

*ACCOMPAGNER
LA ROBOTISATION
DE L'ÉCONOMIE*



Cette étude a été portée par **Corentin de Salle**, directeur du Centre Jean Gol, par **Amaury De Saint Martin**, directeur scientifique, par **Olivier Colin** et **Jean-François Bairiot**, conseillers et, pour le premier chapitre, par **Nicolas Petit**, professeur à l'Université de Liège.

Je les en remercie, ainsi que, pour leur participation, **Pierre Rion**, président du Conseil Numérique wallon, **André Delacharlerie** et **Pascal Balancier**, Experts Senior à Digital Wallonia, **Laurent Hublet**, conseiller Agenda Numérique au cabinet du ministre Alexander De Croo, **Arnaud Lombardo**, conseiller au Numérique au cabinet du ministre Pierre-Yves Jeholet, **Pierre-Alexandre Asmanis de Schacht**, conseiller parlementaire au Groupe MR du Parlement bruxellois, **Colienne Lejeune de Schiervel** et **Vanessa Moray**, conseillères parlementaires au Groupe MR du Parlement de la Fédération Wallonie-Bruxelles.

Je vous souhaite une excellente lecture de ce numéro des Études du Centre Jean Gol.

RICHARD MILLER

Administrateur délégué

Les Études du Centre Jean Gol sont le fruit de réflexions entre collaborateurs du CJG, des membres de son comité scientifique, des spécialistes, des mandataires et des représentants de la société civile.

Accessibles à tous, elles sont publiées sous version électronique et sous version papier.

RESPONSABLES SCIENTIFIQUES

Olivier Chastel, Président du CJG

Richard Miller, Administrateur délégué du CJG

Corentin de Salle, Directeur du CJG

Amaury De Saint Martin, Directeur scientifique du CJG

résiliomé

Les robots vont-ils éjecter les humains du marché de l'emploi en Belgique? Un examen approfondi des principales études publiées sur ce sujet ces dernières années un peu partout dans le monde permet d'apporter quelques éléments de réponse à cette interrogation très en vogue: un très grand nombre d'emplois seront effectivement touchés d'ici à 2030. Certains seront reconfigurés et certains supprimés mais un nombre d'emplois, probablement égal voire supérieur, sera créé.

Cette révolution numérique s'accompagnera probablement d'importants gains de productivité, mais ce qui est préoccupant, c'est le retard qu'accuse la Belgique dans le secteur numérique et la pénurie de programmeurs sur notre marché de l'emploi. Par ailleurs, il est impératif de préparer, dès aujourd'hui, cette transition de notre économie pour en atténuer le choc. Nous faisons face à un immense défi: la formation des jeunes générations aux compétences de demain: les compétences numériques bien sûr mais aussi, et surtout, les «*soft skills*», c'est-à-dire les compétences clés qui ne peuvent être automatisées: créativité, intelligence émotionnelle, flexibilité cognitive, pensée critique, résolution des problèmes, collaboration, leadership, agilité, esprit d'entreprendre, communication orale et écrite, recherche et analyse d'informations, curiosité, imagination, etc.

Il faut accompagner cette transition en formant correctement les enseignants aux compétences numériques, en veillant à la mise en œuvre de l'enseignement numérique figurant dans le Pacte d'excellence, en promouvant les écoles de codage extra-scolaires, en développant les infrastructures numériques, en numérisant l'administration, en mettant en œuvre le plan numérique Digital Wallonia et le plan fédéral Digital Belgium, en investissant dans la recherche digitale, en soutenant les start-up et en faisant émerger une industrie 4.0 dans tous les secteurs de l'économie (et pas uniquement le secteur du numérique). Par ailleurs, à plus long terme, il faut réfléchir à la mise en œuvre d'un dispositif ambitieux consacrant le droit universel à l'apprentissage afin d'assurer à chacun des droits égaux à une formation tout au long de sa vie.

Une étude réalisée par

**CORENTIN DE SALLE, OLIVIER COLIN, NICOLAS PETIT,
AMAURY DE SAINT MARTIN et JEAN-FRANÇOIS BAIRIOT**



INTRODUCTION

— par Corentin de Salle

Depuis quelques années, à l'occasion des progrès stupéfiants de l'intelligence artificielle (IA) et de ses applications industrielles, une inquiétude grandit : les robots vont-ils éjecter les humains du marché de l'emploi ?

De nombreuses études, en Belgique, en Europe, dans le monde, ont été et continuent à être publiées sur le sujet. Leurs auteurs se sont risqués à faire des simulations et à tirer des projections. Les résultats divergent. Parfois fortement. Mais, une chose est claire : un grand nombre d'emplois disparaîtront à court, moyen et long terme. Et pas seulement, comme par le passé, dans les métiers manuels où les tâches employant du personnel peu ou non qualifié. Désormais, cette révolution menace également des professions jusqu'alors prémunies par la mécanisation ou l'automatisation des chaînes de production : les juristes, les consultants, les médecins, les analystes financiers, etc. Par contre, des métiers manuels requérant un haut degré de coordination physique et de perception (coiffeur, jardinier, etc.) sont moins automatisables que des métiers plus intellectuels mais routiniers (guichetier de banque ou libraire). L'automatisation menace particulièrement les métiers requérant une qualification moyenne. Cela pose un défi gigantesque de formation de la population à de nouvelles compétences.

Ce constat est assez largement partagé. Là où les thèses divergent, c'est sur la question de savoir si cette menace conduit partout à une substitution de l'homme par la machine ou si une relation de complémentarité peut se nouer dans les métiers ainsi transformés. Ce sera probablement le cas dans certains métiers. Ainsi, il y avait deux pilotes par cockpit avant l'invention du pilotage automatique. Tous les avions de

ligne en sont désormais équipés et il y a toujours deux pilotes par cockpit. Et cela ne risque pas de changer dans le futur. Notons d'ailleurs qu'il y a toujours pénurie de pilotes. Plus fondamentalement, une profession est une activité consistant dans l'accomplissement d'un certain nombre de tâches. Il apparaît que certaines sont substituables par des machines et d'autres non. Plutôt qu'une destruction, ce qui se profile, c'est une reconfiguration et une redéfinition d'un grand nombre de professions.

Une autre question, c'est, quand il est bel et bien question de destruction d'emplois, de savoir si elle va s'accompagner d'une création massive d'emplois dans de nouveaux secteurs. La thèse classique, c'est celle de l'économiste Joseph Schumpeter : la destruction créatrice. Selon lui, la dynamique capitaliste consiste à innover constamment, ce qui implique à chaque fois la nécessité de détruire les anciennes structures. C'est ce qui s'est passé lors du passage de la société agraire à la société industrielle. Cela s'est reproduit lors de l'automatisation des usines. Avec, chaque fois, pour conséquence une amélioration des standards de vie pour la société dans son ensemble.

Est-ce que cette thèse de la destruction créatrice se vérifiera encore dans le cadre de cette révolution numérique qui s'annonce aujourd'hui ? Cette question est évidemment essentielle. Il n'y a effectivement aucun déterminisme dans l'histoire humaine. Ce n'est pas parce que certaines choses se sont passées de telle ou telle manière par le passé qu'elles se reproduiront nécessairement à l'identique dans le futur.

Quoi qu'il en soit, comme on va le voir, la position, largement majoritaire, qui s'affirme dans ces études, c'est que la perte d'emplois sera compensée par l'apparition d'emplois dans un grand nombre de secteurs. A ce stade, il est évidemment difficile de prédire avec précision quelle forme prendront les emplois de demain mais on identifie déjà quels seront certains de ces secteurs : industrie 4.0 (individualisation et personnalisation de la production d'objets), livraison, logistique, traitement des données (data doctors, cyber analysts, etc.), programmeurs, concepteurs et éducateurs d'intelligence artificielle, métiers d'interactions homme-machine (psycho-statisticiens, psycho-linguistes, etc.), imprimantes 3D, métiers liés à la smart mobility (robotique automobile, aiguillage routier, infrastructures intelligentes, industrie du loisir adapté à la voiture autonome, etc.), internet des objets, droit numérique, cybersécurité, protection de la vie privée, métiers de conseil, éthiciens du Web, Web marketing, etc.

Par ailleurs, les dernières études (OCDE, McKinsey, etc.) s'avèrent beaucoup moins pessimistes que des études parues antérieurement et plus médiatisées (comme celle de Frey & Osborne en 2013) : on ne parle plus de 40% de jobs à haut risque de robotisation mais bien de 8 à 10%.

Enfin, plusieurs études considèrent que la robotisation va créer beaucoup de valeur en raison des gains de productivité qu'elle va engendrer. L'étude McKinsey de novembre 2017¹ parle de 1% supplémentaire de croissance annuelle entre 2016 et 2030.

¹ McKinsey&Company, *Future of Work. The impact of AI and automation in Belgium, November 2017*

La thèse de Schumpeter se vérifierait donc. Mais, il faut d'emblée faire deux précisions importantes. D'une part, ces ajustements sont tout sauf automatiques. Les choses ne prennent pas soin d'elles-mêmes. Pour réussir une transition, une société doit se préparer et prendre des mesures adéquates pour faciliter la création de nouveaux emplois via des infrastructures, incitants et un environnement favorable. Et cela tant au niveau économique que politique. D'autre part, quand on regarde le passé, on remarque que ces transitions occasionnent parfois des dégâts sociaux et humains. Il est indispensable que les mesures prises soient conçues de manière à amortir le choc, à atténuer sa brutalité et à empêcher que des personnes ne soient déclassées durablement ou exclues à tout jamais du marché de l'emploi.

Ceci étant dit, nous faisons face à un danger autrement plus préoccupant et plus immédiat que la robotisation de l'emploi : le retard que les pays de l'Union Européenne ont pris dans le développement de l'économie numérique. Dans l'acronyme GAFAM (Google, Amazon, Facebook et Apple),² aucune lettre ne désigne un géant numérique européen. La raison en est qu'il n'en existe aucun. Idem pour les NATU (Netflix, Airbnb, Tesla et Uber) ou pour l'asiatique BATX (Baidu, Alibaba, Tencent et Xiaomi). Comme le dit l'expert français Laurent Alexandre : « *Quand nos licornes européennes Criteo et Blablacar valent 1 milliard, les leaders américains de l'IA, valent 1000 milliards !* ».

C'est particulièrement préoccupant car nous sommes dans un secteur où l'on a coutume de dire qu'il n'y a pas « *de médaille d'argent* » : « *winner takes it all* ». Ces entreprises étrangères ont pris une avance non négligeable sur leurs consœurs de l'Union Européenne et ce sont elles qui sont en train de définir les standards de l'économie de demain. Certains estiment que l'Europe risque de devenir une « *colonie numérique* » du monde anglo-saxon.

Non seulement, l'Europe est en retard par rapport aux Etats-Unis et à l'Asie mais la Belgique est en retard par rapport à l'Europe. Dans le domaine des technologies de l'information et de la communication (TIC), la Belgique compte carrément parmi les plus mauvais élèves de la classe des pays industrialisés. Telle est la thèse d'une étude de l'économiste belge Bart Van Craeynest³ : la Belgique a, relativement aux autres pays, créé trop peu de valeur ajoutée et d'emplois dans ce domaine.

Une des causes de ce retard, mais non la seule, tient au fait que l'économie numérique requiert des diplômés en informatique et que ces derniers sont trop peu nombreux en Belgique. C'est ce que relèvent plusieurs enquêtes d'Agoria et c'est ce que constatent l'ONEM, le FOREM et ACTIRIS qui classent les métiers informatiques dans les métiers en pénurie depuis plus de dix ans.

En amont, il faut malheureusement constater que l'apprentissage des compétences numériques dans l'enseignement obligatoire de la Fédération Wallonie-Bruxelles est dans une situation alarmante. Nettement en dessous de la moyenne par rapport aux autres pays de l'OCDE. Nettement en dessous, également, de la situation flamande de l'enseignement numérique.

Le rapport 2016 du Conseil Supérieur de l'Emploi⁴ nuance ces observations par un constat plus positif : le taux de croissance cumulée de haute technologie en Belgique a été plus élevé que la moyenne européenne (22,3% contre 19%). Malheureusement, même s'il y a un rattrapage, cette croissance s'opère principalement en Flandre et au Brabant wallon. Il existe, en effet, une très forte disparité régionale à ce niveau.

Comment expliquer cette disparité ? La Wallonie a bel et bien, dans le cadre du plan Marshall 4.0, adopté un Plan Numérique wallon. Mais ce dernier, adopté en 2015, n'a, en dépit de nombreux projets très porteurs conçus par l'Agence du Numérique, été que très partiellement et très imparfaitement traduit politiquement en raison d'un manque d'intérêt et de suivi par le gouvernement wallon précédent. Par ailleurs, comme souvent, ce gouvernement a, dans sa politique économique, préféré utiliser la technique du saupoudrage des aides publiques en lieu et place d'un recentrement sur des priorités et des filières porteuses.

Ajoutons qu'un accord de coopération a été signé le 7 juillet 2005 entre les gouvernements de la Région wallonne et de la Communauté française (et, le 25 août 2005, par le gouvernement de la Communauté germanophone) relatif à l'implantation des ordinateurs dans les écoles wallonnes en vue d'attendre l'objectif d'un ordinateur pour 15 élèves. En résumé, il prévoit que la région fournisse le matériel nécessaire et que la Communauté assure la formation et l'accompagnement des enseignants. Malheureusement, alors que la région wallonne a rempli ses obligations (même, si aujourd'hui, les écoles wallonnes sont deux fois moins bien équipées que la moyenne européenne), la FWB n'a pas rempli les siennes.

Le manque de formation et d'accompagnement numérique des enseignants est préoccupant. La députée communautaire Françoise Bertiaux a d'ailleurs interpellé le ministre de l'Enseignement Supérieur Jean-Claude Marcourt pour qu'un module soit dédié à cette formation à l'occasion de la réforme sur la formation initiale des enseignants mais, vu que le texte n'a pas encore été déposé, il est difficile de savoir s'il a été tenu compte de cette demande. Difficile aussi de savoir si des budgets seront disponibles à cet effet en FWB. Du côté bruxellois, la majorité en place est restée au point mort. La problématique de la robotisation de l'emploi n'est même pas traitée de manière claire dans l'appel à projets « Next Tech ».

² On parle aussi parfois de « GAFAM », le « M » correspondant alors à Microsoft

³ B. Van Craeynest, *Clés pour la Belgique: Les défis de notre économie et vingt recommandations politiques pour mieux faire*, Econopolis, 2015

⁴ Conseil Supérieur de l'Emploi: rapport 2016 www.emploi.belgique.be/publication.Default.aspx?id=45084

C'est d'autant plus regrettable que l'économie bruxelloise, essentiellement portée par des activités de service, est largement concentrée (notamment au niveau du secteur bancaire).

Heureusement, la mise en œuvre politique de ce plan numérique figure aujourd'hui dans la tête de liste des priorités du gouvernement régional wallon actuel. Des plans longuement mûris vont enfin voir le jour. Par ailleurs, notons que le gouvernement wallon, désireux de faire avancer ce dossier, accomplit une partie de la tâche de la FWB grâce au projet Wallcode,⁵ grâce à l'extension du réseau CoderDojo Belgium en Wallonie et en finançant des ASBL qui assurent des formations destinées aux enseignants.

Autre raison d'espérer : en 2015 a été lancé le plan fédéral Digital Belgium qui fixe des objectifs ambitieux : pour l'horizon 2020, le but est de permettre à la Belgique d'accéder au **top 3 du numérique** du classement « *Digital Economy and Society Index* » (l'indice européen relatif à l'économie et à la société numériques), de faciliter l'éclosion de **1.000 nouvelles start-ups** et de créer **50.000 nouveaux emplois** numériques dans tout un éventail de secteurs.

Pour ce faire, de nombreuses réformes ont déjà été adoptées au niveau fédéral : le tax shelter qui permet aux personnes investissant dans les start-up d'obtenir un avantage fiscal (de 30% et même de 45% s'il s'agit d'une micro-entreprise), le taux d'imposition à 20% (10% effectif) sur les services prestés dans le cadre de l'économie collaborative via des applications ou des plateformes numériques, la déduction fiscale pour l'innovation (qui s'applique aux logiciels), le lancement d'un fonds, le Digital Belgium Skills Fund, finançant des projets et la création du campus numérique ouvert à tous dans la gare centrale à Bruxelles (projet BeCentral), projet auquel la Région wallonne contribue également dans le cadre de Wallcode.

La présente étude entend prendre en charge ces diverses questions de manière méthodique. Elle est le fruit du travail de toute une équipe et a pu bénéficier de l'éclairage de plusieurs experts et acteurs qui ont accepté de rencontrer les auteurs de cette étude.

Dans le premier chapitre, le professeur Nicolas Petit (Université de Liège) propose une présentation générale de la robotisation et explique les causes qui ont présidé à son irruption. Il analyse ensuite cette robotisation sous trois angles : technologique, économique et sociétal. Il présente les arguments respectifs des « *technico-optimistes* » et des « *technico-pessimistes* » et s'interroge sur la révolution robotique au moyen de la théorie schumpétérienne.

Dans un second chapitre, Olivier Colin, conseiller à la présidence du MR et collaborateur au Centre Jean Gol, évalue l'impact de cette robotisation sur l'emploi. Il opère une revue comparative d'une douzaine d'études scientifiques qui ont été publiées sur le sujet.

Dans un troisième chapitre, Olivier Colin reprend cette même question mais dans le cadre de l'économie belge. Il examine, plus particulièrement, les secteurs de l'hébergement, de l'Horeca, des soins de santé et de la construction.

Dans un quatrième chapitre, Jean-François Bairiot, conseiller à la présidence du MR et collaborateur au Centre Jean Gol, soucieux d'anticiper les besoins de cette révolution qui s'annonce et désireux d'atténuer l'impact de celle-ci sur le marché de l'emploi, s'interroge sur les compétences qui seront demandées dans l'économie numérique de demain. Si l'on désire réfléchir à la numérisation de l'économie, les compétences examinées ne se limitent pas (et ne doivent pas se limiter) aux compétences numériques. Il faut également donner une place importante aux compétences complémentaires à la machine,

les compétences qui constituent la véritable plus-value des travailleurs humains par rapport à ces compétiteurs d'un nouveau type que sont les robots : la gestion des émotions, la créativité, la communication, la gestion de crise, etc.

Dans un cinquième chapitre, je me penche sur la question de la formation numérique dans l'enseignement obligatoire de la Fédération Wallonie-Bruxelles. Je m'emploie à dresser un état des lieux et les projets en cours. J'explique ce que, idéalement, devrait être le corpus de connaissances et compétences à enseigner pour former adéquatement les citoyens de demain. Je termine par une réflexion sur la transformation que devrait connaître, dans un proche futur, l'acte même d'enseigner en raison de la révolution numérique.

Dans un sixième chapitre, Amaury De Saint-Martin, directeur scientifique du Centre Jean Gol, se penche sur la question de la formation aux compétences numériques dans le domaine extra-scolaire. Vu l'impact de la révolution numérique en cours sur l'économie et sur la société, il est devenu impératif de mettre en place des outils permettant d'assurer aux citoyens et aux travailleurs une formation permanente. On voit heureusement émerger, du marché et du secteur associatif, toute une série d'initiatives qui permettent de suppléer partiellement et de compléter la formation de l'enseignement obligatoire.

Dans un chapitre conclusif, j'explique et tente de démontrer qu'un certain nombre de solutions actuellement préconisées pour réagir à la robotisation doivent être rejetées car conservatrices, protectionnistes et contre-productives.

En contrepoint, récapitulant les principaux enseignements de l'étude, j'énonce et développe les propositions que le Centre Jean Gol propose pour favoriser et encadrer l'économie numérique et la robotisation.

⁵ Il y a deux volets à l'Opération Wallcode. D'une part, il y a un volet initiation des élèves confié à Kodo Wallonie, au Pass et à Interface3 Namur et auquel contribuent des centres de compétences, des EPN et le MIC Mons. D'autre part, il y a un volet formation des enseignants confié à ICTeam-UCL grâce à un projet regroupant l'ensemble des Universités et Hautes Ecoles section informatique, avec un focus sur le cours « éducation par la technologie » du module « science et technologie » du tronc commun mais également de manière transversale dans divers domaines disciplinaires (et pas uniquement les mathématiques).

I. ROBOTISATION ET ROBOTISATION DE L'ÉCONOMIE

par Nicolas petit

La robotisation de l'économie, c'est l'utilisation de robots dans la production, la consommation et l'échange de biens et services marchands.⁶ Expression valise, la robotisation de l'économie se décline sous divers angles, technologique (1), économique (2) et sociétal (3).

ANGLE TECHNOLOGIQUE

La robotisation, c'est le déploiement dans la société de « systèmes complexes d'acquisition et de traitement de l'information »,⁷ et notamment, de systèmes d'intelligence artificielle (« IA »). Selon une définition classique, l'IA renvoie à des « programmes informatiques qui traitent des problèmes habituellement résolus par des processus mentaux de haut niveau chez les humains », et notamment le raisonnement abstrait, créatif et intuitif.⁸

Dans leur forme, ces systèmes intelligents peuvent être aussi bien virtuels - par exemple, des robots, des logiciels d'assistance médicale ou juridique - que matériels - par exemple, des systèmes à enveloppe réelle comme une voiture autonome ou une usine intelligente.⁹

Dans leur performance, ce qui distingue ces systèmes intelligents des machines-outils ou des systèmes experts comme les logiciels de traitement de texte, c'est leur « autonomie », c'est-à-dire leur capacité à sentir, penser et agir sans intervention humaine.¹⁰ On parle parfois de la « boucle perception, décision, action ».¹¹

De longue date, la robotisation fait les titres de la presse pour ses exploits dans des domaines spectaculaires : exploration spatiale – le robot Philae – jeux de société – les tournois d'échec entre DeepBlue Gary Kasparov – ou encore les opérations de défense civile ou militaire – contre-espionnage ou déminage. Si l'on en parle aujourd'hui toutefois comme d'une « quatrième révolution industrielle », c'est que les performances des robots et systèmes intelligents permettent d'envisager de leur déléguer la plupart des tâches ordinaires qui occupent les humains dans leur vie quotidienne, personnelle comme professionnelle. En outre, à côté des IA et robots spécialisés comme, par exemple, le robot aspirateur domestique Roomba ou les robots industriels « pick and place », apparaissent aujourd'hui des technologies généralistes d'applications diverses comme les assistants personnels virtuels ou les robots plus ou moins anthropomorphiques. Si l'on voulait

filer la métaphore, on parlerait de robots couteaux-suisse, capable de répondre à des requêtes aléatoires, ouvertes et variées, tout comme les humains.

Quatre facteurs expliquent ce nouveau « printemps » de la robotisation.¹²

Premièrement, la progression inexorable de la loi de Moore a abouti à une « croissance exponentielle des capacités de calcul » et à une chute du prix de la puissance de calcul informatique.¹³

Deuxièmement, la numérisation à l'œuvre dans l'ensemble de la société depuis les débuts d'Internet a débouché sur la production, mais surtout sur la distribution inégalée de « données massives » (« big data »), sur lesquelles les robots peuvent s'entraîner à moindre coût.

Troisièmement, des progrès considérables ont été enregistrés dans le champ de l'intelligence artificielle (« IA »), et notamment le développement des disciplines d'apprentissage profond (« deep learning »), par renforcement (« reinforcement learning ») ou les réseaux neuronaux (« neural networks »).

⁶ Conseil d'orientation pour l'emploi, *Automatisation, numérisation et emploi. Tome 1 Les impacts sur le volume, la structure et la localisation de l'emploi, janvier 2017*, p.12 www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/174000088.pdf.

⁷ M. Ghallab et F. Ingrand, IA et robotique, dans P. Marquis, O. Papini et H. Prade (Eds), *Panorama de l'Intelligence Artificielle, ses bases méthodologiques, ses développements: Volume 3: L'I.A. frontières et applications*, Cepaduès, Toulouse, 2014, 3.8.

⁸ McCarthy, l'un des pionniers, a même parlé de « bon sens »: J. McCarthy, *Programs with common sense*, Computer Science Department, Stanford University, 1959, www-formal.stanford.edu/jmc/mcc59.pdf: “work is being done in programming computers to solve problems which require a high degree of intelligence in humans. However, certain elementary verbal reasoning processes so simple that they can be carried out by any non—feeble minded human have yet to be simulated by machine programs”.

⁹ C. Albessart, V. Calay, J. Guyot, A. Marfouk et F. Verschueren, *La digitalisation de l'économie wallonne: une lecture prospective et stratégique*, Rapport de recherche de l'IWEPS, Mars 2017, p.13.

¹⁰ On parle de paradigme « sense, think, act ». Voir M. Siegel, *The sense-think-act paradigm revisited in 2003 First International Workshop on Robotic Sensing, ROSE'03*, 2003.

¹¹ Voir Ghallab et Ingrand, *prec.*

¹² Ch. Warren, *Google's artificial intelligence chief says 'we're in an AI spring*, Mashable, 20 mai 2016, www.mashable.com/2016/05/20/google-ai-spring/#J1nKSMY0Gq5

¹³ Conseil d'orientation pour l'emploi, *op.cit.*, p. 12.

Enfin, la convergence entre la robotique et la science informatique conduisent au « *développement et à l'expérimentation de robots de plus en plus 'apprenants' et capables de réaliser davantage de tâches à dimension cognitive* ». ¹⁴

Des défis technologiques majeurs demeurent néanmoins. Dans le champ de l'IA, l'apprentissage supervisé demeure dominant. Une intervention humaine est nécessaire, pour définir, labelliser et spécifier, les données, règles et récompenses sur lesquelles s'entraînent les IA. L'apprentissage non supervisé à grande échelle reste, en revanche, moins développé. Son déploiement pourrait du reste se heurter à des restrictions éthiques, réglementaires et prudentielles, visant à maintenir un contrôle sur les risques existentiels et non existentiels qu'il présente.

Dans le champ de la robotique, les défis sont essentiellement liés à la performance des batteries (notamment leur autonomie), des actionneurs (notamment leur dextérité, préhension et sensibilité perceptuelle), et des moteurs. De même, la question des infrastructures dans lesquelles sont déployés les robots est importante. Pour l'heure, les robots opèrent essentiellement dans des environnements contrôlés comme des usines ou des entrepôts. Mais comme on l'a bien écrit, du « *point de vue d'un robot, une maison est un environnement aussi hostile que la planète Mars ou un champ de bataille* ». ¹⁵ Une normalisation technique des infrastructures publiques et domestiques pourrait donc, à un stade ou l'autre, agir comme un préalable nécessaire, au déploiement à grande échelle de la robotique. Sans compter que, dans le contexte

des interactions avec l'humain, un problème insoluble tient à l'impossibilité de prévoir à l'avance tous les comportements et gestes de l'humain.

Enfin, dans le champ des données massives, des problématiques de disponibilité se posent. Ainsi, sur plusieurs dizaines de millions de décisions de justice rendus en Belgique au cours du dernier siècle, seules 175.000, soit 0,47% de la totalité de la jurisprudence, sont connues et archivées dans des bases de données. ¹⁶ De même, l'interopérabilité des bases de données n'est pas, à ce jour, la règle. Il est par exemple très difficile pour une compagnie d'assurance d'avoir accès au rapport de police constatant une infraction, quand bien même les personnes concernées auraient marqué leur assentiment. ¹⁷ Enfin, les obligations légales de confidentialité (notamment l'anonymisation des données) ou les mesures légitimes prises par en matière de cyber sécurité freinent la progression de l'IA et de la robotisation.

PERSPECTIVE ÉCONOMIQUE

Les effets économiques de la robotisation sont surtout envisagés sur le marché de l'emploi, et ce malgré le déploiement encore très embryonnaire de robots à grande échelle dans l'économie, sauf peut-être dans certains secteurs spécifiques comme l'automobile. ¹⁸

Il faut dire que, de longue date, le problème du « *chômage technologique* », comme l'avait appelé Keynes, occupe les économistes. ¹⁹ Et, de manière assez surprenante, leurs

perspectives sur le sujet ne correspondent pas aux clivages habituels entre libéraux, confiants dans la capacité d'ajustement du marché de l'emploi à l'automatisation, et interventionnistes préoccupés de ce que le remplacement du travail par le capital ne conduise au chômage de masse et à l'accroissement des inégalités. ²⁰ Chez Smith, Malthus et Say, on discerne un certain optimisme à l'idée d'une destruction créatrice d'emplois dont le solde jouerait à la faveur de la technologie. À l'inverse, chez Keynes, Ricardo et Mill, de plus grandes réserves sont émises quant à l'automatisation des effets de bien-être dégagés par la mécanisation, et leur redistribution égale vis-à-vis des travailleurs. ²¹ Ni chez les uns, ni chez les autres, ne trouve-t-on toutefois trace d'une fin du travail sous l'effet de la mécanisation. Tout au plus Keynes nous parle-t-il d'une journée de travail de trois heures.

À ce jour, et malgré les constatations nuancées atteintes par ces illustres économistes, certaines représentations incorrectes de l'économie continuent à habiter les débats sur les relations entre la robotisation et l'emploi. L'une d'entre elles, qui mérite d'être corrigée, est le sophisme de la masse de travail fixe. Selon cette idée, la quantité de travail disponible dans l'économie serait fixe de sorte que, toute activité accomplie par une quantité discrète de travail robotisé remplacerait une quantité discrète de travail humain. ²² Dans ce jeu à somme nulle, l'employé serait perdant à tous les coups, et le capital gagnant à coup sûr.

Or, comme l'histoire économique le démontre, cette idée est fautive. Et l'on peine à voir ce qui, dans la robotisation, est à ce point différent qui pourrait la rendre exacte.

¹⁴ *Idem*, p.23.

¹⁵ P.-Y. Oudeyer, *Les grands défis de la robotique du 21ème siècle*, Février 2009, www.pyoudeyer.com/OudeyerCiteDesSciences09.pdf.

¹⁶ J.-P. Buyle et A. van den Branden, *La robotisation de la justice*, dans A. de Streel et H. Jacquemin (Eds), *L'intelligence artificielle et le droit*, Larcier, Louvain-la-Neuve, 2017, pp. 259-318.

¹⁷ V. Gupta, *Programmable Blockchains in context: Ethereum's future*, 21 octobre 2015, www.media.consensys.net/programmable-blockchains-in-context-ethereum-s-future-cd8451eb421e

¹⁸ J. Petzinger, *Germany has way more industrial robots than the US, but they haven't caused job losses*, 12 Octobre 2017, www.veforum.org/agenda/2017/10/germany-has-way-more-industrial-robots-than-the-us-but-they-haven-t-caused-job-losses. Voir aussi, Dauth, W, S FIndeisen and J Suedekum (2014), *The rise of the east and the far east: German labor markets and trade integration*, *Journal of the European Economic Association* 12(6):1643-1675.

¹⁹ J. M. Keynes, *Economic possibilities for our grandchildren*. » *Essays in persuasion*, Palgrave Macmillan UK, 1930 (2010), pp. 321-332.

²⁰ *Sur ce qui suit, voir Conseil d'orientation pour l'emploi, op.cit., pp.39-40.*

²¹ J.M. Keynes, *op.cit.* et D. Ricardo, *On the Principles of Political Economy and Taxation*, John Murray, London, 1821. Pour les autres références, voir *Conseil d'orientation pour l'emploi, op.cit., pp.39-40.*

²² *C'est la même idée forte qui traverse les politiques de réduction du temps de travail mises en œuvre en Europe occidentale au cours des années 1990.*

D'abord, pourquoi seulement observer la relation de substitution du robot à l'humain, sans envisager leur complémentarité? L'histoire enseigne en effet que toute technologie crée des emplois. Il faudra sans doute des humains pour concevoir, réparer et démanteler les robots. Du travail humain sera encore nécessaire pour mettre en place les environnements structurés nécessaires au déploiement de la robotique (par exemple, signalisation routière intelligente). En dehors même de la filière robotique ou de l'IA, de nouvelles occupations apparaîtront. Car comme la nature, l'humanité déteste le vide et à mesure que la technologie résout nos problèmes de subsistance et repousse la frontière d'innovation, elle révèle de nouveaux besoins humains. La transition écologique dans les sociétés industrialisées en est une bonne illustration. Enfin, la technologie accouche souvent de nouveaux modes de partage du travail et de spécialisation. Ainsi, dans la robotisation et dans l'IA, les activités de supervision opérationnelle des systèmes intelligents (« *human on the loop* »), d'audit, de sécurisation, de labellisation et de normalisation algorithmique devraient se développer.

Le mythe du stock de travail fixe ignore aussi que la technologie et les activités humaines obéissent parfois à des relations d'indifférence. L'automatisation est sans effet sur certains métiers, que la demande réserve aux humains. Ne serait-ce le succès des tournois de football robotique ou des orchestres artificiellement intelligents, il y a fort à parier qu'une demande d'activités purement humaine demeurera, dans les domaines sportifs et récréatifs.²³ Dans le même ordre d'idées, en parallèle avec la robotisation, un renouveau de l'artisanat n'est pas à exclure. Le système de prix pourrait ainsi conduire

à valoriser les biens et services produits de main d'homme, et des labels « *man-made* » ne relèvent pas de la chimère. Enfin, la société pourrait chercher à réglementer l'usage des robots et IA afin de réserver aux humains certaines activités présentant des risques existentiels, qu'il s'agisse du diagnostic médical, de la décision judiciaire ou du pilotage aérien. Dans ces domaines, la société affecte une plus grande tolérance aux erreurs humaines qu'à celles des machines.

L'idée de substitution surestime la performance de la robotisation et de l'IA, et sous-estime certaines frontières technologiques. L'économiste du travail D. Autor parle ainsi de « *paradoxe de Polanyi* » pour souligner que de nombreux « *savoirs tacites* » ne sont pas, à ce jour, réductibles en forme de codes algorithmiques explicites.²⁴ Cela est le cas des tâches nécessitant flexibilité, intuition, jugement et bon sens, comme par exemple le développement d'hypothèses, le rangement d'une armoire, l'interaction avec une audience, le management d'une équipe, la constitution d'un réseau d'influence.²⁵

Enfin, selon la théorie du déversement, les gains de productivité dégagés dans les secteurs exposés à la robotisation créent de nouveaux débouchés du côté de la demande et de l'offre.²⁶ Sur des marchés concurrentiels, la baisse du coût de production due à la technologie entraîne une baisse des prix et donc un gain de pouvoir d'achat qui se traduit par la création de « *nouvelles demandes* » de biens et services. Par ailleurs, la baisse du coût de production accroît les profits des firmes, qui les réinvestissent dans de « *nouvelles offres* » de biens et services.

Complémentarité, indifférence, frontières technologiques et déversement sont autant de forces médiates de compensation capable de contrebalancer les problèmes immédiats de substitution du travail par les machines. Et la question de savoir si l'effet de compensation domine la substitution est empirique. A ce jour, l'histoire nous dit que les cycles d'automatisation technologique ont débouché sur des déplacements intersectoriels de la main d'œuvre, notamment du secteur agricole vers l'industrie et les services. En revanche, la technologie n'a pas réduit le taux d'emploi global, ni augmenté le taux de chômage global, que du contraire.²⁷ Des experts de l'OCDE observent enfin à juste titre que « *l'utilisation de nouvelles technologies est un processus long, ralenti par les obstacles économiques, légaux et sociaux, de telle sorte que souvent la substitution technologique ne s'effectue pas comme prévu* ».

Certes, les rigidités connues du marché du travail nécessitent l'adoption de mécanismes transitionnels, permettant d'accompagner les travailleurs victimes de la substitution robotique durant leur conversion vers de nouveaux secteurs d'activités, et spécialement les moins qualifiés qui souffriront davantage des coûts d'ajustement.²⁸ A cet égard, des dispositifs de formation professionnelle et universitaire tout au long de la vie sont requis, qui pourraient conduire à transformer structurellement l'organisation de nos systèmes d'éducation primaire, secondaire et supérieure (contenu, durée et organisation disciplinaire des études). L'université, notamment, ne devrait plus être un lieu de savoir réservé aux jeunes adultes.

²³ Voir dans le même sens, une étude de Deloitte, *Technology and People: The Great Job-Creating Machine*, 2015, www.www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/finance/deloitte-uk-technology-and-people.pdf Un exemple intéressant est aussi celui des soins à la personne, comme par exemple la garde d'enfants ou les nourrices.

²⁴ D. Autor, *Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation*, *Journal of Economic Perspectives*, vol. 29, no. 3, 2015, pp. 3-30.

²⁵ Une étude du cabinet de conseil Roland Berger parle dans les mêmes termes des « métiers impliquant de forts contenus décisionnels, de la créativité et de l'intelligence sociale » qui seront préservés. Par exemple, dans le domaine médical, la relation des médecins avec les patients demeurera importante. Dans le domaine juridique, la plaidoirie ou de l'écoute du client ne semblent pas automatisables. Voir Roland Berger, « Les classes moyennes face à la transformation digitale. Comment anticiper ? Comment accompagner ? », octobre 2014.

²⁶ A. Sawy, *La Machine et le Chômage*, *Population*, vol. 36, no 3, 1981, pp. 645-646

²⁷ L. Mishel & J. Bivens, *The zombie robot argument lurches on*, *Economic Policy Institute*, 24 May 2017

²⁸ M. Arntz, T. Gregory & U. Zierahn, *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*, *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, No. 189, OECD Publishing, Paris, 2016, www.dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en.



ANGLE SOCIÉTAL

L'apparition d'une nouvelle technologie s'accompagne souvent de prédictions apocalyptiques. Chacun connaît l'étude de Frey et Osborne prédisant la disparition de 47% des emplois dans l'économie américaine à l'horizon 2040 (présentée dans le second chapitre de la présente étude).²⁹

Cette tendance n'est pas nouvelle, elle est séculaire. A Rome, autour du deuxième siècle avant Jésus-Christ, Plaute écrivait un poème condamnant une nouvelle technologie, le cadran solaire qui découpait la journée en heures.³⁰ En 1450, l'invention de l'impression par Gutenberg précipita l'adoption de monopoles royaux sur l'impression de la bible, du risque que tout un chacun puisse se faire une idée de la religion.³¹ Enfin, à la fin du XIX^{ème} siècle était adopté au Royaume-Uni le « *Red Flag Act* » qui imposait à tout véhicule automobile d'être précédé par un humain arborant un drapeau pour prévenir les passants du véhicule.³²

Bref, un biais de pessimisme assez généralisé caractérise la réponse de la société à l'apparition d'une technologie. Pour reprendre les termes de Schumpeter, face à la « *destruction créatrice* », la société est obsédée par la puissance de destruction de la technologie et en marginalise l'œuvre créatrice.

S'il est assez universel, ce biais de pensée est intellectuellement paradoxal et empiriquement infondé. Intellectuellement paradoxal car la société, en même temps qu'elle se focalise sur la destruction, jouit en abondance des innovations destructrices

du passé ; empiriquement infondé, car le stock global d'emploi de la population mondiale n'a cessé d'augmenter au cours des derniers millénaires. De nouveaux métiers ont été créés par la technologie. Dans le télégraphe et téléphone, pour prendre un exemple contemporain, le nombre d'emplois fut multiplié par 100 entre 1871 et 1971.³³ Enfin, du fait de la baisse des coûts et de l'augmentation des revenus de la demande, des métiers que l'on pensait technologiquement condamnés se sont multipliés. La densité en serveurs et coiffeurs a par exemple augmenté : en 1871, on comptait un coiffeur/barbier pour 1793 citoyens. On en compte désormais un pour 286.

Le pessimisme ambiant vis-à-vis de la technologie repose sur des ressorts psychologiques connus : les gens réagissent d'avantage aux effets directs et observables. Mais être conscient de ces problèmes ne signifie cependant pas qu'il faut embrasser une perspective inverse, c'est à dire techno-optimiste, lorsque l'on envisage la réponse de la société face au progrès technologique. En effet, l'histoire enseigne que le progrès technologique surestime souvent ses capacités. Ainsi, des doutes émergent aujourd'hui sur la possibilité de maintenir la vitesse de progression de la loi de Moore qui prédit un doublement des capacités de stockage et calcul tous les 18 mois.³⁴ De même, les propos relatifs aux données massives omettent de dire que la plupart des bases de données ne sont pas interopérables et que des opérations manuelles d'encodage et d'impression sont nécessaires pour les connecter.³⁵

Par ailleurs, la technologie ne suit pas des trajectoires déterministes. Elle émerge au contraire souvent de manière aléatoire, anarchique, imprévue. La découverte des Amériques par Christophe Colomb ou de la bactérie par Pasteur sont le fruit du hasard. De même, ce phénomène n'est qu'amplifié lorsque l'on parle de technologies « *combinatoires* »,³⁶ comme celles dont il est question en matière de robotisation et d'IA. Un journaliste expert des questions technologiques, Matt Ridley a parlé de « *Ideas having sex* » pour évoquer la sérendipité de l'innovation.³⁷

Ni techno-pessimiste, ni techno-optimiste, la posture la plus raisonnable à adopter vis-à-vis des technologies robotiques et systèmes intelligents est, à ce stade, techno-pragmatique. Sous cette toise, deux défis sociétaux semblent se poser aujourd'hui avec acuité.

Le premier est celui de la transition, pour les travailleurs et entrepreneurs dont les métiers ou tâches seront détruits par la technologie, leur conversion à des nouveaux métiers ou alors la formation à des tâches complémentaires ou distinctes.

²⁹ C. Frey et M. Osborne, *The future of employment: how susceptible are jobs to computerization?*, *Technological Forecasting and Social Change*, vol.114, 2017, pp. 254-280. Idem dans d'autres domaines. Ainsi, l'ouvrage du juriste Susskind qui prévoit la disparition des cabinets d'avocat de type artisanaux (« *cottage industry* »). Voir R. Susskind, *Tomorrow's lawyers. An Introduction to Your Future*, Oxford University Press, Oxford, 2017.

³⁰ Introduce "Plautus, Against Sundials" www.thewonderingminstrels.blogspot.fr/2006/08/against-sundials-plautus.html.

³¹ P. Linzer, *From the Gutenberg Bible to Net Neutrality-How Technology Makes Law and Why English Majors Need to Understand It.*, *McGeorge Law Review*, vol. 39, no. 1, 2008, pp. 1-26.

³² D. Cebon, *Interaction between heavy vehicles and roads*, SAE Technical Paper No. 930001, 1993

³³ Deloitte, *op.cit.*

³⁴ Rédaction, *The End of Moore's Law*, *The Economist*, 19 April 2015

³⁵ V. Gupta, *op.cit.*

³⁶ H. Varian, J. Farrell & C. Shapiro, *The Economics of Information Technology: An Introduction*, Cambridge University Press, Cambridge, 2014.

³⁷ D. Geere, *Matt Ridley observes 'ideas having sex'*, 21 July 2010, www.wired.co.uk/article/ideas-having-sex-matt-ridley-steven-berlin-johnson

Le second est celui de la régulation. Ici, quelques écueils connus doivent être évités :

- **La réglementation incapacitante**, c'est-à-dire celle qui conduit à annihiler de fait une technologie, en rendant son déploiement impossible. Un problème proche existe, à ce jour, dans le domaine des services de taxis ou d'hôtellerie, dont la régulation empêche le déploiement du potentiel de l'économie collaborative ;
- **La réglementation pavlovienne**, c'est à dire celle qui, en réponse à un incident, conduit le pouvoir politique à sur-réagir, notamment en réponse aux demandes de l'opinion publique : au premier crash aérien d'un appareil volant autonome, un risque pourrait consister à interdire l'utilisation de tout système intelligent ou robot dans le cockpit, en ce compris pour le personnel d'accompagnement ;
- **La capture de la réglementation par des intérêts particuliers**. Ici, le risque est que derrière une redéfinition de l'intérêt général, le pouvoir politique octroie des rentes de situation ou des monopoles sur certaines activités et ne permette pas aux meilleures solutions d'émerger via le processus de sélection concurrentielle : on songe, par exemple, à l'octroi de droits spécifiques à certaines organisations privées sur les données massives.



II. DIGITALISATION ET EMPLOIS, ENTRE ANXIÉTÉ ET NOUVELLES OPPORTUNITÉS

« *Ce n'est pas le plus fort de l'espèce qui survit, ni le plus intelligent. C'est celui qui sait le mieux s'adapter au changement* »

Charles Darwin

Darwin nous disait déjà au XIX^{ème} siècle que l'adaptation au changement est probablement un des atouts les plus importants dans la survie des espèces. Cette phrase est certainement plus que jamais d'actualité dans le cadre de la révolution digitale au cours de laquelle chaque acteur du monde économique va se retrouver confronté à des changements majeurs. Ces changements peuvent avoir des conséquences à la fois très positives, mais aussi négatives en fonction de la capacité des acteurs à se remettre en question et en fonction de la manière avec laquelle les autorités publiques seront en mesure d'anticiper ces changements et d'accompagner les citoyens dans cette transition.

Une des grandes différences entre la révolution digitale que nous connaissons et les révolutions précédentes se trouve dans son champ d'application beaucoup plus large. Alors que, dans le passé, la majorité des emplois menacés par l'apparition de nouvelles technologies concernaient principalement de la main d'œuvre non qualifiée, aujourd'hui la quasi-totalité des secteurs est touchée par cette transformation digitale. Peut-on nommer encore un secteur pour lequel le développement des **big data** et l'apparition de nouveaux logiciels de traitement

informatique ne pourraient pas être utile pour atteindre des économies d'échelle ou une meilleure connaissance du marché ? Tous les métiers semblent potentiellement concernés à moyen ou à long terme : juristes et avocats, médecins, analystes financiers, chauffeurs de bus ou encore architecte d'intérieur. Tous devront être capables de se réinventer, de s'adapter à ces changements et de pouvoir fonctionner dans un environnement en constante mutation.

Et les constats alarmistes ne cessent de se multiplier dans la presse quotidienne. Aux Etats-Unis, ce serait près de la moitié des emplois susceptibles d'être automatisés à une échéance relativement courte, en adaptant simplement la technologie actuelle³⁸. En France, un rapport de Roland Berger nous parle de 42% d'emplois menacés³⁹. Dans notre pays, le Conseil Supérieur de l'emploi a évalué le risque de numérisation totale des professions selon le niveau de qualification. 69,1% des fonctions moyennement qualifiées ont un risque de numérisation supérieur à 70%. Cette catégorie serait la plus touchée. A l'inverse, seuls 13,4% des fonctions hautement qualifiées présentent un risque de numérisation supérieur à 70% et, pour les fonctions faiblement qualifiées, le niveau est de 30,3%. A l'inverse, une récente étude de l'OCDE publiait des résultats nettement plus contrastés.

Entre tous les chiffres, il est difficile de pouvoir distinguer le vrai du faux. Dans la réalité, deux écoles de pensée se sont toujours opposées autour du concept de destruction créatrice.

Entre les optimistes qui se basent sur la réalité historique et les théories économiques pour expliquer que la robotisation va créer plus d'emplois qu'elle n'en détruira et les pessimistes qui nous disent que cette révolution est très différente des précédentes et que le schéma de destruction créatrice ne se reproduira pas, il est difficile de s'y retrouver. Dans ce chapitre, nous analysons une série d'études empiriques réalisées sur l'impact de la robotisation sur l'emploi et tentons de les mettre en perspective les unes par rapport aux autres.

PHÉNOMÈNE DE COMPENSATION ET DESTRUCTION CRÉATRICE

L'apparition et la diffusion des nouvelles technologies de l'information et de l'automatisation ont engendré des modifications majeures dans la structure de l'emploi ces dernières années aussi bien au niveau quantitatif qu'au niveau qualitatif. Les voix s'élèvent de plus en plus pour dénoncer le « *chômage technologique* » de masse engendré par l'apparition des voitures autonomes, des imprimantes 3D ou des assistants personnels robots. Il ne s'agit pourtant pas d'une idée nouvelle. La disparition de métiers au profit de nouveaux fait partie de l'histoire de l'humanité depuis des centaines d'années.

L'économiste David Ricardo s'est intéressé à ce phénomène à la fin du XVIII^{ème} siècle. Sa théorie sur le progrès technique nous montre comment, en stimulant la productivité et

³⁸ McKinsey & Company (Janvier 2017)

³⁹ Roland Berger (Octobre 2014)

en augmentant les biens et services à des coûts toujours décroissants, les pays industrialisés sont parvenus à améliorer continuellement les conditions de vie des citoyens et leur assurer un niveau d'emploi toujours croissant malgré l'apparition des machines. Ricardo s'est intéressé à la question en analysant «*l'effet que des perfectionnements mécaniques produisent sur les différentes classes de la société*»⁴⁰. Il soutient que le progrès technique abaisse la valeur du capital destiné à payer les travailleurs mais que ce capital n'emploiera pas nécessairement moins de travailleurs sur le long terme. Avec les moyens matériels d'employer la même quantité de travail qu'avant, l'employeur n'hésitera pas à le faire. Ce raisonnement va dans le même sens que celui des économistes comme Adam Smith, Jean-Baptiste Say ou encore John Stuart Mill. Selon eux, les machines n'engendrent par conséquent pas de diminution de la demande du travail à long terme. Plus tard, Ricardo remettra en cause ses théories en considérant que la mécanisation peut avoir un effet mitigé sur l'emploi.

Dans son traité de politique économique, l'économiste Jean-Baptiste Say affirme que «*les machines ne peuvent être construites sans force de travail considérable, ce qui donne une occupation aux mains qu'elles jettent hors du marché du travail*». John Maynard Keynes parlait en 1930 de «*possibilités économiques pour nos petits enfants*». De manière générale, les économistes semblent s'accorder sur les distorsions qui peuvent apparaître à court terme mais des effets long terme nettement moins négatifs au niveau global. Toutefois, l'effet de substitution peut parfois se faire au détriment d'une certaine population moins aisée⁴¹. John Stuart Mill partageait ce point de vue au niveau micro, même s'il écrivait qu'il ne pensait pas que cet effet persistait de manière agrégée.

D'autres économistes ne partageaient pas entièrement cette vision de l'époque. Dans son ouvrage *Le Capital*, Karl Marx s'opposait à cette «*théorie de la compensation*». Il reconnaissait effectivement que de nouvelles branches

de production étaient créées dans de nouveaux domaines suite à l'introduction des machines, mais que ces nouveaux emplois générés par ces nouvelles activités étaient «*loin d'être importants, même dans les pays les plus développés*».

La théorie de la compensation ou théorie de la «*destruction créatrice*» est confirmée par de nombreuses théories économiques actuelles. Le concept de destruction créatrice est associé à l'économiste Joseph Schumpeter. Il décrit la disparition continue de certains secteurs d'activité qui sont remplacés par de nouveaux. On peut considérer que la vision classique actuelle reste la même parmi les économistes : le changement technologique peut engendrer un chômage temporaire mais l'efficacité des marchés rétablira la situation. Toutefois, la grande majorité des modèles économiques sont basés sur des hypothèses d'efficacité des marchés qui ne se retrouvent pas nécessairement dans la réalité et le phénomène de compensation peut difficilement être pris comme une hypothèse ex ante. Seules les études empiriques mesurant l'impact de l'évolution technologique sur le niveau d'emploi peuvent nous donner des éléments plus concrets⁴². Dès lors, l'attention dans ce domaine s'est réorientée vers les analyses empiriques au détriment des contributions théoriques. La littérature empirique dans le domaine s'est essentiellement concentrée sur trois niveaux : macroéconomique, sectoriel et micro.

UN IMPACT DIFFICILE À QUANTIFIER

Déjà en 2003, une équipe de l'université d'Harvard et du *Massachusetts Institute of Technology* s'intéressait à la problématique de l'impact des changements technologiques sur les compétences requises dans les emplois. Les auteurs concluaient à l'époque que le capital informatique remplace les travailleurs dans des tâches cognitives et manuelles pouvant suivre des règles explicites tandis qu'il sert de

complément aux travailleurs dans la réalisation de problèmes non routiniers et de tâches de communication plus complexes. Sur base de leur analyse de données datant de la période 1960 à 1998, ils soulignent le fait que l'informatisation entraîne une diminution du travail routinier et une augmentation du travail non routinier.

Ces dernières années, de nombreux chercheurs se sont penchés sur la question de l'impact chiffré de l'automatisation croissante des tâches sur l'emploi dans le monde. Les résultats de ces différentes études sont très contrastés et en phase avec l'opposition «*pessimistes*» vs «*optimistes*» que nous avons soulignée précédemment. Certaines études aboutissent à des résultats très alarmistes alors que d'autres sont nettement plus modérées. La méthodologie utilisée n'est bien entendu pas la même et explique en grande partie les différences observées.

Dans le milieu académique ces dernières années, une approche courante utilisée pour déterminer l'impact de l'informatisation et de l'automatisation des tâches sur l'emploi a consisté à se baser sur le type de profession. Une célèbre étude publiée en septembre 2013 par Frey et Osborne examine attentivement le lien entre l'automatisation et l'emploi. Cette étude est l'une des références en la matière et se place du côté alarmiste du problème. L'approche des auteurs consiste à identifier trois facteurs empêchant l'automatisation des emplois : l'intelligence créative, l'intelligence sociale et les capacités de perception et de manipulation. Sur base de ces éléments, il s'agit de classer les emplois en fonction de la persistance de ces trois facteurs.

Leur analyse de 702 professions aux Etats-Unis leur a permis de conclure que 47% de l'emploi total présenterait un risque important dû à l'informatisation sur un horizon de 10 à 20 ans et que la probabilité d'informatisation était corrélée négativement avec le salaire et le niveau d'éducation. Ces

⁴⁰ Schmeder, 1989

⁴¹ Mokyr, Vickers & Ziebarth, 2015

⁴² Vivarelli, 2017

résultats doivent bien entendu être interprétés de manière prudente étant donné qu'il ne s'agit que de prédictions et que les auteurs eux-mêmes ne peuvent donner un horizon temporel très précis (ils parlent d'«une décennie ou deux»). Dans cette même étude, 33% des emplois présentaient un degré d'automatisation relativement faible (< 30%). D'autres études utilisant la même approche et présentant les mêmes résultats alarmants ont ensuite été publiées. L'institut Bruegel (via Bowles, 2014) a appliqué la même méthodologie que Frey et Osborne à l'ensemble des pays de l'Union européenne. Les résultats montrent que la part des emplois présentant une forte probabilité d'automatisation se situe entre 45 et 60% selon les pays. Les pays présentant les taux les plus élevés sont les pays du Sud (le Portugal par exemple) et les pays de l'Europe de l'Est (la Roumanie notamment).

Pajarinen and Rouvinen (2014) ont appliqué cette méthodologie à la Finlande pour conclure qu'un tiers des emplois finlandais sont susceptibles d'être automatisés. Malgré le fait que cela reste une proportion importante, le niveau est nettement moins alarmant (plus de dix points de pourcentage en moins) que celui des Etats-Unis malgré la même méthodologie.

La méthode de Frey et Osborne a été appliquée à notre pays par ING dans un rapport publié en 2015 intitulé «*la révolution technologique en Belgique*». Selon leurs estimations, 49% des emplois en Belgique sont susceptibles, à terme, d'être robotisés et 35% d'entre eux ont une probabilité élevée de l'être (supérieure à 70%). Les emplois les plus concernés par la robotisation sont, selon eux, les emplois de bureau, les vendeurs dans les magasins et les aides ménagères. Cette même méthode a également été utilisée par l'IWEPS dans une analyse spécifique réalisée pour la région wallonne (voir infra).

En réalité, une très grande majorité des études alarmistes relayées par la presse se base sur une seule et unique méthodologie, malheureusement trop peu souvent remise en question jusqu'à présent. La méthodologie classique utilisée par Frey et Osborne présente toutefois de nombreuses limites.

Tout d'abord, comme le mentionnent les auteurs, il est difficile de prédire à quoi ressembleront les emplois d'ici une dizaine d'années. Autrement dit, l'analyse est basée uniquement sur les emplois tels que définis aujourd'hui et ne prend pas en compte les nouveaux métiers qui seront créés dans les prochaines années (suite à la digitalisation et/ou au gain de productivité qu'elle pourrait engendrer). En outre, une analyse par profession ne prend pas en compte le caractère parfois très hétérogène des tâches au sein même d'une profession. Il peut arriver qu'un métier soit exercé d'une certaine manière dans une entreprise et d'une toute autre manière dans une autre (Autor et Handel en parlaient déjà dans une étude de 2009). De la même manière, Valenduc et Vendramin (2016) soulignent que «*l'absence de considération de la diversité des changements organisationnels dans les entreprises et de la complexité des processus de diffusion des innovations constitue une des principales faiblesses de l'étude de Frey et Osborne*».

Le bureau d'étude de Roland Berger s'est intéressé au sujet dans un document publié en octobre 2014. Son étude sur les classes moyennes face à la transformation digitale se concentrait sur le marché français. La méthodologie se différencie quelque peu de l'approche de Frey et Osborne. Le bureau d'étude s'est basé sur des projections sectorielles de l'emploi à l'horizon 2020 en ajoutant certaines hypothèses notamment concernant les gains de productivité et la proportion d'emplois fortement menacés afin de rendre l'approche plus prudente. Elle conclut malgré tout que 42% des emplois français présentent une probabilité d'automatisation forte suite à la transformation digitale, engendrant une destruction potentielle de près de 3 millions d'emplois d'ici 2025 et une forte déstabilisation des classes moyennes qui seraient particulièrement touchées par ce phénomène. Enfin, la digitalisation entraînerait une augmentation de la productivité permettant à l'Etat de générer près de 30 milliards d'euros de recettes publiques additionnelles et autant en investissements privés.

Dans une analyse publiée en 2016, l'OCDE a réalisé une estimation de l'automatisation potentielle des emplois dans 21 pays sur base d'une approche liée à la force de travail. A l'inverse de la méthodologie décrite ci-dessus, l'OCDE a tenté de prendre en considération le caractère hétérogène des tâches au sein d'une même profession. Autrement dit, l'OCDE va analyser le contenu des tâches associées à des emplois individuels pour avoir un lien plus direct entre les tâches et l'emploi. Par rapport aux autres approches basées sur les professions, les résultats sont nettement plus contrastés et la menace semble moins importante. Les différences entre pays sont également relativement marquées. Les pays présentant la part d'automatisation dans l'emploi la plus importante sont l'Autriche et l'Allemagne avec un taux de 12%. Les parts les plus faibles se retrouvent en Corée et en Estonie avec un taux de 6%⁴³. La Belgique fait partie des pays présentant des risques assez faibles avec un taux d'environ 7%.

Dans une étude publiée en janvier 2017, le McKinsey Global Institute présente une analyse de l'impact de la robotisation sur l'emploi et la productivité. Selon eux, la robotisation pourrait avoir un impact positif sur la croissance globale annuelle de l'ordre de 0,8 à 1,4%. A côté de cela, la moitié des activités réalisées par les êtres humains au service de l'économie mondiale pourrait être automatisée en adaptant la technologie existante. Cela représente un total de 16 trillions de dollars en salaire. Ils insistent cependant sur le fait que moins de 5% des emplois peuvent être automatisés entièrement. Autrement dit, ce sont davantage des «*tâches*» liées à un emploi qui peuvent être automatisées et non l'emploi en lui-même. L'institut met en avant cinq facteurs déterminants pouvant avoir un impact sur la rapidité de cette automatisation: la faisabilité technologique, le coût de développement des nouvelles solutions, la dynamique du marché du travail, les bénéfices économiques et enfin le niveau de régulation et d'acceptation sociale. Les activités dont le degré de robotisation potentiel est le plus élevé sont principalement les activités physiques prévisibles, la collecte et la gestion de données.

⁴³ Il s'agit de la part des travailleurs présentant un risque élevé (>70%) d'automatisation.



RISQUE DE NUMÉRISATION TOTALE DES PROFESSIONS SELON LE NIVEAU DE QUALIFICATION

	<= 30%	ENTRE 30% ET 70%	>= 70%
Fonctions faiblement qualifiées	3,9	65,8	30,3
Fonctions moyennement qualifiées	16,1	15,2	69,1
Fonctions hautement qualifiées	77,8	8,8	13,4

Source : Conseil Supérieur de l'Emploi, 2016

En Belgique, le Conseil Supérieur de l'Emploi a analysé en 2016 les évolutions récentes et les perspectives du marché du travail. Ils ont évalué le risque de numérisation des professions selon le niveau de qualification. Comme l'atteste le tableau ci-dessous, ils en déduisent que près de 77,8% des fonctions hautement qualifiées présentent un risque de numérisation inférieur ou égal à 30% alors que 69,1% des fonctions moyennement qualifiées présentent un risque de numérisation supérieur ou égal à 70%. Le Conseil a également identifié toute une série de tâches pour lesquelles l'automatisation n'interviendra pas à court terme. Il s'agit des tâches liées à l'interaction sociale, l'intelligence émotionnelle, qui demandent un certain niveau d'intuition, de bon sens, de créativité ou encore d'inventivité, les tâches transdisciplinaires ou qui évoluent rapidement, les tâches qui reposent sur des expériences sensorielles et des compétences motrices spécifiques ou encore les tâches dans lesquelles l'éthique, la moralité ou la politique jouent un rôle important.

Toujours dans notre pays, l'institut wallon de l'évaluation, de la prospective et de la statistique (IWEPS), a publié en mars dernier un rapport sur la digitalisation de l'économie wallonne. Dans son rapport, l'IWEPS a réalisé une analyse quantitative et qualitative de la question de la digitalisation et de ses conséquences. Le rapport conclut que le scénario d'une extinction d'emplois massive est « *peu plausible* ».

Ils considèrent toutefois que de nombreux emplois sont menacés, et qu'il s'agit essentiellement d'emplois requérant peu ou pas de qualifications. Ils estiment que la digitalisation aura un impact important sur l'économie en région wallonne et que, selon une estimation maximaliste, près de la moitié des emplois wallons seraient menacés par la substitution d'ici 10 à 20 ans. Cela correspond à un total de 564.000 emplois. Pour réaliser son étude, l'IWEPS s'est basée sur la méthodologie de Frey et Osborne dont nous avons évoqué les lacunes ci-dessus.

Toutes les études empiriques s'accordent sur un certain effet « *destructeur* » de la digitalisation sur l'emploi. Peu d'études quantifient à l'inverse l'effet « *créateur* » de la digitalisation. Ce dernier est en effet difficile à évaluer. Goos et al (2015) ont analysé l'impact de l'emploi dans les hautes technologies sur la croissance de l'emploi associé. Selon leurs estimations, chaque nouvel emploi créé dans le domaine des hautes technologies engendre la création de cinq nouveaux emplois grâce à ce qu'ils appellent l'effet multiplicateur. On retrouve dans les résultats de cette étude empirique les idées de Schumpeter.

En novembre 2017, McKinsey a sorti son dernier rapport sur le futur de l'emploi dans une Europe digitale⁴⁴. Le cabinet de conseil parle d'un potentiel énorme de l'économie digitale, avec un impact de 550 milliards d'euros de croissance du PIB d'ici 2030. En Belgique, cela représente 1% supplémentaire de croissance annuelle entre 2016 et 2030.

Concernant l'emploi, l'impact global net serait positif (de l'ordre de 1%), avec 15% des emplois qui seraient automatisés, 6% de nouveaux emplois créés par l'automatisation et 10% de nouveaux emplois créés par l'augmentation de productivité engendrée par cette automatisation. Un point important soulevé par l'étude concerne le besoin de « *reformation* » (*reskilling need*) d'une partie des travailleurs. Ce besoin est énorme : l'étude estime le pourcentage annuel de la population devant être « *reformé* » comme oscillant entre 1,4 et 2,7%. C'est probablement là que se trouve le principal défi de demain.

⁴⁴ McKinsey. *Shaping the future of work in Europe's digital front-runners*, 2017

Le tableau ci-dessous donne un aperçu récapitulatif des différentes études empiriques mentionnées, de la méthodologie utilisée et des principaux résultats.

ANALYSE COMPARÉE DES ÉTUDES EMPIRIQUES SUR L'IMPACT DE LA DIGITALISATION SUR L'EMPLOI

AUTEUR	DATE	OBJECTIFS	MÉTHODOLOGIE	PRINCIPAUX RÉSULTATS
Autor, D, Levy, F & Murnane, R.	Novembre 2003	Impact de l'informatisation sur la demande d'emplois en termes de compétences	Analyse de données sur des professions entre 1960 et 1998 aux Etats-Unis	Diminution du travail routinier et augmentation des tâches complexes et non routinières
Frey, C. & Osborne, M.A.	Septembre 2013	Impact de l'informatisation sur l'emploi aux Etats-Unis	Probabilité d'informatisation de 702 professions selon une approche gaussienne aux Etats-Unis	47% de l'emploi total aux Etats-Unis présente un risque
Bowles	2014	Impact de l'informatisation sur l'emploi en Europe	Application de la méthodologie de Frey & Osborne sur l'UE-28	La proportion des emplois hautement menacés varie entre 45 et 60%
Pajarinen & Rouvinen	Janvier 2014	Impact de l'informatisation sur l'emploi en Finlande	Application de la méthodologie de Frey & Osborne à la Finlande	Un tiers des emplois sont menacés en Finlande
Roland Berger	Octobre 2014	Impact de l'automatisation sur le marché de l'emploi en France	Décomposition analytique des emplois en activités élémentaires	42% des métiers avec forte probabilité d'automatisation, 3 millions d'emplois menacés et 30 milliards de recettes publiques en plus
ING	Février 2015	Impact de l'automatisation sur l'emploi en Belgique	Application de la méthodologie Frey & Osborne à la Belgique	49% des emplois susceptibles d'être robotisés à terme.
Goos et al	2015	Effet multiplicateur de l'emploi dans les hautes technologies	Panel de données selon la définition d'Eurostat des hautes technologies	1 emploi dans les hautes technologies engendre 5 emplois complémentaires
OCDE	Juin 2016	Analyse comparée de l'impact de l'automatisation sur l'emploi	Approche basée sur les tâches au sein de 21 pays de l'OCDE. Prise en compte de l'hétérogénéité des professions.	Globalement, 9% des emplois sont automatisables en moyenne dans les 21 pays de l'OCDE
Conseil Supérieur de l'Emploi	2016	Risque de numérisation totale des professions selon le niveau de qualification	Données de la BNB et de l'enquête sur les forces de travail (EFT)	Risque varie entre 3,9% et 77,8% selon les catégories.
McKinsey Global Institute	Janvier 2017	Analyser l'impact de la robotisation sur l'emploi, la productivité et la croissance	Analyse de 2.000 activités et 800 occupations	50% des activités susceptibles d'automatisation. Impact potentiel sur la croissance : 0,8 – 1,4% annuel
IWEPS	2017	Impact de la digitalisation sur l'emploi en région wallonne	Application de la méthodologie Frey & Osborne à la région wallonne	564.000 emplois menacés dans un horizon de 10 à 20 ans.
McKinsey	Novembre 2017	Etude globale sur la digitalisation	Approche globale. Comparaison : tendance historique, avec automatisation et sans automatisation. Analyse de scénarios sur 9 pays européens	Croissance potentielle de 1,2%. Impact net sur l'emploi positif. Défi important du besoin en « reformation » de la population.

DESTRUCTION CRÉATRICE OU CHÔMAGE DE MASSE ?

On l'aura compris, il n'y a pas de consensus généralisé sur les effets potentiels de la digitalisation de notre économie.

Il faut bien garder à l'esprit plusieurs éléments :

- une grande partie des études alarmistes reprises par la presse se basent sur une méthodologie incomplète ;
- il est pratiquement impossible de prédire les nouveaux métiers qui apparaîtront dans les décennies à venir suite au développement de l'intelligence artificielle, ce qui rend les estimations très compliquées à réaliser. Les études prennent en compte le potentiel d'automatisation des emplois sans considérer la création de nouveaux emplois dans de tout nouveaux secteurs d'activité ;
- en appliquant d'autres méthodologies, certaines études (dont celle de l'OCDE) arrivent à des résultats nettement plus contrastés ;
- d'un point de vue historique, les théories économiques de destruction créatrice se sont toujours vérifiées dans la réalité. L'histoire donne raison aux économistes sur ce sujet ;
- comme le souligne très bien l'étude de McKinsey, le phénomène de digitalisation de notre économie va dans les prochaines années être confronté à de nombreuses barrières qui pourraient freiner son développement, que ce soit au niveau technique, au niveau de l'acceptation sociale ou encore au niveau de la régulation.
- Toujours au niveau technique, la loi de Moore⁴⁵ commence à montrer ses limites notamment en raison des effets quantiques et de problèmes de surchauffe.

Tous ces éléments sont difficiles à quantifier dans une étude empirique.

⁴⁵ Constatant que la « complexité des semi-conducteurs proposés en entrée de gamme » doublait tous les ans à coût constant depuis 1959, date de leur invention, Moore postulait en 1965 la poursuite de cette croissance.

III. INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET CROISSANCE ÉCONOMIQUE EN BELGIQUE ?

Nous avons analysé dans le chapitre précédent l'impact du développement de la robotisation et de l'intelligence artificielle sur l'emploi. Toutefois, l'emploi est loin d'être le seul facteur à prendre en compte lorsqu'on parle du développement des nouvelles technologies. D'autres facteurs peuvent être analysés: l'impact sur la croissance économique, sur la rentabilité des entreprises, sur le pouvoir d'achat, ... Par ailleurs, certains secteurs d'activité seront davantage concernés. Quels sont ces secteurs qui pourraient être les plus touchés par la transformation digitale? Quelle est la situation dans notre pays?

Selon une étude récente réalisée par le cabinet de conseil Accenture, l'intelligence artificielle (IA) devrait avoir un impact positif sur la croissance économique et la rentabilité des entreprises. D'ici 2035, la rentabilité des entreprises augmenterait de 38% en moyenne dans 16 secteurs d'activité.

L'étude a également identifié des secteurs d'activité qui seraient davantage touchés par l'IA. Les trois secteurs particulièrement concernés étaient l'éducation, l'hébergement et les services alimentaires et la construction. Le tableau⁴⁶ ci-contre donne un aperçu de l'impact de l'IA sur les profits par secteur d'activité.

IMPACT DE L'IA PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ
CROISSANCE DES PROFITS

SECTEUR D'ACTIVITÉ	% AUGMENTATION DE PROFIT D'ICI 2035
Education	84%
Hébergement et services alimentaires	74%
Construction	71%
Commerce de gros et de détail	59%
Soins de santé	55%
Agriculture, forêt et pêche	53%
Services sociaux	46%
Transport et stockage	44%
Industrie manufacturière	39%
Autres services	36%
Services financiers	31%
Services publics	27%

Source : Accenture, 2017

IMPACT DE L'IA PAR SECTEUR D'ACTIVITÉ
AUTOMATISATION DE L'EMPLOI

SECTEUR D'ACTIVITÉ	POTENTIEL D'AUTOMATISATION
Hébergement et services alimentaires	73%
Industrie manufacturière	60%
Agriculture	58%
Transport et stockage	57%
Commerce de détail	53%
Autres services	49%
Construction	47%
Services financiers	43%
Immobilier	40%
Soins de santé et services sociaux	36%
Management	35%
Education	27%

Source : McKinsey, 2017

⁴⁶ Accenture, 2017. Etude basée sur un ensemble de 12 pays développés dont les Etats-Unis, la France, l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie ou encore le Japon.

L'étude réalisée par McKinsey (voir supra) a également analysé l'impact de la digitalisation sur les différents secteurs d'activité. Alors que l'étude d'Accenture se concentre sur l'impact sur la rentabilité des entreprises et la croissance par secteur, McKinsey analyse le potentiel d'automatisation des emplois par secteur. Le tableau⁴⁷ ci-contre donne un aperçu du potentiel d'automatisation par secteur selon leur méthodologie.

En croisant les deux tableaux, on constate qu'un secteur en particulier sera profondément transformé par la révolution digitale : il s'agit du secteur de l'hébergement et des services alimentaires. Selon l'étude de McKinsey, son potentiel d'automatisation est de 73% alors qu'Accenture a évalué qu'une augmentation de 74% des profits pourrait être générée d'ici 2035 avec le développement de l'IA. De la même manière, un secteur comme l'éducation se distingue également par une croissance potentielle très importante des profits d'ici 2035 malgré un faible potentiel d'automatisation.

Comment pourrait-on envisager la situation dans notre pays? En examinant la répartition de l'emploi par secteur d'activité en Belgique (voir tableau ci-contre⁴⁸), on constate que l'hébergement et la restauration représente une part relativement faible de l'emploi, de l'ordre de 3,1% en 2016 (légèrement inférieur à la moyenne européenne). A l'inverse, la construction, l'industrie manufacturière ou encore le secteur de la santé et de l'action sociale représentent une part importante de l'emploi en Belgique. L'enseignement compte également pour près de 10% des emplois, un chiffre nettement plus élevé que la moyenne européenne.

RÉPARTITION DE L'EMPLOI PAR SECTEUR EN 2016 (%)		
Secteur d'activité	Belgique	UE-28
Secteur primaire	1,1	4,0
Industrie	21,4	24,4
Industries extractives	0,1	0,4
Industrie manufacturière	12,5	15,8
Production et distribution d'électricité, de gaz, de vapeur et d'air conditionné	0,6	0,7
Production et distribution d'eau; assainissement, gestion des déchets et dépollution	0,9	0,8
Construction	7,3	6,8
Services	76,5	71,5
Commerce; réparation d'automobiles et de motocycles	13,1	13,9
Transports et entreposage	5,5	5,3
Hébergement et restauration	3,2	4,6
Information et communication	3,1	3,1
Activités financières et d'assurance	3,0	3,0
Activités immobilières	0,7	0,8
Activités spécialisées, scientifiques et techniques	5,1	5,6
Activités de services administratifs et de soutien	5,8	4,2
Administration publique	8,7	7,1
Enseignement	9,5	7,7
Santé humaine et action sociale	14,9	11,0
Arts, spectacles et activités récréatives	1,5	1,7
Autres activités de services	2,1	2,4
Activités des ménages en tant qu'employeurs; activités indifférenciées des ménages en tant que producteurs de biens et services pour usage propre	0,1	1,0
Organismes extra-territoriaux	1,0	0,1

⁴⁷ McKinsey, 2017.

⁴⁸ Source: Statistiques du Service Public Fédéral de l'emploi

Sur base de tous ces éléments, examinons plus en détails trois secteurs d'activité en particulier en Belgique: le secteur de l'hébergement et de l'horeca, les soins de santé et la construction.

L'HÉBERGEMENT ET L'HORECA

Le secteur de l'hébergement et de la restauration représente 3,2% du total des emplois en Belgique en 2016 contre 4,6% pour la moyenne européenne. Il s'agit donc d'un secteur relativement faible dans le total de l'emploi en Belgique. Toutefois, comme nous l'avons indiqué, il semblerait que ce secteur pourrait être l'un des plus touchés par la digitalisation et le développement de l'IA.

De quelle manière la digitalisation et le développement de l'IA pourraient-ils influencer le secteur? Voici quelques exemples:

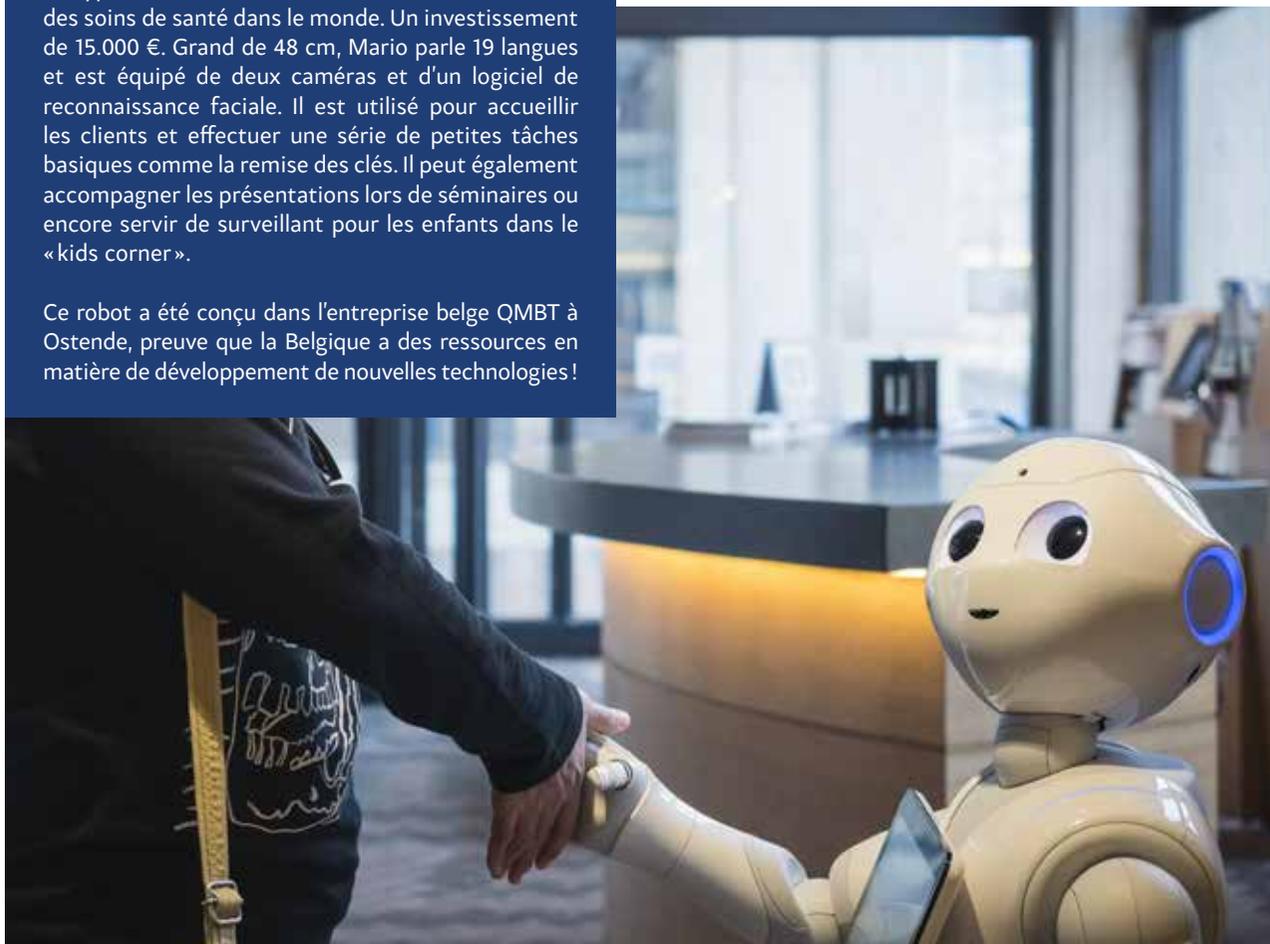
- **L'automatisation des commandes, des réservations et des paiements**: de plus en plus d'établissements utilisent désormais des systèmes automatiques de gestion des réservations, des commandes et des paiements. A titre d'exemple, à New-York, la chaîne américaine de fast-food Eatsa n'emploie ni serveurs ni caissiers. L'entièreté du restaurant est automatisée. Une borne tactile permet de réaliser sa commande, et votre nom s'affiche quelques instants plus tard sur une sorte de casier qui s'ouvre et vous présente votre plat.
- **L'apparition d'assistants robots qui accueillent les clients dans les hôtels**. La Belgique a été le premier pays du monde à utiliser un robot dans un autre secteur que les soins de santé avec l'utilisation du robot Mario au Marriott Hôtel de Gand. Ces robots sont de plus en plus sophistiqués et peuvent désormais effectuer des tâches de plus en plus complexes. Il existe donc, dans notre pays, des acteurs qui sont clairement à la pointe dans le développement de solutions IA.

Mario, le réceptionniste du Marriott de Gand

En juin 2015, Mario effectuait sa première journée de travail pour accueillir les clients de l'hôtel Marriott à Gand. Mario n'est pas un employé comme les autres. C'est un robot humanoïde. C'est la première fois que ce type de robot était utilisé en dehors du secteur des soins de santé dans le monde. Un investissement de 15.000 €. Grand de 48 cm, Mario parle 19 langues et est équipé de deux caméras et d'un logiciel de reconnaissance faciale. Il est utilisé pour accueillir les clients et effectuer une série de petites tâches basiques comme la remise des clés. Il peut également accompagner les présentations lors de séminaires ou encore servir de surveillant pour les enfants dans le « kids corner ».

Ce robot a été conçu dans l'entreprise belge QMBT à Ostende, preuve que la Belgique a des ressources en matière de développement de nouvelles technologies!

- **Le room service robotisé**: les robots peuvent être utilisés pour de nombreuses autres tâches dans les hôtels. De nombreux hôtels proposent désormais un room service entièrement ou partiellement robotisé. Il est possible de se faire livrer ses journaux ou son petit déjeuner par un robot. Ce type de service s'est développé dans un premier temps aux Etats-Unis et s'est ensuite propagé au marché européen.



LES SOINS DE SANTÉ

Le secteur de la santé humaine et de l'action sociale représente en Belgique pas moins de 14,9% de l'emploi. Ce pourcentage est nettement supérieur à la moyenne européenne de 11%. Le Bureau Fédéral du Plan, dans ses perspectives pour la période 2016-2021 a mis en avant une croissance potentielle relativement élevée de l'emploi dans ce secteur. La branche «*santé et action sociale*» devrait voir son poids dans l'emploi intérieur augmenter de 12,4% en 2015 à 22,6% en 2021. Il s'agit donc d'un secteur en croissance potentielle dans les années à venir. Cela peut s'expliquer en partie par le vieillissement de la population qui nécessite un plus grand suivi et davantage de soins.

Selon les études développées ci-dessus, l'IA pourrait augmenter les profits de cette industrie de 55% d'ici 2035 alors que le potentiel d'automatisation est estimé à 35%.

De quelle manière la digitalisation et le développement de l'IA pourrait influencer le secteur? Voici quelques exemples :

- **La mise en place d'assistants robots** : ces robots pourraient aider les patients, répondre à leurs questions, accompagner les personnes âgées dans les maisons de retraites ;
- **La santé connectée** : de plus en plus d'objets connectés permettent désormais de réaliser un monitoring à distance de différents paramètres de santé. Cela peut s'avérer extrêmement utile dans certains cas pour pouvoir maintenir à domicile des personnes âgées tout en contrôlant leurs paramètres. Ce type de système est également fortement utilisé par les sportifs pour analyser leurs performances.
- **Le traitement de certaines maladies** : c'est le cas par exemple de l'autisme ou du trouble de l'attention avec ou sans hyperactivité. Certains robots peuvent être utilisés pour améliorer le développement émotionnel de ces personnes et leur apprendre à canaliser leur énergie.

- **La gestion des mégadonnées** : le traitement par des algorithmes et des machines de deep learning des mégadonnées pourrait également révolutionner le monde de la santé et leur offrir de nouvelles perspectives de développement économique.

Pepper, le robot humanoïde qui reconnaît les émotions

Dévoilé en 2014, ces robots ont dans un premier temps été déployé au Japon dans les boutiques de SoftBank. Leur rôle est simplement d'accueillir les clients, les aider à se diriger ou les occuper pendant le temps d'attente. Il serait aujourd'hui utilisé dans plus de 2.000 entreprises à travers le monde. En France, on peut par exemple en trouver dans des magasins Optic 2000. Il a également été présenté dans certaines maisons de retraite notamment à Beaumont.

En juin dernier, la compagnie aérienne belge Brussels Airlines a réalisé un premier test de l'utilisation du robot Pepper à l'aéroport de Zaventem. On peut aussi le trouver à la réception de cliniques à Liège et à Ostende. Il est donc plus que jamais d'actualité. A terme, ce robot pourrait davantage se développer et remplacer certains postes occupés jusqu'à présent par des êtres humains. Pepper serait capable de reconnaître les émotions humaines, de dialoguer et d'interagir. Il est équipé de différents capteurs, microphones directionnels et également d'une caméra 3D. Le futur est plus que jamais en marche...

Dans notre pays, il existe de nombreux exemples pratiques qui illustrent la transformation que va subir le secteur des soins de santé en raison de la digitalisation. Du côté de Bruxelles, en novembre 2015, le laboratoire du Centre Hospitalier Universitaire de Bruxelles (CHUBxl) a été le premier laboratoire de notre pays à investir dans l'automatisation de la bactériologie clinique. Ce type de technologie permet notamment une optimisation de la traçabilité, des résultats plus rapides et par conséquent une amélioration de la prise en charge thérapeutique des patients. Le CHUBxl, qui regroupe les hôpitaux Brugmann, Saint-Pierre, Bordet, et HUDERF, en collaboration avec l'Hôpital Académique Erasme réalise pas moins de 300.000 traitements d'échantillons de bactériologie chaque année. Toutes ces analyses pourront désormais bénéficier d'une plus grande automatisation. En Flandre, l'hôpital Damiaan a quant à lui mis en place une automatisation de sa pharmacie. Une prescription automatique est générée et transmise à un robot qui va établir la dose exacte et le moment d'administration. Chaque dose sera ensuite préparée par le robot pour chaque patient dans un «*anneau de jour*» qui est ensuite transmis au patient. Cela permet d'avoir un découpage précis et un meilleur conditionnement des médicaments dans les doses souhaitées.

LA CONSTRUCTION

Le secteur de la construction représente 7,3% du total des emplois en Belgique, contre 6,8% pour la moyenne européenne. Il s'agit donc d'un secteur à forte intensité de main d'œuvre, souvent de la main d'œuvre peu qualifiée. Le secteur pourrait voir sa rentabilité augmenter de 71% d'ici 2035 et son potentiel d'automatisation a été estimé à 47%.

De quelle manière la digitalisation et le développement de l'IA pourrait influencer le secteur ? Voici quelques exemples :

- **La maquette numérique (ou le 'building information modeling')** : il s'agit d'un « processus de structuration, de création, de production, d'échange, d'intégration, d'analyse, de gestion, de visualisation et d'exploitation de données ». ⁴⁹ Il permet une numérisation de l'ensemble du processus de la construction. Le BIM commence à se développer en Europe. La directive européenne sur les marchés publics de 2014 inclut le BIM. En Belgique, plusieurs partenariats du secteur de la construction se sont rassemblés pour rédiger une sorte de méthodologie de collaboration autour du BIM. Cette méthodologie a été lancée à la fin de l'année 2016 à l'initiative notamment de la confédération construction ou encore de l'Union professionnelle du secteur immobilier.
- **Gestion des matériaux** : la digitalisation permet d'améliorer sensiblement l'utilisation des matériaux et d'optimiser la construction en termes économique et écologique.

- **Les bâtiments connectés et la domotique** : l'apparition progressive des bâtiments intelligents pourrait révolutionner le secteur de la construction. En outre, ces nouvelles technologies ouvriront au secteur sur une nouvelle richesse économique : celle des mégadonnées. Le marché de la maison connectée représentait 150 millions d'euros en 2014. Selon une étude réalisée par le groupe Xerfi, ce montant pourrait doubler d'ici 2017. ⁵⁰
- **L'automatisation sur chantier** : dans un second temps, l'automatisation sur chantier risque d'avoir également un impact important, et en particulier sur l'emploi. La technique de pilotage 3D arrive sur les chantiers de demain.

Le pilotage 3D sur les chantiers

Le pilotage 3D constitue un ensemble de techniques de pilotage d'engins efficaces, basées sur les signaux de contrôle. ¹ Ces techniques peuvent être utilisées dans les domaines de la géotechnique, des travaux de voirie ou encore du terrassement. Elles permettent d'éviter de devoir réaliser de manière manuelle toute une série d'opérations de mesurage et de nivellement. Cela a évidemment un impact important sur l'emploi dans les chantiers, mais un impact positif sur la rentabilité des projets de construction. A titre d'exemple, pour les travaux de terrassement, le signal « GNSS » (Global Navigation Satellite System) peut être utilisé. Il s'agit d'un système de localisation par satellite. Une correction doit être apportée à ce signal car il n'est pas suffisamment précis. En Belgique, des systèmes de corrections ont été développés. Les systèmes WALCORS (« Wallonia Continuously Operating Reference System ») pour la Wallonie et FLEPOS (« Flemish Positioning System ») pour la Flandre effectuent une comparaison du signal GNSS avec des signaux envoyés par un ensemble de balises locales. Cela permet de déterminer les coordonnées de l'engin de manière très précise. Dans certains cas, une « station totale » doit être installée pour obtenir une précision encore plus élevée. Le pilotage 3D s'avère particulièrement utile pour les travaux nécessitant une localisation continue, comme par exemple les travaux de terrassement ou d'infrastructure.

⁴⁹ Wikipedia.org

⁵⁰ A. Suys, *La maison connectée, voici la maison du futur*, La Libre Belgique, 26 février 2016 www.lalibre.be/economie/digital/la-maison-connectee-voici-la-maison-du-futur-videos-56d05e213570e6ca6add60fe



IV. QUELLES SONT LES COMPÉTENCES NÉCESSAIRES AUX EMPLOIS DE DEMAIN ?

Face à la perspective du développement de la robotisation et, plus généralement, des « nouvelles technologies » dans le monde du travail se pose la question des compétences que chacun devra développer afin de s'insérer au mieux dans ce marché et de s'y épanouir professionnellement et personnellement.

Alors que, traditionnellement, les compétences techniques ou *hard skills* ont été valorisées ces dernières années, digitalisation et robotisation entraîneront un changement de paradigme dans la manière de concevoir les besoins en compétences. A l'heure où se développent, en Belgique et dans le monde, de nombreux projets dans l'éducation et la formation digitale⁵¹, à l'heure où le marché de l'emploi est en pénurie sévère de professionnels liés aux métiers du digital⁵², se pose une question centrale : devons-nous tous, d'une manière ou d'une autre, devenir codeurs demain ? Qu'impliquent, en termes de compétences requises, les 900.000 emplois européens à pourvoir d'ici 2020 dans le secteur ICT ?⁵³

La tertiarisation de l'emploi, impliquant une économie tournée vers les services, cause pour certains spécialistes une polarisation du marché du travail :

«There has been an increase in service-sector employment, both in low-skilled customer service work and in high-skilled 'knowledge' occupations, and a corresponding drop in manufacturing employment. This has contributed to a 'polarisation' of the workforce in many countries, with more high-skill and low-skill jobs but fewer requiring mid-level skills»⁵⁴.

«Il y a eu une augmentation de l'emploi dans le secteur des services - tant au niveau des métiers peu qualifiés de service au client que dans les métiers hautement qualifiés de la société de la « connaissance » - et une diminution correspondante de l'emploi manufacturier. Cela a contribué à la polarisation de la force de travail dans beaucoup de pays, avec, à la fois, une augmentation des emplois très qualifiés et faiblement qualifiés et une diminution des emplois moyennement qualifiés».

Cette polarisation à laquelle la digitalisation participe est à la base d'un triple constat.

Premièrement, la demande pour des profils plus techniques continuera à augmenter : ces profils seront ceux à même de mettre en place et gérer au jour le jour les nouveaux outils et technologies.

Deuxièmement, la demande pour les profils moyennement qualifiés chutera : ces profils seront sans doute les plus touchés par la digitalisation. Industrie manufacturière, travail administratif, ce type d'emploi est déjà influencé par l'apparition de processus robotisés ou informatisés.

Troisièmement, la demande pour les profils moins qualifiés est appelée à se pérenniser : le support apporté par la robotisation et la digitalisation implique que certains postes autrefois dévolus aux profils moyennement qualifiés leur sont aujourd'hui accessibles. Les postes liés aux applications de l'économie collaborative (*Uber, Deliveroo, ListMinut,...*) ainsi que ceux découlant de la logistique (livraison,...) soutiennent également la demande pour ce type de profils.

La façon de travailler est également en pleine mutation, poussée par l'avancée des nouvelles technologies. Aujourd'hui, les espaces de travail physiques laissent place à une collaboration numérique parfois à distance impliquant la nécessité de revoir les processus d'inclusion et de leadership ainsi que le tissu de communication au sein des organisations.

51 Bruno Wattenberg « La Belgique manque de codeurs: une nouvelle école hors du commun va peut-être changer la donne », RTL.be, 2017 www.rtl.be/info/belgique/economie/la-belgique-manque-de-codeurs-une-nouvelle-ecole-hors-du-commun-va-peut-etre-changer-la-donne-907827.aspx

52 FOREM, *Fonctions critiques et métiers en pénurie*, www.leforem.be/former/horizonemploi/metier/index-demande.html, 2017

53 Daphné Valsamis, An de Coen, Valentijn Vanoeteren, Wim Van der Beken, *Employment and Skills Aspects of the Digital Single Market Strategy*, Directorate General for Internal Policies, European Parliament, 2015, p. 36

54 Tony Dolphin (ed) (2015) «Technology, globalisation and the future of work in Europe: Essays on employment in a digitised economy», IPPR, p.9

Afin d'éviter un nivellement par le bas du marché du travail et une pénurie de profils plus qualifiés dans certains domaines liés à la digitalisation, afin de pouvoir également faire en sorte que les entreprises puissent s'adapter aux nouveaux modes de travail et garder leur efficacité, les différents acteurs du monde de la formation et de l'éducation devront donc particulièrement apporter une double réponse à cette problématique :

- un développement de compétences techniques (*hard skills*)
- un développement de compétences transversales (*soft skills*)

HARD SKILLS ET SOFT SKILLS

Les «*hard skills*» sont les compétences quantifiables et démontrables. Il peut s'agir d'un diplôme, d'une formation, d'une expérience professionnelle (...). A ce titre, les besoins en Hard skills peuvent faire plus facilement l'objet d'une évaluation.

Les «*soft skills*» sont des compétences plus transversales dont les besoins peuvent être plus difficiles à démontrer, comme par exemple l'écoute, la pédagogie, l'empathie, l'adaptabilité, la créativité, la gestion du stress (...).

Ces deux facettes de compétences doivent souvent se compléter sur le marché du travail :

« Les compétences recherchées ne sont donc plus uniquement des compétences techniques, hard skills, mais aussi des compétences humaines, soft skills. Les hard skills restent fondamentales car plus on souhaite simplifier l'usage digital, plus la technologie est complexe et les expertises pointues

*et diverses. (...) Les soft skills sont, quant à elles, devenues indispensables avec, parmi les plus importantes la curiosité, l'autonomie, la capacité à comprendre le contexte, savoir rendre compte et surtout prendre des risques ».*⁵⁵

Si les ordinateurs ont pénétré depuis plusieurs années les foyers belges et européens, il apparaît que 40% des Européens ne disposent pas de compétences numériques de base⁵⁶. La Belgique fait cependant mieux : elle compte une proportion importante d'utilisateurs réguliers d'internet (83%) et 60% de ses citoyens ont les compétences numériques de base. Pour autant, 13% des Belges ayant entre 16 et 74 ans n'ont jamais utilisé internet.⁵⁷

Au-delà d'un niveau basique de compétences numériques nécessaires à la plupart des fonctions, le développement de compétences techniques approfondies ne se justifiera en réalité que dans une partie des métiers.

Robotique, gestion des données (Big Data), gestion des capacités de stockage, intelligence artificielle, internet des objets, réalité virtuelle, ou impression 3D notamment, ces compétences concerneront cependant la quasi-totalité des pans de l'économie occidentale, « (...) que ce soit dans la Banque-Assurance (connexion des clients en ligne sur leurs comptes, etc.), le bâtiment (Building Information Modeling), l'Industrie (usine du futur) la vente (effets de la prise de renseignements en ligne par les clients avant leur visite en magasin), la bijouterie (réalisation guidée par ordinateur des pièces de bijouterie), la chimie (connexion des différents bâtiments ou des établissements entre eux), ou encore l'énergie (smart grids, réseaux électriques connectés intelligents) »⁵⁸.

Dans sa publication «*The Skills Revolution*»,⁵⁹ Manpower, société spécialisée dans les secteurs de l'intérim et du recrutement, développe sa vision des compétences nécessaires dans un marché du travail numérisé. Les compétences transversales, ou soft skills, prendront en effet une dimension prépondérante dans l'ensemble des fonctions au sein de l'ensemble des secteurs. Selon Manpower, la technologie remplacera les tâches routinières cognitives et manuelles au point que les travailleurs se concentreront sur les tâches non-routinières et gratifiantes. La créativité, l'intelligence émotionnelle et la flexibilité cognitive exploiteront le potentiel humain et permettront de se servir des robots plutôt que de les remplacer. Le souci des soft skills est bien ancrée chez les recruteurs. Selon une étude d'Adecco Group, 71 % des recruteurs de la génération des baby-boomers ont refusé des candidats qu'ils estimaient manquer de soft skills. Pour les recruteurs de la génération Z (nés après 1995), ce pourcentage atteint même 93 %.

Ce constat n'est pourtant ni neuf ni unique. En 2008, Tony Wagner, spécialiste des questions d'éducation, développait sept fonctions critiques à développer qui seraient selon lui indispensables à la formation des étudiants :

1. LA PENSÉE CRITIQUE ET LA RÉOLUTION DE PROBLÈMES

Selon Wagner, les employeurs doivent faire en sorte que leurs employés réfléchissent constamment à la manière d'améliorer leurs produits, processus ou services. La pensée critique doit être la clé pour pouvoir poser les bonnes questions.

⁵⁵ Sophie Ak Gazeau S., *Digitalisation & robotisation: réinventer les métiers ?*, Adecco Group, 2016, p.21

⁵⁶ www.ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/launch-european-digital-skills-awards-2017

⁵⁷ *Rapport sur l'état d'avancement de l'Europe numérique (EDPR) 2016*

⁵⁸ Nicolas Fleury, *Vers des compétences adaptées aux besoins d'une économie digitalisée*, Centre Etudes & Prospective du Groupe ALPHA, 2017, p. 2

⁵⁹ Manpower, *The skills revolution. Digitization and why skills and talent matter*. 2017 www.manpowergroup.com/wps/wcm/connect/5943478f-69d4-4512-83d8-36bfa6308f1b/MG_Skills_Revolution_lores.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=5943478f-69d4-4512-83d8-36bfa6308f1b

2. LA COLLABORATION ET LE LEADERSHIP

Les avancées technologiques ont bouleversé l'approche du travail d'équipe. Celui-ci ne se limite plus à collaborer avec des personnes au sein d'un étage ou d'un bâtiment, mais également de travailler avec des personnes de l'autre côté du pays, du continent ou du monde que ce soit via courriels ou *conference calls* par exemple. S'adapter à cette nouvelle donne et pouvoir influencer le processus de décision et donc faire preuve de leadership sont des compétences qui devront être acquises.

3. L'AGILITÉ ET L'ADAPTABILITÉ

Penser, changer, être flexible et ne pas avoir peur d'utiliser tous les outils à disposition pour résoudre de nouveaux problèmes. Même au sein d'une organisation ou entreprise donnée, une fonction est appelée à évoluer au gré des avancées et bouleversements technologiques. Pouvoir s'adapter rapidement à de nouvelles situations prendra le pas sur la maîtrise technique pure de ces avancées.

4. L'INITIATIVE ET L'ESPRIT D'ENTREPRENDRE

L'esprit d'initiative et d'entreprendre sont indispensables afin de résoudre les problèmes qui se posent en n'ayant pas peur de subir des échecs. L'importance de l'essai, même s'il est suivi d'un échec doit être valorisé. L'esprit d'entreprendre ne doit pas uniquement être considéré dans l'unique champ de la création d'entreprise mais doit aussi rentrer dans la culture au sein d'une entreprise.

5. LA COMMUNICATION ORALE ET ÉCRITE

Pouvoir exprimer les concepts et pouvoir traduire les idées que l'on a en un discours oral ou écrit clair revêtira une grande importance. Apporter de la passion à son discours, se montrer enthousiaste en convaincant, aussi basiques que ces compétences puissent paraître, elles sont pour autant indispensables à la concrétisation des solutions que l'on souhaite apporter.

6. LE POUVOIR D'ACCÉDER À L'INFORMATION ET DE L'ANALYSER

Internet et les nouvelles technologies en général permettent un accès à une quantité immense d'informations. Cette quantité astronomique d'informations dont nous disposons ralentit le processus de réflexion. Il faut donc apprendre à trouver l'information qui convient et pouvoir analyser sa pertinence et son exactitude.

7. LA CURIOSITÉ ET L'IMAGINATION

Apprendre à poser les bonnes questions et être curieux par rapport à son environnement permet d'être assertif et de répondre aux problèmes les plus complexes. Devant l'abondance d'offre de produits et de services, il ne suffit plus de proposer quelque chose d'utile au juste prix, il faut pouvoir se démarquer par la beauté ou encore le côté unique du service ou de l'objet que l'on propose.

Ces sept fonctions critiques ne sont, bien entendu, pas exclusives. Leur apprentissage ne doit pas non plus être limité au monde de l'éducation et de l'école. Elles peuvent être communiquées ou acquises tout au long de la vie et de la carrière.

Aux compétences développées par Wagner, nous pouvons également ajouter d'autres *soft skills* comme, par exemple, l'empathie, la créativité ou encore la capacité d'induction.

L'empathie revêt un caractère primordial dans le mode du travail. A l'empathie réflexive et à l'empathie émotionnelle, que nous construisons dès la naissance (lorsqu'un bébé réagit aux pleurs d'un autre enfant par exemple) s'ajoute l'empathie cognitive qui se développe bien plus tard. Cette dernière nous permet de nous mettre à la place de l'autre, de comprendre une situation dans les yeux de ce dernier et, le cas échéant, de pouvoir anticiper ses réactions.

La créativité rejoint la curiosité dans le développement de nouvelles solutions, de raisonnements originaux qui se traduiront en nouveaux produits et services. Être créatif permet de s'émanciper de standards donnés pour créer de nouvelles bases de réflexion propices au développement et au progrès.

La capacité d'induction permet, quant à elle, de faire en sorte qu'une personne étrangère à un projet, une idée ou encore une société puisse être introduite au mieux au sein de ces derniers. La capacité d'induction favorise donc l'adhésion au groupe et aux buts qu'il poursuit. Pouvoir inclure une personne extérieure doit pouvoir permettre de développer un esprit de groupe sans pour autant limiter les initiatives individuelles.

CONCLUSION

La question des compétences à développer dans le cadre des emplois de demain reste centrale dans les processus politiques, associatifs, formatifs ou éducationnels, qui doivent être lancés pour accompagner au mieux la robotisation et la numérisation dans le monde du travail.

Il est indispensable de former celles et ceux qui auront un rôle majeur dans le développement de solutions visant à construire de nouvelles technologies et outils à même d'améliorer la compétitivité de notre économie et son essor futur. Ingénieurs, développeurs, spécialistes de la robotisation, etc. ces compétences techniques devront faire l'objet d'un parcours d'apprentissage au sein de l'école et des organismes de formation qui permettra une prise de conscience face aux enjeux de la numérisation et aux besoins que ces derniers font naître. Ces formations plus techniques doivent répondre impérativement aux demandes du marché du travail. Ne pas faire son possible pour former ce type de profils équivaldra à une perte nette en termes de maîtrise technologique et *in fine* de progrès économique.

Cependant, il est erroné de croire que les uniques formations d'informaticien, de développeur ou d'ingénieur constitueront les seuls débouchés viables sur le marché du travail. Tout le monde ne sera pas codeuse ou codeur. Pour autant, la formation aux aspects et aux compétences plus transversales (leadership, empathie, curiosité, ...) qui permettent de mettre en avant les caractéristiques qui nous distinguent le plus des machines, est essentielle pour tous. Il s'agira pour la majorité d'entre nous de pouvoir interagir avec la machine ou l'algorithme plus que d'en maîtriser sa programmation ou ses aspects techniques.

Une avancée mise en œuvre par Google a permis à un ordinateur de battre le meilleur joueur mondial du jeu de Go. Les règles du Go sont assez aisées à maîtriser : deux joueurs s'affrontent sur un plateau où ils placent des pierres noires et blanches afin de délimiter des territoires et de s'emparer des pièces de l'adversaire. Le but est de contrôler plus de la moitié du plateau. Sous son apparente simplicité, le jeu de Go se base pourtant sur l'intuition du joueur, ce qui représente une difficulté importante pour la machine.

Depuis, d'autres progrès substantiels ont été enregistrés. L'ordinateur est maintenant capable d'apprendre coups et techniques de jeu par lui-même, sans que ces derniers n'aient été transmis par l'homme. L'ordinateur a donc développé un savoir seul, avec une intervention humaine limitée (l'explication des règles de base du jeu)⁶⁰.

A l'heure où les machines commencent elles-mêmes à construire leur propre processus d'apprentissage avec une intervention humaine réduite, la mise en avant des *soft skills*, compétences difficilement appréhensibles pour les machines, revêt une importance d'autant plus capitale.

⁶⁰www.futura-sciences.com/tech/actualites/technologie-alphago-zero-ia-google-deepmind-devient-autodidacte-61409/

V. QUELLE FORMATION NUMÉRIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE DE LA FÉDÉRATION-WALLONIE-BRUXELLES ?

« En définitive, professeur est le métier le plus important au XXI^{ème} siècle »
Laurent Alexandre⁶¹

LA SITUATION ALARMANTE DE L'ENSEIGNEMENT NUMÉRIQUE EN FÉDÉRATION WALLONIE-BRUXELLES

Sur base de tout ce qui a été dit précédemment dans cette étude, on peut se demander si les élèves belges francophones bénéficient d'un enseignement leur permettant d'acquérir les compétences les plus porteuses dans une économie en voie de numérisation et de robotisation accélérée. A l'heure actuelle, l'enseignement obligatoire prépare-t-il nos enfants d'une façon qui est à la hauteur des enjeux de l'économie et des défis du monde de demain ?

Disons-le d'emblée: la situation est particulièrement alarmante. Voici ce qu'écrivent une vingtaine de professeurs d'université et du supérieur spécialisés dans ces questions dans un document rédigé en avril 2016 :

« En ce qui concerne l'informatique, la situation est particulièrement alarmante : les jeunes sortent du secondaire en n'ayant eu en fait presque aucune formation dans ce domaine. Aucun cours d'informatique n'est prévu dans le tronc commun de l'enseignement primaire ou secondaire. Seule une activité complémentaire d'« initiation à l'informatique » est proposée au premier degré du secondaire. Mais quand on regarde le contenu de cette activité complémentaire, il s'avère qu'il s'agit de l'utilisation de logiciels et absolument pas de la compréhension du fonctionnement des systèmes informatiques ». ^{62,63}

Par ailleurs, un rapport de l'OCDE publié en 2015⁶⁴ relève que, par rapport aux autres pays de l'OCDE, la Belgique est en retard dans l'apprentissage du numérique.

Il dresse les constats suivants :

- les jeunes Belges apprennent à manier l'ordinateur assez tard ;
- les jeunes filles belges apprennent à manier l'ordinateur plus tard que les garçons ;
- la Belgique est en dessous de la moyenne OCDE pour l'utilisation des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) à l'école ;
- nos étudiants scorent en dessous de la moyenne dans le domaine de la lecture digitale ;
- nos étudiants sont en dessous de la moyenne dans la résolution des tâches qui requièrent l'utilisation des ordinateurs pour résoudre des problèmes mathématiques
- un très grand nombre d'emplois dans le secteur numérique restent vacants en Belgique faute de trouver du personnel qualifié.

⁶¹ L. Alexandre, *La guerre des intelligences. Intelligence artificielle versus intelligence humaine*, JC Lattès, 2017, p.322

⁶² Quelle place pour l'informatique dans l'enseignement secondaire ? www.sicarre.be/pmwiki/uploads/Documents/informatique_et_enseignement_obligatoire.pdf Document rédigé en avril 2016 par un groupe de réflexion comprenant les professeurs suivants: Olivier Bonaventure et Chantal Poncin (Université Catholique de Louvain), Benoît Donnet (Université de Liège), Gilles Geeraerts, Yves Roggeman et Hugues Bersini (Université Libre de Bruxelles), Hadrien Mélot et Bruno Quoïtin (Université de Mons), Jean-Noël Colin (Université de Namur), Claude Misercque, Michel Willemse et Geneviève Cuvelier (Haute Ecole de Bruxelles), José Vander Meulen (Haute Ecole Léonard de Vinci), Françoise Dubisy (Haute Ecole de Namur-Liège-Luxembourg), Isabelle Dony et Cédric Peeters (Haute Ecole Robert Schuman), Pierre Mercier, José Stévenne, Christine Dal et Olivier Legrand (Haute Ecole Louvain en Hainaut), Guilhem Wetteren et Anne Vandevorst (Haute Ecole provinciale du Hainaut) et Virginie Van den Schrieck (Haute Ecole Ephec).

⁶³ Dans l'entretemps, la situation a légèrement évolué de manière positive. Concernant ce cours du premier cycle du secondaire dont il est ici question (le cours d'éducation par la technologie), on envisage désormais l'élaboration d'un cursus d'enseignement des sciences informatiques (et pas uniquement la bureautique). Mais rien n'est encore sûr.

⁶⁴ OECD, *Students, Computers and Learning. Making the connection, Programme for International Student Assessment, 2015* www.oecd.org/publications/students-computers-and-learning-9789264239555-en.htm



Précisons que les métiers de l'informatique sont repris tant par l'ONEM que le FOREM et ACTIRIS parmi les métiers en pénurie depuis plus de 10 ans.

Ces constats sont d'autant plus désespérants que, dans les années 80, on avait assisté à une généralisation d'un enseignement de l'informatique et, plus spécifiquement, de l'algorithmique et de la programmation au sein de la population secondaire. Ces cours ont été abandonnés dès la fin des années 80. On peut véritablement parler d'une régression en la matière. Pourquoi cet abandon ? A mesure que la bureautique se développait et semblait apporter des outils plus directement exploitables tant en classe que pour l'aide à l'apprentissage, les enseignants ont progressivement considéré que l'apprentissage de la science informatique semblait moins indispensable. C'est là une erreur car l'objectif à viser aujourd'hui, c'est précisément de faire passer la population d'un mode « *consommateur* » à un mode « *acteur* » capable de comprendre et de critiquer les algorithmes, de faire des suggestions, d'en développer, etc. Raison pour laquelle le slogan de l'Opération Wallcode (dont nous allons parler) est « *apprendre à coder pour ne pas être programmé* ».

Pourtant, il serait faux et injuste de d'affirmer que rien n'a été entrepris dans le domaine de l'enseignement numérique ces dernières années.

Il y a bien, au niveau politique, une prise de conscience progressive de la situation. Depuis plusieurs années, de nombreuses personnes y réfléchissent et un certain nombre de décisions ont été prises.

Plusieurs projets ont vu le jour. Mais, premièrement, ces projets n'ont pas (ou pas encore) porté leurs fruits. Deuxièmement, le travail et les propositions réellement intéressantes d'un certain nombre d'acteurs n'ont pas été concrétisés politiquement. Troisièmement, c'est surtout du côté de la Région Wallonne, et pas de la Fédération Wallonie-Bruxelles, que ces projets ont été proposés.

Pour déterminer comment améliorer concrètement la situation de l'enseignement numérique, il faut préalablement faire un petit détour pour examiner la configuration actuelle du numérique. Pour ce faire, il est nécessaire de parler des acteurs numériques et du plan qui a été adopté en la matière.

LES ACTEURS NUMÉRIQUES ET LE PLAN NUMÉRIQUE WALLON

Impossible de parler de l'enseignement numérique sans parler du plan numérique wallon dont il est l'une des composantes et des acteurs qui sont chargés de le mettre en œuvre.

Il existe aujourd'hui un certain nombre d'acteurs qui sont au cœur de la transition numérique :

- citons d'abord **le Conseil du Numérique**. Constitué des meilleurs experts du numérique, il a mis au point Digital Wallonia. C'est lui qui a conçu le plan numérique wallon. Dirigé par Pierre Rion, il existe toujours aujourd'hui comme conseil retreint afin de contrôler l'application du Plan.
- citons ensuite **l'Agence wallonne du Numérique** qui a déjà plus de 15 années d'existence (auparavant dénommée Agence wallonne des télécommunications). C'est un opérateur public qui est chargé de mettre en œuvre la stratégie du Plan.

Qu'est-ce que le plan numérique wallon ? Dans le cadre du Plan Marshall 4.0 adopté le vendredi 29 mai 2015, le gouvernement wallon a décidé de resserrer le plan Marshall sur 5 axes prioritaires. Le cinquième d'entre eux consiste à soutenir l'innovation numérique. C'est la plan numérique wallon encore dénommé « *Plan Digital Wallonia* ». Il a été remis au ministre du numérique le 18 septembre 2015 par Pierre Rion, président du Conseil Numérique.

Ce plan se décline lui-même en cinq thèmes majeurs qui sont autant de chantiers très concrets.

- 1. Economie «DU» numérique** : le but est ici de faire progresser la taille et la valeur des entreprises du secteur numérique en Wallonie.
- 2. Economie «PAR» le numérique** : l'objectif est ici d'augmenter de manière forte et rapide l'intensité numérique de toutes les entreprises (pas uniquement les entreprises numériques), de faire ainsi émerger une industrie 4.0 et de développer le commerce connecté. Nous expliciterons ce point dans le chapitre VII de la présente étude.
- 3. Territoire numérique** : il faut que le territoire soit tout à la fois connecté et intelligent car il constitue un véritable facteur de compétitivité et agit comme un catalyseur du développement industriel et économique. C'est, par excellence, le chantier infrastructures du plan numérique et nous en parlerons également dans le chapitre VII.
- 4. E-gouvernement ou administration e-numérique** : il est désormais indispensable que la modernisation de l'administration se fasse par la création d'une génération nouvelle de services publics, ouverts et transparents, à la fois exemple et vecteurs de la transformation numérique pour les citoyens et les autres secteurs de la société.
- 5. Compétences et emplois numérique** : enfin - et ce point est ce qui nous intéresse spécifiquement dans le cadre de ce chapitre - les citoyens doivent être formés au numérique par l'acquisition et le renforcement de compétences à l'école et en dehors de l'école, durant leur scolarité et même durant leur existence professionnelle car ces dernières sont devenues indispensables pour acquérir et conserver un emploi et, plus généralement, pour assurer le développement économique et social.

A cet égard, il a été décidé que 506,263 millions € seront orientés vers des actions en faveur de la transformation numérique en Wallonie.⁶⁵ Le cinquième thème (compétences et emplois) se voit attribuer 20% de ces moyens soit une centaine de millions €. Notons que ce montant couvre

L'Agence wallonne du numérique est l'organe qui coordonne l'implémentation du plan numérique wallon Digital Wallonia et cela sous la supervision du Conseil du Numérique. Elle a développé plusieurs projets.

Malheureusement, même si le budget et les équipes existent, ce plan a été ignoré sur trop d'aspects par le gouvernement wallon précédent qui l'a mis en place et, en particulier, Jean-Claude Marcourt.

COMMENT METTRE EN ŒUVRE L'ENSEIGNEMENT NUMÉRIQUE ?

Un accord de coopération a été signé le 7 juillet 2005 entre les gouvernements de la Région wallonne et de la Communauté française (et, le 25 août 2005, par le gouvernement de la Communauté germanophone) relatif à l'implantation des ordinateurs dans les écoles wallonnes. En résumé, il prévoit que la Région fournisse le matériel et que la Communauté assure la formation et l'accompagnement des enseignants. Il s'agissait à l'époque d'atteindre la recommandation européenne d'un ordinateur pour 15 élèves.

Quel bilan tirer depuis la conclusion de cet accord ? Avant de répondre à cette question, il faut examiner les conditions nécessaires pour que l'école évolue vers le numérique. Selon André Delacharlerie, expert senior à l'Agence du Numérique, il y a au moins quatre :

1. L'acquisition d'un équipement informatique
2. La formation des enseignants
3. Le support numérique : l'entretien des appareils et le service après-vente
4. L'accompagnement pédagogique des enseignants

Passons ces quatre points en revue.

L'ÉQUIPEMENT

Les élèves sont-ils bien équipés dans leur salle de classe en Belgique francophone ? Malheureusement non.

Deux plans d'équipement ont été mis en place. Le « Plan Cyberécoles » (1997 à 2000) et le « Plan Cyberclasse » (2006 à 2012) qui ont permis d'installer près de 40.000 ordinateurs dans les écoles relevant de l'enseignement obligatoire et de promotion sociale. Malheureusement, le niveau d'équipement technologique des écoles est encore trop faible.

L'Agence Numérique prépare un nouveau baromètre qui sera bientôt disponibles mais son baromètre de 2013⁶⁶ constatait que le taux de disponibilité reste très faible en Wallonie et s'établit globalement à un ordinateur pour 11 élèves (soit 8,5 ordinateurs pour 100 élèves), toutes catégories confondues. Ce faisant, la Wallonie atteint à peine la moitié de la performance moyenne de l'Union Européenne. Cela dit, la position de la Belgique reste très proche de la moyenne européenne et cela, évidemment, grâce à l'excellente performance de la Flandre, ce qui en dit long, encore une fois, sur la distance qui sépare la Wallonie de la Flandre.

A l'heure actuelle, les chiffres encore officieux qui circulent, confirment cette avance de la Flandre sur la Wallonie : alors que, en moyenne, un ordinateur se partage entre deux enfants chez les écoliers flamands, les écoliers wallons seraient encore entre 8 et 10 à se partager un ordinateur à l'école.

Notons néanmoins que les enseignants sont relativement bien équipés chez eux : environ 90% d'entre eux utilisent un ordinateur pour préparer leurs cours.

Un troisième plan d'équipement est nommé « Plan TIC pour l'Education ». Dans le cadre de ce plan d'équipement, notons la poursuite du projet nommé « Ecole Numérique ». Toujours sous l'impulsion de l'Agence du Numérique.

C'est un projet du gouvernement wallon et développé en synergie avec les gouvernements de Wallonie-Bruxelles et de la Communauté germanophone. Il a commencé par une phase « pilote » entre 2011 et 2014 et vise à impulser l'usage innovant des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) au bénéfice de l'éducation dès le niveau maternel et jusqu'à l'enseignement secondaire, y compris la promotion sociale. Ce projet diffère des plans d'équipement en ce qu'il consiste en une série d'appels à projets. Tout professeur qui le désire peut proposer un projet innovant et intégrant les TIC au sein de sa classe. Il est alors soumis à un jury qui sélectionne les lauréats.

Le projet « Ecole Numérique » a déjà connu 3 éditions pilotes au terme desquelles plus de 300 projets ont été réalisés dans des établissements scolaires. A cette occasion, le matériel fourni consiste en 5824 tablettes numériques, 690 ordinateurs, 293 tableaux blancs interactifs, 269 caméras, appareils photos et imprimantes et 104 projecteurs.

⁶⁵ Notons que ce montant important, communiqué en son temps par le ministre Marcourt, comprend des montants qui apparaissent dans d'autres postes du budget. Ainsi, les 80 millions € qui apparaissent dans la maquette budgétaire pour le Digital Wallonia Hub sont en réalité les mêmes 80 millions consacrés à l'enveloppe Recherche.

⁶⁶ Agence Wallonne des Télécommunications, Equipement et usages TIC 2013 des écoles de Wallonie, www.awt.be/content/tel/dem/AWT-Baromètre_éducation.pdf

Les 25 meilleurs projets réalisés ont été présentés dans une publication de la Région wallonne : Ecole numérique en actions, SPW Editions.⁶⁷

Le plan d'équipement sera relancé cette année par Pierre-Yves Jeholet, le ministre actuellement en charge du Numérique pour la Wallonie.

LA FORMATION NUMÉRIQUE DES ENSEIGNANTS

Nos enseignants sont-ils suffisamment formés tant aux concepts fondateurs de la science du numérique qu'aux Techniques d'Information et de Communication au service de l'Enseignement (TICE) ?

Malheureusement non. Certes, des formations existent mais, en réalité, selon André Delacharlerie, si l'on fait le décompte des formations déjà prestées par le passé, on peut en conclure que chaque enseignant a eu droit à une journée de formation au numérique une fois ... tous les 8 ans!!! On constate un manque évident de formation et d'accompagnement.

Pourtant, les effets d'annonce n'ont jamais manqué. En 2012, il était question d'un « plan 555 ». Ce plan 555 consistait en ceci : ce « Plan Tic pour l'éducation » devait, entre 2013 et 2018, outre des nouveaux plans d'équipements qui devaient être lancés en fonction des moyens budgétaires alors disponibles, permettre de former des enseignants seront suivant un plan baptisé « 555 » :

- 5 jours de formation au numérique
- à 50.000 enseignants
- sur 5 ans.

Ce plan 555, nombre de politiciens de la majorité gouvernementale ont communiqué dessus durant des années : il n'a jamais vu le jour !

Comme le disait déjà - il y a déjà 25 ans ! - le professeur Charles Duchateau, spécialiste et précurseur de l'enseignement numérique en Belgique :

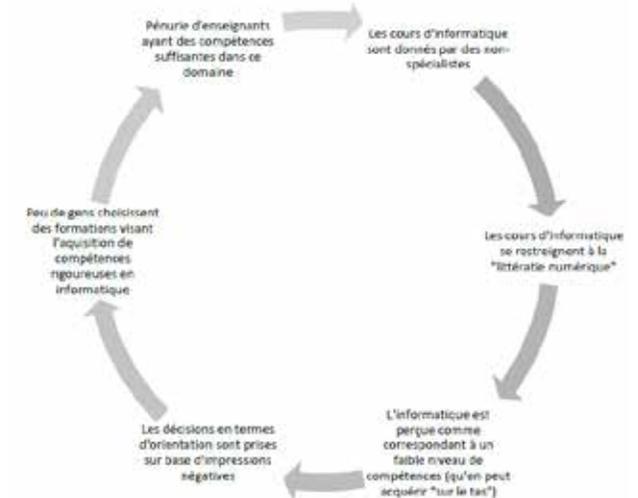
*«Par ailleurs, il est difficile d'admettre la disproportion colossale entre l'ampleur des discours 'théoriques' sur le sujet et la maigreur des réalisations sur le terrain : tout se passe comme si l'on agitait frénétiquement le peu de liquide qu'il y a au fond du verre de l'informatique éducative pour que la 'mousse discursive' ainsi obtenue masque l'absence de 'bière objective'».*⁶⁸

Ces lignes n'ont malheureusement pas pris une ride.

Notons cependant que des choses ont bougé : certains PO ont heureusement développé une vision plus proactive (qui intègre le numérique), ont mis en place des projets avec leurs moyens de fonctionnement et rassemblé les ingrédients nécessaires (en ce compris la formation des enseignants). Au-delà de la FWB, les PO et les équipes de direction ont toute latitude pour prendre des initiatives et constituent en fait les vrais acteurs capables d'impulser, d'orchestrer et de pérenniser un changement.

Quoi qu'il en soit, même pour les enseignants qui ont la chance de bénéficier d'une formation, cette dernière reste nettement insuffisante pour une raison assez simple : rares sont les enseignants à même d'enseigner à d'autres enseignants la science du numérique.

Pourquoi? Nous sommes en réalité face à un cercle vicieux qui a bien été analysé dans un rapport de la Royal Society au Royaume Uni.⁶⁹ Il existe une pénurie d'informaticiens. Dès lors, on ne peut trouver suffisamment de personnes pour enseigner ces matières. Comme les sciences informatiques sont dispensées par des personnes qui ne sont pas spécialisés en informatique, ces derniers se limitent à enseigner des logiciels de bureautique, des logiciels de traitement de texte, les règles de la navigation, etc. Cela donne une image peu attrayante de la discipline aux élèves et ne motive pas ces derniers à s'orienter professionnellement vers ces études, renforçant dès lors la pénurie de spécialistes.



Source : Quelle place pour l'informatique dans l'enseignement secondaire ?⁷⁰

⁶⁷ Ecole numérique en actions, SPW Editions www.ecolenumerique.be/qa/wp-content/uploads/2016/10/Ecole-num%C3%A9rique.pdf

⁶⁸ Ch. Duchateau, *L'école et l'ordinateur, un mariage difficile*.

⁶⁹ The Royal Society of UK, *Shut down or restart?: The way forward for computing in UK schools, January 2012* www.royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf

⁷⁰ Quelle place pour l'informatique dans l'enseignement secondaire ? www.sicarre.be/pmwiki/uploads/Documents/informatique_et_enseignement_obligatoire.pdf

Une chose est de trouver des enseignants compétents en informatique. Une autre est de convaincre les enseignants de l'utilité d'adapter leur enseignement à la réalité numérique d'aujourd'hui et de demain.

Ces derniers sont-ils motivés et enthousiastes à porter ce changement? Seule une infime minorité l'est. Les autres sont plus attentistes. On remarque que les personnes qui attendent les consignes pour se mettre en branle prennent en général trois ans pour les assimiler une fois qu'elles leur sont communiquées. Or, il y a urgence. Le tsunami numérique arrive et il arrive très vite. Il faut prendre garde à ne pas loupier le train.

Ce phénomène est traditionnellement illustré par ce qu'on a appelé la « métaphore du crayon ».



Selon le baromètre 2013, déjà cité, de l'Agence wallonne des télécommunications (ancienne Agence du Numérique)⁷¹ sur l'équipement numérique dans les écoles, on peut distinguer entre 7 profils d'enseignants relativement aux Techniques d'Information et de Communication au service de l'Enseignement (TICE) :

- 1. les assidus (6%)**: plutôt masculins, souvent avec moins de 10 ans de métier, ils utilisent les TICE de manière hebdomadaire voire quotidienne en classe, améliorant la motivation et la compréhension de leurs élèves ;
- 2. les exploreurs (7%)**: des deux sexes avec moins de 25 ans de métier, ils sont moins bien équipés que les assidus et peu soutenus par leur direction mais sont pourtant les personnes ressource TIC au sein de leur école ;
- 3. les modérés (20%)**: enseignant dans le secondaire, plutôt masculins, de tout âge, ils estiment être suffisamment formés aux TICE et en font un usage occasionnel en classe mais plus régulier dans la préparation de leurs enseignements ;
- 4. les débutants (21%)**: plutôt jeune et enseignant dans le primaire ou secondaire inférieur, ils sont bien formés aux TICE et favorables à leur utilisation mais ne disposent pas ou peu de ces technologies à l'école et ne peuvent les utiliser que très occasionnellement ;
- 5. les indifférents (28%)**: majoritairement (à 4/5) constitué des femmes, ils ne sont pas formés, ils ne considèrent pas que les TICE comme un outil intéressant et ne disposent d'ailleurs pas beaucoup d'équipement au sein de l'école ;
- 6. les attentistes (10%)**: principalement des instituteurs de primaire, très peu formés aux TICE, ils y sont plutôt favorables mais y sont très peu formés et ne les utilisent que très peu dans la préparation de leurs cours ;
- 7. les réticents (8%)**: sans caractéristique d'âge, d'ancienneté ou de genre, ils sont franchement hostiles aux TICE et ne les utilisent jamais.

On constate ici que les deux facteurs essentiels pour l'utilisation des TICE dans l'école sont la disponibilité des technologies à l'école et la formation à ces technologies.

LE SUPPORT DU NUMÉRIQUE

Qu'en est-il de l'entretien, de la maintenance, de la réparation et du renouvellement des outils informatiques mis à disposition des écoles. La plupart du temps, les enseignants sont livrés à eux-mêmes. Or, idéalement, cela ne devrait pas être à l'enseignant de devoir s'occuper de ces questions. Son métier, c'est d'enseigner. Il a besoin d'un help desk, d'une cellule d'appui.

Cela dit, un support est déjà organisé via le SPW et un prestataire externe pour les équipements mis à disposition des écoles via Cyber-classe. Ce dernier a été provisoirement étendu pour mettre en œuvre le projet Ecole Numérique.

Heureusement, un marché renouvelant et élargissant ce support doit être relancé dans les prochains mois par le ministre Pierre-Yves Jeholet.

ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUE DES ENSEIGNANTS

Il faut former, suivre, titiller les enseignants pour assurer ce passage vers le numérique. Il est nécessaire que les accompagnateurs soient présents dans la classe lorsque les enseignants réalisent leurs premières expériences avec le numérique.

En effet, on sait désormais qu'une formation ne suffit pas et qu'à l'issue de celle-ci, la probabilité de changement de pratiques pédagogiques reste faible... Accompagner les premiers pas d'un enseignants qui expérimente l'introduction du numérique dans une activité pédagogique augmente fortement les chances qu'il poursuive le chemin de manière autonome.

⁷¹ Agence Wallonne des Télécommunications, *Équipement et usages TIC 2013 des écoles de Wallonie*, www.awt.be/contenu/tel/dem/AWT-Baromètre_éducation.pdf

Par ailleurs, indépendamment de la question du numérique, stimuler la collaboration entre enseignants (ce qui nécessite de l'animation et du suivi) est un facteur déterminant du changement de pratiques pédagogiques des enseignants et ce dernier a été identifié dans le rapport McKinsey qui est à l'origine du processus Pacte d'Excellence.

Il faut amorcer la pompe. Cela nécessite des moyens. Des garanties ont été obtenues à cet égard auprès de la Fédération Wallonie Bruxelles. Est-ce suffisant ? Non. Selon McKinsey, pour faire changer un système, il faut consacrer en moyenne 1% des ressources de ce système au financement de ce changement. Comme l'enseignement de la FWB concerne 130.000 enseignants, il faudrait - idéalement - que 1.300 personnes soient mobilisées pour accompagner ce passage au numérique afin d'amorcer la pompe.

Aujourd'hui, selon l'Agence wallonne du Numérique, il y aura enfin 14 accompagnateurs en janvier 2018 et il est prévu que ce nombre soit augmenté de 25 unités en 2019.

MISE EN ŒUVRE DES CONDITIONS NÉCESSAIRES À L'ENSEIGNEMENT NUMÉRIQUE

En conclusion, on constate que, sur les 4 conditions nécessaires, selon André Delacharlerie, au développement de l'enseignement numérique (équipement informatique, formation des enseignants, support numérique et animation pédagogique des enseignants), aucune n'est remplie de manière satisfaisante dans l'enseignement obligatoire de la Fédération Wallonie-Bruxelles.

Heureusement, le Plan Numérique wallon (Digital Wallonia) prévoit, dans son axe 5, un certain nombre de mesures de nature à assurer progressivement la satisfaction de ces conditions et notamment :

- 5.1.1 : établir un plan ambitieux de déploiement d'infrastructure numérique dans les écoles (et assurer le support technique)
- 5.2.2 : former et accompagner les enseignants pour accélérer la transition numérique des processus d'apprentissage

Pour ce dernier point, le plan ne quantifie pas le coût de ces mesures mais signale que le budget sera « élevé ». La formation des futurs enseignants, les enseignants en activité mais aussi les cadres de l'éducation. La députée communautaire Françoise Bertieaux a interpellé monsieur Jean-Claude Marcourt, ministre de l'Enseignement Supérieur, pour demander que, à l'occasion de la réforme de la formation des enseignants, un module soit consacré à la formation numérique afin de faire entrer les nouvelles technologies dans les classes. Vu que le texte n'a pas encore été déposé, il est difficile de savoir s'il a été tenu compte de cette demande. Difficile aussi de savoir si des budgets seront disponibles à cet effet en FWB.

Il est également nécessaire que les directeurs d'établissements, l'équipe de direction ou le pouvoir organisateur aient une « vision numérique ». Comme le précise Saskia Van Uffelen (du programme Digital Champion of Belgium),⁷² on constate que les établissements qui ont une véritable vision numérique n'ont généralement pas de problème majeur d'équipement, de connexion, de formation, ou, du moins, parviennent à avancer avec des moyens pourtant limités. Par contre, même avec les meilleurs outils du monde, le changement ne sera pas exécuté s'il n'y a pas une vision numérique. La motivation est donc un facteur clé. Et le soutien et l'assistance de la direction sont un autre facteur clé.

En résumé, alors que la région wallonne a rempli une partie de ses obligations (même si les écoles wallonnes sont deux fois moins bien équipées que la moyenne européenne), la FWB n'a pas rempli les siennes.

Le manque de formation numérique des enseignants est préoccupant. Il est surtout contre-productif. En effet, des enseignants mieux formés et plus soutenus par la FWB dans le secteur numérique seraient à même de créer toute une série d'outils pédagogiques tels que :

- le journal de classe en ligne (permettant aux élèves et aux parents de consulter ce dernier depuis leur ordinateur ou smartphone) ;
- la correction automatique de certains devoirs (environ 80%), libérant ainsi du temps que les enseignants pourraient consacrer à un suivi plus qualitatif ;
- le partage, entre enseignants, de cours et enseignements via une plateforme numérique de cours ;
- etc.

Le gouvernement wallon, désireux de faire avancer ce dossier, accomplit une partie de la tâche de la FWB grâce, on va le voir, à l'opération Wallcode, à l'extension du réseau CoderDojo Belgium en Wallonie, mais aussi en finançant des ASBL qui assurent des formations destinées aux enseignants.

Maintenant que nous avons examiné le cadre nécessaire à cet enseignement, interrogeons-nous désormais au contenu que devrait avoir ce dernier.

⁷² Capsule vidéo : Digital Wallonia, Baromètre TIC 2013, Education www.youtube.com/watch?v=hADXCw-zt28



A QUOI DOIT RESSEMBLER LE CORPUS DE L'ENSEIGNEMENT NUMÉRIQUE À DISPENSER DANS LES ÉCOLES ?

Il faut ici distinguer trois volets. Le premier - les TICE (ou Techniques d'Information et de Communication au service de l'Enseignement) - traite de l'utilisation des nouvelles technologies dans la pratique pédagogique des professeurs. Les deux autres (littératie numérique et science du numérique) constituent l'objet de l'enseignement à dispenser aux élèves.

1. Les TICE (Techniques d'Information et de Communication au service de l'Enseignement). Ces techniques permettent de mettre le numérique au service des apprentissages. Elles consistent, pour le dire clairement, à utiliser les ressources du numérique pour apprendre tout le reste. Ainsi, on retrouve dans ces dernières l'utilisation :

- de logiciels tels que le traitement de texte, les outils de présentation multimédia, des tableaux blancs interactifs,
- des logiciels destinés à l'enseignement (des exercices d'orthographe, la visualisation de constructions géométriques, des logiciels tels que Mind Mapping permettant de schématiser le cheminement associatif de la pensée via des cartes heuristiques, etc.),
- de plateformes d'apprentissage en ligne pour interagir avec les élèves en dehors des séances, transmettre des documents, donner et corriger des exercices, réceptionner des travaux, etc.
- de ressources en lignes pour stimuler les pédagogies actives

2. La «littératie» numérique concerne tout ce qui est nécessaire pour utiliser un ordinateur de manière optimale. Cela recouvre notamment :

- le fait de se servir de logiciels de bureautique, créer et modifier des fichiers, des images, des sons, des films, etc., utiliser un navigateur web, des moteurs de recherche, manipuler et communiquer des informations, etc.),
- de se protéger via des logiciels de sécurité et le paramétrage de critères de confidentialité,
- d'apprendre à se comporter de manière éthique.

La littératie numérique doit s'enseigner de manière très transversale à l'école.

3. La science du numérique : c'est une discipline en tant que telle et elle comporte différents types de savoirs tels que :

- L'algorithmique : la pensée algorithmique est le mode de raisonnement qui a rendu la révolution numérique possible. En faisant acquérir à l'élève les bases de cette discipline, on pourra lui demander de concevoir et écrire un algorithme comme une suite d'instructions permettant de résoudre un problème simple, utiliser des structures de contrôle, etc.
- Les structures de données
- L'architecture numérique
- La programmation et la conception de systèmes informatiques
- La résolution de problèmes
- Etc.

Ce troisième volet constitue un peu la grammaire de base du numérique. Elle doit évidemment être mobilisée de manière transversale à travers divers enseignements mais constitue un corpus de connaissances et de compétences à part entière comme les autres sciences étudiées à l'école. Il serait donc justifié qu'elle fasse également l'objet d'un enseignement spécifique. Pourquoi ? Parce que c'est un outil indispensable pour structurer l'exploitation intelligente et créative des multiples outils numériques à la disposition de tous aujourd'hui. De la même façon, la langue française est un outil indispensable à tous les autres cours dispensés en Fédération Wallonie-Bruxelles, raison pour laquelle il est normal qu'elle soit enseignée de manière spécifique de façon à assurer la bonne maîtrise de cet outil.

Qu'en est-il actuellement au niveau de la politique menée par la Fédération Wallonie-Bruxelles ?

L'actuel projet de Pacte pour un Enseignement d'excellence consacre explicitement une place au numérique dans l'enseignement. Mais, il se focalise sur les deux premiers volets. Le contenu du troisième est pris en compte mais seulement comme une compétence transversale. Dès lors, le problème, c'est qu'il sera enseigné uniquement de façon périphérique et facultative (dans le cadre des cours de mathématiques, de sciences, de géographie physique, de technologie, etc.). Et non pas en soi. Ce point figure explicitement dans le Pacte :

«Le numérique ne nécessiterait dès lors pas la création d'un nouveau cours spécifique. On interrogera également l'opportunité – au-delà de la seule littératie numérique – de l'initiation aux 'sciences informatiques' notamment algorithmique (en lien avec les mathématiques)» (page 43-44 de l'avis numéro 3 du pacte pour un Enseignement d'excellence).

Selon Pierre Rion, président du Conseil Numérique Wallon, on reste loin, en Fédération Wallonie-Bruxelles, d'un programme consacrant la véritable transformation numérique qu'il est pourtant urgent d'opérer. On persiste à poursuivre la voie entamée fin des années 80.

La politique menée par la Fédération Wallonie-Bruxelles en matière d'enseignement numérique est donc fort décevante. Qu'en est-il de la Région wallonne ?

Entre le 21 et le 25 novembre 2016, la Région wallonne lançait «*l'Opération Wallcode*». Cette dernière vise à sensibiliser les acteurs de l'éducation et d'initier les jeunes des écoles primaires et secondaires aux sciences informatiques, à la logique algorithmique et aux langages de programmation. Son slogan : «*apprendre à coder pour ne pas être programmé*».

Concrètement, 3.500 élèves wallons (dont 1791 écoliers primaires) issus de 31 écoles ont bénéficié d'une initiation à la logique algorithmique et aux langages de la programmation. Ils ont programmé des robots, utilisé des plateformes d'apprentissages, etc.

Au-delà de ce programme, le véritable enjeu, c'est le changement de posture de l'enseignant et la mise en œuvre de pédagogies actives, l'apprentissage par projet en vue de résoudre des problèmes.

APPRENDRE LA PROGRAMMATION AUX ENFANTS

Le codage est souvent identifié aux mathématiques. Il y a évidemment des liens entre les deux mais ce n'est pas la même chose. Par ailleurs, amalgamer les deux conduit généralement à renforcer les craintes des apprenants.

En réalité, programmer est une activité distincte des mathématiques. Écoutons ce qu'en dit l'un des pionniers de l'enseignement informatique en Belgique, le professeur Charles Duchateau (des Facultés Notre-Dame de la Paix à Namur).

Programmer, dit-il, c'est «*faire faire en différé*».⁷³ Cela revient à écrire la marche à suivre pour une machine. C'est une sorte de recette de cuisine. C'est une activité «*en différé*» car ce sont des instructions qui sont écrites à un moment différent de celui où elles seront appliquées. En principe, si la programmation est bien conçue, la tâche ne ratera pas. La machine est un simple exécutant qui a deux caractéristiques : elle est à la fois très performante et très stupide. Programmer est donc un exercice très formateur pour l'esprit car cela revient à réfléchir de manière très précise à la forme et au contenu des instructions qu'on donne.

Formellement, la programmation se rapproche de la logique. A ce titre, elle est effectivement une partie des mathématiques. Mais, l'apprentissage de la programmation n'est pas mathématique. Il consiste à décomposer une tâche en une multitude de tâches plus simples. Ce qui est difficile, c'est qu'il ne faut négliger aucune étape. Il faut aussi les exprimer, les verbaliser. Cela diffère d'un apprentissage classique car, dans un apprentissage classique, la personne qui explique une tâche dit souvent : «*regarde comment je fais*».

Dans la programmation, on ne peut pas procéder de cette manière. Comment faire alors ? En réalité, il y a quatre étapes. Il faut déterminer quatre choses :

1. Ce qu'il faut faire
2. Comment le faire
3. Comment le faire faire (la marche à suivre)
4. Comment le dire à un exécutant, c'est-à-dire comment l'exprimer.

C'est seulement à la quatrième de ces étapes mentales qu'intervient le codage. Il y a des centaines de langages informatiques. Mais ce sont juste des grammaires. Le plus important, ce n'est pas la langue utilisée et son apprentissage. Le plus important, c'est la démarche qui précède, c'est-à-dire, pour poursuivre la métaphore entamée ici, la rédaction du texte. Il est effectivement beaucoup plus intéressant de rédiger que de transcrire. C'est un apprentissage qui nécessite du temps mais qui est très formateur.

Apprendre à décomposer l'acte en sous-tâche et à introduire des points de décision. A quoi peut ressembler un cours de programmation à destination des enfants ? Cela consiste au début à lui faire comprendre des choses toutes simples. Programmer, c'est, par exemple, demander à un enfant de faire aller un petit bonhomme du point A au point B et à lui donner 4 cartes (avant, arrière, droite, gauche) en lui demandant de planifier à l'avance son itinéraire. Et puis, on introduit la notion de capteurs.

Par la suite, on lui expliquera la logique numérique. On lui expliquera ce qu'est un pixel. Et ainsi de suite. Progressivement, l'enfant acquiert alors une culture numérique.

EST-IL RÉELLEMENT NÉCESSAIRE D'APPRENDRE AUX ENFANTS À PROGRAMMER ?

Cela vaut-il la peine d'apprendre aux enfants à programmer sachant que la programmation sera réservée à une élite dans le futur ?

⁷³ Charles Duchateau, De «*faire*» à «*faire faire*» : au cœur de la programmation : quelques réflexions didactiques (version française de From 'doing it' to 'having it done by' : the heart of programming. Some didactical thoughts), Conférence présentée au NATO Advanced Research Workshop, 17-21 mars 1992 www.pure.fundp.ac.be/ws/files/252631/De-faire-5-30.pdf

Pour sa part, le docteur et essayiste Laurent Alexandre considère que cet apprentissage est inutile⁷⁴ Pourquoi ? Selon lui, en raison de la complexité croissante des logiciels, seule une petite élite multi diplômée pourra programmer dans le futur. Dans leur grande majorité, les humains ne pourront pas concurrencer les futures machines dans la codification. La révolution électrique n'a pas nécessité que toute la population acquière des compétences d'électriciens. Il n'est pas nécessaire de connaître la manière dont fonctionne un moteur pour apprendre à conduire une voiture. Il faut plutôt, dit-il, apprendre à la majorité des enfants à être de bons humanistes. Il faut développer chez eux toutes les qualités humaines qui constitueront leur plus-value par rapport aux machines plus tard, particulièrement lorsque se développera l'intelligence artificielle. Il faut leur apprendre à raisonner sur l'information et détecter les fake news. Etc.

Cet auteur a effectivement raison sur un point : il faut assurer une véritable formation humaniste aux élèves car, précisément, c'est ce qui est humain dans l'homme que les machines ne pourront pas remplacer dans l'exécution des tâches.

Cela étant dit, il a tort de considérer que l'apprentissage de la codification est inutile

Et cela pour au moins trois raisons. C'est en tout cas ce que pense Pascal Balancier, expert à l'Agence du Numérique.⁷⁵

Premièrement, même s'il est probable que la codification proprement dite sera le fait d'une minorité, il est tout sauf inutile de développer chez tout le monde la capacité de « résolution de problèmes ».

Deuxièmement, il importe également de comprendre ce qui se passe en dessous de l'écran du smartphone que l'on manipule tous les jours. C'est comme le latin. Personne n'étudie le latin pour l'utiliser dans le langage courant. Généralement,

on n'apprend pas le codage pour coder plus tard. Mais le fait d'en connaître les rudiments et d'en comprendre la logique sous-jacente nous permet d'utiliser nos machines de manière plus intelligente. Tous les jours, nous utilisons désormais des systèmes informatiques. Nous en portons même un constamment sur nous (le téléphone). Bientôt, il est probable que nous en porterons plusieurs simultanément. Dès lors, le codage est un savoir de base que l'honnête homme du XXI^{ème} siècle doit absolument posséder. Plus les citoyens et les citoyennes se préoccupent des algorithmes qui nous entourent et seront capables de les comprendre, de les critiquer, voire de les développer, mieux la société se portera

Troisièmement, au-delà de cet apprentissage, ce qui est poursuivi, c'est un projet d'autonomisation et de responsabilisation tant des professeurs que des élèves. En effet, ces outils informatiques qui se développent et se multiplient de manière étonnante ne sont pas une fin en soi. Les techniques en elle-même n'ont aucune vertu pédagogique. C'est l'usage qu'on en fait qui importe. Comme le dit le vieil adage, « *ce n'est pas le pinceau qui fait la toile* ». Ces outils ouvrent en effet la voie vers des pédagogies plus actives et plus participatives.

A cet égard, Pascal Balancier et Pierre Rion sont très favorables aux dispositifs pédagogiques de « *classes inversées* ». L'idée est de contraindre l'élève à étudier ses cours chez lui afin de délester le professeur de cette tâche et lui permettre de consacrer plus de temps à suivre l'élève au cas par cas dans les exercices d'application et de découverte auxquels seront dès lors consacrées les séances en classe. La logique de ce dispositif de pédagogie active, c'est d'habituer l'élève à « *apprendre à apprendre* ». Non pas apprendre tout court mais à apprendre à constamment s'informer et se documenter spontanément tout au long de sa vie. Pourquoi ? Car, aujourd'hui, on ne peut plus se contenter d'apprendre. En effet, vu l'accélération du progrès dans tous les domaines, les apprentissages sont vite

dépassés. Les gens qui apprennent aujourd'hui à conduire des trams, des camions, etc. devront fatalement se reconvertir un jour ou l'autre. C'est le cas dans quantité d'autres secteurs. D'où la nécessité de dispositifs de formation permanente dont on parlera dans le chapitre VI.

Quoi qu'il en soit, l'apprentissage du codage présente de nombreuses vertus pédagogiques. D'une part, il développe la logique et la rigueur. C'est un apprentissage structurant comme le latin et totalement en phase avec les défis du futur. D'autre part, cet apprentissage développe la créativité et la pédagogie active car, en vue de résoudre le problème, il faut nécessairement imaginer une chose et la créer.

Le numérique sera au cœur de la culture de demain. Il faut que la culture numérique puisse être diffusée au sein de toute la population, ce qui implique des mesures pour lui permette d'acquérir, de renforcer et d'actualiser les compétences numériques.

A ces trois raisons, on peut ajouter une quatrième : l'informatique n'est pas uniquement un pourvoyeur d'outils informatiques qu'on peut utiliser sans devoir en comprendre le fonctionnement. C'est devenu « *un immense espace de création scientifique, technique, industrielle et commerciale, ainsi qu'un des domaines les plus créateurs d'emplois directs ou indirects dans le monde* ». ⁷⁶ En d'autres termes, la capacité de programmer n'est pas nécessaire aux seuls programmeurs spécialisés. C'est un outil qui peut être utilisé dans tous les domaines lorsqu'il est question de créer quelque chose de nouveau. Autant stimuler l'acquisition de cet outil à un maximum de personnes dès le plus jeune âge.

⁷⁴ L. Alexandre, *La guerre des intelligences. Intelligence artificielle versus intelligence humaine*, JC Lattès, 2017, p.166

⁷⁵ P. Balancier, *Près de 3.500 élèves #Wallcode, 14 décembre 2016* www.digitalwallonia.be/3500-eleves-wallcode/

⁷⁶ *Quelle place pour l'informatique dans l'enseignement secondaire ?*. www.sicarre.be/pmwiki/uploads/Documents/informatique_et_enseignement_obligatoire.pdf

LE NUMÉRIQUE VA-T-IL RÉVOLUTIONNER LA NATURE MÊME DE L'ENSEIGNEMENT DANS UN FUTUR PROCHE ?

Comme on l'a vu, un très grand nombre de métiers sont en voie de robotisation ou d'ubérisation. Dans le premier cas, ce sont des machines qui se substituent aux hommes. Dans le second cas, des personnes qui travaillent sont soudainement concurrencées par d'autres qui proposent des services ou des produits en ligne. Qu'en est-il de l'activité même d'enseigner ? Va-t-elle connaître le même sort ? Les enseignants risquent-ils d'être « ubérisés » ?

Jusqu'à présent, la situation de l'enseignant n'a jamais été soumise à la concurrence. Dans le système scolaire actuel, l'enseignant reçoit chaque année la charge d'un « *public captif* ». Qu'ils soient compétents ou non, performants ou pas, les enseignants gardent le même nombre d'élèves et leur métier ne sera jamais directement menacé. Cela s'explique par la sécurité d'emploi inhérente à leur statut et par le fait que les préférences des élèves ne sont pas prises en compte par les établissements dans le choix des professeurs qui leur sont attribués. Par ailleurs, ces mêmes préférences sont d'assez peu de poids dans la décision de leurs parents de les inscrire et de les maintenir dans telle ou telle école (laquelle est surtout influencée par des considérations de proximité géographique du domicile ou des raisons religieuses ou philosophiques).

Dans le sillage de l'ubérisation qui touche nombre de métiers aujourd'hui, ce qui vient changer la donne, c'est l'irruption, sur internet, d'un choix toujours plus vaste et diversifié de cours en ligne : les MOOC (*Massive Online Open Course*). Au moyen de petites capsules vidéo, des professeurs enseignent des points de matière de manière didactique, efficace et souvent amusante. Comme, désormais, tous les adolescents (ou presque) sont équipés d'un smartphone (et l'utilisent en moyenne 4 heures par jour), ces capsules ont de plus en plus

de succès. Ainsi en est-il, par exemple de « *Khan Academy* ». Salman Khan, en 2004, a commencé à créer de petites vidéos pour aider sa cousine en mathématiques. Aujourd'hui sa vidéothèque, en accès gratuit, totalise plus de 82 millions de visites dans le monde. Une version francophone existe également.

Pour l'instant et hormis le développement de plusieurs initiatives privées (*Ecole 42, Ecole 19, Epitech, Digitalent de Proximus, etc.*) dont il sera fait état dans le prochain chapitre, les enseignants ne sont pas encore concurrencés dans leur enseignement. Du moins pas dans le fondamental où la présence aux cours est obligatoire. Mais les élèves et étudiants disposent désormais, grâce à ces capsules You Tube, d'une base de comparaison entre les cours dispensés par leur enseignant et ceux dispensés par d'autres spécialistes. Cette concurrence peut être un stimulant afin d'améliorer la qualité de leurs cours, voire pour créer leurs propres capsules vidéo et les proposer comme outils pédagogiques. Cela permet alors de libérer du temps durant l'enseignement pour travailler de manière plus interactive dans la classe.

Avec les MOOC, on n'est plus limité par la taille de la classe, par les horaires et par la distance entre l'endroit où est situé l'apprenant et l'endroit où le cours est dispensé. Le cours d'un professeur peut être regardé simultanément (ou en différé) par des dizaines de milliers de personnes.

Quoi qu'il en soit, selon Laurent Alexandre, les MOOC ne constituent en réalité que la préhistoire de l'enseignement de demain.⁷⁷ En effet, la tendance générale, selon lui, sera vers la personnalisation - voire « *l'hyperpersonnalisation* » - de l'éducation. De quelle manière ? Aujourd'hui, les plateformes proposent des produits et services toujours plus personnalisés car elles collectent des informations sur les sites que nous visitons, les achats que nous faisons et les recherches que nous menons.

De la même façon, les tutoriels de demain adapteront l'enseignement proposé en fonction des vidéos déjà visionnées, la rapidité avec laquelle nous avons répondu à des exercices, les fautes que nous commettons, les centres d'intérêt dont nous témoignons, etc. De cette manière, ces formations en ligne seront de plus en plus interactives et de plus en plus adaptées à la personne enseignée.

Ce faisant, cet enseignement renouera paradoxalement avec la meilleure forme d'enseignement dans l'histoire : le préceptorat. C'est, nous dit Laurent Alexandre,⁷⁸ la meilleure forme d'enseignement car elle est la plus adaptée à l'élève. Elle le fait progresser au rythme adéquat et est dans l'interaction permanente. Malheureusement, cet enseignement n'était accessible qu'à une toute petite élite : les familles qui pouvaient se payer les services d'un précepteur. Quand l'école est devenue gratuite et obligatoire, il a fallu mettre en place des techniques tayloriennes pour rendre l'école accessible à tous : l'enseignant avait en charge une multitude d'élèves et devait opter pour des méthodes standards. Au détriment des élèves les plus faibles mais aussi des élèves les plus doués qui ne pouvaient progresser à leur rythme.

Avec l'enseignement hyperpersonnalisé (qui s'appuiera, selon Laurent Alexandre, sur le développement de l'intelligence artificielle), il serait possible d'offrir une forme d'enseignement comparable au préceptorat pour tout un chacun.

Quoi qu'il en soit, ces outils ne sont pas encore disponibles. Mais il faut y réfléchir dès aujourd'hui car les choses évoluent très rapidement. Les conditions sont réunies aujourd'hui pour que le secteur de l'enseignement évolue de façon à devenir de plus en plus compétitif et innovant. Il s'appuiera, beaucoup plus que par le passé, sur la technologie.

⁷⁷ L. Alexandre, *La guerre des intelligences. Intelligence artificielle versus intelligence humaine*, JC Lattès, 2017, p.156

⁷⁸ L. Alexandre, *La guerre des intelligences. Intelligence artificielle versus intelligence humaine*, JC Lattès, 2017, p.153



QUELLE PLACE RESTERA-T-IL AUX PROFESSEURS ?

L'enseignant finira-t-il par être ubérisé ? C'est peu probable. Quasiment toutes les études sur la robotisation de l'emploi qui ont été examinées dans le cadre de la présente étude classent la profession d'enseignant dans les métiers qui sont les moins menacés d'une automatisation. Cela dit, on l'a vu, ce métier connaîtra probablement de profondes modifications. Les tutoriels intelligents et interactifs vont progressivement voir le jour et se développer à mesure que se développera l'intelligence artificielle. Par ailleurs, les cours en ligne préparés par des professionnels sont amenés à se multiplier et à se diversifier. Comme toujours et partout, il y aura à boire et à manger, le meilleur et le pire.

Nul doute que ces outils pédagogiques feront progressivement perdre à l'enseignant son statut d'unique détenteur de savoir et de transmetteur exclusif.

Néanmoins, contrairement à ce que soutient Laurent Alexandre, il est peu probable que les salles de classe et les professeurs ordinaires disparaissent. Pourquoi ? Car l'enseignant n'est pas seulement une personne qui communique un savoir. C'est aussi et avant tout une personne qui motive et qui met en place les conditions nécessaires à l'apprentissage. Telle est l'opinion de l'économiste américain Tyler Cowen.⁷⁹ En effet, un élève a besoin d'un cadre pour étudier, de la discipline, des incitants, des encouragements, etc. Ce qui restera à l'enseignant, c'est cette mission de « *coach* ». Il serait bien naïf de penser que les élèves vont se précipiter d'eux-mêmes vers les formations You Tube conçues par des Prix Nobel et accessibles gratuitement. Le professeur est amené, dès lors, à devenir un guide, un accompagnateur qui apprend à l'élève à devenir autonome et à se former lui-même. Mais, il sera aussi celui qui apporte son regard, son expérience, son opinion.

A l'élève qui s'est formé théoriquement via des vidéos et des outils numériques, il est indispensable de pouvoir échanger avec un professeur en chair et en os pour rendre le savoir vivant. Aucun ordinateur ne pourra jamais remplacer une discussion entre un étudiant et un professeur.

Par ailleurs, un professeur reste indispensable pour sélectionner et conseiller les outils d'apprentissage. Si, dans le futur, un élève pourra recevoir quantité de formations sur le Net et via des tutoriels perfectionnés et interactifs, il faut qu'une personne d'expérience puisse encadrer cet auto-apprentissage. Autrement, l'élève peut être victime d'un biais informationnel, un peu comme les personnes qui, aujourd'hui, ne lisent plus la presse que via les réseaux sociaux, lesquels ne lui proposent plus que des points de vue et des sujets qui confortent ses certitudes. Comme les algorithmes lui proposeront des outils reflétant ses préférences passées, il risque d'être privé d'une bonne partie de l'offre existante et être privé, dans sa formation et donc, dans la constitution de son identité, de la confrontation à la diversité des disciplines et des points de vue qui forment le socle de l'enseignement humaniste.

Tutor kings & Tutor queens

On assiste à l'émergence de « *professeurs superstars* ». A Hong Kong, ces personnages charismatiques, beaux, amusants, brillants, bien habillés, sont surnommés les « *tutor king* ». Il y a aussi les « *tutor queen* » : ces professeurs femmes ont un physique et une toilette de mannequin et ne donnent jamais deux cours avec les mêmes vêtements.

Le plus célèbre tutor king, un certain Richard Eng, forme pas moins de 50.000 étudiants en même temps dans différentes vidéos en ligne et écoles de tutorat qu'il a fondées. Il gagne 1,5 millions de \$ par an et roule dans une Lamborghini avec une plaque immatriculée « *Richard* ». Ses vidéos sont particulièrement efficaces car elles préparent avec succès aux examens les plus difficiles et permettent d'améliorer de manière significative les cotes d'examen dans une société où les bons résultats ouvrent les meilleures portes.

⁷⁹ T. Cowen, *Average is over. Powering America beyond the age of the great stagnation*, A Plume Book, 2013, p.196

VI. QUELLES FORMATIONS CONTINUES ET EXTRA-SCOLAIRES DANS LE NUMÉRIQUE ?

Depuis quelques temps, il est beaucoup question d'écoles dites de «codage» ou de «formations numériques». Quelles sont-elles? Et comment fonctionnent-elles? Ces écoles présentent-elles des caractéristiques distinctes des formations universitaires classiques?

En France, ces écoles qui apprennent à coder gratuitement seraient au nombre de 171⁸⁰. Labellisées «Grandes Ecoles du Numérique», gratuites et accessibles sans condition de diplôme, elles ont pour but de former, parfois de manière très stricte, des aspirants programmeurs qui viennent de milieux divers. C'est l'homme d'affaire Xavier Niel qui eut l'idée de créer ce type d'école en France. Il fallait selon lui «inventer quelque chose de différent, qui n'existait pas ailleurs, pour faire avancer les choses». ⁸¹ Pour Niel, le problème d'internet était de trouver des développeurs pour concevoir des logiciels permettant de créer des produits innovants. Or, aujourd'hui, le système français ne fonctionne pas, coincé qu'il est entre des universités classiques qui sont gratuites et accessibles au plus grand nombre et des écoles privées souvent trop chères et laissant sur la route de nombreux talents. Le but était donc de trouver une solution intermédiaire par le biais du principe de la gratuité mais aussi de la qualité de l'enseignement et ce, à partir d'une structure d'enseignement profondément différente. ⁸²

APERÇU DES ÉCOLES FRANÇAISES DE CODAGE : L'EXEMPLE « 42 »⁸³

Sur base de ce constat, Niel et son acolyte Nicolas Sadirac fondèrent en juillet 2013 l'école «42», située dans un bâtiment unique en France, le «Heart of Code». Le bâtiment de presque 5000 m² accueille les étudiants dans des conditions optimales au cœur du 17^{ème} arrondissement de Paris. En plus d'être un espace de formation numérique, le lieu est également un lieu de vie proposant des espaces communs dont un food truck, un espace dédié aux jeux vidéo et un amphithéâtre. L'école a aussi la caractéristique d'être accessible aux étudiants 24h24 et 7j/7, ce qui permet à chacun d'organiser sa formation selon ses impératifs. L'école forme des milliers de développeurs informatiques et, moins de quatre ans après sa création, «42» vient d'être désignée meilleure école de programmation informatique au monde par le site CodinGame.

Le cas de l'école «42» n'est bien sûr pas unique et de nombreuses autres écoles existent sur le marché. Certaines furent même créées avant que «42» n'existe...⁸⁴ C'est le cas notamment de la Web@cadémie qui est la pionnière des écoles de codage en France. Constituée en 2010 et située sur deux sites distincts

(Paris et Lyon), la structure est née du rapprochement d'Epitech, école d'informatique et de l'association Zup de Co qui s'est donnée pour mission d'accompagner les élèves les plus en difficultés.

Citons également la Wild Code School, fondée en 2014 qui a la particularité d'être implantée sur différents sites ruraux comme celui de La Loupe dans la région du Perche. L'Université de Saint-Etienne offre aussi ce type de formation labellisée, se distinguant ainsi des autres universités françaises dans ce domaine d'enseignement. Enfin, d'autres écoles à vocation sociale virent le jour dont l'école de «la deuxième chance», basée à Niort. Celle-ci s'adresse à tous les jeunes entre 18 et 35 ans ayant quitté le système scolaire sans diplôme et qui, une fois sortis, font leurs premiers stages dans des projets numériques d'utilité sociale.

EN BELGIQUE, DE NOMBREUSES « CODING SCHOOL »⁸⁵

Si la France a vu ses premières écoles de codage se développer à partir des années 2010-2015, c'est également le cas en Belgique mais depuis peu et de manière peut-être moins affichée. Plusieurs initiatives intéressantes peuvent être toutefois citées.

⁸⁰ Flore Mabillean, *Les écoles pour apprendre à coder*, Les Échos, 1er avril 2016

⁸¹ Idem.

⁸² Idem.

⁸³ Idem. Voir aussi : www.42.fr

⁸⁴ Flore Mabillean, *Les écoles pour apprendre à coder*, Les Échos, 1er avril 2016

⁸⁵ Rédaction, *Bruzelles va accueillir Xavier Niel et son anti-école de codage*, La Libre Belgique, 16 septembre 2017

D'abord la plus récente avec l'arrivée d'un centre d'autoformation dit « anti-école » qui ouvrira ses portes à Bruxelles sous la houlette de Xavier Niel. L'école, dénommée « école 19 » ouvrira en février 2018 à Uccle dans le Château de Latour de Freyns et accueillera 450 étudiants de 18 à 30 ans, 7j/7, 24h24⁸⁶. Dans la lignée de l'école parisienne « 42 », la « 19 » permettra à des talents cachés de se révéler sur base d'un test de logique et d'un stage d'immersion. Le cursus durera entre 2 et 5 ans, certains étudiants étant rapidement engagés par des sociétés. L'école « 19 » est une franchise de l'école « 42 » de Paris et fonctionne donc de la même manière. Les porteurs du projet sont John-Alexander Bogaerts, le créateur du cercle d'affaires B19 et Ian Gallienne, administrateur-délégué du Groupe Bruxelles Lambert⁸⁷.

La seconde école connue en Belgique est très certainement MolenGeek, nouvel incubateur de startups basé à Molenbeek-Saint-Jean⁸⁸. L'école fondée par Ouassari Ibrahim et ouverte aux chercheurs d'emplois âgés de 18 à 25 ans basés dans la région de Bruxelles Capitale, propose, depuis mars 2017 un programme de formation développé en partenariat avec Bruxelles Formation, l'Université libre de Bruxelles, Google et Samsung. Cette école permet à toute personne intéressée par le développement de sites internet et d'applications mobiles, d'acquérir les compétences fondamentales afin de pouvoir exercer une fonction de développeur web/mobile. MolenGeek offre donc un vaste éventail d'activités qui mettent les jeunes en contact avec l'entrepreneuriat numérique, développant ainsi leurs compétences numériques et leur esprit d'entreprise. L'actuel Vice-Premier Ministre Alexander De Croo contribue, dans le cadre de l'Agenda Numérique belge, au fonctionnement de cette organisation en lui attribuant un subside de 500.000 €.

L'expérience positive de MolenGeek a décidé le gouvernement fédéral de créer Digital Belgium Skills Fund, un fonds doté de 18 millions € destiné à financer des projets qui promeuvent les compétences dans le domaine numérique chez les jeunes issus « de groupes de populations vulnérables ». Aujourd'hui, 41 projets ont été sélectionnés par un jury soutenu, entre autres, par la Fondation Roi Baudouin.

Une troisième initiative importante est l'espace « BeCentral ». BeCentral a vu le jour en février 2017 à l'initiative de 28 cofondateurs issus du monde numérique et entrepreneurial belge⁸⁹. Le concept tourne autour d'un lieu et d'une formation. L'espace de 2.000 m² situé au-dessus de la gare centrale est dédié à 100% à la formation numérique. Il accueillera à moyen et long terme des workshops dédiés au digital mais à ce stade se focalise sur une initiative dénommée BeCode. Cette première initiative consiste en une formation de 6 mois au numérique pour des personnes particulièrement motivées qui n'ont pas nécessairement une formation spécifique. Autrement dit, le principe est identique à l'école « 19 » susmentionnée à la différence que BeCode ne se focalise pas uniquement sur le codage mais également sur d'autres compétences de base du numérique. L'école BeCode n'est également financée que par du privé dont Telenet ou Orange.

C'est le vice-Premier ministre et ministre de l'Agenda numérique, Alexandre De Croo qui en a jeté les bases par le biais de son plan d'action numérique dénommé Digital Belgium.

Comme le signale Alexander De Croo :

*« la révolution numérique nous pousse à réinventer notre façon de travailler et notre mode de vie. Aujourd'hui, cette mutation requiert de grands efforts d'adaptation de la part de nombreuses personnes. Elles ont l'impression d'être laissées pour compte ou elles ont tout simplement peur du changement. C'est la raison pour laquelle BeCentral mise sur le renforcement des compétences numériques en ouvrant ses portes au plus grand nombre. De cette manière, nous donnons aux citoyens les armes dont ils ont besoin pour embrasser l'ère du numérique et profiter de tous les avantages ».*⁹⁰

LE CODE INFORMATIQUE, UN LANGAGE D'INTÉGRATION ?

Pour faciliter l'intégration des réfugiés, certains développeurs et associations ont fait le pari d'utiliser l'enseignement du code informatique de manière à pouvoir permettre à ces réfugiés de mieux s'intégrer dans la société. C'est en Finlande qu'une première école a été créée en 2016 dans le but de former les réfugiés au codage. L'école Integrify a pour objectif d'offrir le meilleur futur possible à ceux qui ont été forcés de quitter leur pays « en leur permettant de combler une demande grandissante sur le marché de l'emploi ».⁹¹

En Belgique, c'est Cédric Swaelens, aujourd'hui responsable de l'implantation des écoles BeCode en Belgique qui souhaite, par le biais des réfugiés, combler de manière intelligente et efficace la pénurie dans le digital⁹².

⁸⁶ Idem

⁸⁷ Idem

⁸⁸ www.molengeek.com/coding-school/

⁸⁹ www.digitalbelgium.be/becentral-ouvre-ses-portes-a-bruxelles-central/ Voir aussi Christophe Charlot, BeCentral, nouvel espace belge de formation numérique, Trends Tendances, 14 février 2017

⁹⁰ www.digitalbelgium.be/becentral-ouvre-ses-portes-a-bruxelles-central/

⁹¹ Kathleen Wuyard, Le code informatique, langage de l'intégration pour les réfugiés, La Libre Belgique, 3 novembre 2017

⁹² Idem.

Comme le signale Cédric Swaelens :

*« pour les réfugiés, le code est une manière de rentrer directement dans les endroits où les gens ont besoin d'eux et de développer des connaissances qui vont avoir un impact sur les entreprises. La chance de l'informatique, c'est que cela offre des voies de traverses, c'est un secteur où les gens vont être plus ouverts à quelqu'un de débrouillard qui n'a pas forcément de diplôme. Peu importe la langue maternelle de la personne, le code est un langage universel ».*⁹³

En région wallonne, c'est au cœur de l'asbl Au Monde des Possibles que le projet Sirius a vu le jour⁹⁴. Ce projet, consiste en une formation en codage informatique et développement web destinée aux réfugiés de moins de 35 ans et financée par le Digital Belgium Skills Fund. Les élèves, pour la plupart provenant de Syrie, d'Irak ou d'Afrique subsaharienne étaient des universitaires dans leur pays d'origine mais ne peuvent faire valoir leurs compétences que par le biais de formations. La spécificité du projet Sirius est également de proposer, en plus des cours de codage, une formation accélérée en français, ce qui permet aux réfugiés d'avoir encore plus de chance d'obtenir une place sur le marché de l'emploi. Comme le signale Vincent Martonaro, chargé de communication pour l'asbl, « en Belgique, il manquera près de 20.000 développeurs d'ici à 2020, autant dire d'ici à demain. Notre objectif est de répondre à ce manque, tout en contribuant à réinsérer les réfugiés ! »⁹⁵

« LE CODE À PORTÉE DE TOUS »

Les robots finiront-ils un jour par remplacer les employés ? Au Danemark, les écoles se posent très sérieusement la question au point d'apprendre aux élèves dès le plus jeune âge la programmation et le codage⁹⁶. Aujourd'hui dans ce pays, la robotique et les nouvelles technologies sont entrées dans le quotidien de la moitié des travailleurs. C'est ainsi que l'année passée, plus de 750 entreprises ont vu le jour dans l'industrie robotique...

Qu'en est-il dans les autres pays européens ? En France, le Président Emmanuel Macron et Tim Cook, le PDG d'Apple ont décidé, en octobre 2017, de mettre en place un programme, « Le code à la portée de tous »⁹⁷. Imaginé par Apple, « le code à portée de tous » se base sur le langage de programmation informatique développé par la firme américaine, le programme Swift. Toutefois, Apple ne travaille pas qu'avec ses propres marques. Apple met par exemple en avant dans son programme l'application Tynker, pensée pour les enfants âgés de 5 à 10 ans qui sont à l'école primaire⁹⁸. Ce programme permet de découvrir la logique du code informatique par le biais d'un jeu. Avec Tynker, l'objectif est en effet d'utiliser des blocs contenant des consignes de code « départ », « répéter », « sauter » pour faire avancer un dragon ou un dinosaure sur un parcours et lui permettre de collecter son trésor. Ce programme constitue donc une première approche qui va permettre aux plus jeunes de se familiariser avec le fonctionnement des langages de programmation et surtout de découvrir à quoi peut ressembler une ligne de code.

Reste le problème de la formation des professeurs. Pour remédier à cela, Apple propose dans son programme deux livres qui sont dédiés aux enseignants et qui leur permettent d'en savoir plus sur le fonctionnement de la programmation informatique.

Au Royaume-Uni, le code est désormais obligatoire dans les programmes scolaires...⁹⁹ Ce sont d'ailleurs les professeurs de mathématiques qui, connaissant déjà le fonctionnement des algorithmes, sont les plus nombreux à assurer cet enseignement. A l'école primaire, le code est principalement enseigné dans le cadre des mathématiques alors qu'au niveau secondaire, cela peut être enseigné dans différents cours dont entre autres l'histoire.¹⁰⁰

Qu'en est-il de la Belgique ? L'apprentissage numérique dans l'enseignement obligatoire a été exposé dans le chapitre précédent. Dans le domaine extra-scolaire, plusieurs initiatives connaissent déjà un certain succès comme, par exemple, Coder Dojo (www.coderdojobelgium.be) qui offre un apprentissage gratuit et ouvert aux jeunes dans le domaine des technologies de l'information et de la communication.¹⁰¹

Cette formation est accessible aux enfants à partir de 7 ans qui apprennent à utiliser « Scratch », un logiciel permettant de programmer des animations, des jeux et des histoires interactives. Les enfants utilisent un langage de programmation fait de briques qu'ils glissent sur l'espace de travail pour animer des personnages. Grâce à ces briques, ils les mettent en action par des boucles, en créant des variables ou en leur donnant des sons.

⁹³ Idem.

⁹⁴ Idem.

⁹⁵ Idem.

⁹⁶ Rédaction, 752 nouvelles entreprises de robotique en un an : au Danemark, les enfants apprennent le codage dès 4 ans, www.rtbfb.be, 7 novembre 2017

⁹⁷ Rédaction, Le code à la portée de tous : qu'est-ce que le programme d'Apple pour les écoles ?, www.europe1.fr, 13 novembre 2017

⁹⁸ Idem.

⁹⁹ Idem.

¹⁰⁰ Idem.

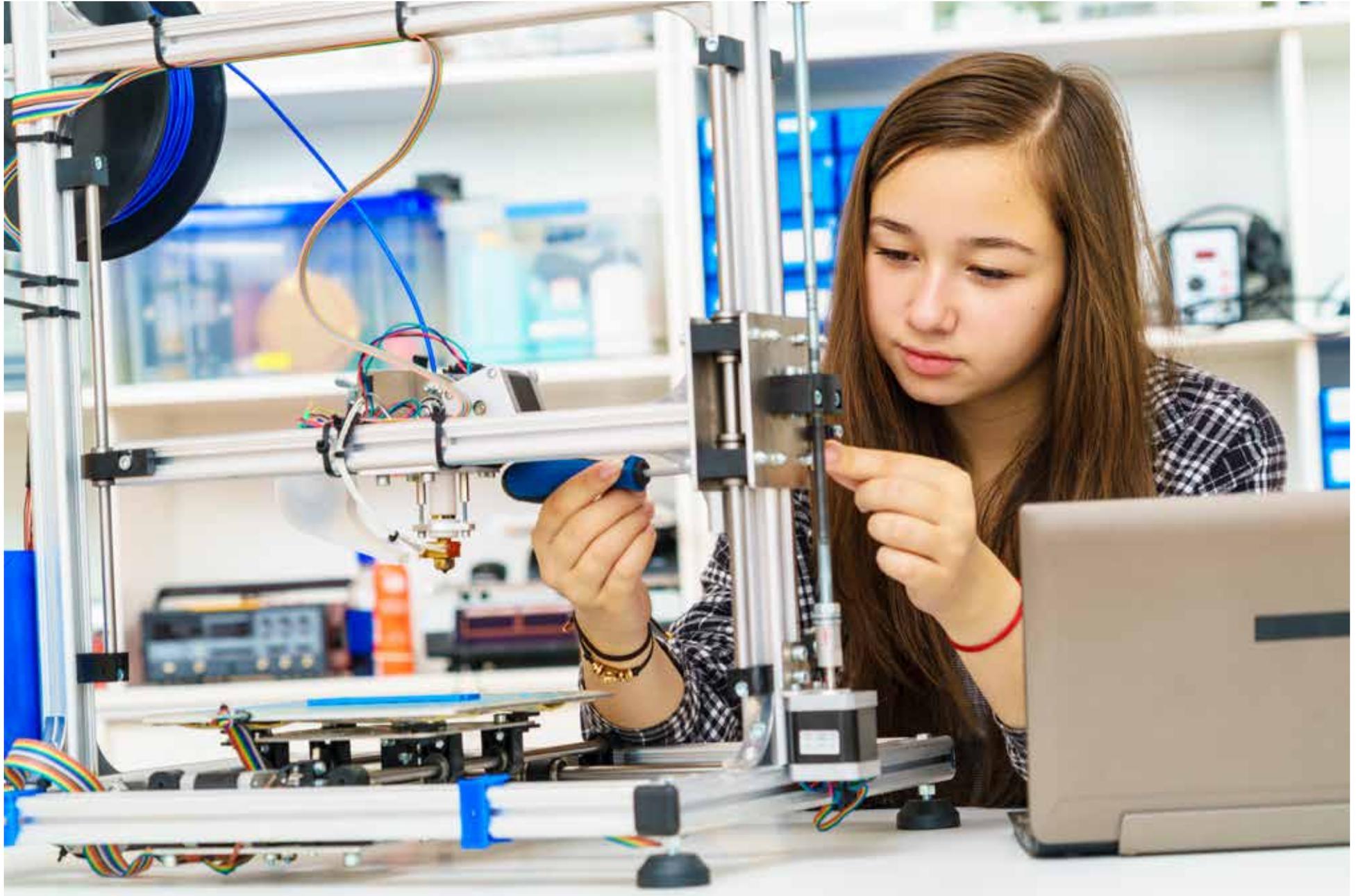
¹⁰¹ Stéphanie Sellier, Comment faire de vos enfants et ados des génies de l'informatique ?, La Libre Belgique, 23 janvier 2016

Des volontaires, appelés coach guident alors les plus jeunes et stimulent leur imagination et leur créativité. Les formations sont organisées mensuellement principalement en Flandre et à Bruxelles.

Depuis peu, un «*versant*» wallon de Coder Dojo est en train de naître sous l'impulsion du Ministre Pierre-Yves Jeholet. En effet, pour que des clubs de Coder Dojo soient également disponibles en Wallonie, de nouvelles actions ciblées devront être développées dont l'organisation d'une campagne de recrutement active qui se concentre sur de nouveaux sites. Cela implique le recrutement de bénévoles supplémentaires mais également la formation de nouveaux coaches afin de développer davantage les sites existants grâce à un soutien accru des coaches et à la professionnalisation des accompagnateurs. Ces actions devraient donc faire progresser davantage le nombre de sites disponibles en Wallonie dès le premier semestre 2018.

L'autre initiative qui a beaucoup de succès est Digital Youth (www.digitalyouth.be) qui propose des ateliers pour apprendre la robotique, l'apprentissage du code, du web design en html ou de la modélisation 3D, le tout avec l'utilisation des formats pédagogiques Scratch ou Makey Makey¹⁰². Ces formations sont données de façon hebdomadaire pour des enfants à partir de 10 ans et principalement à Bruxelles.

¹⁰² Stéphanie Sellier, *Comment faire de vos enfants et ados des génies de l'informatique ?*, La Libre Belgique, 23 janvier 2016



CONCLUSIONS

« Lorsque le vent du changement commence à souffler, certains érigent des murs coupe-vent alors que d'autres construisent des moulins »

Proverbe chinois

LES ROBOTS VONT-ILS ÉJECTER LES HUMAINS DU MARCHÉ DE L'EMPLOI ?

En 2013, une étude américaine (Frey & Osborne)¹⁰³ tirait la sonnette d'alarme : 47% des emplois américains sont susceptibles d'être automatisés. Cette étude a créé beaucoup d'émoi à l'époque.

En 2016, une étude de l'OCDE¹⁰⁴ relativisait les chiffres : seuls 9% des emplois sont automatisables dans les 21 pays de l'OCDE.

En janvier 2017, McKinsey publiait un rapport¹⁰⁵ signalant que 49% des emplois de l'économie mondiale sont théoriquement automatisables en plusieurs décennies et à condition de triompher de toute une série d'obstacles : la faisabilité technique, le coût du développement, la demande du marché, les bénéfices économiques, l'acceptabilité sociale et la réglementation. Ne minimisons pas ces contraintes du monde réel : sur papier, beaucoup de choses semblent possible. Dans la réalité, les choses sont différentes.

Posons-nous la question : les emplois vont-ils disparaître ? Non. La « fin du travail » en raison de l'automatisation est une peur millénaire. Le premier à l'avoir prophétisée est... Aristote, au IV^{ème} siècle avant Jésus-Christ. Dans son « Politique », il écrit : « quand les navettes tisseront d'elles-mêmes et les plectres joueront tout seuls de la cithare, alors les ingénieurs n'auraient plus besoin d'exécutants, ni les maîtres d'esclaves ».

En réalité, les métiers mécanisés permettent l'efflorescence de toute une série d'autres activités. En 1840, on comptait 62% d'agriculteurs aux Etats-Unis. En 2010, moins de 2%. Est-ce à dire que 60% des gens se sont retrouvés sans emploi ? Bien sûr que non. Cette transition s'est étalée sur des décennies et quantité de métiers alors inconcevables sont apparus : automobile, banques, assurance, énergie, télécommunications, restauration, tourisme, loisirs, etc.

L'ANTIQUE PEUR DU MACHINISME

Quand on regarde l'histoire de ces trois derniers siècles, on constate deux choses : l'introduction des machines dans l'économie a toujours fait peur (les « luddites » détruisaient les machines) et a toujours coïncidé avec la création d'emplois remplaçant les anciens. Mieux : le machinisme a souvent augmenté le nombre d'emplois. Ainsi, en 1760, Richard Arkwright inventa la machine à filer le coton. Dans l'Angleterre de cette époque, il existait 5.200 filateurs sur rouets et 2.700 tisserands. Ces 7.900 personnes vivant de la production du coton

s'opposèrent à la machine d'Arkwright car elles craignaient de perdre leur emploi. On ne les écouta pas et, 27 ans plus tard, en 1787, une enquête parlementaire démontra que le nombre d'ouvriers employés dans les filatures de coton était passé de 7.900 à... 320.000, soit une augmentation de 4.400% ! Pourquoi ? Parce que le bien produit coûtait beaucoup moins cher était désormais à la portée d'un très grand nombre de bourses.

On nous objectera peut-être que ce qui s'est passé hier ne se reproduira pas nécessairement demain. C'est vrai. Ce n'est pas une loi de la nature. Mais, l'étude des tendances longues fournit généralement de précieuses indications et incite à relativiser les prédictions catastrophistes qui s'avèrent systématiquement fausses. Une étude du cabinet de conseil Deloitte (2015)¹⁰⁶ se basant sur les recensements officiels anglais depuis 1871 a pu quantifier de manière précise ce processus de création destructrice des emplois sur 143 ans. Ainsi, les agriculteurs sont aujourd'hui, en pourcentage de la population, 33 fois moins nombreux qu'alors. Mais le nombre d'infirmières a été multiplié par 26, celui des comptables par 20, celui des coiffeurs par 6 et celui des barmen par 4.

Un autre point mérite d'être souligné : comme on l'a vu, la machine n'a pas toujours pour effet de détruire l'emploi. Certes, dans très nombreux cas, elle peut se substituer à une ou plusieurs personnes. Mais il arrive également que la machine devienne complémentaire et que, loin de détruire des emplois dans tel ou tel secteur, son introduction a pour effet de maintenir et même d'accroître le volume d'emploi précédant son adoption.

103 C. B. Frey & M. Osborne, *The future of Employment: how susceptible are jobs to computerisation ?*, September 17, 2013

104 M. Arntz, T. Gregory & U. Zierahn, *The risk of automation for jobs in OECD countries. A comparative analysis*, OECD Social, Employment and Migration Working papers n°189, June 16, 2016

105 J. Manyika, M. Chui, M. Miremadi, J. Bughin, K. George, P. Willmott & M. Dewhurst, *A future that works: automation, employment, and productivity*, McKinsey & Company, January 2017

106 I. Stewart D. De & A. Cole, *Technology and people: the great job-creating machine*, 2015

C'est le cas des drones militaires : il faut en moyenne 135 personnes pour concevoir, créer, fabriquer, piloter et entretenir un drone alors qu'il en faut seulement 100 pour un avion de chasse.

Cela fait des décennies qu'un nombre croissant de chaînes de production se robotisent. Si la thèse de la destruction de l'emploi par la robotisation - présentée comme une certitude par certains - était vraie, il y aurait des données empiriques pour la supporter. Or, ce n'est pas le cas. On constate au contraire que les pays qui sont aujourd'hui les plus robotisés (Allemagne, Corée du Sud, Japon, etc.) sont ceux où le taux de chômage est le plus bas. L'étude McKinsey déjà citée (janvier 2017) prévoit que l'automatisation augmentera la productivité de 2,8% et les emplois de 0,1% dans les 50 prochaines années. Une étude plus récente, toujours de McKinsey (novembre 2017),¹⁰⁷ estime que 670.000 emplois disparaîtront en Belgique entre 2016 et 2030. Mais elle estime aussi que, durant cette même période, 250.000 emplois seront créés par la robotisation et 460.000 autres en raison d'une plus grande productivité. Soit un gain de 1% d'emplois créés (40.000 nouveaux emplois).

A QUOI RESSEMBLERONT LES EMPLOIS DE DEMAIN ?

La première chose qu'on peut affirmer avec un certain caractère de certitude à propos des emplois de demain, c'est qu'on ne peut pas vraiment prédire ce que seront les emplois de demain !

Ainsi, il y a 15 ans, le secteur du marketing du Web était quelque chose qui, non seulement n'existait pas mais qui aurait paru totalement incompréhensible pour la quasi-totalité des gens. Aujourd'hui, ce secteur emploie 8.000 personnes en Belgique. Autre exemple : en 2004, un ouvrage académique très documenté, publié aux Presses Universitaires

de Princeton,¹⁰⁸ expliquait que la conduite automobile dans le trafic n'était pas automatisable en raison de l'incroyable complexité des paramètres à prendre en compte dans l'acte même de conduire. Mais, 6 ans plus tard, en octobre 2010, Google annonçait sur son site officiel qu'il avait adapté des Toyota Prius et que ces voitures autonomes avaient roulé plus de 1500 kilomètres sur les routes américaines sans jamais avoir nécessité une intervention humaine.

Le futur est imprédictible. Néanmoins, on peut deviner un petit peu ce qui risque d'arriver dans un futur proche. Nous aurons certainement besoin d'un grand nombre de personnes compétentes pour traiter et analyser les données (data analysts, data scientists, etc.). Le développement de l'intelligence artificielle va mobiliser quantité de gens. Elle doit en effet être nourrie et éduquée. L'amélioration des interactions entre l'homme et la machine mobilisera un grand nombre de psychologues d'un type particulier : des psychostatisticiens et des psycholinguistes permettant à la machine de comprendre les niveaux de langage et d'identifier les émotions qui sont véhiculées à travers le langage.¹⁰⁹

On peut également prédire que le secteur d'internet des objets (Internet of Things, IOT) créera quantité de nouveaux emplois. En effet, en 2020, on prévoit qu'il y aura 20 milliards d'objets connectés sur terre. Cela nécessitera un immense personnel pour la production, la maintenance et la réparation de ces objets. Et pas seulement pour remplacer les piles mais pour prédire le moment où il faut remplacer l'objet (grâce à une analyse des vibrations).

Grâce à la rapidité et la réactivité que permettent aujourd'hui les technologies en ligne, l'industrie 4.0 permettra de commander un produit avant même qu'il ne soit produit et de personnaliser ainsi la commande en fonction des exigences très précises du consommateur. Cela nécessitera un besoin gigantesque de robots. A fabriquer, à livrer, à entretenir, à

recycler. Il faudra également produire, piloter, programmer des imprimantes 3D. Ce qui se généralisera alors, c'est le commerce des objets individualisés. Ainsi, on prévoit que les vêtements, les chaussures, les montures de lunettes, etc. seront produits en tenant compte des mesures, des caractéristiques personnelles, des goûts, des désirs et des caprices de chacun des consommateurs. Autrefois un luxe réservé à quelques « *happy few* », le sur-mesure se démocratisera.

La Smart Mobility est un vivier d'emplois. Il faudra occuper ou distraire les conducteurs de voitures autonomes qui seront débarrassés de la tâche de conduire en surveillant la route. Cela va accroître la demande de l'industrie du loisir mais aussi de la formation en ligne. Il sera possible de suivre des cours de langue et des formations dans tous les domaines sur le pare-brise de son automobile. La gestion du trafic nécessitera des aiguilleurs des routes et une infrastructure intelligente qui captera l'évolution du trafic en temps réel. La construction et la maintenance de cette infrastructure nécessiteront une création massive d'emplois spécialisés.

Dans une précédente étude (consacré à la smart mobility), nous avons expliqué les problèmes juridiques et éthiques que posait l'irruption des voitures autonomes. Qui est civilement responsable en cas d'accident ? Le constructeur ? Le gestionnaire de l'infrastructure ? Le concepteur de logiciels ? Etc. Quel choix moral opérer si la voiture perd le contrôle ? L'arbre ou le piéton ? Tous les procédés recourant à l'intelligence artificielle requièrent des arbitrages et des décisions de nature éthique. Les grandes entreprises numériques ne pourront faire l'économie de personnes spécialisées dans les questions éthiques. « *Ethicien du Web* » est un métier qui est amené à connaître un formidable essor.

¹⁰⁷ McKinsey & Company, *Future of Work. The impact of AI and automation in Belgium, November 2017*

¹⁰⁸ F. Levy & R. Murnane, *The New Division of Labor. How Computers are creating the next job market, Princeton University Press, 2004*

¹⁰⁹ Ch. Charlot, *Les nouveaux métiers de l'intelligence artificielle, Trends tendances, 28 septembre 2017, p.37*

On peut dire la même chose du droit numérique. Quantité de secteurs et d'activités seront concernés par ce dernier : e-commerce, droits intellectuels, etc. Par ailleurs, le développement de l'industrie numérique coïncidera malheureusement aussi avec le développement du hacking, des fraudes et des escroqueries. Cela nécessitera des juristes spécialisés notamment, dans le cyberharcèlement mais aussi la cybersécurité et la protection de la vie privée.

L'erreur commune de tous ceux qui prédisent la destruction des emplois par la robotisation est de ne pas comprendre que le progrès ne consiste pas uniquement à faire réaliser par des robots ce que nous faisons déjà. Le progrès consiste surtout à réaliser des choses que nous ne faisons pas mais que nous ne pouvons même pas imaginer aujourd'hui (de nouvelles expériences à vivre, de nouveaux mondes à explorer, etc.). En réalité, l'homme est l'être vivant dont les besoins ne seront jamais satisfaits. Nous désirerons toujours plus de sécurité, plus de confort et plus de divertissements. Croire le contraire, c'est croire que nos enfants ont reçu assez d'éducation, que nos aînés reçoivent assez de soins et d'attention, que nous savons assez de choses, que toutes nos douleurs et angoisses sont désormais soulagées, etc. Ce sont précisément des choses que les robots ne peuvent nous apporter, si tant est qu'ils puissent le faire un jour.

AMORTIR LE CHOC NUMÉRIQUE ET PRÉPARER LA TRANSITION

Néanmoins, même si, globalement et à long terme, cette automatisation s'effectue toujours pour un mieux, elle occasionne évidemment des dégâts dans tel ou tel secteur et peut s'avérer brutale à court ou moyen terme.

Il faut évidemment tout mettre en œuvre pour amortir le choc et assurer la reconversion des travailleurs.

A défaut de pouvoir anticiper avec précision ce que seront ces métiers, nous pouvons déjà deviner les compétences qu'ils requerront : la créativité, la gestion des émotions, l'empathie, la capacité d'interagir en équipe, etc. Ce sont ces

compétences là qu'il faut d'ores et déjà développer dans le secteur de l'enseignement. Le défi technologique est de taille. Plutôt que de tenter de le contrecarrer via des taxes et autres mesures, mieux vaut s'organiser pour transformer ce danger en opportunité.

FAUSSES BONNES IDÉES

Concrètement, que faut-il faire ? Le sujet interpelle et beaucoup d'idées circulent ces derniers temps. Il importe avant tout de distinguer les fausses bonnes idées et les solutions libérales et progressistes. Commençons par l'examen des fausses bonnes idées. Nous exposerons nos recommandations dans le dernier chapitre.

La peur de la robotisation de **l'économie conduit un certain nombre de personnes à proposer des solutions qui, à l'analyse, s'avèrent dangereuses pour notre économie et qui auraient pour effet de freiner l'innovation et nous priver de tous les avantages de l'économie numérique.**

Nous relevons ici deux fausses bonnes idées :

- **taxer les robots ;**
- **mettre en place une allocation universelle** pour amortir le choc de la robotisation de l'emploi.

TAXER LES ROBOTS ?

Dans le camp socialiste, de nombreuses personnes proposent de taxer les robots. C'est le cas du député Christophe Lacroix, ancien ministre socialiste du budget en région wallonne. C'est aussi le cas de Benoît Hamon, l'ancien candidat socialiste aux dernières présidentielles française. Pour quelle raison ? Parce que, dit-on, vu que les robots sont amenés à accomplir tout ou partie du travail d'un humain, il est logique qu'ils soient taxés comme le sont les humains. Cela obligera l'employeur de reverser ainsi à la collectivité une partie du bénéfice ainsi engrangé grâce à son personnel robotisé.

C'est d'autant plus justifié qu'il ne doit pas payer de salaires à ses robots. On propose, par exemple, de taxer les bornes d'encaissement automatiques dans les supermarchés.

Mais, à suivre cette logique, il faudrait taxer non seulement les robots mais aussi toutes les machines et outils. Épargner de la peine et donc du travail, n'a-t-il pas toujours été le point commun des robots, machines et outils ? Quantité de tâches éreintantes, dangereuses ou abrutissantes ont été supprimées ces derniers siècles alors qu'on les tenait pour indispensables : laver le linge dans la rivière, porter de l'eau, des fagots, assécher des champs, etc. L'automobile a détruit quantité d'emplois (maréchaux ferrants, palefreniers, carrossiers, etc.) mais en a créé une multitude d'autres (constructeurs, équipementiers, stations à essence, taxis, auto écoles, gardiens de parking, livreurs, etc.). Si, il y a 300 ans, on avait décidé de taxer tous les outils sous prétexte qu'ils remplaçaient des humains, l'économie n'aurait jamais pu se développer comme elle l'a fait aujourd'hui. Quid s'il fallait indemniser - via une taxe - tous les humains remplacés par des machines ? Cela n'aurait aucun sens.

A cette objection de principe (l'inanité de taxer le travail d'une machine ou la plus-value qu'elle apporte), ajoutons quelques objections supplémentaires :

- **premièrement, taxer les nouvelles technologies freinerait l'innovation.** Or, nous en avons impérativement besoin pour notre économie ;
- **deuxièmement, la pression fiscale est déjà écrasante. Pourquoi encore aggraver cette situation** qui pénalise ménages et entreprises ?
- **troisièmement, ce ne sont évidemment pas les robots qui payeraient cette taxe. Ce n'est pas l'entreprise non plus. Mais bien les consommateurs** sur qui elle se répercutera. L'automatisation permet d'abaisser les coûts de production et donc le prix de vente du produit ou du service. Pourquoi - en période de crise qui plus est - annihiler, en tout ou partie, cette amélioration du pouvoir d'achat ?

- **quatrièmement, l'effet dissuasif d'une telle taxe retarderait la robotisation et laisserait donc artificiellement subsister des tâches fatigantes**, ingrates voire dangereuses pour des hommes et des femmes.
- **cinquièmement, on retarderait l'apparition d'un puissant contrepoids à la délocalisation** car les entreprises s'appuyant sur des robots ont beaucoup moins besoin d'aller chercher une main d'œuvre bon marché à l'étranger.

On objectera que l'automatisation va tuer des emplois et donc assécher les recettes fiscales. Rien n'est moins sûr : rien ne prouve, on l'a vu, que l'automatisation détruit plus d'emplois qu'elle n'en crée.

Mais demandons-nous d'abord si c'est vraiment une bonne idée de sauver des emplois devenus inutiles. N'est-il pas préférable d'assurer, via formations et recyclages, une reconversion dans un secteur porteur ? N'est-ce pas le travailleur qu'il convient de privilégier à l'emploi ?

L'emploi n'est pas une fin en soi. Si c'était le cas, autant, sur les chantiers, remplacer les bulldozers par des hommes avec des pelles. Ou - mieux - avec des cuillers. Cela créerait assurément de l'emploi mais ce serait un gaspillage insensé. Le bon critère, c'est de gaspiller le moins de ressources possibles pour produire une chose ou accomplir un service. Si une machine est plus efficace qu'un humain et que la substitution est acceptée socialement par les consommateurs, il n'y a pas à hésiter.

Comme le disait déjà l'économiste français Frédéric Bastiat au XIX^{ème} siècle : « *Une machine ne tue pas le travail mais le laisse disponible* ». En clair, elle libère une personne d'une tâche répétitive ou prévisible. La personne peut alors être employée à des tâches plus utiles et valorisantes.

UNE ALLOCATION UNIVERSELLE POUR AMORTIR LE CHOC DE LA ROBOTISATION DE L'EMPLOI ?

La présente étude n'est pas le lieu d'examiner cette vaste question de l'allocation universelle en tant que telle. Un tel examen nécessiterait une étude spécifique. Analysons donc cette idée uniquement sous l'angle très particulier où elle est mobilisée ici : l'allocation universelle est-elle une solution à la robotisation de l'emploi ?

A première vue, cela semble être une bonne idée. D'ailleurs, beaucoup de CEO de l'industrie numérique mondiale défendent aujourd'hui le revenu universel. C'est le cas de Marc Zuckerberg, de Bill Gates, de Peter Thiel, d'Elon Musk, etc. Pourquoi ? Parce qu'ils pensent que la robotisation de l'emploi va coïncider avec une destruction massive d'emplois et que celle-ci ne sera pas compensée par une création rapide d'emplois. Ils craignent, dès lors, un mécontentement populaire et même le rejet massif de ces nouvelles technologies destructrices d'emploi. Le revenu universel serait alors indispensable pour empêcher l'irruption de révoltes populaires.

Qu'en penser ?

Remarquons d'abord que, même si ces considérations sont évidemment intéressantes, elles s'avèrent assez court-termistes et semblent plus dictées, pour les CEO qui les défendent, par la volonté de préserver l'image de marque de leur industrie que par la volonté d'œuvrer à l'intérêt général. Il s'agirait avant tout d'une solution corporatiste et non pas d'une position dictée par une réflexion profonde et documentée sur l'avenir de l'Etat-Providence.

Relevons ensuite que ces considérations se basent sur un postulat auquel la présente étude a opposé toute une série de solides contre-arguments et observations empiriques : l'idée que la robotisation va nécessairement détruire plus d'emplois qu'elle n'en crée.

Les partisans de cette idée expliquent qu'une allocation universelle permettrait de créer un filet social qui bénéficierait à toutes les personnes qui vont perdre leur emploi en raison d'un licenciement consécutif à l'automatisation totale ou partielle de l'industrie où il travaille. Plus fondamentalement, précisent-ils, le revenu universel est particulièrement adapté au nouveau marché de travail qui se dessine car ce dernier verra la multiplication des travailleurs autonomes (collaborant avec des plateformes numériques) mais sera aussi constitué de toute une série de hiatus dans les trajectoires professionnelles car les travailleurs devront régulièrement interrompre leur travail pour se recycler, se former, se documenter et se reconvertir afin de rester efficaces.

Mais est-on sûr que l'allocation universelle constituerait un véritable filet de sécurité ? Une récente étude de l'Institut Itinera¹⁰ défend la thèse exactement opposée. Selon leurs auteurs qui analysent et quantifient la création d'une allocation universelle en Belgique, la mise en place de celle-ci constituerait une véritable « *régression sociale* ». Pourquoi ?

- parce que, disent-ils, chiffres à l'appui, la seule façon de financer l'allocation universelle, c'est d'éliminer la sécurité sociale existante, c'est-à-dire un système focalisé sur les besoins des personnes, progressif et conditionnel ;
- parce que, même en supprimant le système de sécurité sociale, il faudra encore trouver plusieurs milliards d'Euros via des hausses d'impôt et des économies complémentaires avec tous les effets sociétaux négatifs que cela implique ;

110 M. De Vos et S. Ghiotto, *L'allocation universelle. Entre rêve et réalité*, Itinera Institut, 2017 www.itinerainstitute.org/fr/livre/allocation-universelle-entre-reve-et-realite/

- parce que ce dont nous avons besoin aujourd'hui, en particulier en raison de la robotisation de l'emploi, c'est, non pas de distribuer de l'argent aux gens pour qu'ils le consomment, mais d'investir cet argent dans l'éducation, l'enseignement, la formation, la transition économique afin de développer les talents et les compétences nécessaires au monde de demain ;
- parce que la politique sociale des dernières années a évolué d'une orientation passive à une orientation active ;
- parce que la sécurité sociale découle d'un contrat social entre l'économie capitaliste de marché et la sécurité sociale et que ce qui les connecte, c'est le travail : or l'allocation universelle, c'est donner automatiquement de l'argent sans exiger en retour un travail. C'est désincitatif et cela conduirait à la marginalisation de certains groupes dans la société ;
- parce que l'allocation universelle ne revient pas à donner les mêmes possibilités de choisir à tout le monde car le point de départ n'est pas le même : la véritable émancipation, c'est celle qui, via l'enseignement et autres politiques sociales, permet au plus grand nombre de décrocher un emploi.

A ces arguments de principe (sur l'allocation universelle), il est intéressant d'ajouter un autre qui, lui, est spécifique à l'allocation universelle en tant que réponse à la robotisation.

C'est celui que développe le docteur Laurent Alexandre :

*« Il faudra, bien sûr, une nouvelle sécurité sociale - celle de 1945 était bien adaptée à un monde de salariés mais est obsolète à l'ère de l'IA - pour accompagner des mutations technologiques foudroyantes qui seront souvent mal anticipées. En revanche, le revenu universel permanent qui conduirait en quelques siècles les hommes à devenir des larves nourries par l'IA, créant ainsi la servitude volontaire qu'Étienne de la Boétie avait théorisée à 16 ans, devrait être interdit à l'échelle mondiale. Ce devrait être une loi fondamentale de l'humanité, un interdit fondateur moderne aussi fort que l'inceste ».*¹¹¹

L'auteur met ici en garde contre le risque d'une société à deux vitesses, une société profondément inégalitaire avec une petite élite qui travaille et une masse de personnes exclues du marché du travail. En effet, dans le monde qui se dessine, le fait de sortir du marché du travail durant une période trop longue risque d'être un obstacle rédhibitoire pour pouvoir y entrer à nouveau vu que le marché évoluera très vite. Il faut, au contraire, éviter le décrochage par tous les moyens possibles.

Comment ? Par la formation permanente. De plus en plus d'entreprises développent d'ailleurs des formations de ce type. De tels recyclages, formations et mises à jour, justifieraient, par contre, qu'une personne se mette en congé provisoirement de ses activités professionnelles. Mais elles pourraient également être suivies de manière concomitante, par exemple durant le temps libre dégagé par le transport en voitures autonomes.

Ce qui est vrai dans le discours des partisans de l'allocation universelle, c'est que les gens devront se recycler de manière régulière.

Dès lors, plutôt que de consacrer un droit à l'allocation universelle, il serait plus pertinent de consacrer un droit à une formation tout au long de sa vie.

Passons maintenant aux propositions dégagées dans cette étude.

¹¹¹ L. Alexandre, *La guerre des intelligences. Intelligence artificielle versus intelligence humaine*, JC Lattès, 2017, p. 146

RECOMMANDATIONS

Nous devons opérer à divers niveaux. Quelques-unes des propositions qui suivent s'inspirent du Plan Digital Wallonia dont il a déjà été question à de nombreuses reprises dans cette étude. Malheureusement, ce plan est, pour un certain nombre de raisons, notamment idéologiques, resté largement en jachère sous le gouvernement régional wallon précédent. Il importe de concrétiser politiquement ces propositions. Par ailleurs, concernant la formation et l'accompagnement des enseignants aux compétences numériques, la balle est clairement dans le camp de la Fédération Wallonie-Bruxelles. Il est véritablement urgent d'agir en la matière. Il importe également que les PO et les directions d'établissement apportent leur aide et leur soutien à ces projets.

ACCÉLÉRER L'ENSEIGNEMENT NUMÉRIQUE DES ENFANTS ET DES ADOLESCENTS

Il importe de se concentrer en priorité sur la formation et l'éducation numérique des enfants et des adolescents.

1. Assurer une formation et un accompagnement numérique des enseignants de l'enseignement obligatoire. Les enseignants sont la clé de voûte de cet enseignement numérique. Des enseignants enthousiastes et bien formés peuvent accomplir des miracles avec peu de moyens. Si cette formation se généralisait, ils pourraient non seulement former plus adéquatement leurs élèves aux compétences numériques indispensables au monde demain. Mais ils seraient également en mesure de créer et/ou de généraliser toute une série d'outils pédagogiques extrêmement profitables à la communauté éducative tels que :

- le **journal de classe en ligne** (permettant aux élèves et aux parents de consulter ce dernier depuis leur ordinateur ou smartphone) ;
- la **correction automatique de certains devoirs** (environ 80%), libérant ainsi du temps que les enseignants pourraient consacrer à un suivi plus qualitatif ;
- le **partage, entre enseignants, de cours et enseignements via une plateforme numérique de cours** ;
- etc.

2. Introduire les « sciences informatiques » dans l'enseignement obligatoire d'une manière beaucoup plus ambitieuse et explicite que ce que prévoit l'actuel Projet pour un Enseignement d'Excellence. La programmation et l'algorithmique doivent figurer explicitement dans le programme de l'enseignement obligatoire. L'enseignement du numérique ne doit pas se réduire aux TICE et à la littératie numérique. Il faut que les enfants apprennent à programmer. Ils doivent maîtriser ce nouveau langage qui fait tourner les objets qu'ils utilisent de manière quotidienne. Développer un tel enseignement implique, encore une fois, de former adéquatement les enseignants.

3. Mettre en place au sein du système éducatif de la FWB un processus transversal d'apprentissage des « soft skills » : mise en exergue du travail en groupe, apprentissage du management humain, analyse situationnelle, etc. Le développement de ce type de connaissances ne doit pas faire l'objet d'un cours spécifique mais bien se retrouver au sein des matières enseignées.

4. Poursuivre et intensifier le plan d'investissement « Ecole Numérique ». Ce dernier permet d'équiper graduellement les écoles avec du matériel informatique. Il permet aussi, par son dispositif, d'obtenir la garantie qu'il sera utilisé adéquatement car il nécessite un appel à projets de la part des enseignants. De cette façon, les écoles peuvent, d'une part, s'équiper graduellement en ordinateurs, tableaux interactifs et tablettes et, d'autre part, apprendre à les utiliser pour réaliser un projet numérique.

5. Poursuivre et intensifier le programme

CoderDojoBelgium: les Coder Dojo, mobilisant des programmeurs bénévoles acceptant d'animer des ateliers de programmation gratuits pour les filles et garçons de 7 à 18 ans chaque samedi doivent être poursuivis. Ils fonctionnent déjà bien en Flandre et commencent à se généraliser en Wallonie.

6. Poursuivre et amplifier l'Opération Wallcode: cette opération d'une semaine par an au PASS et qui sensibilise au codage les élèves et les professeurs qui le désirent doit être prolongée et, si possible, passer à deux semaines de formation par an. Elle permet de combattre un préjugé tenace: celui consistant à confondre les cours de bureautique (utilisation des logiciels) ou d'éducation aux médias avec les cours d'informatique.

7. Impliquer davantage les parents dans l'acquisition des compétences numériques par leurs enfants.

Les parents peuvent devenir des acteurs de la transition numérique en sensibilisant leurs enfants à la programmation de manière ludique. Il existe toute une série de sites internet et de logiciels qui proposent cela: Tinker, Scratch, etc. On peut également acquérir de petits kits de formation d'objets interconnectés, par exemple, les kits «*Raspberry Pi 3*». En fonction des modèles, ils sont vendus à des prix oscillant entre 30 à 100 €. Sur internet, on trouve une quantité impressionnante de tutoriels permettant de construire de petits dispositifs effectuant des tâches automatiques. Par exemple, actionner un petit ventilateur quand il fait trop chaud. De cette façon, les enfants apprennent à programmer des petits objets et peuvent imaginer quantité de petits dispositifs qu'ils agencent et programment pour leur faire accomplir de petites tâches.

8. De la petite école jusqu'au supérieur universitaire, adapter les conceptions pédagogiques à la réalité numérique :

- dès la plus jeune enfance, développer la logique, plateforme pour la mobilité dans un monde digital ;
- dès l'enfance, investir dans un discours narratif favorisant l'émergence d'un 'role model' entrepreneurial, soulignant les mérites de l'initiative et la légitimité de l'échec ;
- aux deux stades de la formation initiale et continuée, investir dans les compétences analytiques et interactives ;
- renforcer la méthode d'enseignement par l'expérimentation - essai/erreur - plutôt que par l'exposition des résultats ;
- dans les filières universitaires non scientifiques, abandonner l'apprentissage destiné au stockage mémoriel de contenu au profit d'un investissement dans les compétences analytiques, instrumentales et interactives.

9. Renforcer les dispositifs de masters et de baccalauréats

en alternance, organisés en synergie directe avec le tissu des entreprises, pour promouvoir tous azimut les formations dans les filières technologiques (informatique, robotisation, méca-tronique, génie analytique, etc.). Ces filières d'enseignement permettent d'obtenir des diplômes grâce à l'acquisition de compétences scientifiques et techniques de pointe, qui répondent clairement à la demande des secteurs à haut potentiel.

DÉVELOPPER LES COMPÉTENCES NUMÉRIQUES AU SEIN DE LA POPULATION

- 1. Promouvoir les écoles de codages extrascolaires.** Il s'agit tout à la fois de répondre à une pénurie, de fournir de l'emploi à des personnes non diplômées et d'être un facteur d'intégration pour les personnes d'origine et de culture étrangères mais qui maîtrisent ce langage universel. L'enseignement obligatoire n'est pas, loin de là, le seul endroit pour acquérir des compétences numériques. De nombreuses institutions extra-scolaires ou privées (Ecole 19, MolenGeek, BeCode, etc.) doivent être encouragées et promues. Elles permettent de repêcher des personnes en décrochage scolaire mais elles transmettent aussi des compétences recherchées par les entreprises qui peinent à trouver des personnes diplômées dans les métiers en pénurie. Ce qui importe, c'est moins le diplôme que les compétences réelles. Ici aussi, le secteur privé vient pallier aux déficiences du secteur public. Il est alors possible de nouer des partenariats intéressants.
- 2. Faire monter en compétence numérique les citoyens.** Notamment en densifiant le réseau des 173 EPN (Espaces Publics Numériques) dans les communes pour permettre à ceux qui le désirent de se familiariser avec la littératie numérique: il faut augmenter la qualité de l'accueil, le service, le coaching au sein de ces EPN mais pas en augmenter le nombre.
- 3. Inciter les demandeurs d'emplois à devenir des « ouvriers du code ».** Il importe de former les demandeurs d'emploi au numérique car ce sont des métiers en pénurie et/ou des métiers d'avenir. Cette formation peut se faire, notamment, en développant des cours en ligne ouverts et massifs (MOOC) pour faciliter l'apprentissage et la formation dans quantité de domaines. Cela implique aussi d'optimiser l'offre des centres de formation pour et par le numérique.

- 4. Mettre en place, pour les demandeurs d'emploi, de modules de développement des « soft skills »** au sein des organismes de formation. Forem et Actiris doivent intégrer ces soft skills au sein même du processus de formation des demandeurs d'emploi tant au niveau des formations qu'au niveau de la préparation à un entretien d'embauche.

INSTAURER UN DROIT UNIVERSEL À L'APPRENTISSAGE

Face à la robotisation de l'emploi, l'enseignement obligatoire, fruit de la révolution industrielle du XIX^{ème} siècle, ne va plus faire le poids. Rares sont les jeunes diplômés qui effectueront encore le même métier toute leur vie. Quant à la formation continue, elle est aujourd'hui insuffisante et inadéquate. Insuffisante parce qu'elle repose essentiellement sur la bonne volonté du secteur privé, avec pour conséquence un taux d'investissement bien trop faible. Inadéquate parce que la formation continue va généralement vers les plus qualifiés et que les « outsiders » en sont largement exclus.

Que faire? La solution ne réside pas, nous l'avons vu, dans une allocation universelle, laquelle ne ferait que prolonger une logique aujourd'hui dépassée et nuisible à l'Etat-Providence. Elle réside plutôt dans un « droit universel à l'apprentissage ».¹¹²

- 1. Un droit universel à l'apprentissage donnerait la possibilité à chacun de développer des compétences tout au long de sa vie.** Ce droit ferait de l'apprentissage une pierre angulaire du contrat social, à côté des droits de sécurité sociale, de retraite ou de santé. Le mécanisme permettrait à chacun, quel que soit son statut, son âge, son ancienneté ou son niveau de revenu, de bénéficier d'un droit égal à l'apprentissage. Les formations pourraient, quant à elles, être dispensées auprès de n'importe quel prestataire (établissement d'enseignement, une entreprise ou un particulier), en face-à-face ou en ligne, pour autant que la qualité soit contrôlée.

- 2. Pour assurer un développement continu des compétences, tous les citoyens adultes recevraient un nombre égal de jetons qui pourraient être échangés contre des formations qualifiantes.** Ces formations viseraient tant à faire acquérir des compétences « technologiques » (telles que la programmation ou l'analyse de données) que des compétences complémentaires à la machine (créativité, gestion des émotions, interaction avec les autres, capacité de faire face à l'échec, compétences entrepreneuriales).

DÉVELOPPER LES INFRASTRUCTURES NUMÉRIQUES & NUMÉRISER L'ADMINISTRATION

- 1. Assurer une meilleure connectivité sur le territoire.** Il importe d'abord de **couvrir les « zones blanches »**. Il existe, en effet, encore de nombreuses zones non couvertes par internet sur notre territoire. Plus précisément, il existe 39 communes en « zone blanche » en Belgique. Elles sont toutes en Wallonie. Il faut remédier à cette situation au plus vite car un nombre de plus en plus important de services au citoyen sont fournis via Internet. Sans même parler des banques, relevons les services de l'administration en ligne. L'objectif immédiat, cependant, n'est pas de couvrir 100% du territoire mais de couvrir 100% des citoyens. Améliorer la connectivité est important pour les citoyens mais aussi pour les indépendants et les PME.

- Comment assurer cette couverture? En impliquant les entreprises. Le gouvernement régional wallon avait adopté une taxe régionale sur les pylônes, ce qui, convenons-en, est un formidable désincitant à la couverture numérique. Suite à la pression répétée du MR, le gouvernement wallon précédent a heureusement décidé de supprimer cette taxe régionale totalement à rebours du progrès mais, en contrepartie, a exigé des entreprises ainsi exemptées, de couvrir sans tarder les zones blanches en question.

112 L. Hublet, *Et si on instaurait un droit universel à l'apprentissage ?*, L'Echo, 30 novembre 2017

- L'amélioration de la connectivité doit également être poursuivie en ouvrant les projets smart city et open data aux communes de petite et moyenne taille et en collaborant avec le gouvernement fédéral notamment via le plan Digital Belgium.

2. Promouvoir une dynamique d'ouverture des données (Open Data): les «*open data*» sont toutes les données qui sont mises en accès libres au bénéfice des citoyens et des entreprises qui désirent les exploiter.

Les services publics ont ici un rôle prépondérant à jouer en mettant à disposition du public une large partie des données dont ils disposent. L'apport de ce «*carburant*» permettra aux entreprises et à l'administration de créer de nombreux services concrets et utiles.

- **Exemple 1 :** mobilité. Il faudrait, en collectant toutes les données ad hoc, développer des applications proposant des trajets combinant voiture, tram, bus et train en fonction de la réalité du trafic.
- **Exemple 2 :** collecte des déchets: Intradel (intercommunales de ramassage des poubelles) a permis à des développeurs de réaliser une application qui rappelle à chaque citoyen qui le désire, via une alerte sur son smartphone, de sortir ses poubelles, ses verres, ses cartons en fonction de son lieu de domicile et du jour de ramassage de chaque type de déchets.

3. Développer la numérisation de l'administration à l'occasion de la simplification administrative qui doit se dérouler en 2018.

4. Mettre en place une task force «robotisation et numérisation» au sein de chaque administration et à tous les niveaux de pouvoir. La fonction publique et ses spécificités, en particulier l'existence de personnel nommé, rend l'organisation du travail plus rigide qu'ailleurs.

Le grand nombre de personnel à la formation «*intermédiaire*», plus exposé aux conséquences de la numérisation, fait de l'administration publique une structure à laquelle il faudra apporter en priorité de nouvelles solutions et modes de fonctionnement. La task force visera à définir l'évolution des fonctions au sein du personnel et les conséquences de la robotisation et de la numérisation sur ce dernier. En effet, il faut veiller à ce que les administrations locales, régionales et fédérales, et par-là même les citoyens, puissent profiter des dernières avancées dans le domaine technologique tout en évitant de proposer aux fonctionnaires un travail «*occupationnel*» dénué de toute utilité et de possibilité de développement personnel et professionnel.

PROMOUVOIR L'ÉCONOMIE NUMÉRIQUE

Il faut restructurer l'écosystème numérique existant et cela de deux manières.

1. Donner plus de cohérence et de lisibilité dans le secteur.

Il faut rationaliser, simplifier les structures publiques et parapubliques en charge de l'économie. Désormais, il faut une stratégie claire et des missions spécifiques pour chacun des acteurs.

2. Se concentrer sur de grandes priorités en lieu et place de la logique inefficace de saupoudrage qui a prévalu jusqu'alors. En Wallonie, par exemple, la situation de l'écosystème numérique se caractérise par le sous-régionalisme. Plutôt que d'aider tous ceux qui en font la demande, il faut identifier les atouts de la Wallonie et mettre le paquet sur ce qui fonctionne. Il faut donc, avec l'aide du Conseil du Numérique et les acteurs industriels, identifier les segments du secteur digital qui sont les plus prometteurs: cybersécurité, e-Santé, intelligence artificielle, etc.

- **Investir dans la recherche digitale** via un fonds d'investissement spécifique ou via des partenariats public-privé. Notre pays a du potentiel dans le développement de solutions liées à la robotique: la Belgique a été le premier pays au monde à utiliser un robot dans un autre secteur que les soins de santé avec l'utilisation du robot Mario au Marriott Hôtel de Gand. Notre pays est également celui qui compte le plus de robots humanoïdes au service de la santé: c'est, par exemple, une société basée à Ostende qui est à l'origine du robot Pepper.

- **Coordonner les accélérateurs de start-up numériques** à l'échelle du territoire wallon et bruxellois et faut aider ces dernières par un accompagnement spécialisé qui doit être confié à de réels experts.

- **Soutenir les start-up en leur facilitant l'accès aux marchés publics dit «innovants»**, par exemple, en obligeant les grosses entreprises qui remportent un marché innovant d'en sous-traiter x % à une start-up.

- **Doter les organismes publics du commerce extérieur de cellules spécialement dédiées à la valorisation de l'innovation technologique des PME**, en ce compris l'aide pour l'accès aux commandes publiques des institutions internationales situées en Région bruxelloise et, ailleurs, en Belgique (OTAN, UE, SHAPE, AELE, BENELUX, etc.).

- **Mettre en place des salons inversés de l'innovation qui permettent aux entrepreneurs technologiques de venir présenter leurs produits et services différenciés aux pouvoirs publics.** Ce faisant, ces derniers ont accès à un catalogue plus étendu que les filières traditionnelles et ils dépassent l'écueil du recours aux procédures négociées.

3. Faire émerger une industrie 4.0. via des incitants fiscaux. Par industrie 4.0, on entend une organisation des moyens de production de manière intelligente et réactive grâce, notamment, à l'internet des objets (IOT, Internet of Things). Les usines «*intelligentes*» (smart factories) permettent d'adapter de manière très fine et très rapide la production à la demande grâce à une interconnexion des machines et des systèmes au sein des sites de production mais aussi entre eux et l'extérieur (clients, partenaires, autres sites de production). On parle parfois de «*quatrième révolution industrielle*» (faisant suite à celle de la machine à vapeur (XVIII^{ème} siècle), celle de l'électricité (XIX^{ème}) et celle de l'automatisation (XX^{ème} siècle). Ces industries 4.0 ne se limitent pas aux entreprises du secteur numérique. Elles concernent l'ensemble des entreprises tous secteurs confondus : les grandes entreprises, les PME, les indépendants, les commerçants, les artisans. A cet égard, le programme «*Made different*» qui soutient les innovations relatives au processus de fabrication permet aux entreprises de glisser vers l'industrie 4.0.

4. Mettre en place un «*plan de relocalisation digitale*» : nous ne sommes pas favorables à la mise en place d'une taxation des robots. Une des raisons évoquées précédemment est que cela retarderait l'apparition d'un puissant contrepoids à la délocalisation. Le développement de la robotisation permet dans certains secteurs d'utiliser moins de main d'œuvre pour la réalisation de tâches répétitives. Autrement dit, la robotisation pourrait faire disparaître (ou au moins diminuer) un des arguments principaux en faveur des délocalisations massives. Il y a un véritable incitant à «*rapatrier*» certaines activités plus proches du lieu de consommation finale. Les exemples récents montrent déjà toute l'étendue de cette opportunité. L'entreprise Adidas a présenté en mai 2016 un prototype de «*Speed Factory*» en Bavière, dans le Sud de l'Allemagne. Cette usine sera capable de fabriquer des baskets en parfaite autonomie.

Alors que la production allemande avait cessé en 1993, l'entreprise a donc annoncé son grand retour au pays. La Belgique pourrait par conséquent réfléchir à la mise en place d'actions spécifiques destinées à attirer ce type de projets. Cela pourrait se faire au travers une fiscalité attractive sur les investissements en infrastructure destinés à rapatrier certaines activités de production dans notre pays. Même si cela ne génère pas directement de la main d'œuvre, il ne faut pas négliger l'impact important sur la main d'œuvre indirecte. Lorsqu'une grande entreprise cesse de produire dans un pays, c'est souvent les sous-traitants qui sont les plus impactés.

RÉGULER L'ÉCONOMIE NUMÉRIQUE

1. Adopter une «*fiscalité du digital*» : la digitalisation de l'économie pose de nombreux défis pour la fiscalité belge et européenne. Nous avons déjà parlé de la «*fausse bonne idée*» de taxer les robots. A côté de cela, une réflexion va malgré tout devoir être menée pour adapter notre système fiscal à un environnement économique de plus en plus «*dématérialisé*» ou les prestations sont parfois entièrement virtuelles et donc où la notion même d'«*établissement stable*» pose question. Nous devons réfléchir à la création d'un cadre pour le futur à l'échelle de l'Union européenne. Il est nécessaire de soutenir l'innovation, mais il est également important que les grandes entreprises de l'Internet fournissent une contribution juste et équitable.

2. Réglementer au niveau européen le «*monopole algorithmique*». L'importance des mégadonnées sur l'évolution des entreprises et le fonctionnement des marchés doit être pleinement prise en compte dans le calcul du pouvoir monopolistique d'une entreprise. Nous arrivons aujourd'hui à des situations où un petit nombre d'acteurs (GAFA : Google, Amazon, Facebook & Apple) dominent le marché et disposent d'un pouvoir de monopole grâce aux effets réseaux. Ce monopole se traduit à deux échelles : la complexité des algorithmes fait qu'il est très difficile pour un citoyen de comprendre ce qui se cache derrière ; le manque de transparence et de contrôle et le pouvoir de réseau de ces entreprises font qu'ils peuvent contrôler facilement l'information qui est transmise aux citoyens sans aucune vérification. De plus en plus de personnes s'informent uniquement via les réseaux sociaux aujourd'hui. Il serait important d'ouvrir une réflexion sur la libéralisation des mégadonnées et sur une obligation de transparence des algorithmes utilisés par les GAFA.

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES

Ak Gazeau S., *Digitalisation & robotisation: réinventer les métiers?*, Adecco Group, 2016

Alexandre L., *La guerre des intelligences. Intelligence artificielle versus intelligence humaine*, JC Lattès, 2017

Bergström A. & Wennberg K. (ed), *Machines, jobs and equality. Technological change and labour markets in Europe*, ELF, 2016

Brynjolfsson E. & McAfee A., *Race against the machine. How the Digital Revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy*, Digital Frontier Press, 2011

Cowen T., *Average is over. Powering America beyond the age of the great stagnation*, A Plume Book, 2013, p.196

De Vos M. et Ghiotto S., *L'allocation universelle. Entre rêve et réalité*, Itinera Institut, 2017

Levy F. & Murnane R., *The New Division of Labor. How Computers are creating the next job market*, Princeton University Press, 2004

Ricardo D., *On the Principles of Political Economy and Taxation*, John Murray, London, 1821.

Say J-B., *A Treatise on Political Economy or The Production, Distribution and Consumption of Wealth*, 1843

Stewart I., De D. & Cole A., *Technology and people: the great job-creating machine*, 2015

Susskind R., *Tomorrow's lawyers. An Introduction to Your Future*, Oxford University Press, Oxford, 2017.

Varian H., Farrell J. & Shapiro C., *The Economics of Information Technology: An Introduction*, Cambridge University Press, Cambridge, 2014.

ÉTUDES ET RAPPORTS

Accenture, *How AI Boost Industry Profits And Innovation*, 2017 www.accenture.com/us-en/insight-ai-industry-growth

Agence Wallonne des Télécommunications, *Équipement et usages TIC 2013 des écoles de Wallonie*, 2013 www.awt.be/contenu/tel/dem/AWT-Baromètre_éducation.pdf

Albessart, C., Calay, V., Guyot, J., Marfouk, A. et Verschueren, F., *La digitalisation de l'économie wallonne : une lecture prospective et stratégique*, Rapport de recherche de l'IVEPS, Mars 2017

Arntz, M., Gregory, T. & Zierahn, U., *The risk of automation for jobs in OECD countries. A comparative analysis*, OECD Social, Employment and Migration Working papers n°189, June 16, 2016

Bureau du plan, *Perspectives économiques 2017-2022*, Version de mars 2017

Conseil d'orientation pour l'emploi, *Automatisation, numérisation et emploi. Tome 1*

Les impacts sur le volume, la structure et la localisation de l'emploi, janvier 2017 www.ladocumentationfrancaise.fr/var/storage/rapports-publics/174000088.pdf

Conseil Supérieur de l'Emploi, *Évolutions récentes et perspectives du marché du travail, Rapport 2016* www.emploi.belgique.be/publicationDefault.aspx?id=45084

Deloitte, *Technology and People: The Great Job-Creating Machine*, 2015, www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/finance/deloitte-uk-technology-and-people.pdf

DG06 (Service Public de Wallonie), *Ecole numérique en actions*, SPW Editions, 2015 www.ecolenumerique.be/qa/wp-content/uploads/2016/10/Ecole-num%C3%A9rique.pdf

Europa, Rapport sur l'état d'avancement de l'Europe numérique, EDPR, 2016

FOREM, *Fonctions critiques et métiers en pénurie*, Forem, 2017 www.leforem.be/former/horizonemploi/metier/index-demande.html

Frey C.B & Osborne M., *The future of Employment: how susceptible are jobs to computerisation?*, September 17, 2013

ING, *La révolution technologique en Belgique*, *Economic Research*, 9 février 2015

McKinsey&Company, *Future of Work. The impact of AI and automation in Belgium*, November 2017

Manyika J., Chui M., Miremadi M., Bughin J., George K., Willmott P. & Dewhurst M., *A future that works : automation, employment, and productivity*, McKinsey&Company, January 2017

Manpower, *The skills revolution. Digitization and why skills and talent matter*, 2017 www.manpowergroup.com/wps/wcm/connect/5943478f-69d4-4512-83d8-36bfa6308f1b/MG_Skills_Revolution_lores.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=5943478f-69d4-4512-83d8-36bfa6308f1b

OECD, *Students, Computers and Learning. Making the connection*, Programme for International Student Assessment, 2015 www.oecd.org/publications/students-computers-and-learning-9789264239555-en.htm

Roland Berger, *Les classes moyennes face à la transformation digitale. Comment anticiper? Comment accompagner?*, Octobre 2014

Sicarre, *Quelle place pour l'informatique dans l'enseignement secondaire?* www.sicarre.be/pmwiki/uploads/Documents/informatique_et_enseignement_obligatoire.pdf

Van Craynest B., *Clés pour la Belgique: Les défis de notre économie et vingt recommandations politiques pour mieux faire*, Econopolis, 2015

ARTICLES SCIENTIFIQUES

Autor, D., *Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation*, *Journal of Economic Perspectives*, vol. 29, no. 3, 2015, pp. 3-30.

Autor, D. H., Levy, F & Murnane, R. J., *The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration*. *The Quarterly Journal of Economics*, Volume 118, Issue 4, 1 November 2003, Pages 1279–1333

Autor D.H & Handel M.J., *Putting tasks to the Test: Human Capital, Job Tasks and Wages*. NBER Working Paper No. 15116, June 2009

Bowles J., *The Computerization of European Jobs*, Bruegel, Brussels, 2004.

Buyle J-P. & van den Branden A., *La robotisation de la justice*, dans de Streef A. et Jacquemin H. (Eds), *L'intelligence artificielle et le droit*, Larquier, Louvain-la-Neuve, 2017, pp. 259-318.

Cebon D., *Interaction between heavy vehicles and roads*, SAE Technical Paper No. 930001, 1993

Dolphin T. (ed), *Technology, globalisation and the future of work in Europe: Essays on employment in a digitized economy*, IPPR, 2015

Ghallab M. et Ingrand F., *IA et robotique*, dans P. Marquis, O. Papini et H. Prade (Eds), *Panorama de l'Intelligence Artificielle, ses bases méthodologiques, ses développements: Volume 3 : L'I.A. frontières et applications*, CÉpaduès, Toulouse, 2014

Goos M., Koning J. & Vandeweyer M., *Employment Growth in Europe: The Roles of Innovation, Local Job Multipliers and Institutions*, Utrecht University School of Economics, 2015

Keynes J.M., *Economic possibilities for our grandchildren, Essays in persuasion*, Palgrave Macmillan UK, 1930 (2010), pp. 321-332.

Linzer P., *From the Gutenberg Bible to Net Neutrality-How Technology Makes Law and Why English Majors Need to Understand It.*, McGeorge Law Review, vol. 39, no. 1, 2008, pp. 1-26.

Mokyr J., Vickers C. & Ziebarth N.L., *The History of Technological Anxiety and the Future of Economic Growth: Is This Time Different?*, Journal of Economic Perspectives – volume 29, 3, summer 2015, pp. 31-50

Sauvy A., *La Machine et le Chomage*, Population, vol. 36, no 3, 1981, pp. 645-646.

Schmeder G., *Les effets du progrès: Ricardo, les machines et l'emploi*, Revue française d'économie, 1989, volume 4, numéro 3, pp 143-155

Valenduc G. & Vendramin P., *Le travail dans l'économie digitale: continuités et ruptures*. Working paper, Mars 2013

Valsamis D., de Coen A., Vanoeteren V. & Van der Beken W., *Employment and Skills Aspects of the Digital Single Market Strategy*, Directorate General for Internal Policies, European Parliament, 2015

Vivarelli M., *Are Robots Stealing Our Jobs?*, Global Digital Foundation, Bruxelles, May 18 2017

ARTICLES EN LIGNE

Balancier P., *Près de 3.500 élèves #Wallcode*, Digital Wallonia, 14 décembre 2016 www.digitalwallonia.be/3500-eleves-wallcode/

Duchateau Ch., *De «faire» à «faire faire»: au cœur de la programmation: quelques réflexions didactiques* (version française de From 'doing it' to 'having it done by': the heart of programming. Some didactical thoughts), Conférence présentée au NATO Advanced Research Workshop, 17-21 mars 1992 www.pure.fundp.ac.be/ws/files/252631/De-faire-5-30.pdf

Duchateau Ch., *L'école et l'ordinateur, un mariage difficile*, Janvier 1992, www.researchgate.net/publication/237475715_L%27ordinateur_et_l%27ecole_Un_mariage_difficile

McCarthy J., *Programs with common sense*, Computer Science Department, Stanford University, 1959, www-www-formal.stanford.edu/jmc/mcc59.pdf.

Mishel L. & Bivens J., *The zombie robot argument lurches on*, Economic Policy Institute, 24 May 2017, www.epi.org/publication/the-zombie-robot-argument-lurches-on-there-is-no-evidence-that-automation-leads-to-joblessness-or-inequality/.

ARTICLES DE PRESSE

Oudeyer P-Y., *Les grands défis de la robotique du 21^{ème} siècle*, Février 2009, www.pyoudeyer.com/OudeyerCiteDesSciences09.pdf.

Pajarinen & Rouvinen, *Computerization Threatens One Third of Finnish Employment*, 2014 www.etla.fi/wp-content/uploads/ETLA-Muistio-Brief-22.pdf

The Royal Society of UK, *Shut down or restart?: The way forward for computing in UK schools*, January 2012 www.royalsociety.org/~media/education/computing-in-schools/2012-01-12-computing-in-schools.pdf

Siegel M., *The sense-think-act paradigm revisited in 1st International Workshop on Robotic Sensing*, ROSE'03, 2003

Wattenberg B., *La Belgique manque de codeurs: une nouvelle école hors du commun va peut-être changer la donne*, RTL.be, 2017. www.rtl.be/info/belgique/economie/la-belgique-manque-de-codeurs-une-nouvelle-ecole-hors-du-commun-va-peut-etre-changer-la-donne-907827.aspx

Charlot Ch., *BeCentral, nouvel espace belge de formation numérique*, Trends Tendances, 14 février 2017

Charlot Ch., *Les nouveaux métiers de l'intelligence artificielle*, Trends tendances, 28 septembre 2017

Geere D., *Matt Ridley observes 'ideas having sex'*, Wired, 21 juillet 2010, www.wired.co.uk/article/ideas-having-sex-matt-ridley-steven-berlin-johnson.

Gupta, V. «*Programmable Blockchains in context: Ethereum's future*», 21 octobre 2015, www.media.consensys.net/programmable-blockchains-in-context-ethereum-s-future-cd8451eb421e.

Mabilleau F., *Les écoles pour apprendre à coder*, Les Echos, 1er avril 2016

Petzinger, J. «*Germany has way more industrial robots than the US, but they haven't caused job losses*», 12 Octobre 2017, www.weforum.org/agenda/2017/10/germany-has-way-more-industrial-robots-than-the-us-but-they-haven-t-caused-job-losses.

Rédaction, *Bruxelles va accueillir Xavier Niel et son anti-école de codage*, La Libre Belgique, 16 septembre 2017

Redaction, *The End of Moore's Law*, The Economist, 19 April 2015

Sellier S., *Comment faire de vos enfants et ados des génies de l'informatique?*, La Libre Belgique, 23 janvier 2016

Suys A., *La maison connectée, voici la maison du futur*, La Libre Belgique, 26 février 2016 www.lalibre.be/economie/digital/la-maison-connectee-voici-la-maison-du-futur-videos-56d05e213570e6ca6add60fe

Warren Ch., *Google's artificial intelligence chief says 'we're in an AI spring'*, Mashable.com, 20 May 2016, www.mashable.com/2016/05/20/google-ai-spring/#J1nKSMY0Gq5

Wuyard K., *Le code informatique, langage de l'intégration pour les réfugiés*, La Libre Belgique, 3 octobre 2017

05	/	INTRODUCTION
08	/	I. ROBOTISATION ET ROBOTISATION DE L'ÉCONOMIE
15	/	II. DIGITALISATION ET EMPLOIS, ENTRE ANXIÉTÉ ET NOUVELLES OPPORTUNITÉS
22	/	III : INTELLIGENCE ARTIFICIELLE ET CROISSANCE ÉCONOMIQUE EN BELGIQUE ?
28	/	IV : QUELLES SONT LES COMPÉTENCES NÉCESSAIRES AUX EMPLOIS DE DEMAIN ?
32	/	V : QUELLE FORMATION NUMÉRIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT OBLIGATOIRE DE LA FÉDÉRATION-WALLONIE-BRUXELLES ?
46	/	VI : QUELLES FORMATIONS CONTINUES ET EXTRA-SCOLAIRES DANS LE NUMÉRIQUE ?
51	/	CONCLUSIONS
56	/	RECOMMANDATIONS
62	/	BIBLIOGRAPHIE

Editeur responsable : Olivier Chastel,
Président du Centre Jean Gol
Gestion et Action libérale asbl, 84-86
1060 Bruxelles

Retrouvez toutes nos études sur **cjg.be**
ou demandez-nous gratuitement un exemplaire par téléphone ou par mail



Centre Jean Gol

Avenue de la Toison d'Or 84-86 1060 Bruxelles

02.500.50.40

info@cjg.be

f facebook.com/centrejeangol @CentreJeanGol

www.cjg.be