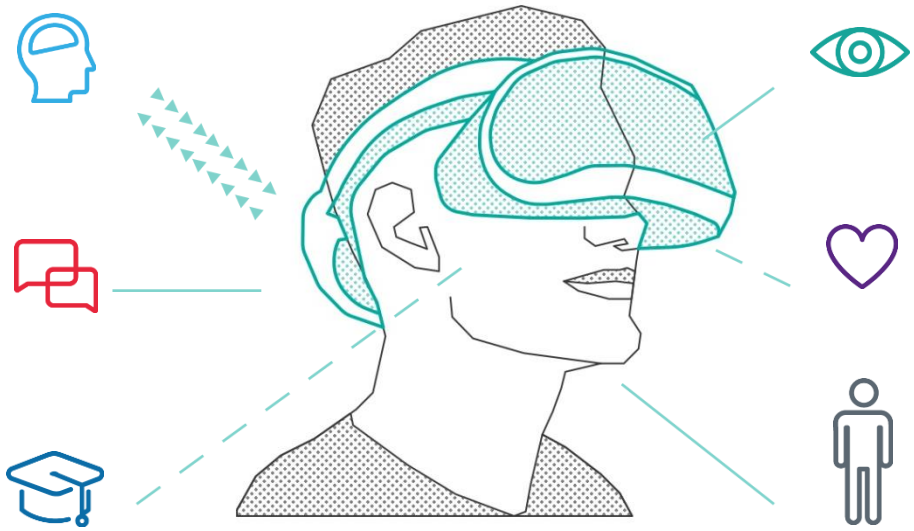
L'HUMAIN AU CŒUR DE L'INDUSTRIE DU FUTUR

Guide pratique à l'usage des entreprises



EMC2

altran

L'HUMAIN AU CŒUR DE L'INDUSTRIE DU FUTUR

Guide pratique à l'usage des entreprises

PRÉFACE

Clémentine GALLET
Présidente, Coriolis Group

Naomi Parker Fraley, l'américaine qui avait inspiré l'affiche emblématique de l'ouvrière, bandana rouge à pois blanc sur la tête, retroussant son bleu de travail, revendiquait une forme de militantisme pour les droits et la place des femmes dans l'usine. Toujours d'actualité, même s'il ne s'agit plus d'encourager l'effort de guerre, ma conviction est bien de dire que la femme a bien toute sa place dans l'industrie. Aujourd'hui, les femmes occupent près de 30% des emplois de l'industrie. Malgré une forte évolution de ce pourcentage ces 20 dernières années, elles restent largement minoritaires.

A l'heure où l'industrie est en pleine mutation technologique, il faut, à mon sens, favoriser son ouverture certes aux femmes, mais aussi à de nouvelles compétences, pluridisciplinaires. Artistes, ergonomes, psychologues apporteraient un nouveau regard sur cette Industrie dite « du Futur » et permettraient de susciter une atmosphère plus apaisée, plus constructive et surtout plus ouverte, tout en stimulant l'innovation collaborative. C'est, je crois d'ailleurs, le sens de ce guide de nous forcer à réfléchir, nous, entrepreneurs, sur la transformation technologique et sociale qui s'opère au sein de nos structures.

Aujourd'hui, il reste encore beaucoup à faire. Par exemple, sur le chantier de la formation, pour donner envie à de jeunes talents, et notamment de jeunes ingénieur"e"s et opératrices, de rejoindre l'industrie, il serait intéressant d'entretenir un cercle vertueux en mettant en scène des modèles féminins, forts et populaires, modèles issues de l'industrie, mais aussi de la tech, des affaires, de la littérature, du cinéma ou de la politique.

L'industrie est, aujourd'hui, à un tournant important, tant technologique que social. La Femme ne serait-elle pas l'avenir de l'Homme ?

ÉDITO

Patrick CHEPPE
Président - EMC2

De tout temps, l'émergence de nouvelles technologies a fait peur. C'est encore le cas aujourd'hui avec les technologies de l'Industrie du Futur et leur lot de digitalisation et d'autonomisation. Mais n'oublions pas que nos entreprises sont avant tout l'œuvre de femmes et d'hommes qui, par leur engagement et leur capacité d'innovation, sont les véritables acteurs du changement. Cela nécessite non seulement une bonne compréhension des solutions existantes mais également une véritable démarche d'intégration et de partage à tous les niveaux de l'entreprise. C'est en partant de ce constat qu'avec nos adhérents, nous avons placé le programme opérateur du futur au cœur de notre feuille de route. L'étude que vous découvrirez ici vous permettra, je l'espère, de nourrir votre réflexion stratégique et de faire un pas de plus vers l'Industrie du Futur.

William ROZE
DG France - ALTRAN

Le sujet de cette étude fait écho à mes préoccupations quotidiennes pour deux raisons. Tout d'abord, il répond à l'attente de nos clients qui doivent se transformer pour gagner la bataille de la compétitivité dans une Industrie du Futur toujours plus exigeante en talents et technologies. Mais c'est aussi un sujet qui me touche personnellement car, en tant que Directeur Général France d'Altran, je suis intimement convaincu que l'humain est au cœur de la création de valeur de l'entreprise.

TABLE DES MATIÈRES

5-9
Executive summary

11-13
L'humain au cœur de l'industrie du futur

15-35
L'humain créateur de valeur

37-47
L'humain architecte de la transformation

49-59
L'humain accélérateur d'innovation

61-81
Annexes : sélection de fiches technologiques

EXECUTIVE SUMMARY

L'HUMAIN AU CŒUR DE L'INDUSTRIE DU FUTUR

De tout temps, l'humain a été à la fois le génie inventeur, le moteur de la performance, l'accélérateur de la transformation mais aussi le frein au changement et à l'adoption des nouvelles technologies.

Beaucoup le disent, pour la première fois de l'ère industrielle, la technologie n'est plus le facteur limitant de l'évolution, c'est à présent la capacité des femmes et des hommes à adopter et valoriser les nouvelles technologies qui gouverne la vitesse de développement de la performance.

Nous l'affirmons ici, les entreprises qui réussiront le mieux la transition vers l'Industrie du Futur seront celles qui placeront l'humain au cœur de leur projet de transformation.

L'objectif de ce guide est d'apporter des éléments de réflexion sur la performance individuelle et la création de valeur , de proposer une grille d'analyse sous forme de plan d'action et modèles de maturité, et dresser un panorama des solutions et acteurs contribuant à réussir la transformation.

L'HUMAIN CRÉATEUR DE VALEUR

- Quels sont les facteurs de la performance et quelles sont les nouvelle solutions technologiques qui peuvent l'impacter?

L'HUMAIN ARCHITECTE DE LA TRANSFORMATION

- Comment organiser l'entreprise pour placer l'humain au cœur de la transformation?

L'HUMAIN ACCÉLÉRATEUR DE L'INNOVATION

- Comment identifier les acteurs du développement d'une solution?

L'HUMAIN CRÉATEUR DE VALEUR

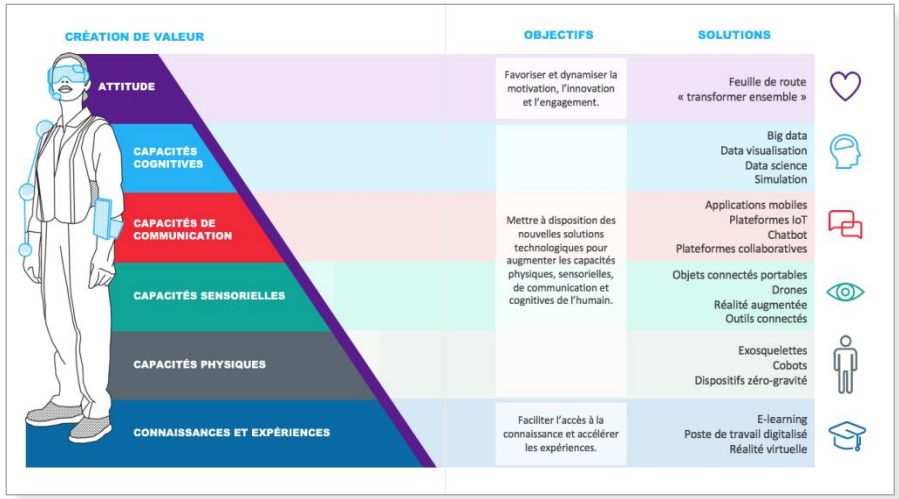
Quels sont les facteurs de la performance qui permettent de créer la valeur? Quelles solutions technologiques et pratiques managériales permettent de créer un impact sur ces facteurs?

Pour répondre à ces questions, nous vous proposons un modèle combinant connaissance, expérience, capacité et attitude.

Placer l'humain au cœur de l'Industrie du Futur, c'est exploiter les nouvelles solutions technologiques et méthodologiques pour :

- **Faciliter l'accès à la connaissance et accélérer les expériences**
- **Exploiter les nouvelles technologies pour augmenter les capacités physiques, sensorielles, de communication et cognitives de l'humain**
- **Favoriser et dynamiser la motivation, l'innovation et l'engagement**

A partir de ce modèle, nous avons sélectionné 18 nouvelles solutions technologiques en les illustrant avec des cas d'usage réels . Un modèle de fiche dite « ID card » est également proposé en annexe pour une présentation synthétique de ces solutions.



L'HUMAIN ARCHITECTE DE LA TRANSFORMATION

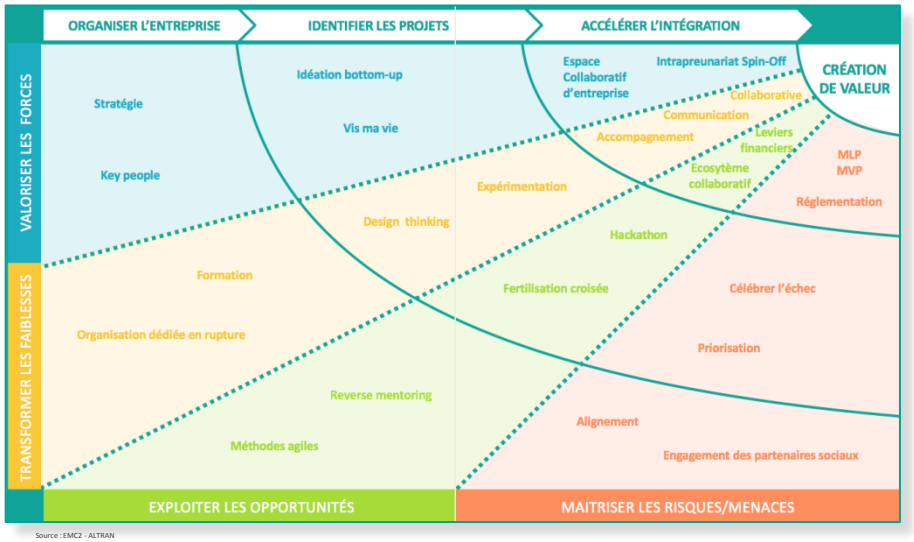
Comment créer les conditions permettant de favoriser et dynamiser la motivation, l'innovation et l'engagement de ses collaborateurs?

Quel plan d'action l'entreprise doit elle mettre en œuvre?

Pour cela, nous proposons les bases d'**une feuille de route personnalisable pour une transformation de l'entreprise centrée sur l'humain**.

En réalisant une analyse SWOT (Force, Faiblesse, Opportunité, Menace) sur chacune des 3 grandes étapes d'un projet de transformation (Organiser, identifier, Accélérer), chaque entreprise choisira les pratiques managériales qu'elle souhaite mettre en œuvre.

Nous avons illustré notre feuille de route avec une sélection de 24 axes de travail permettant d'avoir un impact positif sur l'attitude des femmes et des hommes dans l'entreprise.
Il ne s'agit là que d'exemples mixant solutions classiques et innovantes et chaque organisation devra adapter ses choix en incluant son futur réseau de partenaires dans sa réflexion.



Source : EMC2 - ALTRAN

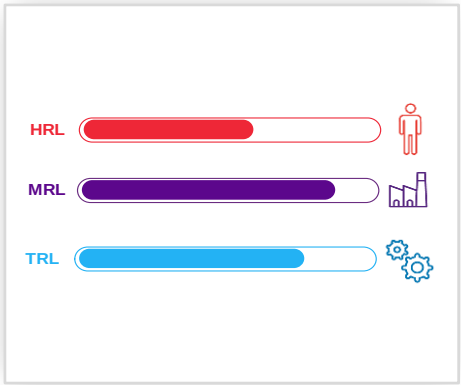
L'HUMAIN ACCÉLÉRATEUR DE L'INNOVATION

Quels acteurs doivent intervenir sur le projet de transformation et à quel moment?

Pour guider les entreprises dans ce choix, nous proposons de commencer par analyser la maturité du développement d'une solution selon 3 dimensions:

- **TRL (Technology Readiness Level)** - 5 niveaux qui correspondent aux étapes chronologiques de développement d'une technologie.
- **HRL (Human Readiness Level)** - 4 critères de perception qui caractérisent l'adoption d'une solution par les femmes et les hommes
- **MRL (Manufacturing Readiness Level)** - 3 niveaux de freins à l'introduction d'une solution dans l'industrie

Une liste d'intervenants génériques est proposée en fonction des divers niveaux de maturité. Il ne s'agit là que d'illustrer notre propos avec des suggestions et il conviendra à chaque entreprise de définir plus précisément les acteurs qu'elle souhaite faire intervenir. Le choix de ressources externes ou d'une montée en compétence interne est également à prendre en compte.



	NIVEAU DE MATURITÉ TRL				
ACTEURS DU DÉVELOPPEMENT	Recherche	Développement	Démonstration	Mise en œuvre	Optimisation
Labo de recherche	X	X			
Start-up		X	X		
Fournisseur de technologie		X	X	X	X
Intégrateur Société de services			X	X	X
L'entreprise utilisatrice		X	X	X	X
Pôle de compétitivité IRT	X	X	X		
POC factory			X		X

L’HUMAIN AU CŒUR DE L’INDUSTRIE DU FUTUR

LA PLACE DE L'HUMAIN DANS L'INDUSTRIE DU FUTUR

Parler de l'Industrie du Futur et de ses enjeux est une véritable gageure tant la communication est riche et diversifiée sur le sujet. Nous ne chercherons pas à donner ici une nouvelle définition ou conceptualisation mais à apporter des éléments de contexte pour notre étude centrée sur l'humain.

Pour cela, nous définissons l'Industrie du Futur comme l'application de nouvelles technologies et de nouvelles pratiques managériales pour atteindre de nouveaux niveaux de performance et créer de nouvelles valeurs en réponse à de nouveaux enjeux sociétaux, de nouveaux besoins du marché et de nouveaux compétiteurs *(cf. représentation graphique ci-contre).* Nouveauté, nouveauté, nouveauté, …

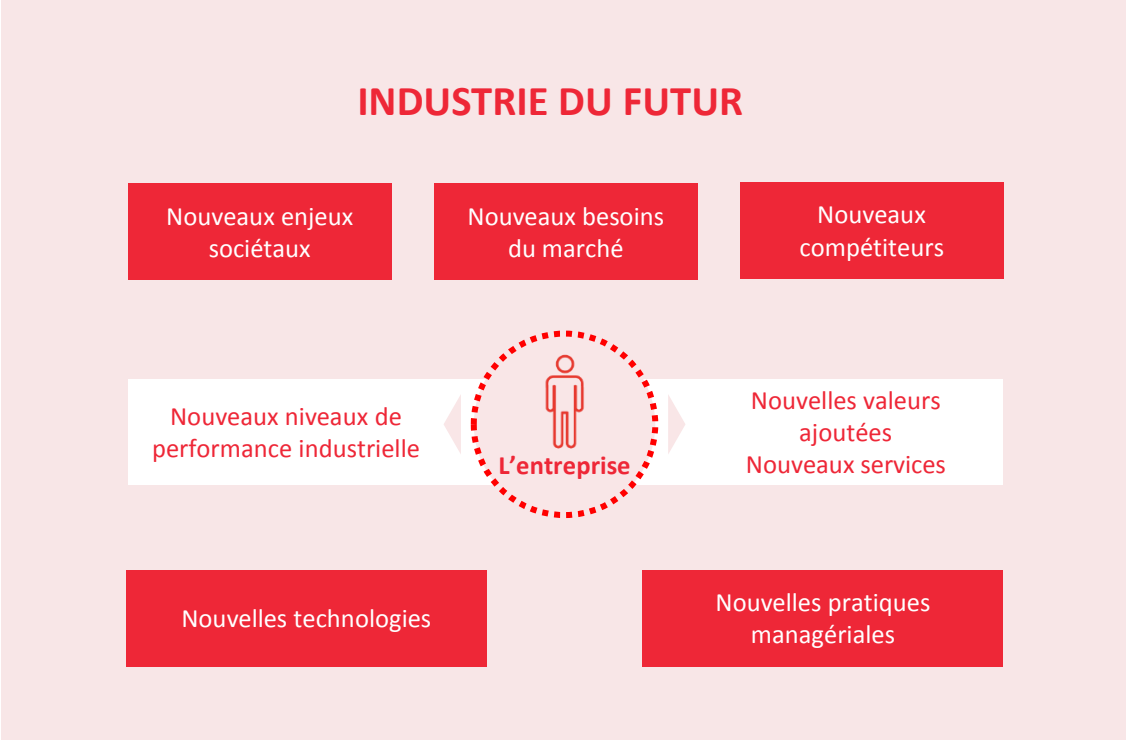
Même s'il est courant de parler de 4ème révolution industrielle, le « nouveau » n'est pas obligatoirement disruptif et il n'est souvent qu'une évolution de l'existant. Ce qui le caractérise désormais, c'est sans doute que le « nouveau » s'accélère.

Beaucoup le disent, pour la première fois de l'ère industrielle, la technologie n'est plus le facteur limitant de l'évolution, c'est à présent la capacité des femmes et des hommes à adopter et valoriser les nouvelles technologies qui freine au développement.

Qui plus est, la transition vers l'Industrie du Futur ne se limite pas à l'introduction de quelques briques technologiques. Comme les précédentes révolutions industrielles, elle impactera aussi fortement le modèle d'entreprise. Elle est naturellement anxiogène et peut entraîner une forte résistance au changement.

Si l'humain peut-être un frein, il est aussi et surtout le créateur de performance, de valeur. La capacité de chaque entreprise à s'améliorer et se réinventer pour gagner en compétitivité et parts de marchés est le fruit de l'engagement et de la capacité d'innovation de ses collaborateurs.

Adoption, résistance au changement, création de valeur… A l'évidence, les entreprises qui réussiront le mieux la transition vers l'Industrie du Futur seront celles qui placeront l'humain au cœur de leur projet de transformation.



Si l'humain est au cœur de l'Industrie du Futur, que doivent faire les entreprises pour développer la performance individuelle et collective qui leur permettra de gagner en compétitivité?

Sans avoir la prétention de donner des recettes miracles, cette étude propose:

- **Un modèle de création de valeur permettant d'identifier les facteurs qui contribuent à la performance,**
- **Un panorama des nouvelles solutions à destination des opérateurs,**
- **Des éléments pour construire une feuille de route plaçant l'humain au cœur du projet de transformation,**
- **Un modèle d'analyse de la maturité des solutions et l'identification des acteurs pouvant contribuer au développement d'une solution.**

L’HUMAIN CRÉATEUR DE VALEUR

LA PERFORMANCE INDIVIDUELLE CRÉATRICE DE VALEUR

$$P_i = (K + E + C) \times A$$

Une bien étrange équation pour mémoriser et décrypter les leviers de la **PERFORMANCE INDIVIDUELLE (P_i)** au service de la création de valeur.

Dans notre modèle, inspirée des travaux de V. S. Ravi et du modèle KASH, la performance individuelle est une fonction de la connaissance, de l'expérience, de la capacité et de l'attitude.

La CONNAISSANCE (K) regroupe à la fois la connaissance intrinsèque de l'individu mais aussi la facilité d'accès à la connaissance disponible. L'accélération des évolutions technologiques et méthodes de travail renforce le besoin en formation continue et la nécessité pour l'entreprise d'accompagner ses collaborateurs tout au long de leur carrière.

L'EXPÉRIENCE (E) caractérise une autre forme d'apprentissage et il s'agit là de reconnaitre l'importance du vécu. Avoir travaillé dans divers environnements, expérimenté différents outils, avoir connu réussites et échecs sont autant d'éléments qui enrichissent l'expérience de chaque individu et lui permettent d'être plus performant.

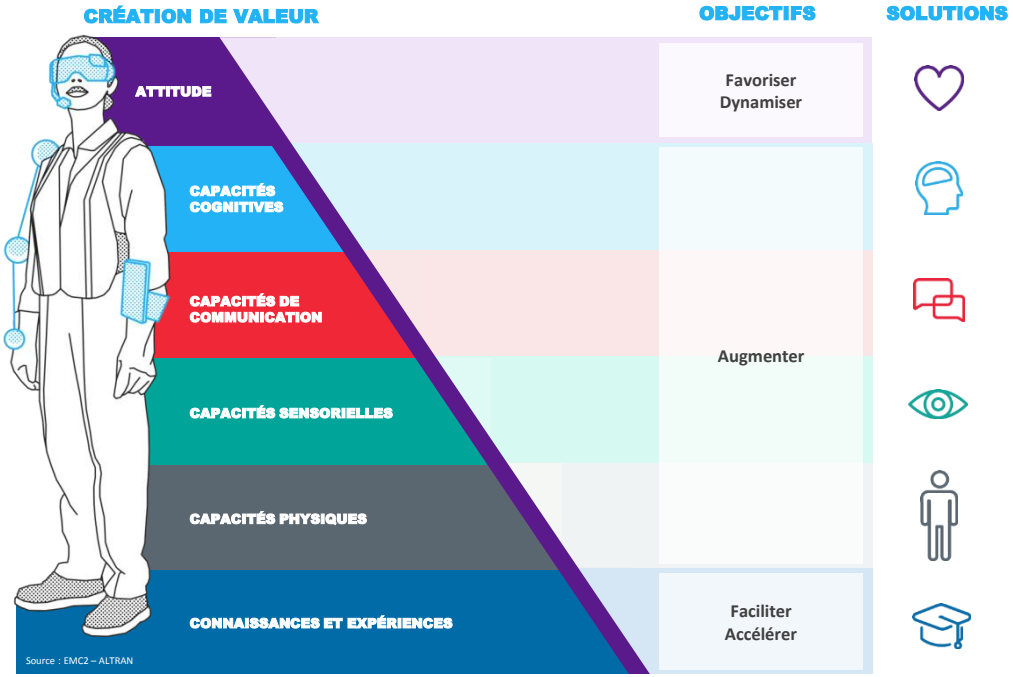
LA CAPACITÉ (C) traduit à la fois un niveau d'aptitude et surtout la capacité à le développer. Nous avons identifié quatre niveaux capacitaires importants pour les femmes et les hommes dans l'industrie; la capacité physique, la capacité sensorielle, la capacité de communication et la capacité cognitive qui seront détaillées par la suite.

L'ATTITUDE (A) permet de caractériser la motivation, l'empathie, la volonté d'innovation et l'engagement des femmes et des hommes dans la performance et la transformation de son entreprise. Le rôle clé du management est de créer les conditions permettant de favoriser une attitude la plus positive possible aux niveaux individuels et collectifs.

Dans notre modèle, l'attitude est une facteur multiplicatif car il est largement prépondérant. En effet, quel que soit le niveau des autres facteurs, s'il n'y a pas de motivation, il n'y aura pas de performance. Pire encore, si l'attitude est négative, la performance peut l'être aussi.

Placer l'humain au cœur de l'Industrie du Futur, c'est exploiter les nouvelles solutions technologiques et les nouvelles pratiques managériales pour :

- **Faciliter l'accès à la connaissance et accélérer les expériences**
- **Exploiter les nouvelles technologies pour augmenter les capacités physiques, sensorielles, de communication et cognitives des femmes et des hommes**
- **Favoriser et dynamiser la motivation, l'innovation et l'engagement**



CONNAISSANCES & EXPÉRIENCES

L'objectif n'est pas ici de théoriser sur les concepts de formations et expériences, qui font l'objet d'une littérature fournie par ailleurs, mais d'insister sur le rôle désormais crucial de l'entreprise sur ces enjeux.

- Faciliter l'accès à la formation : face à l'accélération des technologies et modèles managériaux, il est aujourd'hui nécessaire pour l'entreprise de permettre à ses collaborateurs de se former. Mais si les nouvelles technologies créent le besoin, elles permettent également d'apporter des solutions.
- Accélérer les expériences: il est aujourd'hui possible d'utiliser des outils digitaux pour plonger l'Homme au cœur d'un environnement virtuel afin de lui faire « vivre » de nombreuses conditions de travail.

Sélection de cas d'usage et nouvelles technologies potentielles pour faciliter l'accès à la formation et accélérer les expériences.

CAS D'USAGE	OBJECTIFS	NOUVELLES TECHNOLOGIES
Gain d'un contrat international exigeant une communication orale et écrite en anglais	Ne pas interrompre l'activité et faire monter rapidement les collaborateurs en compétence	eLearning
Intégration récurrente d'intérimaires pour faire face à des pics saisonniers de commandes	Diminuer le temps d'intégration en facilitant l'apprentissage des opérations à réaliser au poste	Poste de travail digitalisé
Dans des installations industrielles complexes, comment former les opérateurs à des situations se produisant très rarement?	Limiter les accidents en permettant aux opérateurs de « vivre » des expériences très occasionnelles grâce à la réalité virtuelle.	Réalité virtuelle

CAPACITÉS PHYSIQUES

Les capacités physiques sont bien sûr essentielles pour tous les métiers manuels et peuvent être déterminantes pour la performance au poste de travail. Les principales dimensions sont:

- La force : Capacité à soulever, porter ou serrer des objets
- La vitesse : Capacité à exécuter des tâches rapidement (cadence)
- L'endurance : Capacité à résister à la fatigue
- La dextérité : Capacité à exécuter des tâche précises et minutieuses
- La coordination physique et visuelle : Capacité à coordonner ses gestes en réaction à l'information visuelle

Sélection de cas d'usage et nouvelles technologies potentielles pour augmenter la capacité physique de l'humain

CAS D'USAGE	OBJECTIFS	NOUVELLES TECHNOLOGIES
Dans le bâtiment, manutention des fenêtres et portes qui s'alourdissent suite à l 'évolution des règles de performance thermique	Augmenter la force de l'opérateur et réduire le risque d'accidents de travail	Exosquelettes
Opérations répétitives de vissage sur un poste de travail	Diminuer les Troubles musculo-squelettiques Améliorer la fiabilité Améliorer la productivité	Cobots
Au poste d'oxycoupage, déchargement manuel de nombreuses pièces de taille et masse très différentes	Réduire la fatigue Augmenter la productivité	Dispositifs zéro-gravité

CAPACITÉS SENSORIELLES

Les capacités sensorielles sont essentielles pour les activités où il est nécessaire de percevoir l'environnement.

- Les 5 sens usuels : La vue, l'ouïe, le toucher, l'odorat, le goût
- Les sens humains méconnus : Le temps, l'équilibre, la thermoception, la proprioception
- Les autres sens que l'on trouve dans la nature : Electroception, magnétoception, écholocalisation
- Quelques sens (de super-héros) que l'on aimerait bien posséder: voir à travers les murs, voir dans le noir, sentir les radiations, …

Sélection de cas d'usage et nouvelles technologies potentielles pour augmenter la capacité sensorielle de l'humain

CAS D'USAGE	OBJECTIFS	NOUVELLES TECHNOLOGIES
Opérateurs de maintenance travaillant à proximité d'équipements sans savoir s'ils sont sous tension ou non	Éviter les accidents en permettant aux opérateurs de détecter les champs électriques	Objets connectés portables
Montage d'échafaudage pour faire des inspections en hauteur	Limiter les coûts, diminuer les risques et limiter le temps d'intervention en étendant le champ de perception de l'opérateur	Drones
Nécessité de se déplacer pour visualiser une information sur un terminal ou au PC opération	Gagner en productivité en permettant à l'opérateur d'avoir une information contextuelle dans l'atelier	Réalité augmentée
Opération de perçage manuelle nécessitant une grande précision de localisation	Réduire les non qualités en n'autorisant le démarrage que lorsque l'appareil est en bonne position	Outils connectés

CAPACITÉS DE COMMUNICATION

La communication, qui vise à l'échange d'information entre deux entités, est essentielle dans la vie quotidienne comme au travail. On distingue de nombreux paramètres qui influencent la communication:

- Le canal de communication: Le moyen utilisé pour communiquer qui peut être verbal, écrit, gestuel, filaire ou hertzien.
- Le langage : permet aux entités de se comprendre (ou pas…)
- L'environnement : peut faciliter ou parasiter la communication
- Les entités qui communiquent : classiquement on retient l'individu, le groupe et la collectivité mais dans le cas de l'industrie, il est nécessaire d'ajouter la machine (communication Homme-Machine)
- Le type d'informations échangées : plus ou moins complexe et numérisable

Sélection de cas d'usage et nouvelles technologies potentielles pour augmenter la capacité de communication de l'humain

CAS D'USAGE	OBJECTIFS	NOUVELLES TECHNOLOGIES
Pour la maintenance, besoin d'avoir accès à la documentation matérielle et au stock de pièces de rechange en continu	Gagner en productivité en fluidifiant les interfaces Garantir l'utilisation des bons documents et référence produit.	Applications mobiles
Présence d'équipements anciens non connectés au SCADA ou MES	Pouvoir intégrer les données dans les systèmes de supervision	Capteurs et Plateformes IoT
Pendant les opérations, il est parfois nécessaire de répondre à des requêtes ou donner des consignes	Ne pas interrompre l'activité Permettre de s'interfacer en restant au poste Automatiser la réponse aux requêtes simples	Chatbot
Des équipes distribuées géographiquement travaillent ensemble sur un projet	Créer de la cohésion et accélérer le projet par une communication de groupe	Plateformes collaboratives (Slack, Yammer)

CAPACITÉS COGNITIVES

La capacité cognitive est relative aux processus mentaux utilisés pour la mémoire, le langage, l'intelligence, l'apprentissage, l'estimation, … que nous proposons de résumer aux quatre actions principales suivantes:

- Capturer l'information: désigne la capacité à observer, à apprendre, à extraire l'information
- Mémoriser l'information : capacité à sélectionner, stocker puis à faire remonter une information lorsque nécessaire
- Traiter l'information : exploiter l'information, la hiérarchiser pour analyser une situation, résoudre les problèmes, proposer un plan d'action.
- Gérer différentes informations : traduit la capacité à faire plusieurs choses en même temps , à changer de sujets plusieurs fois par jour, à faire face à des situations de crise ou de stress.

Sélection de cas d'usage et nouvelles technologies potentielles pour augmenter la capacité cognitive de l'humain

CAS D'USAGE	OBJECTIFS	NOUVELLES TECHNOLOGIES
Considération d'un investissement lourd pour augmenter les cadences	Mieux justifier les analyses et la prise de décision	Simulation de flux complexes
Collecter les données de plusieurs sites et actifs industriels afin de les comparer	Mieux capturer, organiser et mémoriser les données	Big data
Présence d'un équipement rotatif critique pouvant arrêter la production	Prédire une défaillance	Data science
Analyser des sous performances de systèmes complexes	Faciliter la compréhension et la prise de décision	Data visualisation

ATTITUDE

L'attitude désigne un état d'esprit qui peut être positif, nonchalant, négatif voire hostile par rapport à une situation, une sollicitation ou une interaction.

Comme explicité précédemment, l'attitude a un impact majeur sur la création de valeur. Que ce soit en termes de projet d'entreprise (engagement), de travail au quotidien (motivation), de travail en équipe (empathie) ou de contribution au changement (volonté d'innovation), l'attitude sera un frein ou un accélérateur et conduira à l'échec ou à la réussite.

L'attitude positive ne s'obtient pas par décret, ni en exploitant une solution technologique miracle; elle est la résultante de nombreuses composantes liées à des facteurs propres à l'individu, à son entourage d'influence et au management de l'entreprise.

Si la transition vers l'industrie du Futur est un challenge exaltant, elle est aussi anxiogène par son impact sur le modèle d'entreprise.

Il est donc fondamental pour l'entreprise de créer les conditions permettant de favoriser et dynamiser la motivation, l'innovation et l'engagement de ses collaborateurs. **Cela relève de choix managériaux sur toutes les dimensions de l'organisation.**

Il n'y a pas de solution universelle car chaque entreprise a ses spécificités, sa culture, son projet.

Fort de ce constat, nous proposons pour cette étude de dresser un panorama de pratiques managériales que nous avons positionnées dans une feuille de route « RÉUSSIR ENSEMBLE » qui sera détaillée par la suite.

MODÈLE DE CRÉATION DE VALEUR

PANORAMA DES SOLUTIONS

CRÉATION DE VALEUR	OBJECTIFS	SOLUTIONS
ATTITUDE	Favoriser et dynamiser la motivation, l'innovation et l'engagement.	Feuille de route « transformer ensemble »
CAPACITÉS COGNITIVES	Mettre à disposition des nouvelles solutions technologiques pour augmenter les capacités physiques, sensorielles, de communication et cognitives de l'humain.	Big data Data visualisation Data science Simulation
CAPACITÉS DE COMMUNICATION		Applications mobiles Plateformes IoT Chatbot Plateformes collaboratives
CAPACITÉS SENSORIELLES		Objets connectés portables Drones Réalité augmentée Outils connectés
CAPACITÉS PHYSIQUES		Exosquelettes Cobots Dispositifs zéro-gravité
CONNAISSANCES ET EXPÉRIENCES	Faciliter l'accès à la connaissance et accélérer les expériences.	E-learning Poste de travail digitalisé Réalité virtuelle

Source : EMC2 - ALTRAN

FACILITER L'ACCÈS À LA CONNAISSANCE

eLEARNING

Le eLearning exploite les technologies multimédias et de l'Internet pour faciliter l'accès à des contenus de formation très variés.
La combinaison du eLearning, de l'intelligence artificielle et des agents conversationnel permet de franchir un nouveau pas dans l'expérience utilisateur et la qualité de l'apprentissage.

Intérêts principaux:

- une grande diversité de solutions et de sujets permettant de satisfaire le plus grand nombre
- Une flexibilité permettant de s'adapter au calendrier de chacun
- Solution peu onéreuse et évolutive
- Une expérience utilisateur en constante amélioration et permettant de varier les méthodes d'apprentissage (MOOC, serious game, forum, …)

DIGITALISATION DU POSTE DE TRAVAIL

Mise à disposition de solutions digitales au poste de travail pour assister l'opérateur dans la réalisation de ses tâches, en particulier remplacement des modes opératoires papiers par des supports multimédia et des applications.

Intérêts principaux:

- Suppression des procédures papier, parfois difficilement exploitables, compliquées à gérer et peu adaptées aux nouvelles générations
- Accélérer les acquis nécessaires pour occuper un poste de travail
- Accéder facilement à une information pour des tâches non habituelles (par exemple maintenance annuelle d'un équipement)

ACCÉLÉRER LES EXPÉRIENCES

RÉALITÉ VIRTUELLE

Solutions permettant de placer l'utilisateur au cœur d'un monde virtuel dans un espace immersif ou à l'aide de lunettes de réalité virtuelle. L'utilisateur peut se déplacer dans le modèle, agir sur certains éléments et parfois ressentir des sensations à l'aide de dispositifs haptiques.

Intérêts principaux:

- Permet d'accélérer l'expérience dans un environnement et de faire « vivre » des situations peu usuelles.
- Permet d'expérimenter et de s'entrainer sans risque pour les opérateurs
- Solution peu onéreuse et évolutive
- Permet de tester des environnements et postes de travail pour les adapter aux besoins utilisateurs.

AUGMENTER LES CAPACITÉS PHYSIQUES

EXOSQUELETTES

Un exosquelette est un équipement articulé fixé sur le corps qui préserve et/ou augmente les capacités physiques de celui qui le porte. L'exosquelette peut être motorisé ou mécanique. Il ne permet pas une augmentation généralisée de l'ensemble des capacités physiques mais est dédié à certaines postures (bras au dessus des épaules, position semi-assise, port de charges lourdes,…)

Intérêts principaux:

- Augmente la productivité en augmentant l'endurance ou la force
- Réduit les risques de TMS
- Réduit les risques d'accidents et de non-qualités liés à la fatigue
- Favorise la féminisation des métiers e t le maintien en activité des plus âgés
- Augmente l'attractivité pour les métiers manuels

DISPOSITIFS ZÉRO-GRAVITÉ

Dispositifs mécaniques articulés permettant de limiter le poids d'un outil ou d'une pièce à porter tout en permettant une manipulation normale de l'objet . Ils peuvent parfois être partiellement motorisés et équipés de retour d'effort pour que l'opérateur conserve une notion de la masse portée.

Intérêts principaux:

- Permet de mettre en œuvre des outillages lourds
- Supprime la fatigue liée au port de charges lourdes
- Réduit les risques d'accidents et de TMS
- Réduit les risques de non-qualité liée à la fatigue
- Favorise la féminisation des métiers

COBOTS

Un cobot est un robot spécifiquement conçu pour opérer dans un environnement où travaillent déjà des humains tout en assurant la sécurité et l'intégrité physique des personnes. En tant que dispositif d'assistance physique, le cobot interagit avec l'opérateurs pour effectuer les tâches répétitives à faible valeur ajoutée comme le déplacement de pièces. Il peut aussi être « guidé » par l'opérateur pour réaliser les opérations physiques.

Intérêts principaux:

- Simplifie la ligne de production et donc de la circulation des opérateurs car le cobot ne nécessite pas de cage de protection
- Réduit les pertes de performance et les non-qualités liées à la fatigue
- Valorise l'opérateur sur des tâches à plus fortes valeurs ajoutées
- Augmente l'attractivité du poste opérateur

AUGMENTER LES CAPACITÉS SENSORIELLES

OBJETS CONNECTÉS PORTABLES

Objets électroniques dotés de capteurs et moyens de communication et conçus pour être portés facilement sur le corps ou sur les vêtements.
Dans l'industrie, ils peuvent être intégrés dans des montres, manchons ou brassards, casques, chaussures, gants ou dans le bleu de travail.
Les capteurs permettent de capturer des données externes ou les données physiologiques de l'opérateur.

Intérêts principaux:

- Réduire les risques par une meilleure perception de l'environnement et de son propre état physiologique
- Remonter des alertes dans un système de supervision ou interagir avec les équipements à proximité
- Optimiser son activité par une meilleure connaissance de l'environnement

DRONES

Un **drone** désigne principalement un aéronef sans humain à bord. Il peut être télécommandé ou autonome. Par extension, le terme s'applique parfois à des véhicules terrestres (AGV) ou marins (USV, AUV). Dans la solution industrielle complète, il faut distinguer le porteur et son système de navigation, la charge utile, le logiciel embarqué et le traitement des données collectées.

Intérêts principaux:

- Capter de l'information sur des zones difficilement accessibles ou présentant un risque pour l'humain ou sur des sites sans opérateur
- Contribuer à des opérations en hauteur (tirage de câbles)
- Faire des relevés sur des zones de grandes dimensions
- Transporter des charges (assistance physique)

SMART TOOLS

Un « Smart Tool » est un outil connecté et disposant d'un certain niveau d'intelligence. Il assiste les opérateurs dans les fonctions pour lesquelles il a été conçu.
Parmi les solutions mises en œuvre, on retrouve des fonctions simples comme la localisation de l'outil lui-même ou des fonctions plus élaborées permettant un réglage dynamique de l'outil en fonction de mesures temps réel ou une mise en route de celui-ci uniquement si des conditions spécifiques sont réunies.

Intérêts principaux:

- Optimiser la réalisation des processus
- Réduire les risques de non qualité
- Enregistrer des données complémentaires permettant de monitorer le processus

RÉALITÉ AUGMENTÉE

La réalité augmentée exploite des dispositifs pour insérer des objets, des menus contextuels ou de l'information dans le champ-de vision de l'opérateur (lunettes, visières) ou en superposition d'une vision temps réel d'une scène (tablette).

Intérêts principaux:

- Améliorer la sécurité et la productivité par une meilleure connaissance de son environnement (visualiser des objets cachés comme des lignes de tuyauteries enterrées, visualiser l 'état d'un système sur site, visualiser une zone à risque, …)
- Guider l'opérateur dans la réalisation de tâches complexes (opérations de montage, de maintenance…)
- Simuler des évolutions d'environnement (ajout d'équipements, définition de l'ergonomie du poste de travail avant implémentation,…)

AUGMENTER LES CAPACITÉS DE COMMUNICATION

APPLICATIONS MOBILES

Logiciels applicatifs destinés à être utilisés sur des moyens portables comme des montres, manchons, mobiles, ou tablettes. Leur objectif principal est l'hyper mobilité et se résume par le concept ACATAWAD , Any Content, Any time, Any Where, Any Device (n'importe que contenu, disponible tout le temps, quel que soit l'endroit, et le support).

Intérêts principaux
- Améliorer l'autonomie des opérateurs sur le terrain,
- Fluidifier la collaboration temps réel entre diverses parties prenantes et diminuer les temps de cycles
- Apporter des informations critiques
- Améliorer la traçabilité des opérations

PLATEFORMES IIoT (Industrial Internet of Things)

Plateforme exploitant l'internet des objets pour connecter l'ensemble des équipements de l'usine et permettant de :
- Ajouter des senseurs IoT sur des équipements anciens
- « Brancher » tous les équipements sur une même plateforme grâce à des connecteurs multi-protocoles (également possibilité de connecter l'opérateur)
- Gérer les objets, la connectivité, les réseaux et les flux de données
- Faciliter l'intégration de couches applicatives

Intérêts principaux
- Diminuer les coûts d'investissement pour l'évolution du système d'information industriel
- Permettre aux opérateurs de disposer d'un grand nombre d'applications « métier » sur la base d'un socle commun de données

CHATBOTS

Le chatbot ou agent conversationnel est un logiciel permettant d'échanger des informations avec un utilisateur en langage naturel. La qualité d'un chatbot se mesure à sa capacité de compréhension de la parole humaine, sa capacité d'apprentissage, ses logiciels applicatifs et sa base de données d'information. Lorsque le chabot donne des consignes, on parle alors de Bossbot.

Intérêts principaux
- Améliorer l'autonomie des opérateurs par un accès temps réel à l'information
- Pouvoir s'interfacer avec un logiciel lorsque les 2 mains sont utilisées
- Améliorer la qualité de service
- Améliorer la traçabilité des informations

PLATEFORMES COLLABORATIVES DE COMMUNICATION

Que ce soit en réseau social d'entreprise, en innovation, en partage de bonne pratique ou en gestion de projet, les outils collaboratifs permettent de dynamiser les échanges en partageant la communication au niveau d'une communauté. Yammer, Slack, Trello, Teams,…, les choix sont nombreux, parfois un peu difficiles à faire et il faut surtout éviter la multiplication des outils qui finit par nuire à la communication.

Intérêts principaux
- Dynamiser la communication au niveau d'une équipe projet
- Fil de communication archivé hors boite mail et possibilité de remonter dans le passé même pour les nouveaux arrivants
- Outil de recherche
- Intégration d'application tierce
- Expérience utilisateur

AUGMENTER LES CAPACITÉS COGNITIVES

BIG DATA

La capacité à collecter, concentrer, traiter et appréhender une grande quantité de données est une des limites de la capacité cognitive de l'humain et trouve sa solution digitale dans le Big Data.
Le Big Data désigne à la fois la très grande quantité de données mais aussi plus communément la base de données à très grande échelle, permettant de stocker tous types de données brutes ou traitées.

Intérêts principaux
- Suppléer la capacité humaine
- Permettre à l'opérateur de retrouver des données en les structurant et en vérifiant leur intégrité
- Stocker des données brutes en attendant de savoir si elles peuvent être utiles

DATA SCIENCE

Le traitement de l'information est une capacité cognitive clé qui connait malheureusement des limites dès lors que la quantité d'information est trop importante. La data science est une solution permettant d'analyser de grandes quantités de données pour en extraire des informations à fortes valeurs ajoutées. Par simplification, nous regroupons sous ce terme toutes les méthodologies comme le machine learning ou le data mining.

Intérêts principaux
- Détecter des signaux faibles non perceptibles par l'opérateur
- Suppléer aux limites de l'humain pour le pré-traitement de grandes quantités de données
- Maintenance prédictive
- Optimisation de production

DATA VISUALISATION

La data visualisation est une solution (et pour certains un art) pour représenter une information dense et complexe afin de faciliter la communication et la prise de décision. On parle ici de solutions venant combler les limites d'outils comme Excel en particulier pour visualiser des informations liées au big data sous forme de TreeMap, Heatmap ou autres Network… Malgré tous les efforts de design, il est impératif d'éduquer les utilisateurs à lire ces nouveaux graphiques pour être en mesure de les comprendre et les exploiter.

Intérêts principaux
- Faciliter le dialogue entre le data scientist et les opérationnels
- Améliorer la qualité de décision (Data driven decision making)

SIMULATION

La simulation est un outil permettant d'expérimenter l'impact de données d'entrée modifiables sur un modèle numérique représentatif de la réalité.
Il existe toutes sortes de simulation; physique, comportementale, financière pour répondre à tous les cas d'usage. La simulation bénéficie aussi largement des évolutions technologiques en terme de modélisation ou de visualisation afin d'augmenter la précision ou l'expérience utilisateur.

Intérêts principaux
- Expérimenter ce qui ne pourrait pas être fait en réalité (simulation d'accident)
- Optimiser les choix en lançant de nombreux cas test (simulation de flux de production pour définir un investissement)
- Faciliter la prise de décision par une représentation proche de la réalité (simulation du poste de travail)

L’HUMAIN ARCHITECTE DE LA TRANSFORMATION

MODÈLE DE FEUILLE DE ROUTE “RÉUSSIR ENSEMBLE”

Comme évoqué précédemment, il est fondamental pour l’entreprise de créer les conditions permettant de favoriser une attitude positive pour dynamiser la motivation, l’innovation et l’engagement de ses collaborateurs.

Ce chapitre a pour ambition de donner les bases d’une feuille de route personnalisable pour une transformation de l’industrie centrée sur l’humain.

Notre modèle de feuille de route se décompose en 3 grandes étapes :

- Organiser l’entreprise
- Identifier les projets
- Accélérer l’intégration

Nota: Même si il y a une certaine chronologie au niveau du résultat, les actions ne sont pas forcément séquentielles et peuvent toutes être initiées concomitamment en début de projet

Afin de répondre au besoin de personnalisation, nous proposons de rentrer dans chacune de ces étapes à travers une analyse SWOT qui permet de sélectionner les axes de travail spécifiquement applicables à chaque entreprise.

- Valoriser les forces
- Transformer les faiblesses
- Exploiter les opportunités
- Maîtriser les risques

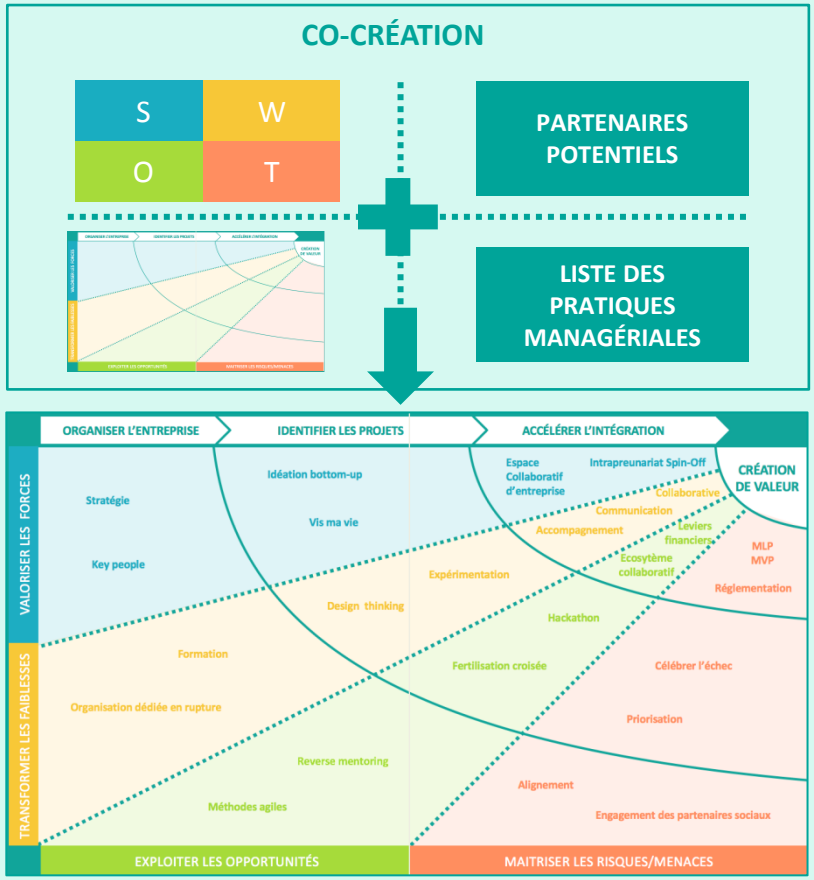
La dernière étape pour bâtir la roadmap est alors de choisir les pratiques managériales qui devront être mises en œuvre en se donnant des objectifs pour chacune.

Nous proposons par la suite un panorama ainsi qu’une brève description de diverses pratiques applicables sur chacun des secteurs en gardant à l’esprit qu’il en existe de nombreuses autres.

Ce panorama s’appuie sur un mix entre méthodes éprouvées et approches disruptives.

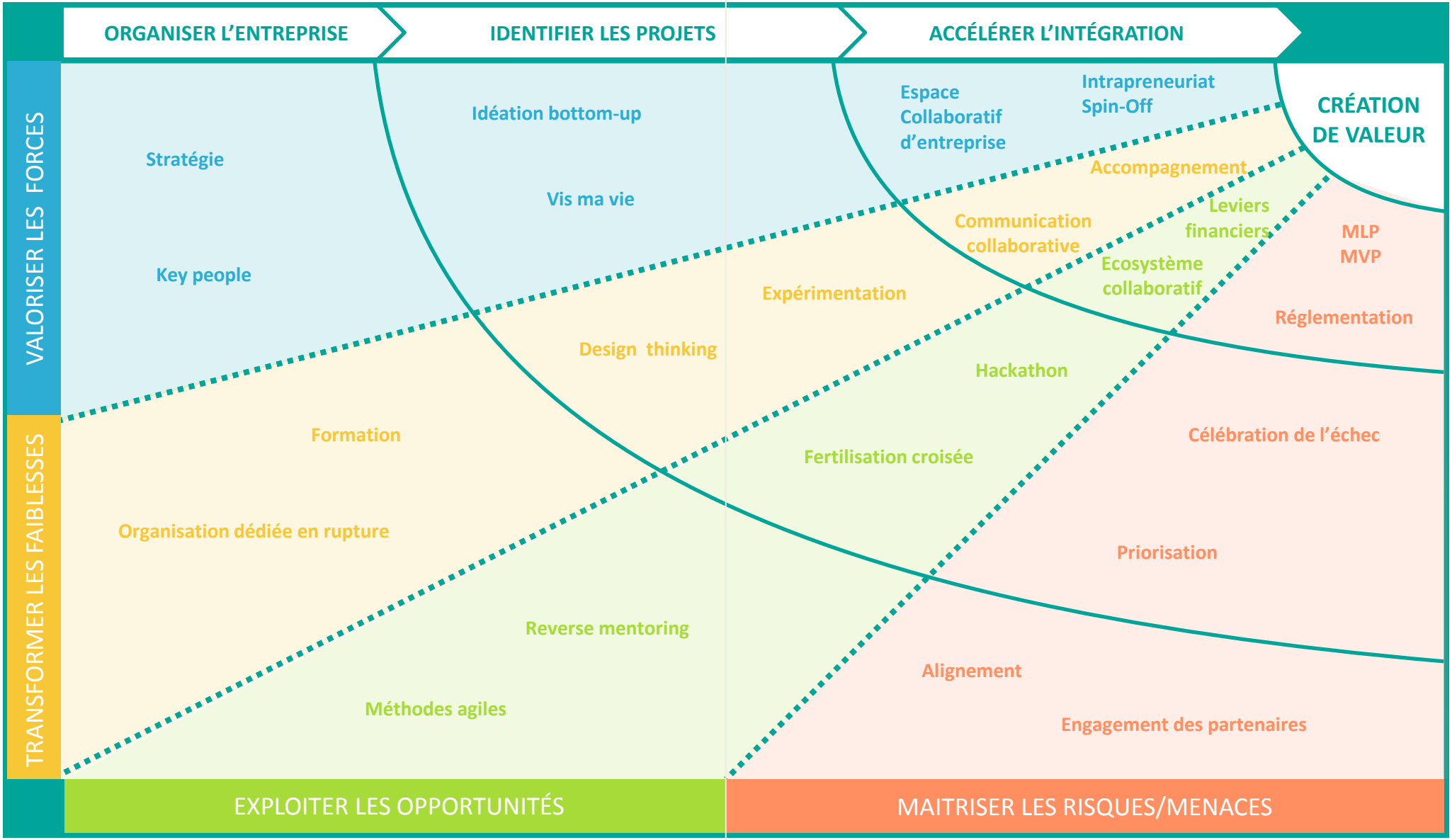
Nous avons choisi ces pratiques managériales sur la base de leur capacité à avoir un impact positif sur les femmes et les hommes dans une notion d’entreprise étendue, c’est-à-dire en incluant les partenaires qui contribueront à la transformation.

En application des préceptes sur l’engagement et l’innovation, nous recommandons également de réaliser cette exercice de feuille de route en co-création en incluant également les partenaires externes.



MODÈLE DE FEUILLE DE ROUTE “RÉUSSIR ENSEMBLE”

PANORAMA DES PRATIQUES MANAGÉRIALES



Source : EMC2 - ALTRAN

ORGANISER L'ENTREPRISE

VALORISER LES FORCES

STRATÉGIE

Un message de la direction fort et compris est un driver important pour les collaborateurs. La première étape est donc d'affirmer la vision et l'engagement de la direction de l'entreprise à l'ensemble des collaborateurs avec un message très clair. Par la suite, il est aussi nécessaire de s'assurer de l'efficacité de la communication et de mesurer la compréhension et l'adhésion de façon régulière.

KEY PEOPLE

La conduite du projet de transformation repose sur un nombre limité de collaborateurs dont le leadership sera clé pour entraîner le reste des équipes. Ayant à la fois un rôle de pilotage de projet et de « change agent », il est important de bien les sélectionner en prenant en compte leur capacité de management mais aussi leur crédibilité, leur capacité de communication et leur charisme.

EXPLOITER LES OPPORTUNITÉS

MÉTHODOLOGIE AGILE

Issues du développement logiciel, les méthodes agiles sont aujourd'hui de plus en plus utilisées pour les projets d'intégration de solutions technologiques. En travaillant sur la base de sprints de quelques semaines, avec une approche itérative et incrémentale, elles permettent de réajuster le cours d'un projet de façon extrêmement dynamique en livrant à chaque étape des éléments qui peuvent être testés par l'utilisateur final.

REVERSE MENTORING

Le reverse mentoring est une approche par laquelle les plus jeunes jouent le rôle de mentor pour les seniors. Cette solution exploite les compétences des « digital natives » pour former les collaborateurs en rupture par rapport à ces technologies. Au-delà de l'intérêt pédagogique, le reverse mentoring vise surtout à enrichir la création de valeur en brisant les silos générationnels et à mieux intégrer les nouvelles générations avides de sens.

TRANSFORMER LES FAIBLESSES

FORMATION

Le manque de connaissance et compétence sur les nouvelles technologies est un problème souvent remonté par les industriels. La mise en place d'un programme de formation dédié peut s'avérer nécessaire. Il permet à chacun de mieux appréhender les évolutions technologiques et leur potentiel mais contribuent aussi à l'engagement. La formation s'applique à tous les niveaux, à commencer par les décideurs (Comité de direction)

ORGANISATION DÉDIÉE ET EN RUPTURE

Toute organisation crée malgré elle des silos et enferme les collaborateurs dans les activités de leur entité. La création d'une organisation dédiée en rupture d'un schéma établi permet de s'extraire des processus quotidiens pour positionner l'équipe de transformation dans une dynamique de créativité et de changement.

MAÎTRISER LES RISQUES

IMPLIQUER LES INTERFACES

En se focalisant trop sur les objectifs de performance opérationnelle, il est possible de ne pas assez prendre en compte les exigences en interface. Cela aura pour conséquence de générer des postures de rejets de la part de collaborateurs des départements en support qui seront impactés dans leurs activités.
L'équipe projet doit être étendue à tous les périmètres pour impliquer leurs collaborateurs respectifs et partager le succès.

ENGAGEMENT DES PARTENAIRES

En amont, engager tous les acteurs de l'écosystème qui peuvent avoir un rôle consultatif ou décisionnaire (CHSCT, représentation syndicale dans l'entreprise, syndicat professionnel, assureur, …) pour garantir d'un bon alignement.

IDENTIFIER LES PROJETS

VALORISER LES FORCES

IDÉATION BOTTOM-UP

Il n'y a pas plus sachant que le collaborateur pour remonter les irritants qui gênent sa performance et avoir la vision du terrain propre à définir les meilleures opportunités de gains de performance. Cette approche bottom-up permet aussi de valoriser l'individu comme acteur de la transformation. La difficulté est de le mettre en posture d'innovation par rapport à un environnement connu et des solutions inconnues..

VIS MA VIE

Suivre les opérateurs sur le terrain, pour identifier leur irritants et les pertes de productivité aux interfaces est une source d'information très riche. Cela permet de modéliser l'activité sous forme de parcours utilisateurs qui peuvent être partagés et analysés. Consacrer du temps à « vivre leur vie » est aussi créateur d'empathie et permet de libérer la parole.

EXPLOITER LES OPPORTUNITÉS

FERTILISATION CROISÉE

L'objectif de la fertilisation croisée est de tirer parti de ce qui se fait par ailleurs. Cela peut se comprendre au sein de l'entreprise pour exploiter le vécu de toutes les ressources (ne pas se limiter aux acteurs opérationnels du cas d'usage) ou en externe en s'inspirant de ce qui fait dans d'autres industries.

HACKATHON

Compétition organisée sur une courte durée et destinée à créer une forte émulation pour développer un prototype sur un thème ou un use-case particulier.
L'objectif est de faire émerger un foisonnement de solutions et d'en sélectionner quelques concepts intéressants mais aussi d'identifier des talents qui peuvent poursuivre le projet.

TRANSFORMER LES FAIBLESSES

DESIGN THINKING

Le design thinking est une solution destinée à favoriser l'innovation et l'adoption en mettant l'utilisateur final au cœur du processus. C'est une méthode de co-création en plusieurs étapes commençant par des interviews ou shadowing permettant de créer empathie et appétence pour le projet d'innovation. Les étapes suivantes d'imagination, design, prototypage, test et implémentation se font également avec une forte implication des acteurs.

EXPÉRIMENTATION

Sans connaissance sur une nouvelle technologie, il est difficile d'imaginer les cas d'usage à fort potentiel. Sortir le collaborateur de son quotidien pour lui permettre de vivre des expériences avec les nouvelles technologies est un moyen de dépasser cette faiblesse. Cela peut s'organiser dans l'entreprise ou dans des tiers-lieux d'expérimentation (cf. Ma Manufacture à Nantes)

MAÎTRISER LES RISQUES

CÉLÉBRER L'ÉCHEC

En innovation, il faut accepter de prendre des risques, de tester et de savoir renoncer. Il faut célébrer l'échec car il permet de progresser. Ne dit on pas que l'on apprend plus de ses erreurs que de ses réussites? C'est aussi donner un signal fort aux équipes qu'il n'y a pas de blâme, que cela fait partie de la transformation.

PRIORISATION

Le foisonnement d'idées peut donner lieu à un foisonnement de projets qu'il ne sera pas possible de mener de front. C'est à la fois un problème de ressources humaines et financières mais aussi d'adoption. Pour éviter toute frustration, il convient alors de prioriser les différentes initiatives en partageant les critères.

ACCÉLÉRER L'INTÉGRATION

VALORISER LES FORCES

ESPACE COLLABORATIF D'ENTREPRISE

Espace dédié souvent en rupture avec l'environnement journalier afin de créer les conditions propices au partage, à l'apprentissage et à l'innovation.
Plus ou moins équipés, ils peuvent se transformer en **Fab lab** avec quelques éléments de prototypage rapide. On les retrouve également sous forme de **Learning lab** ou **Experience lab** dès lors qu'ils favorisent l'apprentissage. Ils sont aussi parfois dédiés à l'exploitation des données, **Data lab**, avec des solutions de data visualisation ou à la conception de produits, **Design lab**, avec des outils de conception et réalité virtuelle.

INTRAPRENEURIAT / SPIN OFF

L'objectif est de valoriser l'investissement des collaborateurs en les plaçant en situation d'entrepreneur au sein de la société, cela pouvant aller jusqu'à des possibilité de spin-off sous forme de start-up par exemple. C'est un fort driver de motivation qui valorise à la fois le collaborateur et l'entreprise.

EXPLOITER LES OPPORTUNITÉS

LEVIERS FINANCIERS

Les pouvoirs publics soutiennent la transformation industrielle et ont mis en place certains leviers financiers pour accélérer les projets. L'impact humain est indirect mais les leviers financiers permettent d'augmenter le budget et par voie de conséquence les ressources. La labellisation « Vitrine industrie du futur » proposée par l'AIF est aussi une forte valorisation du projet de transformation qui accroit l'attractivité de l'entreprise et l'engagement des équipes.

ÉCOSYSTÈME COLLABORATIF

Il existe de nombreux dispositifs collaboratifs régionaux ou de filières qui permettent de favoriser la fertilisation croisée et le montage de projets collaboratifs. Ils assistent aussi les entreprises sur l'identification et le montage de financement publics. C'est le cas par exemple de l'écosystème créé en Pays de la Loire autour du Pôle EMC2 et de l'IRT Jules Verne.

TRANSFORMER LES FAIBLESSES

COMMUNICATION COLLABORATIVE

Pour favoriser une adoption rapide, il est tentant d'impliquer un grand nombre de personnes autour du projet. La communication devient alors le véritable problème de même que la gestion des agendas pour avoir des moments de partage. Les solutions de communication collaborative apportent une grande souplesse et permettent à chacun de vivre le projet à son rythme sans pour autant en perdre le fil.

ACCOMPAGNEMENT

L'accompagnement par une société de service permet à la fois d'apporter de l'expertise, des méthodologies, des ressources dédiées, un regard externe mais aussi une indépendance du système en place et une neutralité qui permet à chacun de s'exprimer. Il est important de choisir un prestataire maîtrisant les technologies, les méthodologies d'innovation et la connaissance de terrain pour s'interfacer avec tous les acteurs.

MAÎTRISER LES RISQUES

POC/POV/MLP /MVP

Afin de dé-risquer le projet, il est souhaitable de procéder de façon incrémentale et passer par des phases de test.

- POC, Proof of Concept, destiné à valider la technologie
- POV, Proof of Value, destiné à valider le modèle économique
- MLP, Minimum Loveable Product, destiné à valider l'adoption
- MVP, minimum viable product, destiné à tester l'intégration

RÉGLEMENTATION

La réglementation peut être un frein à l'introduction de nouvelles solutions technologiques dans l'usine et doit donc faire l'objet d'une analyse précise. Cela peut aussi être une question de norme et/ou d'assurance en cas d'accident de travail impliquant une de ces nouvelles solutions.
Il est important de travailler en amont car les délais pour faire évoluer des textes règlementaires ou des normes peuvent être très longs.

L’HUMAIN ACCÉLÉRATEUR DE L’INNOVATION

MODÈLE DE MATURITÉ

Pour les entreprises, une des grandes décisions est de savoir à quel moment elles doivent s'emparer d'une solution technologique pour créer un avantage compétitif.

Il n'est jamais trop tard pour implémenter une solution sur étagère mais cela ne servira sans doute qu'à rattraper un retard.
A l'inverse, investir trop tôt représente un risque de dépenses inutiles et de perte d'énergie.

Il convient donc de disposer d'une certaine capacité à évaluer la maturité d'une solution.

Il est d'usage de mesurer le développement d'une nouvelle technologie à l'aide du TRL, Technology Readiness Level, qui jalonne la maturité de façon chronologique.

Au regard des enjeux industriels et de l'adoption par les collaborateurs, nous proposons d'ajouter deux autres mesures :

Le niveau HRL, Human Readiness LeveL qui correspond à l'adoption de la solution technologique par l'humain.

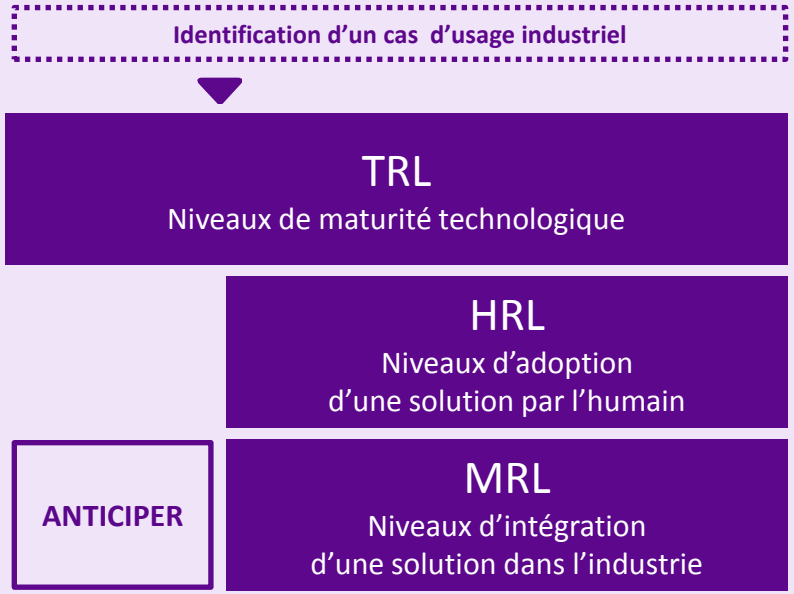
Le niveau MRL, Manufacturing Readiness Level, qui désigne quant à lui l'intégration de la solution au niveau spécifique de la filière ou de l'entreprise . Cet indicateur complète le niveau TRL en analysant les points de blocage comme les interfaces, les infrastructures nécessaire ou encore la réglementation.

L'analyse de la maturité d'une solution selon les trois axes TRL, HRL et MRL permet de mieux appréhender les activités à réaliser, définir les acteurs, suivre l'avancement du projet, et améliorer l'engagement par la prise en compte du facteur humain.

Dans notre modèle, la mesure de maturité HRL et MRL démarre seulement lorsqu'un cas d'usage industriel a été identifié contrairement au niveau TRL qui démarre dès le niveau de la recherche.

La vitesse de développement de maturité est un autre paramètre important. Notre vie quotidienne nous démontre que l'adoption de solutions par les femmes et les hommes est rapide. Le développement de la technologie est plus lent mais a tendance à s'accélérer grâce aux nombreux dispositifs collaboratifs et aux méthodes agiles. L'intégration industrielle présente le risque d'être le facteur limitant dès lors qu'il est nécessaire de faire évoluer des réglementations ou d'autres facteurs externes. Il appartient donc aux filières d'anticiper ce dernier aspect.

MATURITÉ D'UNE SOLUTION



TECHNOLOGY READINESS LEVEL

Historiquement créé par la NASA, le modèle TRL en 9 niveaux est couramment utilisé pour conduire des projets technologiques. Il est par exemple un élément important pour le programme européen H2020 et permet de définir des critères d'éligibilité et de fléchage des fonds pour les projets de R&D.

Il est cependant délicat à utiliser pour définir un niveau général sur une solution car plusieurs niveaux peuvent coexister. Par exemple, il existe déjà des exosquelettes déployés dans l'industrie voire même optimisés pour des postes de travail dédiés (TRL9). Pour autant, certains laboratoires travaillent aujourd'hui sur l'utilisation de muscles artificiels ou des connections au système nerveux de l'humain pour préparer les futurs générations d'exosquelettes (TRL1).

Pour cette étude, nous proposons de retenir un modèle simplifié en cinq niveaux

1	Recherche	Technologie au potentiel encore peu connu (TRL 1 à 3)
2	Développement	Potentiel industriel identifié – intégration des briques technologiques (TRL 3 à 6)
3	Démonstration	Cas d'usage identifié – prototypage d'une solution pour test (TRL 6 à 8)
4	Mise en œuvre	Solution mise en application (TRL 8 à 9)
5	Optimisation	Solution optimisée suite à une utilisation intensive

Cette approche permet
- De positionner les technologies et d'identifier celles qui doivent encore faire l'objet de développement ou d'intégration.
- De positionner, selon ces cinq niveaux, les différents acteurs de la chaine de valeur du développement des solutions

PANORAMA DES ACTEURS

TRL

	NIVEAU DE MATURITÉ TRL				
ACTEURS DU DÉVELOPPEMENT	Recherche	Développement	Démonstration	Mise en œuvre	Optimisation
Labo de recherche	X	X			
Start-up		X	X		
Fournisseur de technologie		X	X	X	X
Intégrateur Société de services			X	X	X
L'entreprise utilisatrice		X	X	X	X
Pôle de compétitivité IRT	X	X	X		
Tiers-lieux d'expérimentation			X	X	

HUMAN READINESS LEVEL

L'acceptation des nouvelles technologies est un sujet faisant l'objet de nombreuses études. Pour le besoin de notre rapport, nous nous rapprocherons du Technology Acceptance Model (TAM) et de ses nombreux dérivés.

Nous proposons de retenir quatre facteurs contribuant à l'adoption d'une technologie et par voie de conséquence à la performance de l'opérateur.

Nous parlerons ici de perception d'un état, plutôt que de l'état lui-même, car pour tout sujet qui touche au jugement l'humain, la perception est la réalité de chacun.

1	la perception de l'utilité	Quelle valeur la nouvelle solution peut m'apporter?
2	La perception des conséquences	Quelle impact aura cette évolution sur moi, mes collègues, ma société?
3	La perception de la facilité d'utilisation	Quel effort vais-je devoir faire pour utiliser cette nouvelle solution?
4	La perception de la réaction collective	Que pensent les autres de cette nouvelle solution et du fait que je l'utilise?

Chaque niveau de maturité HRL, fera l'objet d'une évaluation de la perception avec à minima trois niveaux::

- Le rejet
- La neutralité
- L'adoption

Ce modèle permet, pour chacune des solutions :

- d'identifier les zones de progrès spécifiques pour favoriser l'adoption
- définir les acteurs qui peuvent intervenir sur chacun des facteurs

PANORAMA DES ACTEURS

HRL

	NIVEAU DE MATURITÉ HRL			
ACTEURS DU DÉVELOPPEMENT	Perception De l'utilité	Perception des conséquences	Perception de la facilité d'utilisation	Perception de la réaction collective
L'individu	X	X	X	X
L'entreprise utilisatrice	X	X	X	X
La collectivité (collègues, syndicat)		X		X
Agence de design	X		X	X
Agence de développement	X		X	
Pôle de compétitivité IRT			X	X
Tiers-lieux d'expérimentation	X	X	X	X

MANUFACTURING READINESS LEVEL

Dans certains cas, des solutions technologiquement matures et acceptées par les femmes et les hommes par ailleurs, peuvent ne pas se développer dans l'industrie. Cela résulte de contraintes techniques, normatives, légales, culturelles, d'exigences d'assurance ou autres et cela peut s'appliquer à l'industrie en général, à des filières spécifiques ou à l'entreprise elle-même.

Pour cela, nous proposons de retenir un modèle reposant sur trois facteurs devant être analysés pour chaque cas d'usage et pour chaque secteur industriel.

1	Contraintes techniques	Solution sujette à des obstacles techniques du secteur En l'état actuel de la technologie, la solution peut ne pas fonctionner sur un secteur particulier (exemple : connectivité pour des personnes travaillant sur des installations souterraines)
2	Contraintes externes	Solution sujette à des freins externes non techniques (législation, norme, assurance) La solution pourrait fonctionner mais nécessite de faire évoluer des facteurs non contrôlés par l'entreprise (exemple: législation sur la pénibilité n'intégrant pas les dispositifs d'assistance physique)
3	Contraintes internes	Solution sujette à des freins internes (culture, compatibilité de système, posture,…) La solution pourrait fonctionner mais nécessite de faire évoluer des facteurs contrôlables par l'entreprise (exemple: rejet de solution cloud par principe de précaution)

Chaque facteur de contrainte fera l'objet d'une évaluation par niveau_:

- Contraintes bloquantes
- Contraintes fortes
- Contraintes faibles
- Contraintes levées et déploiement en cours
- Contraintes levées et usage industriel courant

PANORAMA DES ACTEURS

MRL

	NIVEAU DE MATURITÉ MRL		
ACTEURS DU DÉVELOPPEMENT	Contraintes techniques	Contraintes externes	Contraintes internes
Labo de recherche	X	X	
Start-up	X		
Fournisseur de technologie	X	X	X
Intégrateur Société de services	X	X	X
L'entreprise utilisatrice		X	X
Pôle de compétitivité IRT	X	X	X
Tiers-lieux d'expérimentation	X		X
Syndicat professionnel Pouvoir public		X	
Centre Technique	X	X	

LE COLLABORATIF

Le collaboratif est un véritable catalyseur de l'innovation. Les écosystèmes construits autour des Pôles de compétitivité en sont de bons exemples.

L'accélération des cycles d'innovation à laquelle sont confrontées les entreprises aujourd'hui, justifie encore plus une ouverture vers l'extérieur pour trouver compétences, technologies, équipements, méthodes et leviers financiers… car le co-développement permet également de mutualiser les coûts de développement.
Cette nécessaire ouverture doit être encouragée et facilitée par une mise en réseau et en cohérence des compétences et des acteurs.

C'est le cas dans l'écosystème du Manufacturing construit autour du Pôle EMC2, où sont concentrés et articulés tous les outils et services, dans un mode coopératif et ouvert, qui servent aux industriels à rester ou devenir leader sur leurs marchés grâce à un savoir-produire innovant.

Ces services ne sont pas rendus par un seul acteur mais grâce à la mise en réseau des compétences de Ma Manufacture, du Pôle EMC2 et de l'IRT Jules Verne. Ces services, basés sur des dispositifs collaboratifs, peuvent être mobilisés à tous les stades d'une démarche d'innovation :

Ma Manufacture

Le lieu dédié à l'exploration, l'accélération et l'innovation industrielle

1 Exploration & Découvertes

Pôle EMC2

Le seul Pôle de compétitivité français dédié au manufacturing

2 Innovation Collaborative

IRT Jules Verne

Le centre de recherche industriel qui accélère le déploiement de l'innovation dans les usines

3 Développement & industrialisation

La force du collaboratif réside dans la cohérence et la complémentarité entre les différentes parties prenantes, Ainsi, autour du triptyque Ma Manufacture – EMC2 – IRT Jules Verne, en soutien des parties prenantes industrielles, sont associés des compétences technologiques et scientifiques clés d'une part et d'autre part des clusters qui fédèrent et animent sur des champs thématiques précis autour de la place de l'humain dans l'Usine.

EXEMPLE DE L'ÉCOSYSTÈME AUTOUR DU PÔLE EMC2

DES COMPETENCES SCIENTIFIQUES ET RECHERCHE RECONNUES

ARTS ET METIERS ANGERS
CEA TECH
CETIM
CLARTE / TSF
CRITT INFORMATIQUE
ECAM RENNES
ECOLE CENTRALE DE NANTES
ECOLE DE DESIGN NANTES ATLANTIQUE
ENSTA BRETAGNE
ICAM NANTES
IFTH
IMT ATLANTIQUE
INSTITUT MAUPERTUIS
IRT JULES VERNE
LE MANS UNIVERSITE
UNIVERSITE DE BRETAGNE SUD
UNIVERSITE DE NANTES

DES CLUSTERS COMPLEMENTAIRES

PROXINNOV (robotique)
WE NETWORK (objets connectés)
ADN OUEST (numérique)
DESIGN'IN (approche centrée utilisateur)

ANNEXE
ID CARDS
DES SOLUTIONS

EXOSQUELETTE

Ergosquelette, Exoskeleton

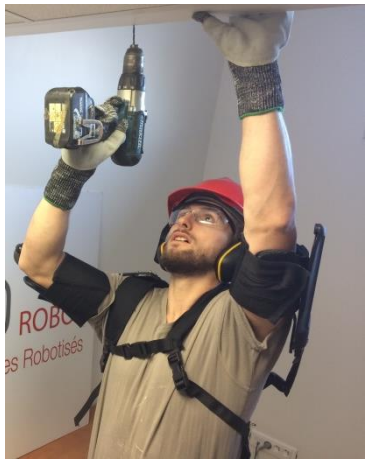


Photo : GOBIO by GEBE2

Définition

Un exosquelette est un équipement articulé fixé sur le corps qui préserve et/ou augmente les capacités physiques de celui qui le porte. L'exosquelette peut être motorisé ou mécanique. Il ne permet pas une augmentation généralisée de l'ensemble des capacités physiques mais est dédié à des usages particuliers.

Intérêts principaux

- Augmente la productivité en augmentant l'endurance ou la force et réduit les risques de non-qualités liés à la fatigue
- Réduit les risques de TMS
- Favorise la féminisation des métiers e t le maintien en activité des plus âgés
- Augmente l'attractivité pour les métiers manuels

Cas d'usage

Les exosquelettes peuvent répondre à de multiples usages dès lors que les activités physiques ou postures de travail sont particulièrement pénibles. Parmi les principaux cas d'usage, on retrouve:

- Les manutentions quelles soient sur chantier ou en usine
- Les postures avec les bras au dessus des épaules (activités sous châssis de voiture sur ligne d'assemblage ou activités au plafond)

Plus généralement, on privilégie les exosquelettes pour les postes où l'opérateur est amené à se déplacer (pour les autres cas, il est préférable à ce jour de travailler sur l'aménagement du poste de travail)

Acteurs du marché

Encore au niveau d'un marché de niche, on ne trouve que quelques acteurs dédiés tels que AIM, Exhauss, Gobio ou RB 3D en France.

TECHNOLOGY READINESS LEVEL

Globalement, les briques technologiques élémentaires sont matures mais leur intégration doit être optimisée. Les autres sujets de développement sont:

- L'impression 3D pour la customisation des points de contact
- Les boucles de feedback pour sentir ce que l'exosquelette absorbe (retour haptique)
- Le mind control ou body control pour déclencher des actions
- L'intégration de muscles artificiels à la place des systèmes mécaniques

HUMAN READINESS LEVEL

L'acceptation des exosquelettes par les opérateurs est le sujet le plus critique. La disparité des réactions , de l'adoption au rejet, est forte et liée à des valeurs profondes. Le confort, la capacité de réglage facile et le temps d'installation sont des critères prépondérants.
L'exosquelette doit devenir aussi facile à porter qu'un vêtement de travail et à ce titre, plusieurs fabricants travaillent sur des solutions combinant vêtement et exosquelette.

MANUFACTURING READINESS LEVEL

L'intégration dans l'usine est à ce jour marginale.
La réglementation pourrait être un facteur d'accélération (loi pénibilité) mais est aussi un frein par absence de normalisation (pas de marquage de conformité par exemple). Par ailleurs, les limites acceptables de port de charge du code du travail ne prennent pas en compte la possibilité d'assistance physique.

ACCORD AFNOR Z68-800 Mars 2017

Dispositifs d'assistance physique à contention de type exosquelettes robotisés ou non - Outils et repères méthodologiques pour l'évaluation de l'interaction humain-dispositif

Extrait site Afnor: *Mode d'emploi pour évaluer les apports et les contraintes de l'exosquelette, il met à disposition de tout un chacun des outils et des aides méthodologiques pour évaluer l'usage de ce dispositif et son interaction avec l'Homme. Les concepteurs de ces exosquelettes tout comme les futurs investisseurs et utilisateurs peuvent ainsi analyser l'impact du dispositif sur l'activité physique de l'opérateur (méthodes objectives), le ressenti et l'expérience de l'opérateur (méthodes subjectives). Ils pourront également anticiper les effets biomécaniques de ces exosquelettes sur les opérateurs, avant même leur mise en œuvre, voire avant leur fabrication (méthodes de simulation).*

DISPOSITIFS ZÉRO-GRAVITÉ

Zero gravity balancers & Manipulators

Définition

Dispositifs mécaniques articulés permettant de limiter le poids ou le retour de couple d'un outil ou d'une pièce à porter tout en permettant une manipulation normale de l'objet. Ils peuvent parfois être partiellement motorisés et équipés de retour d'effort pour que l'opérateur conserve une notion de la masse portée.
Il existe de nombreuses solutions en fonction des cas d'usage en partant du simple palonnier, au pantographe jusqu'au bras manipulateur de grandes dimensions

Intérêts principaux

- Permet de mettre en œuvre des outillages lourds
- Permet de positionner des pièces lourdes avec précision lors des phases de montage
- Réduit la fatigue et les risques d'accidents et de TMS
- Favorise la féminisation des métiers

Cas d'usage

Toutes opérations manuelles nécessitant de porter un outil ou un composant d'assemblage lourd. Cet équipement est particulièrement adapté pour du travail posté et fait souvent l'objet d'une adaptation spécifique à chaque besoin

Acteurs du marché

Le marché des dispositifs d'assistance physique zéro-gravité est très vaste avec quelques sociétés à dimensions internationales et de nombreux intégrateurs de proximité.
Les acteurs du Pôle EMC2 illustrent bien cette diversité avec des sociétés telles que DESOUTTER, SAPELEM, NEODITECH qui proposent des solutions sur catalogue ou adaptées et de nombreux intégrateurs travaillant sur des secteurs particuliers.

Est-ce vraiment une nouvelle solution technologique ?

Nous avons choisi de recenser cette solution technologique relativement mature pour la promouvoir et favoriser son taux de déploiement mais aussi pour sa convergence avec la cobotique sur la manipulation des objets.

TECHNOLOGY READINESS LEVEL

Les technologies nécessaires à la réalisation de dispositifs zéro-gravité sont matures et l'on retrouve de nombreuses solutions optimisées en opération.
Le rapprochement entre cobotique et manipulateur est un des axes de développement.
La « généricité » et la capacité multi-usages de ces dispositifs est aussi un axe de développement pour répondre aux enjeux d'agilité des usines.

HUMAN READINESS LEVEL

Destiné à résoudre des problèmes de pénibilité, les dispositifs d'assistance « zéro-gravité » sont très bien acceptés pour les travaux postés.

Si l'utilisation en atelier est courante, il est nécessaire de travailler sur des solutions de « chantier », simples à installer et faciles à transporter.

MANUFACTURING READINESS LEVEL

Malgré l'absence de contrainte particulière, le niveau de maturité industrielle peut encore être amélioré par un déploiement plus généralisé.

Photo : Neoditech

COBOTS
Robots collaboratifs

Définition
Un cobot est un robot spécifiquement conçu pour opérer dans un environnement où travaillent déjà des humains tout en assurant la sécurité et l'intégrité physique des personnes. Il se caractérise par le fait de ne plus être dans une cage de protection mais opère en contre partie à des vitesse plus faibles.

Photo : Ma Manufacture

Intérêts principaux
- Simplification de la ligne de production et circulation des opérateurs car le cobot ne nécessite pas de cage de protection
- Augmentation de la flexibilité de l'usine (y compris actifs existants)
- Valorisation de l'opérateur sur des tâches à plus fortes valeurs ajoutées

Cas d'usage
Les cobots trouvent de nombreux cas d'usage dans l'industrie, soit pour des opérations similaires au robot, soit pour des activités collaboratives spécifiques qui ne pouvaient être faites par des robots.
En tant que dispositif d'assistance physique, le cobot interagit avec l'opérateur pour effectuer les tâches répétitives à faible valeur ajoutée comme le déplacement de pièces. Il peut aussi être « guidé » par l'opérateur pour réaliser les opérations physiques comme du vissage.

Acteurs du marché (exemples sur le Pôle EMC2)
Le marché des cobots est en plein développement et regroupent à la fois des fournisseurs issus de la robotique (Kuka, Yaskawa), les intégrateurs de machines spéciales (BENE Solutions, Gebe 2 Productique, Huguet, SERAAP, Sitia) et des start-up (e-Cobot)

TECHNOLOGY READINESS LEVEL

S'appuyant sur la technologie des robots, les cobots s'appuient sur des briques déjà matures mais le potentiel de développement est important, sur :
- Les interfaces de programmation pour les rendre toujours plus simples à utiliser et à faire évoluer
- Les « logiques » de collaboration incluant l'intelligence artificielle et le deep learning
- La reconnaissance des gestes et l'auto-adaptation

HUMAN READINESS LEVEL

Par définition, la cobotique prend en compte le facteur humain. On distingue 2 types de situation:
- La co-activité lorsque l'opérateur et le cobot sont dans un même espace,
- L'interaction lorsque l'opérateur et le cobot interagissent.

L'adoption du cobot est assez bonne et repose principalement sur la valorisation de l'opérateur et sur la perception d'un environnement moins agressif (absence de cage).

MANUFACTURING READINESS LEVEL

Le développement de la cobotique a été accéléré par deux normes récentes (ISO 10218 et ISO 16066) qui définissent des plages de fonctionnement et de sécurité.
Les cobots ne sont cependant pas encore d'usage courant et il est nécessaire de bien tester les cas d'usage, en particulier s'assurer que les plages de fonctionnement sont compatibles avec les objectifs.

ROBOT Vs COBOT ?

Comment choisir entre un robot et un cobot, sachant que les actions réalisables sont identiques ?
Robot: impératif de cadence (la vitesse d'un cobot est bridé pour des impératifs de sécurité), très grande série, environnement à faible densité humaine.
Cobot: dès lors que l'on veut une collaboration ou une co-activité entre un opérateur et un robot sur un même poste de travail, contrainte de surface (emprise au sol plus faible du cobot en raison de l'absence de cage), petite série et activité flexible nécessitant une redéfinition des postes et des tâches « robotisables ».

OBJETS CONNECTÉS PORTABLES
Smart wearables, smart EPI

Définition
Objets électroniques dotés de capteurs et moyens de communication et conçus pour être portés facilement sur le corps ou sur les vêtements.
Dans l'industrie, ils peuvent être intégrés dans des montres, manchons ou brassards, casques, chaussures, gants ou dans le bleu de travail.
Les capteurs permettent de capturer des données externes ou les données physiologiques de l'opérateur.

Intérêts principaux
- Réduire les risques par une meilleure perception de l'environnement et de son propre état physiologique
- Remonter des alertes dans un système de supervision ou interagir avec les équipements à proximité
- Optimiser son activité par une meilleure connaissance de l'environnement

Cas d'usage
La sécurité des opérateurs est un cas d'usage très important, en particulier pour le travail dans les zones à risque ou pour les travailleurs isolés. Pour n'en citer que quelques uns, on peut trouver un casque équipé d'une détection des champs électriques pour intervention sous caténaire, un brassard signalant l'approche d'un véhicule ou d'un train, des capteurs physiologiques, un bleu équipé de capteurs pour mesurer la pénibilité, …
La géolocalisation des opérateurs est un cas d'usage permettant d'améliorer à la fois la sécurité mais aussi de capter des données dans le but d'optimiser les déplacements au poste.

Acteurs du marché
Hormis les montres connectées, le marché en est encore à ses débuts et comprend de nombreuses start-up. Quelques grands groupes fournissant des Équipements de Protection Individuelle (EPI) commencent à proposer des solutions connectées.
Sur le Pôle EMC2, on retrouve la société Parade qui propose des chaussures de sécurité connectées et le groupe Altran qui travaille sur l'intégration de multiples briques technologiques.

TECHNOLOGY READINESS LEVEL

La maturité de la solution est assez variable pour chaque type d'objet connecté portable. Si les montres connectées sont d'usage courant, les autres solutions restent à développer et industrialiser, en particulier pour diminuer les prix de vente.
En terme de briques technologiques, l'intégration des capteurs dans les vêtements et leur résistance au lavage est un sujet en plein essor.

HUMAN READINESS LEVEL

Si les solutions visant à améliorer la sécurité sont bien acceptées, la perception des conséquences repose sur une exploitation directe des données par l'opérateur. Un transfert des données à un superviseur (par exemple la géolocalisation) peut générer une certaine défiance.
Le confort et la facilité de s'équiper sont des critères importants pour la perception de la facilité d'utilisation.

MANUFACTURING READINESS LEVEL

Globalement, l'intégration dans l'usine est à ce jour marginale et est encore au stade de démonstrateur technologique.
La connectivité est une contrainte technique majeure qui peut rendre des solutions non économiques en raison de coûts d'infrastructure importants.
L'absence de protocole standard est une contrainte externe qui pénalise l'interconnexion des objets connectés portables.

Quand une chaussure peut améliorer la sécurité du travailleur isolé!

La chaussure de sécurité est l'EPI le plus porté en France.
La société Parade du groupe Eram a conçu une chaussure de sécurité intelligente en intégrant les fonctionnalités d'un dispositif d'alerte DATI pour une protection optimale des travailleurs isolés (via la détection de chutes notamment).

Photo : Parade groupe Eram

RÉALITÉ AUGMENTÉE
Augmented reality

Définition
La réalité augmentée permet d'insérer des objets, des menus contextuels ou de l'information dans le champ de vision de l'opérateur (lunettes, visières) ou en superposition d'une vision temps réel d'une scène (tablette).

Intérêts principaux
- Améliorer la sécurité et la productivité par une meilleure connaissance de son environnement (visualiser des objets cachés comme des lignes de tuyauteries enterrées, visualiser l 'état d'un système sur site, visualiser une zone à risque, …)
- Guider l'opérateur dans la réalisation de tâches complexes (opérations de montage, de maintenance…)
- Simuler des évolutions d'environnement (ajout d'équipements, définition de l'ergonomie du poste de travail avant implémentation,…)

Cas d'usage
- Le contrôle qualité des opérations de montage dans des installations complexes est un cas d'usage en plein essor. Il permet de superposer le modèle théorique de la maquette 3D sur le réel afin de vérifier l'avancement de l'installation mais aussi et surtout le bon positionnement de chaque composant.
- On retrouve également ce principe en amont, lors de l'installation des composants, où la réalité augmentée est exploitée pour guider le monteur, et en aval où elle sert à guider l'opérateur de maintenance.
- La projection d'information contextuelle dans le champ de vision est également en plein développement et permet d'avoir un véritable centre d'opération mobile
- En terme de sécurité, la visualisation des zones de danger (par exemple un champ électrique) fait l'objet de démonstrateurs prometteurs.

Acteurs du marché
Le marché se sépare entre le fournisseur du matériel et l'intégrateur des solutions logicielles. Le premier est un marché de multinationales alors que le second est encore éclaté entre grands intégrateurs, société d'ingénierie, start-up et centres de R&D (i.e.CLARTE à Laval).

TECHNOLOGY READINESS LEVEL

En attendant la sortie du serpent de mer « Magic Leap One » qui est censé bouleverser le monde de la réalité augmentée, la maturité des équipements et des logiciels est en progrès constant. Parmi les limites actuelles, on peut citer:
- Les capacités de calcul embarqué et la gestion de modèles complexes
- La géolocalisation dans des grandes structures cloisonnées (par exemple dans un navire)
- La précision de mesure

HUMAN READINESS LEVEL

L'acceptation globale de la réalité augmentée est très bonne en particulier sur la perception de son utilité.
L'axe principal d'amélioration réside dans la facilité d'utilisation à la fois en terme de confort visuel et de port des lunettes ou visières mais aussi et surtout en terme d'interaction homme machine.
A noter l'importance de l'impact générationnel sur l'adoption de ce type de solution.

MANUFACTURING READINESS LEVEL

Le développement du BIM (Building Information Modeling) et du PLM (Product Lifecycle Management) au sein de l'industrie permet de disposer de modèles 3D et de méta données favorisant le développement de ces solutions sur le terrain.

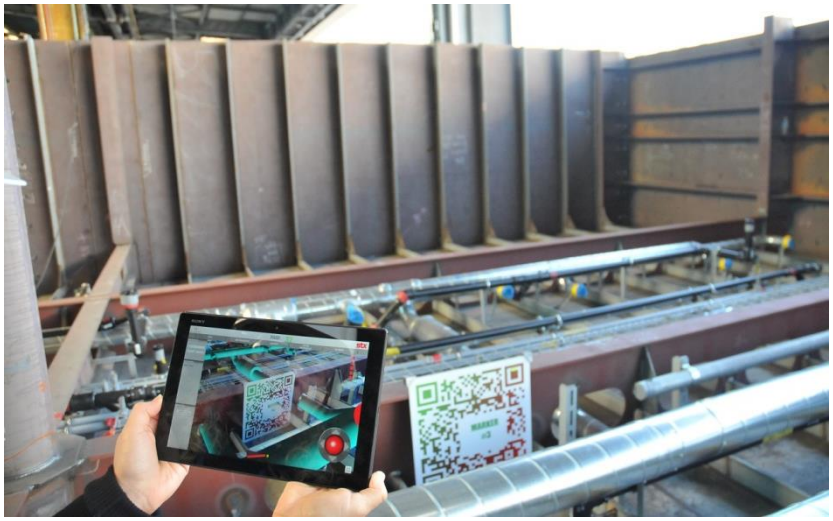


Photo : CLARTE

SMART TOOLS
Outils connectés, outils intelligents

Définition
Un « Smart Tool » est un outil connecté et disposant d'un certain niveau d'intelligence. Il assiste les opérateurs dans les fonctions principales pour lesquelles il a été conçu. Il peut s'agir d'un simple monitoring de paramètres ou d'ajout de fonctions secondaires permettant d'améliorer l'efficacité opérationnelle, la qualité ou la traçabilité des opérations.
Nota : On parle ici d'outillage portable, les machines outils ayant déjà cette capacité à travers leur contrôle-commande.

Intérêts principaux
- Optimiser la réalisation des processus
- Réduire les risques de non qualité
- Enregistrer des données complémentaires permettant de monitorer le processus

Cas d'usage
- Monitoring: On retrouve des fonctions simples comme la localisation de l'outil lui-même (pour le retrouver plus vite ou pour des inventaires) ou des fonctions plus élaborées de suivi de performance (température, vibration, capacités des batteries, …).
- Traçabilité des opérations : pour répondre aux exigences d'enregistrement des paramètres utilisés et du nom de l'opérateur, certains outils permettent de capturer ces données en les associant au badge de l'utilisateur et au tag de la pièce (ex : serrage de bride sur appareil à pression).
- Qualité des opérations : équiper l'outil de capteurs pour n'autoriser la mise en route de celui-ci que lorsque des conditions spécifiques sont réunies (utilisation par un opérateur qualifié, variables essentielles correctes, …)

Acteurs du marché
Parfois initiés par des POC au sein de start-up ou intégrateur, les smart-tools sont majoritairement mis sur le marché par les fournisseurs d'équipements et solutions (i.e. membres du Pôle EMC2: Desoutter ou Hexagon).

TECHNOLOGY READINESS LEVEL

La plupart des briques technologiques sont disponibles et il s'agit surtout de réussir leur intégration afin d'atteindre des objectifs de robustesse et de coût permettant un déploiement à grande échelle.

HUMAN READINESS LEVEL

Les smart tools sont globalement bien acceptés par les opérateurs.

Seule la capacité à suivre de façon plus précise les conditions d'emploi d'un outil par un opérateur spécifique peut créer des interrogations (perception des conséquences).

MANUFACTURING READINESS LEVEL

La principale contrainte est celle de l'absence de standard de communication qui peut freiner les utilisateurs finaux qui ne veulent pas gérer une multitude d'interfaces pour chaque marque d'outil.
L'existence d'une infrastructure de communication est également une contrainte externe forte et nul doute que l'arrivée de la 5G favorisera le développement de cette solution.

Photo : Desoutter

RÉALITÉ VIRTUELLE
Virtual reality

Définition
Solutions permettant de placer l'utilisateur au cœur d'un monde virtuel dans un espace immersif ou à l'aide de lunettes de réalité virtuelle. L'utilisateur peut se déplacer dans le modèle, agir sur certains éléments et parfois ressentir des sensations à l'aide de dispositifs haptiques.

Intérêts principaux
- Permet d'accélérer l'expérience dans un environnement et de faire « vivre » des situations peu usuelles.
- Permet d'expérimenter et de s'entrainer sans risque pour les opérateurs
- Solution peu onéreuse et évolutive
- Permet de tester des environnements et postes de travail pour les adapter aux besoins utilisateurs.

Cas d'usage
- La formation ou l'entrainement en réalité virtuelle est un cas d'usage très répandue dès lors que la formation dans le monde réel présente des dangers ou coûte cher. Jusque là réservée à des domaine très spécifique (pilote d'avion par exemple), la formation par la réalité virtuelle se démocratise et devient financièrement accessible. L'exemple de la formation à la peinture industrielle par réalité virtuelle développé par SDI Services et CLARTE avec le soutien du Pôle EMC2 est à ce titre très représentative.
- La réalité virtuelle permet aussi d'avoir une approche collaborative entre ingénieur, designer, utilisateur final, client car elle plonge chacun dans un environnement plus facile à appréhender (par opposition à des plans 2D ou une maquette 3D). Cela permet par exemple de valider des conceptions, séquence d'assemblage ou installation d'une chaine d'assemblage.

Acteurs du marché
Si l'on met de côté les fournisseurs de lunettes de réalité virtuelle, les acteurs sur le marché industriel se répartissent entre utilisateurs finaux pouvant faire l'achat de salles immersives (Airbus, Naval Group, STX), intégrateurs (Altran, HRV), centres de R&D (Clarté) et salles immersives mutualisées (CIRV).

TECHNOLOGY READINESS LEVEL

La réalité virtuelle est une solution à la fois mature et en plein développement. En effet, même s'il existe aujourd'hui de nombreux cas d'application industrielle, les technologies software et hardware nécessaires à la réalité virtuelle sont en constant développement avec un marché en croissance.
Le secteur du grand public et du gaming est en cela un fort moteur d'innovation.

HUMAN READINESS LEVEL

Bien qu'attractive, la réalité virtuelle avec lunettes engendre une forme de mal des transports ou cinépathie pour de nombreuses personnes. La taille et surtout la résolution de l'écran permettent d'améliorer cette situation mais ce n'est pas encore suffisant. Les salles immersives ou caves améliorent l'acceptation de cette solution.

MANUFACTURING READINESS LEVEL

Il n'y a pas de contrainte particulière mais le manque de standard sur les modèles 3D et les métadonnées peut être un frein à un déploiement généralisé.

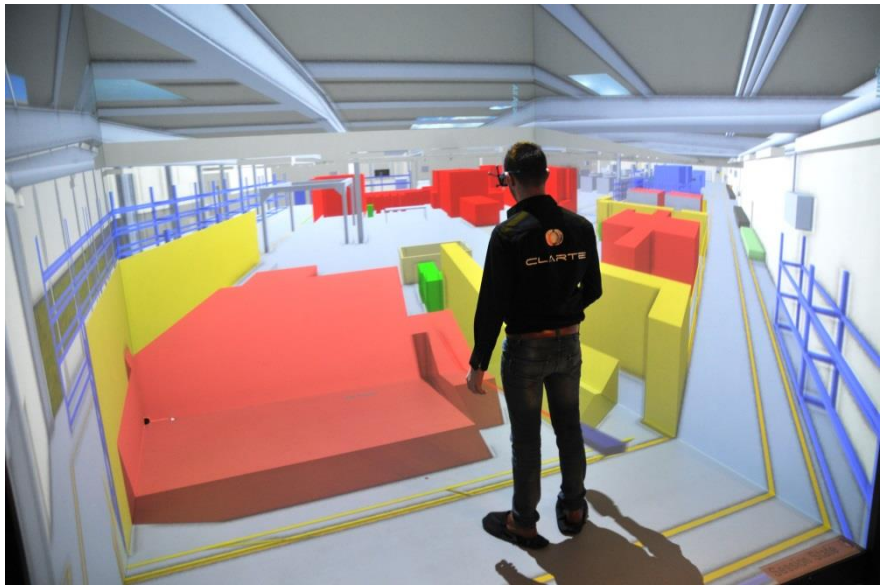


Photo : CLARTE

DRONE
UAV

Définition
Un **drone** désigne principalement un aéronef sans humain à bord. Il peut être télécommandé ou autonome. Dans la solution industrielle complète, il faut distinguer le porteur et son système de navigation, la charge utile, le logiciel embarqué et le traitement des données collectées.

Nota: Par extension, le terme s'applique parfois à des véhicules terrestres (AGV) ou marins (USV, AUV). Cette fiche est dédiée aux drones aériens

Intérêts principaux
- Capter de l'information sur des zones difficilement accessibles ou présentant un risque pour l'humain ou sur des sites sans opérateur
- Contribuer à des opérations en hauteur (tirage de câbles)
- Faire des relevés sur des zones de grandes dimensions
- Transporter des charges (assistance physique)

Cas d'usage
- Inspection : le drone permet d'inspecter des ouvrages en hauteur comme des ponts, barrages ou lignes à haute tension. Il peut aussi couvrir une grande surface de prise de vue aérienne (par exemple détection de panneaux solaires endommagés à l'aide de caméra thermique). C'est aussi un moyen d'intervenir dans des zones dangereuses pour les opérateurs.
- Relevé dimensionnel : à l'aide de radar ou par reconstitution d'images 3D, il est possible de faire du relevé dimensionnel. Cela permet par exemple de contrôler les stocks de matières premières dans des carrières.
- Transport : le drone permet de livrer rapidement des pièces et outils
- Inventaire et localisation : Sur chantier ou dans des aires de stockage

Acteurs du marché
Le marché se décompose entre les fournisseurs du matériel volant et les intégrateurs délivrant la solution packagée (charge utile + traitement + restitution) répondant aux cas d'usage. Ces intégrateurs sont soient les utilisateurs finaux, soient des sociétés de prestation de services ou d'inspection. Au sein du Pôle EMC2, on recense les acteurs PILGRIM, PIXIEL et STERBLUE.

TECHNOLOGY READINESS LEVEL

Cette solution fait l'objet de nombreux développements :
- sur le porteur pour améliorer sa performance de vol pour toutes conditions extérieures mais aussi sur son autonomie énergétique
- Sur la navigation pour faciliter sa localisation par rapport aux objets à inspecter ou pour développer l'autonomie décisionnelle (i.e. évitement d'obstacle)
- Sur la charge utile et en particulier le traitement embarqué

HUMAN READINESS LEVEL

L'adoption de cette solution est très bonne et les interfaces Hommes-Machines sont en progrès constant.
Le drone permet de créer un nouveau métier « opérateurs de drone » qui valorise celles et ceux qui l'utilisent.

MANUFACTURING READINESS LEVEL

La règlementation est la principale contrainte externe et qui plus est, peut changer d'un pays à un autre.

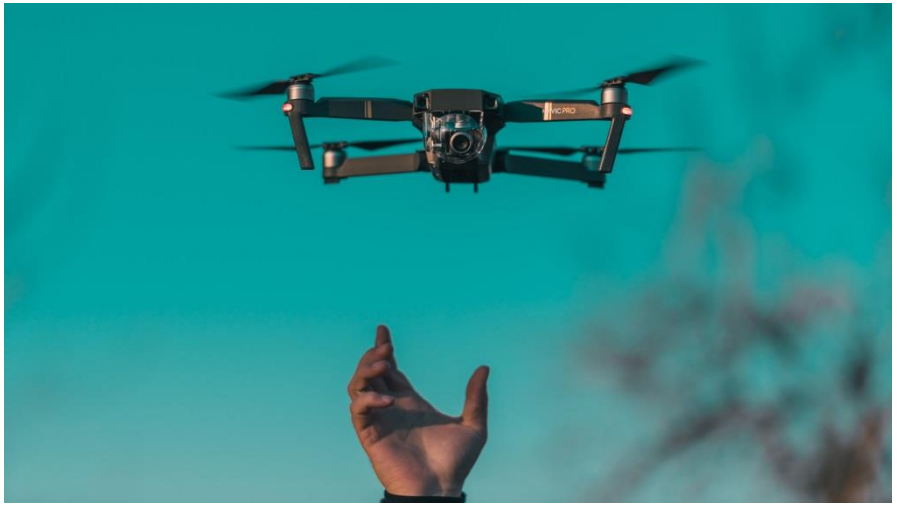


Photo : Diana Mâcesanu - Unsplash

APPLICATIONS MOBILES
Mobile Apps

Définition
Logiciels applicatifs destinés à être utilisés sur des moyens portables comme des montres, manchons, mobiles, ou tablettes. Leur objectif principal est l'hyper mobilité et se résume par le concept ACATAWAD , Any Content, Any time, Any Where, Any Device (n'importe que contenu, disponible tout le temps, quel que soit l'endroit, et le support).

Intérêts principaux
- Améliorer l'autonomie des opérateurs sur le terrain,
- Fluidifier la collaboration temps réel entre diverses parties prenantes et diminuer les temps de cycles
- Apporter des informations critiques
- Améliorer la traçabilité des opérations

Cas d'usage
- Hypermobilité : L'exemple des opérateurs de maintenance est symbolique. Les applications mobiles permettent d'envoyer des notifications, de guider sur le trajet jusqu'à l'installation, de visualiser la documentation du matériel, de connaitre le stock de pièces de rechange et de commander les pièces et plus globalement de renseigner la GMAO.
- Zéro papier : avec pour objectif de réduire les coûts et augmenter la fiabilité de l'information, les applications mobiles permettent de se passer de support papier. Cela permet également d'enrichir les bases de données sur toutes les opérations manuelles qui n'étaient pas capturées précédemment.
- Sécurité : améliorer la sécurité des opérations en fournissant des notifications de danger temps réel sur l'environnement, les conditions de fonctionnement,
- Diagnostic / Inspection / Reporting : exploitation des composants des mobiles et tablettes tels caméra, micro, GPS, accéléromètre, … pour améliorer les opérations et générer une information enrichie.

Les acteurs
Les acteurs d'applications mobiles se répartissent entre les fournisseurs de matériel, les fournisseurs d'environnement de développement, les développeurs d'application, les fournisseurs de logiciels industriels qui ajoutent des fonctionnalités mobiles (i.e. fournisseurs de GMAO, MES, …)

TECHNOLOGY READINESS LEVEL

Globalement, le matériel et les solution digitales de développement sont très matures et tirées par de nombreux cas de BtoC.
Quelques évolutions en terme de prix et poids sont à envisager pour les mobiles et tablettes industriels (résistance aux chocs, atmosphère explosive).
Un des sujets de développement est sur les "adds-on" (i.e. caméras thermiques, capteurs de bruits/vibration, …)

HUMAN READINESS LEVEL

Portée par les nombreuses applications de notre quotidien, l'acceptation des solutions mobiles est très bonne.

Il peut cependant y avoir certaines réticences (perception des conséquences) relatives à l'exploitation des données par le management.

Les méthodologies UX/UI ainsi que les approches agiles de développement sont également très matures et permettent de tester rapidement l'adoption des applications par les opérateurs.

Photo : Altran
Séance de design d'applications mobiles avec les utilisateurs finaux

MANUFACTURING READINESS LEVEL

Selon le secteur industriel et la localisation des opérations, les applications mobiles peuvent faire l'objet de nombreuses contraintes à la fois technologiques, externes et internes
- Infrastructure de communication (4G, WIFI, Lora…) – couverture réseau
- Propagation du signal – Murs en béton épais, cage de Faraday
- Risque d'interférence entre mobile et équipements industriels
- Règles HSE prohibant l'utilisation des mobiles sur site
- Cybersécurité et règles internes de connexion au système d'information

CHATBOT
Agent conversationnel

Définition
Le chatbot ou agent conversationnel est un logiciel permettant d'échanger des informations avec un utilisateur en langage naturel.
Les échanges peuvent se faire par la voix ou par écrit.
La qualité d'un chatbot se mesure à sa capacité de compréhension de la parole humaine, sa capacité d'apprentissage et de mémorisation, ses logiciels applicatifs et sa base de données d'information, sa capacité à être personnalisé au contexte.
Lorsque le chabot donne des consignes, on parle alors de Bossbot.

Intérêts principaux
- Améliorer l'autonomie des opérateurs par un accès temps réel à l'information
- Pouvoir s'interfacer avec un logiciel lorsque les 2 mains sont utilisées
- Améliorer la qualité de service
- Améliorer la traçabilité des informations

Cas d'usage
- Facilité l'accès à l'information : Le chatbot doit permettre de faciliter l'accès à une très grande quantité d'informations très variées sans avoir besoin de connaître où ces dernières sont classées dans le système documentaire ou sans même savoir si elles existent. Les chatbots évolués peuvent faire des propositions d'informations complémentaires en fonction des requêtes émises par l'opérateur.
- Enregistrer des événements en ligne : pour des opérateurs occupés sur leur poste de travail et qui veulent notifier une observation ou acquitter la bonne exécution d'une tâche. L'agent conversationnel s'assure que l'ensemble des éléments nécessaires est bien fourni.
- Transaction : assurer la prise en compte d'une demande pour obtenir une action par la suite
- Bossbot : notification des activités à réaliser par l'opérateur

Acteurs du marché
Le marché se compose des fournisseurs de matériels, les fournisseurs d'environnement de développement et les intégrateurs/développeurs.

TECHNOLOGY READINESS LEVEL

Bien que peu déployés à ce jour dans l'industrie, les chatbots s'appuient sur des briques technologiques assez matures qui permettent de réaliser des développements opérationnels.

Par ailleurs les chatbots font l'objet de développements constants, tirés par les applications grand public et BtoC.

HUMAN READINESS LEVEL

L'adoption du chatbot repose sur l'expérience utilisateur et la qualité de la conversation (compréhension, contextualisation de la réponse, langage naturel riche et varié, …).

Attention au risque d'insatisfaction (déshumanisation) des opérateurs s'interfaçant toute la journée avec un chatbot (opérateur logistique guidé sur les commandes à préparer)

MANUFACTURING READINESS LEVEL

Tout comme les applications mobiles, les chatbots peuvent faire l'objet de nombreuses contraintes à la fois technologiques, externes et internes
- Infrastructure de communication (4G, WIFI, Lora…) – couverture réseau
- Propagation du signal – Murs en béton épais, cage de Faraday
- Règles HSE (échanger avec un chatbot tout en faisant une action potentiellement à risque)
- Cybersécurité et règles internes de connexion au système d'information

Photo : Kevin Bhagat - Unsplash

A PROPOS DE

À PROPOS D'EMC2

UN PÔLE AU SERVICE DE LA COMPÉTITIVITÉ INDUSTRIELLE

EMC2 regroupe, autour de marchés et de technologies clés, un ensemble d'acteurs animé par un même objectif : au service de la compétitivité industrielle française, renforcer l'écosystème territorial d'innovation et de croissance dans une dimension commune et transversale : les technologies avancées de production.

DES SERVICES AUX ENTREPRISES

L'ensemble des services déployés par le Pôle EMC2 visent à créer un environnement global favorable à l'innovation et à la croissance des acteurs du Pôle et de son écosystème. En conduisant des actions d'animation, de mutualisation, d'accompagnement des membres du Pôle sur des thématiques telles que l'émergence et le montage de projets de R&D collaboratifs, l'accès au financement privé, le développement à l'international, la propriété industrielle,... EMC2 contribue à créer de véritables opportunités de développement pour les entreprises et notamment les PME.

DES PROJETS STRUCTURANTS

En marge de l'accompagnement de projets de R&D menés par les entreprises, EMC2 se consacre aussi au montage de projets structurants. Ils visent à renforcer les positions des entreprises françaises sur les marchés porteurs et plus largement la position économique d'un tissu d'entreprises, en confortant ou construisant des relations collaboratives pérennes. L'IRT Jules Verne ou encore le programme Opérateur du Futur en sont de bons exemples.

CHIFFRES CLÉS

- Depuis 2005
- 360 adhérents
- 464 projets labellisés
- 2.1 Md€ de budget global de R&D
- 255 projets financés
- 1.5Md€ de financement dont 623M€ de financement public

À PROPOS D'ALTRAN

LEADER MONDIAL DES SERVICES D'INGÉNIERIE ET DE R&D

Altran propose à ses clients d'innover autrement en les aidant à développer ou en développant pour eux les produits et les services de demain. Le Groupe les accompagne sur l'intégralité de la chaine de valeur du cycle de vie d'un projet, de l'idée à l'industrialisation.
Altran intervient depuis plus de 30 ans auprès des grands acteurs de nombreux secteurs : aérospatiale, automobile, défense, énergie, ferroviaire, finance, sciences de la vie, télécoms, etc.

UNE FLEXIBILITÉ À GRANDE ÉCHELLE

En tant que leader mondial de l'innovation et du conseil en ingénierie high-tech, nous nous efforçons de fournir des solutions efficaces et adaptables qui ajoutent de la valeur pour les entreprises. Notre approche associe des technologies critiques, une expertise multisectorielle et une fertilisation croisée entre les secteurs. Nos outils reposent sur un réseau mondial d'experts de premier ordre et une chaîne d'approvisionnement industriel permettant une réduction des coûts. Ils sont personnalisés pour aider les entreprises à atteindre leurs objectifs commerciaux dans un contexte de plus en plus complexe.

WORLD CLASS CENTER ADVANCED MANUFACTURING

Avec son World Class Center (WCC) Advanced Manufacturing, Altran a pour objectif d'accompagner ses clients dans la transition vers l'Industrie du Futur. Ce World Class Center améliore de façon quantifiable la performance industrielle. Sa valeur ajoutée réside dans son équipe qui dispose d'une expérience de terrain dans chaque industrie, d'un savoir-faire en méthodologie de l'innovation, d'une solide connaissance des technologies émergentes et d'un accès direct aux pratiques dans les autres industries.

CHIFFRES CLÉS

En 2017, le groupe Altran a réalisé un chiffre d'affaires de 2,282 milliards d'euros. Il compte désormais plus de 33 000 collaborateurs dans plus de 20 pays.

À PROPOS DES AUTEURS

Frédéric DABE
Solution director Manufacturing - ALTRAN

Après un début de carrière en production puis en développement de solutions robotiques, Frédéric a livré de nombreux projets industriels et piloté plusieurs business units en France et à l'international. Passionné par la performance opérationnelle et l'innovation, Frédéric a rejoint le World Class Center Advanced Manufacturing d'Altran pour relever les défis de la 4ème révolution industrielle pour l'ensemble de ses clients.

Delphie BOUTIN
Chargée de projet - POLE EMC2

Delphie accompagne depuis 8 ans les entreprises dans la structuration et le financement de leurs projets d'innovation. Convaincue de la force du collaboratif, au sein du Pôle EMC2, responsable de la feuille de route technologique pour l'Industrie du Futur, elle s'attache à partager les enjeux et les technologies prioritaires pour les industriels afin de les accompagner dans l'émergence et la structuration de leurs projets d'innovation collaboratifs.

Anne LALIBERTE-GUITARD,
Aline JOLIT & Victor BOUSQUET
Équipe Design – Altran

Aline, Victor et Anne travaillent au sein du World Class Center Innovation & Design. Ils aident leurs clients à anticiper les tendances du marché ; à co-créer des produits, des services et des expériences numériques significatifs ; à redessiner des systèmes complexes ; à lancer des innovations et des produits industriels et à transformer la façon dont les organisations pensent et travaillent ensemble.

Et aussi un grand merci aux membres du Pôle EMC2 qui ont pris le temps de partager leur retour d'expérience sur leur projet de transformation et sur les solutions mises en œuvre.

L'HUMAIN AU CŒUR DE L'INDUSTRIE DU FUTUR

Guide pratique à l'usage des entreprises

A travers un modèle de performance individuelle et de création de valeur, un panorama de nouvelles solutions technologiques et pratiques managériales et une feuille de route personnalisable, nous avons souhaité partager quelques éléments de réflexion pour placer l'humain au cœur de votre projet de transformation.

Nous n'avons pas l'ambition de couvrir toutes les dimensions de la transition vers l'Industrie du Futur, ni de dresser un panorama exhaustif de toutes les solutions. Il ne s'agit ici que de donner des premiers éléments qui devront faire l'objet d'une analyse approfondie adaptée à chaque entreprise.