



ÉVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

FICHE VARIABLE

RÉALITÉ AUGMENTÉE

COLLÈGE DE PROSPECTIVE
CHANTIER INDUSTRIE



SYSTÈME DE VARIABLES

Cette fiche s'inscrit dans un système global de variables.

Les variables faisant l'objet d'une fiche sont celles identifiées lors des premières tables rondes du chantier prospectif comme porteuses d'évolutions majeures ayant un impact direct ou indirect sur l'industrie.

Chaque fiche rassemble, sauf exception, la documentation permettant de comprendre l'évolution passée, présente et future d'une variable.

Elle expose les dynamiques d'évolution (tendances, ruptures...), et propose quelques évolutions possibles (micro-scénarios travaillés en atelier).

1. CONTEXTE ÉCONOMIQUE GLOBAL

Croissance économique mondiale
Monnaie
Europe, Brexit
Production française
Export
Coûts de production
Intervention de l'Etat
Internationalisation
Ressources (énergie, matières...)

2. ÉVOLUTIONS ÉCONOMIQUES DE L'INDUSTRIE

Servicialisation de l'industrie
Modèles d'affaires
Logistique et Supply Chain

3. ÉVOLUTIONS RÉGLEMENTAIRES

Sécurité industrielle
Règlementations
Changements climatiques

4. ATTRACTIVITÉ RÉGIONALE

Capital humain
Attractivité régionale
Infrastructures
Environnement institutionnel,
économique, gouvernance
locale
Recherche et développement

5. ÉVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES

Big Data
Intelligence Artificielle
Réalité augmentée
Cobotique
Fabrication additive
Internet des objets
Gestion de cycle de vie du
produit

6. ÉVOLUTIONS SOCIÉTALES

Imaginaire de l'industrie

Tendances de consommation

TRAJECTOIRE DE LA VARIABLE

INTRODUCTION¹

Les technologies numériques interviennent dans un contexte d'accroissement de la concurrence, d'une demande accrue de produits personnalisés en temps réduit et de besoins de productions synchrones entre multi-sites. Dans ce contexte, les systèmes industriels se complexifient, les organisations de la production sont éclatées sur plusieurs sites et le contenu des métiers. L'enjeu actuel, pour l'industriel, est d'appréhender son outil de production dans son volet informationnel et non plus uniquement technique. Il s'agit également, pour ce dernier, de préserver son savoir-faire et son expertise à l'issue des collaborations Hommes-Technologies numériques, ce que visent également des outils tels que le Product Life Management (PLM).

Ainsi, le vocable « industrie 4.0 » ou « industrie connectée » ne doit donc pas être confondue avec la numérisation des activités qui consiste à appliquer des outils numériques à l'existant. Les ordinateurs sont aujourd'hui dotés de capacités de mémorisation de plus en plus importantes (disques durs, cartes mémoires, Cloud etc.) et les informations stockées sur ces moyens matériels sont qualifiées de numériques et peuvent représenter le réel². L'espace virtuel est plus complexe et est nécessairement issu d'une médiation d'une partie de l'espace numérique.

DÉFINITION ET CONTEXTE

Le terme réalité augmentée (RA par la suite) a été introduit en 1992 par Caudell & Mizell, et précisé par Azuma qui, en 1997, donne la définition suivante : « système qui complète le monde réel avec des objets virtuels (générés par ordinateur) de telle sorte qu'ils [coexistent] dans le même espace [...] ». L'auteur définit la réalité augmentée au regard de trois caractéristiques³ : la combinaison du réel au virtuel (ces entités virtuelles devant être modélisées pour leur intégration à la réalité en trois dimensions), leur interactivité en temps réel, et une synchronisation des entités virtuelles en trois dimensions.

Toutefois, cette définition est restrictive dans la mesure où elle laisse peu de place au multi-sensoriel. Aussi, Olivier Hugues proposera la définition suivante : « La réalité augmentée est un domaine scientifique et technique exploitant l'informatique et des interfaces comportementales en vue de simuler dans un monde mixte le comportement d'éléments artificiels qui sont en interaction en temps réel entre elles, avec l'environnement naturel et avec un ou des utilisateurs en immersion naturelle ou pseudo-naturelle par l'intermédiaire de canaux sensorimoteurs. »



¹ Nous parlerons d'opérateur dans cette fiche qui peut se définir, en suivant Baltisser (2016), comme un individu constitué d'organes permettant la perception (avec ses 5 sens), et d'un cerveau permettant la cognition (la mémoire, le langage, le raisonnement, l'apprentissage, l'intelligence, la résolution de problèmes, la prise de décision ou l'attention). Cette définition permet de saisir l'enjeu d'un dispositif immersif en capacité d'être en appui à l'activité humaine, à partir d'un séquençage du travail prescrit (à travers les fiches de postes ou procédures par exemple) traduit en procédures servant de système d'information pour mettre en œuvre le dispositif de RA

² Emeric Baldisser. Environnement de réalité augmentée pour la conception, la gestion et la maintenance d'ouvrages et de mobiliers urbains. Synthèse d'image et réalité virtuelle [cs.GR]. Université de Bordeaux, 2016. Français, pp. 70. L'auteur qualifie de numérique « les mécanismes, les simulations, les phénomènes et les grandeurs physiques décrits à l'aide de valeurs discrètes »

³ Cité par Jean-Marc Cieutat, dans « Quelques applications de la réalité augmentée : Nouveaux modes de traitement de l'information et de la communication. Effets sur la perception, la cognition et l'action ». Synthèse. Université Paul Sabatier-Toulouse III, 2013

La réalité augmentée vise donc à accroître notre perception du monde réel, en superposant l'image d'un modèle virtuel 3D sur une image de la réalité et ceci en temps réel (elle augmente donc la perception de la réalité en ajoutant des données des différents formats en surimpression sur le monde réel).

Cette technologie intervient dans les besoins de collaborations entre experts et opérateurs (maintenance à distance, flexibilité des îlots de production, retours d'expérience dits REX qui répond à des nombreux enjeux industriels, dont la sécurité des personnes et des installations, amélioration de l'efficacité des formations, etc... La RA demande une attention dans l'expérience Utilisateur (UX) dans la mesure où elle peut modifier les repères sensitifs et cognitifs des usagers ou opérateurs. Elle s'appuie sur les algorithmes puissants capables de rajuster le positionnement et l'interaction réel/virtuel en temps réel.

Les deux éléments fondamentaux de la réalité augmentée sont le contenu (ce qui « augmente » le réel) et le système de « calage » qui assure le lien numérique/réel. Le fonctionnement général de la RA se décompose en quatre étapes : la localisation du périphérique, la sélection de l'objet, l'analyse de l'environnement et la projection. Elle diffère de la réalité virtuelle (RV) où l'utilisateur est plongé dans un monde artificiel avec lequel il interagit. Cette réalité de synthèse peut proposer une expérience sensorielle complète impliquant la vue, l'ouïe, le toucher voire l'odorat.

Baldisser (2016), à partir de Hugues et al (2011), indique 6 niveaux en RA : (0) la coexistence réel-virtuel simple (la perception du réel ne détermine pas l'affichage des objets virtuels dans ce cadre d'affichage), (1) la réalité documentée et virtualité documentée (coexistence d'une réalité dans deux cadres d'affichages différents), (2) la réalité à compréhension ou à visibilité augmentée (calage d'éléments virtuels et réels dans le même cadre d'affichage), (3) l'association visuelle du réel et du virtuel en fonction du niveau d'intégration des objets virtuels dans la scène (les objets virtuels doivent être incrustés de façon tridimensionnelle dans le réel pour que Virtuel et Réel coexistent spatialement), (4) l'association comportementale du réel et du virtuel (où les augmentations tiennent compte des lois physiques de l'agent externe. Ici, le degré de cohérence de l'augmentation dépend de l'exhaustivité des lois physiques prises en considération, ainsi que de la connaissance des éléments réels de la scène), (5) la réalité virtualisée.

Les technologies mobilisées en réalité augmentée relèvent essentiellement des algorithmes de vision par ordinateur, permettant à l'outil de reconnaître l'objet sur lequel il va intervenir, inscrites également dans l'intelligence artificielle (IA) et la géolocalisation 3D du processus de production.

Les trois principales catégories d'usage identifiées pour l'industrie sont la maintenance, l'assemblage des systèmes et la formation.

LES OPPORTUNITÉS OFFERTES DE LA RÉALITÉ AUGMENTÉE

La crise de la Covid-19 a fait augmenter, significativement, les demandes de solutions industrielles de réalité augmentée, particulièrement pour les solutions de maintenance à distance. Ces solutions, à coûts accessibles pour de très petites structures, permettent à l'acquéreur d'améliorer les services et les relations clients en étant plus réactifs. Elles permettent également de les fidéliser, selon le modèle d'affaire choisi (par exemple, un contrat de maintenance et d'interventions périodiques en cours d'année).

Ce qu'il faut retenir est que les dispositifs de réalité augmentée diminuent le fossé existant entre le monde réel (en 3D) et le monde numérique (informations en 2D). L'architecture actuelle des données exige que les opérateurs traduisent mentalement des informations en deux dimensions pour les utiliser dans un monde en trois dimensions. La RA leur permet de traiter le physique et le numérique simultanément. A titre d'exemple, Newport News Shipbuilding, qui conçoit et construit les porte-avions de la marine américaine, utilise la RA dans son processus de fabrication. Par le passé, les ingénieurs devaient comparer le navire réel avec des plans complexes en 2D. Avec la RA, ils peuvent voir la conception finale superposée au navire, ce qui réduit le temps d'inspection de 96 %, passant de 36 heures à 90 minutes. Dans l'ensemble, les gains de temps de 25 % ou plus sont typiques des tâches de fabrication utilisant la RA⁴.

La réalité augmentée permet également de mieux transmettre auprès des utilisateurs les informations importantes sur le fonctionnement, la sécurité et la traçabilité des produits et/ou machines. La RA améliore ces interfaces. Dans les usines, la RA peut capturer les informations provenant des systèmes d'automatisation et de contrôle et rendre visibles les données de surveillance et de diagnostic concernant chaque machine ou processus. Ainsi, le fait de voir des informations telles que l'efficacité et les taux de défaillance en contexte aide les techniciens de maintenance à comprendre les problèmes et incite les opérateurs à effectuer une maintenance proactive qui peut éviter des temps d'arrêt. Une compétence très demandée est la conception de l'expérience ou de l'interface utilisateur (UX/UI).

LES LIMITES LIÉES À LA RÉALITÉ AUGMENTÉE

Les dispositifs de RA nécessitent une qualité de la prescription de l'activité de travail. Ce travail prescrit est défini par la hiérarchie (contrat de travail, fiche de poste, règlement intérieur...), l'environnement ou les contraintes techniques des machines ou des espaces. Au plus les procédures sur lesquelles se basent les dispositifs immersifs sont en adéquation avec l'activité réelle, au plus la « guidance », à distance ou non des opérateurs, est facilitée. Rappelons qu'il existe toujours un décalage entre travail réel et travail prescrit qui traduit souvent l'ingéniosité de l'opérateur développant des gestes en dehors de la prescription mais qui,

⁴Source : « Why Every Organization Needs an Augmented Reality Strategy AR will become the new interface between humans and machines ». By Michael E. Porter and James E. Heppelmann. Novembre-Décembre 2017 From the Magazine (November-December 2017)

pour autant, facilitent l'exécution de la tâche prescrite. Ces écarts peuvent également donner une indication sur l'inadéquation de la prescription au regard des contraintes du réel⁵.

La complexité de l'exécution de l'infrastructure technologique est un frein pour les industriels. En effet, la mise en œuvre de cette technologie nécessite que les industriels aient la confiance d'une « valeur » de leur modèle 3D, ce qui n'est pas toujours le cas. Elle demande également une disponibilité dans les contenus (les manuels d'utilisation et de réparation doivent être codés afin de créer des instructions de travail pour une procédure qui doit intégrer la réalité de l'activité, cf. *infra*).

Par ailleurs, traduire les savoir-faire des opérateurs et concepteurs dans un référentiel unique est un exercice complexe. Ainsi, la préparation des données est l'un des plus grands défis auxquels les industriels sont confrontés en

matière de réalité augmentée. L'architecture des données, la manière dont les données sont collectées et structurées en interne se rapprochent des enjeux du Product Life Management, de l'Internet des objets, de l'intelligence artificielle et de la Big Data. L'introduction de la réalité augmentée nécessite surtout de penser les systèmes de production en information plutôt qu'en matériel.

Enfin, la gouvernance de ces dispositifs immersifs est également primordiale et en lien directement avec l'existence d'un système d'informations (SI) adaptés et prenant en compte les contraintes de la RA. Si le SI est reliée à une chaîne numérique, la mise en place de la RA peut être divisée par 2 ou 3 ! Centralisée, un projet d'implémentation de RA est facilité ! Il nécessite également une acculturation des opérateurs. Enfin, cette solution numérique, accessible aujourd'hui à moindre coût, au même titre que la fabrication additive, est un levier pour amener l'acquéreur à élaborer une chaîne de production numérique.

PASSÉ > PRÉSENT > FUTURS POSSIBLES

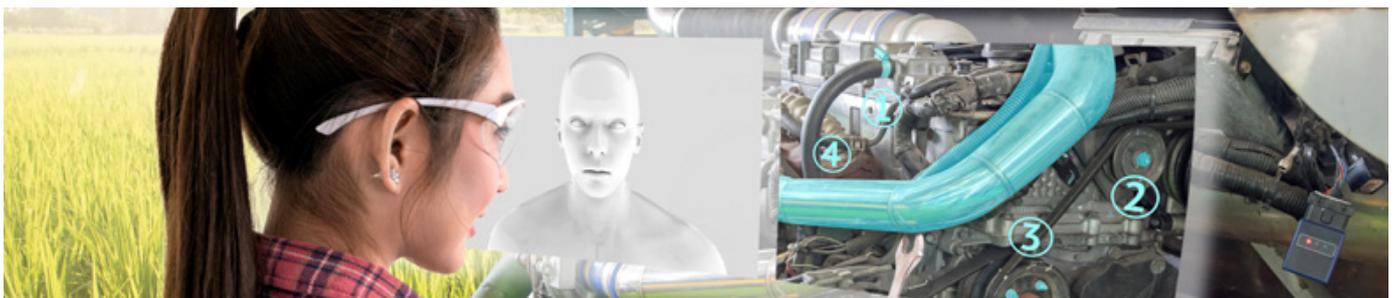
QUELLE A ÉTÉ L'ÉVOLUTION PASSÉE DE LA VARIABLE ?

Comme bon nombre de technologies numériques, la réalité augmentée est née de la recherche militaire (tableaux de bords interactifs d'avions ou de casques équipés de visières pour obtenir des informations en temps réel). Ce terme a été introduit par Caudell & Mizell en 1992 qui prototypent une *Head-up display* (i.e. un affichage à « tête haute ») qui permet au pilote de surveiller son environnement en même temps que des informations fournies par ses instruments de bord.

Les premiers cas d'usage dans l'industrie sont identifiés au début des années 90 dans la maintenance guidée (avec le projet KARMA -*Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance*-, 1993). Une aide en réalité augmentée est fournie au téléopérateur pour lui indiquer les tâches à effectuer et se repérer dans l'espace.

Depuis le début des années 1990, les fonds de recherche de l'UE ont soutenu plus de 450 projets consacrés à la réalité virtuelle et à la réalité augmentée, pour un montant total de plus d'un milliard d'euros. En raison de la disponibilité de fonds de recherche publics, les universités et les centres de recherche européens ont pu expérimenter la RA depuis les années 1970.

L'arrivée des tablettes et smartphones, ainsi que le développement des dispositifs « mains libres », ont démocratisé l'accès à cette technologie, et particulièrement dans le cadre de la maintenance des machines. Au début des années 2000, la réalité augmentée est alors mobilisée pour la maintenance assistée entre opérateurs et experts de façon synchrone. Ainsi, l'expert et l'opérateur peuvent partager le même environnement en n'étant pas sur le même site. La communication, plus naturelle, est alors définie comme des deixis (associant un énoncé à un geste que l'on appelle alors ici geste déictique, Cieutat 2019).



⁵ L'analyse de l'activité est au cœur de l'ergonomie. Elle consiste à observer, en situation, des opérateurs afin d'analyser, de modéliser et de comprendre les tâches qu'ils effectuent réellement dans leur contexte de travail. Le but est de formaliser les caractéristiques de l'opérateur et ses besoins fonctionnels réels. Ces étapes sont souvent négligées dans les projets informatiques ce qui se traduit par des services mal adaptés aux gestes réels, voire même rejetés par les opérateurs

QUELLES SONT LES DYNAMIQUES À L'ŒUVRE ?

Connue à travers les filtres de *Snapchat* ou encore le jeu de smartphone Pokémon Go, la réalité augmentée a pu être démocratisée auprès du grand public avec l'arrivée des smartphones, expliquant que la majorité de la production scientifique disponible sur le sujet des dispositifs immersifs concerne le *retail* (commerce de détail), les secteurs de l'art, de l'éducation, ou divertissement. Dans le cas de l'industrie, la réalité augmentée est mobilisée dans de nombreux domaines avec, au cœur de la démarche, le besoin de partager des savoirs⁶ (et donc des enjeux de modalités de collaboration entre experts et opérateurs).

Cette technologie immersive présente, aujourd'hui, des retours sur investissements établis dans le secteur de la formation et de la maintenance avec assistance ou télé-expertise grâce, notamment, à la baisse des coûts des dispositifs. Le *Capgemini Research Institute* a interrogé en 2018 un peu plus de 700 professionnels ayant une connaissance approfondie des initiatives dans ce domaine. On y trouve une majorité de grandes entreprises⁷. Sur les entreprises qui ont déjà mises en œuvre des solutions RA à grande échelle, 75% déclarent constater des bénéfices opérationnels supérieurs à 10 %⁸. En matière d'application, l'étude montre que dans le secteur des réparations et maintenance, les usages se concentrent sur la consultation de documents de référence numériques (31 %), la sollicitation de l'aide d'un expert à distance (30 %), la visualisation des composants non présents sur site de manière digitale (30 %), et l'affichage des procédures détaillées sur les postes de travail (29 %). Dans le domaine de la conception et de l'assemblage, il s'agit d'afficher des instructions d'assemblage de manière digitale (28 %), de simuler la performance des produits dans des conditions extrêmes (27 %), de visualiser les infrastructures sous différents angles (27 %) et de superposer des composants en cours de conception sur des modules existants (26 %). Les entreprises les plus performantes disposent d'équipes centrales dédiées ou d'un centre d'innovation qui gère l'ensemble des activités de RA de l'entreprise.

Dans le cadre de la formation, ces dispositifs immersifs ont un fort pouvoir de transmission de savoir-faire et de compétences pour l'opérateur « assisté ». Ils répondent aux problématiques liées au maintien ou au développement des compétences en assurant, notamment, l'apprentissage

de gestes professionnels dans des cadres sécurisés (nous pensons aux formations chirurgicales ou aux interventions dans des situations à risques comme le secteur de la construction aéronautique). À partir d'un état de l'art scientifique, B. R. Martinsa et al⁹ montrent qu'un grand nombre d'applications (41,7 % des applications) se concentrent sur l'automobile et la formation médicale. Les résultats de cette analyse indiquent également les publications sur la RA pour la formation en entreprise ont augmenté de manière significative au cours des dernières années.

Dans une approche inclusive, la réalité augmentée permet d'améliorer l'accès aux savoirs pour tous dans la dynamique des principes de l'Éducation populaire à l'image des activités des Ateliers CréaTech dans la région Centre Val-de-Loire. Les dispositifs immersifs et les ateliers les mobilisant s'adressent à des publics en inaptitude numérique afin de démystifier ces technologies et élargir leur espace de possible. La réalité augmentée est alors intégrée pour faciliter la compréhension des thèmes ou domaines éloignés de leur quotidien. Elle est mobilisée pour des visites augmentées d'œuvres d'art mais également, en matière d'orientation et de construction de projets professionnels, dans la découverte d'activités professionnelles et l'amélioration de l'attractivité de certains métiers ou filières. L'écosystème et le modèle économique de ces actions s'organisent autour des logiciels libres.

Enfin, la tendance technologique est la conception de dispositif immersif multi-sensoriel. À titre d'exemple, l'expérience de l'utilisateur du système MARTS proposé par Nehla Ghouaïel (2011) comprend un casque audio qui permet de transmettre les sons par conduction osseuse sans obstruer le canal auditif interne et une ceinture tactile qui procure des indications de direction au moyen de vibrations.

Les questions d'interopérabilité se posent aussi pour la réalité augmentée. La standardisation internationale permettrait de contrecarrer les mouvements de fusion-acquisition et les orientations du marché induites par les investissements des GAFA ou de la Chine dominants sur le marché. La question de la souveraineté numérique et son interprétation par les pouvoirs publics se posent déjà aujourd'hui, notamment autour du partage de données sensibles que peut contenir cette technologie.

⁶ Idem. pp. 37

⁷ 73% des entreprises participantes ont déclaré un chiffre d'affaires supérieur au milliard de dollars au titre de l'exercice fiscal 2017

⁸ Les gains vont jusqu'à 35% dans d'autres rapports, comme celui d'Ecorys

⁹ B. R. Martins, J. A. Jorge and E. R. Zorzala, « Towards augmented reality for corporate training », février 2021

QUELLES SONT LES DYNAMIQUES EN RÉGION HAUTS-DE-FRANCE ?

La région Hauts-de-France dispose d'une chaîne de valeur numérique complète sur la création de contenu, même si la région dispose de moins de forces vives sur les technologies pures (ou technologies de rupture). En outre, la présence sur le territoire d'EuraTechnologies et de Plaine

Images ; Hub européen dédié aux industries créatives offre à la région une forte visibilité nationale (1er incubateur et accélérateur en France) et internationale en tant que pôle d'excellence et d'innovation. Établi sur 4 sites, ce centre accompagne le développement des acteurs du numérique (avec plus de 300 entreprises et start-ups innovantes implantées sur le campus, représentant environ 4 500 salariés, et enregistrant une levée de fond de plus de 400M€ depuis 2009).

PASSÉ > PRÉSENT > FUTURS POSSIBLES

QUELLES SONT LES INFLEXIONS ET RUPTURES QUI POURRAIENT MODIFIER LES DYNAMIQUES EN COURS ?

Selon Damien Launoy (Pôle Investissement Large Venture de BpiFrance), le marché de la réalité augmentée sera de l'ordre de 30 Milliards d'euros en 2023. Ce dernier estime que l'industrie 4.0 peut générer des gains de productivité de l'ordre de 40 %.

Tous les cas d'utilisation ne nécessitent pas une haute disponibilité de réseau et de bande passante. Cependant, pour certains cas, le manque de connectivité et de bande passante appropriée peuvent être un facteur de rupture, notamment pour ce qui concerne l'apprentissage autonome des logiciels à partir des enseignements des expériences de réalité augmentée. Les alternatives possibles concernent l'usage d'un logiciel commercial d'édition de RA pour créer du contenu et l'héberger ensuite dans un Cloud. Comme le contenu d'un site web, le contenu de la RA peut être mis à jour ou complété sans modifier le logiciel lui-même.

Les applications qui produisent des expériences interactives (et créent une valeur importante pour les consommateurs et les entreprises) sont les plus difficiles à développer. Elles impliquent des technologies moins matures, comme la reconnaissance vocale ou gestuelle, et la nécessité de s'intégrer aux logiciels. Aussi, la plupart des entreprises devront se doter de la capacité de passer à des expériences pédagogiques dynamiques.

Les expériences utilisateurs dites "enregistrées" (qui ne soient pas de la superposition d'informations) sont de plus grande valeur. Elles « ancrent » les informations à des objets spécifiques. Elles peuvent le faire par le biais de marqueurs, tels que des codes-barres ou des étiquettes, qui sont placés sur les objets et scannés par l'utilisateur avec un dispositif de RA. Une technologie plus puissante concerne la reconnaissance des objets en comparant leur forme à un

catalogue de modèles en 3D. Cela permet à un technicien de maintenance, par exemple, de reconnaître instantanément et d'interagir avec n'importe quel type d'équipement dont il est responsable, et ce, sous n'importe quel angle.

Enfin, les facteurs de ruptures sont et seront à observer dans les stratégies des dominants du marché (États-Unis et Chine). Pour l'heure, l'Europe, de par la diversité culturelle des pays qui la compose, a un fort potentiel en matière de création d'applications. Les entreprises et les Instituts de recherche européens bénéficient de fonds de recherche conséquent (cf. infra sur le nombre de projets financés par l'UE). Notons que les acteurs non européens peuvent bénéficier des fonds de recherche de l'UE en matière de RA, s'ils travaillent en consortium avec des entreprises ou des instituts de recherche de l'UE.

Pour rappel, le rapport ECORYS indique que les États-Unis sont dominants sur le marché avec une R&D pour le matériel et les logiciels. Cet écosystème est centré sur la Silicon Valley avec des géants de l'informatique tels que Google, Apple et Facebook. La production de contenu est concentrée autour des grands studios de jeux et des studios de production à Los Angeles. Les États-Unis offrent des conditions favorables aux start-ups de RV et de RA. Le pays dispose du capital-risque (VC) et des fonds de capital-risque (CR) les plus actifs dans le domaine de la RV et de la RA. Les grandes entreprises technologiques asiatiques telles que Sony et Samsung sont actives dans la fabrication en masse de matériel de réalité virtuelle et de réalité augmentée et bénéficient d'une main-d'œuvre à prix compétitif. L'Asie est également active dans le domaine de la création de contenu, mais, pour des raisons culturelles et linguistiques, se concentre principalement sur la RV.

Enfin, les facteurs de ruptures ou d'inflexion sont également rattachés aux technologies sous-jacentes (l'intelligence artificielle, la Big Data, ou encore les IoT).

MICRO-SCÉNARIOS

Elaborés en atelier, ces scénarios proposent un contenu de l'évolution possible de la variable étudiée, articulés à partir de trois hypothèses :

- **une hypothèse basse** (quelle évolution de la variable défavoriserait l'industrie régionale),
- **une hypothèse haute** (quelle évolution de la variable favoriserait l'industrie régionale),
- ainsi qu'un scénario s'inscrivant davantage dans une forme de continuité (**hypothèse tendancielle**).

A noter : les micro-scénarios du bloc « évolutions technologiques » ont été développés en agrégeant l'ensemble des connaissances produites sur l'ensemble des variables étudiées (Big Data, cobotique, intelligence artificielle etc.). En conséquence, ils sont identiques sur l'ensemble des fiches produites, mais proposent un contenu séquencé selon une entrée économique, environnementale, et sociale.

DÉSAGRÉGATION DU TISSU INDUSTRIEL

Peu informées, mal préparées, les industries régionales travaillent à leur transformation numérique au cas par cas, au gré des demandes de leurs clients. Il en résulte des pertes de parts de marchés pour celles qui anticipent le moins l'évolution des attentes.

Au niveau local, en dépit de l'implication des représentants économiques (branches professionnelles, institutionnels...), seules les entreprises de taille conséquente et les entreprises appartenant à un groupe parviennent à tirer leur épingle du jeu et à développer des stratégies numériques efficaces et globales. Nous invitons le lecteur à prendre connaissance de la [Newsletter n°7](#) portant sur les technologies numériques incluant des interviews d'industriels.

En conséquence, l'outil de production est vieillissant pour les établissements les moins intégrateurs de technologies numériques, et la production en recule car de moins en moins adaptée aux besoins des clients (de plus en plus exigeants). L'industrie n'attire plus, peine à recruter, et ne renouvelle pas ses compétences.

Une partie des industries régionales est peu ou mal connectée. Le niveau de digitalisation des petites structures se limite à la visibilité de l'entreprise ou à l'usage de logiciels de gestion administrative. Elles sont vulnérables aux nouvelles formes de cyberattaques (rançons).

Par ailleurs, les outils financiers publics visant à digitaliser plus largement l'industrie ont davantage profité à des entreprises qui souhaitaient se relocaliser en France, mais qui n'ont pas nécessairement été créateurs d'emplois.

Sur un plan environnemental, les aides publiques se concentrent davantage sur les ruptures technologiques vers une industrie décarbonée (hydrogène...).

Dans une région présentant un profil industriel énergétique particulièrement consommateur (d'énergie, comme de matières), le caractère émergent des technologies développées et leurs coûts d'entrée (R&D) et d'acquisition (investissements) décourage massivement les PME/TPE et artisans de production.

D'un point de vue social, les salariés peu formés, peu préparés, voient dans la technologie un concurrent et pas un facilitateur et accentuent la baisse de l'acceptabilité technologique nécessaire à une industrie connectée.

MICRO-SCÉNARIOS SUITE

LA DIFFICILE MISE EN RÉSEAU DU TISSU INDUSTRIEL

Le tissu industriel est mal identifié par les plans de soutien nationaux à la digitalisation de l'industrie. Les artisans de production, par exemple, ne sont pas intégrés dans les politiques d'investissement et d'accompagnement à la transformation numérique. Ces derniers se cantonnent à développer des marchés locaux avec l'appui de technologies abordables (objets connectés, système d'edge computing, fabrication additive...). Leur modèle économique est fragilisé par la faiblesse du nombre de leurs clients.

La propriété intellectuelle continue d'être dominante dans la régulation de l'innovation.

Les investissements publics en faveur d'une transition environnementale profitent assez peu à certains secteurs a contrario, par exemple, de l'agriculture, secteur précurseur dans les nouvelles technologies liées à la gestion de l'environnement. L'innovation sociale est mal intégrée dans le soutien aux vecteurs de transition qui se cantonnent à des expérimentations locales.

Depuis la stratégie de Lisbonne, les taux d'emploi se sont améliorés en France même si les salariés accusent un retard dans la maîtrise des savoirs de base.

L'industrie connectée modifie le contenu de ces savoirs de base qui s'élargissent aux habilités numériques (capacité à supporter la charge cognitive d'une relation Hommes-Machines, capacité à protéger sa vie privée avec l'usage des réseaux sociaux...) mais sans réelle capacité à construire une offre d'accompagnement de ces mutations de compétences. De nouveaux risques liés à la santé au travail émergent, dans un contexte de fragilisation du modèle social suite à la destruction d'emplois liés au numérique, qui entraîne, de fait, une baisse des recettes pour les collectivités.

LA MAÎTRISE DE LA CHAÎNE DE VALEUR NUMÉRIQUE POUR DE NOUVELLES CRÉATIONS DE VALEUR

Grâce à un cadre sécurisant (choix logiciels, aides publiques...), les industries investissent massivement dans les technologies numériques.

Les industries augmentent leur productivité grâce à ces solutions et sont plus innovantes (ex : fabrication additive qui permet des prototypes rapides), leurs capacités d'adaptation aux besoins des consommateurs s'améliorent. A la recherche de toujours plus de gains de productivité, de plus en plus d'entreprises se tournent vers la digitalisation de leur appareil productif. Parallèlement les plans de relance gouvernementaux se succèdent, les encourageant dans cette voie.

Cela permet aux établissements à la fois de limiter leurs coûts (gestion des stocks), d'améliorer leur performance environnementale (optimisation de la consommation d'énergie et de matières) et d'améliorer les conditions de travail des opérateurs.

Des plans de formation et de sensibilisation sont également déployés, permettant aux jeunes générations de mieux connaître les nouveaux métiers que l'industrie connectée leur propose.

RÉFÉRENCES DOCUMENTAIRES

- Azuma, R.T., 1997. A survey of augmented reality. Presence Teleoperators Virtual Environ. 6, 355–385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Olivier Hugues, Philippe Fuchs, and Olivier Nannipieri. New augmented reality taxonomy : Technologies and features of augmented environment. In Handbook of augmented reality, pages 47 –63. Springer, 2011.
- Vincent Havard. Développement de méthodes et outils basés sur la réalité augmentée et virtuelle pour l'assistance ou l'apprentissage d'opérations dans un contexte industriel. Ingénierie assistée par ordinateur. Normandie Université, 2018. Français. [Thèse](#) de doctorat Informatique.
- Raphaël Grasset. Environnement de réalité augmentée 3D coopératif : approche colocalisée sur table. Interface homme-machine [cs.HC]. Université Joseph-Fourier - Grenoble I, 2004
- Damien Clergeaud. Collaboration interactive 3D en réalité virtuelle pour supporter des scénarios aérospatiaux.. Synthèse d'image et réalité virtuelle [cs.GR]. Université de Bordeaux, LaBRI, 2017. Français.
- Emeric Baldisser. Environnement de réalité augmentée pour la conception, la gestion et la maintenance d'ouvrages et de mobiliers urbains. Synthèse d'image et réalité virtuelle [cs.GR]. Université de Bordeaux, 2016. Français.
- <https://www.artefacto-ar.com/actualites/>



Date de publication : février 2021

Rédaction : Karen Maloingne - Ahlam Benlemselmi
Christophe Meulemans - Sylvie Delbart

Contact : collegedeprospective@hautsdefrance.fr

Retrouvez l'actualité et les publications du collège sur le site
de l'Agence Hauts-de-France 2020-2040
<https://2040.hautsdefrance.fr>