

Fédérer  
Accélérer  
Transformer

# Jumeau Numérique

**Levier majeur** de la  
**transformation digitale**  
de l'**industrie**

# SOMMAIRE

1. Qu'est-ce qu'un Jumeau Numérique ?	04
2. Valeur du Jumeau Numérique	06
3. Cartographie des cas d'usage	08
4. « Mode d'emploi » des cas d'usage	10
5. Cas d'usage	12
6. Conclusion	36
7. Annexes	37

# LE JUMEAU NUMÉRIQUE

## UN OUTIL AU BÉNÉFICE DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE

### Définition, cartographie de cas d'usage et création de valeur

Concept industriel récent, le Jumeau Numérique offre aujourd'hui aux entreprises de nouveaux usages pour optimiser leurs performances. La présente parution a l'ambition de faire un premier **état des lieux sur la pénétration** de ce concept dans l'industrie en France, puis de présenter à celle-ci le **bénéfice de l'utilisation d'un tel outil**. Pour cela, le groupe de rédacteurs a délibérément adopté le point de vue de présenter des exemples et des cas d'usage. L'objectif est d'éclairer et d'orienter les lecteurs dans leurs réflexions afin qu'ils envisagent leurs propres outils et les fonctions qu'ils veulent y attacher.

**EN EFFET, LE JUMEAU NUMÉRIQUE N'EST PAS UN OBJECTIF EN SOI MAIS UN MOYEN D'OBTENIR CERTAINS BÉNÉFICES. CE DOCUMENT A VOCATION À ILLUSTRER CES BÉNÉFICES.**

Ce document donne une **définition** du Jumeau Numérique et détaille de nombreux **cas d'usage industriels**.

La définition est commentée. Les cas d'usage sont détaillés avec la valeur apportée et les domaines d'application. Une publication future pourra couvrir les moyens de déploiement et d'exploitation d'un Jumeau Numérique, ainsi que les enjeux techniques associés.

Enfin, il est important de considérer cette publication comme une **vision partagée par un groupe d'industriels de notre Filière** enthousiastes par rapport au sujet, et qui souhaite promouvoir ce nouvel outil pour améliorer l'efficacité des produits et des systèmes de production.

Je remercie tous les participants du Comité Technique « Jumeau Numérique » qui, dans le cadre du CORI2DF de notre Filière « Solutions Industrie du Futur », ont contribué activement à la réalisation de cette brochure.

**Frédéric Sanchez**

Président de l'AIF  
Président du Comité Stratégique de Filière  
Solutions Industrie du Futur

# QU'EST-CE QU'UN JUMEAU NUMÉRIQUE ?

Pour être qualifié de Jumeau Numérique, un système doit répondre à ces 3 critères à la fois :

- 1 Un Jumeau Numérique est un **ensemble organisé de modèles numériques** représentant une **entité du monde réel** pour **répondre à des problématiques et des usages spécifiques.**

**Les modèles numériques** peuvent être très variés : modèles géométriques 2D ou 3D, modèles topologiques, modèles physiques et mathématiques, modèles fonctionnels...

Ces modèles sont organisés, c'est-à-dire cohérents et interconnectés pour représenter différentes facettes du jumeau.

Notons que les Jumeaux Numériques peuvent et ont vocation à être assemblés et imbriqués selon l'évolution des usages recherchés et du périmètre étudié (systèmes de systèmes).

**Le Jumeau Numérique doit représenter une entité existant réellement.** On le distingue donc de la maquette numérique réalisée avant la production. Cette maquette numérique n'est donc pas un Jumeau Numérique. En revanche une maquette numérique peut faire partie d'un Jumeau Numérique. Par ailleurs, une fois que la maquette numérique est concrétisée physiquement et synchronisée avec sa réalisation physique, elle devient un Jumeau Numérique.

L'entité étudiée peut être par exemple un produit, une machine, un processus, un service, une usine de production complète...

**Le Jumeau Numérique n'est pas un objectif en soi,** il est un moyen pour répondre à des objectifs spécifiques.

- 2 Le Jumeau Numérique est **mis à jour par rapport au réel,** à une **fréquence** et une **précision** adaptées à ses problématiques et à ses usages.

**Si les modèles ne sont pas alimentés par des données issues du monde réel,** ils ne forment pas un Jumeau Numérique.

Une simple simulation ou un simple modèle n'est donc pas un Jumeau Numérique s'il n'est pas synchronisé avec le réel.

**La mise à jour par rapport au réel** suit le cycle de vie de l'entité étudiée et est calibrée au juste besoin du ou des usages recherchés. La mise à jour ne se fait donc pas nécessairement en temps réel.

**La précision, granularité et contenu,** doit également être choisie selon le juste besoin. Le Jumeau Numérique peut par exemple contenir des formes, états, fonctions, processus, comportements, des attributs, des données opérationnelles, une dynamique, refléter l'environnement...

La précision absolue (du niveau micro-atomique au niveau macro-géométrique) est impossible et non nécessaire.



- 3 Le Jumeau Numérique est doté d'**outils d'exploitation avancés** permettant notamment de :



**Le fonctionnement et le pilotage de l'entité réelle.**

**Les outils d'exploitation avancés permettent de réaliser les objectifs visés.** Ce document détaille un certain nombre d'usages possibles.

Une simple base de donnée non outillée n'est donc pas un Jumeau Numérique.

**Le Jumeau Numérique a toujours un impact sur le jumeau physique.** En revanche, ce lien n'est pas toujours direct et automatisé.

# VALEUR DU JUMENTAU NUMÉRIQUE

Le champ d'application des Jumeaux Numériques est considérable. À la suite de pionniers comme la NASA, le concept de Jumeau Numérique s'est implanté dans l'industrie manufacturière, domaine dans lequel il continue à se développer.

Parmi les domaines dans lesquels les Jumeaux Numériques se développent le plus rapidement :



LE BÂTIMENT



L'USINE



LA VILLE



LES TERRITOIRES INTELLIGENTS

Le Jumeau Numérique est étudié également dans :



LA MOBILITÉ, LES TRANSPORTS ET LA LOGISTIQUE

Jumeau Numérique d'un réseau logistique



LES TÉLÉCOMMUNICATIONS

Jumeau Numérique d'un réseau 5G



LES INFRASTRUCTURES PORTUAIRES ET AÉROPORTUAIRE

Jumeau Numérique d'un aéroport



LES RÉSEAUX ROUTIERS ET FERROVIAIRES

Jumeau Numérique d'une gare ferroviaire

Les Jumeaux Numériques permettent de maintenir à jour une représentation numérique des entités d'intérêt du monde physique dans leur environnement, afin d'apporter une compréhension globale pour une prise de décision optimale.

Les Jumeaux Numériques visent à utiliser des données historiques et actuelles pour représenter le passé et le présent, pour simuler ou même prédire des futurs

Le Jumeau Numérique émerge également dans le domaine des sciences :



SANTÉ

Jumeau Numérique du parcours de soin



MÉDECINE

Jumeau Numérique du cœur humain



BIOLOGIE

Jumeau Numérique de l'océan



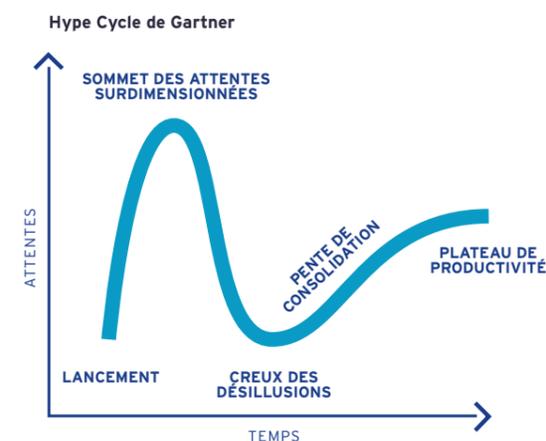
ÉNERGIE

Jumeau Numérique d'un réacteur nucléaire

possibles. Les usages typiques des Jumeaux Numériques vont des utilisations de base telles que la numérisation et la visualisation (par exemple, 2D, 3D, Réalité Virtuelle et Augmentée), à des usages plus avancés tels que la simulation, l'orchestration/gestion/contrôle, ou encore la prédiction (par exemple, grâce à des algorithmes d'Intelligence Artificielle basés sur les informations historiques stockées dans les Jumeaux Numériques).

## Adoption

Dans une étude publiée en juillet 2022,<sup>①</sup> le cabinet Gartner place la technologie du Jumeau Numérique<sup>②</sup> dans le « creux des désillusions » de son cycle du Hype (Hype Cycle for Manufacturing Operations Strategy), signifiant que l'intérêt pour la technologie diminue après avoir suscité des attentes exagérées.



La phase suivante devrait être la « pente de consolidation », dans laquelle de plus en plus d'exemples montrent comment la technologie peut bénéficier aux entreprises, c'est justement un des objectifs de cette publication de montrer de nombreux exemples de cas d'usage du Jumeau Numérique.

Gartner positionne le Jumeau Numérique parmi les technologies « transformationnelles », apportant les plus grands bénéfices, et prévoit son adoption courante dans 2 à 5 ans. La pénétration actuelle de la technologie est évaluée à 1 à 5 % des entreprises et organisations potentiellement bénéficiaires.<sup>③</sup>

**Gartner prévoyait en février 2022 que le marché des Jumeaux Numériques atteindrait 183 milliards de dollars en 2031.**

Notre étude présente de nombreux cas d'usage des Jumeaux Numériques, ainsi que les bénéfices qu'ils apportent dans l'industrie.

Parmi les obstacles à l'implémentation réussie d'un Jumeau Numérique, on peut citer :

- L'absence d'un objectif clair et d'un périmètre défini d'application.
- La complexité liée à la fusion des technologies IT, informatique, et OT, dans l'atelier, qu'implique le Jumeau Numérique industriel.

Il est donc important, comme indiqué dans notre définition, de **construire un Jumeau Numérique pour « répondre à des problématiques et des usages spécifiques »**, de définir des indicateurs de performance et des étapes intermédiaires et aussi d'assurer la collaboration des services informatiques avec la production et les autres parties prenantes au projet.

① Source : Gartner Hype Cycle for Manufacturing Operations Strategy, Simon Jacobson, Janet Suleski, 29 juillet 2022.

② Il est à noter que l'étude de Gartner couvre un spectre plus large que les applications industrielles des Jumeaux Numériques présentées dans ce document, comme les applications dans le domaine de la santé utilisant un Jumeau Numérique du patient.

③ Source : Gartner Hype Cycle for Manufacturing Operations Strategy, chapitre d'analyse de la technologie Jumeau Numérique, Alfonso Velosa, Marc Halpern, 29 juillet 2022.

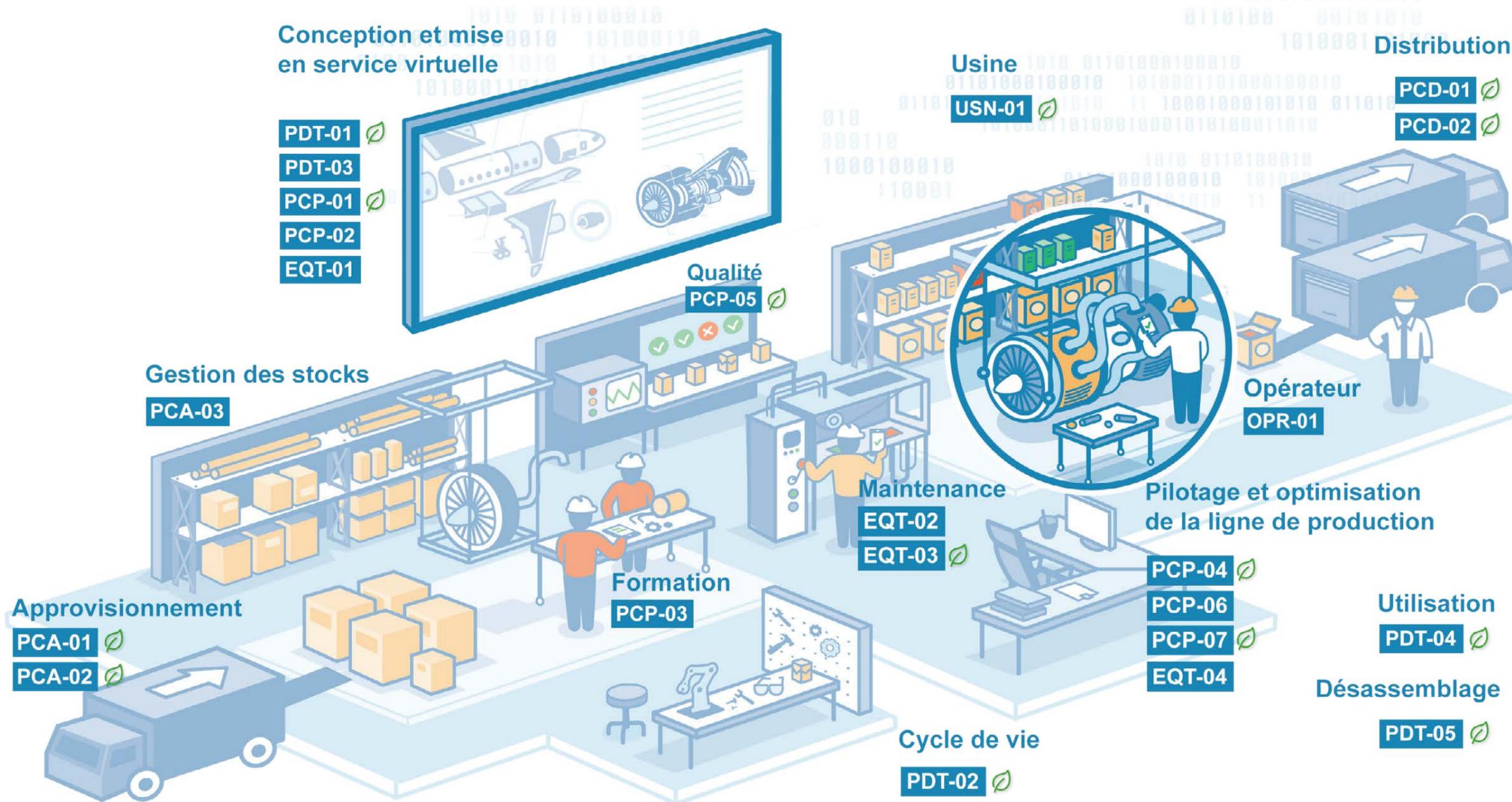


# CARTOGRAPHIE DES CAS D'USAGES DU Jumeau Numérique

Ce chapitre présente différents cas d'usage du Jumeau Numérique dans l'industrie, afin d'en illustrer les bénéfices. Le schéma d'une production industrielle ci-dessous en donne un aperçu global.

- PDT** = cas d'usage Produit
- PCA** = cas d'usage Process Approvisionnement
- PCP** = cas d'usage Process Production
- PCD** = cas d'usage Process Distribution

- EQT** = cas d'usage Équipement
- OPR** = cas d'usage Opérateur
- USN** = cas d'usage Usine
-  = réduction de l'impact environnemental



# « MODE D'EMPLOI » DES CAS D'USAGE

Les cas d'usage sont classés selon :

■ **LA NATURE DE L'ENTITÉ DU MONDE RÉEL REPRÉSENTÉ PAR LE JUMENTAUX NUMÉRIQUE. DANS UN ENVIRONNEMENT INDUSTRIEL, IL PEUT S'AGIR DE L'UNE DES ENTITÉS SUIVANTES :**

- Un **produit** qu'il s'agit de fabriquer
- Un **processus** industriel qui peut lui-même être subdivisé en :
  - Processus d'**approvisionnement** des matériaux et composants nécessaires à la production
  - Processus de **production**
  - Processus de **distribution** du produit fini
- Une **ressource** nécessaire à la production :
  - **Équipement industriel** spécifique : robot, machine à commande numérique... dans l'environnement de la station de travail
  - **Usine** considérée dans son ensemble (bâtiment, lignes de production, équipements)
- Un **opérateur** humain dans son environnement de travail

Les cas d'usage sont présentés dans l'ordre des étapes du cycle de vie de l'entité considérée : conception, production ou mise en service, utilisation, maintenance, recyclage ou démantèlement.



Chaque cas d'usage comporte :

- **UNE DESCRIPTION SUCCINCTE DU CAS D'USAGE, AINSI QUE LES BÉNÉFICES ATTENDUS.**
- **ÉVENTUELLEMENT, UNE ICÔNE QUI INDIQUE SI LE CAS D'USAGE PERMET DE RÉDUIRE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE L'ACTIVITÉ CONSIDÉRÉE.**
- **LA LISTE DES INDUSTRIES POUVANT TIRER BÉNÉFICE DU CAS D'USAGE.**

La liste retenue est issue du premier niveau de la CPA\* de l'Union Européenne. Des regroupements et modifications ponctuelles ont été effectués pour plus de simplicité.

Finalement, la liste des industries considérées est la suivante :

- Aéronautique, trains, navires
- Automobile
- Construction
- Équipements industriels
- Hautes technologies
- Pétrolière et chimie
- Infrastructures de communication
- Matériaux
- Production d'énergie
- Produits de grande consommation
- Produits pharmaceutiques
- Transport

■ **UNE LISTE DE VITRINES DE L'ALLIANCE INDUSTRIE DU FUTUR EN LIEN AVEC LE CAS D'USAGE.**

**Avertissement :** les liens établis entre Vitrines et cas d'usage sont le résultat d'une interprétation de l'AIF, et n'engagent pas les entreprises citées.

■ **QUATRE COUCHES ILLUSTRANT LES DIFFÉRENTS NIVEAUX DU CAS D'USAGE :**

- Les **utilisateurs** identifiés par leurs rôles (Data scientist, responsable qualité...)
- Les **applications** offertes à l'utilisateur pour tirer bénéfice du Jumeau Numérique
- Les **Jumeaux Numériques** et **modèles** de données nécessaires au fonctionnement des applications
- Les **entités du monde physique** représentées par les Jumeaux Numériques

Les entités des trois couches basses (applications, Jumeaux Numériques et modèle, monde physique) communiquent selon des modalités dépendantes de l'architecture adoptée. Ces flux de données entre couches ne sont donc pas représentés.

\*Classification des Produits par Activité de l'Union Européenne

# SOMMAIRE DES CAS D'USAGE

## PRODUIT



- [PDT-01] Amélioration de la conception produit..... 13
- [PDT-02] Traçabilité des impacts environnementaux de la production d'un produit ..... 14
- [PDT-03] Accélération de la réalisation d'un équipement complexe sans attendre la réception de certains de ses composants ..... 15
- [PDT-04] Jumeau Numérique du produit en utilisation ..... 16
- [PDT-05] Réutilisation / Recyclage / Démontage du produit ..... 17

## PROCESSUS



- [PCA-01] Optimisation du réseau d'approvisionnement selon des critères de coût, qualité, délais et impact environnemental ..... 18
- [PCA-02] Optimisation dynamique de la logistique d'approvisionnement ..... 19
- [PCA-03] Gestion optimisée des stocks et de l'approvisionnement de la ligne de production ..... 20
- [PCP-01] Amélioration de la conception des lignes de production ..... 21
- [PCP-02] Mise en service virtuelle d'une ligne de production ..... 22
- [PCP-03] Formation des opérateurs ..... 23
- [PCP-04] Optimisation de la ligne de production ..... 24

- [PCP-05] Amélioration de la qualité produit en fonction de l'historique de production ..... 25
- [PCP-06] Pilotage temps réel de la ligne de production ..... 26
- [PCP-07] Réduction de l'impact environnemental de la ligne de production ..... 27
- [PCD-01] Optimisation du réseau de distribution du produit selon des critères de coût, qualité, délais et impact environnemental ..... 28
- [PCD-02] Optimisation dynamique de la distribution d'un produit aux clients ..... 29

## RESSOURCE



- [EQT-01] Mise en service virtuelle d'un équipement ..... 30
- [EQT-02] Aide à la maintenance ..... 31
- [EQT-03] Maintenance prédictive d'un équipement ..... 32
- [EQT-04] Conception et administration d'une architecture OT/IT d'une usine ..... 33
- [USN-01] Gestion d'une infrastructure industrielle tout au long de son cycle de vie ..... 34

## OPÉRATEUR



- [OPR-01] Amélioration de l'ergonomie du poste de travail ..... 35

# PRODUIT

## [PDT-01] AMÉLIORATION DE LA CONCEPTION PRODUIT



Les Jumeaux Numériques du processus de production et des produits déjà fabriqués sont utilisés pour améliorer la conception des futurs produits.

### BÉNÉFICES

- Réduire le nombre d'incidents de production et améliorer la cadence en concevant des produits plus faciles à fabriquer ou assembler grâce aux enseignements retirés des Jumeaux Numériques des systèmes de production et des produits.
- Améliorer la fiabilité des futurs produits grâce à l'exploitation des données d'usage et de maintenance (casses constatées, types de réparations effectuées...) des Jumeaux Numériques des produits en activité.
- Améliorer l'adéquation des futurs produits aux besoins des consommateurs en analysant la manière dont les produits sont utilisés.
- Introduire ou améliorer l'écoconception des produits.

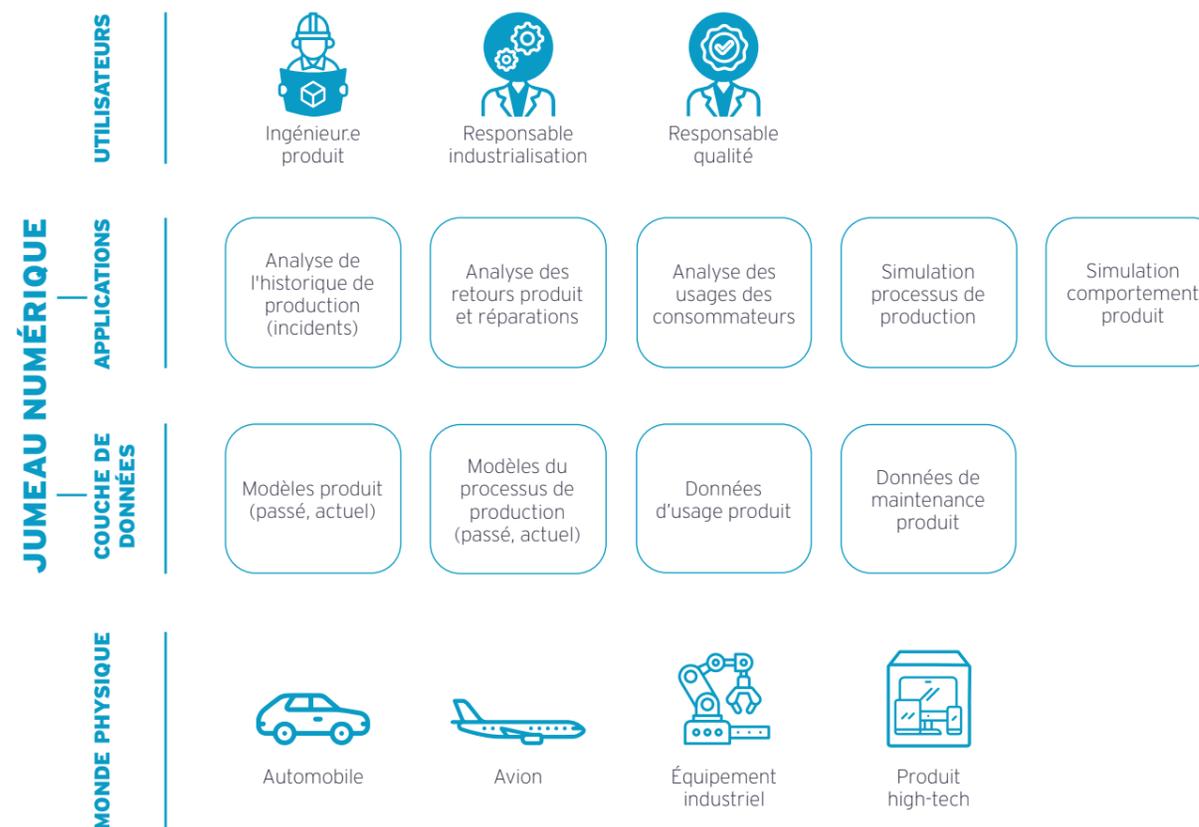
### INDUSTRIES

1. Automobile
2. Aéronautique, trains, navires
3. Construction
4. Équipements industriels
5. Hautes technologies
6. Produits de grande consommation

### VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR



- A2Mac1
- Aptar Pharma
- Cotral Lab
- Fonderies de Sougland
- Framatome
- Gebo Cermex
- Pellenc
- Saunier Duval



## [PDT-02] TRAÇABILITÉ DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DE LA PRODUCTION D'UN PRODUIT



Le Jumeau Numérique du produit incorpore l'ensemble des impacts environnementaux de sa production, de l'extraction des matières premières ou recyclées au stockage en entrepôt ou même à la fin de vie, en passant par la fabrication. Il prend en compte les impacts de la production des composants des sous-traitants.

### BÉNÉFICES

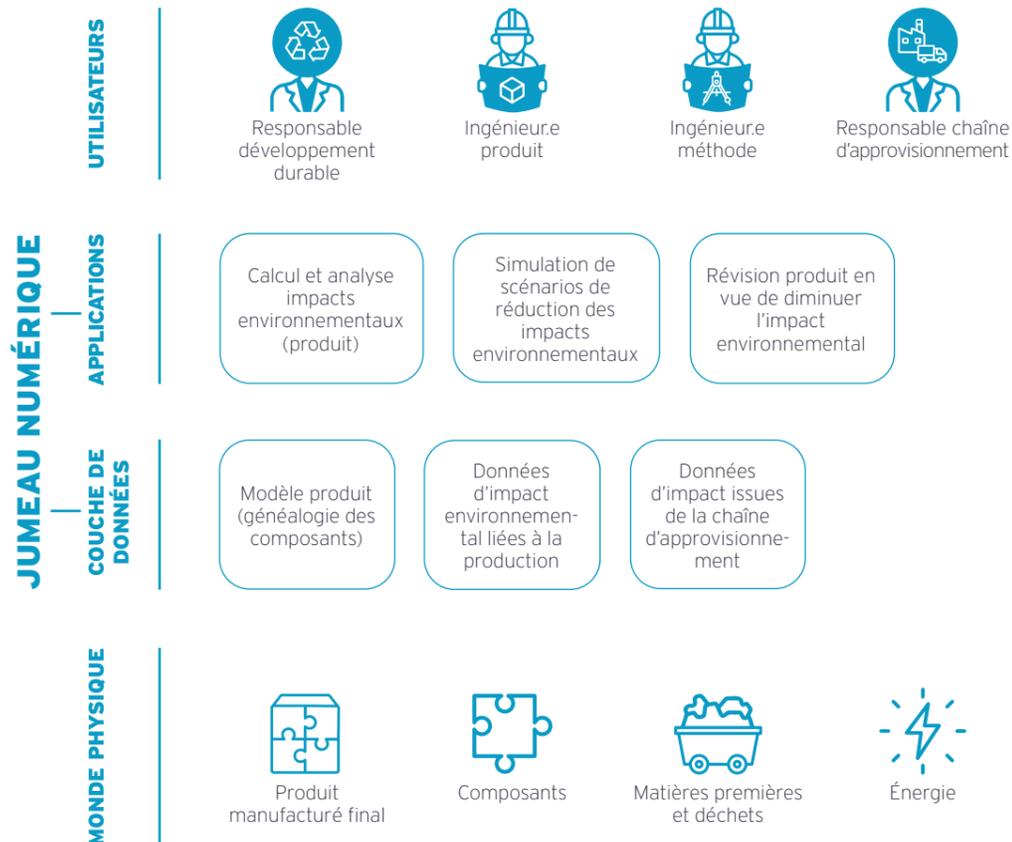
- Répondre aux exigences réglementaires actuelles ou à venir, notamment concernant le calcul de l'empreinte carbone d'un produit manufacturé (digital product passport).
- Mesurer puis réduire l'empreinte environnementale des produits (émissions de gaz à effet de serre, consommation d'énergie ou d'eau...), en diminuant l'impact des processus industriels, en changeant de sous-traitant, etc.
- Tracer la quantité de matières premières utilisées et non utilisées (rebuts) pour chaque produit.

### INDUSTRIES

1. Automobile
2. Aéronautique, trains, navires
3. Construction
4. Équipements industriels
5. Hautes technologies
6. Pétrolière et chimie
7. Infrastructures de communication
8. Matériaux
9. Produits pharmaceutiques
10. Produits de grande consommation

### VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR

L'Oréal



## [PDT-03] ACCÉLÉRATION DE LA RÉALISATION D'UN ÉQUIPEMENT COMPLEXE SANS ATTENDRE LA RÉCEPTION DE CERTAINS DE SES COMPOSANTS



Le Jumeau Numérique du produit permet d'avancer dans la production de machines complexes avant la réception de certains sous-composants spécialisés, réduisant ainsi le temps de construction des machines. On effectue des simulations avec « hardware in the loop ».

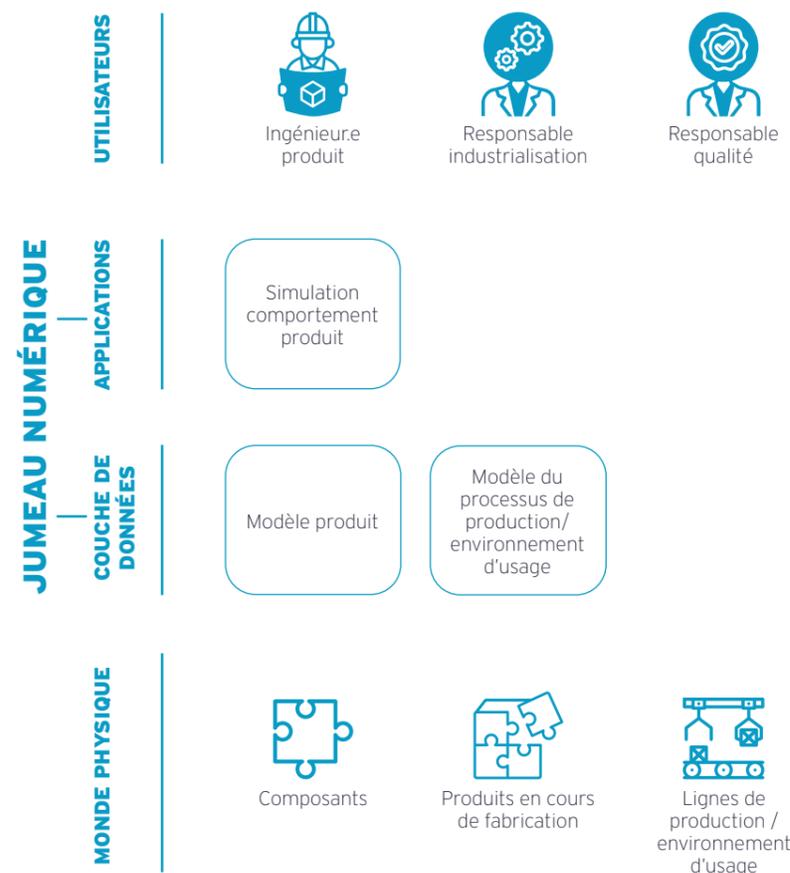
Exemple : Un sous-système virtuel pour développer une cellule robotisée servant à fabriquer des galettes de silicium (wafers) dans l'industrie du semi-conducteur permet d'en accélérer la production.

### BÉNÉFICES

- Réduire le temps de construction de l'équipement sans attendre la livraison de sous-composants spécialisés (qui peut être tardive).
- Développer le logiciel système en parallèle de l'acquisition des composants d'un sous-système.
- Faciliter le test des machines complexes même si certains sous-composants sont manquants.

### INDUSTRIES

1. Équipements industriels
2. Hautes technologies
3. Infrastructures de communication



## [PDT-04] JUMENTU NUMÉRIQUE DU PRODUIT EN UTILISATION



Livré avec le produit physique, le Jumeau Numérique du produit en reflète toutes les caractéristiques et options. Par la suite, il est constamment mis à jour via le cloud, selon les données captées lors de l'utilisation et la maintenance du produit, afin d'optimiser l'usage et la maintenance.

### BÉNÉFICES

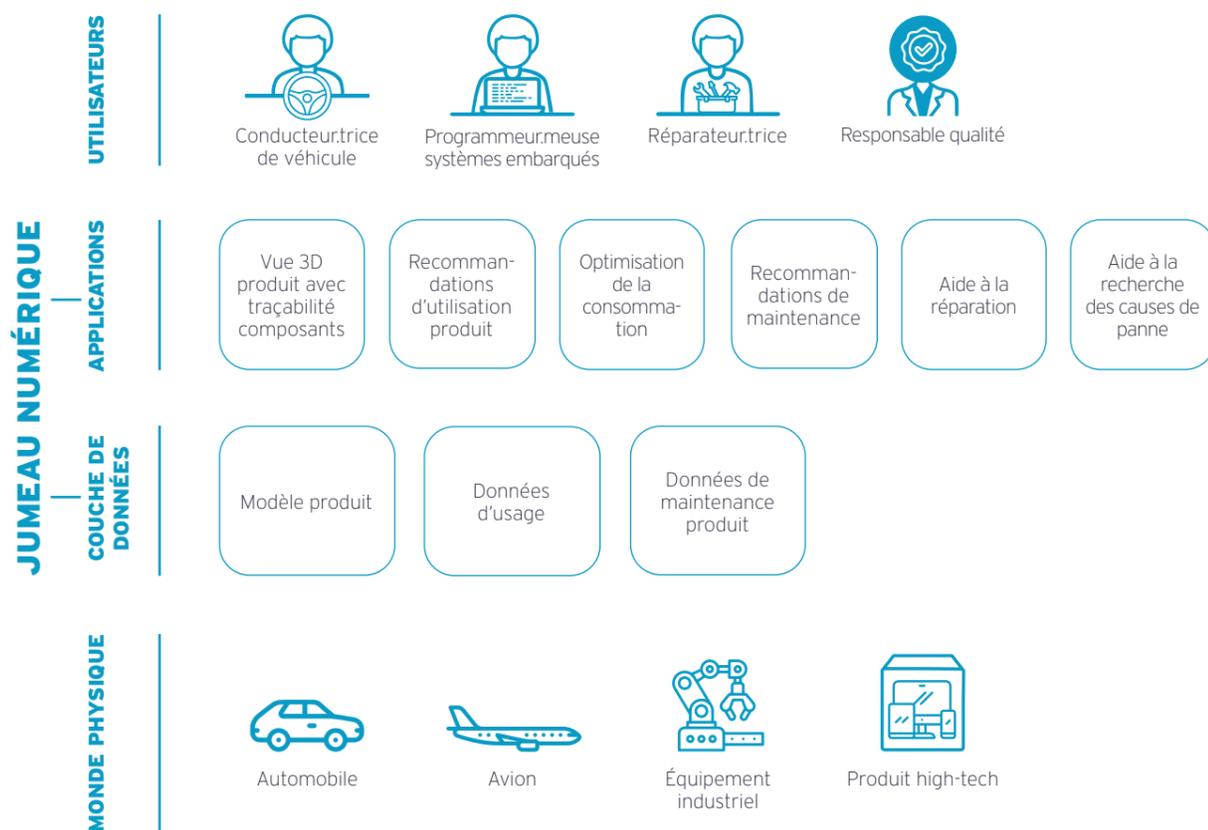
- Limiter la consommation d'énergie ou améliorer la sécurité en envoyant au conducteur du véhicule des suggestions personnalisées ou en mettant à jour les logiciels embarqués en fonction du comportement de conduite enregistré dans le Jumeau Numérique.
- Recommander une opération de maintenance après analyse des données de vol afin de prévenir une panne éventuelle de l'avion.
- Faciliter la réparation de smartphones grâce à une vue exacte des différents composants et matériaux inclus dans l'équipement.

### INDUSTRIES

1. Automobile
2. Aéronautique, trains, navires
3. Construction
4. Équipements industriels
5. Hautes technologies
6. Infrastructures de communication
7. Production d'énergie
8. Produits de grande consommation
9. Transport et logistique

### VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR

Gravotech  
Lectra



## [PDT-05] RÉUTILISATION / RECYCLAGE / DÉMONTAGE DU PRODUIT



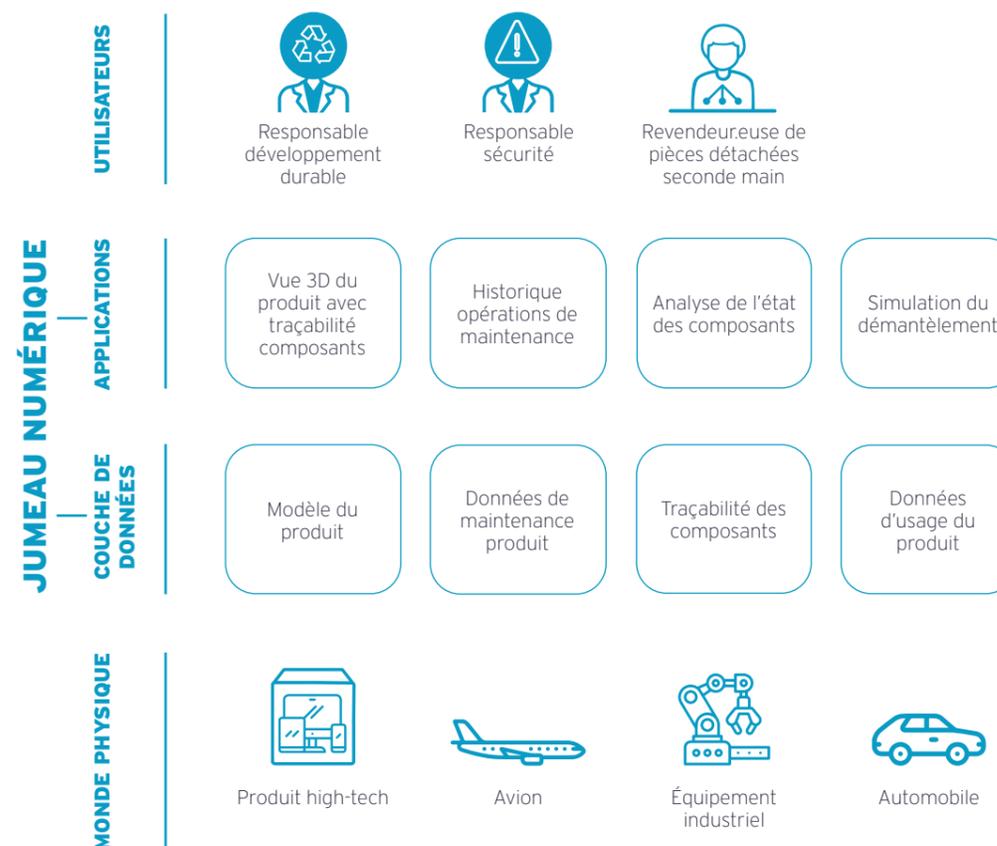
Le Jumeau Numérique du produit offre une traçabilité complète des composants du produit et de leur état d'usure, facilitant la réutilisation et/ou le recyclage.

### BÉNÉFICES

- Limiter les impacts environnementaux de la production industrielle grâce à la réutilisation et au recyclage.
- Faciliter le recyclage et la réutilisation grâce à la traçabilité des différents composants et leur état d'usage stockés dans le Jumeau Numérique (exemple : état de la batterie, permettant de décider si elle peut être réutilisée ou non).
- Faciliter le recyclage et le démantèlement d'un avion grâce à une vue complète et exacte de l'état de l'avion.

### INDUSTRIES

1. Automobile
2. Aéronautique, trains, navires
3. Construction
4. Équipements industriels
5. Hautes technologies
6. Produits de grande consommation



# [PCA-01] OPTIMISATION DU RÉSEAU D'APPROVISIONNEMENT SELON DES CRITÈRES DE COÛT, QUALITÉ, DÉLAIS ET IMPACT ENVIRONNEMENTAL



Le Jumeau Numérique d'approvisionnement permet d'optimiser la chaîne logistique selon des critères de coût, de qualité, de délais et d'impact environnemental grâce à des simulations de la logistique d'approvisionnement et des flux de production entrants et sortants.

## BÉNÉFICES

- Mesurer puis réduire l'empreinte environnementale de la filière amont.
- Gérer le risque, sécuriser les approvisionnements, assurer la résilience du modèle d'approvisionnement.
- Optimiser les quantités en stock et réduire le risque de rupture de stock en rationalisant le choix des fournisseurs et des modes d'approvisionnement.
- Optimiser la filière d'entreposage (entrante et sortante).

## INDUSTRIES

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Automobile                       | 8. Matériaux                        |
| 2. Aéronautique, trains, navires    | 9. Production d'énergie             |
| 3. Construction                     | 10. Produits pharmaceutiques        |
| 4. Équipements industriels          | 11. Produits de grande consommation |
| 5. Hautes technologies              | 12. Transport et logistique         |
| 6. Pétrolière et chimie             |                                     |
| 7. Infrastructures de communication |                                     |

## VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR

Soitec  
Viwametal



## JUMEAU NUMÉRIQUE

UTILISATEURS

Responsable développement durable	Responsable chaîne d'approvisionnement	Responsable achats	Responsable qualité

APPLICATIONS

Aide au choix de réseau de fournisseurs	Aide au choix de réseau de transport (approvisionnement)	Simulation logistique d'approvisionnement	Simulation processus de production
---	--	---	------------------------------------

COUCHE DE DONNÉES

Réseau de fournisseurs	Flux de transport	Modèle des entrepôts	Données d'impact issues de la chaîne d'approvisionnement	Modèle du processus de production
------------------------	-------------------	----------------------	--	-----------------------------------

MONDE PHYSIQUE

Fournisseurs	Transporteurs	Entrepôts	Matières premières



# [PCA-02] OPTIMISATION DYNAMIQUE DE LA LOGISTIQUE D'APPROVISIONNEMENT



Le Jumeau Numérique reflète en temps réel les parcours d'approvisionnement grâce aux informations partagées par les transporteurs et relatives à la localisation, au contenu et au planning des différentes modalités de transport.

## BÉNÉFICES

- Améliorer le temps et le choix de parcours, la résilience aux aléas.
- Optimiser les délais de livraison et la réactivité aux commandes.
- Optimiser le remplissage des moyens de transport.
- Améliorer l'efficacité énergétique.

## INDUSTRIES

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Automobile                       | 8. Matériaux                        |
| 2. Aéronautique, trains, navires    | 9. Production d'énergie             |
| 3. Construction                     | 10. Produits pharmaceutiques        |
| 4. Équipements industriels          | 11. Produits de grande consommation |
| 5. Hautes technologies              | 12. Transport et logistique         |
| 6. Pétrolière et chimie             |                                     |
| 7. Infrastructures de communication |                                     |

## VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR

OCP  
SEW Usocom  
Siemens



## JUMEAU NUMÉRIQUE

UTILISATEURS

Responsable logistique	Gestionnaire entrepôts	Responsable chaîne d'approvisionnement

APPLICATIONS

Optimisation du parcours logistique	Optimisation du remplissage des véhicules
-------------------------------------	---

COUCHE DE DONNÉES

Modèle des moyens de transport (flotte, profil, capacité, ...)	Modèle du réseau logistique	Liste de colisage et contraintes de livraison	Données trafic	Données de consommation énergétique des modalités de transport
--	-----------------------------	---	----------------	--

MONDE PHYSIQUE

Transporteurs	Entrepôts	Réseau logistique	Énergie	Infrastructure énergétique

# [PCA-03] GESTION OPTIMISÉE DES STOCKS ET DE L'APPROVISIONNEMENT DE LA LIGNE DE PRODUCTION



Le Jumeau Numérique reflète l'état actuel des stocks pour la production (stocks de composants, sous-composants, matières premières, outils, ressources et flux...) et le met en regard du carnet de commandes. Des données de capteurs permettent de déclencher des alertes.

## BÉNÉFICES

- Optimiser la cadence, réagir aux prédictions de production et recycler des pièces avec des défauts, réinjectées dans la chaîne de production ou envoyées vers d'autres acteurs. Tout cela est possible grâce aux flux de matières et de produits entrants/sortants, des états des zones de stockage, des bacs de déchets et des stocks de matières premières actualisés dans le Jumeau Numérique du processus.
- Réagir aux incidents liés à l'approvisionnement sur les équipements de production de pièces aéronautiques, afin d'assurer le maintien de la production.

## INDUSTRIES

1. Automobile
2. Aéronautique, trains, navires
3. Construction
4. Équipements industriels
5. Hautes technologies
6. Pétrolière et chimie
7. Infrastructures de communication
8. Matériaux
9. Production d'énergie
10. Produits pharmaceutiques
11. Produits de grande consommation
12. Transport et logistique

## VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR

SEW Usocome  
Siemens



## JUMEAU NUMÉRIQUE

### UTILISATEURS



Responsable production



Responsable planification (long terme)



Responsable ordonnancement (court terme)



Magasinier.ère



Responsable chaîne d'approvisionnement

### APPLICATIONS

Vue 3D de l'entrepôt avec l'état des stocks

Tableaux de bord, alertes (stocks)

Réception, contrôle et suivi des commandes pour la ligne de production

Approvisionnement ligne de production et traçabilité des composants

Mise en stock des rebuts réutilisables

### COUCHE DE DONNÉES

Modèles des entrepôts

Modèle des équipements

Modèle du flux de matières

Planning d'approvisionnement fournisseurs

Données d'avancement de la production

### MONDE PHYSIQUE



Usine



Entrepôts



Équipements de stockages industriels



Matières et produits en cours d'approvisionnement / fabrication



# [PCP-01] AMÉLIORATION DE LA CONCEPTION DES LIGNES DE PRODUCTION



À l'aide de simulations s'appuyant sur les données actuelles et historiques des lignes de production et en fonction de la demande prévisionnelle, le Jumeau Numérique va permettre d'améliorer la conception des lignes de production.

## BÉNÉFICES

- Optimiser la conception de nouvelles lignes ou adapter des lignes de production existantes à de nouveaux produits en exploitant les données issues des Jumeaux Numériques. Le Jumeau Numérique bénéficie aux industriels et aussi aux intégrateurs de lignes sous réserve qu'ils parviennent à récupérer des données d'exploitation de leurs clients.
- Aider à la décision pour des choix de relocalisation de la production, de construction de nouvelles usines ou lignes de production, de modification de la chaîne d'approvisionnement en fonction de critères de coût, qualité et impact environnemental.

## INDUSTRIES

1. Automobile
2. Aéronautique, trains, navires
3. Construction
4. Équipements industriels
5. Hautes technologies
6. Pétrolière et chimie
7. Infrastructures de communication
8. Matériaux
9. Production d'énergie
10. Produits pharmaceutiques
11. Produits de grande consommation

## VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR

Alfi Technologie  
Aptar Pharma  
Elm.Leblanc  
Latécoère  
L'Oréal  
Matra Électronique  
Seco



## JUMEAU NUMÉRIQUE

### UTILISATEURS



Concepteur.trice ligne de production



Responsable industrialisation

### APPLICATIONS

Analyse de l'historique de production (incidents)

Analyse des retours produit et réparations

Simulation processus de production

Optimisation de l'espace de travail

### COUCHE DE DONNÉES

Modèles lignes et équipements (passé, actuel)

Modèles du processus de production (passé, actuel)

Données de production

Données de maintenance des équipements

### MONDE PHYSIQUE



Lignes de production



Équipements industriels



Flux d'approvisionnement

## [PCP-02] MISE EN SERVICE VIRTUELLE D'UNE LIGNE DE PRODUCTION



Le Jumeau Numérique de la ligne de production permet de simuler sa mise en service ou son évolution afin de valider la ligne avant sa mise en place réelle (virtual commissioning).

### BÉNÉFICES

- Réduire les durées des tests physiques de la machine et de sa connectivité, effectués par l'équipe IT après la livraison de la ligne et ainsi le temps d'arrêt de la production.
- Vérifier ou anticiper les modifications à venir de la nouvelle ligne de production, à l'occasion de l'introduction de nouveaux modèles automobiles, mais aussi tester les améliorations en virtuel sans perturber la production.

### INDUSTRIES

1. Automobile
2. Aéronautique, trains, navires
3. Construction
4. Équipements industriels
5. Hautes technologies
6. Pétrolière et chimie
7. Matériaux
8. Production d'énergie
9. Produits pharmaceutiques
10. Produits de grande consommation

### VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR

Alfi Technologie  
Cauquil  
Gebo Cermex  
Lisi Aérospace (Aveyron)  
Schneider Electric  
Siemens  
Sodistra



## [PCP-03] FORMATION DES OPÉRATEURS



Le Jumeau Numérique de la ligne de production, de ses équipements et opérateurs permet de former ces derniers à leurs tâches en se basant sur les instructions de travail du processus, en lien avec les équipements industriels physiques. Cette formation aux opérations de production et de maintenance pourra s'appuyer par exemple sur des techniques de réalité augmentée comme la mise en évidence par projection des opérations à effectuer ou l'utilisation de lunettes à réalité augmentée.

### BÉNÉFICES

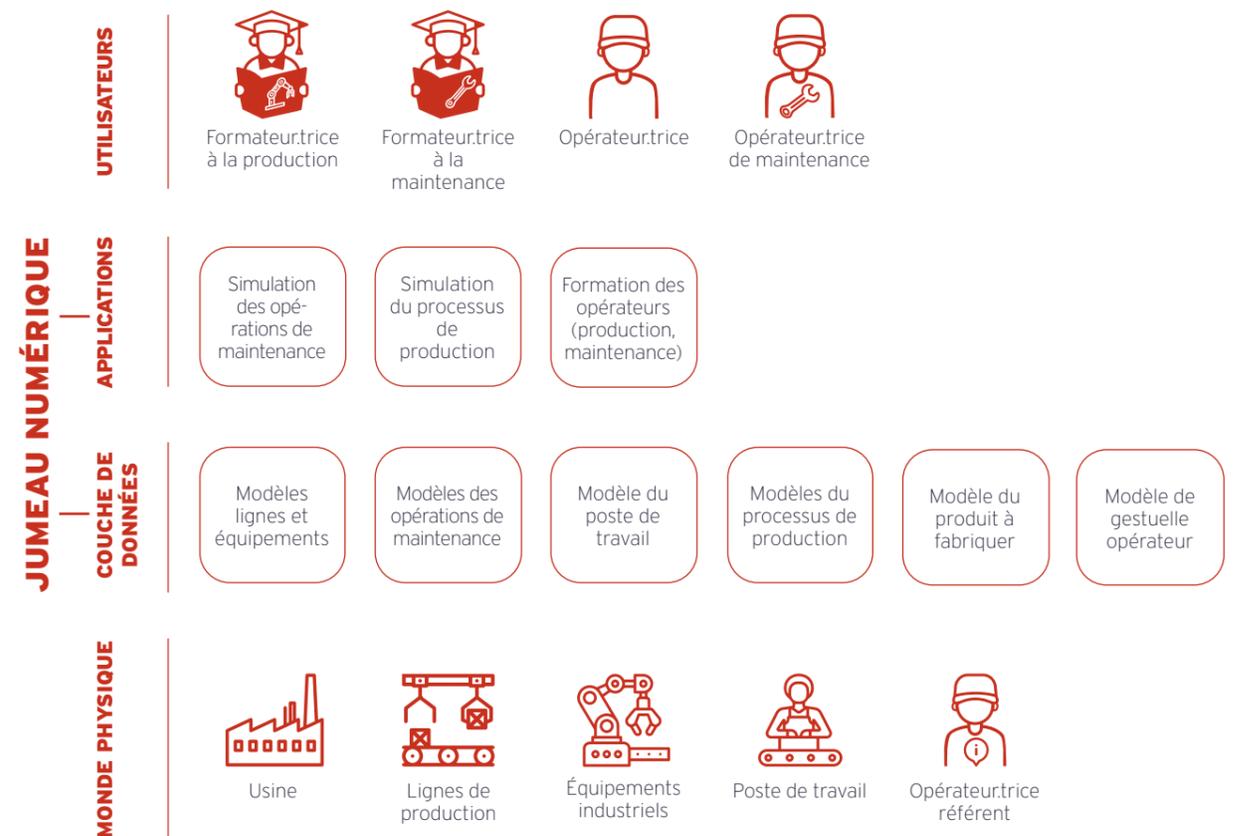
- Former sans avoir besoin d'arrêter ou d'accéder physiquement à la ligne de production.
- Améliorer la qualité de la formation (gain de temps, gain de qualité, meilleure sécurité au travail).
- Former de façon à accélérer une production spécifique, amélioration continue.
- Aider au changement de poste.
- Former à la maintenance des équipements.

### INDUSTRIES

1. Automobile
2. Aéronautique, trains, navires
3. Construction
4. Équipements industriels
5. Hautes technologies
6. Pétrolière et chimie
7. Infrastructures de communication
8. Matériaux
9. Production d'énergie
10. Produits pharmaceutiques
11. Produits de grande consommation
12. Transport et logistique

### VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR

Alfi Technologie  
FPT Industrial  
L'Oréal  
Orano  
Schneider Electric  
Sunna Design



## [PCP-04] OPTIMISATION DE LA LIGNE DE PRODUCTION



Le Jumeau Numérique de la ligne de production permet d'optimiser la disponibilité de la ligne, par exemple en prévoyant des tampons de fabrication, des convoyeurs en nombre suffisant, et ainsi réduire les goulots d'étranglement en augmentant la cadence.

### BÉNÉFICES

- Optimiser le temps réel des trajets de véhicules à guidage automatique (AGVs) s'appuyant sur la géolocalisation des véhicules et le Jumeau Numérique du processus de production et de l'usine.
- Optimiser le processus de production en s'appuyant sur la localisation des produits en cours de fabrication. Permet de réduire le temps d'attente des machines et les déplacements des opérateurs.

### INDUSTRIES

1. Automobile
2. Aéronautique, trains, navires
3. Construction
4. Équipements industriels
5. Hautes technologies
6. Pétrolière et chimie
7. Matériaux
8. Production d'énergie
9. Produits pharmaceutiques
10. Produits de grande consommation

### VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR



- |                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| Air Liquide                 | MG Tech            |
| Airbus Helicopters          | Safran             |
| Aptar Pharma                | Saunier Duval      |
| Claas Tractor               | Schaeffler         |
| Cotral Lab                  | Schneider Electric |
| Figeac Aéro                 | Siemens            |
| Latécoère                   | SNCF               |
| Lisi Aérospace (Val-d'Oise) | Soitec             |
| Matra Électronique          | Velum              |



## [PCP-05] AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ PRODUIT EN FONCTION DE L'HISTORIQUE DE PRODUCTION



Le Jumeau Numérique d'une ligne de production et des produits en cours de fabrication permet l'amélioration de la qualité des produits en se basant sur les données de production passées incluant les problèmes de qualité constatés. Ces données permettent de rejouer des exécutions, de fournir des prédictions et recommandations durant la production et de simuler des exécutions alternatives.

Exemples d'application : pneumatiques, fabrication de matériaux composites, vaccins...

### BÉNÉFICES

- Identifier les causes d'incidents passés en observant de bout en bout des exécutions passées.
- Améliorer la compréhension des causes de défauts si le modèle le permet (modèle explicatif).
- Prédire les incidents possibles en fonction du modèle du processus de production construit à partir des données historiques.
- Améliorer la qualité du produit final en simulant des exécutions alternatives permettant d'éviter/réduire les incidents prédits et en appliquant des recommandations.

### INDUSTRIES

1. Automobile
2. Aéronautique, trains, navires
3. Construction
4. Équipements industriels
5. Hautes technologies
6. Pétrolière et chimie
7. Matériaux
8. Production d'énergie
9. Produits pharmaceutiques
10. Produits de grande consommation

### VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR



- Airbus Helicopters  
Latécoère  
Siemens



## [PCP-06] PILOTAGE TEMPS RÉEL DE LA LIGNE DE PRODUCTION



Le Jumeau Numérique reflète l'état actuel de la production (lignes de production, postes de travail, équipements utilisés, état d'avancement des produits en cours de fabrication) et le met en regard du planning de production. Des données de capteurs permettent de déclencher des alertes.

### BÉNÉFICES

- Disposer d'une vue globale en temps réel de l'avancement des ordres de fabrication, pour une chaîne d'assemblage ou de fabrication. Réagir immédiatement aux alertes émises en cas d'incident sur un poste de travail afin de diminuer les perturbations. Réordonner automatiquement ou manuellement la production suite aux incidents et retards identifiés.
- Réagir aux incidents d'exploitation sur les équipements de production d'énergie, afin d'assurer la sécurité des personnes et le maintien de la production. Être informé de déviations à long terme afin de maintenir une exploitation optimale.

### INDUSTRIES

1. Automobile
2. Aéronautique, trains, navires
3. Construction
4. Équipements industriels
5. Hautes technologies
6. Pétrolière et chimie
7. Matériaux
8. Production d'énergie
9. Produits pharmaceutiques
10. Produits de grande consommation

### VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR



- |                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| Air Liquide                 | Magafor            |
| Airbus                      | Matra              |
| Helicopters                 | Électronique       |
| Bosch                       | Michelin           |
| Cauquil                     | Pellenc            |
| Cotral Lab                  | Safran             |
| Engie                       | Schaeffler         |
| JPB Système                 | Schneider Electric |
| Lisi Aérospace (Val-d'Oise) | Soitec             |
| Lisi Automotive             | Sunna Design       |



## [PCP-07] RÉDUCTION DE L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DE LA LIGNE DE PRODUCTION



Le Jumeau Numérique permet de suivre les impacts environnementaux de la ligne de production à des fins d'optimisation (production moins énergivore ou consommant moins d'eau) et de réponse à la réglementation.

### BÉNÉFICES

- Réduire l'empreinte environnementale de la ligne de production.
- Contribuer au calcul de l'empreinte environnementale du produit lors de sa production.

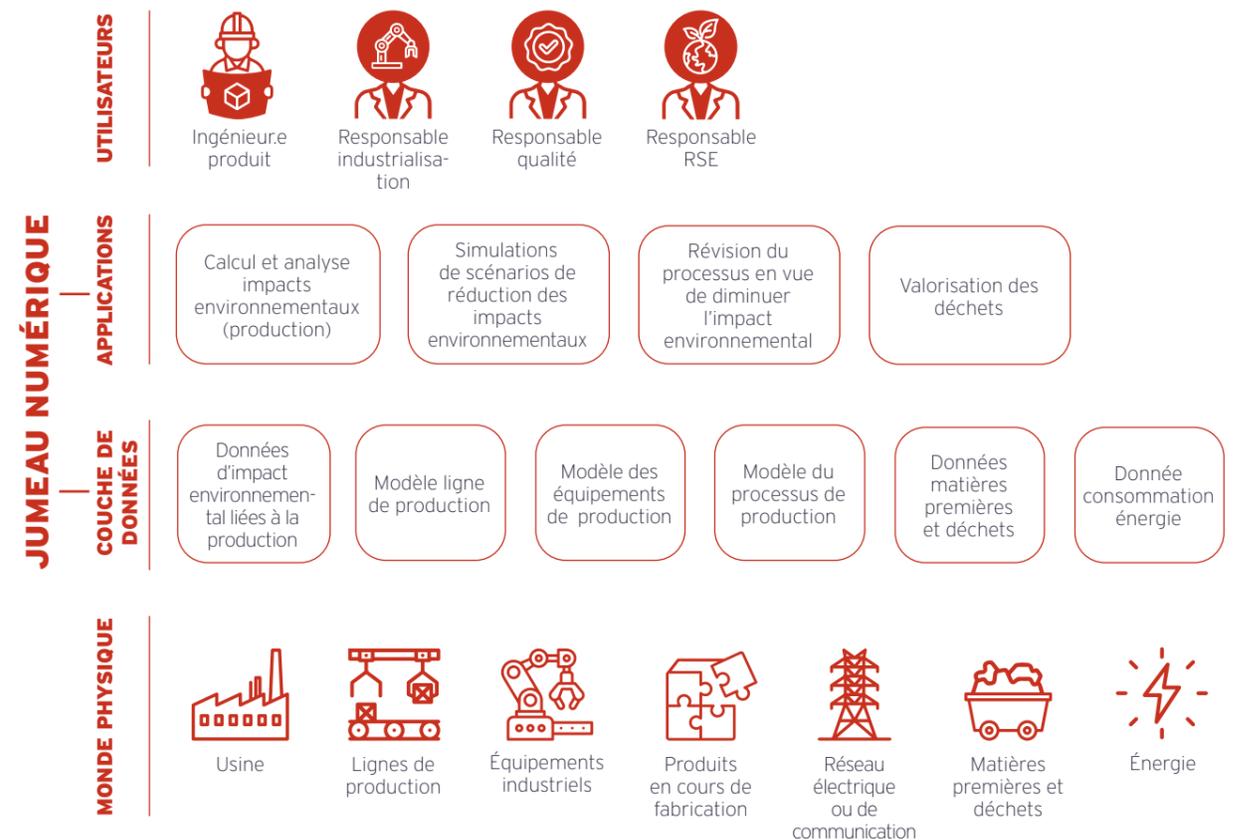
### INDUSTRIES

- |                                  |                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Automobile                    | 7. Infrastructures de communication |
| 2. Aéronautique, trains, navires | 8. Matériaux                        |
| 3. Construction                  | 9. Production d'énergie             |
| 4. Équipements industriels       | 10. Produits pharmaceutiques        |
| 5. Hautes technologies           | 11. Produits de grande consommation |
| 6. Pétrolière et chimie          |                                     |

### VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR



- Air Liquide  
Schaeffler  
Siemens



# [PCD-01] OPTIMISATION DU RÉSEAU DE DISTRIBUTION DU PRODUIT SELON DES CRITÈRES DE COÛT, QUALITÉ, DÉLAIS ET IMPACT ENVIRONNEMENTAL



Le Jumeau Numérique du réseau de distribution aide au choix des transporteurs afin d'optimiser le processus de livraison selon des critères de coût, qualité, délais et d'impact environnemental. Il permet également d'étudier l'impact de modifications du processus de livraison actuel.

### BÉNÉFICES

- Mesurer puis réduire l'empreinte environnementale de la filière aval.
- Sécuriser les livraisons, gérer le risque, assurer la résilience du modèle de livraison.
- Rationaliser le choix des transporteurs pour la livraison permettant une optimisation des quantités en stock et la réduction du risque de retard de livraison.
- Expérimenter de nouveaux scénarios, comme la mise en place d'un processus de consigne impliquant la récupération des bouteilles vides.

### INDUSTRIES

1. Automobile
2. Aéronautique, trains, navires
3. Équipements industriels
4. Hautes technologies
5. Pétrolière et chimie
6. Matériaux
7. Production d'énergie
8. Produits pharmaceutiques
9. Produits de grande consommation
10. Transport et logistique

### VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR

OCP



# [PCD-02] OPTIMISATION DYNAMIQUE DE LA DISTRIBUTION D'UN PRODUIT AUX CLIENTS



Le Jumeau Numérique du réseau logistique complet et de ses moyens va permettre d'optimiser la distribution en temps réel d'un produit aux clients grâce aux informations relatives à la planification d'expédition, de déterminer et d'ajuster le parcours, et d'assurer le suivi de la réception des commandes.

### BÉNÉFICES

- Optimiser les délais de livraison et réactivité aux commandes.
- Optimiser le temps de distribution.
- Réduire l'empreinte carbone.
- Être résilient aux aléas du transport.

### INDUSTRIES

1. Automobile
2. Aéronautique, trains, navires
3. Équipements industriels
4. Hautes technologies
5. Pétrolière et chimie
6. Matériaux
7. Production d'énergie
8. Produits pharmaceutiques
9. Produits de grande consommation
10. Transport et logistique



## [EQT-01] MISE EN SERVICE VIRTUELLE D'UN ÉQUIPEMENT



Le Jumeau Numérique d'un équipement et de son outil, présenté dans le contexte du produit à fabriquer, permet de valider virtuellement l'introduction (ou l'évolution) d'un équipement et de son outillage ou l'introduction d'un nouveau produit avant la mise en place opérationnelle (virtual commissioning).

### BÉNÉFICES

- Réduire les perturbations de la production, grâce à la validation préalable de la cellule de production, notamment les logiques d'automatisation.
- Gagner du temps grâce au travail en équipe des ingénieurs roboticiens, ingénieurs en mécanique (concevant les outils, convoyeurs, supports de pièces) et automaticiens en environnement virtuel.
- Assurer la sécurité puisque les expérimentations s'effectuent virtuellement et non dans l'atelier.

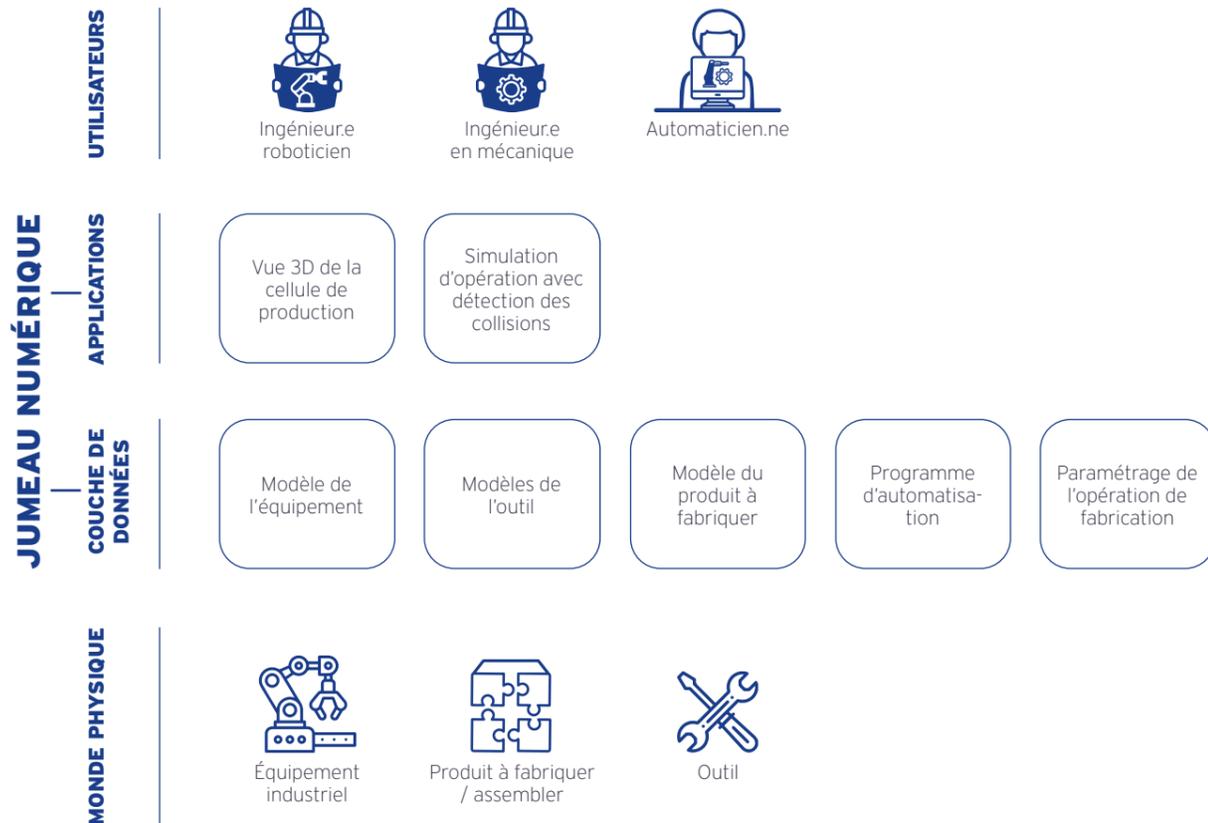
### INDUSTRIES

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Automobile                       | 8. Matériaux                        |
| 2. Aéronautique, trains, navires    | 9. Production d'énergie             |
| 3. Construction                     | 10. Produits pharmaceutiques        |
| 4. Equipements industriels          | 11. Produits de grande consommation |
| 5. Hautes technologies              | 12. Transport et logistique         |
| 6. Pétrolière et chimie             |                                     |
| 7. Infrastructures de communication |                                     |

### VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR



Alfi Technologie  
Gebo Cermex  
Latécoère  
L'Oréal



## [EQT-02] AIDE À LA MAINTENANCE



Le Jumeau Numérique d'un équipement industriel, d'une installation industrielle ou d'un système complexe permet d'en faciliter les opérations de maintenance.

### BÉNÉFICES

- Gagner du temps et réduire le taux d'erreur par la formation des opérateurs à la maintenance d'un équipement industriel, utilisant éventuellement la réalité augmentée (exemple : mise en évidence par projection des opérations à effectuer).
- Diminuer l'impact environnemental et le gain de temps grâce à la télémaintenance d'équipements ou de systèmes complexes. Un expert guide à distance un opérateur sur place, il dispose d'un Jumeau Numérique qui reflète l'état et la configuration exacts de l'équipement présent chez le client.
- Préparer une opération de maintenance sur des installations industrielles, nucléaires, afin de diminuer la durée d'intervention et d'en garantir la sécurité.
- Travailler sur un Jumeau Numérique, pour un fournisseur de semi-conducteurs, qu'il met dans les conditions d'échec de l'équipement physique, grâce notamment à la récupération du dernier état mémoire. La correction s'élabore à distance puis elle est appliquée et testée sur place.

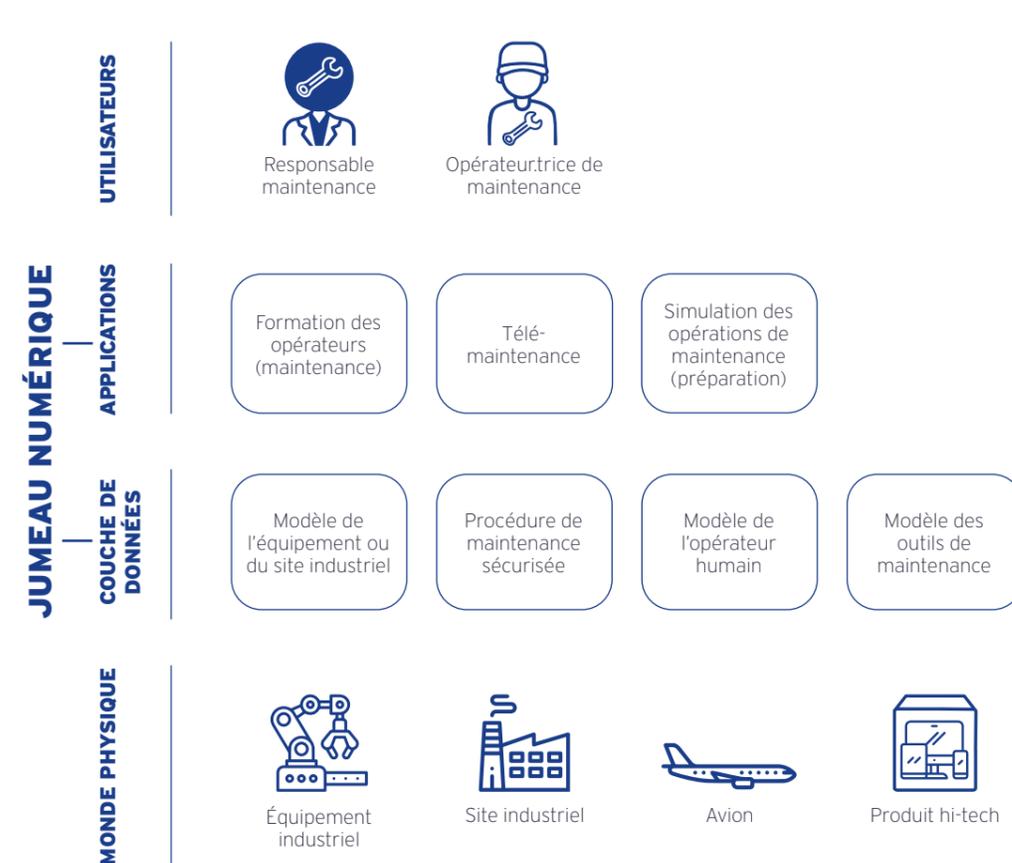
### INDUSTRIES

1. Automobile
2. Aéronautique, trains, navires
3. Construction
4. Équipements industriels
5. Hautes technologies
6. Pétrolière et chimie
7. Infrastructures de communication
8. Matériaux
9. Production d'énergie
10. Produits pharmaceutiques
11. Produits de grande consommation
12. Transport et logistique

### VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR



Alfi Technologie  
Bosch  
Lectra  
L'Oréal  
Savrésio  
Siemens



## [EQT-03] MAINTENANCE PRÉDICTIVE D'UN ÉQUIPEMENT



Le Jumeau Numérique d'un équipement permet de prédire la survenue de pannes, de fournir des recommandations de maintenance et, si le modèle prédictif le permet, d'aider à la recherche de pannes. Un modèle prédictif est construit au préalable à partir des pannes constatées et des données historiques d'utilisation de l'équipement.

Exemples de données : vibrations, signaux acoustiques, images infrarouges, paramètres machine.

### BÉNÉFICES

- Réduire le nombre de pannes imprévues pouvant potentiellement désorganiser la production.
- Réduire la durée de non-disponibilité de l'équipement puisque la maintenance n'est effectuée que lorsque cela est nécessaire et non selon un calendrier préétabli.
- Améliorer la compréhension des causes de pannes si le modèle le permet (modèle explicatif, par opposition à un modèle boîte noire).

### INDUSTRIES

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Automobile                       | 8. Matériaux                        |
| 2. Aéronautique, trains, navires    | 9. Production d'énergie             |
| 3. Construction                     | 10. Produits pharmaceutiques        |
| 4. Équipements industriels          | 11. Produits de grande consommation |
| 5. Hautes technologies              | 12. Transport et logistique         |
| 6. Pétrolière et chimie             |                                     |
| 7. Infrastructures de communication |                                     |

### VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR



Air Liquide  
Elm.Leblanc  
Engie  
FPT Industrial  
Gebo Cermex  
L'Oreal (Aisne)  
Schneider Electric  
Siemens  
SNCF



## [EQT-04] CONCEPTION ET ADMINISTRATION D'UNE ARCHITECTURE OT/IT D'UNE USINE



Le Jumeau Numérique reflète l'état courant du réseau de communication d'une usine.

### BÉNÉFICES

- Détecter les pannes.
- Optimiser, améliorer pour satisfaire la demande future, optimiser les performances, la consommation énergétique.
- Automatiser afin de garantir la tenue des objectifs en terme de qualité de service.
- Simuler les pannes, évolutions potentielles de l'architecture OT/IT.

### INDUSTRIES

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Automobile                       | 7. Matériaux                        |
| 2. Aéronautique, trains, navires    | 8. Production d'énergie             |
| 3. Équipements industriels          | 9. Produits pharmaceutiques         |
| 4. Hautes technologies              | 10. Produits de grande consommation |
| 5. Pétrolière et chimie             | 11. Transport et logistique         |
| 6. Infrastructures de communication |                                     |



# [USN-01] GESTION D'UNE INFRASTRUCTURE INDUSTRIELLE TOUT AU LONG DE SON CYCLE DE VIE



Le Jumeau Numérique permet de mieux gérer l'infrastructure de sa conception à son exploitation. L'information est disponible en temps réel et contextualisée : cela permet à chaque partie prenante d'être autonome dans sa contribution et ses prises de décision. Le modèle du Jumeau Numérique est créé lors de la conception. Ses données, ses modèles et ses visualisations sont utilisés sur tout le cycle de vie. Les opérations peuvent faire évoluer le Jumeau Numérique et offrir également un retour pour la conception.

## BÉNÉFICES

### Étapes conception et construction :

- Maîtriser le CAPEX, en optimisant le dimensionnement des équipements.
- Réduire le risque par l'unification des données, pas de duplication.
- Maîtriser l'impact environnemental en intégrant les éléments de construction.

### Étape exploitation

- Maîtriser le temps de mise en service, de prise en main par les opérateurs de l'infrastructure.
- Accéder aux données et aux dossiers pour les opérateurs de maintenance dès le démarrage et capturer le retour d'expérience pour la conception.
- Maîtriser les risques grâce à la détection de défaillances, l'émission d'alertes, les simulations.

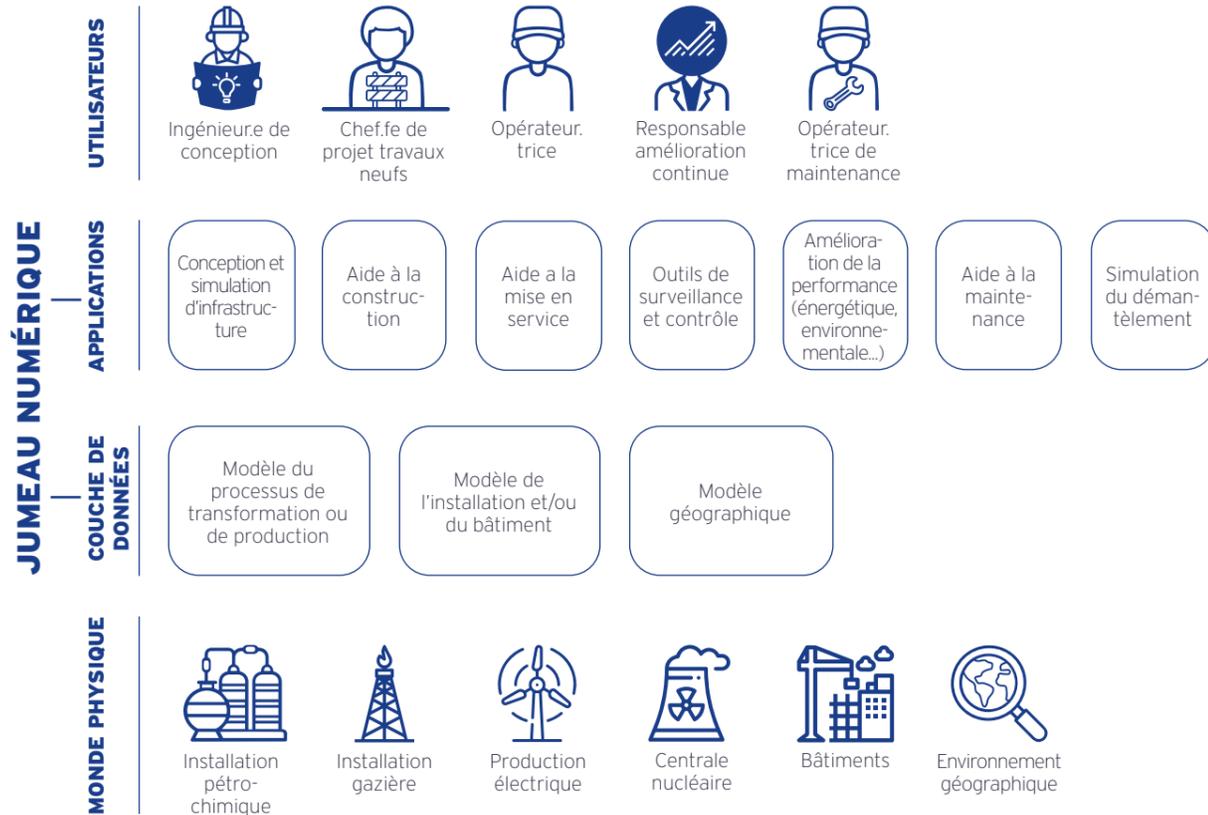
## INDUSTRIES

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Automobile                       | 7. Matériaux                        |
| 2. Aéronautique, trains, navires    | 8. Production d'énergie             |
| 3. Équipements industriels          | 9. Produits pharmaceutiques         |
| 4. Hautes technologies              | 10. Produits de grande consommation |
| 5. Pétrolière et chimie             | 11. Transport et logistique         |
| 6. Infrastructures de communication |                                     |

## VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR



- Air Liquide
- Latécoère
- Lisi Aérospace (Aveyron)
- Groupe Monnoyeur
- Schaeffler
- Schneider Electric
- Siemens
- Soditra



# [OPR-01] AMÉLIORATION DE L'ERGONOMIE DU POSTE DE TRAVAIL



Le Jumeau Numérique d'un opérateur, dans le contexte de son poste de travail, permet de simuler son activité et de détecter des postures ou mouvements pénibles ou dangereux. La morphologie de l'opérateur peut être reflétée dans son Jumeau Numérique, les zones soumises à effort (région des lombaires, muscles du bras...) sont mises en évidence lors de simulation de mouvements.

La charge cognitive de l'opérateur peut être optimisée : design du tableau de bord, poste de pilotage procédé...

## BÉNÉFICES

- Réduire les troubles musculo-squelettiques et améliorer la santé et le bien-être au travail.
- Améliorer l'efficacité au travail grâce à la détection de mouvements inutiles ou malaisés et à l'expérimentation de correctifs.
- Faire moins d'erreurs liées à la charge cognitive.

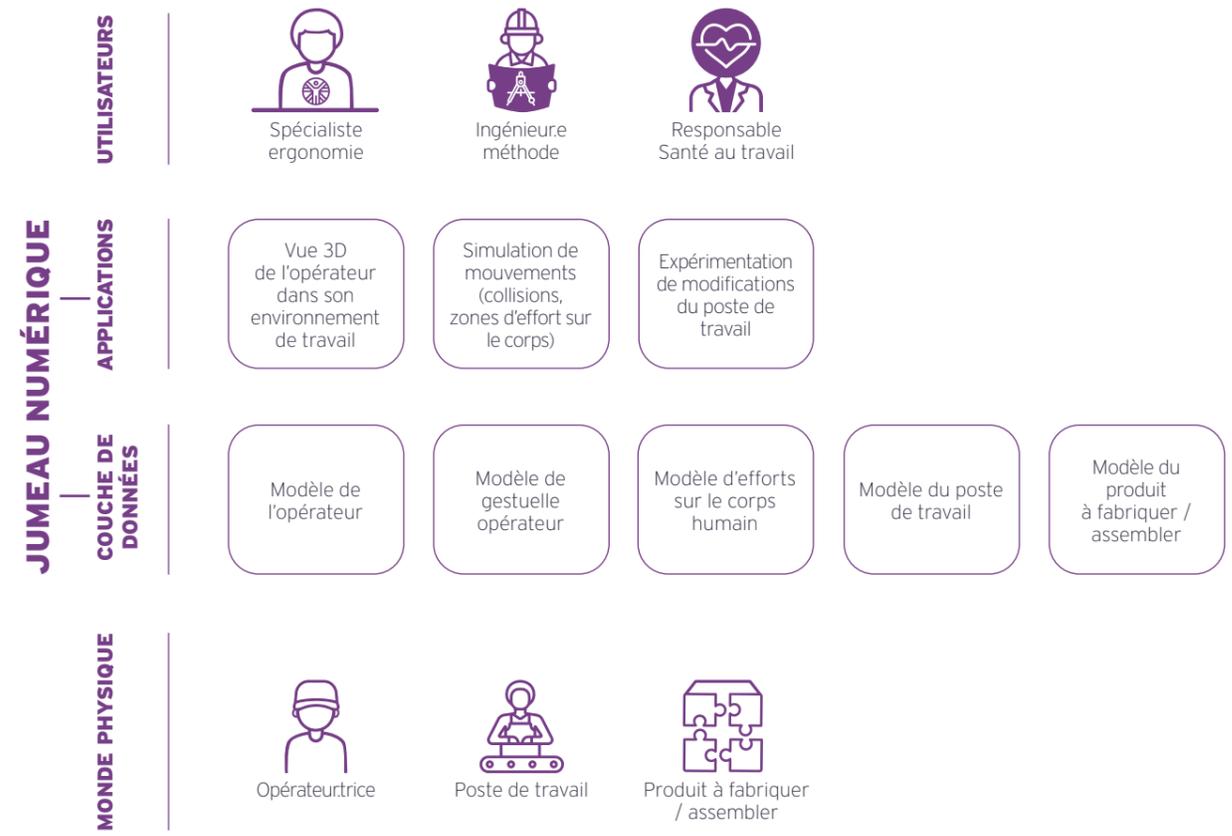
## INDUSTRIES

- |                                     |                                     |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Automobile                       | 8. Matériaux                        |
| 2. Aéronautique, trains, navires    | 9. Production d'énergie             |
| 3. Construction                     | 10. Produits pharmaceutiques        |
| 4. Équipements industriels          | 11. Produits de grande consommation |
| 5. Hautes technologies              | 12. Transport et logistique         |
| 6. Pétrolière et chimie             |                                     |
| 7. Infrastructures de communication |                                     |

## VITRINE INDUSTRIE DU FUTUR



- Elm.Leb Blanc
- FPT Industrial
- Pellenc
- Schneider Electric
- Seco
- Wilo



# CE QUI N'ÉTAIT PAS POSSIBLE HIER, LE DEVIENT AUJOURD'HUI !

Depuis 2011 et l'initiative Industrie 4.0, avec l'avènement du cloud et de sa puissance de calcul et de stockage, l'éveil des nouvelles technologies et de l'ingénierie numérique impulse la nouvelle révolution industrielle.

Au cœur de ce changement de paradigme, le Jumeau Numérique propose un moyen de représenter une entité du monde réel en réponse à des problématiques et des usages spécifiques.

Le Jumeau Numérique a un impact positif sur les enjeux organisationnels, technologiques, environnementaux, sociétaux et financiers des entreprises. Mettre à jour des données à une fréquence et une précision adaptées aux problématiques et usages va inciter les entreprises à s'interroger, voire se réinventer pour faire face à la compétition mondiale.

Les apports du Jumeau Numérique comme solution de compréhension, d'analyse, de prédiction et d'optimisation de fonctionnement, vont inciter également les entreprises à réfléchir à de nouveaux modèles d'affaires et de nouveaux usages.

## CE QUI N'ÉTAIT PAS POSSIBLE HIER, LE DEVIENT AUJOURD'HUI.

Des gains de 30 % pendant la phase de conception, de 50 % tout le long de la chaîne de valeur industrielle, des délais divisés par 2 ou 5, des indisponibilités machines réduites de 20 %, des réductions significatives de l'impact environnemental sont rendus tangibles par les indicateurs de performance calculés par le Jumeau Numérique.

Le coût actuel d'un Jumeau Numérique se situe entre 50 000 € et plus de 500 000 €, selon qu'il s'agit par exemple d'un jumeau d'équipement ou d'un jumeau d'usine. Le retour sur investissement est toutefois un indicateur plus pertinent que le coût.

Comme **les Vitrines Industrie du Futur\*** le montrent, le retour sur investissement peut se faire en quelques mois car les gains escomptés sur toute la chaîne de valeur sont identifiables, montrables et font partie de la capitalisation du savoir. Les bénéfices se cumulent ensuite avec l'implémentation de nouveaux cas d'usage s'appuyant sur le Jumeau Numérique déjà construit.

La dimension holistique du Jumeau Numérique permet la continuité numérique entre les différents métiers de l'entreprise et le long de la chaîne de valeur amont et aval tout au long du cycle de vie du produit. Il favorise donc la convergence des systèmes informatiques et des opérations industrielles, au profit de la pérennité des entreprises et d'une meilleure connaissance des écosystèmes et des marchés.

## COMMENT IMPLÉMENTER UN JUMEAU NUMÉRIQUE INDUSTRIEL ?

Cela nécessite une approche pas à pas qui fera l'objet d'un document à venir de l'AIF qui traitera notamment des problématiques de flux d'information (IT) et des technologies opérationnelles (OT) internes.

\*en savoir +



## A N N E X E S

# À CHACUN SES CAS D'USAGE

Les tableaux en annexes permettent aux lecteurs de retrouver les cas d'usage les plus pertinents en fonction de leurs profils.

### AINSI, 5 FILTRES VOUS SONT PROPOSÉS :

#### ■ Utilisateur :

Data scientist, responsable qualité...



#### ■ Application offerte par le Jumeau Numérique :

simulation du processus de production, recommandations de maintenance...



#### ■ Données & modèles utilisés par le Jumeau Numérique :

données de production, modèle des équipements...



#### ■ Objets du monde réel représentés :

équipements industriels, entrepôts...



#### ■ Industries concernées par les cas d'usage :

automobile, construction...



Vous pourrez ainsi explorer les possibilités de valorisation des données et modèles d'un Jumeau Numérique pour d'autres cas d'usages proches, augmentant ainsi le retour sur investissement.

## FILTRE 1 : UTILISATEUR

UTILISATEUR \ FAMILLE	PRODUIT	PROCESSUS	RESSOURCE	OPÉRATEUR
Automaticien.ne			EQT-01	
Chef.fe de projet travaux neufs			USN-01	
Client.e final		PCD-02		
Concepteur.trice ligne de production		PCP-01, PCP-02, PCP-05		
Conducteur.trice	PDT-04			
Data Scientist		PCP-05	EQT-03	
Expert.e équipement			EQT-03	
Formateur.trice à la maintenance		PCP-03		
Formateur.trice à la production		PCP-03		
Gestionnaire entrepôts		PCA-02		
Ingénieur.e en mécanique			EQT-01	
Ingénieur.e méthode	PDT-02			OPR-01
Ingénieur.e produit	PDT-01, PDT-02, PDT-03	PCP-05, PCP-07	USN-01	
Ingénieur.e roboticien			EQT-01	
Magasinier.ère		PCA-03, PCD-02		
Opérateur.trice		PCP-03, PCP-04, PCP-06	USN-01	
Opérateur.trice de maintenance		PCP-03	EQT-02, EQT-03, USN-01	
Programmeur.euse systèmes embarqués	PDT-04			
Réparateur.trice	PDT-04			
Responsable achats		PCA-01		
Responsable amélioration continue			USN-01	
Responsable chaîne d'approvisionnement	PDT-02	PCA-01, PCA-02, PCA-03		
Responsable cybersécurité			EQT-04	
Responsable développement durable	PDT-02, PDT-05	PCA-01, PCD-01		
Responsable distribution		PCD-01, PCD-02		
Responsable industrialisation	PDT-01, PDT-03	PCP-01, PCP-02, PCP-07		
Responsable IT			EQT-04	
Responsable logistique		PCA-02, PCD-01, PCD-02		
Responsable maintenance		PCP-04, PCP-06	EQT-02, EQT-03, EQT-04	
Responsable ordonnancement		PCA-03, PCP-04, PCP-06		
Responsable planification		PCA-03		
Responsable production		PCA-03, PCP-02, PCP-04, PCP-05, PCP-06		
Responsable qualité	PDT-01, PDT-03, PDT-04	PCA-01, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07		
Responsable qualité	PDT-03, PDT-04	PCA-01, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07		
Responsable RSE (Responsabilité Sociétale des Entreprises)		PCP-07		
Responsable Santé au travail				OPR-01
Responsable sécurité	PDT-05	PCP-04, PCP-06		
Revendeur.euse de pièces détachées seconde main	PDT-05			
Spécialiste ergonomie				OPR-01

## FILTRE 2 : APPLICATION

APPLICATION DES JN \ CATÉGORIE D'USAGE	COMPRENDRE	OPTIMISER	EXPLOITER
Aide à la construction	USN-01		
Aide à la maintenance d'infrastructure	USN-01		
Aide à la mise en service d'infrastructure			USN-01
Aide à la recherche des causes de panne		PDT-04	
Aide à la réparation	PDT-04		
Aide au choix du réseau de fournisseurs		PCA-01	
Aide au choix du réseau de transport		PCA-01, PCD-01	
Aide au choix dynamique du meilleur parcours de distribution		PCD-02	
Amélioration de la performance d'infrastructure			USN-01
Analyse de l'état des composants	PDT-05		
Analyse de l'historique de production	PDT-01, PCP-01, PCP-05		
Analyse des retours produit et réparations	PDT-01, PCP-01		
Analyse des usages des consommateurs	PDT-01		
Approvisionnement ligne de production et traçabilité des composants		PCA-03	
Calcul et analyse impacts environnementaux	PDT-02, PCP-07		
Conception et simulation d'infrastructure	USN-01		
Conditionnement des livraisons		PCD-02	
Construction de modèles prédictifs		PCP-05, EQT-03	
Détection de menaces (cybersécurité)	EQT-04		
Expérimentation de modifications du poste de travail		OPR-01	
Formation des opérateurs	PCP-03, EQT-02		
Gestion des ressources réseau auto-adaptative	EQT-04		
Historique opérations de maintenance	PDT-05		
Mise en stock des rebuts réutilisables		PCA-03	
Optimisation de la consommation		PDT-04	
Optimisation de l'espace de travail		PCP-01	
Optimisation du parcours logistique		PCA-02	
Optimisation du remplissage des véhicules		PCA-02	
Outils de surveillance et contrôle d'infrastructure			USN-01
Planning d'expédition		PCD-02	
Prédiction de pannes et alertes			EQT-03
Prédiction des défauts de qualité		PCP-05	
Réception, contrôle et suivi des commandes pour la ligne de production			PCA-03
Recommandations d'actions pour prévenir des défauts de fabrication		PCP-05	
Recommandations de maintenance		PDT-04, EQT-03	
Recommandations d'utilisation produit		PDT-04	
(Ré-)ordonnancement des ordres de fabrication			PCP-04, PCP-06
Révision produit ou processus en vue de diminuer l'impact environnemental	PDT-02, PCP-07		
Simulation des opérations de maintenance	PCP-03, EQT-02		
Simulation comportement produit	PDT-01, PDT-03		
Simulation de mouvements de l'opérateur	OPR-01		
Simulation de réseau ITOT	EQT-04		
Simulation de scénarios de réduction des impacts environnementaux	PDT-02, PCP-07		
Simulation d'opération avec détection des collisions	EQT-01		
Simulation du démantèlement	PDT-05, USN-01		
Simulation logistique d'approvisionnement		PCA-01	
Simulation logistique de livraison		PCA-01	
Simulation processus de production	PDT-01, PCA-01, PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-05		
Suivi de la distribution des lots de produits		PCD-02	
Suivi de la livraison par le client		PCD-02	
Tableaux de bord, alertes			PCA-03, PCP-04, PCP-06, EQT-01
Télémaintenance			EQT-02
Tests virtuels d'intégration (OTIT)		PCP-02	
Valorisation des déchets		PCP-07	
Vue 3D de l'entrepôt avec l'état des stocks			PCA-03
Vue 3D de la cellule de production	EQT-01		
Vue 3D de l'opérateur dans son environnement de travail	OPR-01		
Vue 3D des couvertures réseau	EQT-04		
Vue 3D en temps réel des lignes de production			PCP-04, PCP-06
Vue 3D produit avec traçabilité composants	PDT-04, PDT-05		

## FILTRE 3 : DONNÉES & MODÈLES UTILISÉS PAR LE JUMEAU NUMÉRIQUE

JUMEAU NUMÉRIQUE \ FAMILLE	PRODUIT	PROCESSUS	RESSOURCE	OPÉRATEUR
Commandes prévisionnelles		PCD-01		
Données de consommation énergétique des véhicules		PCA-02		
Données de maintenance des équipements		PCP-01		
Données de maintenance du produit	PDT-01, PDT-04, PDT-05			
Données de production		PCA-03, PCP-01, PCP-04, PCP-05, PCP-06		
Données d'impact environnemental issues de la chaîne d'approvisionnement	PDT-02	PCA-01		
Données d'impact environnemental liées à la production	PDT-02	PCP-07		
Données d'usage de l'équipement			EQT-03	
Données d'usage du produit	PDT-01, PDT-04, PDT-05			
Flux de transport		PCA-01		
Liste de colisage et contraintes de livraison		PCA-02		
Modèle de gestuelle opérateur		PCP-03	EQT-02	OPR-01
Modèle de l'opérateur				OPR-01
Modèle d'efforts sur le corps humain				OPR-01
Modèle des entrepôts		PCA-01, PCA-03, PCD-01, PCD-02		
Modèle des équipements		PCA-03, PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-06, PCP-07, PCD-02	EQT-01, EQT-02, EQT-03	
Modèle des équipements connectés			EQT-04	
Modèle des lignes de production		PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-06, PCP-07	EQT-02	
Modèle des lots de distribution		PCD-01, PCD-02		
Modèle des moyens de transport (type véhicule, capacité,...)		PCA-02, PCD-01, PCD-02		
Modèle des opérations de maintenance		PCP-03	EQT-02	
Modèle des outils			EQT-01, EQT-02	
Modèle du bâtiment			EQT-04, USN-01	
Modèle du flux de matières		PCA-03, PCP-05		
Modèle du poste de travail		PCP-03		OPR-01
Modèle du processus de production	PDT-01, PDT-03	PCA-01, PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07	EQT-04, USN-01	
Modèle du réseau (OTIT) edge - cloud			EQT-04	
Modèle du réseau logistique		PCA-01, PCA-02, PCD-01, PCD-02		
Modèle et état réseau logistique (coord. GPS, trafic...)		PCA-02, PCD-02		
Modèle géographique			USN-01	
Modèle produit	PDT-01, PDT-02, PDT-03, PDT-04, PDT-05	PCP-02, PCP-03, PCP-05	EQT-01	OPR-01
Pannes constatées			EQT-03	
Paramétrage des opérations de fabrication		PCP-02, PCP-05	EQT-01	
Planning d'approvisionnement fournisseurs		PCA-03		
Planning de livraisons		PCD-02		
Planning de production		PCP-04, PCP-06		
Programmes d'automatisation		PCP-02	EQT-01	
Traçabilité des composants	PDT-05			

## FILTRE 4 : OBJETS DU MONDE RÉEL REPRÉSENTÉS

MONDE PHYSIQUE \ FAMILLE	PRODUIT	PROCESSUS	RESSOURCE	OPÉRATEUR
Automobile, avion, produit high-tech...	PDT-01, PDT-04, PDT-05		EQT-02	
Autres équipements connectés			EQT-04	
Composants	PDT-02, PDT-03			
Énergie	PDT-02	PCA-02, PCP-07		
Entrepôts		PCA-01, PCA-02, PCA-03, PCD-01, PCD-02		
Environnement de production		PCP-05		
Environnement géographique			USN-01	
Équipement industriel		PCA-03, PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-06, PCP-07, PCD-02	EQT-01, EQT-02, EQT-03, EQT-04	
Flux d'approvisionnement		PCP-01		
Fournisseurs		PCA-01		
Infrastructure énergétique		PCA-02		
Installation pétrochimique, gazière, de production électrique, centrale nucléaire, bâtiment, ...			USN-01	
Ligne de production	PDT-03	PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07	EQT-04	
Matière première et déchets	PDT-02	PCA-01, PCP-07		
Opérateur		PCP-03		OPR-01
Outils		PCP-02	EQT-01	
Poste de travail		PCP-03		OPR-01
Produit à fabriquer/ assembler		PCP-02	EQT-01	OPR-01
Produit en cours de fabrication ou d'approvisionnement	PDT-03	PCA-03, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07		
Produit Manufacturé final	PDT-02	PCD-01, PCD-02		
Réseau électrique ou de communication		PCP-04, PCP-06, PCP-07	EQT-04	
Réseau logistique		PCA-02, PCD-01, PCD-02		
Transporteurs		PCA-01, PCA-02, PCD-01, PCD-02		
Usine		PCA-03, PCP-03, PCP-04, PCP-06, PCP-07	EQT-04	

## FILTRE 5 : INDUSTRIES CONCERNÉES PAR LES CAS D'USAGE

INDUSTRIE \ FAMILLE	PRODUIT	PROCESSUS	RESSOURCE	UTILISATEUR
Automobile	PDT-01, PDT-02, PDT-04, PDT-05	PCA-01, PCA-02, PCA-03, PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07, PCD-01, PCD-02	EQT-01, EQT-02, EQT-03, EQT-04, USN-01	OPR-01
Aéronautique, trains, navires	PDT-01, PDT-02, PDT-04, PDT-05	PCA-01, PCA-02, PCA-03, PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07, PCD-01, PCD-02	EQT-01, EQT-02, EQT-03, EQT-04, USN-01	OPR-01
Construction	PDT-01, PDT-02, PDT-04, PDT-05	PCA-01, PCA-02, PCA-03, PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07	EQT-01, EQT-02, EQT-03	OPR-01
Équipements industriels	PDT-01, PDT-02, PDT-03, PDT-04, PDT-05	PCA-01, PCA-02, PCA-03, PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07, PCD-01, PCD-02	EQT-01, EQT-02, EQT-03, EQT-04, USN-01	OPR-01
Hautes technologies	PDT-01, PDT-02, PDT-03, PDT-04	PCA-01, PCA-02, PCA-03, PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07, PCD-01, PCD-02	EQT-01, EQT-02, EQT-03, EQT-04, USN-01	OPR-01
Pétrolière et chimie	PDT-02	PCA-01, PCA-02, PCA-03, PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07, PCD-01, PCD-02	EQT-01, EQT-02, EQT-03, EQT-04, USN-01	OPR-01
Infrastructures de communication	PDT-02, PDT-03, PDT-04	PCA-01, PCA-02, PCA-03, PCP-01, PCP-03, PCP-07	EQT-01, EQT-02, EQT-03, EQT-04, USN-01	OPR-01
Matériaux	PDT-02	PCA-01, PCA-02, PCA-03, PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07, PCD-01, PCD-02	EQT-01, EQT-02, EQT-03, EQT-04, USN-01	OPR-01
Production d'énergie	PDT-04	PCA-01, PCA-02, PCA-03, PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07, PCD-01, PCD-02	EQT-01, EQT-02, EQT-03, EQT-04, USN-01	OPR-01
Produits pharmaceutiques	PDT-02	PCA-01, PCA-02, PCA-03, PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07, PCD-01, PCD-02	EQT-01, EQT-02, EQT-03, EQT-04, USN-01	OPR-01
Produits de grande consommation	PDT-01, PDT-02, PDT-04, PDT-05	PCA-01, PCA-02, PCA-03, PCP-01, PCP-02, PCP-03, PCP-04, PCP-05, PCP-06, PCP-07, PCD-01, PCD-02	EQT-01, EQT-02, EQT-03, EQT-04, USN-01	OPR-01
Transport et logistique	PDT-04	PCA-01, PCA-02, PCA-03, PCP-03, PCD-01, PCD-02	EQT-01, EQT-02, EQT-03, EQT-04, USN-01	OPR-01

L'AIF tient à remercier tous les participants du Comité Technique « Jumeau Numérique » pour leur contribution à la réalisation de cette brochure. Et en particulier :

- Emmanuelle Abisset-Chavanne, Ensam
- Stéphane Barth-Chahinian, AIF
- Antoine Beugnard, IMT Atlantique
- Didier Caudron, Sanofi
- Christian Chaplais, Dassault Systèmes
- Thierry Coupaye, Orange
- Fahad Golra, Agileo Automation
- Hervé Labarge, Heverett
- Patrick Lambole, Schneider Electric
- Damien Lamy, Mines Saint-Etienne
- Lidia Manogarane, Dassault Systèmes
- Philippe Marcel, Captronic
- Yvan Picaud, Orange
- Ariane Piel, CEA
- Jean-Pascal Riss, Schneider Electric
- Olivier Scart, Dassault Systèmes
- Philippe Thaillasses, Gimelec
- Gilles Triay, Latesys
- Marc Zolghadri, Supméca



Créée en 2015, l'Alliance Industrie du Futur (AIF), association loi 1901, organise et coordonne, au niveau national, les initiatives, projets et travaux des PME/ETI, pour la modernisation des outils industriels et la transformation de leur modèle économique, notamment par l'apport de nouvelles technologies.

Présidée par Frédéric Sanchez depuis mars 2021, elle porte la Filière **Solutions Industrie du Futur** labellisée par le Conseil National de l'Industrie : [www.solutionsindustriedufutur.org](http://www.solutionsindustriedufutur.org).

Elle anime pour cela les groupes projets du Contrat Stratégique de Filière. Son parti pris : intégrer le salarié avec son savoir-faire et son savoir-être, comme élément majeur de la réussite de ce processus. L'objectif est de repositionner l'offre française de solutions pour l'industrie du futur au cœur de la relance industrielle du pays.

