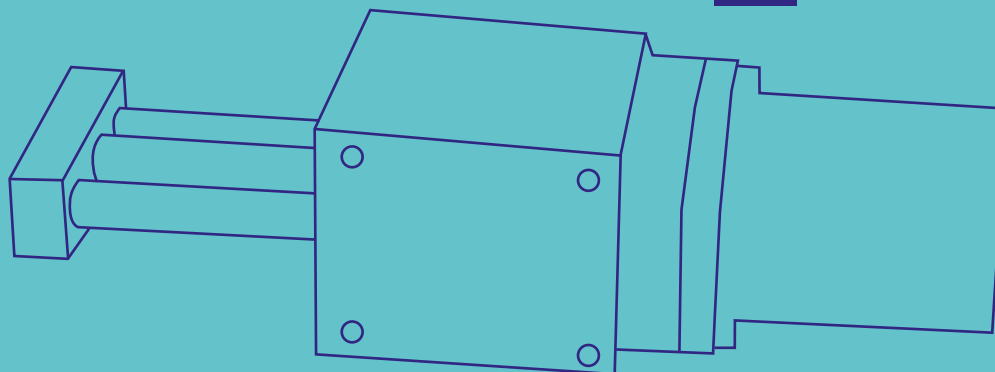
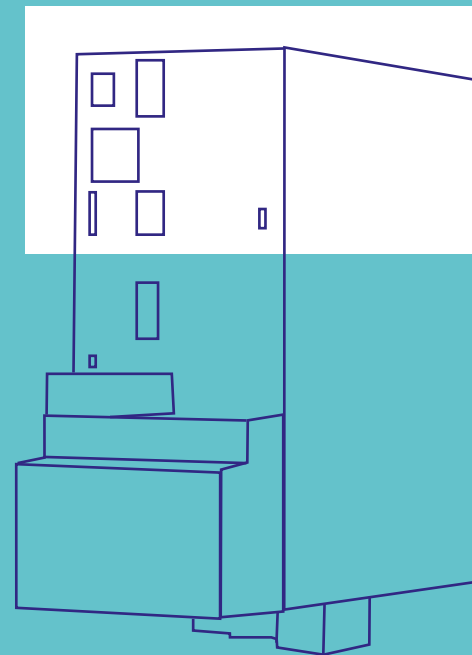


GUIDE POUR LA  
**TRANSFORMATION  
MÉCATRONIQUE**

EN ENTREPRISE



# ÉDITO

Olivier Tourneur  
Président de la Commission  
Mécatronique



La société vit des bouleversements majeurs à travers des révolutions technologiques comme la digitalisation, les produits plus SMART, la connectivité IOT, l'Intelligence Artificielle, et des défis sociétaux comme la décarbonation, la frugalité industrielle, la mobilité et systèmes urbains durables.

L'organisation professionnelle ARTEMA est au cœur de ces défis à travers l'ensemble des activités de ses adhérents qui fournissent des composants ou systèmes mécatroniques à toute l'Industrie.

La Commission Mécatronique, dénominateur commun des professions d'ARTEMA (Étanchéité industrielle, Fabrication spéciale, Fixations, Transmission : hydraulique, mécanique, pneumatique, Roulement et guidage linéaire) réunit de manière transverse les entreprises sur des sujets innovants tels la 5G industrielle privée, l'IA, ainsi que sur des sujets d'ordre réglementaire. Dans le cadre de son plan d'actions de la promotion de la Mécatronique, les adhérents ont voulu constituer un guide de la transformation mécatronique puisé de leurs propres expériences d'innovation et à travers des pratiques réalisées en lien avec des donneurs d'ordre.

Ce guide a pour vocation de donner certaines clés et un éclairage des bonnes pratiques pour accompagner dirigeant et acteurs d'une stratégie de transformation mécatronique au sein de leur entreprise. Le but étant d'augmenter la mécatronicité des produits pour plus de valeur ajoutée, de conquérir de nouveaux marchés et de déclencher une dynamique de croissance.

Ces défis passent avant tout par l'action collective et le partage, la commission Mécatronique a souhaité ce guide pour concrétiser ses convictions.

Bonne lecture !

# PRÉFACE

Laurence Chérillat  
Déléguée Générale ARTEMA



Cela fait maintenant 16 ans qu'ARTEMA a lancé une commission mécatronique pour accompagner le développement de ses adhérents. Et aujourd'hui, la mécatronique est au cœur de l'Industrie 4.0. Elle apporte à ses clients de nombreux services dont la surveillance en ligne et la maintenance préventive voire prédictive sans oublier les économies d'énergie.

16 ans d'échanges, d'obstacles à lever, d'éclairages extérieurs, de belles réalisations, de coopérations avec des laboratoires via des thèses, d'évènements mettant en lumière la montée en puissance de la Mécatronique dans tous les secteurs industriels (Mechatronics Awards, EMM avec notre partenaire Thésame)...

Cette expérience collective riche et passionnante a permis aux professions d'ARTEMA de se développer et de voir la part des composants et systèmes mécatroniques dans leur chiffre d'affaires passée de quelques pourcents à 40% aujourd'hui.

Forts de ses échanges et convaincus que la mécatronique apporte de la valeur ajoutée à leurs produits, les membres de la commission ont souhaité mettre à disposition du plus grand nombre leur expérience et leurs bonnes pratiques en rédigeant ce guide pour la transformation mécatronique en entreprise.

Cette ouverture, cette volonté de partage est l'une des qualités des acteurs de la mécatronique : pour la mettre en place, il faut notamment s'ouvrir à d'autres technologies, accepter de se remettre en cause, revoir la conception d'un produit, être à l'écoute des besoins du client et comprendre son organisation.

Plus personnellement, ayant été là dès l'origine de la commission Mécatronique, je peux témoigner de cette ouverture d'esprit et des fabuleuses avancées de la technologie mécatronique au sein des composants et systèmes de nos entreprises adhérentes.

Merci à elles et à tous ceux qui se sont investis dans la rédaction de ce guide. ARTEMA est fière aujourd'hui d'en faire la promotion pour que d'autres industriels en profitent.

# SOMMAIRE

- 5 INTRODUCTION  
DE QUOI S'AGIT-IL ET À QUI S'ADRESSE CE GUIDE ?**
  
- 7 PRÉAMBULE**
  
- 9 POIDS DE LA MÉCATRONIQUE EN FRANCE**
  
- 12 NOTION DE « MÉCATRONICITÉ »  
OU DEGRÉS DE MATURITÉ MÉCATRONIQUE D'UNE ENTREPRISE  
(en relation avec la fiche 1 : Grille d'évaluation entreprises)**
  
- FICHES DESCRIPTIVES SUR LA TRANSFORMATION  
MÉCATRONIQUE D'UNE ENTREPRISE**
- 19 Fiche 2 : Quels changements pour l'entreprise ?**
- 25 Fiche 3 : Marketing de l'innovation**
- 32 Fiche 4 : Management de l'innovation**
- 40 Fiche 5 : Vente**
  
- 44 CONCLUSION**
  
- 45 ANNEXES**

# INTRODUCTION

Un travail original a été mené  
au sein de l'organisation  
professionnelle ARTEMA

## De quoi s'agit-il et à qui s'adresse ce guide ?

**Il s'agit d'un document destiné au chef d'entreprise et à son équipe dirigeante qui souhaitent faire de l'innovation mécatronique un facteur de développement industriel mobilisateur.**

La mécatronique est dans l'ADN d'ARTEMA.

L'autoévaluation contribue à rendre ce changement concret, lisible. En réalité, il s'agit d'une évaluation à deux grilles : l'une pour le composant et l'autre pour l'entreprise.

Au départ, l'entreprise a un savoir-faire, des points forts qui vont lui permettre de se projeter vers de nouvelles aptitudes de travail en équipe, s'ouvrir à des partenaires, rechercher des compétences nouvelles, adapter sa supply chain, revoir ses capacités de production, évoluer sur ses pratiques juridiques, adopter des pratiques d'innovation orientées marchés/clients et bien d'autres points qui l'aideront à atteindre ses objectifs de développement.

**Le guide permet d'identifier l'avant et l'après attendu.**

**Des fiches thématiques élaborées par les industriels d'ARTEMA apportent bonnes pratiques, conseils, retours d'expérience utiles pour comprendre ce qui peut être fait et aussi ce qu'il faut éviter de faire.**

Chaque fiche est illustrée par une expérience concrète qui rend compte de la mise en œuvre de la démarche présentée dans la fiche.

Pour apporter un caractère plus officiel, plus académique à ce travail, les industriels de la commission mécatronique se sont appuyés sur deux thèses de l'université de Savoie Mont Blanc qui abordent notamment le sujet crucial de l'évaluation. L'excellente collaboration des équipes des laboratoires SYMME et LISTIC avec ARTEMA a permis de réaliser un travail dont l'utilité s'inscrira dans l'avenir. Les industriels adhérents sont essentiellement des fabricants de composants industriels issus des métiers de la mécanique : les transmissions de puissance pneumatique, hydraulique, mécanique, les roulements/guidages linéaires, l'étanchéité, les fixations, l'automatisme et la mécatronique. Ces composants se retrouvent dans tous les secteurs industriels : transports, BTP, énergies, machines-outils, machines spéciales, agroalimentaire,

médical, militaire, robotique, oil and gas, sidérurgie, aéronautique et spatial qui sont les fleurons de l'industrie en France.

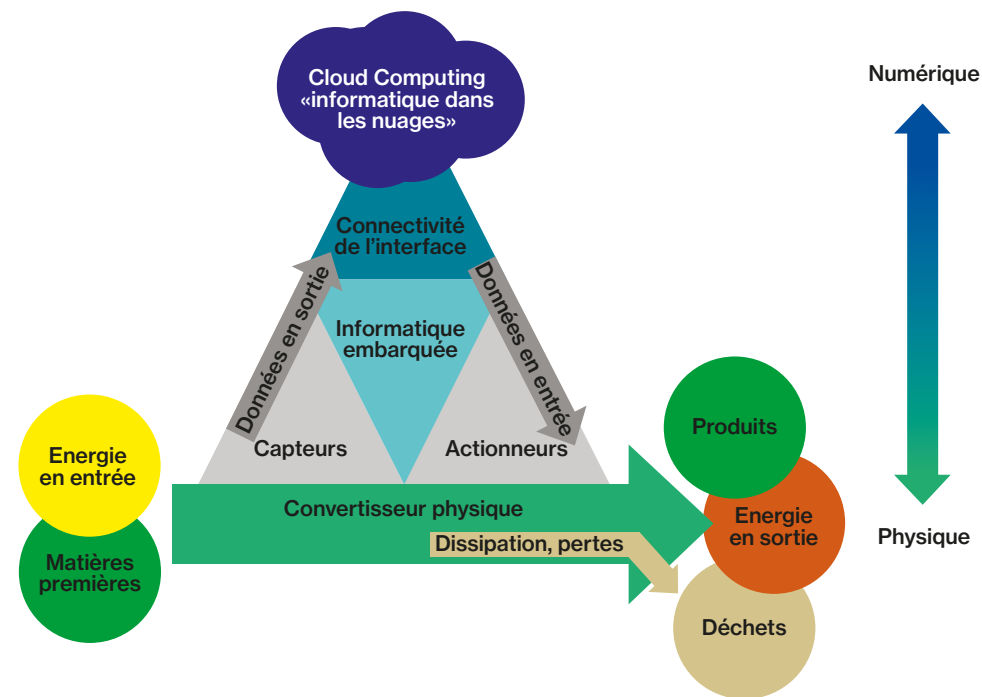
**Ce guide opérationnel et concret constitue donc un support pour initier une réflexion, un dialogue et un accompagnement sur la transformation mécatronique d'une entreprise**, que ce soit à l'intérieur de celle-ci ou avec des intervenants extérieurs spécialisés. Il peut être exploité selon trois niveaux d'usage :

- **Pour le lecteur lui-même** qui est conduit à répondre à une liste de questions sur son entreprise ;
- **Pour constituer un outil de dialogue et de guide interne à l'entreprise** en fournissant une trame et des compléments aux questions que se posent les acteurs de l'entreprise,
- **Pour fournir un langage et des concepts permettant de dialoguer avec un éventuel expert** qui pourrait accompagner la réflexion ou la mise en œuvre d'actions concrètes. Il a vocation à être lu soit de façon continue, soit au gré des centres d'intérêt du lecteur.

## Mécatronique : le milieu des composants SMART

**La mécatronique est une technique industrielle consistant à utiliser simultanément et en symbiose la mécanique, l'électronique, l'informatique et l'automatisme, pour la conception et la fabrication de produits nouveaux, en vue d'augmenter et d'optimiser l'utilisation des fonctionnalités de nouveaux produits.** C'est un mariage interdisciplinaire et une mise en commun de compétences et de fonctionnalités venant de différentes techniques.

À l'heure actuelle, la mécatronique apporte son lot d'avancées et de progrès dans des domaines variés, tels que la robotique de service, la cobotique (collaboration entre la robotique et l'Homme), les appareils connectés dans l'habitat, la domotique, les systèmes d'assistance à la personne etc. Les grandes éoliennes peuvent par exemple assurer une maintenance préventive grâce à la mécatronique. Certaines personnes utilisent des systèmes d'exosquelettes ou de cobots, pour soulager les tâches les plus fastidieuses pendant leur journée de travail. Une révolution majeure dans l'industrie 4.0 porte sur le développement des capteurs autonomes



Interaction entre le composant physique et digital d'un système mécatronique

communicants, qui sont indépendants et qui peuvent prendre leur énergie dans le milieu ambiant, et réussir à envoyer l'information traitée vers un actionneur qui se trouve dans le système mécatronique. Le défi majeur consiste sur la mise en place et la capacité d'intégrer des composants dans des produits plus compacts sans pour autant que les éléments n'interfèrent entre eux. **Dans le contexte de l'industrie 4.0, l'enjeu principal pour la mécatronique est de mieux analyser les processus de fabrication, et donc d'améliorer la rentabilité dans le cadre d'une production. Cela permet alors à l'industrie de dégager des moyens financiers pour continuer à investir dans la transformation progressive de l'usine en usine du futur, entièrement intelligente et connectée.** Cette analyse fine et cette recherche de rentabilité sont très souvent confiées aux ingénieurs R&D et tout particulièrement aux ingénieurs mécatroniques.

# PRÉAMBULE

## La Commission Mécatronique ARTEMA

La Commission Mécatronique d'ARTEMA est composée de plus de 20 entreprises ayant une activité Mécatronique.

Cette Commission est ouverte à toute entreprise, nonobstant son métier, qui conçoit et fabrique des produits ou composants mécatroniques :

**Mécatronique** : démarche visant l'intégration en synergie de la mécanique, l'électronique, l'automatique et l'informatique dans la conception et la fabrication d'un produit en vue d'augmenter et/ou d'optimiser sa fonctionnalité.

- **Produit mécatronique** : Produit ayant la capacité de percevoir son milieu environnant, de traiter l'information, de communiquer et d'agir sur son milieu, et présentant un niveau complet d'intégration mécatronique, du point de vue fonctionnel et physique
- **Composant mécatronique** : Constituant d'un produit mécatronique présentant un niveau partiel d'intégration mécatronique, du point de vue fonctionnel et physique, association mécanique et électronique et permettant le traitement de l'information.

La Commission se réunit quatre fois par an et travaille sur ces sujets :

### 1 - TECHNOLOGIE

- **Normalisation** : ARTEMA est membre de l'UNM 03, en charge de la normalisation Mécatronique et expert pour les travaux internationaux. Action sur la norme vocabulaire en cours.
- **Veille Technologique** : ARTEMA, dans sa veille régulière informe ses adhérents sur les dernières évolutions techniques et technologiques.
- **Sûreté de fonctionnement** : La fiabilité des composants et produits mécatroniques est un sujet majeur pour le développement de la Mécatronique.
- **Des interventions de spécialistes** pour éclairer ses adhérents.

### Quelques points d'étapes clefs :

- Des actions F2i ont eu lieu en 2011 ;
- De nombreux travaux de thèses avec Polytech Annecy, le CETIM en 2012 ; au travers de collaborations avec l'université de Savoie Mont Blanc en 2017 et 2022 sur la transformation mécatronique des entreprises mécaniciennes ;
- De nombreuses collaborations dont une action ARTEMA initiée auprès de l'université d'Angers sur l'approche pragmatique de la fiabilité.

## 2 - ÉCONOMIE

- **Approche économique du marché de la Mécatronique** : Enquêtes régulières auprès des adhérents d'ARTEMA pour évaluer la part de la mécatronique dans le chiffre d'affaires des entreprises.
- **Conditions Générales de Vente des Systèmes** : Élaboration de Conditions Générales de Vente ARTEMA concernant les systèmes afin que les adhérents disposent d'un référentiel juridique adapté.

## 3 – PROMOTION - COMMUNICATION

- **Élaboration d'un argumentaire de promotion de la Mécatronique** à destination des clients (OEM et utilisateurs) des adhérents d'ARTEMA et des étudiants.
- **Évènements mécatroniques** – Soutien, organisation et promotion de plusieurs manifestations liées à la Mécatronique.
- Réalisation et diffusion de la vidéo ARTEMA : « La Mécatronique fait l'Industrie du futur »



<https://www.youtube.com/watch?v=mOxmFxcvJeA&list=PLSSoAQbllF-x1O8JhSliTm37gVB2ym7Pj>

## 4 – FORMATION

- **Recueil des besoins des industriels** – au travers d'enquêtes ciblées, ARTEMA recueille les besoins de tous ses adhérents sur les compétences attendues, le contenu des formations.
- **Aide aux établissements** sur l'adaptation du contenu des formations mécatroniques en fonction des besoins des industriels. Une cartographie des écoles et universités délivrant des titres d'ingénieurs en mécatronique a été établie et est régulièrement réactualisée.
- **Module de formation pragmatique** sur la fiabilité des composants mécatroniques.



# POIDS DE LA MÉCATRONIQUE EN FRANCE

## La France figure parmi les plus grands pays produisant des produits issus de la Mécatronique

**La mécatronique est un vecteur indispensable pour l'usine du futur (industrie 4.0) et a pour but d'instaurer un cadre bienveillant pour les salariés d'une entreprise moderne, tout en innovant les processus de production, en optimisant ses coûts pour s'inscrire dans la course à la compétitivité.**

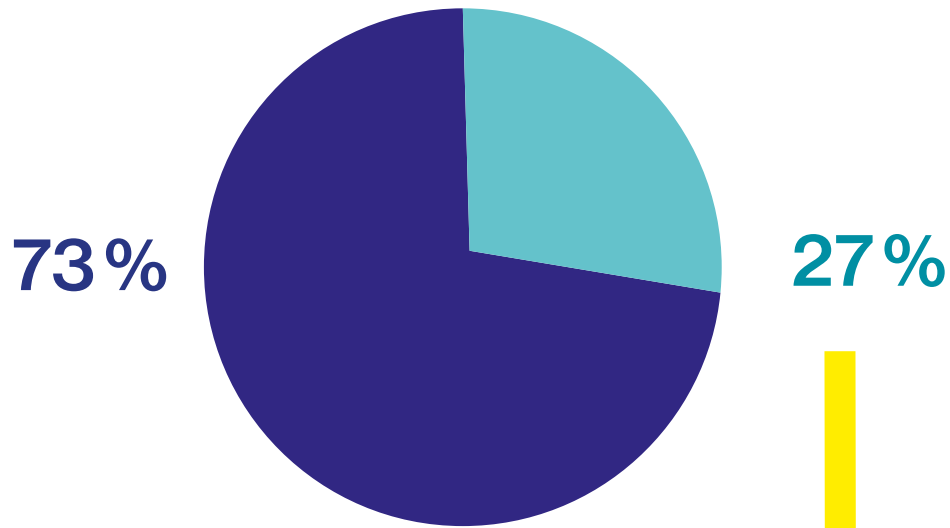
Ceci passe par la modernisation des outils de production, ce qui est certainement un vecteur pour améliorer toute la chaîne de production ainsi que la productivité et l'environnement des opérateurs. Il en découle une nette amélioration de la maintenance, des process, de l'efficacité énergétique et de la disponibilité des machines.

Dans cette optique, la connectivité des transmissions (mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, etc.) et des roulements permet désormais de suivre le process en temps réel et concoure à une amélioration de la qualité, de la disponibilité des équipements : ce qui conduit à une baisse des coûts de production. De même, l'hybridation électrique permet une optimisation des transmissions et une meilleure efficacité énergétique.

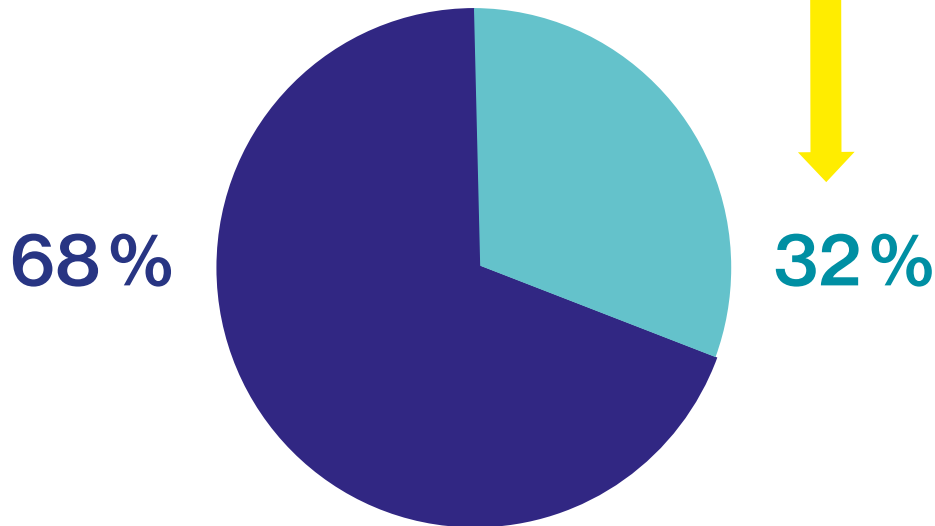
En complément, le développement de l'Intelligence Artificielle "généraliste" devrait permettre aux industriels d'optimiser davantage les processus notamment la maintenance et les flux via l'enrichissement des données (produits et base clients), ou le développement du SAV assisté (remise de documents, classification...).

À partir d'un sondage d'adhérents d'ARTEMA regroupant diverses professions dédiées à la mécatronique en France, une estimation partagée de la chaîne de valeur de la mécatronique en France a pu être réalisée.

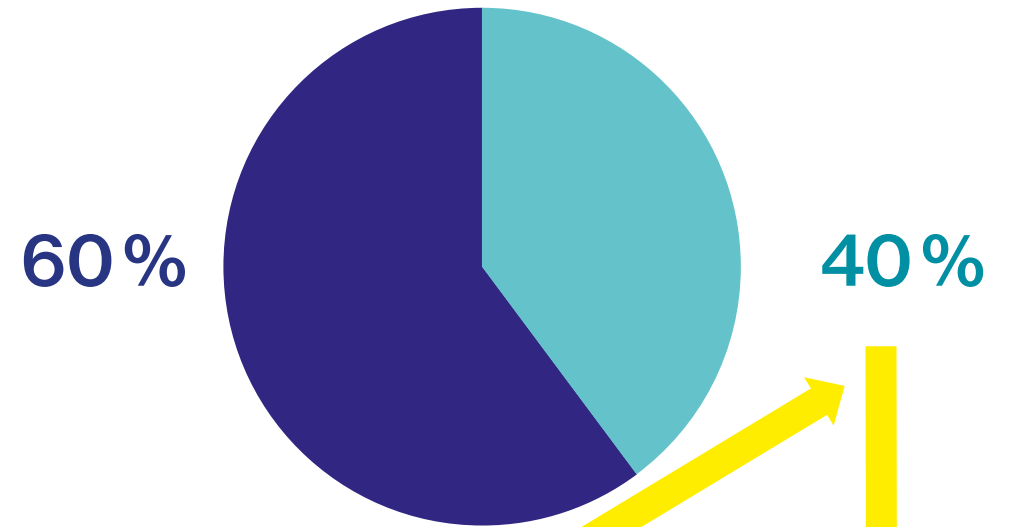
Poids moyen de la Mécatronique en % du CA réalisé des entreprises ARTEMA en **2015**



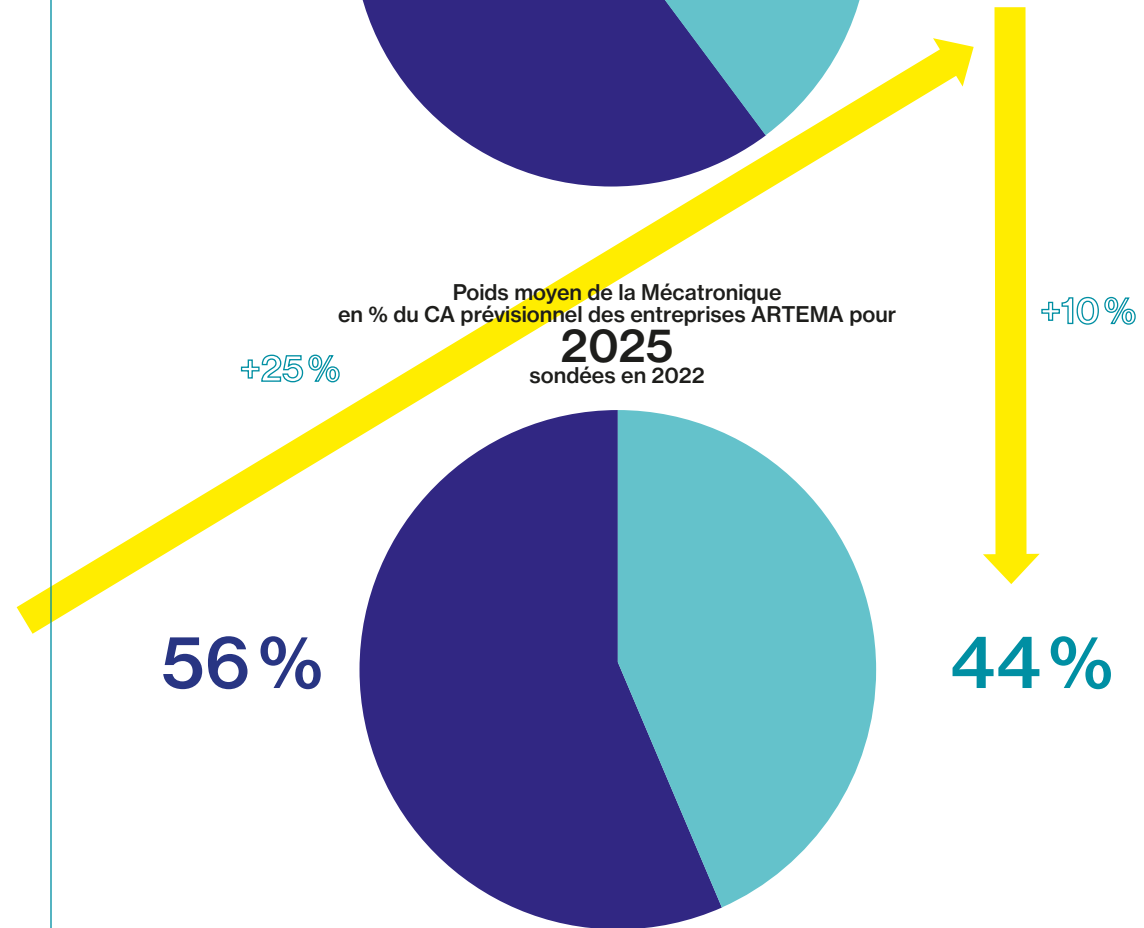
Poids moyen de la Mécatronique en % du CA réalisé des entreprises ARTEMA en **2018**



Poids moyen de la Mécatronique en % du CA réalisé des entreprises ARTEMA en **2022**



Poids moyen de la Mécatronique en % du CA prévisionnel des entreprises ARTEMA pour **2025** sondées en 2022



+19%

+25%

+10%

**8,5 Md€**

Le C.A. global des professions  
représentées par ARTEMA

**50 %**

La part de l'exportation  
dans le chiffre d'affaires  
global

**40 %**

environ, la part de  
la mécatronique dans le C.A.  
des professions d'ARTEMA

**35 000**

salariés

# 1

## **Notion de mécatronicité ou degrés de maturité mécatronique d'une entreprise**

La transformation mécatronique touche non seulement les processus et les outils (CAO, PLM), mais aussi la manière de collaborer entre métiers et donc entre les personnes, les disciplines devant impérativement mieux se comprendre.

Afin de permettre à l'entreprise d'évaluer son niveau mécatronique (produit/organisation), et à progresser vers un niveau supérieur une première approche est possible à travers une grille d'évaluation « entreprise » et « produit ».

Dotées d'une cotation de 1 à 5 (dont 1- pour un degré de maturité mécatronique très faible ou inexistant, 5- pour une entreprise 4.0), ces évaluations sont donc les points d'entrée de la transformation mécatronique attendue (produit et entreprise). Pour atteindre son objectif de mécatronicité (produit plus smart, plus communicant), l'entreprise pourra s'appuyer sur les fiches thématiques du guide qui seront détaillées en aval des grilles.

Les résultats de l'autoévaluation de quelques entreprises ARTE-MA sont illustrés à travers une notation type radar. Cette notation a été réalisée sur la base de différents thèmes retenus (vente, R&D, industrialisation...) pour la grille entreprise, ainsi que pour la grille produit-toolbox (interprétation de capteurs, communication/connectivité...).

Grille de lecture du tableau en page suivante (Grille entreprise)

Entreprise			note (1 à 5)	Note normalisée	Poids	1	2	3	4	5
<b>Pratique 1</b>	Business développement-commercial en B to B		0,75		1	Business développement-commercial en B to B	Business développement-commercial en B to B	Business développement-commercial en B to B	Business développement-commercial en B to B	Business développement-commercial en B to B
<b>Sous Pratique 1</b>	Vente	Approche clients	4	0,75	0,50	Prospection classique (one shot)		Accompagnement des clients en mode projet		Co-développement et partenariat avec les clients, fidélisation
		Méthode de vente	4	0,75	0,50	Vente sur catalogue		Vente par internet, en direct ou par distributeurs		Produits et services sur solutions complexes
<b>Pratique 2</b>	R & D		0,75		1	R & D	R & D	R & D	R & D	Business développement-commercial en B to B
<b>Sous Pratique 1</b>	Innovation	Management de l'innovation	4	0,75	0,25	Absence		Veille Techno R&D		Open innovation
		Marketing de l'innovation	4	0,75	0,25	Absence		Veille Marchés		Valorisation des concepts, tests clients, marchés
<b>Sous Pratique 2</b>	Conception et développement	Gestion de projet	4	0,75	0,25	Absence		Gestion des tâches et des ressources (Tableurs, GANTT)		Mode agile (Sharepoint, plateforme partagée, gestion des risques)
		Outils de conception et de simulation	4	0,75	0,25	Règles métiers maison. Outil 2D.	DAO en 3D	CAO avec intégration électronique et logiciel	CAO avec lois de commande et modèle numérique	Conception et simulation multiphysique en mode partagé (multi-équipes)
<b>Pratique 3</b>	Industrialisation		0,75		1	Industrialisation	Industrialisation	Industrialisation	Industrialisation	Industrialisation
<b>Sous Pratique 1</b>	Production		4	0,75	0,33	Manuel		GPAO		Usine connectée, industrie du futur
<b>Sous Pratique 2</b>	Méthode		4	0,75	0,33	Industrialisation après R&D		BE et BM travaillent en équipe		Concurrent engineering: conception et industrialisation en simultané
<b>Sous Pratique 3</b>	Automatisation process	Production machine	4	0,75	0,33	Machines individuelles		Parc machines, lean management		Process automatisé
<b>Pratique 4</b>	Fonctions supports		0,75		1	Fonction supports	Fonction supports	Fonction supports	Fonction supports	Fonction supports
<b>Sous Pratique 1</b>	Supply chain	Supply chain	4	0,75	0,14	Achats à la demande (matière, pièces mécaniques)	Service achat et approvisionnement dédiés	Acheteurs/approvisionneurs par segments	Utilisation de progiciels: SRM, ERP.	Collaboration avancée achats/BE/Fournisseurs mode projet. Intégration du PIC
			4	0,75	0,00					
<b>Sous Pratique 1 Entreprise de type 1</b>	Achat/Appro	Achat	4	0,75	0,13	Achats de base (matière, pièces mécaniques)		Service achat dédié		Collaboration avancée achats/BE/Fournisseurs mode projet
		Approvisionnement	4	0,75	0,13	Panel réduit sur les achats de base des achats		Double sourcing		Panel élargie par segments métiers, gestion d'apro. Par rapport aux prévisions de vente (PIC)
<b>Sous Pratique 1. type 2</b>	Supply chain	Supply chain	4	0,75	0,14	Achats à la demande (matière, pièces)	Service achat et approvisionnement dédiés	Acheteurs/approvisionneurs par segments	Utilisation de progiciels: SRM, ERP.	Collaboration avancée achats/BE/Fournisseurs mode projet. Intégration du PIC
<b>Sous Pratique 2</b>	Management de la qualité		4	0,75	0,14	Absence		Gestion des non-conformités. Approche processus (ISO 9001).		Adéquation avec les normes (interne et externe) et exigences du marché. AMDEC Service
		Service	4	0,75	0,14	Vérifications fonctionnelles de base		Gestion des non-conformités		Vérifications intermédiaires et contrôle final en condition d'utilisation et pilotages complexes (AMDEC produit et process)
		Produit	4	0,75	0,14	Contrôle réception		Gestion des non-conformités. Evaluation des fournisseurs.		Contractualisation des exigences et responsabilités, traçabilité, audits, gestion des dérogations. AMDEC fournisseurs
<b>Sous Pratique 4</b>	Système d'information	Fournisseur	4	0,75	0,14	Réseau interne non sécurisé		Architecture réseau sécurisé: internet avec VPN.		Réseaux interne et externe. ERP, GPAO..., certification cyber
<b>Sous Pratique 5</b>	Comptabilité		4	0,75	0,14	Gestion de la facturation papier		Gestion de la facturation dématérialisé.		Module comptabilité, gestion des investissements matériels...
<b>Sous Pratique 6</b>	Juridique		4	0,75	0,14	Absence		Bonnes pratiques avec un juriste.		NDA, contrats Clients et Fournisseurs...
<b>Pratique 5</b>	Management des RH		0,75		1	Management des RH	Management des RH	Management des RH	Management des RH	Management des RH
<b>Sous Pratique 1</b>	RH		4	0,75	0,50	Gestion centralisée		Recrutements ciblés		Nouveaux métiers, gestion des compétences, plan de formation, gestion des entretiens professionnel, plan de carrière...
<b>Sous Pratique 2</b>	Compétences en mécatronique		4	0,75	0,50	Mono-technologie	Notions pluridisciplinaires	Compétences dédiées	Maîtrise des compétences	Expertises internalisées
<b>Pratique 6</b>	Culture de l'entreprise		0,75		1	Culture de l'entreprise	Culture de l'entreprise	Culture de l'entreprise	Culture de l'entreprise	Culture de l'entreprise
<b>Sous Pratique 1</b>	Savoir être		4	0,75	0,33	Pas ouvert	A l'écoute	Intéressé	Collaboratif	Hyper-collaboratif (partenariats)
<b>Sous Pratique 2</b>	Innovation		4	0,75	0,33	Pas de prise de risque	Risque faible (follower)	Risque modéré	Risque calculé	Risque maîtrisé
<b>Sous Pratique 3</b>	Management		4	0,75	0,33	Centralisé, pyramidale	Verticalité dans les deux sens	Interactions transverses entre responsables de services	Interactions transverses entre équipes	Collaboration fluide entre équipes et niveaux de responsabilité, éthique, RSE

Grille Produit

Produit		note (1 à 5)	Note normalisée	Poids	1	2	3	4	5
Cas 1	Intégration de capteurs ou d'actionneurs	0,75	1,00						
		4	0,75	1,00	Pas d'utilisation de capteurs ou d'actionneurs	Capteurs ou actionneurs sont intégrés	Les données des capteurs sont traitées par le produit	Les données sont évaluées et traitées par le produit	Le produit s'adapte en fonction des données obtenues
Cas 2	Communication/connectivité	0,25	1,00						
		2	0,25	1,00	Le produit n'a pas d'interfaces	Le produit envoie ou reçoit des signaux d'E/S	Le produit a des interfaces de bus de terrain	Le produit dispose d'interfaces Industriel Ethernet	Le produit a accès à Internet
Cas 3	Fonctions de stockage de données et d'échange d'informations	0,00	1,00						
		1	0,00	1,00	Aucune fonction	Possibilité d'identification individuelle	Le produit a un stockage de données passif	Produit avec stockage de données pour l'échange autonome d'informations	Échange de données et d'informations en tant que partie intégrante
Cas 4	Monitoring/surveillance	0,25	1,00						
		2	0,25	1,00	Aucun monitoring	Détection des pannes	Enregistrement des conditions de fonctionnement à des fins de diagnostic	Pronostic de son propre état fonctionnel	Opérations de contrôles autonomes
Cas 5	Services liés aux produits	0,20	1,00						
		1	0,20	1,00	Aucun service	Services via des portails en ligne	Exécution de services directement via le produit	Services fournis de manière indépendante	Intégration complète dans le système d'information

Ces grilles d'évaluation sont un point de départ pour aider l'entreprise qui veut devenir mécatronicienne à comprendre où elle en est et ce vers quoi elle doit tendre pour réussir le développement de son produit mécatronique.

**Il ne s'agit pas de proposer une méthode mais d'inciter à acquérir de l'expérience, du savoir-faire pour parvenir à réussir son développement mécatronique.**

Au travers des évaluations, il apparaît que les grilles d'évaluation sont bien adaptées à l'objectif du guide qui s'adresse à des entreprises de petite, moyenne ou grande taille. En complément, les fiches du guide aident à la mise en œuvre des points importants pour réussir son développement mécatronique.

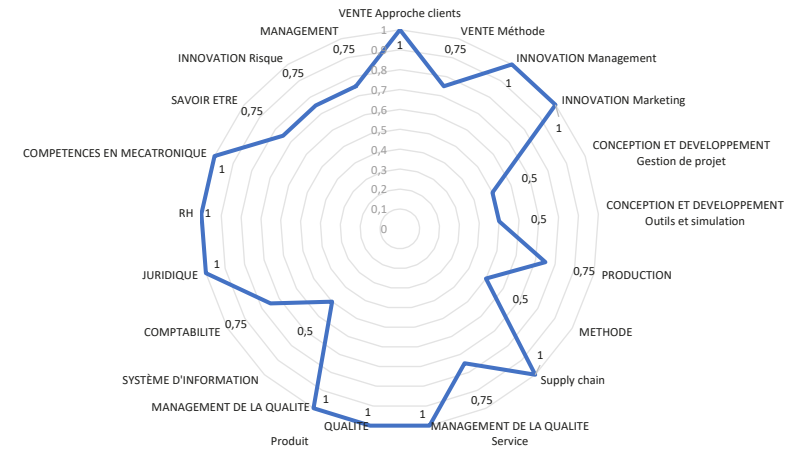
Les données qui apparaissent, suite à l'autoévaluation sur les radars obtenus (produit, entreprise), sont pertinentes car elles permettent d'aider les entreprises à se positionner dans un objectif de développement d'un produit mécatronique et ensuite mettre en place des actions qui les aideront à atteindre cet objectif.

Le but des évaluations n'est pas d'être bon partout mais de comprendre les leviers qui sont à actionner en interne ou en externe pour réussir son développement mécatronique.

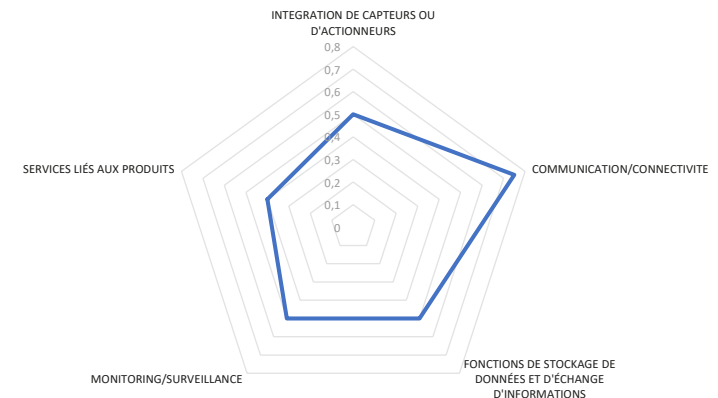
9 entreprises classées par groupe selon leurs notes «entreprise» et «produit» ont accepté de s'autoévaluer. Les diagrammes radars correspondants pour certains groupes sont représentés. Il est noté que plusieurs collaborateurs d'une même entreprise ont parfois contribué à cet exercice de cotation. En fonction des résultats obtenus, les entreprises sont réparties en plusieurs sous-groupes :

- Un premier groupe, représenté par une entreprise A, qui présente un radar entreprise en forme de croix (forts développements en vente, innovation, RH, juridique et qualité) tandis que le radar composant correspond à un produit mécatronique avec des fonctions de communication/connectivité et des fonctions de stockage de données et d'échanges d'informations positionnées à un niveau élevé.

## Évaluation de l'Entreprise A



## Évaluation produit de l'Entreprise type A

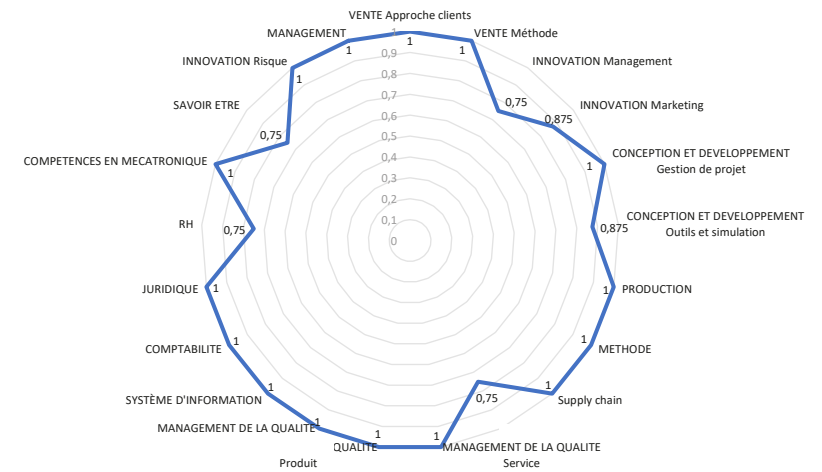


Ces entreprises ont un niveau général de mécatronicité très élevé.

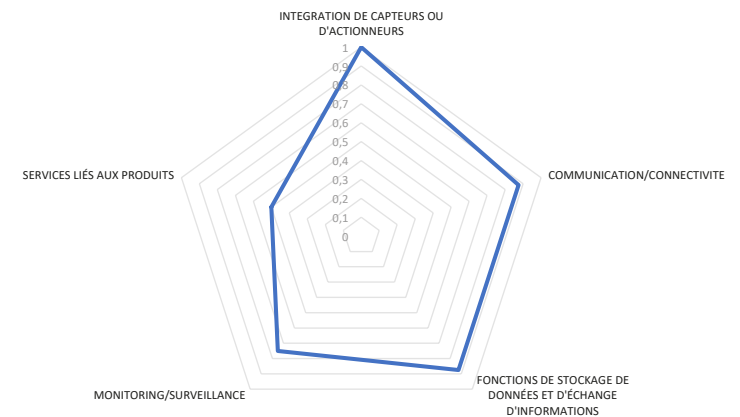


- Un second groupe, représenté par une entreprise B, qui affiche un niveau d'évaluation entreprise très élevé sur tous les critères évalués (niveau 1 nettement majoritaire) et un profil composant plutôt bon mais perfectible si on l'associe au potentiel de l'entreprise.

## Évaluation de l'Entreprise B

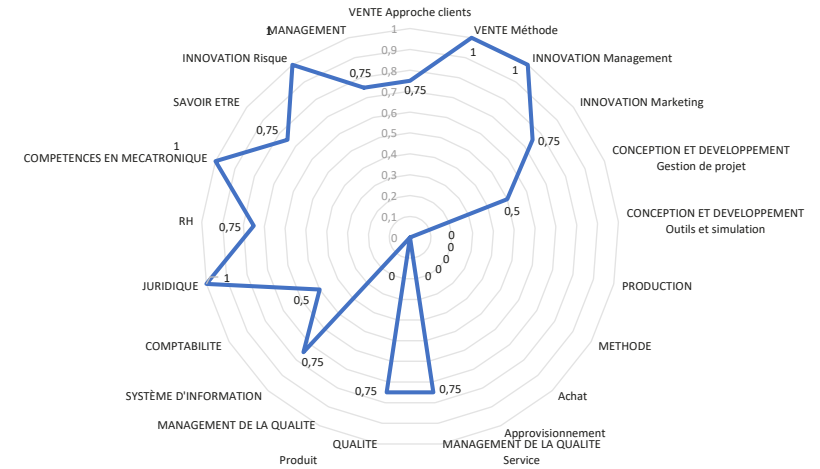


## Évaluation produit de l'Entreprise type B

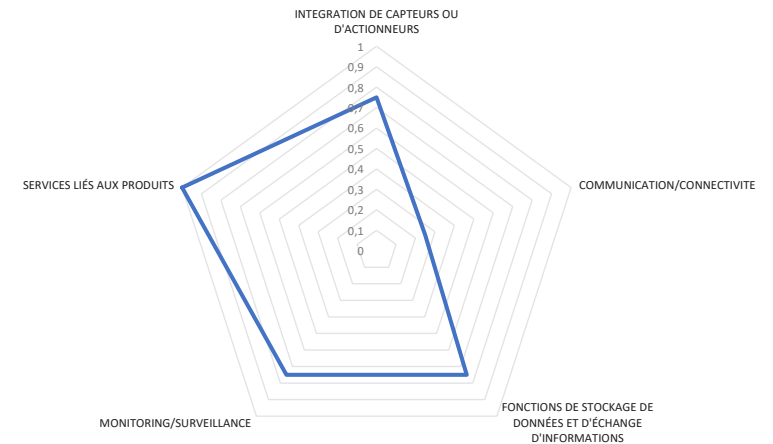


- Un troisième groupe est révélateur d'une catégorie d'entreprises avec un développement maîtrisé. Les radars composant et entreprise sont parfaitement en phase. Ce profil d'entreprises développe un niveau de mécatronicité produit compatible avec son niveau de développement mécatronique (pas de radars présentés).
- Un quatrième groupe, représenté par une entreprise C, présente un profil d'entreprise qui n'a pas de production, méthode.
- Une dernière entreprise présente un radar composant avec un tropisme « intégration de capteurs ». L'entreprise a développé des compétences en interne (vente, innovation) et développe sa partie industrie. À noter que plusieurs compétences sont externalisées (juridique, RH, comptabilité) au niveau de l'entreprise mère. Le potentiel de développement produit est fort (pas de radars présentés).

## Évaluation de l'Entreprise C



## Évaluation produit de l'Entreprise type C



# 2

## Quels changements pour l'entreprise ?

## Préalable : motivation/origine du changement ?

- Externe : Marché, client
- Interne : **stratégie d'entreprise** (pour de la croissance)

## Définition

Projet **d'entreprise majeur et global** – Impact à tous les niveaux à considérer. La fiche est une introduction à tous les changements attendus de l'entreprise (son produit, son outil de production/service, la relation client/marché). La transformation est à conduire avec une vision interne et externe. C'est un point clé de l'appréhension. Cette transformation est soit proactive, soit suivie, c'est-à-dire liée aux évolutions des marchés/clients.

## Introduction à la transformation d'entreprise

À l'heure actuelle, les entreprises doivent s'adapter à l'évolution du marché et aux attentes des clients pour prospérer. Ce postulat est d'autant plus vrai dans un monde où **la numérisation** et l'autonomisation se répandent à toute vitesse.

Très souvent, les changements nécessaires à la compétitivité ne se limitent pas à l'adoption d'une nouvelle approche managériale ou au réajustement d'une chaîne logistique, loin de là. En effet, parmi les multinationales les plus florissantes à avoir connu une croissance exponentielle ces dix dernières années, certaines se sont entièrement transformées.

Relativement nouveau, le terme « transformation d'entreprise » est d'abord apparu dans les secteurs de l'informatique et du conseil en management. Les experts de ces deux secteurs reconnaissent que les changements externes du marché justifient une refonte complète du fonctionnement d'une entreprise.

En d'autres termes, il faut revoir l'ensemble de son modèle opérationnel et modifier en profondeur ses processus, sa technologie et son personnel. Toutefois, une transformation d'entreprise ne se limite pas à une amélioration ou une numérisation du système. Elle doit aboutir à un changement de mentalité et à la conception d'une stratégie d'entreprise évolutive.

## Qu'est-ce qu'une transformation d'entreprise ?

La transformation d'entreprise est un terme générique qui décrit tous les processus de transformation opérationnels, culturels ou **numériques**, qu'une entreprise met en œuvre pour s'adapter à l'évolution du marché. Son objectif est de créer davantage de valeur, d'améliorer la satisfaction des clients et de réduire les coûts.

Même si le terme « transformation d'entreprise » semblait assez simple à première vue, il désigne un concept complexe qui dissimule différentes couches. Une transformation réussie s'étale sur plusieurs mois voire années. Étant donné que sa portée est large et qu'elle concerne toutes les divisions de l'organisation, la transformation d'entreprise doit être menée par la direction.

Il revient au PDG ou au Conseil d'administration de prendre en charge toutes les activités relatives à la transformation d'entreprise et de redéfinir la vision de l'entreprise. En décomposant l'ensemble du modèle d'entreprise et en déterminant les changements à apporter aux processus, aux parties concernées et aux systèmes, ils sèment les graines d'une augmentation de valeur.

### Les 5 avantages de la transformation d'entreprise

La transformation complète d'une entreprise n'est pas une mince affaire. Elle requiert des décisions stratégiques intelligentes qui prennent en considération **les capacités individuelles de l'entreprise**. Si elle est mise en œuvre correctement, les avantages sont multiples. Il importe de noter que la transformation est peut-être le seul et unique choix d'une organisation si elle souhaite maintenir ou augmenter ses parts de marché sur le long terme.

#### Voici les cinq avantages de la transformation d'entreprise :

1. **Amélioration de l'efficacité** : les nouvelles technologies intégrées fournissent une autonomisation intelligente qui favorise la simplification des processus de production. L'informatique intelligente fournit des données instantanées pour la prise rapide de décisions.
2. **Hausse de la productivité** : en adoptant des technologies numériques, les entreprises peuvent optimiser leur production et limiter leur gaspillage. Grâce à la production automatisée et aux analyses de données, il est plus facile de prédire et de gérer les besoins en matériel.
3. **Retour sur investissement** : la hausse de l'efficacité et de la productivité se traduit par un meilleur retour sur investissement. De nombreuses entreprises hésitent à investir massivement dans la numérisation de leurs systèmes, alors que cette transformation porte généralement ses fruits au bout d'environ 5 ans.
4. **Hausse de la durabilité** : la transformation d'entreprise permet aux entreprises de mettre en œuvre des systèmes intelligents de gestion de l'énergie et de la maintenance. En poursuivant et en atteignant ses objectifs de durabilité, une

entreprise peut protéger l'environnement, et renforcer son image publique et améliorer sa rentabilité opérationnelle.

5. **Renforcement de la sécurité** : l'automatisation des lignes de production permet de réduire au maximum l'intervention humaine. La robotique et l'intelligence artificielle offrent une meilleure maîtrise et protègent les travailleurs en remplaçant les humains dans des situations dangereuses.

### Besoins à satisfaire dans le cadre de la transformation mécatronique : Quoi faire ? Comment faire ?

#### Points à faire évoluer en interne :

- Améliorer/transformer radicalement le processus d'innovation, la Supply chain et la production (ex. : la sécurité/qualité/agilité-flexibilité des lignes de fabrication)
- **Besoins de compétences nouvelles** :
  - Savoir-faire techno et plus particulièrement les compétences numériques,
  - Management de projet,
  - Management de produit,
  - Organisation humaine, savoir-être,
  - Intensification des relations internes,

#### Points à faire évoluer en externe :

- **Gagner de nouveaux marchés** et de nouveaux services
- **Faciliter l'utilisation** de ses produits chez les futurs clients (produits connectés, softs, algorithmes, systèmes numériques/digitaux)
- **Relations clients intensifiées** et/ou avec de nouveaux clients (chapitre 10)
- **Relations fournisseurs intensifiées** ou nouvelles
- **Le produit s'accompagne de plus en plus de services à valeur ajoutées** pour le client.

## Clés de la réussite et Points de vigilance

- Revoir l'approche client dans le business commercial et le marketing (revoir le couple produit/service) (chapitre 10)
- Prise en compte du processus complet du Time to Market (notamment le passage de maturité conception/fiabilité du TRL 4 à TRL 7)
- Revoir ses processus d'innovation et d'intégration de nouvelles technologies (Chapitre 11)
- Revoir ses processus de production et de support client (local, distant)
- Revoir l'organisation (chapitre 6)
- Prévoir l'exploitation des data dans ses relations clients/fournisseurs (sécuriser, contractualiser, analyser, monétiser)

## Outils :

- Plusieurs outils définis et détaillés dans les chapitres suivants

## Bonnes pratiques et retours d'expérience réussies sur le terrain (témoignages d'adhérents/experts sur des expériences réussies en mécatronique)

- Etre accompagné par ARTEMA
- Accompagnement externe par cabinets/conseils (à consolider par expériences adhérents)
- Accompagnement par des partenaires locaux (pôles de compétitivité, régions, ...)
- Conseils en transformation

## L'essentiel à retenir :

- Projet d'entreprise stratégique **majeur et global**
- Typologie d'approche (proactive ou mode suiveur)
- Vision **interne et externe.**

## EXEMPLE

### Entreprise du futur : digitalisation du processus physique d'une usine

L'évolution du marché des motoréducteurs pilotés par des variateurs en armoire vers des systèmes décentralisés, spécifiques à chaque application, livrés en délai court (< 5 jours), simples à mettre en œuvre et communicants (traçabilité et maintenance prévisionnelle), nécessite une transformation en profondeur de l'entreprise.

Dans ce contexte, l'entreprise a engagé une transformation digitale pour assurer la synchronisation entre les flux physiques et d'information.

Par une démarche basée sur les principes du Lean, les processus de fabrication et la chaîne logistique sont optimisés en permanence avec un objectif double : augmenter la productivité et améliorer la qualité de vie au travail des salariés.

Ci-dessous l'exploitation d'une brique de la digitalisation :

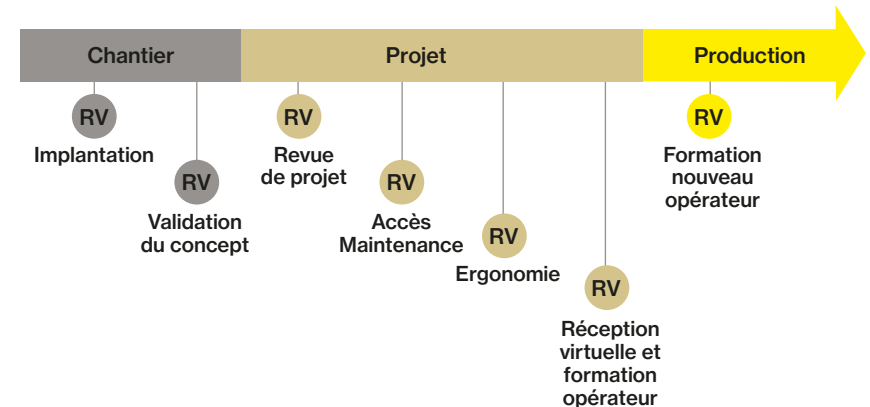
### Projet de réalisation d'un nouveau processus de fabrication

#### Situation de départ :

La société souhaite automatiser ses flux de production et d'information par la mise en place d'une chaîne numérique (jumeaux numériques) dont l'homme se trouve au cœur des prises de décision. L'exemple porte sur l'utilisation de la réalité virtuelle comme outil de collaboration des équipes de conception, de pilotage et d'exploitation d'un équipement de production.

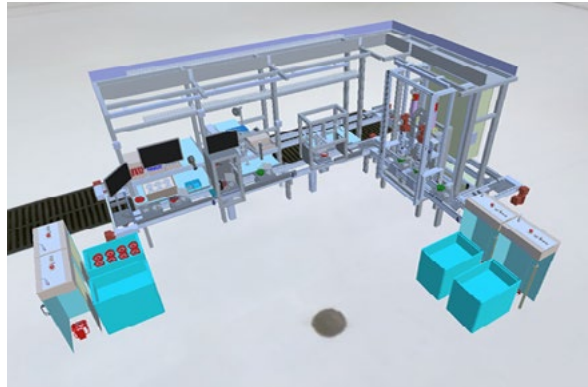
#### Les étapes principales mises en œuvre :

1. Création d'un groupe pluridisciplinaire représentatif du périmètre d'étude, revue du projet (coût - qualité - délais) et validation des étapes clés dans un contexte « bon du premier coup » ;

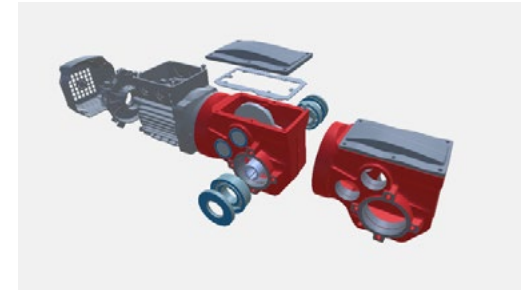


2. Conception du processus pour établir une implantation cible ;
3. Immersion en réalité virtuelle pour critique de l'implantation et / ou des postes de travail ;

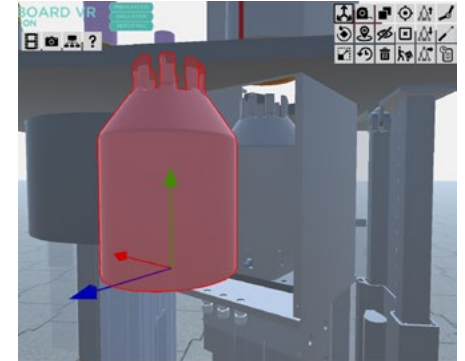
4. Mise en évidence des points bloquants : interface opérateur, interaction entre opérateurs et équipements (machines, robots, AGV, etc...), accès maintenance ;
5. Diffusion des orientations proposées par le groupe de travail à l'organisation globale pour garantir la continuité de l'information ;
6. Test et validation de l'équipement de production avant le lancement des achats de matériel ;



7. Formation en permanence du personnel pour le montage de produits afin d'initier les nouveaux arrivants aux bonnes pratiques et à l'utilisation des outils de production ;



8. Formation des agents de maintenance pour le dépannage des nouvelles installations.





# 3

## Marketing de l'innovation

## LE MARKETING DE L'INNOVATION

**est l'ensemble des méthodes ou pratiques marketing destinées à un environnement d'innovation. Il inclut les activités de marketing dans le processus d'innovation. Cela inclut la recherche sur les besoins des consommateurs, les tests des consommateurs ou la vente de nouveaux produits.**

Le marketing de l'innovation implique toutes les entreprises en plein lancement de nouveaux produits. Il concerne essentiellement le marché des nouvelles technologies qui est en situation d'innovation permanente.

## LE MARKETING OPÉRATIONNEL

**inclut l'ensemble des actions nécessaires à l'atteinte d'objectifs fixés. Cela commence avec la mise en œuvre du marketing stratégique (analyse du contexte commercial afin de définir des recommandations d'action et de fixer des objectifs quantifiables) jusqu'au passage à l'action.**

Il s'agit de définir les moyens opérationnels ou les leviers à actionner pour la fidélisation de la clientèle ou la génération de trafic dans les points de vente physiques ou digitaux. Communication, publicité et marketing digital (sites internet, réseaux sociaux, emails) sont les principaux outils du marketing opérationnel organisé selon les composantes du mix-marketing : prix, produit, distribution et communication.



Le marketing opérationnel est aussi appelé « marketing mix », et repose sur quatre axes : Politique de distribution («Lieu»), Politique de communication («Promotion»), Politique produit («Produit»), Politique de prix («Prix»).

La principale fonction du « marketing mix » est donc de créer de la valeur ajoutée à court terme en mettant en place des actions structurées et directes : développer une nouvelle gamme de produits, déterminer les prix de vente, sélectionner les canaux de distribution, développer les actions médias, segmenter la population cible, etc.

## DÉMARCHE DE MISE EN ŒUVRE

L'innovation peut être incrémentale, de rupture et en lien avec une nouvelle activité (ex. : produit mécanique vers produit mécatronique). L'objectif visé, les efforts et les moyens à mettre en œuvre peuvent être plus ou moins importants ainsi que les risques associés. Une nouvelle activité peut ressortir comme une innovation de rupture pour l'entreprise. L'innovation incrémentale est l'innovation la plus courante. L'innovation de rupture est plutôt perçue comme une nouvelle activité de l'entreprise.

Il s'agit donc de :

- Tester les clients, les usagers, sur un concept de produit, de service, dans le but de définir les contours du besoin (Démarche itérative)
- Evaluer le bénéfice de l'innovation proposée chez le client
- Evaluer et valoriser les efforts en développement R&D et technico-économiques prévisionnels
- Mener des études de marché dans le but, de cibler et prioriser les différents secteurs, de quantifier le marché...
- Déterminer les contraintes, les usages et les accès au marché (normes, règlements, contrats, etc...)
- Déterminer ou affiner le business model
- Calculer du TRI (Taux de Rendement Interne) prévisionnel
- Obtenir le GO pour le développement R&D ou le NO GO si les conditions ne sont pas réunies

- Déterminer et évaluer les risques d'acceptation par le marché
- Déterminer les risques technologiques (Dans le cas d'une innovation de rupture)

#### Et potentiellement de :

- Détecter et anticiper les besoins futurs liés au concept lors des présentations tests, mettre en œuvre un nouveau programme d'étude associé....

#### Clés de réussite et points de vigilance

- Bien comprendre les objectifs à atteindre, les pratiques et outils à mettre en œuvre et mesurer, en termes de retour, l'efficacité de la stratégie
- Evaluer le bon panel de clients (les innovateurs vs les suiveurs) prêts à accepter l'innovation proposée
- Pour les tests d'usage, faire en sorte que le client puisse se projeter et utiliser un support comme un proto, une maquette, une documentation test....
- Pour l'illustration et la présentation des documents supports : faire appel à un service de communication externe et/ou interne
- Le panel de clients sélectionnés permet d'affiner progressivement les besoins en fonction des retours client sur le produit, le service.
- Créer une bonne synergie entre l'approche produit et l'approche service
- Distinguer les différents segments clients, influenceurs, utilisateurs finaux, etc...dans la perspective de mise sur le marché
- Se rendre disponible pour venir plusieurs fois rencontrer les utilisateurs
- Pour les études de marché, deux possibilités : faire appel à de la sous-traitance ou mener des études en interne. La sous-traitance permet de préserver un anonymat (enquête clients potentiels) et d'éviter de révéler certaines informations stratégiques à des concurrents.
- Répondre aux objectifs stratégiques et économiques de l'entreprise (décisions GO ou NO GO)

#### Points de vigilance :

- Généralement l'innovation incrémentale peut permettre une prise de décision rapide alors que l'innovation de rupture est plus complexe à conduire, la prise de décision nécessitera plus de temps
- Anticiper les choix sur un futur produit au delà d'une demande émanant d'un grand client.
- Lors des entretiens avec les clients, ATTENTION à ne pas s'engager trop vite sur une date de mise sur le marché, sur un prix de vente...
- Le marketing doit d'abord convaincre en interne avec les bons arguments et en fournissant les bons outils aux forces de ventes

#### Outils :

- Enquêtes et tests usagers (Démarche itérative) avec comme support, une documentation test, un proto, une maquette...
- Etudes de marchés (significatifs) : périmètres à associer à l'étude ou plus ciblée si déjà bien avancée
- Benchmark : études par rapport aux concurrents, connaissance des gammes, positionnement, prix marché...
- Méthode proactive pour identifier le besoin client (ex : apporter une réponse à des problèmes identifiés avec lui)
- Site web et réseaux sociaux (X) pour faire du marketing digital avec parfois une date cible de mise sur le marché du produit (en phase de lancement)
- Outils d'aide à la décision : matrices chiffrées, logiciels ad'hoc (balance sheet), outils de valorisation interne (Taux de Rendement Interne et coûts- investissements et projection sur x années- type EXCEL).

## Bonnes pratiques et retours d'expérience réussies sur le terrain (témoignages d'adhérents/experts sur des expériences réussies en mécatronique)

- Décisions GO ou NO GO, plusieurs organisations possibles : service marketing seul, comité de développement interne, comité innovation (plusieurs BU), qui valident le portefeuille d'innovation... : présentation sous la forme de témoignage client ;
- Exemple IoT (Valeur ajoutée apportée au client) ;
- Usage et exploitation de la documentation test avec le soutien d'un Designer ;
- Protocole OPC UA : protocoles qui existent déjà sur nos produits. Une étude de marchés permet de se projeter sur la nécessité de migrer ou non vers ce nouveau protocole ;
- Clients avec un impact majeur ;
- Anticiper les choix sur un futur produit au-delà d'une demande émanant d'un grand client ;
- Ces tests sont réalisés en général sur nos produits entre un TRL3 et TRL5. On les met notamment en œuvre sur nos produits mécatroniques IoT, par exemple à destination des équipes maintenance dans les usines.

### L'essentiel à retenir :

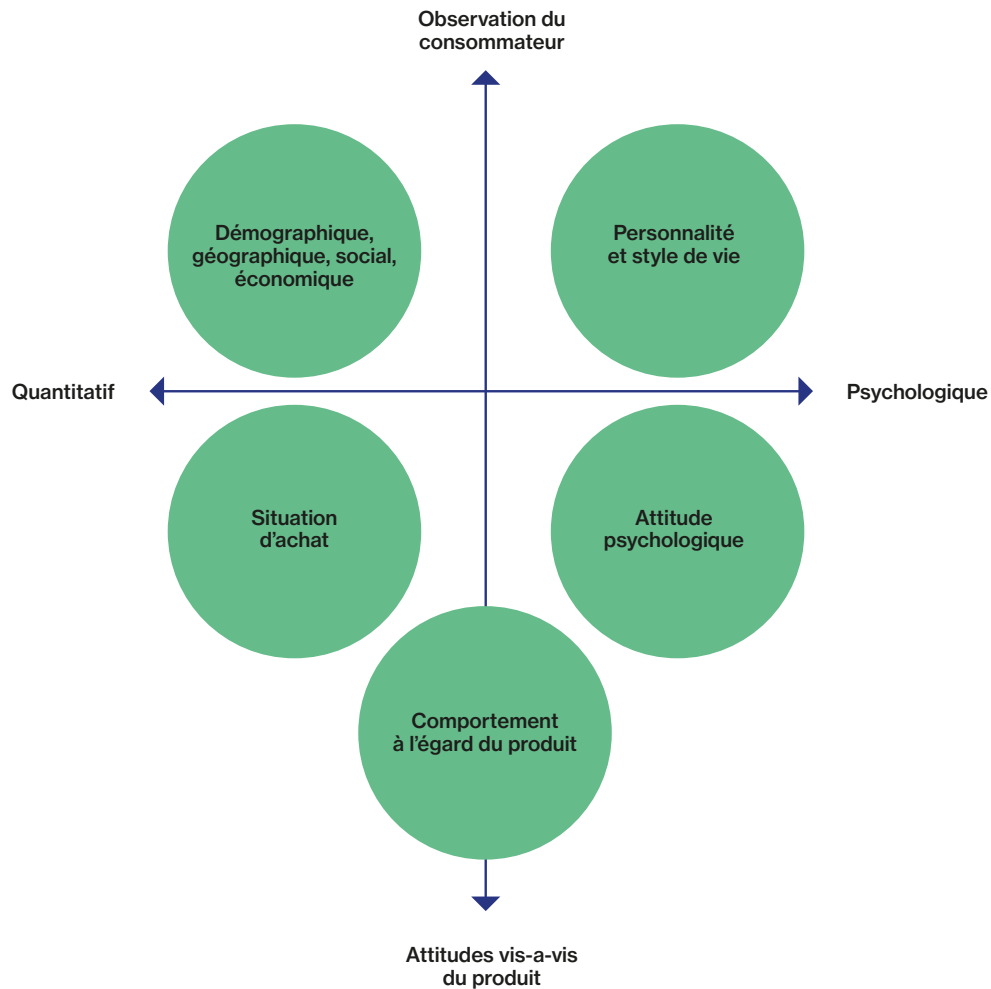
- Bien comprendre les attentes du marché
- Déployer les outils adaptés pour confirmer les besoins identifiés par les clients/marchés
- Accepter une prise de risque minimale

## EXEMPLES

### Les bonnes pratiques de présentation devant un client

#### 1-Tester les réactions d'un client devant un proto/produit

Réaliser les tests d'usage en présentiel (éventuellement un entretien par visio mais pas plus) et dans l'environnement de l'utilisateur :



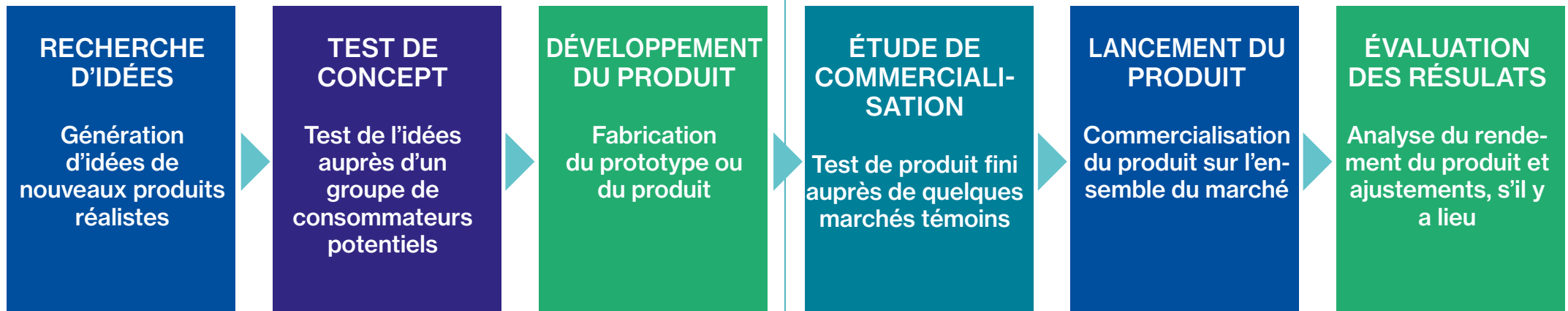
- Bien mettre à l'aise et en condition l'utilisateur : on ne le juge pas lui mais on juge notre proto/produit. C'est lui l'expert et il n'y a pas de mauvaise réponse/réflexion
- Interférer le moins possible dans les pratiques habituelles de l'utilisateur pour observer comment le proto/produit entre dans son quotidien/ses habitudes
- Enregistrer au maximum les échanges ou observations (audio, photo et vidéo) ça permet de fluidifier l'échange et surtout de pouvoir réécouter/revoir/partager des éléments qui ne paraissent pas forcément importants sur le moment
- Ne pas avoir peur des «blancs» dans l'échange qui sont aussi des temps de réflexion pour l'utilisateur
- Ne pas chercher à tout expliquer, laisser aussi l'utilisateur «seul» face au proto pour voir ce qu'il en comprend sans pour autant l'abandonner s'il demande de l'aide
- Ne pas forcer la main, si un utilisateur ne se sert pas d'un proto/produit, chercher à comprendre pourquoi (lier au produit ou raison externe ?)
- Ne pas prendre tout ce qui est dit ou demandé par l'utilisateur pour argent comptant mais analyser les réactions
- Mettre en avant des fonctionnalités ou usages particuliers qu'on veut tester même s'ils ne sont pas représentatifs du produit final

**2-Tester les réactions d'un client en présentiel devant une documentation ou présentation Powerpoint sur un produit ou un service.**

**3-Tester les réactions d'un client en distanciel devant une documentation ou présentation Powerpoint sur un produit ou un service.**

## Valider l'intérêt des clients vis-à-vis d'une nouvelle offre de produits innovants sur un marché très concurrentiel sur lequel l'entreprise est déjà implantée

**Projet BlueSky (2012)** : Evaluer l'intérêt des clients vis-à-vis d'une nouvelle offre d'automates communicants pour répondre aux nouvelles attentes du marché en termes d'Edge Computing et IoT (Internet des Objets). Il s'agit d'un nouveau business model pour l'entreprise X qui va intégrer la notion de service avec une offre de produits immatériels (abonnements plateforme). Le maître mot des automates société étant « easy to use » (facilité d'utilisation), l'objectif est de permettre à n'importe quel utilisateur sans connaissance en Information et Technologie (IT) de développer une solution IoT.



Les étapes principales mises en œuvre ont été :

1. Sur la base de la gamme actuelle, les équipes marketing, commerciales et R&D ont formalisé les axes d'évolutions potentielles apportées par les nouveaux produits en termes de fonctionnalité et de services associés. L'objectif étant d'attirer l'attention sur les points de ruptures vs les solutions actuelles, afin de mesurer l'intérêt des marchés et le cas échéant d'ajuster les concepts.
2. Identification d'un panel de clients (intégrateurs, distributeurs) susceptibles d'avoir une contribution technique et commerciale sur la proposition de valeurs de la nouvelle offre.
3. Organisation d'un séminaire avec ce panel de clients dans un lieu convivial et valorisant afin de recueillir leurs retours. Ce séminaire a été mené par les équipes commerciales et marketing.
4. Analyse des informations issues du séminaire. Cela a permis de confirmer le projet et préciser des besoins sous-jacents liés à l'offre de service.
5. Mise à jour du business plan et des cahiers des marketing, produits et services liés à cette nouvelle offre.
6. La suite est une phase classique de développements de produits et services avec en parallèle l'analyse des idées brevetables.

## Solution IoT dans le cadre de la gestion des mesures pour la traçabilité, alerte et supervision des données sécurisées

### 1-Configuration et intégration d'un capteur autonome et déplaçable

La solution envisagée repose sur l'intégration de capteurs sans fil avec enregistreur de données. Une passerelle (filaire ou en 4G) relaie des données utiles vers une plateforme cloud ou un logiciel client.

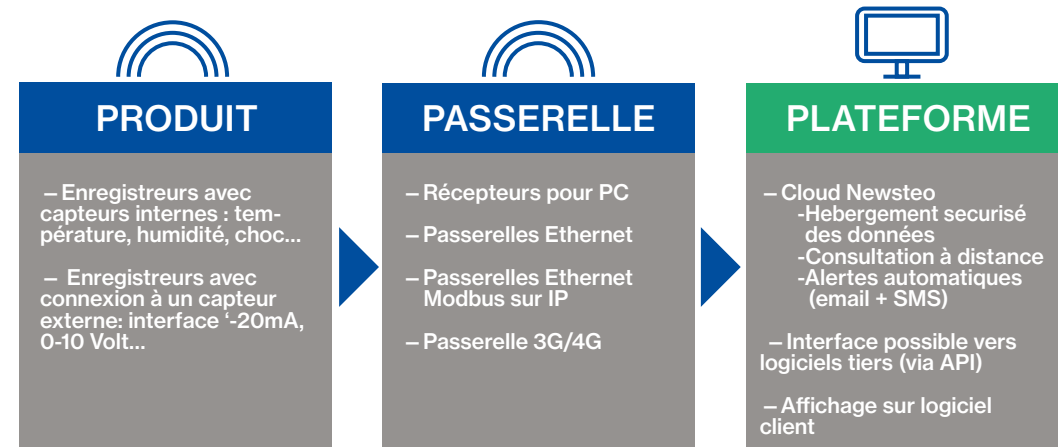
Le choix du capteur, son autonomie, son positionnement spatial, son alimentation, les fréquences de mesure, les portées des ondes radio, les évolutions à prévoir sont des critères déterminants. A cela viennent s'ajouter d'autres critères :

- **Réseaux** : utiliser les bandes fréquences existantes ou pas, pour quelle communication (matériel, affichage) ?
- **Plateforme** : choisir entre une solution intégrée webmonitor ou le logiciel client (via API, modbus ou sur IP).

Le déploiement de solutions sur mesure les OEM s'adresse à de gros volumes de commandes. Cela passe par plusieurs étapes :

1. Conception
2. Hardware (intégration du capteur client), logiciel (réception/archivage de données avec interfaces clients), mécanique (intégration d'un boîtier dans la solution client)
3. Transmission
4. Utilisation des bandes radio ISM avec passerelle dédiée
5. Prototypage
6. Fabrication en série

## 2-Cas d'usage



- **Airbus – cabines de peinture** : Il s'agit de contrôler la température et le taux d'humidité d'une cabine de peinture. Grâce à la grande portée radio, les relevés peuvent se faire directement sur PC (antenne sur clé USB). Un stockage en local garantit une sauvegarde des données (historique) facilement téléchargeables.
- **Berry international – câbles sous-marins** : Les consommations d'énergie des équipements sont enregistrées en mode automatique (initialement manuel). Les impulsions sont stockées (cloud) avec supervision (Webmonitor).
- **Step – entrepôts froid régulé** : Les données de températures de l'entrepôt passent par une passerelle centralisée ModBus sur IP puis un automate (API) qui gère la régulation.
- **Sites anciens – milieu extérieur sévère** : La sécurisation d'un site très ancien, accessible à l'homme, nécessite la surveillance de certains paramètres : inclinaison, fissuration, vibrations. Ici c'est la robustesse, l'étanchéité boîtier (IP 65) et l'autonomie de l'instrumentation qui priment.

# 4

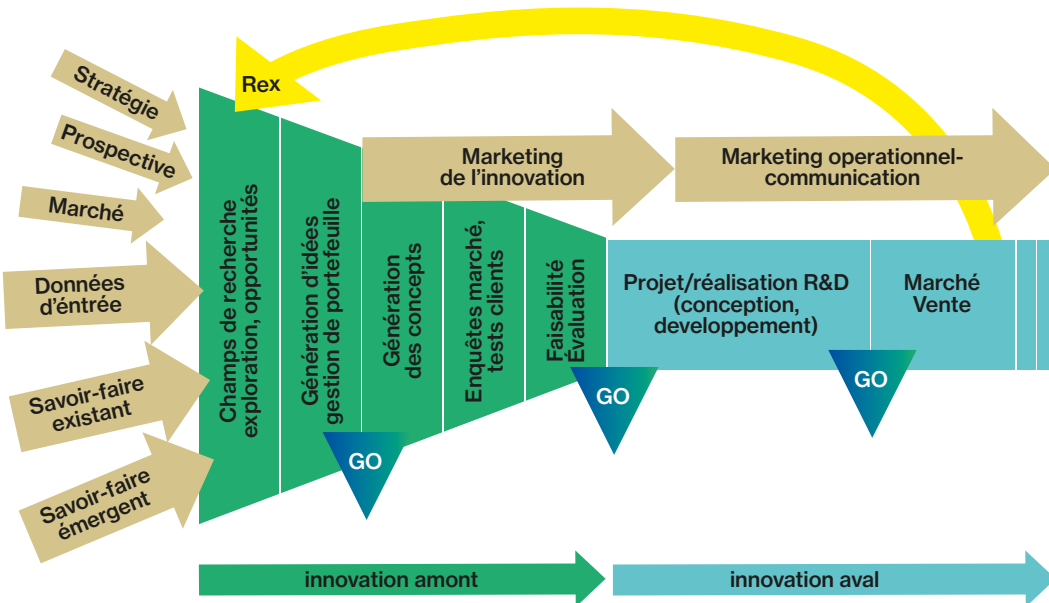
## Management de l'innovation



## DE QUOI S'AGIT-IL ?

**Le management de l'innovation est la mise en place des techniques et outils de gestion qui peuvent assurer les conditions favorables au développement d'innovations sur le plan pratique.** En management de l'entreprise, l'innovation est parmi les besoins principaux de l'entrepreneuriat (start-up, PME, grands groupes...), ce besoin est considéré comme une fonction transverse qui a pour objectif d'assurer la production d'innovations le plus possible, c'est-à-dire d'offres innovantes (technologiques, industrielles...). L'innovation est, dans cette situation, un processus managérial qui consiste à développer concrètement l'existant de façon continue pour lui assurer une meilleure compétitivité et une progression dans son activité et son écosystème.

Ce processus définit en conséquence pour une organisation (ou un ensemble d'organisations), les actions, les choix et les structures dans le cadre de son management général, pour favoriser l'émergence, décider du lancement et mener à bien ses projets d'innovation. Les actions et les décisions de management de l'innovation se déploient à deux niveaux de responsabilité de l'organisation : le management stratégique de l'innovation et le management opérationnel des projets innovants.



Pipeline du management de l'innovation

Les techniques de gestion de l'innovation et d'organisation ainsi que les outils de travail permettent à une entreprise d'optimiser son pouvoir d'innovation, notamment :

- L'innovation ouverte : mode d'innovation reposant sur le partage et la coopération entre les entreprises (start-ups par exemple)
- Le crowdsourcing
- Les lead users
- Le design thinking
- Le brainstorming et le challenge-storming
- La co-idéation.

## DÉMARCHE DE MISE EN ŒUVRE

**La stratégie consiste à mettre en place et piloter une organisation et des processus dans l'entreprise (ressources internes et externes y compris financements, compétences, protection des savoirs) dont la finalité est de mettre à disposition de l'entreprise des services/produits aptes à apporter de la valeur.**

### Besoins à satisfaire dans le cadre de la transformation mécatronique : Quoi faire ? Comment faire ?

- Identifier les compétences nécessaires pour mener à bien l'innovation mécatronique
- Identifier les besoins de l'entreprise et du marché qui sont sources d'accroissement de la valeur
- Evaluer et valider la rentabilité de l'innovation pour l'entreprise (le ratio bénéfice / risque / rentabilité / temps / investissement)
- Financer l'innovation (BPI, UE, CIR, ...)
- Mettre en place une organisation efficiente des compétences et des moyens pour produire de l'innovation en phase avec l'intérêt du marché.

## Clés de réussite et points de vigilance

- Etablir un plan de compétences pour mener à bien le projet d'innovation mécatronique
- Mettre en œuvre le plan de compétences défini
- Préciser les objectifs opérationnels à l'ensemble des collaborateurs de l'entreprise (vision marchés futurs)
- Structurer l'organisation de l'entreprise afin de rendre viable industriellement l'innovation mécatronique
- Créer des équipes projet pluridisciplinaires (formation, profils des intervenants)
- Evaluer le ROI pour justifier le besoin de développer l'innovation
- Mesurer le niveau de satisfaction produit chez le client.

## Points de vigilance :

- S'assurer de la disponibilité des ressources des équipes projet et du financement
- Niveau de TRL (selon un référentiel entreprise et non selon l'état de l'art) : plus c'est bas, plus cela peut être disruptif mais avec un ROI très lointain et hypothétique
- Protéger la propriété intellectuelle (NDA, brevet vs secret, dessin et modèle, confidentialité, dépôt en ligne e-Soleau)
- Intérêt du marché (y compris acceptation du changement)
- Mesurer l'impact sur l'organisation de l'entreprise.

## Outils et moyens :

- Veille sur des produits similaires (en amont dans le processus de management de l'innovation) : évènement déclencheur (ou pas) d'action de type marketing de l'innovation
- Accompagnement avec des cabinets de conseils en recherche de financements : CIR, CII(PME), Appel à Projets, PIA
- Accompagnement avec des conseils en propriété industrielle
- Clusters et pôles de compétitivité de l'innovation mécatronique (Minalogic,...)
- Régions et territoires, CEA, laboratoires/universités, écoles d'ingénieurs, CETIM, IRT
- Cabinets qui font de l'accompagnement sur l'innovation (tests d'idées sur panel experts/clients, R&D, Design thinking, ateliers de créativité)
- Logiciels et plateformes dédiés
- Structures internes utiles pour l'innovation (ateliers de créativité).

## Bonnes pratiques et retours d'expérience réussies sur le terrain (témoignages d'adhérents/experts sur des expériences réussies en mécatronique)

- Définir une équipe projet pluridisciplinaire (en interne et/ou en externe)
- Identifier les compétences y compris les aptitudes humaines pour mener à bien l'innovation mécatronique
- Se faire accompagner par une ressource externe en phase d'acquisition de nouvelles compétences
- Identifier les verrous techniques et les lever (coûts, délai)
- Rythmer le projet avec les partenaires
- Avoir un cahier des charges (ligne fonctionnelle du Minimum Viable Product)
- Faire du codéveloppement (customisation ou nouveaux produits) et/ou de la co-expérimentation avec des clients ou des fournisseurs identifiés
- Echelle TRL « élevé » pour garantir l'aboutissement du projet

- Réaliser des field tests avec des clients représentatifs (qui auront la primeur de la mise sur le marché du produit par rapport à la concurrence)
- Protéger la propriété intellectuelle très en amont (brevets, sous NDA) avec les clients et les fournisseurs et se faire accompagner par des Conseils en Propriété Industrielle (CPI).

#### **L'essentiel à retenir :**

- Structurer l'innovation (équipe, vision du marché)
- Ne pas hésiter à se faire aider (région, cluster, french tech...)
- Protéger sa propriété intellectuelle (IP)

## EXEMPLE 1

### Structurer l'organisation de l'entreprise afin de rendre viable industriellement l'innovation mécatronique

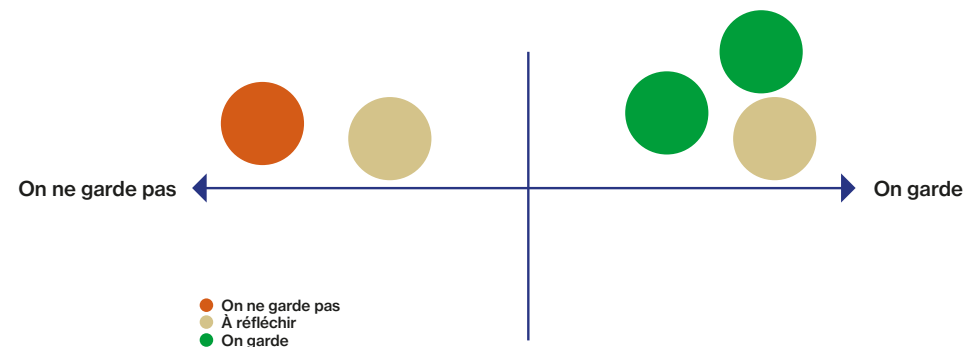
Une société souhaite développer un produit mécatronique qui comprend notamment un capteur constitué de deux parties principales : un corps de capteur et un PCB support de l'électronique. L'équipe interne qui développe ce produit rencontre une problématique technique produit/process nouvelle : « le positionnement du PCB dans le corps du capteur ». Elle fait donc appel à une structure interne pour l'accompagner dans la résolution de la problématique : le CREA'LAB.

#### Voici les étapes principales mises en œuvre par CREA'LAB :

1. Prise en compte de la problématique au sein de CREA'LAB et affectation d'un facilitateur créativité sur le sujet.
2. Ce dernier (par son expérience en créativité et par sa connaissance des services et des compétences internes) décide de s'appuyer sur un des deux outils d'innovation : l'outil « séance de créativité » plutôt que l'outil jeu « emergency crea kit » davantage dédié à des réponses plus immédiates pour des problématiques plus simples
3. Une équipe « séance de créativité » est désignée par le facilitateur et le demandeur (7 experts d'origines variées). La créativité se déroule au sein de la salle dédiée (« J'imagine ») au cours de deux séances de 4 heures (avec une nuit entre les deux séances pour bien « décanter » le problème)
4. La première séance permet de poser le problème. La 2<sup>e</sup> séance est une phase de créativité à proprement dite. Cette séquence a été traitée en 3 temps par le groupe.
  - a. Réflexion individuelle avec des cartes d'inspiration : « Et si on avait plus de place ? », « Et si la solution existait déjà par ailleurs ? », « Et si on changeait le matériau ? » ..... Chaque personne était munie d'une consigne différente.

- b. Restitution collective avec diagramme des affinités : chacun pose son post-it au plus près des post-it similaires => carte mentale
- c. Exercice « Tout est réalisable ». Chaque personne du groupe devait choisir l'idée qu'il aimait le moins et trouver au moins 3 manières de rendre l'idée réalisable.

5. A l'issue de ces séances, environ 15 familles de solutions sont proposées
6. La séquence de classement a lieu en plusieurs temps, pendant et après la séance collective.



- a. Classement spatial des idées sur un mur de la salle selon un axe : du moins généralisable au plus généralisable (solution qui peut s'appliquer à d'autres développements de capteur).
  - b. Frontière au milieu de l'axe : à droite, on garde les idées, à gauche, on ne les garde pas.
  - c. Vote coup de cœur (gommettes) sur les idées gardées
  - d. Après la séance : rédaction de fiches idées avec l'équipe projet restreinte pour aller plus loin dans la concrétisation
7. 2 solutions font au final l'objet de maquettes 3D (par imprimante 3D par ex.), c'est-à-dire de PoC (proof of concept).
  8. Le coaching s'arrête sur un ou plusieurs dépôts e-SOLEAU (preuve datée de création d'une idée).
  9. La suite est une phase classique d'industrialisation avec les équipes prod déjà impliquées en amont dans l'équipe « séance de créativité ».

## EXEMPLE 2

### Déploiement d'une solution SOC (Security Operational Control) en entreprise pour la détection et prévention des menaces

Mise en place d'un outil de surveillance des mesures correctives des incidents de sécurité pour une entreprise dans le secteur des opérations IT.

**Un SOC est défini comme une combinaison d'experts, d'outils et de processus, pour aider à prévenir, détecter, analyser et évaluer les risques de sécurité.**

Dans le cadre de la mise en place d'une telle solution pour un client, la société de services s'est basée sur une approche opérationnelle de terrain qui doit répondre à différents critères en termes de reconnaissance (qui ?), milieu, exploitation, installation (comment ?), et objectifs (dans quel but ?).

Pour la construction d'un SOC personnalisé, la société s'est rapprochée d'un partenaire de confiance, s'est ensuite appuyée sur le référentiel PDIS de l'ANSSI, ainsi que sur son équipe d'experts dans le cadre du déploiement et de gestion de son système de détection d'incidents de sécurité, organisé selon le schéma ci-dessous :

#### BUILD

- Évaluation des besoins
- Définition des objectifs de sécurité
- Stratégie de collecte/Analyse/notification
- Pilotage et management du projet

#### RUN

- Collecte des événements
- Mise en production des règles de détection
- Opérations du service
- Suivi de la performance du service

#### IMPROVE

- Comités de pilotage
- Comités opérationnels
- Cycle de vie des règles de détections

## EXEMPLE 3

### Explorer de nouveaux axes de développement produits à risques marchés minimes et porteurs d'innovation pour l'entreprise

#### Méthodologie de développement de la créativité

Situation de départ : la société souhaite créer de nouvelles opportunités marchés à partir de ses technologies cœurs. Pour cela nous avons utilisé la méthodologie dite de « l'Océan Bleu » : hors des marchés très concurrentiels et encombrés, pour dénicher des marchés prospères. Le pendant de ce type de marché est « l'Océan Rouge ».

Dans ce projet d'entreprise, nous nous sommes fait aider par un consultant pour structurer et guider la démarche.

## BUILD

- Chef de projet  
Évaluation des besoins
- Experts architecture  
Pensent et maintiennent l'architecture de collecte en MCO (Maintenance en conditions opérationnelles)
- Administration réseau  
Configuration l'interconnexion du SOC  
Surveiller l'environnement SOC
- Experts logs  
Élaborent la stratégie de collecte des événements
- Responsables des droits d'accès  
Assurent un cloisonnement et une sécurité des données

## RUN

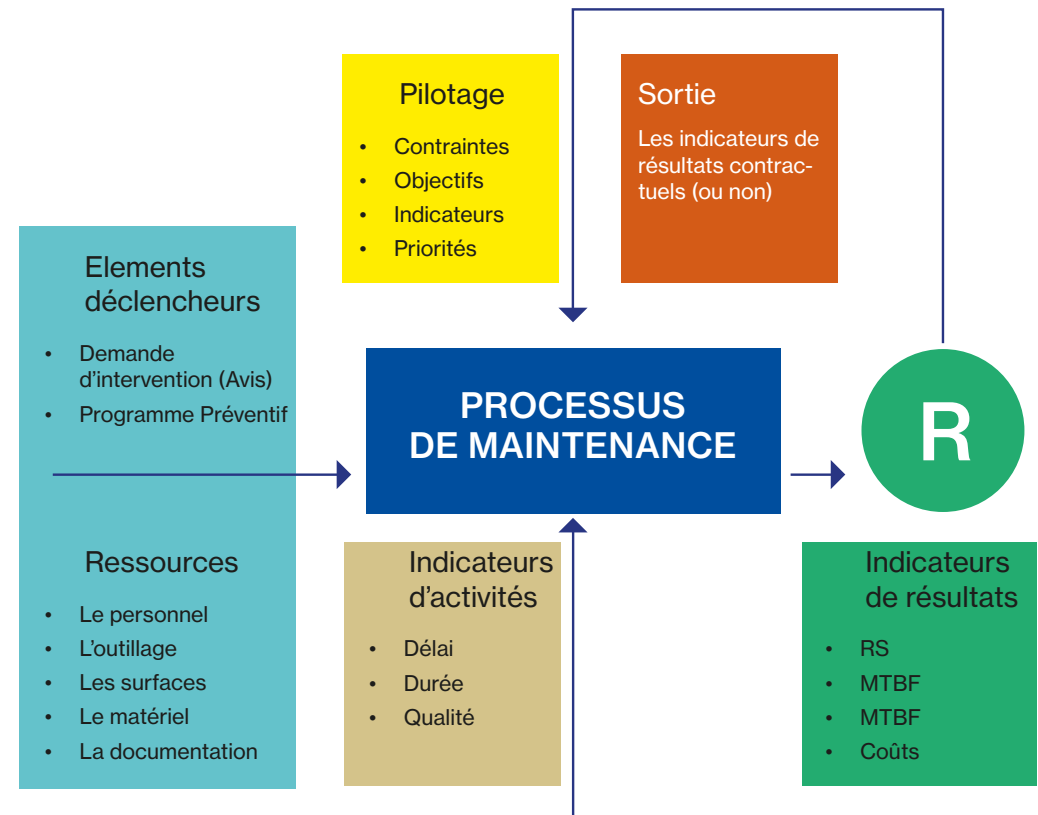
- Team Leader Analyste  
Garant de la qualité du service opéré  
Suivi opérationnel du service (ComOp/CoStrat)
- Analystes N1  
Analyse et qualification des faux-positifs  
Création des tickets  
Investigations et résolution élémentaire  
Mise en application des fiches réflexes et investigation
- Analystes N2  
Investigations approfondies  
Rédaction de rapports  
Prévention, veille et accompagnement  
Création de fiches réflexes
- Experts métier détection  
Améliorent les règles de détection/corrélation  
Réaliment les études des sources à surveiller

## IMPROVE

- Comités de pilotage  
Suivi de l'avancée du projet  
Interne  
Externe  
Echanges sur les points d'achoppement  
Adaptation au contexte  
Questions/réponses
- Comités opérationnels (mensuel)  
Revue des indicateurs de qualité de service  
Alertes détectées/mois  
Incidents qualifiés/mois  
Règles les plus détectées  
Répartition par sévérité  
Nombre d'événements collectés  
Etc.

## Les étapes principales mises en œuvre ont été :

1. Recensement de nos différents marchés, concurrents, produits et savoir-faire.
2. En groupes multidisciplinaires, séances de brainstorming interne orientées marchés et produits.
3. Identification d'un panel de clients (intégrateurs, distributeurs) qui a été interrogé sur leurs besoins en composants mécatronique autour de nos solutions (fonctions, solutions, volumes, coûts, « leurs rêves » ...). Les interviews ont été organisées et menées par des équipes internes pluri-disciplinaires non commerciales.
4. Classement des informations issues du brainstorming interne et des interviews clients en fonction des niveaux de concurrence sur les différents marchés potentiels ? Il en est ressorti une dizaine d'idées (de réalistes à très ambitieuses techniquement).  
Une des idées les plus prometteuses à court terme concerne la maintenance préventive pour les moteurs Brush Less Direct Curent (BLDC) : projet Drive ON. Le marché ne dispose pas de moteur avec maintenance préventive intégrée au moteur (offre hétérogène).
5. Analyse de viabilité marché et technologique des idées retenues sur un court, moyen ou long terme.
6. Recherche de solutions et définition d'une roadmap technologique pour la concrétisation des idées jugées les plus prometteuses.  
Ainsi pour le projet Drive ON, les technologies à base d'Intelligence Artificielle (IA) pour la maintenance préventive ont été retenues. Le nouveau système de contrôle du moteur s'inscrit dans la continuité « Océan Rouge » tout en apportant une innovation incrémentale « Océan bleu ».
7. Recherche de financement pour accompagner le développement de cette innovation.
8. La suite est une phase classique de développement de produits et services avec en parallèle l'analyse des idées brevetables.



FICHE

5

**Vente**



### **Définition :**

**Vendre une valeur ajoutée mécatronique (solutions, produit, services) pour répondre aux besoins des clients (apport d'un bénéfice au client).**

### **Besoins à satisfaire dans le cadre de la transformation mécatronique : Quoi faire ? Comment faire ?**

- Répondre à la demande du marché
- Capacité à s'adapter aux besoins du client en lui apportant une réponse cohérente
- Apporter de l'innovation chez le client et l'accompagner pour créer un nouveau besoin
- Sécuriser le relationnel avec le client
- Faire évoluer une solution client vers une nouveauté plus avancée technologiquement
- Permettre au client de garder une avance technologique
- Proposer une solution mécatronique en phase avec la stratégie du client
- Formation et incitation des vendeurs à avoir une approche projet et technologique liée à la mécatronique.

### **Clés de réussite et points de vigilance**

- Discuter avec le client pour comprendre les différentes facettes de son projet
- S'assurer que la solution proposée correspond parfaitement aux besoins et à l'environnement clients (technologique et compatibilité)
- Prendre en compte le besoin de sécurité des clients (risques, data, communication entre produits)
- Avoir des produits et services « clé en main » (ex. : plug and play)
- Apporter un bénéfice aux clients
- Faciliter l'intégration de la nouveauté
- Apport ou transfert de compétences sur l'utilisation du produit chez les clients.

## Outils :

- Logiciels CRM (chez le fournisseur) et SRM (chez le client)
- Marketing opérationnel : flyers, campagnes de promotion, guides téléchargeables, suivis de salons industriels, sites internet, ...
- Vente automatisée sous format numérique
- Compétences des équipes de vente
- Configurateurs pour sélectionner des produits
- Outils logiciels de définition d'une première approche de la solution client
- Outils de création de produits « customisés »
- Logiciel ou programme de formation à destination du client ou de l'utilisateur final
- Unboxing (sortir un produit de son emballage), social selling (technique qui consiste à utiliser le social media pour se rapprocher des clients.)

## Bonnes pratiques et retours d'expérience réussies sur le terrain

- Former les équipes de vente
- Avoir une force de vente pluridisciplinaire
- Ouverture des équipes aux innovations
- Accompagnement spécifique (mécatronique) des clients
- Veille sur des expériences réussies en innovation
- Diffuser de l'information sur l'innovation mécatronique

### L'essentiel à retenir :

- Être ouvert aux nouvelles technologies/pratiques
- Être prêt à comprendre les nouveaux besoins client
- Être capable de répondre aux nouveaux besoins client
- Accompagner les clients dans le déploiement de nouvelles technologies
- Avoir du contenu pluridisciplinaire pour répondre de manière optimale aux demandes du client

## EXEMPLE 1

### Structurer l'organisation Commerciale de l'entreprise afin de répondre aux besoins des clients, avec la transformation mécatronique

#### L'Ingénieur Application, le support dans les solutions mécatroniques tout au long du processus de vente.

Situation de départ : Une société met sur le marché de plus en plus de produits mécatroniques. Ces produits permettent la remontée d'information vers des systèmes de supervision. Comment promouvoir des produits et solutions sur le marché avec des Ingénieurs Commerciaux de formation Mécanique et Pneumatique ?

#### Solution mise en place : création d'une équipe d'Ingénieurs Applications

#### Etapes principales de création de l'équipe :

1. Analyse du besoin, qualitatif et quantitatif pour le marché
2. Création dans la fiche de poste de l'ingénieur application
3. Lancement du recrutement
4. Formation interne aux produits et applications des Ingénieurs Applications
5. Création d'exemples de solutions adaptées aux besoins clients
6. Création des supports à la vente adaptés
7. Validation sur clients tests
8. Réalisation d'un projet en interne afin de valider le fonctionnement
9. Formation des ingénieurs commerciaux aux bases de l'automatisme
10. Formation des ingénieurs commerciaux aux solutions mécatroniques
11. Accompagnement des ingénieurs commerciaux par les ingénieurs applications chez les clients cibles.

#### Rôles d'ingénieur Application dans le processus de vente :

1. Accompagner les ingénieurs commerciaux en avant-vente afin de promouvoir les solutions mécatroniques chez des clients
2. Définir avec le client le cahier des charges du projet qui permettra aux ingénieurs de développement de réaliser la proposition technique
3. Argumenter la proposition technique et vérifier que celle-ci réponde aux besoins du client
4. Assister le client dans la mise en route de la solution
5. Apporter le support au dépannage de niveau 1.

# CONCLUSION

La tendance de l'industrie du XXI<sup>e</sup> siècle demeure l'industrie 4.0 (également appelée quatrième révolution industrielle). Elle regroupe l'automatisation des procédés et technologies de fabrication, l'échange de données en permanence entre l'homme et la machine via une plateforme numérique, la connectivité des composants (mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, etc.) qui sont au coeur des professions d'ARTEMA, ainsi que l'hybridation électrique permettant une optimisation des transmissions et une meilleure efficacité énergétique.

Les procédés de fabrication industriels deviennent de plus en plus complexes. Aujourd'hui, l'industrie manufacturière est confrontée à plusieurs défis importants, notamment en matière de durabilité de flexibilité et de performance de la chaîne de production. Ces défis découlent de nombreux besoins et facteurs réels tels que le vieillissement de la main-d'œuvre, les changements dans le panorama de la fabrication mondiale et l'adaptation de la fabrication intelligente par la mise en œuvre de méthodes de contrôle intelligentes dans les processus de fabrication.

À l'aide des cinq fiches descriptives dans ce guide ainsi que les cas d'expériences cités, l'utilisateur pourra s'identifier et qualifier le degré de maturité mécatronique de son entreprise dans le cadre d'une transition durable vers l'industrie du futur.

# ANNEXES

## LISTE DES REFERENCES

### • Ouvrages et études :

**Granon Leonida**, « De la PME/PMI manufacturière traditionnelle à l'entreprise mécatronique : étapes clefs et proposition d'un référentiel mécatronique », Thèse en sciences pour l'ingénieur, soutenue à l'université Savoie Mont Blanc en 2017, 304 pages ;

**Liborion Melissa**, « Proposal of a conceptual framework for the digital transformation of companies: analysis of the French mechatronic industrial context », Thèse en sciences pour l'ingénieur, soutenue à l'université Savoie Mont Blanc en 2022, 332 pages ;

**Petit T.** « La mécatronique en Ile-de-France », IAU Ile-de-France, 2017, ISBN 978 2 7371 2019 6 ;

**Fournier P-F.** « Start ups industrielles, un relais de croissance pour l'industrie française », 2022, bpi France ;

**Durand T., Herrsher S., Seraidarian F.** « Technologies organisationnelles pour l'entreprise », 2002, DiGITIP ;

**Perret F.**, « Guide de bonnes pratiques en Innovation Ouverte – aider PME et grandes entreprises à mieux co-innover », pacte PME, 2016.

**Darmayan P.** « Le guide des technologies de l'industrie du futur », Alliance industrie du futur, 2018.

### • NORMES

NF E 01-010 : 2008 – « Mécatronique – Vocabulaire » ;

NF E 01-013 : 2015 - « Mécatronique - Cycle de vie et conception des produits »

### • Remerciements

A tous les adhérents membres de la Commission Mécatronique ARTEMA et plus particulièrement les sociétés :

BERNARD CONTROLS, BOSCH REXROTH, COVAL, CROUZET, EMERSON, HARMONIC DRIVE, LATTY INTERNATIONAL, NORD REDUCTEURS, NORGREN, NTN EUROPE, OI TECHNOLOGIES, PACK'AERO, POCLAIN, SCHAEFFLER, SEW USOCOME

Un remerciement particulier à Olivier CLOAREC (ancien membre de l'équipe ARTEMA) pour son animation au début du projet.



Les industriels de la Mécatronique

Membre de FIM Mecallians

ARTEMA est l'organisation professionnelle de référence des industriels de la Mécatronique.

Elle rassemble 150 entreprises qui conçoivent, produisent, commercialisent et assurent la maintenance des composants, solutions ou systèmes qu'elles fabriquent. Les adhérents sont des PME, ETI ou groupes internationaux des domaines suivants :

Étanchéité industrielle ; Fixations ; Mécatronique ; Roulements et Guidages linéaires ; Transmissions Hydrauliques, Transmissions et Automatismes Pneumatiques et Transmissions Mécaniques.

Ces professions représentent :

- 8,5 milliards de chiffre d'affaires dont 50 % à l'export,
- 35 000 salariés dédiés.

ARTEMA est membre de la FIM (Fédération des Industries Mécaniques) et des comités européens CETOP, EIFI, EUROTRANS et FEBMA.



Comptes ARTEMA disponible sur :



ARTEMA – Maison de la Mécanique – 39 rue Louis Blanc – 92400 Courbevoie

Adresse postale : ARTEMA - CS 30080 - 92038 La Défense Cedex

Email : [info@artema-france.org](mailto:info@artema-france.org) Tel : 01 47 17 63 91

[www.artema-france.org](http://www.artema-france.org)