionale correspondant à nos valeurs éducatives, et permettant de renforcer et faire évoluer le système éducatif que nous voulons

Le projet Kidlearn

Extrait de Didier Roy, *Optimisation des parcours d'apprentissage à l'aide des technologies numériques.*

« Cette méthode a pour objectif d'adapter et de personnaliser des séquences d'apprentissage dans les systèmes tutoriels intelligents, afin de les rendre plus efficaces en gérant mieux le temps et la motivation. A chaque instant, le système propose à l'étudiant l'activité qui le fait progresser le plus efficacement et le plus rapidement possible. Nous introduisons deux algorithmes qui reposent sur l'estimation empirique de la progression dans l'apprentissage, RiARiT qui a besoin des données des exercices et ZPDES qui nécessite beaucoup moins d'informations préalables. Le système repose sur la combinaison de trois approches. Premièrement, il fait appel aux derniers modèles de l'apprentissage intrinsèquement motivé en les transposant à l'apprentissage actif, en exploitant l'estimation empirique des progrès de l'apprentissage fournis par les activités personnalisées proposées aux étudiants. Deuxièmement, il utilise l'état de l'art des techniques de MAB (Multi-Armed Bandit) pour manager efficacement la phase exploration/exploitation du processus d'optimisation. Troisièmement, il utilise des connaissances expertes pour amorcer et cadrer l'exploration initiale du MAB, même grossièrement. Le système est expérimenté avec un scénario d'apprentissage où les écoliers âgés de 7-8 ans apprennent à utiliser la monnaie. Tout d'abord, une simulation a été effectuée avec des étudiants virtuels, puis une étude a été menée avec les résultats d'une expérimentation au sein d'une population de quatre cents écoliers de primaire. »



Exemple de l'évolution de la zone proximale de développement sur la base des résultats empiriques de l'étudiant. La ZPD est l'ensemble de toutes les activités qui peuvent être sélectionnées par l'algorithme. L'expert définit un ensemble de conditions préalables entre certaines des activités (A1 ! A2 ! A3...), et les activités qui sont qualitativement égales (A == B). En cas de réussite sur A1 la ZPD est agrandie pour inclure A3. Lorsque A2 ne mène à aucun progrès, la ZPD est élargie pour inclure un autre type d'exercice C, pas nécessairement de difficulté plus élevée ou moins élevée, par exemple en utilisant une modalité différente, et A3 est temporairement retirée de la ZPD. Les deux algorithmes RiARiT et ZPDES utilisent un mécanisme ZPD mais sa définition et son évolution sont gérées différemment.

⁵ Voir : « Défendre une éducation qui permet de décoder le numérique », Collectif, *Revue 1024 de la Société Informatique de France*, No 11, Septembre 2017. Disponible sur : <http://www.societe-informatique-de-france.fr/wp-content/uploads/2017/10/1024-no11-Collectif.pdf>

où allons-nous laisser ces choix de société à d'autres ? Cet enjeu est celui des plateformes⁶, comme la plateforme FUN de formation en ligne de l'éducation nationale (<https://www.fun-mooc.fr/>) ou la plateforme *OpenClassrooms* qui est une société française en pointe sur ce secteur avec des valeurs éducatives et éthiques (par exemple, ces ressources sont toutes libres et ouvertes et ses collaborations avec des projets d'intérêt public récurrentes). Pourtant le Directeur de la Direction du numérique éducatif a déclaré ne pas être gêné par la mainmise des majors du numérique sur les données éducatives⁷ pendant que, dans le même temps, il ne donnait pas suite à une proposition d'une entreprise française de contractualiser la participation (gratuite) des enseignants à ces formations en ligne, justement pour gérer de manière responsable ces données. Il nous semble que cela témoigne d'un manque de formation de nos décideurs aux fondamentaux du numérique.

L.F : Les EdTech sont aussi un secteur économique. Comment jugez-vous de son développement ? Pourquoi avoir mis en place un observatoire EdTech ?

Le secteur se développe de manière inégale. Il y a des investissements massifs en Amérique du nord et en Chine dans des *start-up*. C'est plus compliqué en France compte tenu du modèle économique avec l'acheteur public majeur qui est l'Etat, notamment l'Education nationale, a des obligations de déploiements massifs et égalitaires mais il dispose, par ailleurs,

d'une base d'expérimentation incomparable. Il y a aussi le secteur privé de la formation (de tout type) qui peut agir plus vite.

Par ailleurs, il faut faire preuve de pragmatisme en expérimentant une offre et des produits qui soient des solutions « complètes » et intégrées au sein de systèmes. Par « solutions complètes » on entend des logiciels généralistes et des matériels interopérables afin que l'on ne propose pas des logiciels spécialisés par disciplines, par exemple, et qui nécessiteraient, de la part de l'enseignant, une expertise de mise en œuvre radicalement différente selon les matières et les contextes. De plus, il est indispensable que ces solutions puissent facilement communiquer avec le système d'information de l'établissement.

Mais il y a une prise de conscience en France du caractère stratégique des EdTechs. Un fonds d'investissement, Educapital⁸, vient d'être créé en France. Dès lors, l'observatoire est un outil indispensable pour avoir une vision de l'offre la plus complète possible et une vision partagée.

L.F : Quelle est la maturité des technologies éducatives à ce jour et quelle marge de progression envisagez-vous dans un futur idéal ?

G.G/T.V : Il est difficile de parler de manière générique des technologies éducatives. Et, par ailleurs, c'est le triptyque technologie-usage-marché qui est important. Prenons l'exemple des MOOC/SPOC : la technologie est mature, certains usages sont un succès (cours ponctuel avec certificat ou formation en entreprise), d'autres pas encore (formation di-

plômante), mais comme souvent dans l'innovation le « *business model* » reste à inventer pour en faire un produit pérenne. Et, dans tous les cas dans des approches innovantes, il faut avoir une approche d'amélioration continue.

L.F : Pour les scientifiques que vous êtes, quels sont les axes de recherche prioritaires dans ce domaine selon vous ?

G.G/T.V : On peut décliner trois axes :

- les recherches en apprentissage algorithmique qu'on appelle souvent « *machine learning* » et dont fait partie le fameux « *deep learning* » (ou apprentissage par très grand réseaux de neurones) ; les défis sont que ces méthodes, certes efficaces, sont opaques et peu comprises. Il faut les rendre plus facilement interprétables et plus faciles à paramétrer (actuellement il y a beaucoup de valeurs à ajuster souvent par tâtonnement) : bref, mieux comprendre ces pyramides de calculs ;
- les recherches en pédagogie que nous avons citées, avec des expérimentations solides et des métriques les plus objectives possibles pour bien distinguer les idées « en l'air » de ce qui marche pour de vrai dans les situations réelles de notre système éducatif actuel au sein de notre société ;
- les recherches en neurosciences et sciences cognitives, pour mieux comprendre comment notre cerveau, en y incluant le corps, réalise ses apprentissages dont nous avons besoin pour devenir de meilleur apprenant sur l'ensemble des quatre pans de l'apprentissage : savoir, savoir-faire, savoir-être et être.

⁶ Voir Stéphane Grumbach et Aurélien Faravelon « Platforms as Governments », IPP Internet, Politics, and Policy conference, Oxford, Septembre 2016. Disponible sur : <http://ipp.oii.ox.ac.uk/2016/programme-2016/track-a-politics/participation-i-digital-discussion/aurelien-faravelon-stephane-grumbach>

⁷ Voir : <http://www.cafepedagogique.net/lexpresso/Pages/2017/05/16052017Article636305160274839331.aspx>

⁸ Educapital <https://www.educapital.fr/>

Promesses et déconvenues du numérique dans l'enseignement et la recherche à l'université

Si le grand intérêt de la généralisation du numérique est celui d'avoir transformé les outils qu'il met en œuvre en des objets d'étude, cette réflexivité ne débouche pas sur une analyse critique de leur usage. Or cet usage n'est pas neutre. Il induit des modes de pensée fabriqués par des algorithmes, eux-mêmes élaborés par des acteurs industriels dont les préoccupations n'ont que peu à voir avec l'enseignement et la recherche. Ils ont aussi un coût financier et environnemental qui n'est jamais discuté. De plus l'évaluation dont ils font l'objet n'a pas révélé, à ce jour, d'amélioration significative des performances scolaires selon l'OCDE¹.

Sous la pression du gouvernement et des autorités universitaires, la plupart des institutions de recherche et d'enseignement supérieur sont en train de remodeler leurs pratiques, leurs formations et même leur langage pour s'adapter au monde numérique. Partant du constat que les étudiants seraient désormais des « natifs du numérique » et que l'institution doit s'adapter à cette situation considérée comme une évidence naturelle et inéluctable, les initiatives pour faire advenir l'Université de demain, nécessairement numérique, se multiplient. Qu'il s'agisse des pratiques d'enseignement ou des modes d'organisation de la recherche, le numérique est présenté comme l'avenir et la clef du succès, alors que son déploiement serait freiné par les corporatismes et les frilosités d'en-

seignants-chercheurs qu'il faudrait dès lors « accompagner » selon une logique de plus en plus contraignante. La conversion rapide au langage des « humanités numériques » (HN) participe d'une vaste transformation de l'université et révèle une véritable hypnose collective à l'égard d'un processus qu'il convient pourtant d'interroger de près².

Tous les métiers connaissent ou connaîtront, à court terme, un bouleversement massif. Mais, à l'Université comme ailleurs, le scepticisme et les doutes sur le bien-fondé de ce processus condamnent à passer pour des ringards obscurantistes et de dangereux pessimistes. Pourtant, le déferlement du processus a de quoi inquiéter et mérite d'être scruté avec soin alors que certains n'hésitent pas à annoncer un bouleversement des paradigmes et des épistémologies.

Au-delà des quelques enthousiastes et entrepreneurs du numérique, la plupart des chercheurs oscillent entre usage passif et scepticisme. Si tous recourent aux outils numériques qui présentent de nombreux attraits et offrent d'innombrables ressources, au nom de ces services rendus se construit un aveuglement général, une incapacité à s'extraire de son intérêt individuel à courte vue pour penser les dynamiques plus globales qu'installe progressivement l'outil numérique, ses imaginaires comme ses infrastructures matérielles.

D'après le *Manifeste des Digital Humanities* de 2010³, les humanités numériques désignent « une transdiscipline, porteuse des méthodes, des dispositifs et des perspectives heuristiques liés au numérique dans le domaine des sciences humaines et sociales » (I, 3). Pourtant, l'expression recouvre une

François Jarrige

Historien, Université de Bourgogne,
centre Georges-Chevrier
Membre du Snesup

Thomas Bouchet

Historiens, Université de Bourgogne,
centre Georges-Chevrier

¹ Cette tribune, reprise du mensuel du Snesup de février 2017 (« Le travail à l'ère du numérique » : <http://www.snesup.fr/article/mensuel-ndeg-652-fevrier-2017>) reprend, en partie, un texte plus développé publié précédemment : Thomas Bouchet, Guillaume Carnino et François Jarrige, « L'Université face au déferlement numérique », *Variations* n° 19, 2016 ([variations.revues.org/740](http://www.variations.revues.org/740)).

² Voir Marie-Laure Massot, *Humanités & numérique - Transformation des savoirs et des métiers*, VRS 399, page 23 (<http://snscs.fr/VRS-no-399-12-2014>).

³ tcp.hypotheses.org/318

telle diversité de pratiques, d'outils, d'expériences qu'il semble bien difficile d'en définir les contours. Pour les plus radicaux, il s'agirait d'un nouvel âge des sciences humaines et sociales hybridées avec l'outil informatique. Mais les usages de l'informatique sont très anciens, et on peine, parfois, à distinguer ce qui est vraiment neuf, alors que l'innovation et la nouveauté sont de puissants outils rhétoriques et marketing pour capter financement et attention.

SCIENTIFICITÉ ET D'OBJECTIVITÉ ?

Les HN tendent en effet à réorienter les financements, à capter l'attention de l'opinion et des financeurs, aux dépens de nombreuses recherches moins spectaculaires qui se trouvent par là même marginalisées. Elles se cherchent dans un foisonnement de débats et d'expérimentations dont nous ne prétendons pas rendre compte ici. Certains y voient une occasion de réfléchir à l'organisation de la recherche et des pratiques pédagogiques, une occasion de contester la prééminence de certains pouvoirs tout en dotant les sciences humaines et sociales (SHS) d'un degré inédit de scientificité et d'objectivité permis par le traitement du *big data*. La principale nouveauté tient sans doute au fait que les outils informatiques cessent justement d'être des outils pour devenir des objets de recherche en soi, qui polarisent de plus en plus l'attention, et qui redéfinissent en profondeur ce qu'est le terrain pour le sociologue, ou ce qu'est un *corpus* de sources et d'archives pour l'historien.

Collecte des informations, diffusion de la recherche, mise en réseau, le numérique remodèle le quotidien et les pratiques de la recherche universitaire. Mais il n'est pas neutre et ce

qu'on appelle numérique recouvre une grande diversité d'artefacts qui



Remodeler les pratiques...

impliquent des choix, des modes de classement et de hiérarchisation, des algorithmes fabriqués et produits par des acteurs industriels dont l'agenda a peu à voir avec celui de la recherche et de la réflexion critique. Il faudrait prêter une attention marquée aux pratiques réelles comme aux nouveaux pouvoirs et aux nouvelles formes de domination qui accompagnent le mouvement : quel décalage entre l'assurance arrogante des promesses et discours officiels d'une part, et les pratiques tâtonnantes d'autre part !

Aujourd'hui, les HN sont l'une des très nombreuses promesses technologiques qui sont censées construire un avenir rassurant, voire enthousiasmant. Il serait absurde de repousser par principe le numérique ; il s'agit plutôt de ne pas céder aux injonctions permanentes portées par des discours trop abstraits, de ne pas accepter sans débats de renoncer à des pratiques éprouvées au nom d'innovations vendues comme inéluctables. L'enjeu est de penser les artefacts, leurs conditions de fabrication et d'usage, les discours qui les portent et les installent au quotidien comme une nécessité.

PROGRESSISME TECHNOLOGIQUE

Depuis quinze ans, le numérique offre en effet un remarquable bain de jouvence au progressisme technologique en proie au doute depuis les années

1970, et autorise à parler sans complexe d'industrialisation de la formation et de la recherche grâce aux nouveaux outils. Le numérique accompagne aussi la réactivation d'une forme de fatalisme qui identifie le progrès, la technique et le marché.

Et pourtant... L'université est un espace qui se doit d'être réflexif, d'interroger son époque sans

céder aux idéologies du moment. À l'heure des débats innombrables sur la crise climatique et environnementale, peut-on continuer à promouvoir le numérique sans interroger l'énorme accroissement de consommation énergétique nécessité par les nouvelles infrastructures du Net, sans penser les conditions sociales et matérielles de fabrication des objets et des réseaux ?

Est-il dans notre intérêt de passer sous silence le coût exorbitant de tous ces équipements dans un contexte de surconsommation de ressources et d'énergie, de pollution généralisée, de reproduction ou d'aggravation des inégalités spatiales et sociales, d'épuisement des psychismes sous l'effet de l'accélération généralisée dans nos sociétés ?

De plus en plus d'études montrent que les investissements considérables réalisés dans ce domaine n'ont, dans le meilleur des cas, qu'une « incidence mitigée sur la performance des élèves » et aucune amélioration sensible n'est enregistrée sur les performances scolaires, comme l'indiquait, en 2015, un rapport de l'OCDE⁴. Nul n'est obligé de croire sur parole ceux qui, avec des trémolos dans la voix, font rimer numérique avec démocratie, émancipation et libre savoir.

⁴ « Connectés pour apprendre ? Les élèves et les nouvelles technologies. Principaux résultats ». www.oecd.org/fr/edu/scolaire/Connectes-pour-apprendre-les-eleves-et-les-nouvelles-technologies-principaux-resultats.pdf

La transformation numérique de la formation : miroir des techno-imaginaires du politique ?

Le développement des technologies de l'information dans l'éducation se réalise depuis une quarantaine d'années à partir de décisions politiques qui sont centrées sur l'équipement, comme si l'usage se réduisait à l'accès à ces technologies, comme si les technologies de l'information pouvaient en elles-mêmes être éducatives. L'invention de nouvelles pédagogies pour améliorer l'apprentissage à l'école ou à l'université, l'offre d'équipements et d'outils variés et complémentaires, l'investissement partagé entre les services, les contenus, la formation des formateurs et les équipements permettraient de sortir du « *techno-messianisme usé par trente années de confrontation stérile entre l'industrie informatique et l'éducation* ».

Pascal Plantard

Professeur en sciences de l'éducation,
université Rennes-II,
Membre du Snesup

L'évolution des connaissances scientifiques sur l'apprentissage et l'éducation, d'une part, et le développement du numérique et des technologies, d'autre part, invitent à mettre en œuvre de nouvelles formes d'enseignement qui reposent sur les interactions avec des environnements numériques adaptés. Depuis plusieurs années, les universités sont poussées à organiser de nouvelles offres de formation intégrant les approches pluridisciplinaires, la diversité des publics et une diversification circonstanciée des modalités pédagogiques et des temps d'apprentissage. Si on peut se réjouir de la perspective du renouvellement des pratiques pédagogiques favorisant la réussite des étudiant.e.s dans un contexte de massification démocratique, on peut utilement se demander aussi si ces orientations sont soutenues par une politique

structurée avec des moyens à la hauteur des ambitions affichées.

Un détour par l'histoire du numérique à l'école peut s'avérer salutaire.

Après un travail de réflexion pour l'informatique à l'École française d'abord confié aux experts de l'OCDE² en 1970, le politique, avec le plan « Informatique pour tous » (IPT) en 1985, s'embarque dans une massification strictement technologique justifiée par la situation difficile de l'industrie française (Thomson notamment) qui conduit à équiper les lycées, collèges mais aussi les écoles en nanoréseaux, ordinateurs et en logiciels pédagogiques. Serge Pouts-Lajus et Marielle Riché-Magnier (1998) expliquent que le plan IPT a davantage été critiqué négativement que positivement : « *Choix technologiques hasardeux, immaturité des matériels, qualité souvent*

insuffisante des logiciels proposés, mais surtout démarche autoritaire de l'administration centrale, imposée sans réelle préparation ni concertation, et sans tenir compte des réalités du terrain. » La même analyse apparaît pertinente aussi pour la période 1990-2010 consacrée au développement d'Internet.

En 2012, avec le projet « Collèges connectés », un fort accent est mis sur l'aide aux élèves en difficulté et sur la lutte contre les inégalités et les décrochages socio-scolaires. Ce cadre participatif va remobiliser de nombreux acteurs (élus, chefs d'établissement, enseignants, animateurs, chercheurs...) en proposant une mise en réseau dynamique coordonnée par la Direction du numérique pour l'éducation (DNE). Mais le « grand plan numérique pour l'École de la République » à la rentrée 2014 va rompre avec la stratégie précédente pour « *faire entrer l'École dans l'ère du numérique* ». Répondre aux enjeux

¹ Ce texte a été publié dans le mensuel du Snesup de février 2017 dans le dossier « Le travail à l'ère du numérique » (<http://www.snesup.fr/article/mensuel-ndeg-652-fevrier-2017>)

² Séminaire « L'enseignement de l'informatique à l'école secondaire », 9-14 mars 1970, Centre international d'études pédagogiques de Sévres.

de la « grande conversion numérique » en distribuant des tablettes tactiles aux élèves de cinquième est un non-sens pédagogique, culturel, politique et citoyen.

Dans les travaux de recherche internationaux, il se dégage une vision globale et systémique de la transformation pédagogique par le numérique à l'université. Elle s'attache à considérer tous les leviers existants, à inclure l'ensemble des acteurs de la communauté universitaire, à impliquer les enseignant.e.s et étudiant.e.s dans une démarche participative et une ambition commune. Elle sort de la stricte recherche de la performance économique ou académique pour accompagner et valoriser les com-

pétences de chacun de nos étudiant.e.s, y compris les compétences sociales, créatives et relationnelles dont le développement apparaît de plus en plus indispensable à la réussite de l'étudiant.

Plusieurs questions s'ouvrent alors :

La question pédagogique

L'Université doit répondre à trois questions fondamentales : comment utiliser le numérique pour mieux apprendre ? Comment apprendre le numérique ? Comment prendre en compte la société numérique comme nouveau contexte des apprentissages ? Ces questions renvoient à des organisations pédagogiques et des pratiques enseignantes très différentes, qu'on ne peut étayer avec un plan

d'équipement systématique et simpliste, sauf à considérer le potentiel des technologies comme « magique ». Dans ce contexte, l'appui sur les sciences des apprentissages et de l'éducation, mais aussi sur les sciences du numérique et de ses usages (des SHS aux STIC), est absolument essentiel.

La question des usages

Même dans les familles populaires, les jeunes sont équipés de matériels performants, mobiles et connectés qu'ils apportent ou pourraient apporter à l'université et qu'ils utilisent en dehors. L'équipement personnel n'est pas le principal facteur des inégalités d'usages, les enquêtes le démontrent. Les plans numériques universitaires peuvent-ils l'ignorer ? Il est essentiel de prendre en compte autant que possible ces équipements et de les compléter par d'autres, plus spécialisés, par exemple pour faciliter les activités collaboratives et les interactions entre étudiant.e.s, tout en ayant le souci de mettre des matériels à la disposition des étudiant.e.s qui n'en sont pas équipés à titre personnel.

La question politique

Quelle est la priorité absolue de l'Université aujourd'hui ? Interconnecter les établissements de prestige pour figurer dans le classement de Shanghai ou réussir la transformation qui permettra de former des citoyens capables de résister au *smart power* des GAFAs (Google, Apple, Facebook, Amazon) ? Centrer les appels à projets numériques universitaires sur l'équipement relève d'un techno-messianisme usé par trente années de confrontation stérile entre l'industrie informatique et l'éducation. Rappelons les conseils de la Délégation interministérielle à l'aménagement du territoire et à l'attractivité régionale (Datar) qui, en 2007, proposait que sur quatre euros investis par l'État sur le numérique, un euro soit mis dans la formation des formateurs, un euro dans les services (d'accompagnement dans les établissements), un euro dans les contenus (logiciels éducatifs) et un euro seulement dans les équipements.

Petit voyage dans l'université numérique

Un petit voyage au pays du numérique, à l'université de Bourgogne, exemple parmi tant d'autres, peut aider à préciser les choses. Abécédaire...

À la lettre B, voici le « Bac@sable » (un « pédago-lab » qui « apporte un soutien en matière de pédagogie universitaire numérique ») et la « boîte à outils » proposée par le service Communication (avec, par exemple, le « Kit web uB » ou « uB-Link »).

À la lettre E, c'est l'« Environnement numérique de travail » ou ENT (« point d'entrée unique pour accéder à ces services. L'ENT vous permet, à partir d'un navigateur Internet, d'accéder à un bouquet de services et à des informations personnelles, depuis n'importe quel lieu et à n'importe quel moment »).

À la lettre L, le « Learning center » (« lieu central au cœur de l'université, rassemblant ressources et expertises »).

À la lettre M, les premiers MOOC (« cours en ligne massifs et ouverts », dont le MOOC « Écriture et culture numériques »), ainsi que « Métropole French Tech » (un « écosystème numérique thématique » porté par l'association Bourgogne numérique, soutenu par l'université, mais non retenu à ce jour).

À la lettre P, le « Prix d'excellence en enseignement » (parmi les critères d'attribution, le « développement des usages du numérique à l'appui d'une pédagogie renouvelée ») ainsi que « Plubel » (la « plate-forme pour l'enseignement en ligne ») ou encore le Pass'UBFC (une carte « évolutive, dématérialisable et post-personnalisable » qui permettra à terme de vérifier la « présence en cours » et d'optimiser « le contrôle d'accès physique dans certains bâtiments »).

La « Toile sociale » de l'université est présentée à la lettre T : ce « réseau de sites homogène et cohérent » fédère : « Facebook : 4 600 j'aime, Twitter : 1 900 abonnés, Chaîne YouTube : 6 500 vues ».

Il n'est pas non plus sans intérêt de refaire une petite étape à la lettre L (pour « livre numérique ») ou à la lettre W (pour « webdocumentaire »). Au-delà existent des dispositifs plus intégrateurs encore : le SDN (« Schéma directeur du numérique »), ou encore le PSIUN (« Pôle des systèmes d'information et des usages du numérique »), le tout inclus dans un « Projet d'université numérique » piloté par le « vice-président délégué au campus numérique, aux systèmes d'information et aux learning centers » (VPDCNSILC).

Des nécessaires convergences entre disciplines pour appréhender la numérisation de la société

La révolution numérique bouleverse profondément les sociétés humaines. L'émergence du « pouvoir des algorithmes » doit amener à une réflexion trans-disciplinaire. Celle-ci ne peut prendre une forme traditionnelle ; ce serait nier le bouleversement de la pensée et des modes d'action induits par le numérique. C'est dans cet esprit, afin de dépasser les barrières disciplinaires et générationnelles, qu'ont été conçues les « Convergences du droit et du numérique ».

La révolution numérique transforme les sociétés humaines avec une vitesse jamais observée dans l'histoire de l'humanité. Face à cette déferlante, les corps sociaux semblent à la fois fascinés et désemparés, laissant craindre l'incapacité des mécanismes de régulation traditionnels, basés sur le droit et opérant dans le temps du législateur, à appréhender et encadrer l'évolution des pratiques personnelles et professionnelles.

Les questions à traiter sont nombreuses : elles vont de la répartition du travail et de la valeur produite, à la place de l'humain et du libre arbitre dans une société caractérisée par l'automatisation croissante des processus intellectuels et en particulier décisionnels. Le domaine du numérique n'est pas le seul en jeu ; les avancées de la biologie et des sciences cognitives

interrogent encore plus largement la définition de l'humanité et les frontières de la vie.

Dans les espaces ouverts de cet immense chantier de la pensée, des acteurs plus ou moins sérieux surfent sur des effets de mode scientistes pour gloser sur « la singularité »² (alors que les performances des « intelligences artificielles » sont celles de dispositifs certes extrêmement performants mais spécialisés et totalement dénués d'autonomie de la volonté) ou « le droit des robots » (alors que du fait des limitations cognitives précitées, la question peut être circonscrite au simple « droit de la robotique »).

PENSER LE FUTUR, AGIR AU PRÉSENT

Sans nier l'intérêt des questionnements prospectifs sur les consé-

François Pellegrini

Professeur d'informatique, vice-président délégué au numérique, Université de Bordeaux, chercheur au Laboratoire bordelais de recherche en informatique et à l'Inria Bordeaux Sud-Ouest¹

quences de l'émergence d'une intelligence synthétique autonome, des sujets plus immédiats nécessitent également l'attention de la communauté scientifique. Tel est le cas de l'usage de dispositifs automatisés dans l'assistance à la décision, pour un spectre d'activités humaines allant de la santé (détection d'anomalies dans les prélèvements et images médicales, définition de traitements personnalisés, etc.) à la justice (aide à la rédaction d'actes de procédures, détermination des peines et du montant des dommages, etc.) ou à l'éducation (affectation des bacheliers, diagnostic des forces et faiblesses des apprenants, etc.).

Toutes ces tâches nécessitent de manipuler des données « à caractère personnel », c'est-à-dire intimement liées à la personne qui est à l'origine de leur production, et qui peuvent révéler – lorsqu'elles sont exploitées de façon adéquate (c'est-à-dire, le plus souvent,

¹ francois.pellegrini@labrifi.fr

² https://fr.wikipedia.org/wiki/Singularité_technologique



« Tel est par exemple le cas de la « courbe de charge », c'est-à-dire la mesure de la consommation électrique du logement. Échantillonnée de façon annuelle, elle peut renseigner sur le nombre de personnes présentes dans le foyer ; échantillonnée au pas de quelques minutes, elle peut renseigner sur le type et la marque des appareils électro-ménagers présents dans le logement : échantillonnée au pas de deux secondes, elle peut révéler le film actuellement visionné, et donc la façon dont la personne « zappe » entre contenus. »

corrélées avec d'autres sources de données) – des informations intimes sur ladite personne. Tel est, par exemple, le cas de la « courbe de charge », c'est-à-dire la mesure de la consommation électrique du logement. Échantillonnée de façon annuelle, elle peut renseigner sur le nombre de personnes présentes dans le foyer ; échantillonnée au pas de quelques minutes, elle peut renseigner sur le type et la marque des appareils électroménagers présents dans le logement : échantillonnée au pas de deux secondes, elle peut révéler le film actuellement visionné³, et donc la façon dont la personne « zappe » entre contenus.

L'ESR, OBJET ET ACTEUR DE LA RÉVOLUTION NUMÉRIQUE

Le secteur de l'ESR n'est pas épargné par la transformation numérique à laquelle ses équipes de recherche contribuent. Pour

autant, comme bien des organisations, les établissements d'ESR ne prennent pas toujours toute la mesure des bouleversements que celle-ci induit. Comme tout acteur économique, l'ESR sera tôt ou tard confronté à des acteurs émergents qui contesteront sa prééminence sur son cœur de métier. C'est par exemple déjà le cas avec les agrégateurs de cours en ligne⁴, qui construisent leur notoriété et leur valeur en capitalisant sur celles des institutions dont ils s'alimentent.

Les données des apprenants (étudiants en formations initiale et personnes en formation tout au long de la vie) représentent des gisements de connaissances et de valeur considérables. Alors que certains acteurs privés de la formation s'en servent pour recommander les apprenants aux entreprises, sur la base des performances d'apprentissage mesurées, l'ESR public doit affirmer son positionnement éthique en protégeant ces données contre leur utilisation au détriment

des personnes. L'analyse des données personnelles des apprenants doit s'effectuer sous leur contrôle et dans leur intérêt, afin de leur proposer les parcours et modalités d'apprentissage les plus adaptées. L'exploitation de ces données ne peut en aucun cas être confiée à des acteurs privés susceptibles de s'en servir pour profiler les personnes. Plus largement, les outils numériques « métiers » utilisés au sein des établissements doivent être conçus dans l'objectif de protéger le plus possible la vie privée des personnes concernées – selon le principe de protection de la vie privée dès la conception ou *privacy by design*⁵ – tout en mettant à la disposition des différents organes de pilotage (au sein des laboratoires, des structures d'enseignement et des services centraux) les indicateurs les plus pertinents possibles.

Aborder les questions pratiques et sociétales liées à l'usage des traitements algorithmiques nécessite d'interroger tous les domaines de la science : l'informatique et les mathématiques, bien sûr, mais aussi le droit, l'économie, la sociologie, l'histoire, entre autres. Le nécessaire discours entre toutes ces disciplines suppose l'existence de lieux de rencontre ouverts aux scientifiques des différents domaines.

Si de tels lieux existent depuis plusieurs décennies, leurs modalités sont en général classiques : chacun expose le point de vue de sa discipline sur l'objet du colloque, et tous repartent enrichis de nouvelles idées. Pour autant, il n'existe pas d'incitation forte à

³ Voir par exemple : Dario Carluccio et Stephan Brinkhaus, « Smart hacking for privacy », 28 Chaos Communication Congress, <https://www.youtube.com/watch?v=YYe4SwQn2GE>

⁴ Tels Coursera, EDX, etc.

⁵ Ann Cavoukian, Privacy by Design: 7 foundational Principles, Information & Privacy Commissioner, province d'Ontario, Canada, janvier 2011. <https://www.ipc.on.ca/wp-content/uploads/Resources/7foundationalprinciples.pdf>



« En proposant un cadre théorique trans-disciplinaire et des solutions originales et efficaces aux questions que pose la révolution numérique, y compris en son sein, l'ESR perpétuera son rôle structurant de producteur et diffuseur de savoir au service de la société. »

explorer en profondeur d'autres champs disciplinaires. Aussi, les nouveaux modes de travail et de pensée induits par la révolution numérique doivent trouver à s'appliquer dans le fonctionnement de la formation et de la recherche : démarche participative, usage des outils de travail collaboratif, libre accès aux résultats.

CONVERGENCES

De ce constat a émergé l'idée des « Convergences du droit et du numérique »⁶. Ce projet scientifique et pédagogique, né à l'université de Bordeaux, vise à forger des compétences trans-disciplinaires, principalement entre juristes et informaticiens (mais pas uniquement, en dépit du titre un peu réducteur), en ciblant un public allant du doctorant au chercheur confirmé. Dans un premier temps, un appel à contributions individuelles permet à chacun de soumettre librement ses problématiques de recherche et ses questionnements. Des contributions reçues ont été dégagés quatre

thèmes, qui font l'objet d'ateliers où chacun effectue une présentation rapide, en mode « *speed dating* ». À l'issue de ces présentations, des synthèses sont rédigées collaborativement en plénière au moyen d'un outil de rédaction collaborative de type « *pad* ». Des binômes de travail sont ensuite formés. Ceux-ci sont constitués autour d'un sujet de recherche donné, et comprennent nécessairement des membres de deux disciplines différentes. Qui plus est, dans un objectif de trans-générationnalité, les binômes sont autant que possible constitués d'un « junior » et d'un « senior ». Ces binômes peuvent alors travailler ensemble pendant près de six mois, jusqu'au colloque de restitution. Au cours de celui-ci, les binômes présentent leurs travaux, sachant que chacun doit parler le langage de l'autre : les juristes présentent les aspects informatiques, et les informaticiens, les aspects juridiques. Une première édition des « Convergences » a déjà eu lieu. Les ateliers, qui se sont déroulés du 8 au 10 février dernier, et

dont les actes sont déjà en ligne⁷, ont permis de créer plus de vingt binômes, qui ont restitué leurs travaux lors du colloque des 11 au 13 septembre. Les quatre thèmes abordés cette année reflètent les préoccupations relatives aux questions algorithmiques, et le désir d'y répondre de façon efficace et structurée : « algorithmes et loyauté », « systèmes autonomes et décision, droits fondamentaux », « numérique et pratiques juridiques » et « droit des données à caractère personnel ». Fort du très grand intérêt des participants, cet événement sera reproduit et ouvert plus largement.

En proposant un cadre théorique trans-disciplinaire et des solutions originales et efficaces aux questions que pose la révolution numérique, y compris en son sein, l'ESR perpétuera son rôle structurant de producteur et diffuseur de savoir au service de la société.

⁶ Voir : <https://cdn.u-bordeaux.fr/>

⁷ Voir : <http://cdn.u-bordeaux.fr/Download/News/Info/document/1613.pdf>.

L'éthique du numérique : un domaine à part entière de la recherche et de l'enseignement

Les usages de nombre de dispositifs numériques sont imposés par des spécialistes n'ayant souvent aucune formation en informatique et encore moins en éthique du numérique. Si les recherches sur l'éthique du numérique font timidement leur entrée officielle dans les appels à projet, leur niveau d'interdisciplinarité est encore insuffisant. Enjeu de recherche, l'éthique du numérique doit constituer un champ du savoir à part entière.

Autrefois cantonné aux calculs complexes ou à la gestion de grandes organisations, le numérique est maintenant présent dans la vie des individus. Le commerce en ligne est devenu banal, les réseaux sociaux gèrent de nombreuses amitiés (et inimitiés), la Toile a grandi jusqu'à être une immense et mouvante source d'information (et de désinformation). La justice, l'enseignement, la recherche d'un emploi, les démarches administratives sont autant de sphères où l'usage du numérique s'impose toujours plus.

Avec cette évolution, des questions éthiques sont apparues. Il y a plus de quarante ans éclatait une polémique d'envergure nationale concernant le fichage de la population¹, qui a eu pour conséquence la naissance de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (CNIL). À cette problématique historique et bien connue des données personnelles, se sont ajoutés d'autres questionnements tels que l'addiction aux jeux, la hausse des « spams » ou encore la possibilité accrue de plagiat ou de diffusion de rumeurs.

La prise de conscience de la nécessité d'aborder les aspects éthiques du numérique en recherche est assez récente en France. C'est le 12 janvier 2010 que le CNRS et l'INRIA ont organisé, ensemble, une conférence de presse afin de faire connaître leur recommandation commune de créer un « comité d'éthique

sur la recherche dans les sciences et technologies du numérique² ». Ce sera chose faite le 29 octobre 2012 avec l'installation de la Commission de réflexion sur l'éthique de la recherche en sciences et technologies du numérique d'Allistene (CERNA³).

Cette tardive prise de conscience contraste avec la situation anglophone. Ainsi, la conférence internationale Ethicomp, qui questionne les aspects éthiques du développement et des utilisations des technologies de l'information, a été fondée en 1995 par le *Center for Computing and Social Responsibility (CCSR)*. Depuis 1997, elle est régulièrement associée à la conférence internationale *Computer Ethics Philosophical Enquiry (CEPE)*.

Autre exemple : vingt années plus tôt, en 1976, était créé le comité technique n° 9 « TIC et société » de l'*International Federation for Information Processing (IFIP)*⁴. Les groupes de travail qui composent ce comité technique permettent de prendre la mesure de l'étendue des sujets abordés : le travail, les implications sociales dans les pays en voie de développement, les mauvaises utilisations de la loi mais

aussi les questions de genre ou de développement durable.

LA RÉFLEXION ÉTHIQUE À L'UNIVERSITÉ

Nous assistons également à l'émergence de l'enseignement des questions éthiques aux étudiants en informatique de niveau master dans plusieurs universités : il s'agit de former à l'éthique de la recherche en informatique. Une proposition de la CERNA fournit un exemple de l'organisation d'un tel enseignement. D'abord sont abordées des questions éthiques (en allant jusqu'à la déontologie) qui se posent à tous les chercheurs, quelle que soit leur discipline : les recherches doivent être menées avec intégrité, sans frauder ; les publications doivent être écrites sans plagiat ; les conflits d'intérêt doivent être révélés lorsqu'il s'agit d'évaluer des projets de recherche, etc.

Rapidement, des questions plus complexes apparaissent. Dans le cas, notamment, des données de recherche relatives à la santé, il peut s'avérer difficile de garantir le respect du secret médical car l'anonymat peut facilement être levé en croisant des données : par exemple, il est possible de ré-identifier une femme de quarante-cinq ans avec deux enfants, habitant Nantes, qui a eu des problèmes d'alcoolisme et qui est actuellement traitée pour des problèmes de diabète et une entorse car peu de personnes correspondent à ce profil.

Chantal Enguehard

Maîtresse de conférences en informatique, Université de Nantes, membre du Laboratoire des sciences du numérique de Nantes (LS2N)

¹ Philippe Boucher. « SAFARI ou la chasse aux Français ». *Le Monde*, 21 mars 1974.

² À cette occasion, deux rapports étaient présentés : « Pour une éthique de la recherche en sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) » du CNRS et un « Rapport sur la création d'un comité d'éthique en sciences et technologies du numérique » de l'INRIA.

³ Allistene est l'Alliance des sciences et technologies du numérique, une des cinq alliances de coordination interorganismes du CNRS (<https://www.allistene.fr/>).

⁴ *IFIP Technical Committee 9: ICT and Society*. <http://ifip.org/tc/?tc=tc9>

Il est également important d'interroger l'influence des modes de financement sur les recherches menées. Ainsi, en cas de financement d'origine privé, il faut se demander si les recherches peuvent être menées librement, en particulier si elles aboutissent à des conclusions contraires aux intérêts économiques du financeur. Il peut également être pertinent de s'intéresser à certains sujets de recherches qui, bien que présentant un intérêt scientifique, ne trouvent pas de financement.

Par ailleurs, des questions éthiques concernant les recherches en informatique peuvent être spécifiquement étudiées. Les données constituent un champ important de ces recherches, qu'il s'agisse de leur sécurisation, de données à caractère personnel, d'exploitation de celles issues des réseaux sociaux, ou encore du droit à l'oubli ou à la déconnexion. Bien d'autres thématiques sont concernées, comme la diversité linguistique en traitement automatique des langues, les relations entre humains et robots, l'amélioration de l'accessibilité par les nouvelles technologies, mais aussi la mise au point d'armes autonomes, la rédaction d'articles de presse par des programmes ou l'analyse et la simulation d'émotions.

Un examen au regard de plusieurs disciplines révèle de nouvelles problématiques. Par exemple, les systèmes d'information fondés sur l'apprentissage automatique à partir de grands jeux de données fournissent des diagnostics mais ne peuvent les expliquer et sont porteurs de biais car les jeux de données ne sont pas neutres. Les logiciels de police prédictive amènent les forces de police à effectuer davantage de contrôles dans certaines zones. Elles y localisent, par conséquent, un nombre supérieur de faits de délinquance que dans les zones moins contrôlées. Nous avons là un bel exemple de prédiction auto-réalisatrice qui, *in fine*, contribue à une forme de discrimination territoriale.

Outre ces questionnements portant directement sur les recherches menées en informatique, il y a nécessité d'initier des recherches centrées sur l'éthique et por-

tant sur les usages du numérique et leurs conséquences, aussi variées que la diminution du nombre d'emplois, l'accroissement de la consommation électrique, l'exploitation de terres rares, la production de déchets, l'addiction aux jeux ou aux réseaux sociaux, la modification des processus démocratiques, ou encore la discrimination comportementale. Aborder ces questions est particulièrement complexe du fait de la nécessité de convoquer les savoirs issus de différentes disciplines : géographie, écologie, économie, droit, philosophie, sociologie, etc.

Nombre d'étudiants ayant suivi des études en informatique ne feront pas de recherche et ne pourront donc pas être formés à l'éthique du numérique par cette voie. Ils deviendront, par exemple, développeurs, ingénieurs, chefs de projet, administrateurs système. Or de nombreux logiciels ou applications qui posent des problèmes éthiques ne sont pas issus de la recherche mais sont directement conçus par des entreprises ou des administrations. Citons l'exemple un peu ancien, mais toujours contemporain, de la carte d'abonnement de la RATP dont l'anonymat est soumis à paiement ; mais aussi le vote électronique, parfois imposé bien qu'il rende les élections opaques ; les tickets de transport numériques qui laissent les usagers à la merci de toute sorte de dysfonctionnements ; ou encore les outils de surveillance censés discriminer les comportements « à risque ».

ÉLARGIR LA FORMATION

Force est de constater que nombre d'étapes de la mise en œuvre de traitements informatiques sont effectuées par des personnes n'ayant aucune formation en informatique et encore moins en éthique du numérique. C'est le cas des législateurs, des scénaristes de jeux vidéos, des responsables de sites (aéroports, universités, hôpitaux, usines de production, etc.) ou encore des services administratifs qui décident la mise en place d'outils tels que des cartes professionnelles mal conçues, ou bien qui imposent l'usage de la biométrie aux enfants pour accéder à la cantine...

La sensibilisation au questionnement éthique du numérique devrait donc être étendue bien au-delà des seuls étudiants en informatique se destinant à la recherche. Un enseignement « informatique et organisation sociale » a été introduit dans les programmes des départements d'informatique des IUT en 1977. Une telle initiative devrait être élargie car le numérique s'est répandu dans toutes les sphères de la société : vie quotidienne, vie professionnelle, vie politique (citoyenneté), vie scolaire ou estudiantine, vie culturelle, vie amicale et familiale, etc. L'éthique du numérique concerne maintenant tous les acteurs intervenant dans ces sphères, et en particulier les personnes décidant de la mise en œuvre de nouveaux dispositifs numériques.

Il existe des associations qui œuvrent dans ce sens, comme le Centre de coordination pour la recherche et l'enseignement en informatique et société (CREIS-Terminal), le Centre d'études sur la citoyenneté, l'informatisation et les libertés (CECIL⁵), ou encore la Quadrature du Net⁶, mais elles restent rares et leurs actions sont limitées.

Dans le domaine de la recherche en informatique, l'éthique a fait une entrée officielle dans les appels à projets : il est bien souvent devenu indispensable d'écrire un paragraphe concernant les aspects éthiques de la recherche dont on demande le financement. Mais les recherches centrées sur l'éthique du numérique, nécessairement pluridisciplinaires, sont encore rares et devraient être encouragées (et financées⁷). Il s'agit donc d'aller au-delà d'une sensibilisation à l'éthique du numérique : elle doit constituer un champ du savoir à part entière, fondé sur des recherches et des enseignements.

⁵ Le CECIL vise à donner une assise solide et permanente à l'étude critique de l'informatisation de la société et aux interventions citoyennes dans ce domaine (<https://www.lececil.org/>).

⁶ La Quadrature du Net est une association de défense des droits et libertés des citoyens sur Internet (<https://www.laquadrature.net/fr>).

⁷ Citons la chaire « Valeurs et politiques des informations personnelles » de l'Institut Mines Telecom.

De l'admission postbac APB à ParcoursSup

Le projet de loi sur l'accès à l'université, présenté mercredi 22 novembre en Conseil des ministres, a entériné le remplacement du système d'admission post-bac APB par une nouvelle plate-forme qui s'appellera « Parcoursup ». Mais les difficultés créées par la procédure d'affectation d'APB ne sont que partiellement imputables à son algorithme. Celui-ci propose des affectations au plus grand nombre de bacheliers au plus près de leurs vœux, il ne crée pas des places.

Hervé Christofol

Secrétaire général du SNESUP

Depuis 2009, les bacheliers ne sont plus contraints d'envoyer et de recevoir par courrier leur demande d'inscription dans les établissements d'enseignement supérieur, ni de faire la queue durant des heures au guichet des universités pour s'inscrire en licence. Une procédure de pré-inscription obligatoire a été mise en place afin d'optimiser leur affectation dans les formations de leur choix.

Conçue initialement pour les classes préparatoire aux grandes écoles (CPGE), cette procédure permet désormais aux lycéens de renseigner au maximum vingt-quatre vœux dont au plus douze par type de formation : universités, CPGE, instituts universitaires de technologie (IUT), sections de techniciens supérieurs (STS), écoles d'ingénieurs...

Lors de la consultation ouverte par le ministère en septembre et octobre 2017, aucune organisation n'a demandé l'abandon de l'algorithme d'affectation pour un retour à l'âge des dossiers traités localement par chacun des établissements.

A partir de 2016, les bacheliers « généraux » ont dû classer, parmi leurs vœux, au moins une licence hors tension (dite à « pastille verte » c'est-à-dire tenue d'inscrire tous les candidats). Notons que dans plusieurs académies, comme à Paris, et dans certaines disciplines, dont les sciences, compte tenu des contraintes d'encadrement (humaines et immobilières) plus aucune licence n'affichait la fameuse pastille verte !

Pour qu'un algorithme d'affectation centralisé fonctionne correctement, il faut que le demandeur rédige une liste ordonnée de souhaits et que l'évaluateur concerné par les demandes classe les demandeurs.

Ainsi, dans les filières sélectives – brevet de technicien supérieur (BTS), CPGE, diplôme universitaire de technologie (DUT), école ou institut –, les candidatures sont étudiées par un jury d'admission qui établit un classement des admis, des candidats en attente sur une liste complémentaire et des candidatures refusées.

Pour les formations universitaires interrogées par l'algorithme qui ne sont pas en tension, le can-

didat reçoit une notification de pré-inscription. Pour celles dites en tension – c'est à dire celles qui reçoivent plus de demandes qu'elles ne peuvent accueillir d'étudiants –, l'algorithme donne priorité aux candidats de l'académie, à ceux qui sont boursiers et à ceux qui ont classé la formation en question le plus haut parmi leurs vœux. En cas d'indécision, l'algorithme classe les demandeurs dans un ordre aléatoire, d'où le recours au « tirage au sort ». Ainsi les vœux d'un candidat sont traités par ordre décroissant, jusqu'à ce que les critères de l'algorithme permettent une autorisation de pré-inscription dans une formation de sa liste.

CHRONOLOGIE DE L'ABANDON D'UN ALGORITHME

Le système APB a plusieurs défauts aux yeux des chercheurs Julien Grenet, chargé de recherches au CNRS et professeur associé à l'école d'économie de Paris, et Vincent Lehlé, professeur d'économie et membre du Centre de recherches en mathématiques de la décision (CEREMADE) :

- il est sous-optimal car il introduit, *via* la préférence académique,

des affectations qui ne permettent pas aux candidats de postuler dans des formations en dehors de leur académie ;

- la prise en compte par l'algorithme du niveau de classement d'un vœu introduit des stratégies qui conduisent à mettre en premier vœu une licence en tension pour espérer pouvoir l'obtenir : il était donc manipulable ;

- l'absence de sélection dans les formations manquant de places nécessite le recours au tirage au sort. Ce qui dégrade l'acceptation de l'affectation.

Malgré tout, l'algorithme dit « d'affectation différée » a plutôt bien fonctionné. Il a permis aux 627 000 lycéens et aux 237 000 étudiants en réorientation inscrits dans la procédure 2017 de formuler en moyenne 7,7 vœux et, dès le premier tour, d'obtenir leur premier vœu pour 61 % d'entre eux, un de leurs trois premiers vœux pour 81 %. 70 % ont accepté définitivement cette première proposition.

A l'issue du troisième tour d'affectation du 21 juillet, 65 431 bacheliers n'avaient reçu aucune proposition ; et le 28 septembre, 3 729 bacheliers étaient toujours en attente de propositions d'affectation : pour les deux tiers, il s'agissait de bacheliers professionnels et pour un tiers, de bacheliers technologiques.

Au final, comme le précise la note Flash de novembre 2017 du ministère en charge de l'enseignement supérieur¹, reprise par Séverin Graveleau dans *Le Monde*



daté du 30 novembre 2017, « les bacheliers professionnels auront été cette année moins nombreux qu'en 2016 à n'avoir reçu aucune proposition ou à avoir démissionné en juin et juillet (31 % contre 35 % en 2016) mais ils restent les moins bien lotis, loin devant les bacheliers technologiques (13 % contre 12 % en 2016) et les bacheliers généraux (2 % contre 0,5 % en 2016). »

Mais avec 654 000 places dans l'enseignement supérieurs ouvertes via APB, « nous voyons tout de suite qu'il n'y a pas de la place pour tout le monde ! » déclare Bernard Koehret², professeur émérite de l'université de Toulouse et concepteur de l'algorithme d'APB. Et c'est avant tout là que réside la problématique de l'affectation et de la poursuite des études dans l'enseignement supérieur. L'algorithme ne crée pas des places, il propose des affectations au plus grand nombre au plus près de leurs vœux.

Et si la ministre de l'Enseignement supérieur et de la Recherche,

Frédérique Vidal, déclare qu'il reste de nombreuses places dans certaines formations, cela signifie-t-il qu'il faut y affecter les bacheliers sans affectation, si celles-ci ne correspondent pas à leurs souhaits ?

ALGORITHME BOUC-ÉMISSAIRE POUR IMPOSER LA SÉLECTION

Dès le 27 juin, soit à peine deux mois après sa prise de fonction, Frédérique Vidal déclarait sur RTL : « Le système d'admission post-bac (APB) est engorgé et à bout

de souffle ». Le bouc-émissaire était trouvé ; et durant tout l'été et l'automne, on a entendu parler à longueur d'ondes et de tribunes dans la presse des « disfonctionnements » de l'algorithme APB incapable d'affecter tous les bacheliers et qui intègre une procédure de tirage au sort injuste.

Une fois le coupable identifié, il suffisait alors de proposer LA solution : la sélection plutôt que le tirage au sort dans toutes les filières en tension, c'est-à-dire dans toutes les formations pour lesquelles le nombre de vœux est supérieur au nombre de places défini par les « capacité d'accueil » de la formation. Pour instaurer la sélection dans toutes les formations, il suffisait de mettre en place une procédure qui génère beaucoup plus de vœux qu'il n'y a de place. C'est ce qui a été fait avec la plateforme Parcoursup qui remplace APB après sa suppression.

Dans ce nouveau dispositif, le bachelier doit produire dix vœux non ordonnés. Avec 864 000 inscrits en 2017 et une progression de 40 000 bacheliers attendus pour 2018, ce sont potentiellement neuf

¹ Note Flash du SIES n°20, novembre 2017. <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid123318/propositions-d-admission-dans-l-enseignement-supérieur-et-reponse-des-candidats-pour-2017-2018.html>

² Audition auprès de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) du 16 novembre 2017.

« Cet été, je me suis engueulé avec des amis qui ne comprenaient pas que leur fils n'ait pas été retenu en prépa. Il n'avait demandé que des établissements parisiens très sélectifs, sans mesurer qu'APB le mettait en concurrence avec les meilleurs lycéens français. J'entends que c'est rageant, mais que veut-on ? Que l'orientation soit un service public, ou qu'elle relève des acquis sociaux et familiaux ? »

Tiré de : Réforme d'Admission post-bac : finalement, l'APB c'était pas si mal
[http:// tempsreel.nouvelobs.com/ education/20171029.OBS6664/reactions/](http://tempsreel.nouvelobs.com/education/20171029.OBS6664/reactions/)

millions de vœux qui seront générés en 2018 pour moins de 670 000 places. De quoi largement généraliser la sélection.

Si les vœux ne sont pas ordonnés, les algorithmes d'affectation différée ne peuvent pas être utilisés. Chaque établissement aura peut-être alors la tentation de recourir à un algorithme de sélection local pour évaluer rapidement les candidatures. Car il s'agira d'évaluer les CV des lycéens, leurs notes de terminale et de première et leur lettre de motivation pour les com-

parer avec les « attendus » des formations dont certains sont définis sous la forme de compétences...

Dans l'hypothèse où les établissements répondraient tous en même temps (mais mille candidatures nécessiteront tous de même une centaine d'heure de travail !), les lycéens ayant les meilleurs résultats scolaires recevront probablement des réponses positives à tous leurs vœux et devront en choisir un pour libérer les places qui seront alors redistribuées dans une deuxième vague d'affectation. Ce qu'un algorithme aurait fait en une fraction de secondes, la plateforme le fera en plusieurs semaines voire plusieurs mois... Avec au final, beaucoup d'anxiété et probablement des candidats qui risquent de ne choisir que des formations très sélectives et se retrouver sans propositions. Le recteur pourra alors réunir une commission qui, en concertation avec les établissements, proposera au bachelier une formation qui – bien qu'en dehors de sa liste – devra en être « proche ». Celui-ci pourra la refuser car, selon la formule de la ministre reprise par plusieurs organisations syndi-

cales qui soutiennent la réforme, « le dernier mot reviendra au bachelier » : il ne pourra pas être inscrit contre son gré.

Que, lors de leur audition devant l'OPECST du 16 novembre 2017, les chercheurs Julien Grenet et Vincent Lehlé expliquent que d'une part, un algorithme national d'affectation est toujours plus optimal que des algorithmes locaux et que d'autre part, la plateforme de mise en relation Parcoursup sera beaucoup plus longue pour affecter les places disponibles aux bacheliers, rien n'y a fait.

Les services ministériels de prévision le reconnaissent mais, pour l'instant, les arguments politiques prennent le pas sur ceux des chercheurs, des ingénieurs et des techniciens. En Angleterre, où ce système d'affectation est utilisé, la procédure met neuf mois à converger pour affecter les étudiants. Mais l'enjeu n'est pas technique. Pour généraliser la sélection, il faut mettre en tension l'ensemble des formations. La plateforme Parcoursup, avec neuf millions de vœux et moins de 670 000 places, devrait y parvenir.



Les financements publics de l'enseignement supérieur et de la recherche

La commission d'étude spécialisée du CNESER « Financement de l'enseignement supérieur et de la recherche publics, hors du budget de la MIREs », constituée en juin 2016, a pour but d'analyser et proposer des textes d'orientation pour améliorer le financement de la recherche. Le texte reproduit ici a été préparé par cette commission et a été proposé à l'ordre du jour de la séance plénière du CNESER le 18 septembre 2017. Il a été voté¹ par la quasi-totalité des syndicats de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Le rôle stratégique de l'enseignement supérieur et de la recherche

Le monde et les défis qui l'accompagnent ont considérablement changé ces dernières années : sociétés, démocratie, sécurité, démographie, santé, alimentation, énergie, transports, réchauffement climatique, transition écologique, etc. Les transformations s'accroissent, poussées par des percées scientifiques majeures, des connaissances et des moyens technologiques toujours plus pointus.

La recherche est pour les pays un facteur clé de progrès, et la France doit pouvoir jouer un rôle de premier plan dans un monde sujet à des évolutions rapides. La recherche ne pourra se développer sans un substrat de solides connaissances, en lien étroit avec la formation et notamment l'enseignement supérieur, qui irrigue durablement la dynamique des savoirs et des qualifications, la capacité de réflexion critique des citoyens (y compris vis-à-vis de la science et de la technologie) indispensables aux progrès culturels, sociaux et économiques.

La recherche publique nécessite un effort important, à programmer sur plusieurs années

Depuis plusieurs années, l'effort de recherche de la France a décroché par rapport à ses principaux partenaires. Avec 2,26 % du PIB consacré à la R&D (chiffre 2014 de l'OCDE²), la France n'atteint pas l'objectif de 3 % de la stratégie européenne établie en 2000. Elle se situe en dessous³ de la moyenne de l'OCDE (2,37 %) et loin des USA (2,74 %), de l'Allemagne (2,90 %), du Japon (3,59 %) et de la Corée (4,29 %).

La France s'était engagée³ à porter l'effort de R&D à 3 % du produit intérieur brut (PIB) à l'horizon 2010, dont 1 % consacré à la recherche publique et 2 % à la recherche privée. Cet objectif exigeait une rupture avec les choix politiques ayant abouti au gel de l'effort global de recherche de la

France depuis 2000 et même à la baisse depuis 2009 des dépenses de R&D financées par l'État en pourcentage du PIB (0,81 % en 2000, 0,86 % en 2009 et 0,79 % en 2013 : chiffres de l'OCDE³) alors que des missions supplémentaires du « transfert » et de « l'innovation » ont été attribuées à tous les établissements de l'ESR, notamment depuis la loi ESR de 2013. Il est urgent de programmer un effort budgétaire pour l'ESR sur le long terme, au-delà de la « sanctuarisation » qui, pour le service public de l'ESR, a conduit à une baisse effective en pourcentage du PIB.

Programmer un effort budgétaire pour l'ESR est aussi l'une des préconisations du Livre blanc 2017 de l'enseignement supérieur et de la recherche qui recommande une augmentation annuelle comprise entre 910 et 1270 millions d'euros. Cette augmentation est un minimum pour stopper la poursuite de la régression de l'enseignement supérieur et de la recherche.

Pour que la France puisse tenir ses engagements en R&D⁴, le CNESER estime que l'effort budgétaire devrait être programmé

² Principaux indicateurs de la science et de la technologie, volume 2016/1, OCDE.

³ Conclusion 47 du conseil européen de Barcelone, 15 et 16 mars 2002 : « ...le Conseil européen : - considère que l'ensemble des dépenses en matière de R&D et d'innovation dans l'Union doit augmenter, pour approcher 3 % du PIB d'ici 2010. Les deux tiers de ce nouvel investissement devraient provenir du secteur privé ». <http://www.consilium.europa.eu/fr/european-council/conclusions/1993-2003/>

¹ Résultat du vote du CNESER : 44 pour, 7 contre, 2 abstentions.

Le Conseil national de l'enseignement supérieur et de la recherche (CNESER¹) est un organe consultatif placé auprès du ministre chargé de l'enseignement supérieur ou du ministre chargé de la recherche. Il donne un avis sur les questions relatives aux missions confiées aux établissements publics à caractère scientifique, culturel et professionnel dans les cas prévus par le code de l'éducation (L. n° 2013-660 du 22 juillet 2013, art. 20-4°) et aux établissements publics de recherche, relevant des articles L. 311-1 et L. 311-2 du code de la recherche, dans les cas prévus par le code de la recherche.

Présidé par le ministre chargé de l'enseignement supérieur ou par le ministre chargé de la recherche, il comprend cent membres répartis de la manière suivante :

- soixante représentants des responsables, des personnels et des étudiants des établissements publics à caractère scientifique, culturel et professionnel et des établissements publics de recherche ;
- quarante personnalités représentant les grands intérêts nationaux, notamment éducatifs, culturels, scientifiques, économiques et sociaux, nommées par arrêté conjoint des ministres chargés de l'enseignement supérieur et de la recherche.

¹ <http://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/cid53497/le-conseil-national-de-l-enseignement-superieur-et-de-la-recherche-cnaser.html>

sur dix ans et d'un milliard d'euros supplémentaire par an dans les organismes de recherche (EPST) et la recherche universitaire pour le porter à 1 % du PIB dans dix ans ; l'effort en faveur de la recherche industrielle publique (EPIC et entreprises publiques) doit augmenter dans les mêmes proportions.

L'urgence pour l'enseignement supérieur

Le budget que le pays consacre à l'enseignement supérieur⁴ stagne autour de 1,5 % du PIB, engendrant là-aussi un décrochage manifeste. Plus inquiétant est le manque d'anticipation, déjà constaté, face à l'augmentation massive du nombre des étudiants actuellement prévue avec 360 000 étudiants supplémentaires en 2025 : cette augmentation est un atout pour le pays et doit être accompagnée d'un plan d'investissement croissant supplémentaire pour les établissements d'enseignement supérieur. Le CNESER demande un effort supplémentaire pour le service public

de l'enseignement supérieur de deux milliards d'euros par an pendant dix ans pour atteindre 2 % du PIB dans dix ans.

Enfin, toute nouvelle mission attribuée à l'ESR, comme celle de l'innovation doit être accompagnée d'un budget permettant sa mise en œuvre sans pénaliser ses autres missions.

Donner les moyens au MESR

de mettre en œuvre la STRANES et la SNR

Les grandes orientations de l'enseignement supérieur et de la recherche (ESR) sont définies par le ministère de l'ESR à travers la stratégie nationale d'enseignement supérieur (STRANES) et la stratégie nationale de recherche (SNR). Le CNESER demande à être associé à l'élaboration de ces stratégies et à leur évaluation, et l'État doit doter l'ESR des moyens budgétaires lui permettant d'atteindre ces objectifs.

Près du quart des financements publics de l'ESR est attribué par d'autres canaux que le ministère

chargé de l'ESR (MESR) : financements européens, programme d'investissement d'avenir (PIA – partie réservée à l'ESR), collectivités territoriales et les autres ministères. Le CNESER recommande que le MESR ait la connaissance de ces financements pour lui permettre d'assurer la cohérence de la mise en œuvre de la SNR et de la STRANES. Ce processus doit être accompagné d'une coopération entre les administrations centrales des ministères concernés et les régions.

La partie du PIA affectée à l'ESR, actuellement pilotée au niveau du premier ministre et dont l'efficacité est contestée par la Cour des comptes, a été utilisée comme un instrument pour imposer aux établissements des restructurations et leur mise en compétition. Il participe à la complexification du paysage de l'ESR et au développement du fonctionnement sur appels à projets de l'ESR. Le CNESER demande le reversement des moyens du PIA concernant l'ESR au MESR, de façon à intégrer à la dotation budgétaire de tous les EPST, universités et EPIC.

Simplifier et rééquilibrer le système de financement de la recherche publique

Les établissements de l'ESR sont financés d'une part par une dotation de l'État, supposée assurer à la fois le financement de la masse salariale, des formations et des structures de recherche, et d'autre part par des ressources dites « propre » sur contrats. Depuis 2000, les mesures incitatives ont été multipliées pour orienter la recherche publique avec plusieurs moyens : le système d'appels à projets de l'ANR pour sélectionner les activités de recherche de base et les orienter vers les enjeux sociétaux ; le millefeuille des dispositifs d'incitation au développement de la recherche partenariale et de l'innovation (pôles de compétitivité, FUI, Instituts Carnot, CIFRE, IRT,

⁴ Regards sur l'éducation 2014, OCDE.

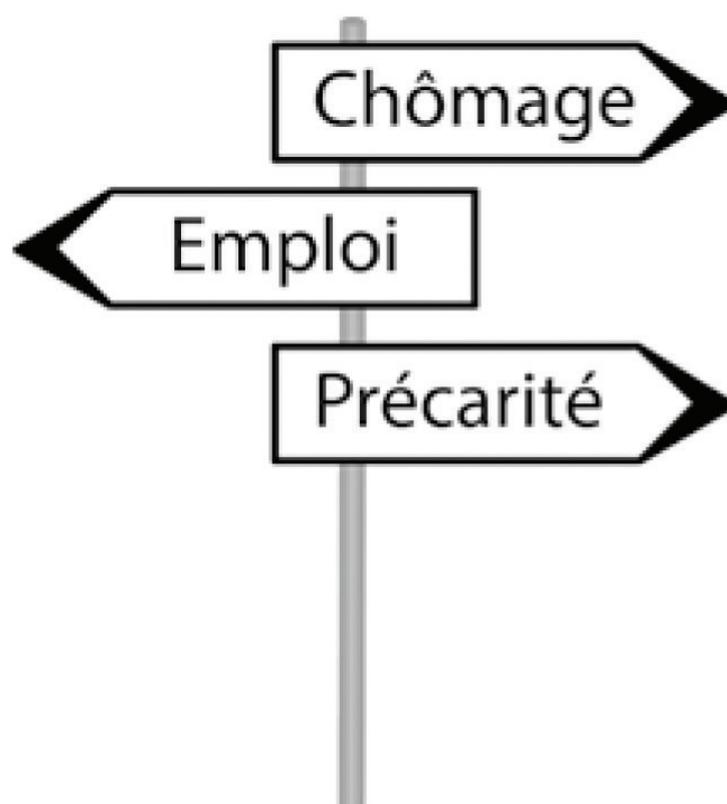
SATT, CVT, IEED, ANR, Europe, Région...); le PIA pour restructurer le paysage de l'ESR.

Cette augmentation du financement sur projets s'est accompagnée d'une diminution significative de la dotation de base des établissements, qui ne leur permet plus de conduire une politique scientifique propre, élaborée à travers le fonctionnement de leurs instances. Les équipes de recherche publique n'ont plus la possibilité d'initier des activités de recherche sans l'apport de ces financements sur contrats. Il en résulte un mode de financement quasi-exclusif sur appels à projets, qui met les chercheurs directement aux prises avec des procédures administratives hypertrophiées et chronophages qui imposent aux unités de recherche des systèmes complexes de prélèvements sur ressources propres.

Le faible taux de succès des appels à projets (entre 10 % et 15 %, voire moins au niveau européen) mobilise, en pure perte, un temps de travail considérable et engendre le découpage des personnels. Ce système de financement sur projets a engendré une forte augmentation du nombre de personnels sur contrats à durée déterminée (CDD) : jusqu'à 40 % des effectifs dans certains établissements.

Le CNESER rappelle que les structures de recherche sont créées puis évaluées périodiquement *a priori* et *a posteriori* sur un programme de recherche dont le financement doit être assuré dans sa totalité par des

dotations annuelles, tout comme les charges structurelles des établissements. Les mesures incitatives doivent viser à soutenir un effort supplémentaire en réponse à un besoin affiché du pays. Il est urgent de rééquilibrer le système de financement de la recherche publique pour permettre aux chercheurs et aux enseignants-chercheurs de se consacrer à leurs missions.



« Résorber la précarité est un impératif de justice sociale et une condition indispensable pour améliorer les conditions de travail et assurer la qualité de la recherche et de l'enseignement supérieur. »

Développer l'emploi scientifique et revaloriser les carrières

La situation de l'emploi dans les établissements de l'ESR s'est particulièrement dégradée avec une forte augmentation des emplois précaires, estimée à plus de 30 % des effectifs en moyenne, bien au dessus des ratios habituels de la fonction publique d'État. La grande majorité de ces salariés en CDD occupent, dans les faits, des emplois répondant à des besoins permanents, qui devraient être occu-

pés par des personnels statutaires (fonctionnaires titulaires dans l'enseignement supérieur et les EPST, CDI dans les EPIC). Cette situation concerne aussi bien les métiers techniques et administratifs que les fonctions d'enseignement et de recherche. Résorber la précarité est un impératif de justice sociale et une condition indispensable pour améliorer les conditions de travail et assurer la qualité de la recherche et de l'enseignement supérieur.

Le Livre blanc 2017 de l'ESR recommande la création de postes à raison de 350 par an dans les EPST et 1 000 dans les universités. Le CNESER demande un plan pluriannuel plus ambitieux pour l'emploi scientifique et technique avec la création de 5 000 postes de titulaires par an pendant dix ans dans l'ESR. Ces 50 000 postes sont nécessaires pour titulariser les personnels en CDD occupant des fonctions pérennes, pour porter l'effort de R&D public à 1 % du PIB et pour accompagner la hausse prévue du nombre d'étudiants. Le nombre de financements de thèse doit être augmenté dans toutes les

disciplines pour atteindre l'objectif de la STRANES de former 20 000 docteurs par an en 2025.

Cet effort en faveur de l'emploi scientifique doit être accompagné d'une amélioration de l'attractivité des métiers de la recherche et de l'enseignement supérieur. Les personnels de l'ESR perçoivent, au même niveau de qualification, la rémunération la plus basse de la fonction publique. Le CNESER demande une véritable revalorisa-

tion de la rémunération des personnels de l'ESR et la reconnaissance du doctorat dans les secteurs public et privé.

L'indispensable progrès de la recherche privée

Les dépenses intérieures de R&D financées par les entreprises s'élèvent à 1,23 % du PIB en France (chiffre 2013, source OCDE⁵), en dessous de la moyenne de l'OCDE (1,44 %) et loin des USA (1,67 %), de l'Allemagne (1,85 %), du Japon (2,63 %) et de la Corée (3,14 %). Ce niveau reste éloigné de l'objectif de 2 % du PIB, malgré l'évolution positive observée depuis 2000 : 1,09 % du PIB en 2000, 1,15 % en 2009 et 1,23 % en 2013 (chiffres de l'OCDE⁵).

L'État soutient la recherche privée avec des mesures fiscales indirectes et des aides incitatives directes à hauteur de 0,37 % du PIB (chiffre 2013 de l'OCDE⁵). Le crédit impôt recherche (CIR) représente actuellement le dispositif le plus important (environ les deux tiers, soit 0,25 % du PIB). La France se caractérise, de façon paradoxale, par la plus importante aide publique indirecte à la recherche privée et un financement de la R&D des entreprises identifié comme insuffisant. Cette situation engendre des interrogations légitimes sur l'efficacité du CIR, comme le montre le rapport de la Cour des comptes⁶.

Le CIR est une dépense fiscale figurant dans le budget de l'ESR sur laquelle le CNESER doit débattre et donner un avis, au même titre que l'ensemble du budget de l'ESR. Le CNESER demande une évaluation du dispositif du CIR, reposant notamment sur des études scientifiques de ses effets sur la recherche (comme celles initiées par France Stratégie). Outre son coût et les doutes qu'il suscite sur son efficacité, le dispositif du CIR introduit des déséquilibres qui contrarient l'articulation entre recherche privée et recherche publique : d'un côté, une aide publique indirecte à la



« Le crédit impôt recherche (CIR) représente actuellement le dispositif le plus important (environ les deux tiers, soit 0,25 % du PIB). »

recherche privée qui est attribuée sans sélection et avec un plafond très élevé ; de l'autre côté, un financement de la recherche publique qui se fait sur projets et qui s'avère trop sélectif ; la recherche publique placée en unique position de sous-traitance des entreprises privées ; l'absence

d'effet notoire du CIR sur l'emploi des jeunes chercheurs titulaires du doctorat ou pour préparer un doctorat (le plafond de contrats CIFRE n'est pas toujours atteint malgré un taux de sélection très favorable).

Le CNESER rappelle la grande importance qu'il accorde au développement qualitatif et quantitatif de la recherche privée et à l'objectif de 2 % du PIB pour les dépenses de R&D financées par les entreprises. Cependant, le dispositif d'aides à la recherche privée ne doit pas, dans une dépense publique extrêmement contrainte, se faire au détriment de la recherche publique. Entre 2009 et

2016, la part du CIR dans le PIB a augmenté de 12 % pendant que la part du budget de la MIREs diminuait de 4 %.

Le CNESER demande une remise à plat des aides de l'État à la recherche privée pour qu'elles s'inscrivent dans un besoin affiché du pays, qu'elles soient transparentes et évaluées et qu'elles produisent un effet d'entraînement sur le financement des entreprises dans leurs propres recherches. Ces dispositifs doivent notamment favoriser des partenariats équilibrés entre recherche privée et recherche publique.

L'amputation du budget 2017 de l'ESR est un signal particulièrement négatif

L'amputation, pour l'année 2017, des crédits de la mission interministérielle pour la recherche et l'enseignement supérieur (MIREs) de 331 millions d'euros est un signal particulièrement négatif adressé à l'ensemble des acteurs de l'ESR, les privant des moyens indispensables pour accueillir et former les nouveaux étudiants. Pour l'année 2018, la hausse annoncée du budget de l'ESR de 700 millions d'euros conduira à la stagnation de la part de l'ESR dans le PIB. C'est donc le recul de la France, notamment par rapport à ses principaux partenaires, qui est sanctuarisé en matière d'Enseignement supérieur et de recherche. L'état doit au contraire doter l'enseignement supérieur et la recherche des moyens budgétaires permettant d'atteindre ses engagements⁴ et les objectifs de la STRANES et de la SNR. Il est urgent de programmer sur dix ans un effort budgétaire pour l'ESR avec un milliard d'euros supplémentaire par an pour la recherche publique et deux milliards d'euros supplémentaires par an pour le service public de l'enseignement supérieur.

⁵ Données et statistiques de l'OCDE sur les incitations fiscales à la R-D, Science, technologie et industrie : Tableau de bord de l'OCDE 2015.

⁶ L'évolution et les conditions de maîtrise du crédit d'impôt en faveur de la recherche, rapport de la Cour des comptes rendu public le 11 septembre 2013.

Les femmes scientifiques au CNRS ? Encore un (gros) effort !!!

Dans le dossier « Chercheur·es, enseignant·e·s-chercheur·es, à quand la parité ? » de la *VRS* 398 de novembre 2014¹, Florence Audier montrait que si l'évolution « spontanée » vers la parité femmes-hommes au CNRS se poursuivait, au train où vont les choses elle adviendrait peut-être à la fin du siècle... Quelques trois ans plus tard, elle revient sur le sujet en s'appuyant sur quelques tableaux particulièrement parlants qu'elle reconstruit à partir du « Bilan social et parité 2015 » du CNRS².

Florence Audier

Laboratoire Statistique, Analyse,
Modélisation multidisciplinaire (SAMM),
Université Panthéon-Sorbonne

A peine plus d'un tiers de femmes parmi les chercheur·es au CNRS en 2015... c'est bien peu, et la montée est bien lente : elles étaient déjà 30,3 % en l'an 2000 ! Et si, dans certaines disciplines, la situation est plus équilibrée, comme en SHS et en biologie, dans d'autres, qui s'apparentent davantage à ce qu'on appelle souvent les sciences « dures » – dont la France manque tant –, cette situation reste encore calamiteuse. A certains égards, elle serait même en aggravation.

Si on dresse un bilan par instituts du CNRS, la part des femmes parmi les chercheurs varie de 17,1 % en INSMI (Institut des sciences mathématique et leurs interactions) à 46,9 % en INSHS (Institut des sciences humaines et sociales). Et toutes les sciences « dures », sauf la chimie et la biologie, affichent un taux de chercheur·es inférieur à 30 %, souvent d'ailleurs plus proches de 20 %.

Sans surprise, la place des femmes est nettement plus importante parmi les chargées de recherche (CR) que parmi les directeur·ices de recherche (DR), respectivement 37,7 % chez les CR et seulement 28,1 % chez les DR. Et ce contraste se vérifie dans tous les instituts sauf en mathématiques, où la proportion des femmes – déjà particulièrement faible – est encore moindre parmi les CR que parmi les DR ! Les écarts d'un grade à l'autre sont souvent considérables.

Peut-on supposer que la tendance à un rééquilibrage de la parité s'est nettement amorcée, et que les femmes CR deviendront plus ou moins rapidement DR, que le temps fera son œuvre, autrement dit qu'on pourrait assister – à terme – à une sorte de « rattrapage » ? Une lecture moins optimiste consisterait à dire que les femmes sont davantage et peut-être durablement cantonnées en CR et passeraient difficilement le cap permettant d'accéder aux grades les plus élevés ?

Les Instituts du CNRS

Institut de chimie (INC)
 Institut écologie et environnement (INEE)
 Institut de l'information scientifique et technique (INIST)
 Institut de physique (INP)
 Institut des sciences biologiques (INSB)
 Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS)
 Institut des sciences humaines et sociales (INSHS)
 Institut des sciences de l'information et de leurs interactions (INS2I)
 Institut national des sciences mathématiques et de leurs interactions (INSMI)
 Institut national de physique nucléaire et de physique des particules (IN2P3)
 Institut national des sciences de l'Univers (INSU)

¹ http://snscs.fr/sites/snscs.fr/IMG/pdf/vrs398_bat_web.pdf

² <http://bilansocial.dsi.cnrs.fr/pdf/BSP-2015.pdf>

Âge moyen des chercheurs et chercheuses des instituts du CNRS selon le grade.

| | DR | DR | CR | CR |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| | Hommes | Femmes | Hommes | Femmes |
| IN2P3 | 51,9 | 52,5 | 41,1 | 40,9 |
| INC | 53,2 | 52,7 | 42,4 | 44,3 |
| INEE | 52,3 | 52,9 | 43,2 | 43,5 |
| INP | 53,1 | 53,7 | 43,6 | 41,4 |
| INS2I | 51,1 | 50,6 | 40,3 | 40,9 |
| INSB | 53,3 | 52,8 | 44,4 | 46,4 |
| INSHS | 54,3 | 54,6 | 44,4 | 44,6 |
| INSIS | 52,9 | 52 | 42,5 | 43,1 |
| INSMI | 50,4 | 52 | 40,6 | 41,8 |
| INSU | 53,1 | 53,5 | 43,1 | 43,5 |
| R C | 56,6 | 57,4 | 55,3 | 48,3 |

QUE NOUS DISENT LES ÂGES DES CHERCHEURS EN POSTE ?

L'examen des âges moyens des chercheurs DR et CR ne permet pas de trancher. En effet, en moyenne, les femmes CR sont certes dans la plupart des instituts – l'institut de physique faisant exception – plus âgées que leurs homologues masculins, mais assez faiblement, et les femmes DR sont, dans quatre cas sur dix, en moyenne plutôt plus jeunes que leurs collègues hommes.

QUE NOUS DISENT LES CONCOURS DE RECRUTEMENT ?

Depuis quelques années, la procédure des concours comporte quatre phases : les candidat.e.s doivent, dans un premier temps, être « admises »

à concourir », puis « admises à poursuivre ». Ces deux phases sont classiquement suivies d'une admissibilité puis d'une admission. Au CNRS, comme à l'université, chacun des postes ouverts fait l'objet d'un concours séparé.

En 2015, 7 575 candidates ont été admises à concourir pour un poste de chercheuse au CNRS, dont 3 593 (47 %) ont été autorisées à poursuivre la procédure. La phase d'admissibilité en a

retenu 17 %, dont près de la moitié a été finalement lauréate. Au total, 4 % des candidates s'étant présentées au concours ont donc été lauréates.

Qu'en est-il de la répartition selon le genre ? Initialement, 36 % des postulantes étaient des femmes, et à l'issue de la procédure, ce sont 36,3 % des lauréates qui sont des femmes. Au vu de ces résultats, on ne note donc ni « discrimination positive » ni « discrimination négative » envers les femmes. Pourtant, si on distingue les grades (CR et DR), il en va autrement, la situation chez les DR étant tout autre qu'en CR. Mais comme les entrées directes en DR, très défavorables aux femmes, sont très peu nombreuses, le résultat global des concours n'en est quasiment pas affecté.

QUE NOUS DISENT LES PROMOTIONS ?

Au cours de l'année 2015, 769 chercheurs ont changé de grade, dont 30,8 % de femmes. Selon le bilan social de 2015, ce taux est plutôt « en augmentation par rapport aux années précédentes (32 % en 2014, 28,1 % en 2013 et 30 % en 2012) ». Aux divers stades des promotions, la part des femmes est globalement conforme à leurs possibilités statutaires de promotions, sauf au plus haut niveau (le passage en classe exceptionnelle des DR) où elles sont clairement moins nombreuses, mais il est vrai aussi qu'elles sont moins souvent candidates...

Et au passage difficile entre CR1 et DR2, la part des lauréates est de l'ordre de 34,2 %, soit trois points au-dessus de leur représentation parmi les admises à concourir. Mais, là encore, il faut distinguer selon les disciplines, dont les traditions semblent avoir la vie dure ! C'est ainsi que le pourcentage de femmes promues (par avancement ou concours interne) dépasse leur représentation dans seulement quatre instituts... et les différences sont parfois cruelles.

LES CHERCHEUSES CO-EXISTENT-ELLES ENCORE AVEC LES CHERCHEURS DANS LES LABORATOIRES ?

On peut se poser la question, vu les contrastes dans les choix de disciplines entre les hommes et les

Les concours externes d'entrée au CNRS 2015 selon les phases des concours et les grades

| Corps/grade | Admis.e.s à concourir | Admis.e.s à poursuivre | Admissibles | Lauréat.e.s |
|-------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| DR | 415 (24,8 % de femmes) | 415 (24,8 % de femmes) | 26 (34,6 % de femmes) | 12 (16,7 % de femmes) |
| DR1 | 3 (33 % de femmes) | 3 (33 % de femmes) | 1 (0,0 % de femmes) | 1 (0,0 % de femmes) |
| DR2 | 412 (24,8 % de femmes) | 412 (24,8 % de femmes) | 25 (36 % de femmes) | 11 (18,2 % de femmes) |
| CR | 7 160 (36,8 % de femmes) | 3 178 (36,4 % de femmes) | 590 (37,3 % de femmes) | 288 (37,2 % de femmes) |
| CR1 | 1 760 (35,6 % de femmes) | 790 (34,1 % de femmes) | 183 (38,3 % de femmes) | 77 (37,7 % de femmes) |
| CR2 | 5 400 (37,2 % de femmes) | 2 388 (37,2 % de femmes) | 407 (36,9 % de femmes) | 211 (37,0 % de femmes) |
| Ensemble | 7 575 (36,2 % de femmes) | 3 593 (35,1 % de femmes) | 616 (37,2 % de femmes) | 300 (36,3 % de femmes) |

Promotion des femmes selon les instituts du CNRS

| | % de femmes promues | % de chercheuses CNRS |
|-------|---------------------|-----------------------|
| IN2P3 | 21,1 | 26,1 |
| INC | 29,9 | 33,1 |
| INEE | 32,5 | 37,2 |
| INP | 20,5 | 32,2 |
| INS2I | 28,8 | 22,4 |
| INSB | 35,8 | 42,5 |
| INSHS | 42,3 | 46,9 |
| INSIS | 23,9 | 22,6 |
| INSMI | 20,7 | 17,1 |
| INSU | 29,9 | 28,5 |
| R C | 33,3 | 44,1 |



femmes. En effet, par exemple en physique et mathématiques (et connexes), l'écart est saisissant : alors que 37,3 % des DR hommes et 40,3 % des CR hommes relèvent de ces disciplines, ce n'est le cas, respectivement, que de 24 % et 21,5 % des femmes. Et ce déséquilibre risque de s'accroître, car si aujourd'hui les hommes sont proportionnellement deux fois plus nombreux à se consacrer à ces disciplines que les femmes, les « viviers » que représentent les CR laissent présager un écart grandissant, aggravant encore le manque de scientifiques dont souffre le pays. C'est ainsi que l'INP ne regroupe plus, actuellement, que 6,2 % des femmes CR contre 8 % des femmes DR. En mathématiques, la situation est encore plus contrastée : seules 1,4 % des femmes CR relèvent de l'INSMI contre 3,9 % des femmes DR. A l'inverse, 22,5 % des chercheuses les plus jeunes – les CR – sont désormais en SHS, ce qui n'est le cas que de 17,9 % de leurs aînées DR. Et si les SHS gagnent aussi du terrain parmi les hommes, c'est dans une bien moindre proportion.

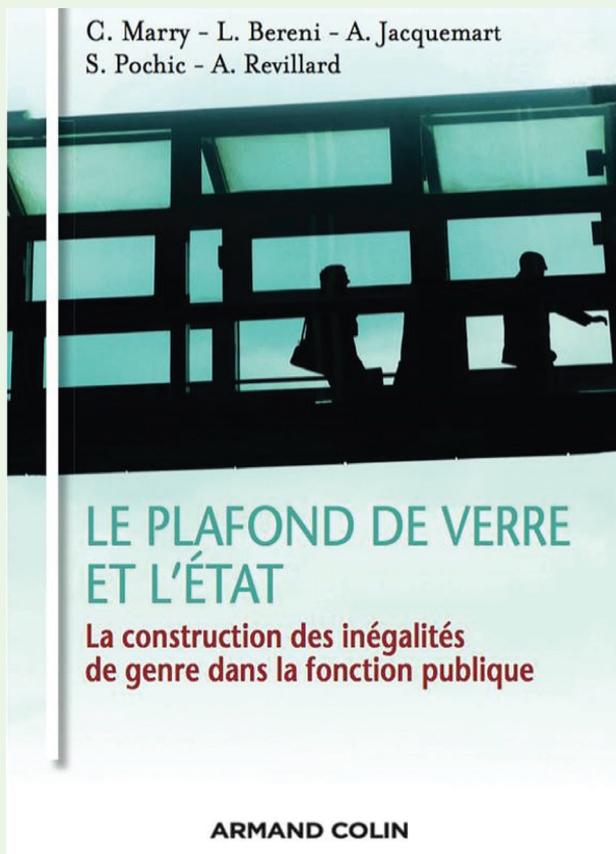
Alors, les femmes scientifiques ? Il est grand temps. Encore un (gros) effort SVP....

Les hommes et des femmes chercheuses selon les instituts du CNRS et les grades (en %).

| | DR Hommes | DR Femmes | CR Hommes | CR Femmes |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| IN2P3 | 5,0 | 3,3 | 5,0 | 3,6 |
| INC | 14,4 | 14,3 | 13,7 | 13,4 |
| INEE | 5,0 | 5,7 | 6,1 | 7,0 |
| INP | 12,8 | 8,0 | 12,9 | 6,2 |
| INS2I | 5,4 | 3,8 | 7,0 | 3,4 |
| INSB | 22,5 | 29,3 | 17,9 | 29,3 |
| INSHS | 10,5 | 17,9 | 13,3 | 22,5 |
| INSIS | 10,2 | 6,3 | 10,5 | 5,9 |
| INSMI | 3,9 | 2,6 | 4,9 | 1,4 |
| INSU | 9,9 | 8,2 | 8,4 | 6,6 |
| R C | 0,5 | 0,7 | 0,4 | 0,7 |
| Ensemble | 100 | 100 | 100 | 100 |

Part des hommes et les femmes selon les grades dans les Instituts du CNRS

| | DR Hommes | DR Femmes | CR Hommes | CR Femmes |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| IN2P3 | 79,5 | 20,5 | 69,4 | 30,6 |
| INC | 72,0 | 28,0 | 62,8 | 37,2 |
| INEE | 69,2 | 30,8 | 58,8 | 41,2 |
| INP | 80,4 | 19,6 | 77,5 | 22,5 |
| INS2I | 78,2 | 21,8 | 77,2 | 22,8 |
| INSB | 66,2 | 33,8 | 50,2 | 49,8 |
| INSHS | 59,8 | 40,2 | 49,3 | 50,7 |
| INSIS | 80,6 | 19,4 | 74,7 | 25,3 |
| INSMI | 79,3 | 20,7 | 85,7 | 14,3 |
| INSU | 75,5 | 24,5 | 67,7 | 32,3 |
| Inst. R C | 66,7 | 33,3 | 46,9 | 53,1 |
| Ensemble | 71,9 | 28,1 | 62,3 | 37,7 |



Pour aller plus loin...

Le plafond de verre et l'État La construction des inégalités de genre dans la fonction publique

Catherine Marry
Laure Bereni
Alban Jacquemart
Sophie Pochic
Anne Revillard

Paru chez Armand Collin en octobre 2017.

Pendant longtemps, l'État s'est pensé comme un employeur garant de l'égalité de traitement en raison du recrutement et de la promotion par concours, de la transparence et de l'encadrement collectif des promotions et rémunérations. L'enjeu de cet ouvrage est d'expliquer le paradoxe du maintien du plafond de verre (inégal accès aux positions de pouvoir et de prestige) dans une fonction publique pourtant féminisée, avec 55 % de femmes au global et 45 % en cadres A. Pour ce faire, sont décryptées

les normes organisationnelles de construction des carrières de dirigeants et leurs effets genrés : valorisation des parcours fulgurants linéaires et sans pause, disponibilité extensive à des âges critiques pour les mères (la trentaine), distinction par la mobilité nationale et internationale, cooptation par les dirigeants en place pour les postes les plus stratégiques et à dimension politique (cabinets ministériels), carrières à deux vitesses avec des carrières plus assurées et rapides pour les énarques externes (où les femmes sont encore minoritaires), soutien familial asymétrique à la préparation des concours internes.

Cet ouvrage, fondé sur une centaine de récits de carrière de cadres supérieurs et dirigeants, dans quatre directions de Ministères économiques et sociaux, replace aussi la persistance de ces inégalités dans le contexte des réformes de la fonction publique. La réduction des postes et des effectifs restreint les chances de promotion interne des femmes et des moins doté-e-s socialement, dans une compétition accrue, et produit une intensification du travail individuel et collectif, qui stigmatise toute absence, même pour congé maternité. La tolérance à cette disparition des femmes au sommet est pourtant aujourd'hui mise en débat par une politique de quotas pour les emplois de direction intégrée à la loi Sauvadet de 2012. Comment sont perçues ces politiques d'égalité par les hommes et les femmes, suivant leur position professionnelle, leur trajectoire sociale et leur génération ? Cet ouvrage parle du sexisme ordinaire dans les interactions entre collègues et avec la hiérarchie, et les stratégies des femmes qui y sont confrontées, entre faire avec, ignorer ou s'indigner. Même si l'enquête ne portait pas sur des établissements scientifiques et techniques, le lecteur pourra transposer facilement ces pistes d'analyse aux carrières scientifiques...



F.S.U.

**ENGAGÉ-ES
AU QUOTIDIEN**

La FSU engagée

**pour en finir
avec les violences
faites aux femmes**

À la CASDEN, le collectif est notre moteur !

Banque coopérative créée par des enseignants, la CASDEN repose sur un système alternatif et solidaire : la mise en commun de l'épargne de tous pour financer les projets de chacun.

Comme plus d'un million de Sociétaires, faites confiance à la CASDEN !



L'offre CASDEN est disponible
dans les Délégations Départementales CASDEN
et les agences Banques Populaires.

Rendez-vous également sur casden.fr

Suivez-nous sur [f](#) [t](#) [in](#) [v](#)



CASDEN, la banque coopérative de toute la Fonction publique