

De l'Emergence Economique à l'Emergence Technologique : 
Les caractéristiques clés de la quatrième révolution industrielle

From Economic Emergence To Technological Emergence: The Key Features Of The Fourth Industrial Revolution.

Pr Kamel BOUSSAFI

k_boussafi@esc-alger.dz

Ecole Supérieure de Commerce Alger – Pôle Universitaire de Koléa – Tipaza.

L'adaptation continue des entreprises aux évolutions technologiques n'est plus un choix, mais une quête permanente pour rester en phase avec les demandes et les attentes de plus en plus pointues des consommateurs. Ceci explique en substance la nécessité pour les entreprises de développer une capacité à renouveler et à affiner continuellement leur offre sur le marché (Hansen et Birkinshaw, 2007). Toutefois, innovation et évolutions technologiques sont intimement liées. D'ailleurs, l'histoire en fournit de nombreuses illustrations. Au XIX^{ème} siècle, le passage d'une exploitation agricole à une société industrielle et commerciale reposait autant sur les progrès techniques que sur l'invention de nouveaux modèles d'organisation de la production et des rapports humains.

Aujourd'hui, lorsque les sphères économiques, politiques et académiques évoquent l'innovation et les nouvelles technologies, c'est le plus souvent pour les associer à une nouvelle évolution des modes d'organisation et d'échange. Si la suite de ce processus reste encore difficile à dessiner, bien des implications sur le mode de fonctionnement des entreprises sont déjà perceptibles à court et moyen termes.

Quels sont donc les défis actuels associés à l'innovation et la nouvelle technologie ?

Les ruptures induites par les domaines technologiques et les changements majeurs dans les comportements socio-économiques sont étroitement imbriqués. Cette double transformation rend parfois difficile l'identification des causes et des conséquences des changements, et donne l'impression que le temps s'accélère et transcende les secteurs d'activité. Elle conduit toutes les entreprises à réinventer leurs produits et services et plus largement à redéfinir les contours de leur activité et de leurs modèles d'affaires.

On peut classer la nouvelle technologie selon deux principes : l'adoption par l'industrie et les opportunités du marché. Car la difficulté est moins de « trouver » une nouvelle technologie que de créer le modèle de valeur permettant de l'installer (durablement) sur le marché, et d'anticiper le modèle d'organisation adéquat dans l'écosystème (Paap et Katz 2004). Ainsi, nous pouvons distinguer quatre tendances possibles pour les années à venir :

- Forte adoption et forte opportunité (NECESSARY)

- Faible adoption et faible opportunité (EXPERIMENTAL)
- Forte adoption et faible opportunité (TRANSITORY)
- Faible adoption et forte opportunité (THREATENING)

Les nouvelles technologies à forte adoption par l'industrie et qui représente une forte opportunité au niveau du marché qualifié de nécessaire (Necessary), sont généralement des applications bien maîtrisées par les industries et par les utilisateurs. Elles sont introduites pour exécuter des tâches claires et articulées et répondant à des stratégies précises. Dans cette tendance nous pouvons citer :

- Les IIoT (The Industrial Internet of Things) : les plateformes IoT rassemblent les données provenant de plusieurs capteurs et de machines connectées et les intègrent dans des applications permettant aux utilisateurs d'analyser les performances. Les pionniers dans ce domaine sont General Electric, Siemens, Amazon, SAP et United Technologies qui a acquis en 2018 la Predikto Analytics ;
- Les Capteurs industriels (industrial sensors), dont les coûts sont devenus de plus en plus abordables, sont les Sensors, microcontrollers et les actuators. Ils fournissent la matière première qui alimente l'IIoT industriel - des données sur les performances de la machine, le temps de disponibilité / indisponibilité, la température du matériau et d'autres paramètres. Les investissements de capital-risque dans l'espace IIoT industriel ont bondi de 275% entre 2013 et 2017.
- Les robots et cobots industriels, sont utilisés depuis les années 1960 et ont connu une croissance explosive dans de nombreuses industries ces dernières années. Mais la tendance la plus importante que nous observons jusqu'en 2019 est que les robots industriels deviennent plus petits, plus intelligents et plus étroitement intégrés à l'homme. Certaines grandes entreprises comme ABB, Kuka et Kawasaki Industries investissent de plus en plus dans le domaine des cobots, ou robots collaboratifs, qui interagissent avec les humains dans l'espace de travail¹.
- L'analyse prédictive (predictive analytics), est engendrée par la technologie analytique qui s'éloigne de l'analyse réactive des événements passés pour se rapprocher d'une analyse prédictive plus normative de l'avenir.
Depuis 2015, l'analyse prédictive est de plus en plus adoptée, à mesure que les modèles d'intelligence artificielle se sont renforcés et que les capteurs et la puissance de calcul sont devenus de moins en moins chers. Les outils d'analyse augmentent la puissance de calcul des opérateurs humains et réduisent le délai d'analyse des événements. Par exemple, Alluvium, qui a mobilisé des fonds importants auprès de Bloomberg Beta et de Lux Capital à la fin de 2016, arrive, grâce à son algorithme, à suivre des mesures comme la pression et la température et sortir ainsi des résultats qui indiquent à quel moment un équipement peut tomber en panne. Parmi les autres startups de ce marché, on peut citer Maana, qui applique l'intelligence artificielle aux données générées par l'équipement, et Augury, qui diagnostique la santé de l'équipement et aide à prévoir les pannes.

¹ Au premier trimestre 2017, le PDG du fabricant de pièces pour l'aérospatiale, GKN, a déclaré que la société avait lancé «34 projets de robots collaboratifs, appelés cobots, et davantage d'installations et d'équipements connectés. Aujourd'hui, environ 1 500 machines sont connectées au réseau numérique GKN, ce qui nous permet de mieux gérer nos capacités de production, notre efficacité opérationnelle et nos temps d'arrêt. »

Toutefois, les technologies en phase expérimentale (Experimental), représentent des applications qui sont encore au stade précoce de conceptualisation et donc faiblement adoptées par les utilisateurs. Mais ces tendances expérimentales suscitent déjà l'intérêt des médias et se verront probablement adoptées comme technologie avérée dans un avenir proche.

- Edge computing pourrait fournir l'infrastructure pour une gamme de technologies d'usine futuristes. Jusqu'ici, le cloud computing a fourni une grande partie de l'infrastructure informatique qui alimente la fabrication avancée, des analyses prédictives aux capteurs connectés. Edge computing pourrait apporter un changement radical dans la puissance de calcul rendant possible les technologies de fabrication de nouvelle génération². McKinsey estime que sur les quelques 500 milliards de dollars de croissance projetée pour les solutions IoT de 2017 à 2020, 25% seront dépensés directement en informatique de pointe.
- Les drones industriels (industrial drones) : les applications commerciales des drones sont vastes et offrent des possibilités dans les domaines de la construction, du pétrole et du gaz, des infrastructures et de la livraison. Les drones sont fréquemment utilisés dans les mines et la construction pour surveiller les chantiers. Les agriculteurs les utilisent également pour pulvériser les cultures et analyser les rendements. Les investisseurs ont injecté 1,2 milliard de dollars dans les startups de drones commerciaux depuis 2013. Par ailleurs, l'exploitation des drones dans le recueil des données pourraient à l'avenir devenir plus utiles que les drones eux-mêmes. Airware reste le géant du drone industriel sur le marché.
- La fabrication additive ou la fabrication personnalisée (personalized manufacturing), les Fablabs : associée à l'impression 3D, capteurs, robotique et simulation avancée de produit. Ainsi, l'intégration des équipementiers, des fournisseurs et des clients va réduire considérablement les cycles de production (Astolfi, Constantin et Moulet, 2016). L'industrie automobile est un chef de file de la personnalisation de masse (The Economist, juin 2016). Les constructeurs automobiles comme Volkswagen et BMW adoptent très tôt la fabrication additive pour les pièces de série (CB Insight report, 2018). Le concepteur de logiciels Autodesk et Airbus se sont ainsi associés en 2015 pour créer une cloison de l'Airbus A320 par impression 3D (Innovation Review, « Les nouvelles technologies de production », 1er mars 2016). La fabrication additive permet encore à des PME et à des start-ups d'accéder aisément et à prix abordable au prototypage. Plus largement, enfin, au sein des grandes entreprises le prototypage rapide permet d'accélérer les phases de conception, comme c'est le cas avec les initiatives développées dans le SEBLAB du groupe SEB³.
- La réalité augmentée (Augmented reality AR/VR) : La réalité augmentée devrait avoir un impact majeur sur les lieux de travail industriels (Innovation Review hors-série 01/03/2016). Elle présente un potentiel élevé de transformation de la sécurité, de la formation et de la productivité des travailleurs. C'est une technologie qui superpose des images générées par ordinateur à la vision du monde réel par un utilisateur (think: Google Glass), elle augmente

² Emmanuel Babeau, directeur général de Schneider Electric, a déclaré que les centres de données créaient une capacité de traitement de pointe proche des « sites de fabrication et des sites pétroliers et gaziers ».

³ Livre blanc sur les open labs : quelles pratiques ? Quels changements en France ? produit par la plateforme Futuris de l'ANRT et la chaire newPIC de Paris School of Business. Site : www.newpic.fr/02group2015openlabsdownload.html

extraordinairement la performance de l'opérateur. Elle connaît un grand succès dans l'industrie des grands œuvres (des ponts, éoliens,...) et aéronautique⁴

- Les vêtements industriels (wearables) : L'espace vestimentaire comprend les technologies AR / VR, ainsi que des capteurs qui augmentent les performances et la sécurité des travailleurs. Les technologies vestimentaires en cours de développement vont du futuriste exosquelettes de travailleurs qui rend les manipulations moins difficiles, au pratique casques et chaussures connectés pour les mineurs et les conducteurs de grues. La technologie SmartCap par exemple surveille la fatigue des travailleurs. Ces capteurs mesurent l'activité du cerveau afin de déterminer les niveaux de vigilance et de fatigue, puis envoient les données via Bluetooth à une application.
- Et enfin l'industrie du blockchain (industrial blockchain) : Les années 2017 et 2018 ont été marquées par une frénésie d'activité et de spéculation sur la blockchain et les crypto-monnaies. Le registre inviolable de Blockchain offre des avantages de sécurité. Dans un exemple d'adoption industrielle, la plus grande société minière du monde, BHP, utilisera la blockchain pour enregistrer les mouvements d'échantillons de fluide et de roches de puits de forage et pour mieux sécuriser les données en temps réel. L'adoption ultérieure de la technologie d'impression 3D pourrait être un autre facteur déterminant de l'adoption de la blockchain dans la fabrication industrielle.

Une autre grappe de technologie suscite beaucoup d'attention par les investisseurs et les portefeuilles risques. Plus encore un certain nombre d'entreprises qualifiées de pionniers l'ont déjà adopté et pourrait constituer une menace (threatening) en termes d'avantages compétitifs. Nous trouverons dans cette catégorie de technologie :

- La vision artificielle (machine vision) : La vision artificielle peut être utilisée pour détecter électroniquement les problèmes de qualité, classer les stocks et contrôler les processus. par exemple, les usines peuvent améliorer les performances et réduire les coûts sans avoir recours à l'observation humaine. Déjà utilisée dans le domaine de l'électronique (Foxconn) et de l'agriculture (l'OEM de tracteurs Deere & Co. a acquis Blue River Technology, une startup qui utilise la vision par ordinateur et la robotique pour identifier les besoins en engrais et en pesticides des cultures).
- L'industrie 4.0 et machines as a service : cette révolution industrielle est imminente, Industrie 4.0 ouvrant une nouvelle vague de fabricants connectés et d'usines intelligentes. L'industrie 4.0 est une tendance actuelle dans le secteur de la fabrication qui associe des systèmes cyber-physiques, l'automatisation et l'Internet des objets (IoT), qui créent ensemble une usine intelligente. C'est la quatrième révolution industrielle, à la suite des ordinateurs et de l'Internet (Industrie 3.0), de la production en série et de l'électricité (Industrie 2.0), de la mécanisation et de la production d'eau / de vapeur (Industrie 1.0). Dans le monde entier, les fabricants de l'industrie 4.0 connectent leurs machines au cloud et développent leur propre Internet of Things (IIoT). Ce faisant, ils

⁴ Boeing expérimente également la réalité augmentée sur ses sites d'assemblage. Des tâches telles que l'installation de câblage dans un avion nécessitent des manuels et des plans complexes, instructions pouvant être présentées au travailleur par le biais de la technologie AR. Selon un membre de l'équipe de R & D de Boeing, une étude réalisée sur l'installation de câblage a montré «une amélioration de 90% de la qualité initiale par rapport à l'utilisation d'informations bidimensionnelles... ainsi qu'une réduction de 30% du temps consacré au travail».

grattent la surface d'un potentiel inexploité, ce qui promet une croissance exponentielle et une évolutivité énorme pour leur entreprise.

Les tendances transitoires (Transitory) sont les nouvelles technologies en voie d'adoption mais incertaines quant aux opportunités de marché. À mesure que les tendances transitoires sont mieux comprises, elles peuvent révéler des opportunités et d'autres marchés potentiels. Ce potentiel transitoire de la technologie, paraît plus concret dans la technologie 3D et dans l'interopérabilité des données (data interoperability). Les applications produites par ce genre de startups visent à éliminer le problème des données IoT en silo. Caterpillar, Magnetrol et MidAmerican Energy, par exemple ont pu concevoir des plateformes pour permettre aux utilisateurs d'extraire des informations de tout ensemble de données et même de machines non connectées. Cette solution élimine le cloisonnement des données qui se sont accumulés dans de nombreuses installations.

Cette nouvelle technologie adoptée ou en cours d'adoption va entraîner sans aucun doute dans les dix années à venir un bouleversement radical à tous les niveaux.

Au niveau de l'entreprise ; de nouvelles relations hommes-machines, de nouvelles relations clients-fournisseurs, de nouvelles relations producteur-consommateur, de nouvelles organisations managériales, de nouveaux concepts et nouvelles théories de management, de marketing, de gestion des ressources humaines, de finance d'entreprise, etc. il s'agit de repousser les limites de l'efficacité pour aller vers une performance plus accrue, rendue possible par ces nouvelles technologies.

Les développements technologiques et les innovations en matière de techniques de gestion permettent aux entreprises de proposer de nouvelles méthodes de travail. Par exemple, il est maintenant possible de concilier efficacité et flexibilité dans la fabrication, grâce à Mass Customization (Pine et Davis, 1993); de nouvelle culture (Rao, et Weintraub, 2013) qui permet de déplacer la limite d'efficacité vers le haut, permettant ainsi un niveau d'ambidextrie (c'est-à-dire la conciliation de deux objectifs différents) plus élevé que ce qui était possible (Birkinshaw, 2012). La difficulté aussi pour l'entreprise réside dans sa capacité à concevoir son activité dans le changement de contexte, à renoncer à un modèle d'affaires très profitable à court terme pour se projeter dans les besoins futurs du marché et intégrer ces nouvelles technologies en imaginant un nouveau business model pour l'entreprise.

Au niveau de l'environnement direct de l'entreprise. La nouvelle technologie nécessite de repenser les relations avec l'écosystème et en particulier les relations entre grands groupes et start-up ; réintroduire la relation et l'expérience client au cœur des démarches de création de valeur ; repenser une démarche d'innovation globale qui parte de la conception jusqu'à la production.

Au niveau macroéconomique la relation Etat-entreprise et la relation Etat-consommateur change Et nous dirige probablement vers moins d'Etat et plus de gouvernance. L'Etat devient de plus en plus virtuel. Cette relation fera appel de plus en plus à la nouvelle technologie pour gérer ses organes et ses fonctions.

Au niveau social ; la recherche de la performance machine au détriment de la performance humaine que ce soit au niveau de l'Etat qu'au niveau de l'entreprise aura probablement des conséquences sociales importantes. Car la qualification deviendra un atout majeur d'embauche. D'ailleurs, actuellement la main-d'œuvre qualifiée se fait de plus en plus rare et devient de plus en plus chère.

Le leadership capable de manager cette transformation technologique sera le plus cher sur le marché du travail. D'où la nécessité de changement dans les concepts de formation et d'apprentissage, déjà nous constatons aujourd'hui des consolidations de formations entre les écoles d'ingénierie, de management et de design, des hubs technologiques se sont formés pour mener des recherches communes.

Certes, nous pouvons prédire quelles seront les conséquences de la nouvelle technologie sur la vie sociale en général et l'innovation sociale en particulier. Certes, une théorie générale de l'innovation doit être en mesure de rendre compte à la fois des innovations dites technologiques (ou économico-technologiques) et des innovations dites sociales (Defourny et Nyssens, 2017). Mais la question qui s'impose serait de savoir s'il y'aurait plus de chômeurs ou plus de croissance donc moins besoin de travailler (sinon comment expliquer qu'un pays aussi peuplé comme la chine adopte de manière systématique la nouvelle technologie).

Cependant des recherches multiples s'attachent à démontrer la synergie innovation sociale/innovation technologique⁵. Aussi, un certain nombre de pratique et plateforme montrent déjà que la social tech s'intègre parfaitement dans le processus de production dans l'entreprise sociale. Cependant, la problématique de savoir si l'innovation sociale et innovation technologique se sont des approches antagonistes ou complémentaires ? Reste toujours posée. Certains développements technologiques dans l'industrie sont destinés à relever les défis de la société. Les objectifs sociétaux jouant également un rôle de plus en plus important, l'innovation sociale n'est pas exclusivement perçue comme un catalyseur de l'innovation technologique. En outre, l'innovation sociale est considérée comme un outil permettant d'établir de meilleurs liens entre l'entreprise et son environnement social. Ainsi, la technologie ou la sociale tech pourrait-elle amplifier cette relation localement et au niveau territorial.

Au niveau régional ; un autre impact et non des moindres de la nouvelle technologie, c'est la transformation de la nature des liens au niveau régional. La course à l'émergence technologique va constituer la nouvelle donne qui dessinera les blocs et le jeu du pouvoir économique. Des pays sont plus disposés à l'émergence technologique que d'autres, des pays investissent plus que d'autres dans les infrastructures de base capables de contenir la nouvelle technologie. Ainsi, les pays du sud de la méditerranée ont beaucoup investi dans les infrastructures de base y compris dans la formation qualifiante et universitaire avec un réseau de fibre optique qui couvre l'ensemble du territoire sud de la méditerranée (comme le cas de l'Algérie par exemple), ce qui constitue un atout extraordinaire d'émergence technologique sans forcément passer par l'émergence économique. Donc des partenariats Nord-Sud de la méditerranée deviennent plus intéressants.

Dans ce qui précède, nous avons passé en revue les évolutions réelles et potentielles de la technologie dans le monde de l'entreprise et de l'industrie. Cette transformation technologique ne sera pas sans conséquence sur les paradigmes convenus. D'autres paradigmes émergeront et de nouvelles problématiques s'imposeront, ce qui nous interpelle pour actualiser nos connaissances et remettre en cause nos hypothèses déjà validées. Ces craintes, qui ne sont pas nouvelles, sont généralement associées aux changements de paradigmes et à la difficulté qu'ont les acteurs à

⁵ - Projet PHC TASSILI entre l'université D'Angers et l'Ecole supérieure de commerce de Koléa

- Les travaux de la social innovation Community (<https://www.siceurope.eu/>)

anticiper les implications. En 1942, Schumpeter décrivait déjà cette contradiction dans l'idée même du processus de destruction créatrice lié à l'innovation. C'est la raison pour laquelle innovation et créativité sont souvent associées à la gestion du changement au sein des entreprises (Dawson et Andropoulos, 2016).