



FactoryLab

# CATALOGUE PROJETS

---

La communauté pour  
l'industrie du futur

Novembre 2025



# Construisons ensemble l'industrie de demain !

FactoryLab est un consortium industriel et académique qui intègre des solutions technologiques dans des délais très courts et réalise des démonstrateurs préindustriels en réponse aux enjeux de transformation de ses membres. Ce consortium facilite l'adoption et le déploiement rapide sur le marché de ces nouvelles solutions.

Lieu de fertilisation croisée inter-filières, FactoryLab est un modèle ingénieux d'échange et de mutualisation de ressources qui offre à ses membres, industriels utilisateurs finaux, intégrateurs ou fournisseurs de technologies, un véritable effet de levier en matière de création de valeur.

➡ [factorylab.fr](https://factorylab.fr)

DASSAULT  
SYSTÈMES

ENERGIENCY  
ENERGY INTELLIGENCE FOR MANUFACTURING

ISYBOT  
The agile automation

LS  
GROUP

SHERPA  
engineering

RACER  
FRANCE 1927

iQANTO

KNOWLLENCE  
knowledge for excellence

FINRIP

Picomto

HAPS-TER

R&D  
VISION

orange  
Business  
Services

Altermaker

CETIM

cea  
list

Arts  
Sciences et  
Technologies  
et Métiers

Instituts

Clients  
Finaux

SAFRAN

STELLANTIS

NAVAL  
GROUP

slb





# L'INNOVATION INDUSTRIELLE AU CŒUR DE NOS EXPERTISES

---

De la maintenance prédictive à la réalité mixte en passant par l'instrumentation IoT, l'optimisation d'ordonnancement sous contraintes ou le suivi et simulation temps réel de facteurs clés liés à la sécurité des personnes, la performance industrielle, l'adaptation des rythmes et outils, parcourez les technologies mises en œuvre à travers nos projets dans ce catalogue.

## Thème 1

### Usine durable

- Empreinte carbone
- Efficacité énergétique
- Economie circulaire

## Thème 2

### Assistance physique à l'opérateur

- Guidage semi-automatique
- Robotique collaborative
- Exosquelettes

## Thème 3

### Contrôles avancés

- Contrôle des pièces et des procédés
- Automatisation et digitalisation des contrôles en flux de production

## Thème 4

### Usine numérique centrée opérateur

- Supervision et pilotage de l'adaptabilité
- Aide cognitive à l'opérateur
- Efficience opérationnelle
- RA/RV, interfaces portées, facteurs humains

## THEME 1

# USINE DURABLE

### OPTIM ENERGIE

Suivi, analyse et optimisation de la consommation énergétique du système manufacturier

### DONNÉES CO2

Benchmark des méthodes de calcul et bases de données CO2 procédés

### SMARTSTANDBY

L'intelligence de mises en veille ou arrêts machine pour une sobriété énergétique en production.

### ENVPRODScore

Evaluer et réduire les impacts environnementaux des équipements de production

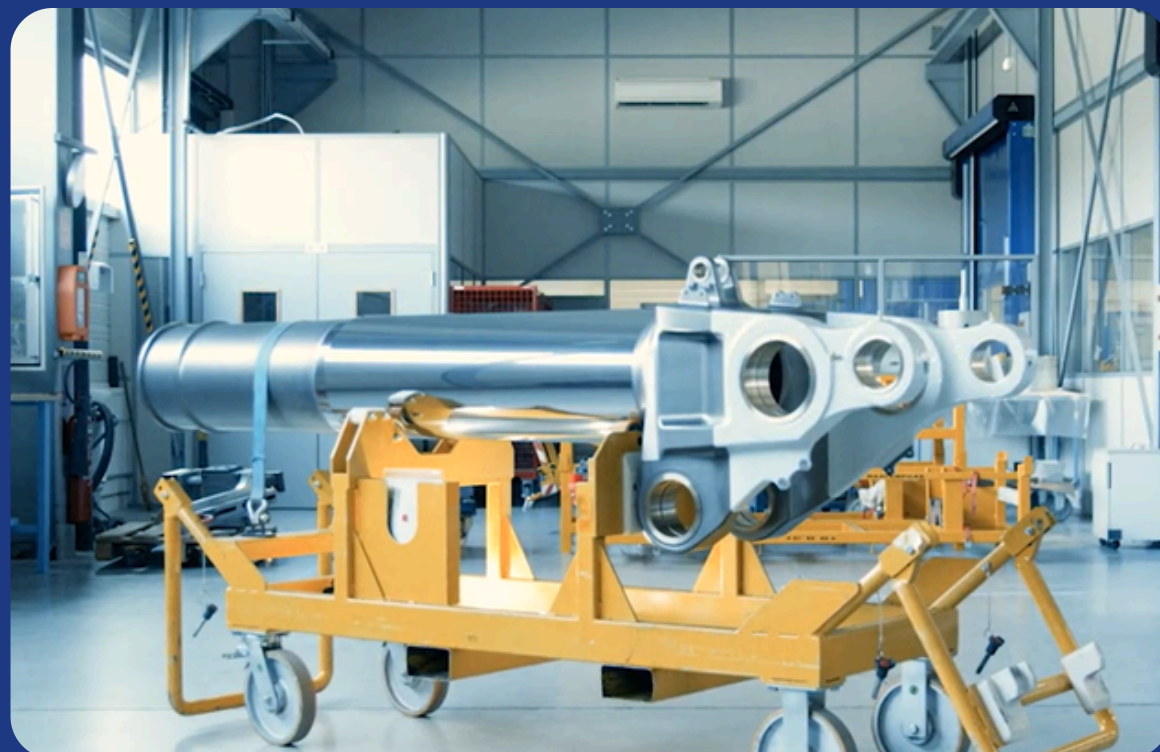
### COGEFLUX

Pilotage des ambiances thermiques des bâtiments

# OPTIM ENERGIE

Projet terminé en 2022

## Suivre, comprendre, optimiser et piloter la consommation énergétique du système manufacturier



**THEME 1 :**  
Usine Durable

**Chef de projet :**  
Jerome Ribeyron

### Mots clés :

Energie, Optimisation, Production, Consommation, Planification, Economie, Modélisation, Simulation

### Les enjeux

En vue de réduire l'empreinte carbone et les coûts associés à la consommation énergétique des outils de production, les enjeux du projet OptimEnergie sont les suivants :

- Collecter et mesurer la donnée énergétique de manière fiable et sécurisée, et à moindre coût.
- Mesurer les drivers de la consommation énergétique.
- Emettre des recommandations pour optimiser la consommation énergétique en fonction de l'activité industrielle

### Le contexte

Les sites de production des Industriels participants au projet présentent une grande diversité en termes de maturité de la maîtrise énergétique : mesures différenciées de la consommation par ateliers, procédés ou machines, historiques sur plusieurs mois ou plusieurs années, bonnes pratiques, outil de planification de la production, jumeau numérique de tout ou partie de l'outil productif. Le projet OptimEnergie s'est centré sur les sites Naval Group de Lorient et Safran Landing Systems à Bidos qui présentent des caractéristiques complémentaires.

### Les innovations

La méthodologie mise en œuvre comprend plusieurs étapes adaptées en fonction des objectifs et du niveau de maturité de l'entreprise. Dans sa version la plus complète, une campagne de mesures débouche sur une phase d'analyse qui

identifie les facteurs d'influence; cette base permet de modéliser, puis de simuler les consommations des procédés, conduisant à optimiser la planification de la production. L'ensemble du travail s'appuie sur une suite logicielle outillée, qui gère en particulier des tableaux de bord, permettant aux opérateurs de visualiser les données et tester différentes hypothèses.

### Les impacts

Le projet OptimEnergie a d'abord permis aux partenaires utilisateurs finaux d'améliorer l'efficacité énergétique des ateliers pilotes (15 à 30%) et d'évaluer la rentabilité des actions futures. Pour chaque site, la méthodologie développée permet d'évaluer son niveau de maturité, puis de définir les premières étapes à mettre en place et les données nécessaires pour les atteindre. La suite logicielle qui supporte ce processus demande à être adaptée à chaque cas particulier.

### Projet en lien

[SmartStandBy](#)

[DetectAir](#)

### Pour en savoir plus, voir la vidéo



### Découvrir la solution

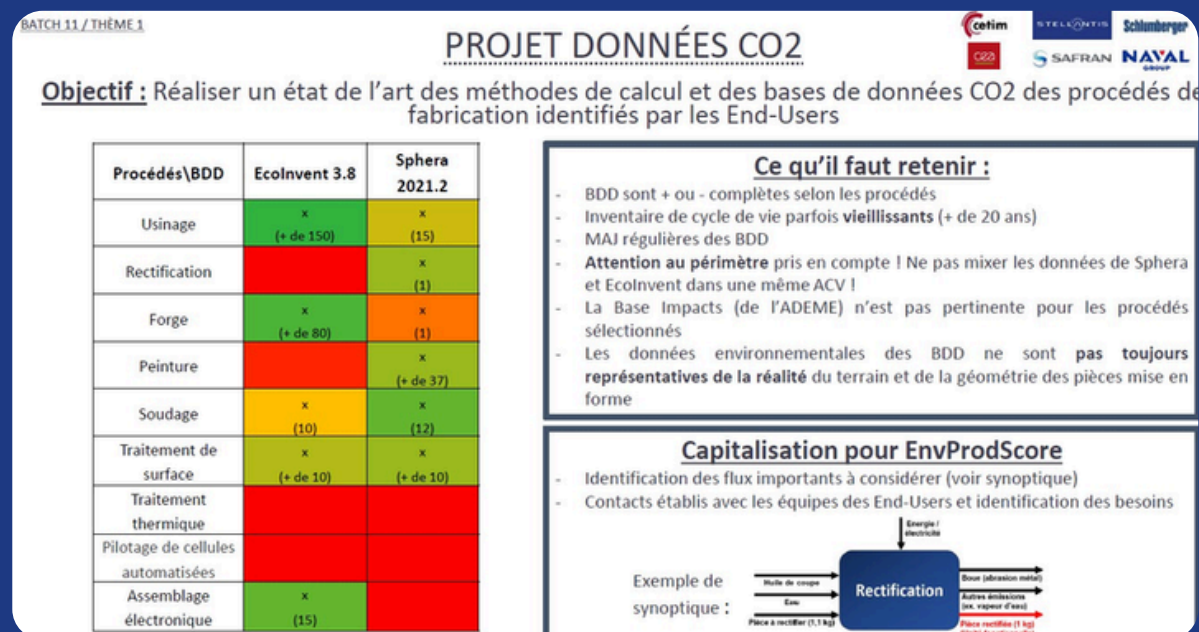




# DONNÉES CO2

Projet terminé en 2023

## Benchmark des méthodes de calcul et bases de données CO2 procédés



### THEME 1 :

Usine Durable

### Chef de projet :

Morgane Berthault

### Mots clés :

Impact environnemental, Bases de données environnementales, Procédés

## Les enjeux

Les industriels sont de plus en plus incités à adopter une approche vertueuse en matière de développement durable. L'évaluation de l'empreinte carbone, tant au niveau des sites de production que des produits finis, constitue un levier essentiel pour optimiser les performances environnementales des entreprises.

## Le contexte

Les principales attentes des industriels participants au projet sont de pouvoir identifier les données CO2 fiables, robustes et représentatives des procédés mis en œuvre dans leurs entreprises respectives. L'objectif étant de pouvoir renseigner de façon plus précise l'évaluation de l'empreinte carbone de leurs sites, et de pouvoir intégrer ces données dans la phase de fabrication de leurs produits.

## Les innovations

Réalisation d'un état de l'art des méthodes de calculs et des bases de données CO2 des procédés de fabrication. Réalisation d'une analyse critique des données présentes dans les bases de données environnementales selon différents paramètres tels que le périmètre de la donnée, l'accessibilité (payante/gratuite) de la base de données ou encore la qualité de la donnée

## Les impacts

Les bases de données environnementales ne sont pas suffisamment complètes et représentatives des procédés mis en œuvre par les industriels. Pour disposer de données fiables, robustes et représentatives des procédés concernés, il sera nécessaire de mettre en place site par site une instrumentation adaptée venant alimenter la comptabilité carbone. Le projet EnvProdScore a donc été lancé pour adresser ce nouvel objectif.

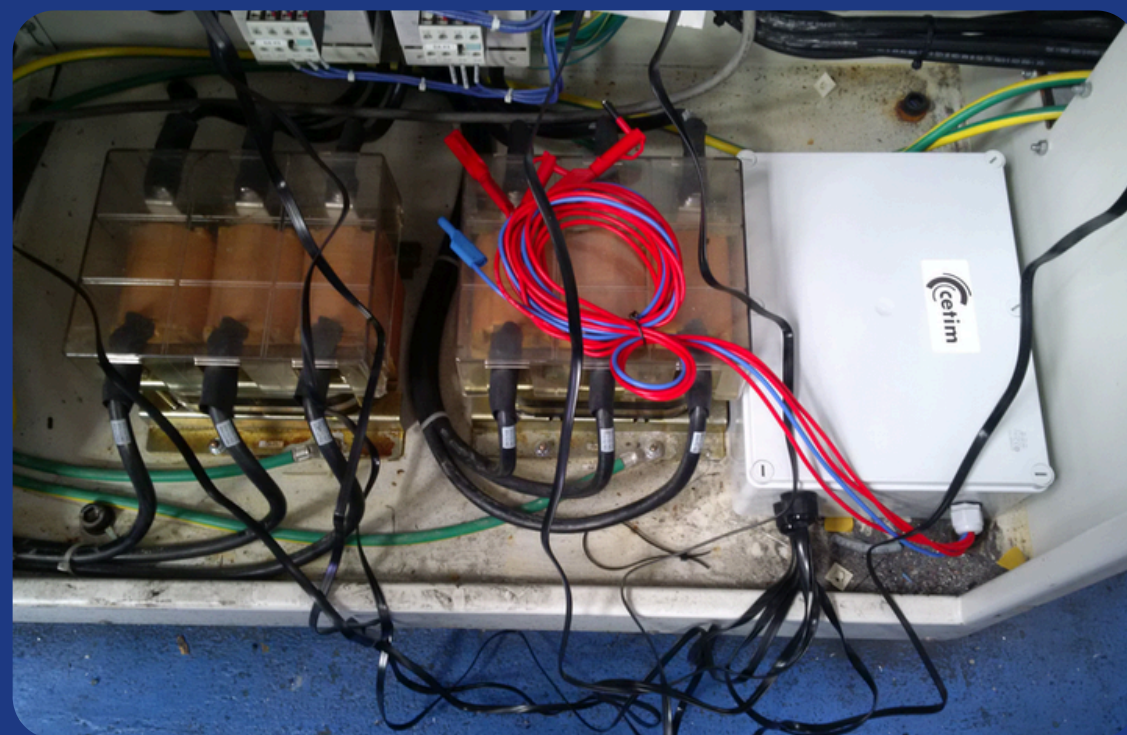
## Projet en lien

[EnvProdScore](#)

# SMARTSTANDBY

Projet terminé en 2024

**L'intelligence de mises en veille ou arrêts machine pour une sobriété énergétique en production.**



**THEME 1 :**  
Usine Durable

**Chef de projet :**  
Nicolas Cortesi

**Mots clés :**  
Machine-outil, Mise en veille, Arrêt machine, Sobriété énergétique, Economie énergie

## Les enjeux

Comment mettre en œuvre des stratégies de gestion de l'énergie pour réduire la consommation électrique des équipements de production sans compromettre la productivité ? En développant des systèmes de gestion de l'énergie permettant de planifier des arrêts ou des mises en veille automatiques des équipements de production (utilités incluses).

## Le contexte

Les consommations électriques de machine-outil n'étant que rarement le poste principal de consommation d'une usine, les investigations et les optimisations dans ce domaine n'avaient pas été entreprises de façon systémiques. Smart StandBy a permis de quantifier puis de mettre en œuvre des actions d'économies d'énergie substantielles.

## Les innovations

Mesures électriques et pneumatiques sur site de l'ensemble des utilités d'une machine-outil. Collecte des mesures par passerelle LoraWan puis mise en ligne en temps réel sur portail Web sécurisé.

Croisement avec les paramétrages des Interfaces Homme Machine pour programmation de mises en veille ou arrêt automatique après période d'inactivité.

## Les impacts

Réduction des consommations électriques sur les chaînes de fabrication ciblées allant de 10 à 50% selon la maturité initiale des pratiques de mises en veille ou d'arrêt.

**Pour en savoir plus, voir la vidéo**





# ENVPRODSCORE

Projet terminé en 2024

## Evaluer et réduire les impacts environnementaux des équipements de production



**THEME 1 :**  
Usine Durable

**Chef de projet :**  
Morgane Berthault

### Mots clés :

ACV, Impacts environnementaux, Procédés, Equipements de production, Environnement

### Les enjeux

EnvProdScore s'inscrit dans la stratégie des industriels qui affichent des plans de décarbonations ambitieux pour 2050. La réduction des impacts environnementaux s'applique donc à tous les niveaux de l'entreprise et notamment sur les moyens de production. Or, il a été démontré (Projet Données CO2), un manque de données environnementales relatives aux procédés industriels et un manque de méthodologie chez les clients finaux. EnvProdScore vise donc à aider les clients finaux en fournissant une méthodologie d'évaluation générique et un outil d'aide à la décision pour l'évaluation environnementale des moyens de production.

### Le contexte

Pour tester et approfondir la méthodologie d'évaluation des impacts environnementaux, 4 cas d'usage ont été étudiés dans ce projet :

- Machine d'usinage chez Naval Group (site de Lorient)
- Machine d'usinage chez Safran (site de Corbeil)
- Four de traitement thermique chez SLB (site de Béziers)
- Four de traitement thermique sous vide chez Safran (site de Châtellerauld).

### Les innovations

Avec la première version de l'outil Excel développée par le CETIM et Altermaker, les clients finaux sont capables de réaliser des évaluations environnementales sur des procédés de fabrication.

Ainsi, des actions de réduction des impacts environnementaux peuvent être mises en place. De plus, cet outil permet aux industriels de rajouter une composante environnementale dans leur choix d'investissement d'équipements de production.

### Les impacts

Pour les clients finaux, ce projet leur a permis de monter en compétences sur les aspects environnementaux en acquérant des connaissances sur la prise en compte des enjeux environnementaux, en intégrant de la méthodologie dans leurs pratiques et en capitalisant sur des actions de réduction des impacts. Pour les laboratoires, ce projet a permis de formaliser une méthodologie d'évaluation pragmatique des impacts environnementaux et de pouvoir la tester sur des cas d'application industriels. Pour le fournisseur de technologie, ce projet a permis de développer une nouvelle solution logicielle parmi les développements déjà proposés sur étagère.

### Projet en lien

DONNEES CO2

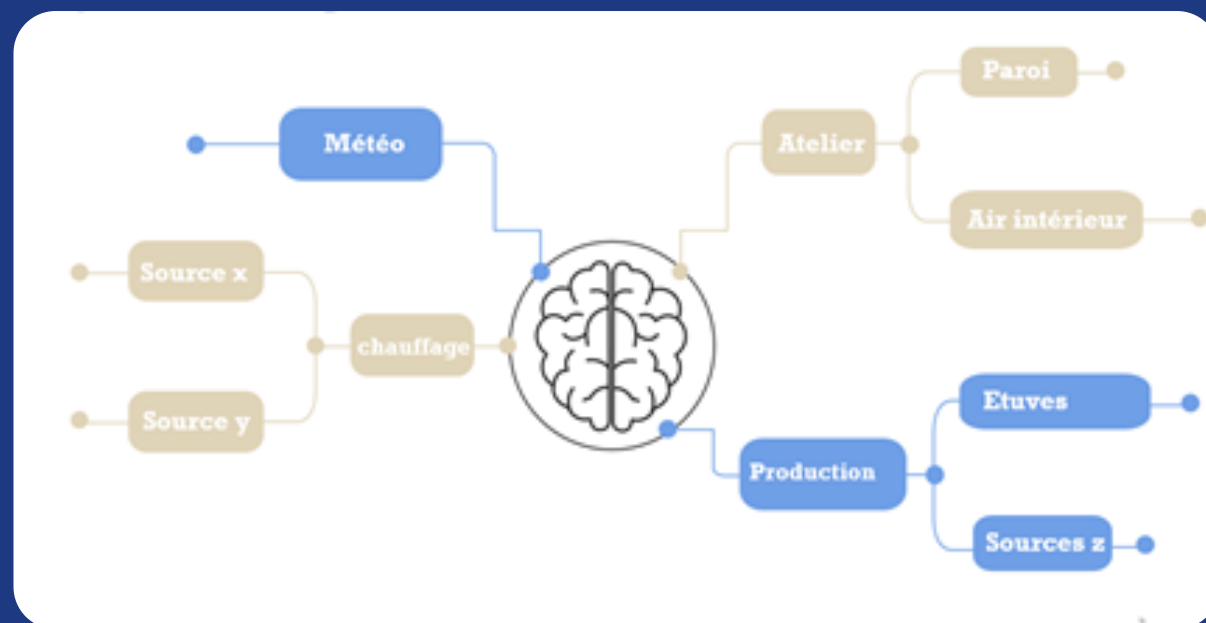
### Pour en savoir plus, voir la vidéo



# COGEFLUX

Projet terminé en 2024

## Pilotage des ambiances thermiques des bâtiments



**THEME 1 :**  
Usine Durable

**Chef de projet :**  
Jérôme RIBEYRON

**Mots clés :**  
Pilotage, Confort thermique, Ambiance, Jumeau énergétique, Méthodologie, Chauffage

### Les enjeux

Maîtriser la consommation énergétique des ateliers de production en assurant des conditions d'ambiance de travail optimum pour les collaborateurs

### Le contexte

Le pilotage de l'ambiance thermique des ateliers de production n'intègre pas le positionnement de l'instrumentation au plus près des collaborateurs et l'apport énergétique des procédés de production. L'absence d'un tel système a pour conséquence une dégradation des conditions d'ambiance, générant une surconsommation d'énergie et une baisse de la productivité. Comment maîtriser la consommation énergétique des ateliers de production en assurant des conditions d'ambiance travail optimum pour les collaborateurs, tel est l'enjeu du projet COGEFLUX, dans le cadre du consortium industriel FactoryLab.

### Les innovations

La principale innovation de ce projet réside donc dans l'exploitation des synergies entre des moyens technologiques (moyens d'instrumentation), des approches méthodologiques (processus de construction du jumeau numérique) et des outils de machine learning (acquisition de données, jumeau numérique et optimisation permanente), dans l'objectif de réduire la consommation énergétique des ateliers grâce à une solution de pilotage optimisée multicritères.

### Les impacts

Ce projet a contribué à assurer une montée en maturité des partenaires sur cette thématique en les accompagnant à reprendre en main leur système de chauffage et avoir une meilleure compréhension des facteurs d'influence sur la régulation du confort thermique. Les cas d'usage mis en œuvre n'ont pas permis de déployer l'ensemble des axes identifiés dans le projet en terme de pilotage et de prédiction mais les résultats montrent des potentiels de gains énergétiques intéressants (de l'ordre de 10%).

### Projet en lien

[Smartstandby](#)

[DetectAir](#)

### Pour en savoir plus, lire l'article





# ASSISTANCE PHYSIQUE À L'OPÉRATEUR

## AMM20

Aide à la manipulation mobile de 20 kg

## MANIPRES

Manipulation précise de charge lourde

## COBOBENCH

Guide d'aide aux choix pour les robots collaboratifs

## OUTPORT

Aide à la manipulation d'outillage de perçage et fraisurage

## SEEROB

Simulation ergonomique des environnements de travail avec des robots collaboratifs

## TELEMAN

Téléopération pour l'intervention en environnement contraint

## ERGOFORCE

Cotation Ergonomique (postures, efforts) à partir de capteurs portés par l'opérateur

## SAFETOOL

Etat de l'art sur la sécurisation des effecteurs

## METHODOSEEROB

Méthodologie de Simulation ergonomique

## METRAMM

Mesure et évaluation de la transparence des robots d'assistance et de guidage manuel

## BAR10

Bras d'assistance robotisée de capacité 10 kg

## PARAROB

Parachèvement robotique

## ASSISROB

SybXL, conception, innovation et défi d'un cobot à capacité de charge élevée

## ROBOPRECI

Evaluer la précision des robots industriels

## SAFEPATH

Solution de sécurisation de trajectoires

## ERGOHAND

Gant de mesure d'interaction

## PREHDIGIT

Démonstration de préhension robotique pluridigitale

# AMM20

Projet terminé en 2018

## Aide à la manipulation mobile de 20 kg



### THEME 2 :

Assistance physique à l'opérateur

### Chef de projet :

Antoine Delval

### Mots clés :

Manutention, Manipulateur équilibreur, Mobilité, AGV (Autonomous ground vehicle), Cobotique, Ergonomie du poste de travail

## Les enjeux

La mise en place d'AGV dans les ateliers ou les chaînes de production permet d'optimiser le temps passé par les opérateurs sur les tâches à haute valeur ajoutée. De plus, ce dispositif peut réduire fortement les risques de TMS comme par exemple lors de la manutention de profilés (Naval Group). Néanmoins, leur intégration peut être périlleuse et nécessiter des adaptations selon le type d'opérations.

## Le contexte

Le projet AMM20 vise à définir et réaliser un prototype fonctionnel d'aide à la manutention mobile de profilés métalliques pouvant atteindre une longueur de 6m et une masse de 50kg. Ce système permet un déplacement autonome dans l'atelier, une manutention simplifiée et réduit la pénibilité pour l'opérateur.

## Les innovations

La constitution d'un moyen se présentant sous la forme d'un « train » représente l'avancée attendue au lancement du projet. Cet ensemble est composé de :

1. Un AGV qui se déplace et se repère dans l'espace grâce à une cartographie de l'atelier,
2. Un moyen de manutention notamment équipé d'un manipulateur équilibreur utilisé via une poignée sensitive,

3. Une remorque de stockage des pièces manutentionnées et déplacées. Il s'agit d'un ensemble autonome lors de son utilisation grâce aux batteries intégrées.

## Les impacts

Le projet AAM20 a identifié et comparé les différentes solutions d'AGV et notamment leurs technologies de fonctionnement, conduisant à un état de l'art riche compte tenu de l'importance de ces types de robots dans l'industrie. Ce projet a permis à l'ensemble des partenaires de valider la faisabilité de la constitution d'un ensemble mobile et autonome de manutention et transport de pièces au sein d'un atelier. Il a enfin identifié les contraintes induites (organisationnelles et sécuritaires notamment) et les sources de progrès potentielles pour optimiser un tel dispositif.

## Pour en savoir plus, voir la vidéo





# MANIPRES

Projet terminé en 2018

## Manipulation précise de charge lourde



### THEME 2 :

Assistance physique à l'opérateur

### Chef de projet :

François Lansade

### Mots clés :

Robot collaboratif, Manutention, Commande supervisée, Guide virtuel, Anticollision, Ergonomie du poste de travail

## Les enjeux

La manipulation de charges fragiles et couteuses nécessite une certaine dextérité. De plus, leur masse peut compliquer fortement leur assemblage. Les robots collaboratifs permettent d'assister physiquement l'opérateur au port de ces charges pouvant aller de 20 à 120 kg tout en sécurisant l'opération pour l'Homme.

## Le contexte

Le projet MANIPRES vise à valider l'intérêt de la robotique collaborative pour le montage du groupe d'accessoires (AGB) d'un moteur d'avion. Ce sous-ensemble pèse plus de 60 kg et son assemblage nécessitait l'engagement de trois opérateurs, sur une durée de 180 minutes, et avec des risques de SSE (santé, sécurité et environnement) avérés.

## Les innovations

MANIPRES a implémenté une solution d'assistance physique à l'opérateur basée sur une technologie développée en collaboration par SARRAZIN Technologies et le CEA LIST. La performance en transparence de cette machine, associée à la commande supervisée (guides virtuels et anticollision) facilite la mise en place du composant tout en sécurisant l'opération, pour l'opérateur et pour l'environnement.

## Les impacts

Le projet a permis au laboratoire de robotique interactive du CEA LIST de finaliser le transfert industriel de la technologie vers SARRAZIN. Pour les utilisateurs finaux, MANIPRES a conduit à un gain notable de productivité: assemblage avec une précision submillimétrique de l'AGB en 30 minutes par un opérateur. Enfin, il a amélioré la qualité de montage par une meilleure maîtrise de l'effort de mise en place et l'absence de collision avec les tubulures du moteur.

## Pour en savoir plus, voir la vidéo





# COBOBENCH

Projet terminé en 2019

## Guide d'aide aux choix pour les robots collaboratifs



### THEME 2 :

Assistance physique à l'opérateur

### Chef de projet :

Catherine Bidard

### Mots clés :

Robotique collaborative, Benchmark, Sécurité robot, Guide d'aide au choix, Ergonomie du poste de travail

### Les enjeux

Depuis quelques années des robots dits “collaboratifs” permettent d’appréhender la robotique d’une façon inédite. Cette technologie émergente amène une forte interaction entre l’homme et le robot avec beaucoup de questions en suspens sur leur intégration.

### Le contexte

Parmi les multitudes de robots collaboratifs et leurs données constructeurs, choisir peut devenir périlleux. De fait, leur intégration industrielle reste encore rare, notamment due à la difficulté de prise en main, à la sécurité complexe à mettre en œuvre, mais aussi aux changements d’organisation induits. L’étude COBOBENCH propose un guide d’aide aux choix d’un robot collaboratif et souligne l’importance de l’environnement dans lequel nous souhaitons l’implanter.

### Les innovations

Il n’existe pas de benchmark sur le marché mettant en lumière l’intégration des robots collaboratifs sur des cas d’usage réels. Notre analyse comparative s’est portée sur des critères techniques, organisationnels et financiers. Ce guide traite particulièrement des aspects de connectivité vers les effecteurs et périphériques, la

prise en main et les compétences nécessaires en programmation et la mise en œuvre des fonctions de sécurité.

### Les impacts

Le projet a permis une montée en compétence des partenaires et leur apporte une connaissance plus approfondie des robots collaboratifs disponibles sur le marché. Le guide d’aide au choix aborde de façon concrète les éléments déterminants dans le choix d’un robot lors d’une intégration sur une application collaborative.

### Pour en savoir plus, voir la vidéo



# OUTPORT

Projet terminé en 2019

## Aide à la manipulation d'outillage de perçage et fraisurage



**THEME 2 :**  
Assistance physique à l'opérateur

**Chef de projet :**  
Elodie Dequaire

**Mots clés :**  
Robotique collaborative, Outil portable, Moyen de perçage, Sécurité, Ergonomie du poste de travail

### Les enjeux

De nos jours, la manipulation de charges dans les ateliers manufacturiers pose de nombreux problèmes. Il s'agit de tâches «physiques» peu valorisantes et susceptibles de générer des troubles musculo-squelettiques. On cherche dès lors à assister l'opérateur dans ces manipulations de charges, mais aussi à y associer des opérations plus complexes, potentiellement plus motivantes.

### Le contexte

Le positionnement et la mise en œuvre d'un outil de perçage notamment une forte poussée de l'opérateur illustrent parfaitement la problématique étudiée. Il vise à démontrer la faisabilité d'un système déplaçable d'aide à la manutention, puis à la mise en œuvre d'outillage de perçage/ fraisurage. Le but premier est d'améliorer les conditions de travail des opérateurs lors de la réalisation de tâches pénibles.

### Les innovations

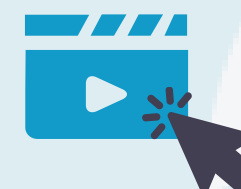
Le système développé est basé sur un robot 6 axes et une unité de perçage automatique (UPA). Le robot a été converti pour un fonctionnement en mode cobot, qui donne à l'opérateur la capacité de déplacer sans effort des outils lourds.

De son côté, l'UPA permet d'encaisser les efforts de perçage/ fraisurage tout en minimisant le nombre de passes et en assurant l'aspiration des poussières.

### Les impacts

A l'usage, le système OUTPORT a montré une réduction significative des efforts demandés à l'opérateur pour déplacer, positionner et mettre en œuvre l'outillage.

**Pour en savoir plus, voir la vidéo**

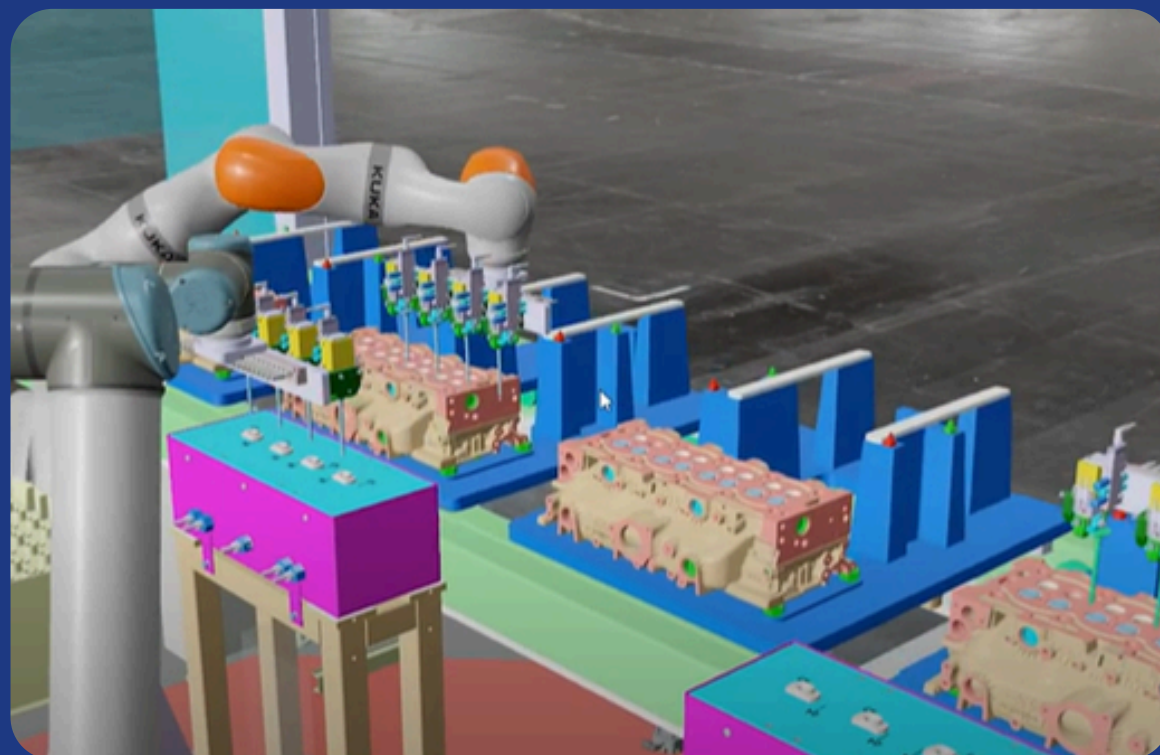




# SEEROB

Projet terminé en 2019

## Simulation ergonomique des environnements de travail avec des robots collaboratifs



**THEME 2 :**  
Assistance physique à l'opérateur

**Chef de projet :**  
Vincent Weistroffer

**Mots clés :**  
Certification, Cobotique, Sécurité robot, CAO, Réalité virtuelle, Réalité mixte, Ergonomie du poste de travail

### Les enjeux

En assistant les opérateurs humains, la robotique collaborative apporte productivité et flexibilité à l'outil industriel. Elle soulève cependant des questions de sécurité et d'ergonomie, qui ont suscité une adaptation des réglementations ainsi que de nouvelles normes. Il s'agit de faciliter la validation des postes de travail, étape qui constitue aujourd'hui le principal frein au développement de cette robotique collaborative.

### Le contexte

Un logiciel de simulation des postes de travail avec robots collaboratifs est une réponse adaptée au problème posé, à la condition impérative qu'il soit adaptable et simple d'utilisation pour une intégration rapide dans les processus de conception. Un besoin additionnel est qu'il permette de générer un rapport complet sur les critères de sécurité à prendre en compte pour la certification du poste.

### Les innovations

SEEROB développe un tel logiciel de « CAO cobotique- ». Contrairement aux outils de CAO standard, ce logiciel identifie dynamiquement les zones sensibles en termes de sécurité et d'ergonomie, et peut simuler des moyens de réduction des risques. Il utilise la réalité virtuelle pour

analyser des postes non-existants et la réalité mixte pour effectuer des études sur site avec robots réels.

### Les impacts

Le logiciel SEEROB permet aux ingénieurs de gagner du temps dans la conception des postes de travail, en identifiant en avance de phase les risques potentiels de sécurité et d'ergonomie. Le projet propose également un guide méthodologique pour assister les organismes de certification dans l'évaluation d'un poste de travail.

### Projet en lien

CONTINUM 4.0

### Pour en savoir plus, voir la vidéo



### Découvrir la solution



# TELEMAN

Projet terminé en 2019

## Téléopération pour l'intervention en environnement contraint



**THEME 2 :**  
Assistance physique à l'opérateur

**Chef de projet :**  
Rémi Friville

**Mots clés :**  
Robotique collaborative, Benchmark, Téléopération, Bras maître/esclave, Ergonomie du poste de travail

### Les enjeux

De nombreuses tâches complexes dans des environnements dangereux, confinés ou difficiles d'accès soulèvent des problèmes de santé et de sécurité de l'opérateur. En outre, leur bonne exécution dépend souvent d'une expérience qui n'est pas toujours en adéquation avec l'effort physique à fournir. Les technologies de téléopération peuvent-elles répondre à ces contraintes et aux surcoûts qu'elles engendrent ?

### Le contexte

Face à divers cas d'usage industriels, comme des manipulations risquées à bord d'un navire en mer (qui obligent aujourd'hui à gagner un port), TELEMAN propose une solution de téléopération qui permet d'effectuer des interventions complexes, de manière sécurisée, précise et à un coût raisonnable.

### Les innovations

La téléopération est déjà très utilisée dans l'industrie nucléaire qui exploite le logiciel TAO (Téléopération Assistée par Ordinateur) du CEA List. Les équipes ont d'abord innové en adaptant cette technologie à des contextes industriels très différents, comme l'offshore. Une deuxième innovation réside dans le pilotage d'un robot esclave 6 axes par des bras maître faible coût benchmarkés

en amont, dont l'un est une manette de jeu grand public. Une autre avancée a permis la télémanipulation en toute sécurité d'une masse quatre fois supérieure à la capacité du robot, en faisant collaborer celui-ci avec un équilibreur de charge.

### Les impacts

Le projet TELEMAN démontre qu'il est parfaitement possible d'effectuer des opérations complexes, dangereuses et coûteuses, grâce à des technologies robotiques matures, en parfaite synergie avec les modes opératoires propres à chaque industrie. Ces technologies viennent augmenter les équipements industriels, mais aussi les techniciens qui les opèrent, en décuplant la performance opérationnelle.

**Pour en savoir plus, voir la vidéo**



# ERGOFORCE

Projet terminé en 2020

## Cotation Ergonomique (postures, efforts) à partir de capteurs portés par l'opérateur



### THEME 2 :

Assistance physique à l'opérateur

### Chef de projet :

Claude Andriot

### Mots clés :

Commande en effort, robot industriel, compliance logicielle, programmation simplifiée, contrôle automatique

## Les enjeux

Les troubles musculo-squelettiques (TMS) représentent 85% des maladies professionnelles et entraînent en moyenne 6 mois d'arrêt de travail, soit 10 000 000 journées de travail perdues par an.

## Le contexte

Pour l'analyse des activités motrices avec efforts, les études ergonomiques existantes sont souvent très subjectives car elles se basent sur des études vidéos ou au mieux sur de la capture de mouvement (centrales inertielles, caméra, etc.). Elles n'exploitent pas de mesure d'effort alors que très souvent les efforts appliqués par et sur l'opérateur se font au niveau de ses pieds et de ses mains et pourraient donc être quantifiés via des capteurs placés à ce niveau.

## Les innovations

ERGOFORCE met en place un système de mesures portable et à faible coût répondant aux besoins suivants :

1. Réaliser sur site une cotation ergonomique (postures et efforts) de l'activité d'un opérateur dans le but de réduire la pénibilité et les risques de TMS.
2. Analyser l'activité de l'opérateur et les tâches associées à l'activité (capitalisation du savoir-faire, analyse d'activité, programmation de robots par démonstration, etc.).

## Les impacts

Le système ERGOFORCE, qui capture la posture de l'opérateur et les efforts qu'il développe, a démontré sa simplicité de mise en oeuvre et sa robustesse dans un environnement industriel. Ces qualités doivent conduire à des études ergonomiques plus riches et plus nombreuses, propres à réduire la pénibilité au travail et les TMS.

## Pour en savoir plus, voir la vidéo



## Découvrir la solution

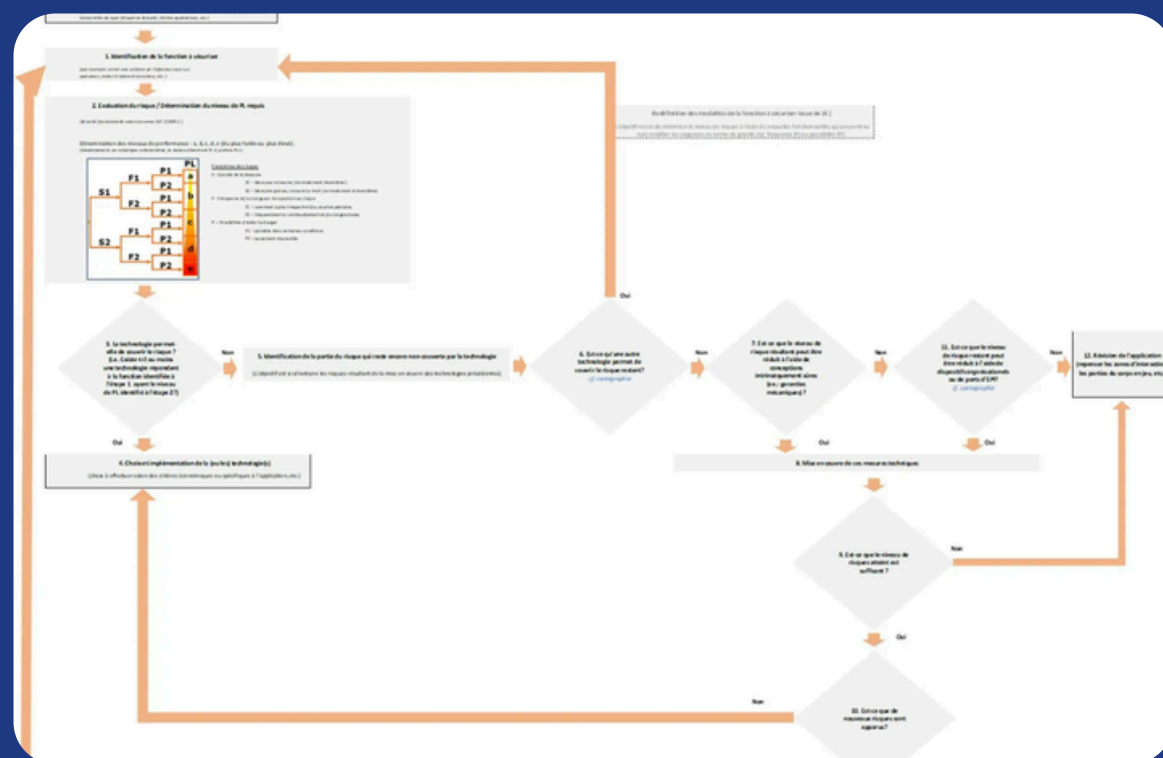




# SAFETOOL

Projet terminé en 2020

## Etat de l'art sur la sécurisation des effecteurs



**THEME 2 :**  
Assistance physique à l'opérateur

**Chef de projet :**  
Sylvain Acoulon

**Mots clés :**  
Sécurisation, Cobot, Composant de sécurité, Démarche sécurité, Cartographie sécurité, Effecteur

## Les enjeux

L'enjeu du projet est d'identifier une technologie prometteuse et économiquement viable pour la sécurisation des effecteurs dans le cadre d'une intégration système en robotique collaborative afin d'assurer la sécurité des opérateurs.

## Le contexte

Différents scénarios d'interaction humaine avec cobot muni d'effecteurs permettant différents cas d'utilisation, notamment en vissage, perçage, grattage, meulage, ponçage, usinage, préhension qui doivent être assurés en sécurité.

## Les innovations

Le projet a mené un état de l'art technologique des effecteurs afin d'identifier leurs limites pour pouvoir répondre aux besoins de sécurisation. Après l'identification des scénarios à risques, une méthodologie a été mise au point permettant de cartographier les solutions techniques de sécurisation en définissant comment intégrer celles-ci dans une démarche réglementaire et technique. Cette démarche a été appliquée pour des cas d'usage de clients finaux afin d'avoir une aide à la décision quant au choix de la technologie des effecteurs en prenant en compte leurs limites.

## Les impacts

Permettre d'identifier dès les phases de conception les solutions techniques de sécurisation ou les limitations imposées par la sécurité. Identifier les solutions techniques actuelles ou en devenir et leur impact sur la sécurité.

## Projet en lien

SAFEPATH

# METHODOSEEROB

Projet terminé en 2022

## Méthodologie pour la Simulation ergonomique des environnements de travail avec des robots collaboratifs



### THEME 2 :

Assistance physique à l'opérateur

### Chef de projet :

Claude Andriot

### Mots clés :

Réalité virtuelle, cobotique, sécurité, ergonomie, simulation, IHM, postes de travail, méthodologie

### Les enjeux

Le projet MethodoSeerob vise à réduire le temps de conception et de validation des postes cobotisés tout en respectant les normes de sécurité et d'ergonomie. Il répond aux besoins des industriels en outillage numérique adapté pour concevoir des postes collaboratifs homme-robot. Il s'agit aussi de renforcer la conformité aux normes ISO 15066 et d'améliorer l'efficacité industrielle.

### Le contexte

Les outils actuels de CAO ne permettent pas de prendre en compte les contraintes spécifiques de la cobotique. Le projet s'inscrit dans la continuité de SEEROB 1.0, avec la volonté de proposer une solution complète et industrialisable, intégrant la réalité virtuelle/mixte, pour accompagner les industriels dans la conception sécurisée des postes de travail robotisés.

### Les innovations

MethodoSeerob propose une IHM immersive de type "wizard", des modules de simulation pour évaluer la sécurité et l'ergonomie, une bibliothèque de capteurs, et une méthodologie simplifiée d'estimation des paramètres robotiques. C'est le premier logiciel permettant une simulation complète de postes collaboratifs en réalité virtuelle/mixte.

### Les impacts

Le logiciel est désormais commercialisable et utilisé par plusieurs industriels (SAFRAN, PSA, Naval Group). Il permet une meilleure évaluation des postes cobotisés en phase de conception. Il contribue à l'amélioration de la sécurité, à la réduction des TMS et à une meilleure prise en compte des contraintes opérationnelles sur le terrain.

### Projet en lien

SEEROB

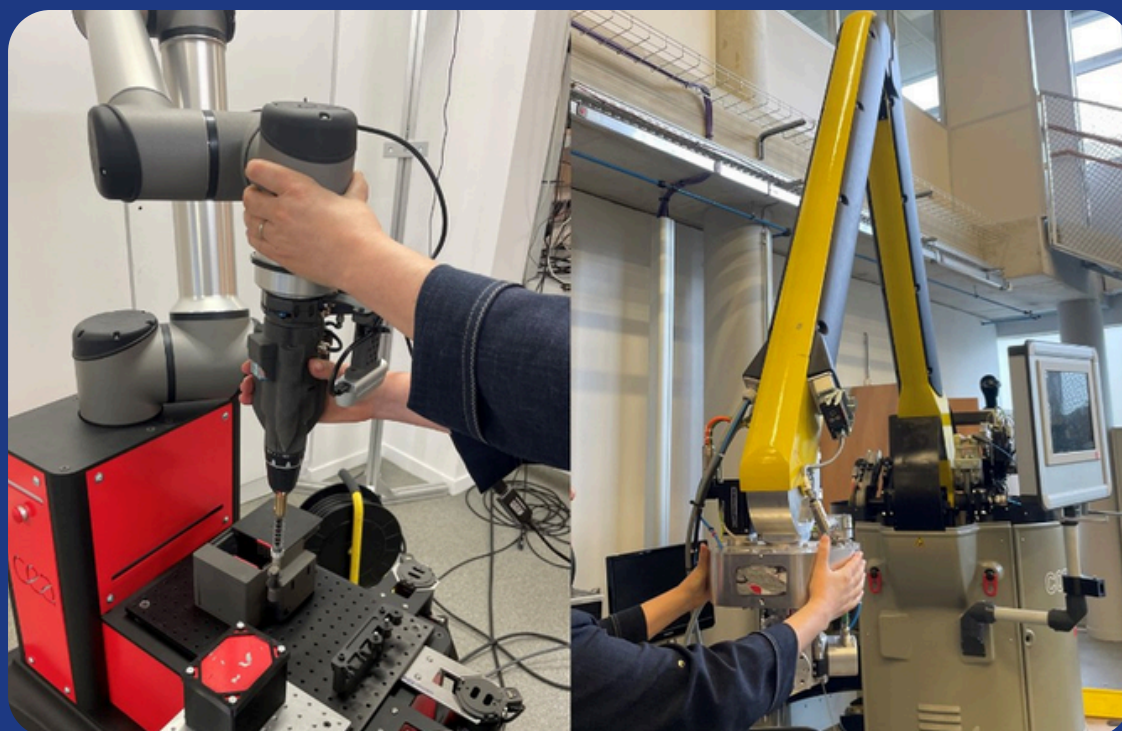
SAFETOOL



# METRAMM

Projet terminé en 2023

## Mesure et évaluation de la transparence des manipulateurs, assistants au port de charge et robots en guidage manuel



**THEME 2 :**  
Assistance physique à l'opérateur

**Chef de projet :**  
Catherine Bidard

**Mots clés :**  
Ergonomie du poste de travail, Cobot, Manipulateur industriel, Robotique collaborative, Benchmark

### Les enjeux

Les systèmes considérés reprennent la charge mais peuvent demander des efforts importants dans la mise en mouvement ainsi que dans le contrôle de ce mouvement. Ce manque de « transparence mécanique » conduit à une sous-utilisation des systèmes installés. L'enjeu pour les utilisateurs finaux est de pouvoir spécifier ou choisir un niveau de transparence en adéquation avec les besoins du poste de travail.

### Le contexte

Des manipulateurs qui assistent les opérateurs au port de charge sont installés dans les usines mais sont sous-utilisés, voire non-utilisés par manque de performance : Quand la charge reste transportable manuellement l'opérateur peut préférer travailler sans une assistance qui le gêne ou le ralentit. Dans le cas de robots collaboratifs, à l'heure actuelle, les constructeurs de robots ne donnent pas de caractéristiques de performance de leurs modes de guidage manuel et les comparaisons restent subjectives.

### Les innovations

Le principe de mesure développé consiste à observer les forces de réaction du système à un mouvement unidirectionnel. Il a été mis en œuvre dans trois dispositifs de mesure qui diffèrent par le

mode de sollicitation, manuelle ou motorisée, et le mode de contrainte du mouvement, guidé ou libre. Les efforts latéraux, i.e. qui ne sont pas dans la direction du mouvement, sont également observés.

### Les impacts

Le projet a permis de dégager des méthodes et modèles permettant de caractériser la transparence mécanique des systèmes d'assistance physique et d'en identifier les limites. Pour des tâches contraintes en temps d'exécution, un outil de calcul permet de spécifier le niveau de transparence requis pour ne pas dépasser des seuils d'efforts.

### Projets en lien

[COBOBENCH](#)

[MANIPRES](#)

[BAR-10](#)

[ERGOHAND](#)

**Pour en savoir plus, lire l'article**



# BAR10

Projet terminé en 2023

## Bras d'assistance robotisée de capacité 10 kg



### THEME 2 :

Assistance physique à l'opérateur

### Chef de projet :

Alexandre Verney

### Mots clés :

Assistance, Robot, Cobot, Manipulation, amplification d'effort

## Les enjeux

La manipulation d'objets ou l'application d'effort inférieurs à 10 kg de manière répétitive est une source de TMS importante dans l'industrie avec peu de solutions techniques proposées pour assister les postes de travail concernés. De plus, les assistances existantes sont souvent définies pour un type de tâche et un poste de travail, limitant ainsi leur taux d'utilisation et donc leur intérêt.

## Le contexte

Le projet BAR10 vise à proposer une machine d'assistance aux gestes ou au port de charges pour l'industrie. Cette solution doit être flexible en s'adaptant à plusieurs types de tâche, simple d'utilisation et de programmation pour pouvoir être utilisée par le personnel présent sur les postes de travail, et de faible encombrement pour pouvoir être déplacée d'un poste à l'autre.

## Les innovations

Le projet BAR10 se base sur 3 grandes innovations. Premièrement, une conception spécifique permettant un contrôle des efforts appliqués par la machine très fin et ce sans besoin de capteur d'effort fragile et coûteux. Deuxièmement, une programmation intuitive et simplifiée de la machine pour s'adapter à différents postes de travail ou tâches, que ce soit de l'aide au meulage ou bien l'application d'effort maîtrisé et calibré.

Troisièmement, une réalisation de faible encombrement et de poids réduit, permettant le déplacement et la manipulation de la machine de manière aisée.

## Les impacts

Après plusieurs essais en usine chez différents partenaires, l'utilisation du système BAR10 a montré un réel impact dans la diminution des efforts à fournir par l'opérateur et donc de sa fatigue. De plus, le système peut également permettre un suivi précis et chiffré des efforts appliqués et ainsi permettre un suivi qualité et réglementaire de certaines tâches. Enfin, la diversité des cas d'usage adressés montre bien la versatilité du système et son adaptabilité à divers environnements et tâches, limitant ainsi les investissements nécessaires pour améliorer plusieurs postes de travail pouvant être très différents au sein d'une même usine.

Pour en savoir plus, voir la vidéo





# PARAROB

Projet terminé en 2023

## Parachèvement robotique



**THEME 2 :**  
Assistance physique à l'opérateur

**Chef de projet :**  
Coline Nantermoz

**Mots clés :**  
Commande en effort, Robot industriel, Conformité logicielle,  
Programmation simplifiée, Contrôle automatique

### Les enjeux

Les opérations de parachèvement couvrent de nombreuses opérations mécaniques sur pièces de fonderie (ébavurage, ébarbage, tronçonnage), pièces soudées (arasage, plissage cordon) ainsi qu'en fabrication additive (enlèvement de renforts, finition). Ces tâches sont souvent réalisées manuellement, engendrant une grande pénibilité pour les opérateurs et des coûts importants, tandis que leur robotisation reste longue et coûteuse donc peu rentable pour de petites séries.

### Le contexte

L'enjeu du projet PARAROB est de prouver la possibilité de mise en place d'une cellule de meulage robotisée sans ajout d'un organe compliant actif. Le démonstrateur permet de traiter à la fois le meulage de profilés plats en sortie d'une machine de découpe (ébavurage, adoucissement des angles et ponçage de la peinture) et l'ébavurage d'un carter moteur.

### Les innovations

Le projet a permis de tester et transposer les algorithmes hybrides force-position, développés depuis 15 ans dans le laboratoire pour la téléopération et la cobotique, vers du contrôle automatique, et d'en améliorer les performances. Les conformités logicielles ainsi implémentées sont sélectionnables

et offrent un comportement programmable dans l'espace outil sur 6 degrés de liberté (force libre avec butées, amortissement, rappel élastique, limitation d'effort).

### Les impacts

Ce projet a permis d'améliorer significativement l'automatisation d'opérations et les performances du parachèvement Robotique, en capitalisant sur les algorithmes historiques du CEA List, et ainsi de pouvoir envisager l'industrialisation du système. Les partenaires utilisateurs finaux ont pu voir une preuve de concept de cellule robotisée permettant de s'affranchir de l'utilisation d'un organe conforme à l'effecteur et réalisant le meulage de pièces représentatives de leurs activités.

**Pour en savoir plus, voir la vidéo**

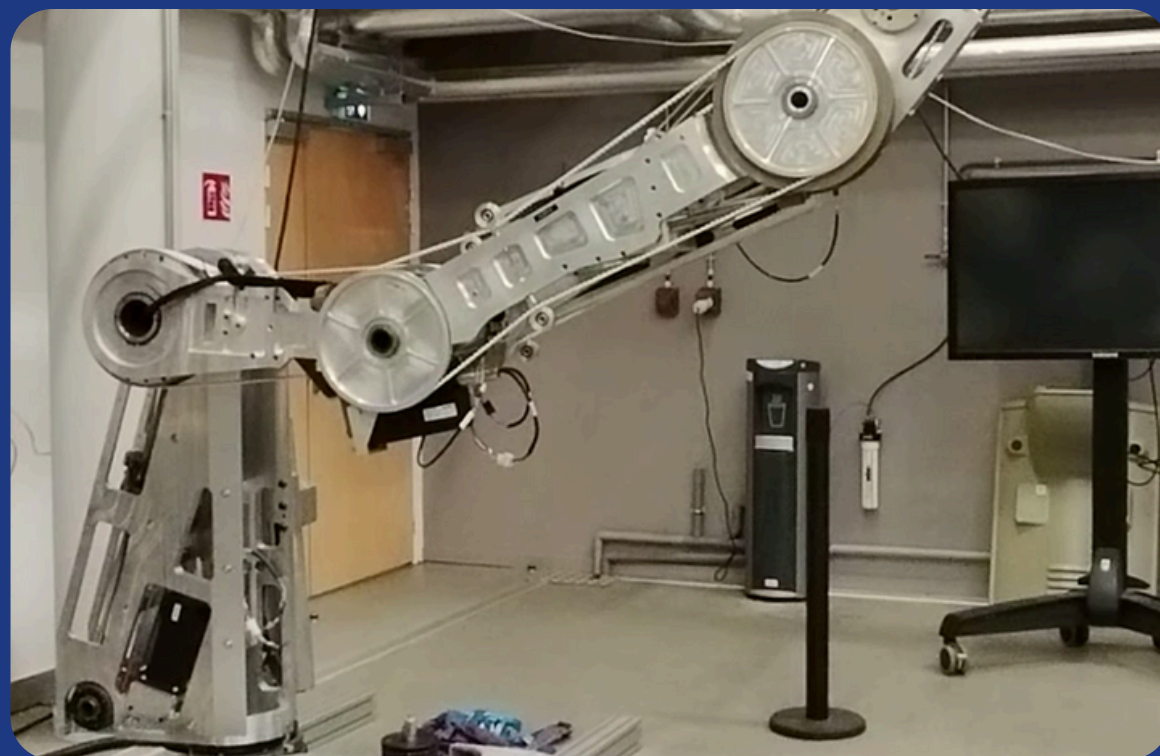




# ASSISROB

Projet terminé en 2024

## SybXL, conception, innovation et défi d'un cobot à capacité de charge élevée



### THEME 2 :

Assistance physique à l'opérateur

### Chef de projet :

Frédéric Colledani

### Mots clés :

Robot collaboratif, Cobot, Manutention, Assistance Physique, Démonstrateur, Sécurité, Mobilité, Industrie

## Les enjeux

Le projet vise à répondre à un besoin industriel non couvert : disposer d'un robot collaboratif transportable, de grande capacité (jusqu'à 35 kg), à mise en œuvre rapide, tout en respectant les contraintes de sécurité et d'ergonomie. Il s'agit d'améliorer l'assistance physique à l'opérateur, d'augmenter la productivité, de réduire les TMS, et d'optimiser les cycles de production.

## Le contexte

Les robots collaboratifs existants présentent des limites : faible capacité de charge, manque de mobilité ou encore vitesse et inertie non optimisées. ASSISROB vise à concevoir un robot 4 axes compact (<120 kg), avec un rayon opérationnel >2 m, capable d'être facilement déplacé et utilisé pour des opérations simples de manutention, vissage, ponçage ou montage, dans divers environnements industriels.

## Les innovations

Si tous les défis liés à la conception de ce type de cobot n'ont pas encore été résolus, des avancées scientifiques majeures ont été réalisées telles qu'un vérin à câble double sortie qui permet de synchroniser des axes ou un système d'équilibrage à ressorts multiples.

## Les impacts

Ce travail a permis d'aborder un domaine nouveau et qui permettra d'étendre les capacités des cobots à une plus grande autonomie et un vrai mode robot. Néanmoins, il s'est avéré lors des essais que la transparence est insuffisante dans certaines configurations. L'axe 3-4 a tendance à se mettre spontanément en configuration singulière, ce qui gêne considérablement la maniabilité sur cet axe. L'ergonomie résultante en est fortement dégradée. Ce projet a néanmoins permis des avancées scientifiques majeures :

- le travail sur l'équilibrage a permis d'améliorer les connaissances sur les incertitudes des ressorts;
- le développement d'un actionneur de type vérin à câble à double sortie, permettant de synchroniser 2 axes de manière élégante;
- enfin, une méthodologie pour identifier séparément les paramètres de la machine sans démontage a été développée et mise en œuvre.

## Pour en savoir plus, lire l'article



# ROBOPRECI

Projet terminé en 2024

## Evaluer la précision des robots industriels



### THEME 2 :

Assistance physique à l'opérateur

### Chef de projet :

Grégoire Debras

### Mots clés :

Répétabilité dynamique, Précision dynamique, Robot poly-articulé, Méthodologie d'évaluation

## Les enjeux

L'enjeu est d'obtenir une méthodologie standard d'évaluation de la répétabilité et de la précision dynamique d'un robot poly-articulé conventionnel en statique et en dynamique, prenant en compte les paramètres influents tels que la trajectoire, la vitesse, l'accélération, la charge embarquée, ou les positions dans l'enveloppe de travail.

La méthodologie attendue devra être adaptable à une large gamme de robots et simple à mettre en œuvre. Les solutions évaluées devront être robustes et en maturité industrielle TRL9, avec une disponibilité sur le marché français.

## Le contexte

La précision des robots industriels est une donnée importante dans le choix du modèle, en fonction du procédé qui sera mis en œuvre dans son application. Les caractéristiques fournies par les constructeurs de robots ne concernent souvent pas la précision de suivi de trajectoire, ni la précision sous effort variable.

Devant la difficulté à mettre en œuvre des solutions robotiques à travers de la programmation hors ligne, notamment à cause du manque de précision des robots en suivi de trajectoire, il devient pertinent de définir des moyens et une méthode permettant d'évaluer les performances statiques et dynamiques des robots à vide et en mode opérationnel. Ainsi que d'évaluer les particularités des trajectoires des robots.

## Les innovations

La norme ISO 9283, qui évalue les critères de performance des robots industriels reste très générique, elle a donc été analysée au cours du projet et nous avons pu tester quelques protocoles supplémentaires qui permettent de l'enrichir. L'impact de choix de différents repères d'expression de pose et trajectoires robots a notamment été étudié. Ce projet a pu permettre l'ajout d'un critère supplémentaire lors de l'évaluation des robots sériels : l'hystérésis constatée lors de la mesure de trajectoires effectuées dans 2 sens opposés. Enfin, afin de mieux coller aux usages des robots lors de processus industriels, ce projet a esquissé l'impact des lissages de trajectoires sur la précision des robots.

## Les impacts

Les résultats de ce projet permettront aux partenaires, lors de l'évaluation de la précision des robots industriels qu'ils auront à disposition, de compléter la norme actuelle via la mesure de nouveaux critères mentionnés ci-dessus. Ce projet fournit l'ébauche d'une méthodologie de mesure de ces nouveaux critères et devra être complétée pour prendre en compte également des aspects dynamiques qui n'ont pas pu être testés lors de ce projet, par exemple l'impact d'efforts d'usinage sur des trajectoires effectuées par le robot.

## Pour en savoir plus, lire l'article

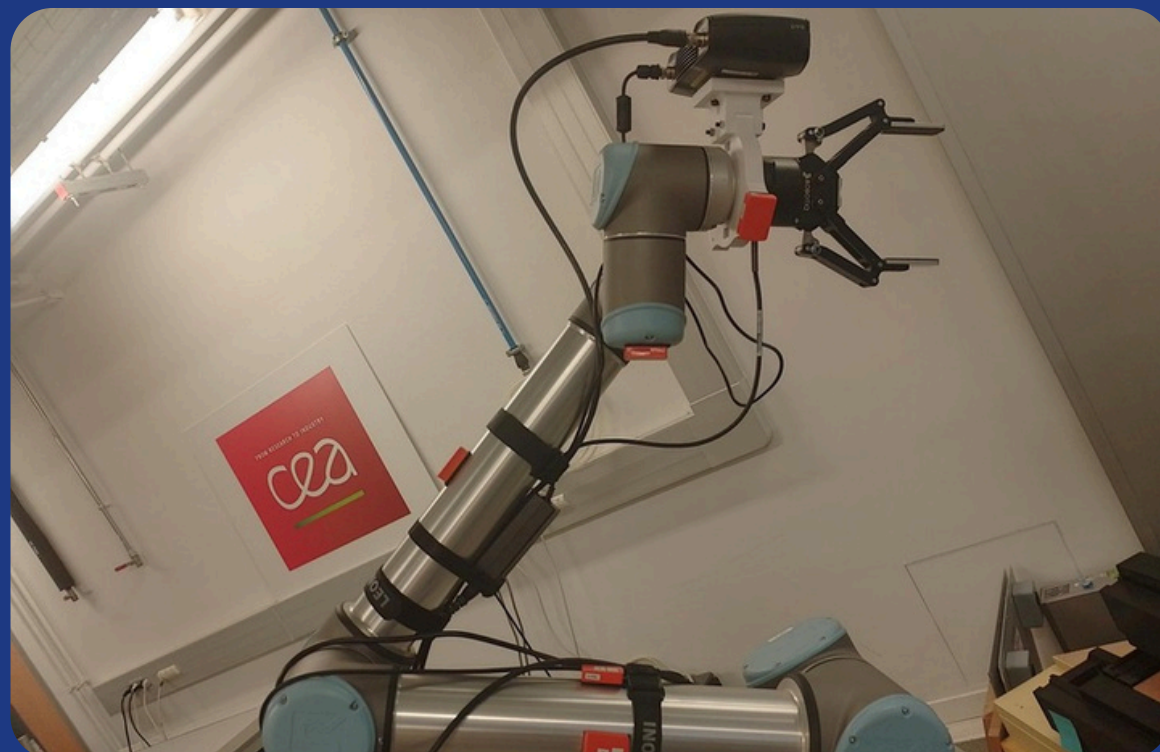




# SAFEPATH

Projet terminé en 2024

## Solution de sécurisation de trajectoires



### THEME 2 :

Assistance physique à l'opérateur

### Chef de projet :

Delphine Keller

### Mots clés :

Sécurité, cobotique, réglementation, capteurs embarqués

## Les enjeux

Le principal enjeu du projet SAFEPATH est d'implémenter une fonction de sécurité qui vérifie automatiquement que le moyen cobotique ou robotique ne dévie pas de la trajectoire initialement programmée par l'opérateur. Cette fonctionnalité permettra de sécuriser l'utilisation des moyens cobotiques en production avec une autonomie laissée aux opérateurs tout en étant conforme avec la réglementation. Afin d'obtenir un niveau de sécurité suffisant, le bras robotique est équipé de capteurs additionnels permettant d'avoir une redondance dans la mesure de sa position.

## Le contexte

Le projet SAFEPATH, financé dans le cadre de FactoryLab, a permis :

- de réaliser une étude préliminaire sur les technologies existantes ainsi qu'une recherche d'antériorité (brevet),
- de définir l'architecture logicielle et matérielle pour mettre en œuvre la solution proposée par Naval Group,
- de faire les choix technologiques de capteurs adaptées à la réglementation et de prototyper la méthode en se basant sur des essais préliminaires sur un UR10 à l'aide de capteurs Xsense.

## Les innovations

L'étude sur les technologies existantes et les cas d'usage a montré un réel intérêt de la fonction.

L'innovation relève d'un moyen de mesure externe de sécurité capable de détecter une quelconque déviation de trajectoire.

## Les impacts

Le projet a permis de mettre en place un démonstrateur et de montrer l'intérêt de cette brique technologique pour faciliter la démocratisation des cobots dans les ateliers.

## Projet en lien

SAFETOOL



# ERGOHAND

Projet terminé en 2025

## Gant de mesure d'interaction



### THEME 2 :

Assistance physique à l'opérateur

### Chef de projet :

Adrien Chambellan

### Mots clés :

Gloves, Ergonomics, Cobotic, Measuring instrument, Force interaction

## Les enjeux

Le projet porte sur la création d'un outil permettant de mesurer l'interaction des mains d'un humain avec son environnement. Une instrumentation multiphysique d'un gant et des essais en conditions opérationnelles ont été réalisés au cours du projet.

## Le contexte

ERGOHAND prend la suite d'un autre projet FactoryLab : ERGOFORCE. Un logiciel a été développé au cours de celui-ci permettant de calculer les postures et efforts induits par l'environnement de travail, au cours de tâches, sur le corps d'un opérateur industriel. Pour réaliser ce calcul, des capteurs ont été disposés sur l'opérateur. Mais la mesure au niveau des mains n'était pas possible, à cause d'un manque d'outils disponibles dans le marché. Le projet ERGOHAND a pour objectif de combler ce manque et de créer un outil de mesure approprié au niveau des mains de l'opérateur. Ce projet a révélé plusieurs domaines applicatifs d'intérêt pour cette solution.

## Les innovations

Plusieurs itérations du gant ont été réalisées au cours du projet pour arriver à un démonstrateur qui a pu être évalué en interne et en condition opérationnelle chez des industriels. Les capteurs présents sur le gant, sont les suivants :

sur la face palmaire de la main : 12 capteurs de pression, sur la face dorsale : 1 IMU (centrale) + 10 capteurs de flexion + 5 IMUs (sur les doigts), sur le poignet 1 IMU + 1  $\mu$ Processeur (calcul et communication Bluetooth). Les gants ont pu être évalués sur des opérations industrielles chez SAFRAN et STELLANTIS. Ils ont fait l'objet d'essais de qualification vibratoire au CETIM. Ils ont été utilisés sur le projet européen Merging (Grant agreement ID : 869963) comme outil lors de la comanipulation robotique pour le déplacement de pièces souples (type drap textile). Ils ont été utilisés, en interne, comme outil d'interaction robotique.

## Les impacts

Le gant est en cours d'industrialisation chez RACER une commercialisation est prévue fin 2025. Les projets de recherche européens et internes continuent sur des sujets de co-manipulation de robots avec les gants développés au cours du projet. Le gant initialement destiné à l'ergonomie a trouvé de nombreux autres cas d'usages en interne et externe, dans de nombreux domaines.

## Projet en lien

ErgoForce

## Pour en savoir plus, lire l'article



# PREHDIGIT

Projet terminé en 2025

## Démonstration de préhension robotique pluridigitale



**THEME 2 :**  
Assistance physique à l'opérateur

**Chef de projet :**  
Mathieu Grossard

**Mots clés :**  
Robotique, Préhenseurs modulaires pluridigitaux, Machine learning, Mécatronique

### Les enjeux

Le projet PREHDIGIT vise à démontrer l'apport de préhenseurs modulaires à plusieurs doigts, capables de s'adapter à diverses charges et formes, pour automatiser et cobotiser certaines tâches industrielles de manipulation et de manutention. En combinant mécatronique avancée et stratégies d'apprentissage, ces systèmes visent à optimiser la productivité, renforcer la sécurité et améliorer la qualité, tout en réduisant la pénibilité pour les opérateurs. Le projet se concentre sur la validation de leur modularité et conformité aux exigences industrielles actuelles.

### Le contexte

L'industrie ne dispose actuellement pas de préhenseurs modulaires à capacité de charge variable. Jusqu'à présent, l'automatisation était essentiellement dédiée à la production de grande série, principalement pour des tâches répétitives. La manipulation des pièces s'effectuait à l'aide de préhenseurs spécifiques, conçus pour une seule fonction. Aujourd'hui, une transformation opérationnelle s'opère dans les usines : la production doit être capable de s'adapter à une grande diversité de pièces (en termes de forme, géométrie et poids), tout en restant rapidement reconfigurable, notamment pour les petites et moyennes séries spécialisées. Cette évolution s'accompagne d'exigences accrues en matière de vitesse, de compétitivité, de durabilité et de qualité.

### Les innovations

L'enjeu principal consiste à démontrer l'apport d'une préhension robotique pluridigitale des objets concernés par les cas d'usage identifiés dans l'étude. Pour cela, la société FINRIP propose de développer une gamme standard et modulaire de doigts et de préhenseurs pluridigitaux, capables de saisir une large variété d'objets, depuis des charges légères (< 1 kg) jusqu'à plusieurs dizaines de kilogrammes. L'objectif est de répondre aux besoins spécifiques de la préhension industrielle pour robots et cobots, en s'adaptant à un grand nombre de contextes et d'applications industrielles variées. Cette innovation permet ainsi d'automatiser et/ou de cobotiser les tâches en proposant un système capable de collaborer efficacement avec les opérateurs, grâce à des modes de fonctionnement intelligents basés sur l'apprentissage et de fonctionner en mode entièrement automatique.

### Les impacts

A terme, l'impact sur les usages industriels devra se traduire par une augmentation significative des performances opérationnelles (productivité accrue, assemblages plus précis, réaffectation des opérateurs à des tâches à plus forte valeur ajoutée), une sécurisation renforcée des opérations, une amélioration de la qualité, ainsi qu'une réduction de la pénibilité grâce à une manipulation sans effort pour l'opérateur.

### Pour en savoir plus, lire l'article



## THEME 3

# CONTRÔLES AVANCÉS

### VISROB

Vissage robotisé sur arbre de turbine

### ALTER

Méthodes alternatives au ressuage et à la magnétoscopie

### EPREVET

Mesure d'épaisseur des revêtements

### ASSERVUS

Moyen de serrage asservi à l'effort de serrage par ultrasons

### PRECOINSTRUM

Maintenance prédictive des équipements

### GREASE

Contrôler l'état de surface pour la détection de présence de graisse

### OPTIM SOUDAGE

Contrôle de la qualité de soudage « In process »

### TERAHERTZ

Contrôler l'épaisseur de revêtement par la technologie térahertz

### QUALISOUD

Qualité du soudage in-process par thermographie

### CESAME F

Contrôle de l'Étanchéité et du Serrage et grâce aux Alliages à Mémoire de Forme

### AUTO RX

Détection automatique de défauts de radiographie par IA

### RACOSOUD

Développement d'un outil d'IA prédisant la santé métallurgique d'une soudure

### PRECINET

Contrôle interne de la propreté de tuyauterie



# VISROB

Projet terminé en 2017

## Vissage robotisé sur arbre de turbine



**THEME 3 :**  
Contrôles avancés

**Chef de projet :**  
Stéphane Auger

**Mots clés :**  
Moyen de serrage, Automatisation, Ergonomie du poste de travail

### Les enjeux

Les opérations répétitives de serrage, réalisées à la main sur des surfaces étendues, sont fréquemment consommatrices de temps et génèrent des troubles musculo-squelettiques (TMS) pour les opérateurs. Ces tâches à faible valeur ajoutée pour l'opérateur, néanmoins capitales dans les processus de fabrication, peuvent être automatisées.

### Le contexte

L'objectif de l'étude VISROB est de définir un moyen de serrage capable de répondre à la forte montée en cadence de la fabrication du moteur LEAP. Pour ce faire, les opérations de serrage ont été analysées en détail pour caractériser les défauts géométriques, la présence ou non de lubrifiant, les séquences, les défauts sur les filets des vis et les éventuels problèmes d'embectage des écrous.

### Les innovations

Le nouveau moyen de serrage automatisé devrait permettre de gagner en temps de cycle, réduire les TMS liés aux opérations manuelles, limiter les risques de non qualité, assurer la traçabilité des conditions de serrage appliquées, détecter les écarts pouvant provenir de nombreux facteurs extérieurs (conformité des approvisionnements des fixations, tolérances géométriques et dimensionnelles des pièces assemblées, ...).

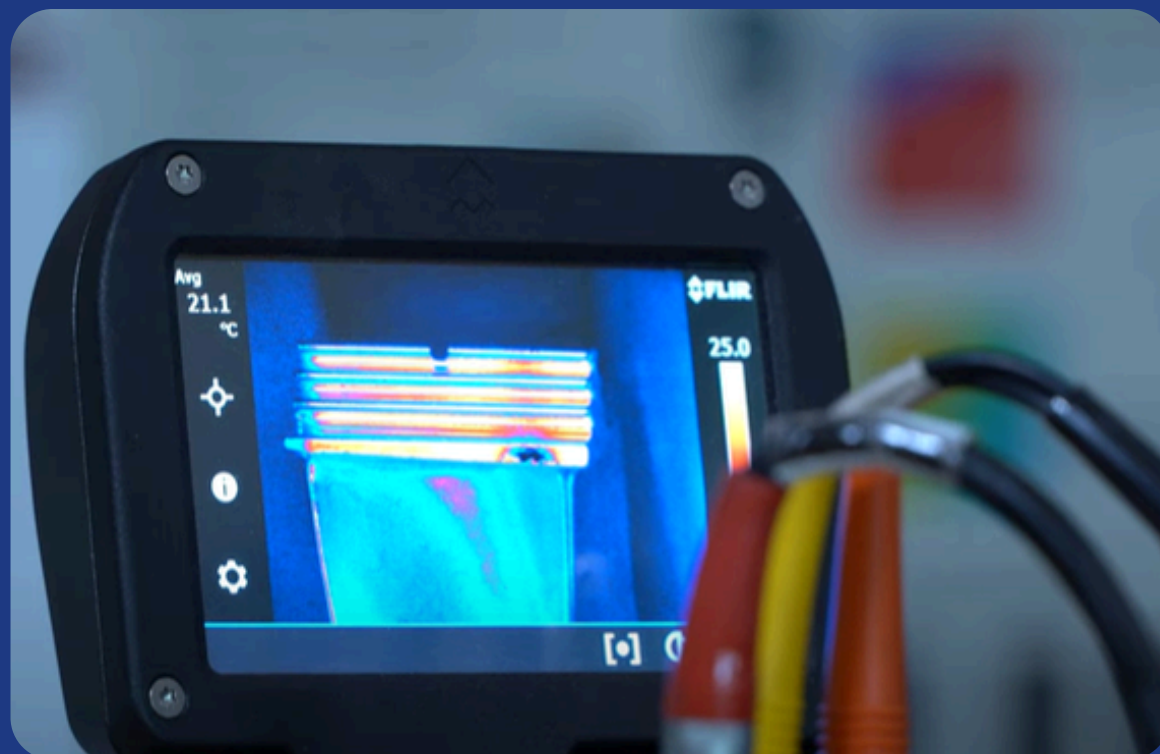
### Les impacts

Les travaux menés ont permis de spécifier la visseuse nécessaire à l'application (fonctions principales, conditions d'intégration). A terme, ils ouvrent la voie à un outil intelligent, qui puisse se configurer en auto-apprentissage, par analyse statistique des courbes de serrage.

# ALTER

Projet terminé en 2019

## Méthodes alternatives au ressuage et à la magnétoscopie



**THEME 3 :**  
Contrôles avancés

**Chef de projet :**  
Fan Zhang

### Mots clés :

Benchmark, Contrôle non destructif, Contrôles avancés, Ressuage, Magnétoscopie, Courant de Foucault, Thermographie infrarouge

### Les enjeux

Dans le domaine du Contrôle Non Destructif, le ressuage et la magnétoscopie représentent 70 à 80% des contrôles réalisés. Ces méthodes traditionnelles génèrent des polluants et se prêtent mal à la numérisation.

### Le contexte

L'étude ALTER vise à trouver un substitute aux méthodes de contrôle traditionnelles (ressuage et magnétoscopie). Cette question de leur remplacement concerne de nombreux secteurs industriels : automobile, aéronautique, énergie, transport terrestre et maritime, soucieux d'améliorer la qualité et la productivité, le respect de l'environnement et la sécurité des travailleurs.

### Les innovations

Il n'existe pas de benchmark sur le marché permettant de comparer les technologies innovantes en contrôle non destructif comme les courants de Foucault multiéléments (CFM) et la thermographie infrarouge active (TIRI). Le projet propose une analyse comparative qui se focalise sur des critères techniques et de facilité de mise en œuvre process. Les deux méthodes ont été testées sur plusieurs échantillons fournis par les partenaires du projet. Il a été montré que, dans la plupart des cas, ces techniques innovantes se sont avérées avantageuses par rapport aux méthodes conventionnelles ou présentant des résultats équivalents.

### Les impacts

L'intérêt des deux méthodes a été démontré selon les cas d'usages étudiés et sont en développement chez Safran et Naval Group.

### Pour en savoir plus, voir la vidéo

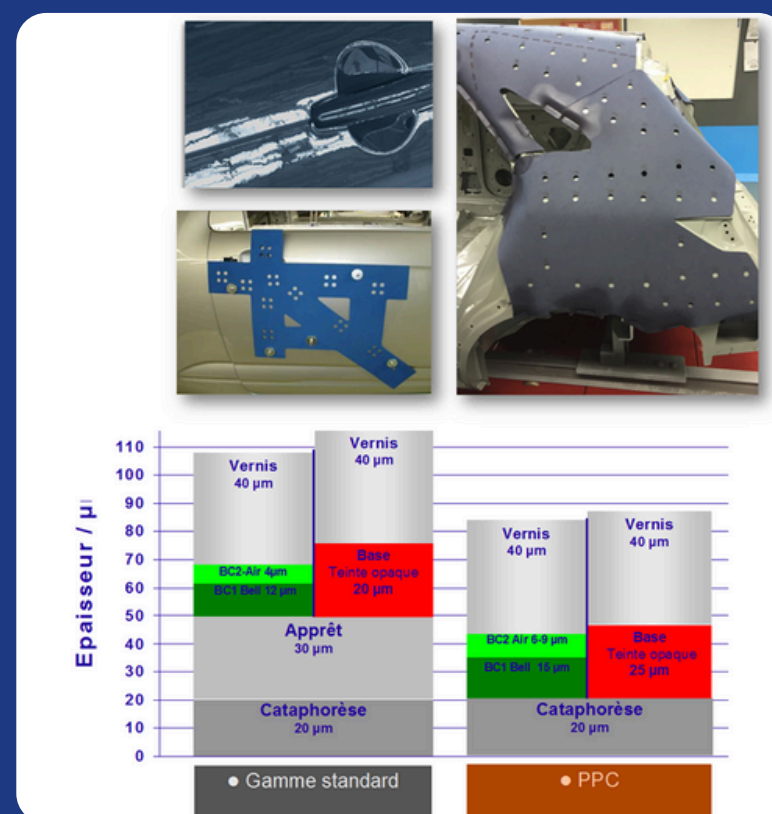




# EPREVET

Projet terminé en 2019

## Mesure d'épaisseur des revêtements



**THEME 3 :**  
Contrôles avancés

**Chef de projet :**  
Laetitia Lavancier

**Mots clés :**  
Contrôles non destructif, Contrôles avancés, Mesure d'épaisseur, Résonance ultrasonore, Photothermie laser, Fluorescence X

### Les enjeux

Il existe de nombreuses solutions industrielles pour mesurer l'épaisseur d'un revêtement. Les plus courantes, basées sur un principe magnétique, assurent une mesure simple et rapide pour un coût relativement faible, mais ne permettent pas de répondre à certains cas spécifiques. L'enjeu de cette étude est d'identifier une méthode innovante de contrôle non destructif pouvant répondre aux différents cas soulevés par les industriels.

### Le contexte

Les revêtements ont de multiples applications, telles que la protection d'une pièce mécanique contre l'oxydation, la corrosion, les températures extrêmes et l'usure. L'épaisseur est un des premiers critères utilisés pour les qualifier. Le projet EPREVET vise à évaluer, au regard des cas d'usage proposés, trois méthodes CND innovantes: la résonance ultrasonore, la photothermie laser et la fluorescence X.

### Les innovations

Les trois technologies ont toutes été éprouvées sur des échantillons de géométrie simple fournis par les partenaires du projet, avec pour objectif d'identifier une méthode générique permettant de répondre aux critères des industriels, à savoir un bon compromis entre résolution, fiabilité et robustesse des résultats obtenus.

L'étude a cependant rapidement montré qu'il était difficile, sur les cas présentés, de retenir une technique pertinente et commune. Malgré cela, des résultats prometteurs ont été obtenus avec la résonance ultrasonore et la fluorescence X, et des avancées significatives ont été faites avec la photothermie laser pour mesurer des épaisseurs individuelles sur des empilements de couches différentes.

### Les impacts

Certaines des technologies étudiées sont aujourd'hui en cours d'industrialisation ou d'intégration dans la ligne de production peinture notamment, pour le suivi des processus. Par ailleurs, il a été identifié un intérêt pour approfondir la méthode TeraHertz.

### Projet en lien

[TERAHERTZ](#)

# ASSERVUS

Projet terminé en 2020

## Moyen de serrage asservi à l'effort de serrage par ultrasons



**THEME 3 :**  
Contrôles avancés

**Chef de projet :**  
Patrick Bouteille

### Mots clés :

Ultrasons, Capteur EMAT, Moyen de serrage, Capteur piézoélectrique, Ergonomie du poste de travail

### Les enjeux

Le contrôle de la qualité d'un serrage est réalisé traditionnellement à l'aide de la mesure du couple lors du montage. Cependant le lien entre le couple de serrage et la tension effective n'est pas maîtrisé et est notamment perturbé par les conditions de frottement des fixations variant d'un assemblage à un autre. Est-il possible de disposer d'un moyen de serrage qui permettrait de serrer tous leurs assemblages critiques à la tension désirée ?

### Le contexte

Les mauvais serrages sont fréquents dans l'industrie, conduisant souvent à des ruptures ou à des reprises de non-conformités entraînant une perte de productivité. Pour aider l'opérateur de cette opération, la mesure par ondes ultrasonores de l'allongement de la fixation est l'un des procédés de contrôle les plus efficaces pour vérifier la conformité d'un serrage. Réalisé avec des capteurs piézoélectriques, ce contrôle est généralement réservé aux phases de mise au point d'un assemblage et limité à quelques vis préparées pour l'opération.

### Les innovations

L'innovation majeure d'ASSERVUS consiste à intégrer un capteur d'ultrasons directement dans une visseuse pour connaître l'effort de serrage pendant l'opération de serrage et ainsi asservir le serrage à cet effort. La deuxième innovation

d'ASSERVUS consiste à utiliser un capteur d'ultrasons électromagnétique appelé EMAT (ElectroMagnetic Acoustic Transducer) qui ne nécessite aucun contact entre l'élément de fixation et le capteur.

### Les impacts

Le moyen de serrage développé dans le cadre d'ASSERVUS va améliorer de façon significative la qualité du serrage en production et peut ainsi réduire le nombre ou la taille des assemblages en diminuant les coefficients de sécurité devenus surestimés. L'étude réalisée a démontré qu'il est applicable sur la majorité des vis sans retouches, ne nécessitant pas forcément des faces planes et parallèles. Elle ouvre ainsi le champ d'applications de la méthode ultrasonore de contrôle de serrage à des vis industrielles. Tout secteur qui utilise des assemblages boulonnés pourra être concerné par ce produit innovant.



# PRECOINSTRUM

Projet terminé en 2022

## Maintenance prédictive des équipements



**THEME 3 :**  
Contrôles avancés

**Chef de projet :**  
Benoit Duchazeaubeneix

**Mots clés :**  
Maintenance, prédictive, équipement critique, défaillance

### Les enjeux

La mise en place d'une maintenance conditionnelle ou prédictive renforce la sécurité des opérations, garantit la disponibilité continue des équipements, et optimise la rentabilité grâce à une gestion proactive des défaillances. Toutefois, l'élaboration d'une stratégie de surveillance des équipements nécessite une analyse approfondie.

### Le contexte

Le projet PrécoInstrum propose une solution logicielle complète qui guide l'utilisateur dans le choix des outils de surveillance, en fonction des phénomènes à surveiller, qu'il s'agisse de capteurs, d'analyses en laboratoire (comme les analyses d'huiles), ou de dispositifs portatifs adaptés aux équipes de maintenance mobiles. La méthodologie d'analyse rigoureuse facilite la priorisation des défaillances critiques d'un équipement. Après l'identification des signes avant-coureurs d'une panne, une base de données propose des solutions adaptées, qu'il s'agisse de capteurs, d'analyses en laboratoire ou d'outils portatifs. La solution est flexible, permettant aux utilisateurs de personnaliser la base de données avec leurs propres expériences tout en ayant accès à la base de données construite par le CETIM.

### Les innovations

Un travail approfondi de recherche et de capitalisation des solutions de surveillance existantes a été mené, associant des outils adaptés à chaque type de défaillance.

La retranscription de ces données dans un logiciel intuitif et facile à utiliser a représenté un défi majeur. En parallèle, la solution se distingue par sa capacité à proposer des alternatives lorsque les défaillances ne présentent pas de signes avant-coureurs, comme dans le cas de ruptures brutales (défaillances catalectiques). Ainsi, dans sa version commerciale 2024, jusqu'à 9 solutions sont proposées dans ces cas, élargissant les possibilités de surveillance.

### Les impacts

La solution logicielle, unique sur le marché, intègre une base de données exhaustive qui associe des solutions de surveillance aux phénomènes avant-coureurs de défaillances mécaniques, pneumatiques ou hydrauliques. Sa mise en œuvre dans les trois entreprises partenaires a permis de restructurer leurs méthodes d'analyse des pannes tout en élargissant les options de surveillance disponibles.

**Pour en savoir plus, voir la vidéo**



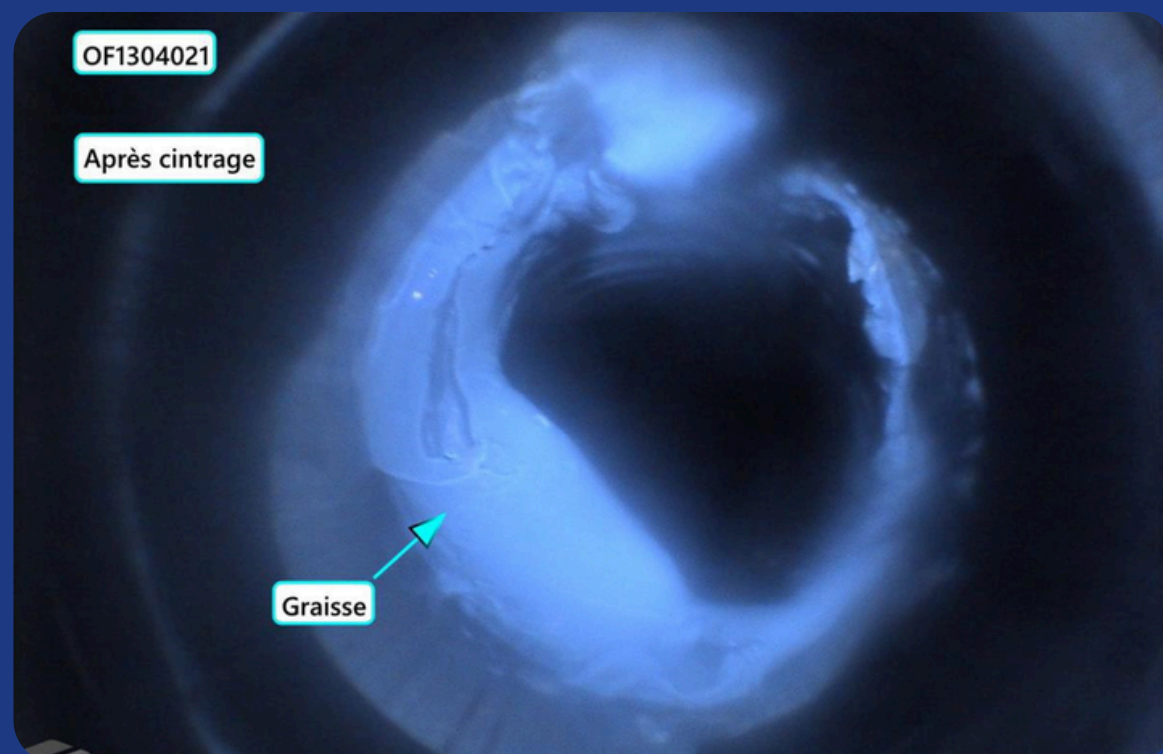
**Découvrir la solution**



# GREASE

Projet terminé en 2022

## Contrôler l'état de surface pour la détection de présence de graisse



**THEME 3 :**  
Contrôles avancés

**Chef de projet :**  
Guillaume Pors

### Mots clés :

Contrôle, Propreté, Polluant, Ultraviolet, Infrarouge, Assemblage, Vidéo-endoscopie, Vision

### Les enjeux

Démontrer la capacité de détecter et de quantifier de manière non-destructive et sur 100% d'une production la présence de polluant. Le problème consiste à indiquer à l'opérateur si le dégraissage d'une pièce est suffisant. Pour cela, il faut détecter la présence de graisse et évaluer sa quantité pour valider le passage à l'étape suivante ou un nouveau lavage. Ce contrôle de présence de graisse permet aussi de valider le choix du process de dégraissage.

### Le contexte

La présence de polluant a un fort impact sur la qualité des procédés d'assemblage comme le soudage ou le collage. L'objectif est de s'assurer de l'absence de polluant avant ces opérations.

Au démarrage du projet, les contrôles étaient réalisés soit par échantillonnage soit au moment de la mise en place du protocole de nettoyage. Il était donc nécessaire d'explorer de nouveaux moyens de contrôle pour tendre vers un contrôle à 100 %.

### Les innovations

Le CETIM et R&D Vision se sont orientés sur l'utilisation de techniques infrarouge et ultraviolette. Ces deux technologies ont été testées sur plusieurs cas d'usages. Les résultats des tests confirment la capacité à détecter des polluants de différentes natures alors même que les opérateurs ont des difficultés à les détecter à l'œil nu.

### Les impacts

Les différents essais menés sur les cas d'usages ont permis de mettre en évidence les capacités de deux technologies testées pour identifier les polluants sur les surfaces d'intérêts. En poussant la caractérisation du matériel nécessaire, une évaluation de leurs coûts associés à la vue de la performance de détection a été réalisée. Le travail engagé sur des applications à vocations différentes a mis en lumière les possibilités de mise en œuvre dans des environnements variés de la technologie ultraviolette en particulier.

### Projet en lien

[PRECINET](#)

### Pour en savoir plus, voir la vidéo





# OPTIM SOUDAGE

Projet terminé en 2022

## Contrôle de la qualité de soudage « In process »



**THEME 3 :**  
Contrôles avancés

**Chef de projet :**  
David Plélan

### Mots clés :

Soudage, MAG, contrôle géométrique et thermographie Infra-rouge

## Les enjeux

L'assemblage de pièces métalliques par les procédés de soudage nécessite la réalisation de contrôles à posteriori afin de s'assurer de l'intégrité des cordons de soudure. Ces contrôles sont chronophages et ne permettent que d'identifier les défauts lorsque l'opération de soudage est terminée. Le contrôle « In process » permettrait d'adapter ou d'arrêter le procédé lors d'une dérive et :

- D'obtenir un gain de temps,
- D'améliorer la qualité des assemblages,
- De fiabiliser davantage les procédés de soudage.

## Le contexte

Trois cas d'usages ont été identifiés :

- SAFRAN : Soudage TIG bout à bout de faibles épaisseurs en alliages de titane,
- NAVAL GROUP : Soudures d'angle par le procédé MAG d'épaisseurs variant de 5 à 10 mm sur des aciers non alliés,
- Technip Energies : Soudures bout à bout par le procédé MAG d'épaisseurs variant de 8 à 50 mm sur des aciers non alliés.

## Les innovations

Les essais de faisabilité ont permis de démontrer la possibilité de réaliser un contrôle « In process » de la géométrie du cordon par un profilomètre LASER malgré les fumées générées

par le procédé de soudage MAG ainsi que l'interopérabilité entre le profilomètre et une cellule robotisée de soudage. Ces essais ont également permis d'identifier la thermographie infra-rouge comme un moyen de contrôle « In process » des défauts de surface et/ou sous-jacents.

## Les impacts

Cette étude de faisabilité a permis de montrer dans le cas d'application NAVAL GROUP la possibilité de visualiser et/ou d'arrêter une cellule automatisée dans le cas d'une dérive d'un défaut de symétrie et de soulever de nouveaux cas d'usage au sein de Naval Group.

Pour SAFRAN, cette étude suggère également de nouveaux cas d'usages et notamment dans le contrôle par thermographie infra-rouge active de pointage manuel par le procédé TIG et les risques d'inclusions de Tungstène.

## Projet en lien

QUALISOUD

# TERAHERTZ

Projet terminé en 2022

## Contrôler l'épaisseur et l'accroche de revêtement par la technologie térahertz



**THEME 3 :**  
Contrôles avancés

**Chef de projet :**  
Sébastien Brzuchacz

### Mots clés :

Térahertz, Contrôle non destructif, Revêtement, Epaisseur, adhésion, Corrosion, Maintenance, Automatisation

### Les enjeux

L'enjeu est de vérifier que l'imagerie Térahertz est capable de fournir une solution fiable et précise pour le contrôle non destructif des revêtements industriels. Cela inclut la mesure des épaisseurs des différentes couches appliquées sur des supports métalliques ou plastiques, ainsi que l'évaluation de la qualité de leur adhérence. Il s'agit de s'assurer que ces contrôles répondent aux exigences d'homogénéité et de performance des revêtements, tout en étant applicables aussi bien en phase de fabrication que lors des opérations de maintenance. Cette technologie doit également démontrer sa capacité à remplacer efficacement les méthodes destructives, réduisant ainsi les coûts et augmentant la rapidité des contrôles, tout en répondant aux attentes croissantes en matière de qualité et de sécurité dans des secteurs stratégiques comme l'automobile, l'aéronautique et le naval.

### Le contexte

La validation de la technologie Térahertz repose sur la démonstration de ses capacités à répondre à des besoins industriels spécifiques. Dans ce cadre, elle a été testée pour mesurer l'épaisseur des peintures multicouches sur des carrosseries automobiles à cadence élevée, tout en détectant des défauts tels que poussières ou grains. Elle a également été mise en œuvre pour évaluer l'épaisseur et l'adhérence des peintures ignifuges appliquées sur des matériaux composites.

Un autre cas d'étude portait sur la détection de corrosion sous des couches de peintures, accompagnée de la mesure de l'épaisseur totale du revêtement. Enfin, des essais ont été réalisés pour le contrôle en ligne de fines bandes composites en cours de fabrication, où rapidité et fiabilité des mesures sont essentielles. Ces travaux visent à démontrer que la technologie Térahertz peut répondre aux exigences des secteurs industriels stratégiques.

### Les innovations

- **Spectroscopie Térahertz** : Mesure précise des épaisseurs et caractérisation des propriétés des matériaux (transmission/réflexion).
- **Automatisation** : Déploiement de systèmes robotisés pour des mesures rapides et fiables sur des structures complexes (navires, carrosseries, conduites composites).
- **Polyvalence** : Adaptabilité à divers matériaux, monocouches et multicouches.

### Les impacts

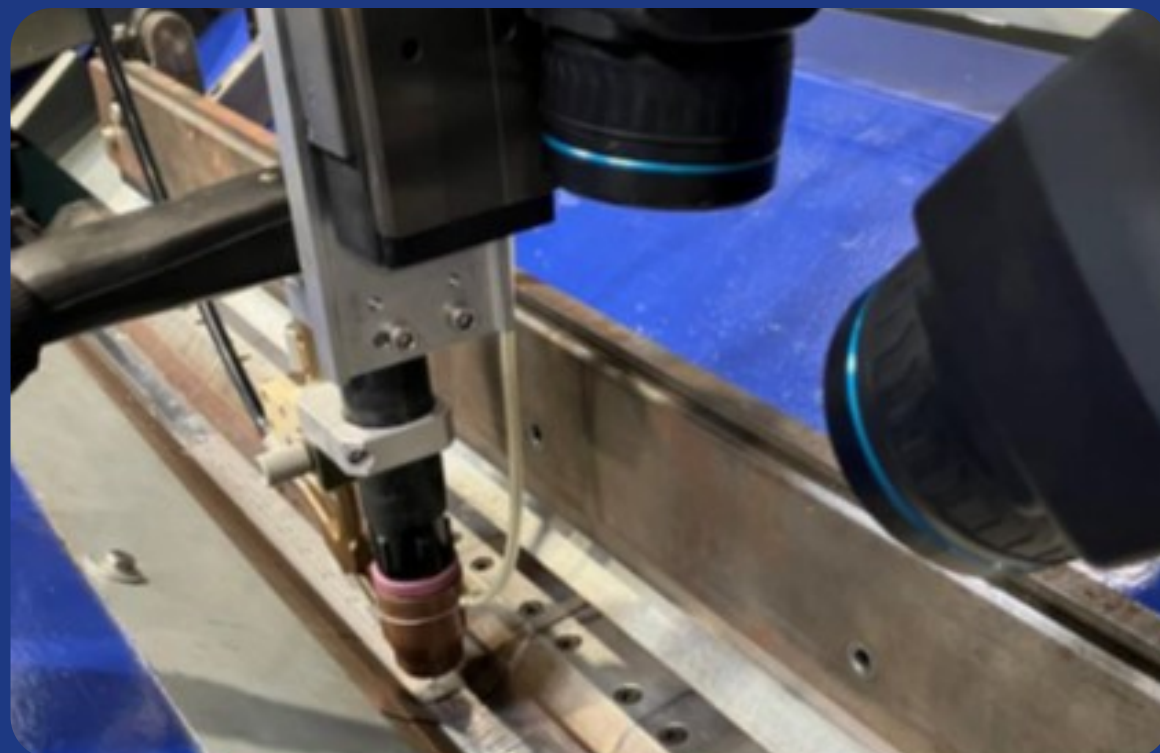
- Contrôle de la quantité de revêtement déposé.
- Réduction significative des coûts de maintenance grâce à des contrôles rapides et non destructifs.
- Amélioration de la qualité et de la durabilité des revêtements par contrôle de leur adhérence, augmentant la compétitivité des industriels.
- Intégration des données dans des systèmes de suivi numérique pour une traçabilité accrue.



# QUALISOUD

Projet terminé en 2024

## Qualité du soudage in-process par thermographie



**THEME 3 :**  
Contrôles avancés

**Chef de projet :**  
Sébastien Saint-Yves

### Mots clés :

Thermographie infrarouge, Surveillance en ligne, Réduire la non-qualité, Détection automatique, Contrôle dérive procédé de soudage, Gain de temps

### Les enjeux

Le projet QUALISOUD a pour ambition de caractériser les capacités de la thermographie infrarouge passive à révéler les anomalies géométriques et les altérations de la matière au cours du soudage en tant qu'outil de contrôle non destructif. Il s'agit également de formuler des préconisations pour l'implémentation d'un système de surveillance automatisé fondé sur cette technique.

### Le contexte

Dans un contexte réglementaire fort, les industriels utilisateurs de solutions de soudage ont besoin d'améliorer les performances et la productivité des contrôles afin de rester compétitif dans un marché fortement concurrentiel. Par conséquent la recherche de solutions innovantes et performantes levant des verrous technologiques représente dans ce contexte un véritable enjeu pour les industriels.

### Les innovations

Ce procédé de contrôle non destructif peut permettre une détection des défauts géométriques ou de santé matière au plus proche de leur création, dans le bain de fusion ou dans les premiers millimètres du cordon se solidifiant. Ce contrôle pendant le process de soudage, sur des défauts créés volontairement, s'est avéré pertinent.

### Les impacts

Le projet QUALISOUD a permis de réduire, voir de s'affranchir des contrôles traditionnels en détectant de manière précoce l'apparition de défaut, et ainsi de gagner du temps dans la phase de réparation ou de mise au point de nouveaux procédés de soudage.

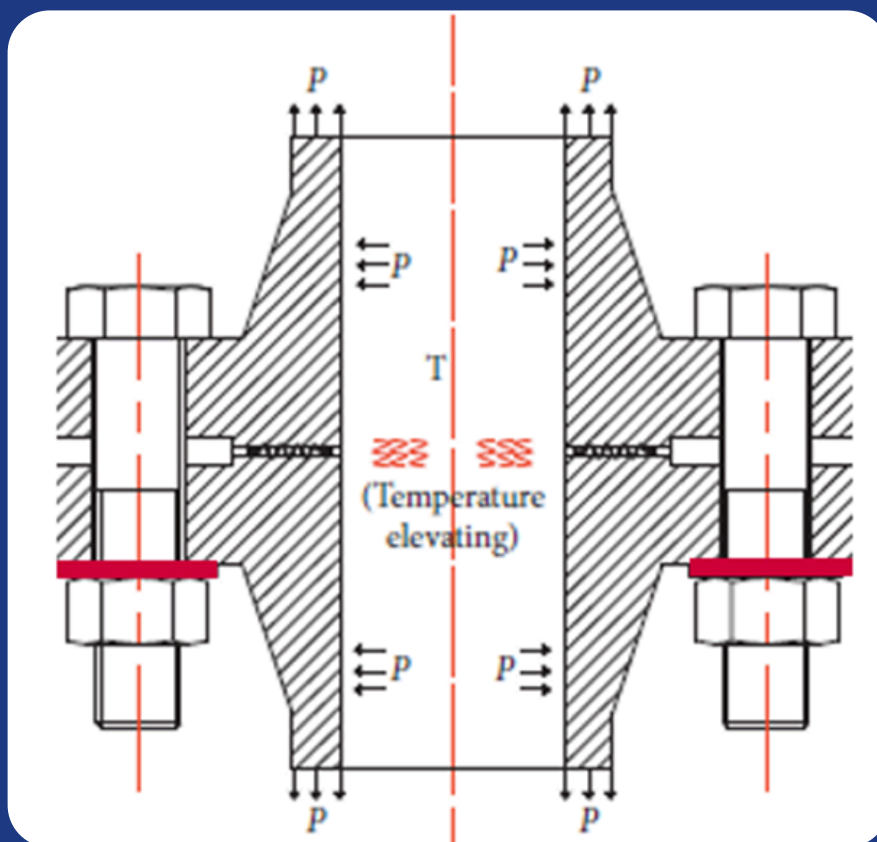
### Pour en savoir plus, lire l'article



# CESAME F

Projet terminé en 2024

## Contrôle de l'Étanchéité et du Serrage et grâce aux Alliages à Mémoire de Forme



**THEME 3 :**  
Contrôles avancés

**Chef de projet :**  
Pierre-Henri Dubois

**Mots clés :**  
Alliage à mémoire de forme, Étanchéité, Serrage

### Les enjeux

Les défis actuels liés au serrage et à l'étanchéité dans divers secteurs industriels mettent en évidence la nécessité d'innovations dans ce domaine. Les méthodes traditionnelles, bien que largement utilisées, présentent des limites importantes, en particulier en ce qui concerne les variations thermiques et les contraintes mécaniques. Ces limites entraînent des coûts de maintenance élevés et des temps d'arrêt imprévus, soulignant ainsi le besoin urgent de solutions plus fiables et efficaces. La recherche sur les AMF vise à répondre à ces défis en proposant des solutions novatrices et adaptatives.

### Le contexte

Les alliages à mémoire de forme (AMF) ont transformé l'ingénierie des matériaux grâce à leur capacité remarquable à retrouver leur forme initiale après avoir subi une déformation. Cette capacité intrinsèque offre un potentiel d'innovation immense dans divers domaines industriels.

### Les innovations

L'innovation majeure réside dans la conception de dispositifs de serrage et d'étanchéité intégrant ces nouveaux AMF. Ces dispositifs exploitent les propriétés des AMF avec comme objectif de fournir un serrage constant et reproductible ainsi qu'une étanchéité fiable, même dans des environnements extrêmes.

### Les impacts

Une meilleure compréhension de ces matériaux et de leurs possibles applications en étanchéité et serrage. Les prototypes construits ont permis de tester leur comportements sur divers cas d'application. Avant cette étude, la littérature ne semblait contenir aucun essai mais uniquement des concepts.

Pour en savoir plus, lire l'article

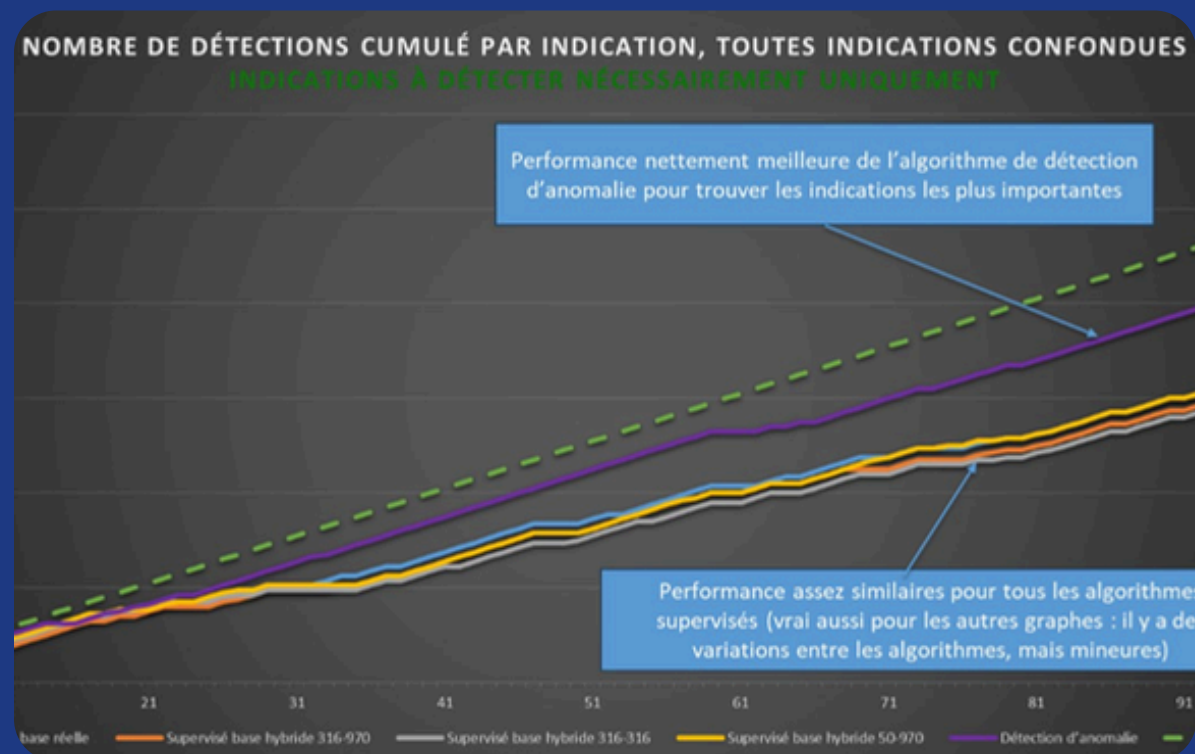




# AUTO RX

Projet terminé en 2024

## Détection automatique de défauts de radiographie par IA



**THEME 3 :**  
Contrôles avancés

**Chef de projet :**  
Nicolas DANKAR

**Mots clés :**  
Radiographie numérique, Intelligence artificielle, Aide à la sanction

### Les enjeux

Permettre l'implémentation de systèmes d'aide à la sanction même dans des cas où peu d'images avec défauts sont disponibles pour l'entraînement de l'algorithme en testant deux solutions : une approche par génération d'images de synthèse avec défauts simulés, et une approche avec un algorithme de détection d'anomalie qui ne prend en entrée que des images saines.

### Le contexte

L'étude a été menée sur des soudures par faisceau d'électrons de chambres de combustion présentant localement des réparations en TIG. Les images ont été fournies par SAFRAN, et les indications recherchées sont des soufflures isolées et groupées et des inclusions de tungstène.

### Les innovations

L'étude avait pour but de vérifier l'intérêt de deux méthodes pour permettre l'application de méthodes de détection par intelligence artificielle sur des images de radiographie numérique. Ces deux méthodes se sont révélées performantes, avec des résultats similaires à l'algorithme supervisé standard qui servait de référence pour une des méthodes (algorithme supervisé avec base de données hybride contenant des indications simulées) et des résultats supérieurs pour la seconde (algorithme de détection d'anomalie).

Les différents algorithmes présentent de bons résultats de détection, mais aucun n'a été capable de détecter l'ensemble des indications jugées importantes de la base de test. Ils ne sont donc pas en mesure de remplacer un contrôle humain dans le cas d'étude choisi, seulement de servir d'aide à l'interprétation d'un opérateur humain.

### Les impacts

Les résultats de l'étude ouvrent la possibilité d'implanter de l'IA pour faire de l'aide à l'interprétation sur des images de radiographie numérique dans des cas qui ne le permettraient pas par manque d'images d'indications réelles.

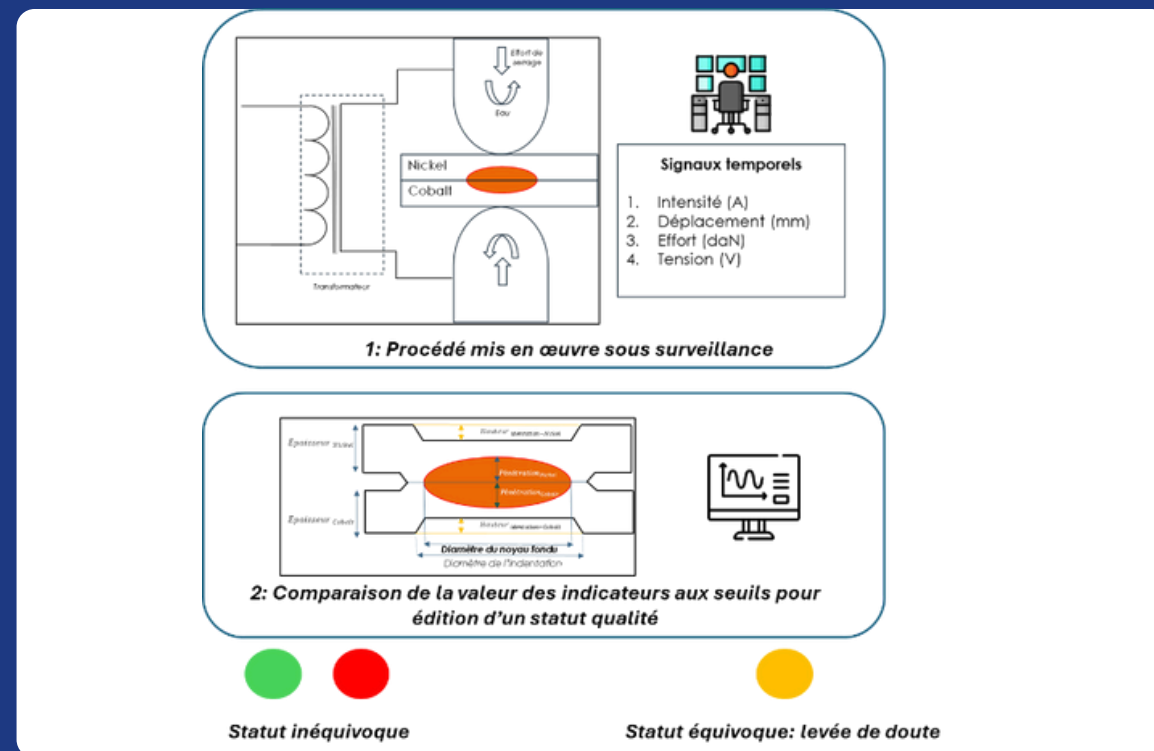
Pour en savoir plus, lire l'article



# RACOSOUD

Projet terminé en 2024

## Développement d'un outil d'IA prédisant la santé métallurgique d'une soudure



**THEME 3 :**  
Contrôles avancés

**Chef de projet :**  
Sébastien Rix et Samuel Cretin

**Mots clés :**  
Point soudé par résistance, Contrôle, IA, Ultrasons, Noyau, Soudure

### Les enjeux

L'enjeu du projet RACOSOUD est de parvenir, à partir du traitement des données issues des équipements de soudage ou des capteurs présents lors de la fabrication, à identifier des indicateurs signalant un défaut de soudure de manière non équivoque ou d'émettre un signalement afin de procéder à un contrôle spécifique ultérieur. L'enjeu industriel vis à vis de ce procédé de soudage par résistance par point est important puisque le suivi qualité par des approches classiques de ce type d'assemblage reste difficile. En parallèle, une méthode de contrôle par ultrason est évaluée.

### Le contexte

Les pratiques de contrôle qualité usuelles pour les procédés de soudage par résistance sont d'ordre statistique (prélèvement aléatoire d'éléments de production) et impliquent des contrôles destructifs long et coûteux. Les rationaliser par le biais d'un outil prédictif et/ou développer un moyen de contrôle non destructif de ces points soudés engendrerait un gain majeur en performance pour l'industriel.

### Les innovations

Ce projet a permis la mise en place théorique d'indicateurs de dérives des paramètres de soudage pouvant impacter la bonne santé des points soudés. Il a également permis d'évaluer une méthode de contrôle non destructif par ultrasons permettant

la détection de problème de collage et la mesure des diamètres de noyau.

### Les impacts

Ce travail a permis d'aboutir à l'établissement de différents indicateurs de suivi de la qualité de la soudure qu'il reste à éprouver dans un environnement de production. Cela permettrait d'alléger les contrôles réalisés actuellement.

Pour en savoir plus, lire l'article

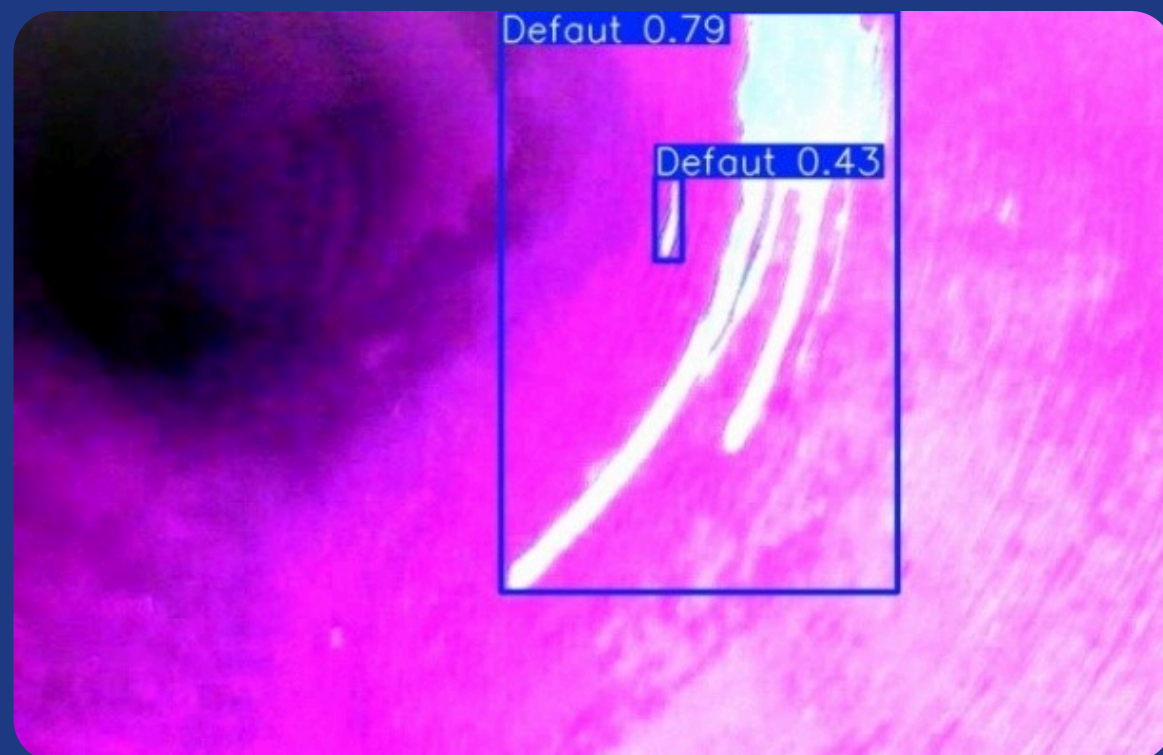




# PRECINET

Projet terminé en 2025

## Contrôle interne de la propreté de tuyauterie



**THEME 3 :**  
Contrôles avancés

**Chef de projet :**  
Antoine Valentin

**Mots clés :**  
IA, vidéoendoscopie, détection de polluant dans tube

### Les enjeux

La présence de polluant en interne de tuyaux peut entraîner des perturbations sur le flux de production voire des défaillances lorsque ces polluants se retrouvent à gêner une étape d'assemblage (soudage ou collage). De plus, il est important de les détecter et positionner de manière à traiter ces anomalies au plus tôt, ce qui a fait émerger un besoin de détection automatisé sur flux vidéo.

### Le contexte

Deux cas d'usage à la détection de pollution par IA ont été identifiés pour cette étude :

- Sur un tube coudé de chez Naval Group, pour la détection de graisse sous éclairage UV ainsi que la détection de corps migrants (copeaux, fils de pêche et outils) sous lumière blanche.
- Sur un collar (pièce forgée sous forme de collier pour tube pétrolier) de chez SLB, pour la détection de graisse (2 références différentes) sous éclairage UV.

### Les innovations

Le projet a permis la construction de bases de données annotées de contrôle par vidéo-endoscopie spécifiques aux cas d'usage (2000 à 3000 images par cas), ainsi que l'entraînement d'algorithmes de détection de pollution sur les tubulures. L'intégration de ces algorithmes, directement sur l'appareil de vidéo-endoscopie ou non, a également pu être étudiée au cours du projet.

### Les impacts

Le projet a permis de mettre en évidence l'apport de l'IA pour l'assistance à la détection de pollution dans des tuyaux, celle-ci atteignant des performances intéressantes, ainsi que son industrialisation potentielle via l'intégration directe de modèle d'IA dans un vidéo-endoscope.

### Projet en lien

GREASE

### Pour en savoir plus, lire l'article



## IMPROVE

Information transmise à l'opérateur par bracelet connecté

## SODALITE

Simulation et optimisation de lignes d'assemblages numériques

## AGORA

Assistance aux gestes pour le montage, la maintenance et les opérations de contrôle

## MAPOP

Maintenance prédictive d'outils de production

## SMART

Support à la maintenance par analyse sémantique des rapports d'intervention

## ASSET-TRACKING

Localisation et traçabilité de l'outillage / matériel sur site industriel et chantiers (étude de faisabilité)

## CONTINUM 4.0

Continuité numérique entre la CAO et les outils de RV/RA

## LUTAC

Lunettes de téléassistance augmentée avec connexion fiable et sécurisée

## GECO

Gestion de la co-activité sur une ligne de montage

## CYBOC

Etude sur la cybersécurité des objets connectés (Etude de faisabilité)

## VILOC

Visseuse avec contrôle de positionnement pour le guidage des serrages et traçabilité numérique

## EZAW

Localisation indoor (Etude de faisabilité)

## SCADROLI

Scan 3D par lidar mobile (drone, sac à dos, etc.)

## DASI

Droïdes au service de l'industrie

## DIVORA

Dictée vocale de rapports

## VR4D

Visualisation de planning de montage en RV pour systèmes complexes

## LOCDRONE

Système de localisation de drone en milieu indoor ou confiné

## OPCUA CS-DT

Développer une passerelle OPCUA pour connecter une cellule robotisée à son jumeau numérique

## RÉSEAUX IOT SF

Elaboration d'un guide de choix de solutions de réseaux SF

## POSTFUTUR

Mettre l'opérateur et la continuité numérique au centre de l'usine 4.0

## VOCLEASE

Interaction vocale et analyse automatique de texte

## RECARIA

Reconnaissance de caractères par Intelligence Artificielle

## TEKNUM

Techniques de numérisation en environnement industriel

## CREAVID 2

Numérisation & séquençage automatique pour la capitalisation des savoir-faire



# IMPROVE

Projet terminé en 2017

## Information transmise à l'opérateur par bracelet connecté



**THEME 4 :**  
Usine numérique centrée opérateur

**Chef de projet :**  
Margarita Anastassova

### Mots clés :

IOT, Montre connectée, Ergonomie du poste de travail, Retour vibrotactile

## Les enjeux

Le montage automobile est une activité répétitive et complexe, réalisée le plus souvent à une vitesse élevée. La difficulté des opérateurs est d'arriver à traiter une quantité de modèles très variés sur une même chaîne. Ces facteurs engendrent un risque d'omission d'opérations dites «rares» (réalisées une ou deux fois par jour) et peuvent amener à réviser certains véhicules.

## Le contexte

Une chaîne de production d'un modèle (ex.: Peugeot 3008) peut contenir différents niveaux de finitions et le caractère routinier des opérations engendre un fort risque d'erreurs notamment chez les nouveaux opérateurs. Ces erreurs sont souvent découvertes tard dans le processus d'assemblage du véhicule. Par conséquent, elles deviennent difficilement rattrapables et engendrent des coûts élevés de reprise. L'objectif du projet IMPROVE est de proposer un dispositif permettant aux opérateurs de rester attentifs aux changements des ordres de fabrication.

## Les innovations

Le projet IMPROVE a développé un bracelet léger, compact et résistant, qui envoie des alertes vibratoires différenciées en fonction des opérations rares à réaliser et

du profil de l'opérateur (débutant à expert). Notamment, on utilise un biais cognitif où l'haptique (stimulations vibrotactiles) évite de surcharger la vision de l'opérateur.

## Les impacts

Le projet a permis au CEA d'acquérir une connaissance solide du métier des monteurs automobile. Pour PSA et le CEA, il a fourni un cadre pour explorer l'application de dispositifs portés à retour vibratoire sur une chaîne d'assemblage. Pour Goobie, c'était l'occasion d'aborder un nouveau marché pour les objets connectés que l'entreprise développe. Enfin, Magillem a pu adapter une brique logicielle d'interprétation de données pour fournir des informations contextualisées à l'opérateur.

## Projet en lien

CYBOC

## Découvrir la solution





# SODALITE

Projet terminé en 2017

## Simulation et optimisation de lignes d'assemblages numériques



**THEME 4 :**  
Usine numérique centrée opérateur

**Chef de projet :**  
Ariane Piel

**Mots clés :**  
Continuité numérique, Langage pivot, Jumeau numérique, Modélisation, Optimisation, Simulation, Visualisation

### Les enjeux

Aujourd'hui, la révolution numérique qui impacte l'industrie se heurte au problème de la discontinuité numérique: la conception des produits, la gestion et l'optimisation des moyens de production sont assurées par des outils logiciels souvent peu compatibles en terme d'échange des données. Il y aurait pourtant un bénéfice considérable à retirer d'une chaîne numérique embrassant l'ensemble des processus de conception et de production.

### Le contexte

Les zones de stockage inter-process assurent une interface fluide entre les îlots d'une ligne de production (cellules grillagées où travaillent des robots). En cas de désynchronisation entre les îlots, par exemple la panne d'un robot, les pièces stockées dans ces zones permettent au reste de la ligne de fonctionner pendant un certain temps. Les zones de stockage représentent cependant un investissement financier significatif; il s'agit donc de minimiser leur taille tout en garantissant un fonctionnement sans heurt de la ligne de production.

### Les innovations

SODALITE intègre des modules logiciels hétérogènes pour mettre en œuvre une nouvelle méthodologie de dimensionnement des zones de stockage inter-process.

Elle fait intervenir trois étapes:

1. Modélisation, qui permet de regrouper l'ensemble des données dans un jumeau numérique pour offrir une vision globale du système et de ses processus.
2. Optimisation, qui réduit le nombre des configurations à explorer à l'aide d'un calcul analytique.
3. Simulation, qui aide à choisir parmi les solutions proposées par l'optimisation, la plus petite configuration pour atteindre l'objectif de régularité de production de la ligne.

### Les impacts

Pour permettre l'échange et la synchronisation des données entre les modules contribuant au dimensionnement des zones de stockage inter-process, le projet a jeté les bases d'un «langage pivot» voué à combler en partie la discontinuité numérique et a vérifié sa pertinence sur le cas d'usage décrit plus haut.

### Projet en lien

GECO

### Découvrir la solution





# AGORA

Projet terminé en 2018

## Assistance aux gestes pour le montage, la maintenance et les opérations de contrôle par réalité augmentée



**THEME 4 :**  
Usine numérique centrée opérateur

**Chef de projet :**  
Yann Bouju

**Mots clés :**  
Réalité augmentée, Contrôle, Traçabilité, Dispositif d'interaction

### Les enjeux

Pour maîtriser la complexité croissante des objets qu'ils produisent, les opérateurs doivent pouvoir accéder à diverses informations d'une manière efficace et intuitive, par exemple pour contrôler des pièces ou pour dérouler une gamme de montage. La réalité augmentée (RA) répond à ce besoin en superposant les données numériques directement sur des images du poste de travail. Cette technologie aujourd'hui mature trouve cependant ses limites dès lors que l'application exige une précision submillimétrique, implique des objets en mouvement, un environnement changeant ou des pièces avec des formes ou des textures peu reconnaissables.

### Le contexte

Le projet AGORA aborde précisément des cas d'usage où l'état de l'art industriel de la RA est mis en défaut: l'aide au positionnement millimétrique de capteurs sur un moteur et son contrôle (SAFRAN), la mise en place de vis de fixation sur des couvre-culasses en mouvement (PSA) et le contrôle d'isométrie de tuyaux (NAVAL GROUP).

### Les innovations

Ces cas d'usage complexes ont conduit à améliorer les algorithmes de recalage développés par le CEA sur plusieurs aspects :

- extension à des objets courbés, lisses (sans arête franche) et peu texturés,
- recalage sur des objets en mouvement et dans un environnement changeant,
- précision inférieure à 0,5 mm.

Les contraintes opérationnelles et ergonomiques des postes de travail ont été également prises en compte grâce à l'évaluation sur le terrain par les opérateurs utilisant différents systèmes de restitution et d'interaction (tablette, système projectif et lunettes).

### Les impacts

La nouvelle version du DiotaPlayer commercialisée par DIOTA a bénéficié des améliorations apportées. Le projet a aussi permis d'aboutir au déploiement industriel du système de RA d'aide au positionnement précis de capteurs dans les usines SAFRAN.

### Pour en savoir plus, voir la vidéo



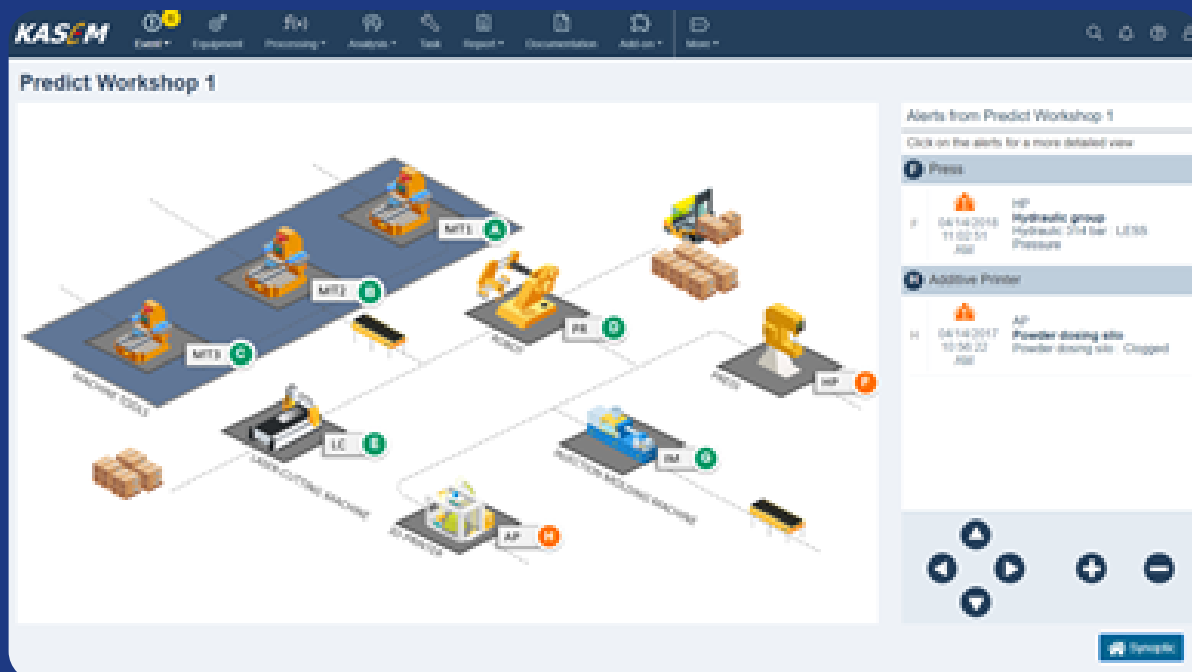
### Découvrir la solution



# MAPOP

Projet terminé en 2018

## Maintenance prédictive d'outils de production



### THEME 4 :

Usine numérique centrée opérateur

### Chef de projet :

Marine Depecker

### Mots clés :

Big data, Maintenance prédictive, Saas (Software As A Service), PaaS (Platform As A Service)

## Les enjeux

La maintenance implique un temps d'immobilisation des machines concernées, qui varie de quelques heures à quelques jours selon le type d'intervention et l'organe touché, réduisant automatiquement la capacité de production de la ligne. Un besoin fort est donc d'exploiter les données mesurées sur les équipements pour générer en amont des messages d'alerte suffisamment précis afin de réduire les temps d'intervention, diminuer les frais généraux, et ainsi accroître le rendement opérationnel.

## Le contexte

La maintenance prédictive ou maintenance prévisionnelle s'appuie sur la surveillance en continu des outils de production dans le but d'anticiper les risques de pannes ou défauts et d'optimiser la disponibilité de ces équipements. Des cas d'usages réels de machines-outils dans des centres d'usinage ont été proposés par le Groupe PSA et Safran ; ces derniers ont pu collaborer avec les fournisseurs de technologies pour évaluer et comparer leurs solutions de Data Management et de Data Analytics sur ces cas concrets.

## Les innovations

Le projet MAPOP a permis de concevoir, d'adapter et de mettre en œuvre des briques complémentaires de gestion et d'analyse permettant d'exploiter les données issues de l'instrumentation des machines pour modéliser les comportements des outils, détecter et prédire en amont des pannes ciblées.

Combinées entre elles, ces briques constituent un système d'aide à la décision pour anticiper des pannes sur des machines-outils. Ce résultat a pu être évalué via un logiciel d'analyse sur une plateforme PaaS, développée également dans le cadre du projet, pour remonter l'ensemble des données machine en vue de prévisions de pannes. Une interface synthétise l'information pertinente pour faciliter la prise de décision a été créée.

## Les impacts

Le chantier mené dans le cadre de ce projet a démontré l'intérêt de collecter, d'organiser et d'exploiter les données issues des équipements de production. Leur exploitation permet de remonter des prédictions ciblées de probabilités de pannes majeures. La remontée de ce type d'alertes, suffisamment anticipées, fait espérer de meilleures performances et notamment un gain potentiel de rendement opérationnel.

## Projet en lien

SMART

## Pour en savoir plus, voir la vidéo



## Découvrir la solution





# SMART

Projet terminé en 2018

## Support à la maintenance par analyse sémantique des rapports d'intervention et des documentations techniques



**THEME 4 :**  
Usine numérique centrée opérateur

**Chef de projet :**  
Romaric Besançon

**Mots clés :**  
Maintenance préventive, Analyse sémantique, Ontologie, Rapport d'intervention, Documentation technique

### Les enjeux

Pour diverses raisons, réglementaires par exemple, l'industrie génère des masses de rapports de plus en plus importantes (maintenance, inspection, qualité...) qui sont souvent simplement archivés. Pourtant, l'exploitation de leur contenu non seulement permettrait une capitalisation des connaissances qui y sont inscrites, mais aussi ouvrirait la voie à des méthodes d'optimisation des processus industriels.

### Le contexte

Pour diverses raisons, réglementaires par exemple, l'industrie génère des masses de rapports de plus en plus importantes (maintenance, inspection, qualité...) qui sont souvent simplement archivés. Pourtant, l'exploitation de leur contenu non seulement permettrait une capitalisation des connaissances qui y sont inscrites, mais aussi ouvrirait la voie à des méthodes d'optimisation des processus industriels.

### Les innovations

SMART permet la mise en place d'une chaîne de traitement pour extraire et structurer l'information en exploitant des données hétérogènes (rapports, nomenclatures, descriptifs, plan de maintenance, etc.). Le projet propose deux démonstrateurs: le premier est appliqué à la problématique d'analyse et de synthèse des rapports (pannes/défauts/interventions) à grande échelle et le deuxième intègre

des briques d'analyse sémantique et de modélisation permettant de suggérer des optimisations des processus de maintenance.

### Les impacts

Le projet démontre l'intérêt du traitement des données à grande échelle par l'amélioration du processus d'analyse et de synthèse de l'information. Il permet en particulier l'optimisation des activités de suivi, de gestion ou de maintenance préventive et conduit à des gains de précision et de productivité.

### Pour en savoir plus, voir la vidéo



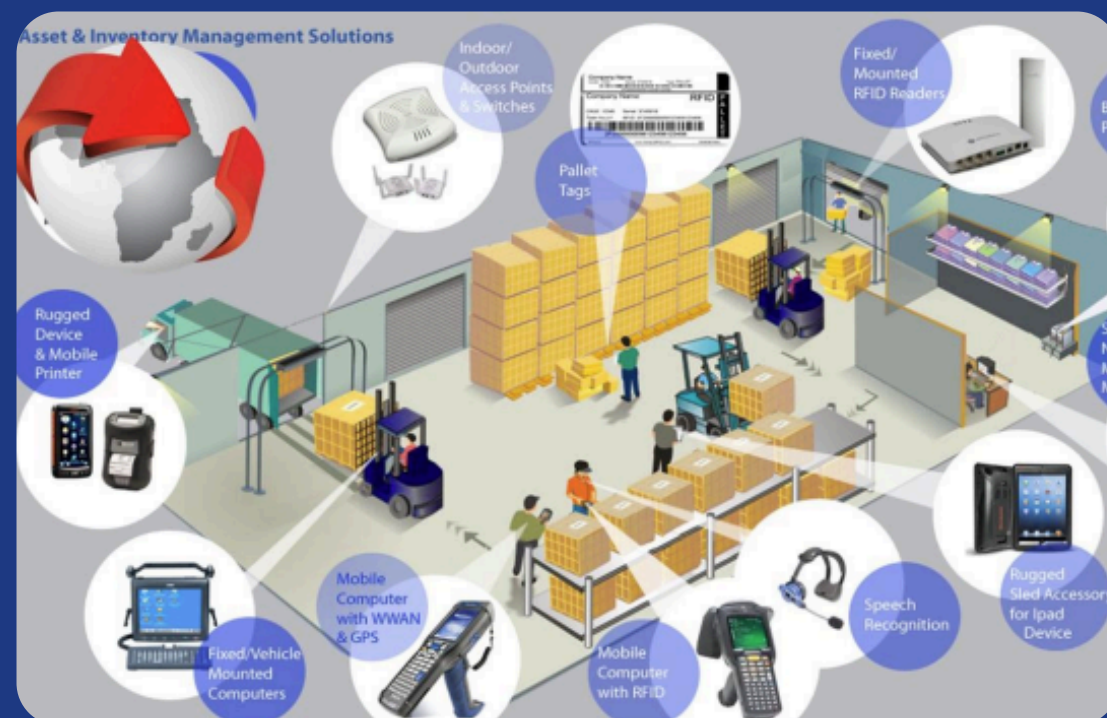
### Projet en lien

MAPOP

# ASSET-TRACKING

Projet terminé en 2019

## Localisation et traçabilité de l'outillage / matériel sur site industriel et chantiers



**THEME 4 :**  
Usine numérique centrée opérateur

**Chef de projet :**  
Margarita Anastassova

**Mots clés :**  
Big data, IOT, Tracking d'objets/personnes, Localisation indoor, Localisation outdoor

### Les enjeux

Les entreprises ont un besoin grandissant de localiser, suivre et gérer les mouvements de leurs équipements non alimentés tels l'outillage et les engins de chantier. Il existe un nombre important de systèmes IoT répondant à une partie de ces besoins.

### Le contexte

L'objectif principal du projet Asset Tracking était de recenser les solutions IoT existantes et mesurer leur applicabilité aux problèmes exprimés par les clients finaux. Il s'agissait également de leur proposer un outil méthodologique leur permettant de choisir une technologie du marché sur la base de plusieurs critères. Un enjeu important était aussi de proposer une solution capteur dont le coût de revient est en adéquation avec le coût de l'outil ou du matériel à suivre.

### Les innovations

Une analyse de l'état de l'art étendue a été réalisée et mise à disposition des partenaires de FactoryLab. Plusieurs solutions potentiellement utiles pour les besoins des différents clients finaux ont été identifiées. Les avantages et les limites de ces technologies pour les cas d'usage proposés ont été mis en avant, ce qui a permis de concevoir un outil

d'aide à la décision lors du choix de solutions à implémenter dans un contexte donné. Enfin, une solution facilement déployable avec un coût maîtrisé et une architecture ouverte et évolutive, répondant à l'ensemble des cas d'usage, a été proposée.

### Les impacts

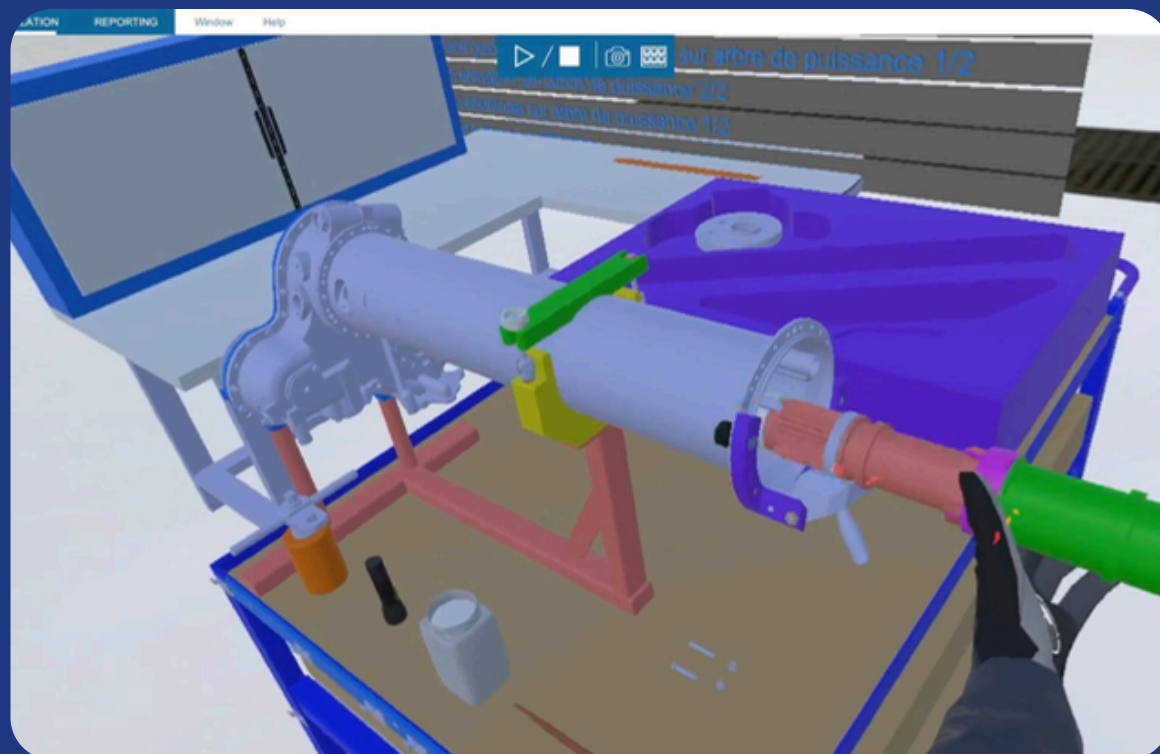
Le projet a permis aux clients finaux d'avoir une vision large des solutions de tracking existantes, avec leurs avantages et limites. Pour le CEA, le projet Asset Tracking était un cadre idéal pour bien cibler les limites des solutions commerciales et proposer une solution IoT innovante et à bas coût, pouvant s'adapter à diverses exigences et contraintes.



# CONTINUM 4.0

Projet terminé en 2019

## Continuité numérique entre la CAO et les outils de RV/RA



**THEME 4 :**  
Usine numérique centrée opérateur

**Chef de projet :**  
Claude Andriot

**Mots clés :**  
Continuité numérique, Gamme de montage, Réalité virtuelle, Réalité mixte, Formation

### Les enjeux

Le passage de la conception assistée par ordinateur (CAO) à la réalité virtuelle (RV) est onéreux et difficile car il n'existe pas d'outil pour maintenir la continuité numérique des modèles 3D entre ces deux applications. Mutualiser ces données permet de concevoir rapidement des gammes de montage ou de maintenance en RV pour ensuite former les opérateurs à réaliser ces tâches complexes.

### Le contexte

L'objectif du projet CONTINUM 4.0 consiste à développer un logiciel de conception de gammes de montage ou de maintenance en réalité virtuelle (RV) et en réalité augmentée (RA) de manière naturelle comme avec une maquette physique.

### Les innovations

L'application développée dans le cadre de CONTINUM 4.0 est la première à proposer un format de fichier neutre qui permet d'assurer une continuité numérique entre CAO et RV. Ce format neutre permet d'enrichir la maquette numérique afin de définir les différents comportements mécaniques et les procédures de montage dont a besoin la simulation virtuelle.

### Les impacts

Le logiciel CONTINUM permet d'accélérer la création de formations pour les opérateurs en RV, mais aussi de proposer de l'assistance au montage en RA, ou encore de créer une documentation technique. Ce logiciel est arrivé à un niveau de maturité satisfaisant pour être commercialisé et utilisé par les industriels, même si des progrès doivent encore être faits en terme d'ergonomie pour répondre à certains besoins spécifiques.

### Projet en lien

SEEROB

### Pour en savoir plus, voir la vidéo



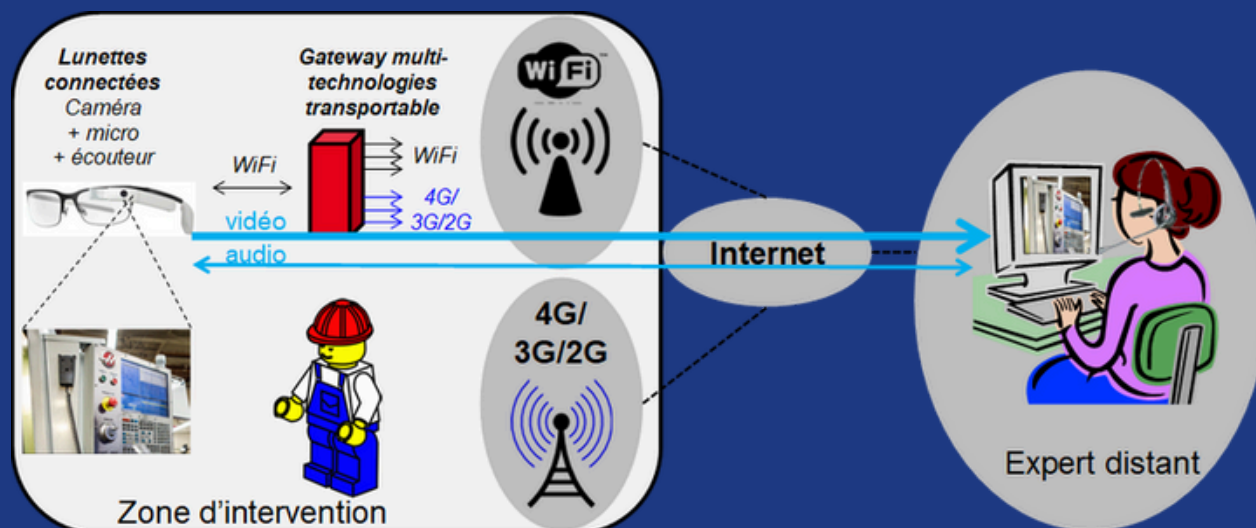
### Découvrir la solution



# LUTAC

Projet terminé en 2019

## Lunettes de téléassistance augmentée avec connexion fiable et sécurisée



**THEME 4 :**  
Usine numérique centrée opérateur

**Chef de projet :**  
Antoine Vialle

**Mots clés :**  
Diagnostic, Connectivité, Dispositif d'interaction, Lunette RA de téléassistance

## Les enjeux

Lorsque des dysfonctionnements techniques se manifestent sur des sites reculés (usine, bateau, ...), la seule réponse aujourd'hui est l'envoi d'un expert connaissant l'équipement défaillant. Les coûts en termes de retards, de temps d'expert et de transport sont considérables. Des transmissions vidéo temps réel pourraient permettre à l'équipe locale de solliciter à distance l'expert en lui montrant des images du matériel incriminé. Elles s'avèrent le plus souvent impossibles dans les environnements industriels où la connectivité est insuffisante pour des raisons de couverture et d'interférences.

## Le contexte

Les industriels partenaires du projet LUTAC ont souhaité disposer d'une solution complète portable sur site permettant à un opérateur local de dialoguer avec un expert à distance qui verrait la scène « par les yeux de l'opérateur ».

## Les innovations

Cette solution comprend des lunettes connectées et des interfaces logicielles de téléassistance. Elle s'appuie sur un dispositif permettant d'assurer une connectivité suffisante pour transmettre de manière sécurisée des flux vidéo temps réel. L'innovation réside dans la conception d'un kit de connexion,

capable de propager une connectivité à Internet depuis un lieu disposant d'une connexion haut débit (par exemple, à l'extérieur d'un bâtiment) jusqu'au lieu d'intervention d'un opérateur dans un environnement plus contraint, malgré les interférences et le manque de couverture.

## Les impacts

Le projet LUTAC a validé une solution de lunettes de téléassistance, dotées d'une connexion fiable et sécurisée en environnement industriel. Le démonstrateur réalisé avec les lunettes connectées d'EXPERT TELEPORTATION et le logiciel NEON développé par le CEA LIST, a montré ses capacités à opérer dans des environnements radio divers et à assurer une bonne expérience pour les utilisateurs en terme d'optimisation de la connectivité. A terme, cette solution pourra être utilisée dans une multitude de contextes où une intervention à distance est envisageable.

## Découvrir la solution

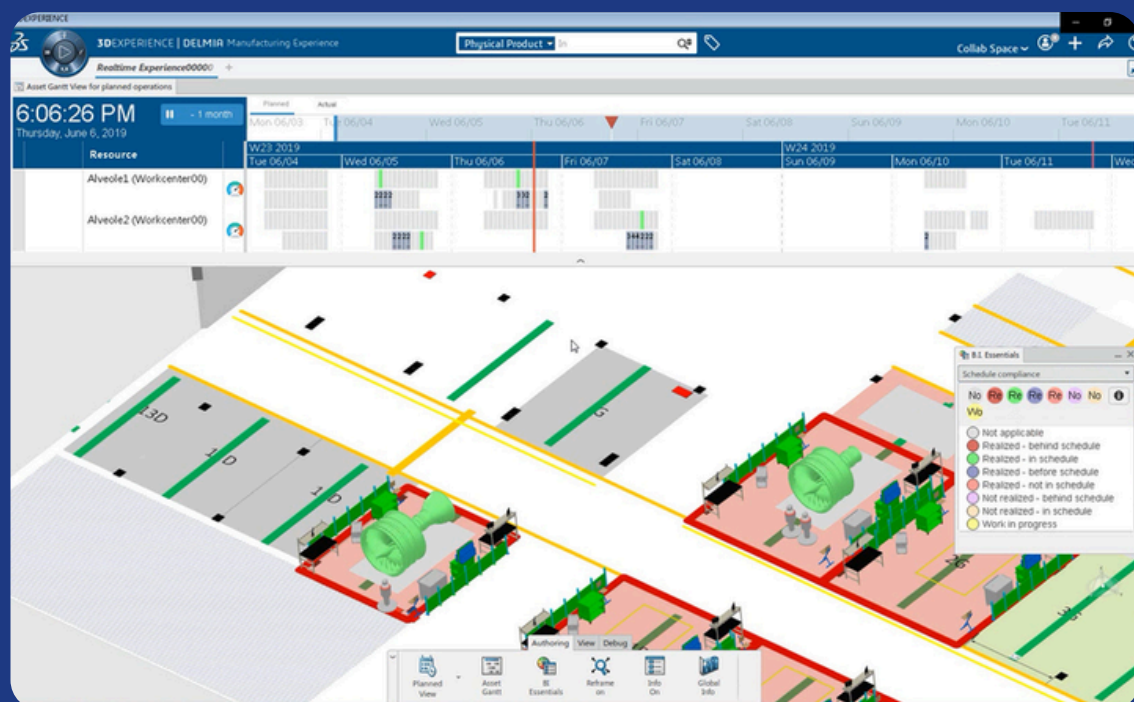




# GECO

Projet terminé en 2019

## Gestion de la co-activité sur une ligne de montage



**THEME 4 :**  
Usine numérique centrée opérateur

**Chef de projet :**  
Ariane Piel

### Mots clés :

Coactivité, Ordonnancement des tâches, Langage pivot, Jumeau numérique, Modélisation, Simulation, Optimisation, Visualisation

## Les enjeux

La gestion de l'ordonnancement des tâches est une problématique centrale dans le domaine industriel. La validation et l'optimisation de ces ordonnancements sont trop complexes pour être réalisées via des tableaux Excel. En outre, l'industrie exprime un besoin fort de traiter plus rapidement ces questions pour plus de flexibilité.

## Le contexte

La difficulté réside dans la prise en compte de l'ensemble des contraintes et en particulier des contraintes dites de «coactivité». Celles-ci traduisent l'impossibilité de réaliser deux tâches au même moment et au même endroit, par exemple pour des raisons de sécurité comme la peinture et la soudure ou d'accessibilité. Au-delà, il s'agit de gagner en précision (ne plus avoir besoin de retoucher la solution obtenue lors de sa mise en place sur le terrain) et en optimisation (respecter les contraintes tout en minimisant le délai de traitement des tâches).

## Les innovations

Sur les fondements du projet SODALITE, en particulier grâce à l'utilisation d'un langage pivot, GECO a développé une suite logicielle outillée intelligente qui se décompose en 4 étapes :

1. Modélisation : créer un jumeau numérique fonctionnel,
2. Simulation : valider la faisabilité de l'ordonnancement des tâches,

3. Optimisation : réaliser les choix d'ordonnancement les plus pertinents (briques déterministes et heuristiques),
4. Visualisation 2D : permettre à l'opérateur de suivre de manière interactive et dynamique les processus en cours de réalisation.

La suite outillée intègre un module d'importation qui permet de générer automatiquement les modèles à partir de tables Excel extraites des bases de données préexistantes.

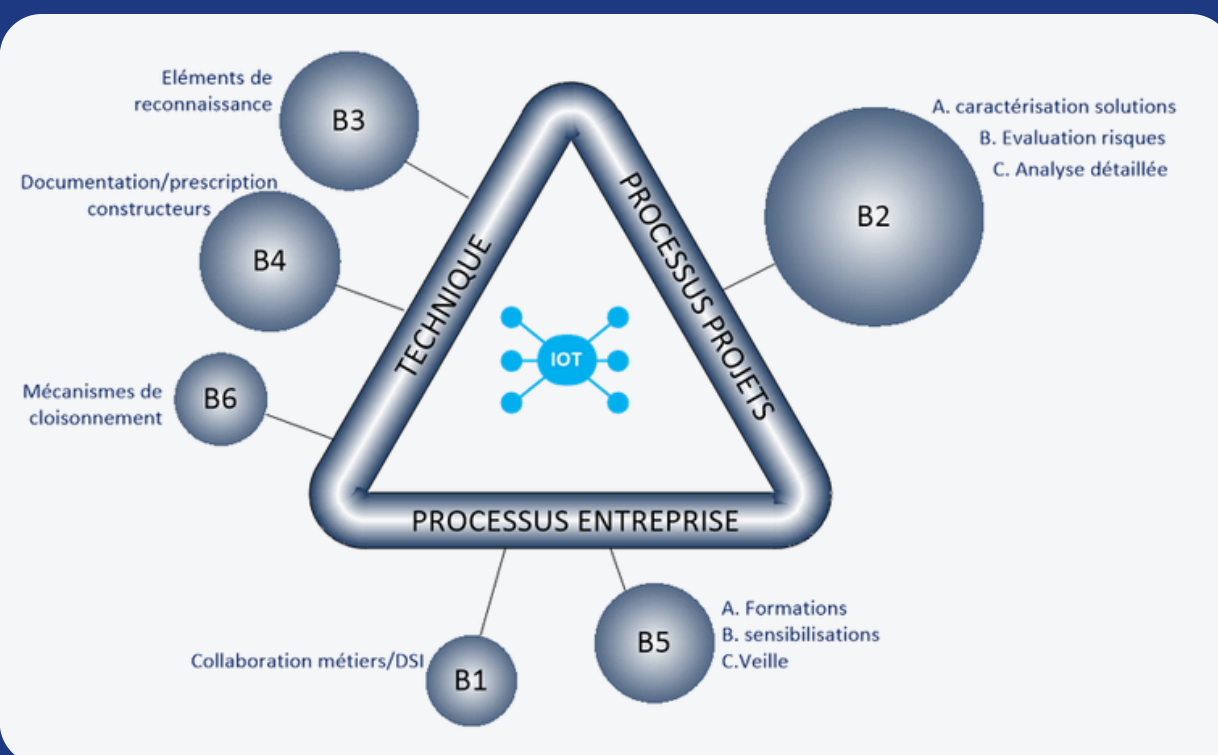
## Les impacts

Les résultats permettent une plus grande optimisation dynamique temps réel visant à la replanification des activités à partir des données contextuelles de réalisation dans le jumeau numérique (ce qui a été réalisé, les aléas machine, les aléas d'approvisionnement, les prévisions météorologiques...).

# CYBOC

Projet terminé en 2019

## Etude sur la cybersécurité des objets connectés



**THEME 4 :**  
Usine numérique centrée opérateur

**Chef de projet :**  
Julien Signoles

**Mots clés :**  
Big data, IOT, Exigences communes, Cybersécurité

### Les enjeux

L'introduction des objets connectés dans l'industrie n'est possible qu'à la condition de garantir leur sécurité et celles de leurs communications, tout en préservant la confidentialité des données. Aujourd'hui, chaque entreprise définit sa propre politique, alors que le marché des IOT gagnerait à la définition d'exigences communes en matière de sécurité et d'intégration aux systèmes d'informations des utilisateurs.

### Le contexte

CYBOC vise à analyser les questions posées par l'intégration des objets connectés (IOT), puis à préconiser des méthodes de cybersécurité. L'ensemble des partenaires de FactoryLab, tout particulièrement les clients finaux s'est mobilisé pour atteindre cet objectif.

### Les innovations

Le projet a abouti à la création d'un rapport sur la cybersécurité des objets connectés offrant un socle commun aux différentes parties prenantes du monde des objets connectés (IOT). Il introduit ainsi les différentes propriétés de sécurité souhaitables, les besoins IoT actuels, les menaces existantes, les fonctions de sécurité déployables et leurs moyens d'évaluation. Il propose aussi différentes tables de synthèse corrélant ces divers éléments.

### Les impacts

CYBOC a permis d'accorder les connaissances des DSI des partenaires et d'améliorer celles des équipes opérationnelles en cybersécurité des IOT. Le rapport offre en effet différentes grilles de lecture pour trouver aisément les informations les plus pertinentes en fonction des priorités du lecteur. CYBOC devrait ainsi contribuer à mieux protéger les systèmes d'information en évitant un certain nombre d'écueils liés aux déploiements de ces objets.

### Projet en lien

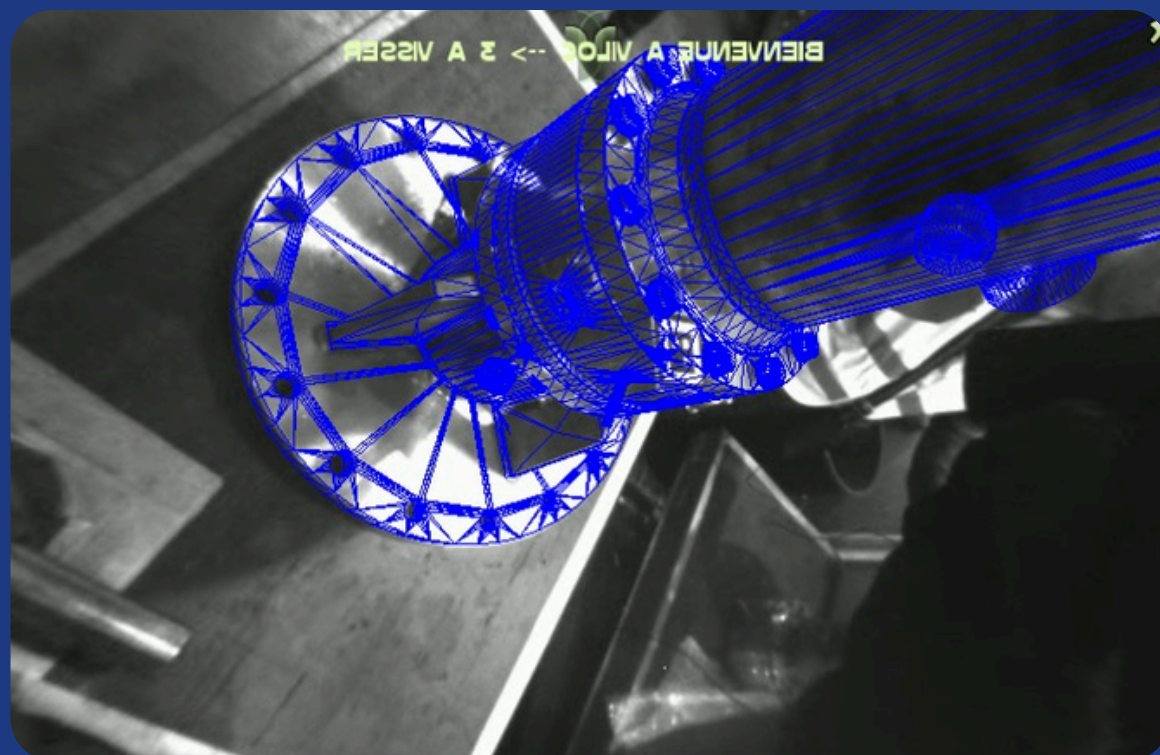
IMPROVE



# VILOC

Projet terminé en 2020

## Visseuse avec contrôle de positionnement pour le guidage des serrages et traçabilité numérique des opérations



### THEME 4 :

Usine numérique centrée opérateur

### Chef de projet :

Sylvie Naudet

### Mots clés :

Moyen de serrage, Localisation d'outil par vision, Contrôle commande, Traçabilité, Ergonomie du poste de travail

## Les enjeux

Le vissage de surfaces planes est une opération dont l'assurance qualité est complexe. On constate 10 à 30% de brides fuyardes. En outre, la traçabilité de ces opérations est basée majoritairement sur des enregistrements papier et se prête mal à la numérisation. (On ne traite pas ici de la question de la procédure de serrage).

## Le contexte

Les industriels ont besoin d'un processus d'assemblage de pièces vissées garantissant la conformité aux spécifications d'ingénierie, sans possibilité de déviation des procédures et avec une traçabilité totale de l'opération (paperless / full traceability). Des solutions existent sur poste fixe couplant la visseuse à un bras équipé de codeurs ou à des bornes de positionnement, mais elles sont limitées aux postes de travail fixes en intérieur. L'objet du projet VILOC est de proposer une solution autonome et mobile fonctionnant en contexte usine et chantier.

## Les innovations

VILOC développe une solution de contrôle de positionnement d'une visseuse par rapport à un assemblage mécanique. Il s'agit de guider l'opérateur et suivre ses opérations pour en vérifier la conformité aux spécifications. La solution proposée est totalement autonome et portable : elle s'appuie uniquement

sur des capteurs intégrés dans l'outil et sur un logiciel de localisation par vision. L'enregistrement des opérations permet de tracer en temps réel l'ordre de serrage et le couple associé directement dans la maquette numérique.

## Les impacts

La solution en rupture proposée réduit les possibilités d'erreur ou d'oubli pour l'opérateur. La difficulté majeure est d'assurer un suivi continu de la position de l'embout de la visseuse avec une précision et une stabilité suffisantes pour éviter toute confusion. La solution a été testée sur le cas d'usage vissage de brides, mais de nombreuses autres applications sont possibles telles que le vissage sur moteur ou la traçabilité des retouches de ponçage.

## Projet en lien

ASSERVUS

## Pour en savoir plus, voir la vidéo



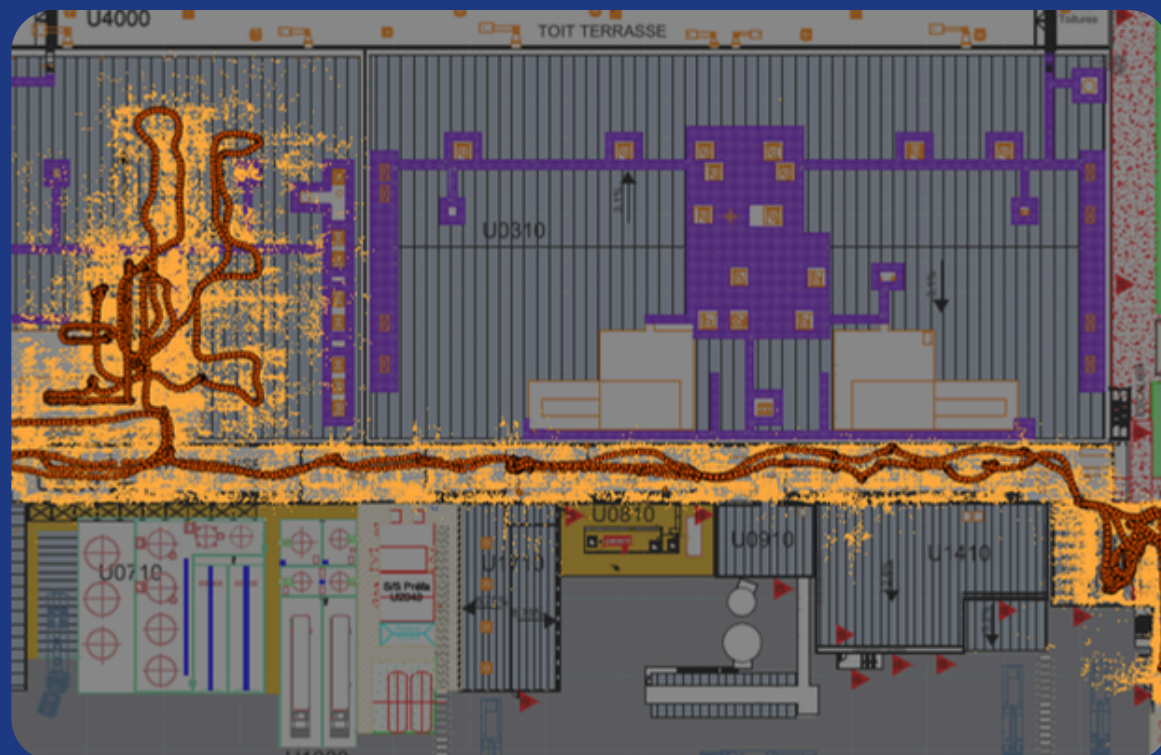
## Découvrir la solution



# EZAW

Projet terminé en 2020

## Localisation indoor



### THEME 4 :

Usine numérique centrée opérateur

### Chef de projet :

Regis Vinciguera

### Mots clés :

Localisation indoor

## Les enjeux

Même si la localisation de personnes est aujourd'hui résolue en milieu extérieur grâce au GPS, celle-ci reste une problématique majeure dans les milieux intérieurs.

## Le contexte

La localisation de personne en milieu intérieur est aujourd'hui un sujet important. En effet, même si la localisation est en grande partie résolue en milieu extérieur grâce au GPS, elle reste une problématique majeure dans les milieux intérieurs où les signaux GPS sont inaccessibles. Les diverses techniques proposées et diffusées actuellement (onde radio, A-GNSS, ultrason, Infrarouge) répondent à de nombreuses applications mais présentent souvent des limitations soit en terme de couverture, de précision ou de contrainte d'installation d'infrastructure dans l'environnement, limitant leur champ d'exploitation.

## Les innovations

Le projet EZAW adresse ce sujet en proposant une solution de localisation au moyen d'un capteur visuel embarqué sur une personne. Il s'agit d'une solution autonome ne nécessitant aucune installation d'infrastructure (type bornes) dans l'environnement.

Il répond aux verrous suivants :

- Transition indoor-outdoor
- Absence de signaux GNSS, absence de wifi
- Environnement non collaboratif (bâtiment non instrumenté)
- Portabilité, précision, robustesse
- Plans 3D/2D pas toujours disponibles
- Environnement avec des structures métalliques
- Environnement évolutif et grands volumes

## Les impacts

Un système de localisation porté par des personnes dans un chantier ou dans une usine assurant :

- La localisation 6 DOF (Degrees Of Freedom) avec un capteur de vision
- La prise de photos géolocalisées.



# SCADROLI

Projet terminé en 2020

## Scan 3D par lidar mobile (drone, sac à dos, etc.)



### THEME 4 :

Usine numérique centrée opérateur

### Chef de projet :

Claude Andriot

### Mots clés :

Scan 3D, Lidar mobile, Réalité virtuelle, Logiciels, Maquettes numériques

## Les enjeux

Dans de nombreux secteurs d'activités, le suivi de l'avancement des chantiers se fait au travers de réunions de projet collaboratives (souvent à distance). Mais cet exercice est complexe, en particulier parce que l'avancement d'un chantier est difficile à quantifier de manière objective et du fait qu'il implique différents corps de métiers qui ne partagent pas nécessairement la même culture technique.

## Le contexte

L'utilisation de maquettes numériques 3D est reconnue comme un support efficace pour mener des réunions projet, par exemple pour objectiver l'avancement d'un chantier, notamment lorsqu'elles mobilisent des métiers divers.

Ces maquettes numériques posent cependant des problèmes au niveau de l'acquisition de données (nuages de points et modèles CAO), de leur mise en forme et de leur traitement. Le projet SCADROLI adresse ces questions afin de permettre des réunions d'avancement collaboratives plus efficaces.

## Les innovations

Après un tour d'horizon des solutions de scans mobiles (sur drone ou engin terrestre) et des outils disponibles sur le marché, le projet a développé une

suite de briques logicielles pour simuler une acquisition par un lidar mobile et en estimer sa couverture, puis pour traiter les données acquises afin de préparer les réunions d'avancement de chantier : recalage, nettoyage des scans, calcul de distance par rapport à une maquette ou un scan antérieur, génération de rapport, etc.

## Les impacts

A l'issue de SCADROLI, plusieurs revues de projet en réalité virtuelle collaborative ont été réalisées. La comparaison automatique faite dans la solution entre la maquette numérique (état planifié d'avancement) et les relevés effectifs lidar s'est révélée très fructueuse en permettant aux intervenants d'identifier par un simple code couleur les décalages d'avancement des travaux.

La chaîne de logiciels produite est à ce jour parmi les plus complètes puisqu'elle va de la préparation des données acquises jusqu'à la revue de projet en réalité virtuelle collaborative.

## Pour en savoir plus, voir la vidéo



# DASI

Projet terminé en 2020

## Droïdes au service de l'industrie



### THEME 4 :

Usine numérique centrée opérateur

### Chef de projet :

Mathieu Carrier

### Mots clés :

Droïdes, Télédétection laser, Localisation, Guidage par vision, Lidar, Automatisation, SLAM

## Les enjeux

Pour réduire la pénibilité au travail et les risques de troubles musculo-squelettiques, les entreprises cherchent à automatiser les tâches d'approvisionnement de matériel dans les usines et/ou les chantiers. Les droïdes TwinswHeel (AGV flexibles) sont un exemple de ces nouveaux moyens autonomes, contrôlés par un système de localisation et destinés à aider les salariés à transporter des charges lourdes.

## Le contexte

Les tâches de logistique représentent un poste important dans les coûts de production et les solutions robotiques existantes avec une localisation par télédétection laser (LIDAR) ne contribuent pas à le réduire. L'ambition du projet DASI est de mettre en oeuvre un droïde se localisant grâce à des capteurs peu onéreux, mais capable d'automatiser et de fiabiliser les tâches de logistique.

## Les innovations

Le système de localisation du droïde considéré utilise des caméras et un capteur inertiel. Outre qu'ils soient d'un faible coût, ces capteurs sont non actifs, ce qui simplifie notamment leur emploi en atmosphères explosives. Le guidage par vision est fondé sur une fusion des données capteurs et un algorithme de localisation développés par le CEA.

## Les impacts

Les droïdes guidés par vision devront permettre :

1. D'accroître de 10% à 25% la productivité des ateliers, en gagnant sur les temps d'approvisionnement,
2. De fiabiliser la logistique
3. De réduire la pénibilité au travail.

## Découvrir la solution





# DIVORA

Projet terminé en 2020

## Dictée vocale de rapports



### THEME 4 :

Usine numérique centrée opérateur

### Chef de projet :

Claude Andriot

### Mots clés :

Dictée vocale, Analyse Sémantique, TAL (Traitement, Automatique des langues), Rapports d'intervention

## Les enjeux

Les processus de production, de maintenance et d'inspection impliquent la rédaction de rapports semi-structurés contenant du texte, des images et des métadonnées. Ces rapports servent de support pour la transmission de l'information et la capitalisation de la connaissance métier. Sur le terrain, le responsable se trouve souvent dans un environnement peu propice à la rédaction et, par manque d'outil et de temps, les rapports sont rédigés «au retour au bureau».

## Le contexte

Les systèmes existants de traitement automatique de la parole sont très contraignants pour le rédacteur. Il s'ensuit souvent une perte d'information, ainsi qu'un manque de traçabilité qui limite la capitalisation des connaissances dans les bases numériques. Le projet DIVORA vise à développer un outil de dictée vocale de rapports semi-structurés afin de faciliter la rédaction sur site à partir d'un dispositif nomade (smartphone, tablette, montre, casque, etc.).

## Les innovations

Le projet est fondé sur l'adaptation des techniques d'analyse sémantique au traitement des flux de textes issus de la transcription vocale. Ces techniques permettent le développement d'un système automatique d'aide à la

rédaction des rapports où l'opérateur peut se concentrer sur son rapport sans avoir à produire un effort de reformulation pour être compris de l'outil. La difficulté réside dans la capacité à traiter les flux de données transcrits de l'oral avec une précision de qualité très proche de celle obtenue pour les documents écrits.

## Les impacts

L'impact à long terme de DIVORA sur les processus industriels porte essentiellement sur des gains de productivité liés à l'amélioration de la qualité des rapports produits, mais aussi par la capitalisation de la connaissance qu'ils renferment et de l'exploitation qui peut en être faite ultérieurement.

## Pour en savoir plus, voir la vidéo



# VR4D

Projet terminé en 2021

## Visualisation et simulation de planning de montage en réalité virtuelle pour systèmes complexes



### THEME 4 :

Usine numérique centrée opérateur

### Chef de projet :

Claude Andriot

### Mots clés :

Réalité virtuelle, CAO, Planning 4D, Gros modèles, Interopérabilité, Unity3D, Simulation, Séquençage complexe

## Les enjeux

VR4D vise à répondre aux enjeux liés à la complexité croissante des systèmes industriels, en développant une solution logicielle permettant la visualisation, la planification et l'interaction avec des maquettes numériques très complexes en RV. Il s'agit d'assurer la compatibilité entre des outils de planification (comme MS Project) et des plateformes de CAO, tout en garantissant l'utilisation fluide de modèles contenant plusieurs millions de pièces. L'enjeu principal est de permettre aux industriels de planifier, simuler et valider les séquences de montage en RV de manière réaliste et immersive.

## Le contexte

Le projet s'inscrit dans la continuité de CONTINUUM 4.0. Malgré des outils de RV existants, peu permettent de gérer en temps réel des maquettes géantes avec leurs métadonnées. Les industriels doivent souvent combiner des outils hétérogènes non interopérables. VR4D propose un environnement intégré, compatible avec Unity3D, facilitant l'intégration de plannings et de CAO lourdes, et permettant une visualisation réaliste et interactive. Plusieurs cas d'usage concrets (Naval Group, Vinci, Technip France) ont été définis pour éprouver cette solution.

## Les innovations

VR4D innove par sa capacité à gérer l'importation de maquettes complexes et leur association à des plannings détaillés, tout en intégrant les métadonnées essentielles. Il permet un rendu visuel avancé en RV, une navigation fluide

dans des environnements denses, la détection des conflits d'assemblage, et l'export de démonstrateurs en RV exploitables sans licence. L'interopérabilité avec les outils existants est au cœur du développement, avec une attention portée à la restitution esthétique, la mise à l'échelle et la flexibilité des scénarios.

## Les impacts

Le projet permet aux industriels d'anticiper les problèmes d'assemblage, de valider des séquences complexes, et d'améliorer la formation des opérateurs via des scénarios immersifs. Il participe à une meilleure maîtrise des plannings et des coûts par l'exportation des séquences d'assemblage vers les outils classiques de planification tout en favorisant la collaboration entre services. Les briques technologiques développées sont exploitables commercialement par plusieurs partenaires (Light & Shadows, Technip France) dans leurs suites logicielles respectives, favorisant une diffusion rapide des résultats.

## Projet en lien

CONTINUUM 4.0



# LOCDRONE

Projet terminé en 2022

## Système de localisation de drone en milieu indoor ou confiné

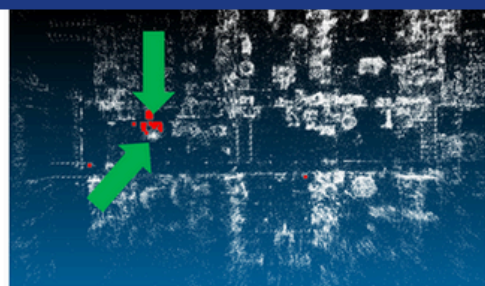
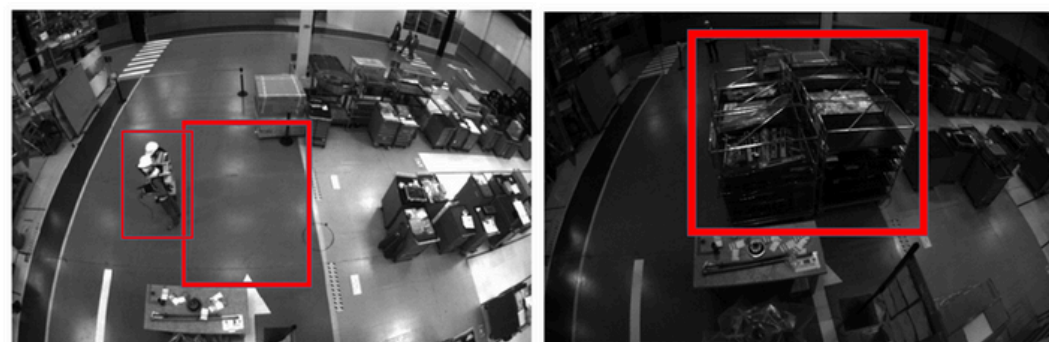


Figure 39 : différence 3 - second vol



Base jour 2 complète

Identification 1

Vol jour 1

### THEME 4 :

Usine numérique centrée opérateur

### Chef de projet :

Mathieu CARRIER

### Mots clés :

Géolocalisation indoor, Cartographie en ligne, Drones, Inspection de site

## Les enjeux

Le projet LocDrone vise à concevoir un système basé sur un drone de la société Aeraccess pour de la localisation en milieu indoor afin de réaliser 2 tâches : la détection d'écarts entre différents passage et l'inspection en milieu confiné, difficile d'accès. Pour cela, un système de captation de données visuelles et inertielles embarqué sur un drone doit être développé, et les algorithmes de localisation visio-inertiel du CEA doivent être adaptés à ce contexte afin de réaliser les 2 tâches suite à un vol.

## Le contexte

Les utilisateurs finaux ont cherché à évaluer la possibilité de réaliser des inspections en milieu confiné ou difficile d'accès, c'est-à-dire pour lesquels les méthodes traditionnelles sont soit dangereuses, soit bloquantes en raison d'installation d'équipements pour accéder à la zone, zone ayant un périmètre dans lequel personne ne peut accéder pendant toute la durée d'installation, d'inspection et de désinstallation. Safran avait également pour cas d'usage la détection d'écarts entre plusieurs vols, comparativement à une base de référence.

## Les innovations

Le projet LocDrone a permis la robustification des algorithmes de localisation du CEA par l'adaptation au contexte lié à la captation par un drone. En outre, il a permis le développement

d'une brique permettant la détection d'écarts via le nuage de points 3D épars généré nativement par l'algorithme de type SLAM du CEA. Enfin, ce projet a permis le développement d'une application de balises virtuelles (virtual beacons) pour l'inspection en milieu confiné. Cette application permet l'analyse par un expert soit sur place, soit à distance via l'exécution a posteriori des algorithmes de localisation sur les données captées.

## Les impacts

Ce projet a permis de tester en conditions réelles, via des vols en intérieurs dans les ateliers de Safran, la possibilité de réaliser des inspections en milieu confiné et difficile d'accès en seulement quelques minutes alors que ces mêmes inspections auraient nécessité plusieurs jours (installation d'échafaudages, inspection, désinstallation d'échafaudages) avec des risques importants pour les inspecteurs (travail en hauteur, accès difficile). L'utilisation des données captées a posteriori permet également à plusieurs experts en inspection, voire des experts distants, d'utiliser les données, avec leur géoréférencement via l'algorithme de localisation du CEA et l'application de balises virtuelles. La détection d'écarts mise en place permet d'avoir un système simple, s'appuyant sur différents vols et une base de référence, et remontant facilement les informations d'écart à un opérateur.

## Projet en lien

EZAW

# OPCUA CS-DT

Projet terminé en 2022

**Développer une passerelle de communication entre une cellule robotisée et son jumeau numérique, via OPC UA et la sémantisation des données**



**THEME 4 :**  
Usine numérique centrée opérateur

**Chef de projet :**  
Marc Gomez  
Rémy Roignot

**Mots clés :**  
OPC UA, Companion Specification, Digital TWIN, Cellule robotisée, Sémantisation des données, Communication, Standardisation, Connecteurs logiciels

## Les enjeux

Evaluer la mise œuvre de l'implémentation des échanges de données entre une cellule robotisée et des jumeaux numériques en utilisant le standard de communication OPC UA et les modèles de données qu'il propose (Companion Specification).

- Structurer la remontée d'information des équipements d'un atelier (utilisation de Companion Specification ou création d'autres modèles)
- Appréhender les efforts de mise en œuvre coté équipement (création de connecteurs serveurs, passerelles)
- Appréhender les efforts cotés applications (création de connecteurs clients logiciels), en particulier avec un jumeau numérique

## Le contexte

OPC UA se développe dans l'industrie comme protocole d'échange et de modèle d'information pour l'interopérabilité des équipements de production. Or, tous les équipements industriels ne sont pas prédisposés à la communication OPC UA.

En fonction des équipements, et en particulier pour les cellules robotisées, il est nécessaire de développer une démarche simple et reproductible de mise en œuvre de la remontée d'information vers le jumeau numérique pour faire par exemple du virtual commissioning afin d'atteindre l'objectif « plug and produce ».

## Les innovations

- Développement d'un modèle de données représentatif de la cellule robotisée.
- Développement de la génération automatique de fichier (NodeSet) pour l'intégration dans les serveurs OPCUA
- Développement de connecteurs OPC UA pour alimenter en données les jumeaux numériques.
- Deux jumeaux numériques (3D Expérience et Unity 3D) permettant d'effectuer une validation de la remontée d'information.

## Les impacts

Ce projet a permis de mesurer les efforts nécessaires pour mettre en œuvre la communication avec le protocole de communication OPC UA.

Ces efforts sont importants dans tous les domaines : modélisation des données, choix des architectures de communication, codage. Ils nécessitent des compétences et formations approfondies.

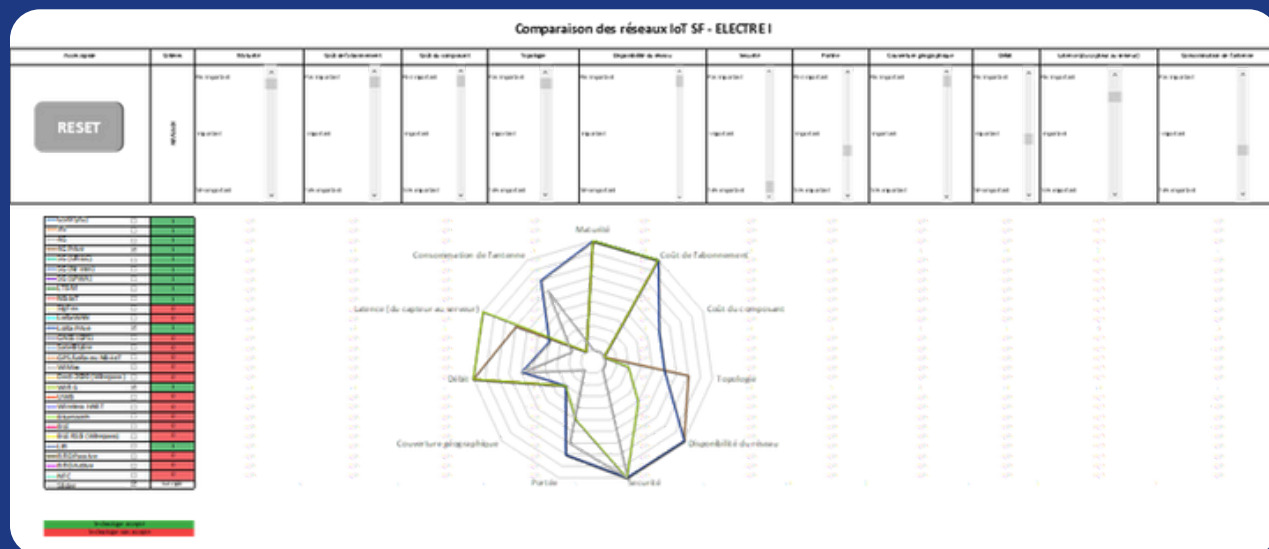
La mise en œuvre de OPCUA est donc particulièrement intéressante pour les gros projets pour la remontée des données au niveau des ateliers ou de l'usine.



# RÉSEAUX IOT SF

Projet terminé en 2022

## Elaboration d'un guide de choix de solutions de réseaux SF



### THEME 4 :

Usine numérique centrée opérateur

### Chef de projet :

Arnaud Caracciolo

### Mots clés :

IOT, réseaux sans-fil, cybersécurité, interopérabilité, connectivité, géolocalisation

## Les enjeux

Comment faciliter et bien spécifier le déploiement de solutions IoT sans fil, en prenant en compte :

- Les aspects métiers (besoins/cas d'usage) et les contraintes transverses (management de la donnée, cybersécurité, interopérabilité, environnement type chantiers fixes/temporaires, problème de connectivité, ...),
- Les freins ou limites actuels des réseaux de communication, et nouvelles opportunités (5G, ...).

## Le contexte

La prolifération des produits IoT sans fil pour la collecte de données industrielles pose la question du choix optimal de la technologie en fonction des exigences d'énergie, de débit, de portée et d'interopérabilité, dans un contexte d'environnements industriels variés.

Comment adapter le choix d'une technologie sans fil IoT aux contraintes spécifiques de chaque environnement industriel, tout en garantissant pérennité et évolutivité ?

## Les innovations

Un guide d'aide au choix qui s'appuie sur une base de données décrivant les technologies sans fils avec une mise à l'échelle commune des critères. Il permet de comparer rapidement les technologies et de sélectionner la ou les plus adaptée(s) au besoin de l'utilisateur.

Un outil logiciel qui intègre également des méthodes statistiques d'aide à la décision multicritères de manière à prendre en compte les exigences de connectivité de différents groupes d'utilisateurs et de proposer des compromis. Cette méthode très utile dans les phases d'avant-projet permet de travailler en équipe projet avec les métiers, la DSI et le management.

## Les impacts

Les clients finaux disposent d'un outil pour faciliter les échanges entre les équipes métiers et informatique, cibler rapidement des technologies SF pertinentes et sécuriser un investissement en phase avant-projet. Par la suite, l'outil peut être enrichi avec des REX terrain afin de le rendre plus robuste et de capitaliser l'expérience acquise dans l'architecture de réseaux SF.

Pour les fournisseurs de technologie, l'outil peut être utilisé pour conseiller un client dans le choix des technologies SF en tenant compte de l'usage et de l'environnement. Pour les laboratoires, le guide permet de tester et de comparer de nouvelles technologies SF déployées sur des cas d'usage et d'enrichir la base de données de l'outil.

## Projet en lien

ASSET TRACKING

CYBOC

# POSTFUTUR

Projet terminé en 2022

## Mettre l'opérateur et la continuité numérique au centre de l'usine 4.0



**THEME 4 :**  
Usine numérique centrée opérateur

**Chef de projet :**  
Elodie Dequaire

**Mots clés :**  
Usine 4.0, Poste de travail, Interopérabilité, Réalité augmentée, Continuité numérique, Méthodologie, MES

### Les enjeux

POSTFUTUR vise à concevoir des postes de travail industriels de nouvelle génération, alliant performance, agilité, ergonomie, qualité et attractivité. Le défi est d'intégrer des technologies émergentes (RA, RV, IHM, etc.) dans l'environnement de travail réel tout en assurant une bonne acceptabilité pour les opérateurs et une interopérabilité fluide avec les systèmes d'information (notamment le MES).

### Le contexte

Malgré la disponibilité de nombreuses technologies innovantes, leur intégration cohérente et efficace reste un frein. Les entreprises ont des niveaux de maturité variables, et les besoins diffèrent selon les contextes industriels. POSTFUTUR répond à ce besoin d'accompagnement en proposant une méthodologie d'aide à l'intégration technologique, basée sur l'analyse des usages, des contraintes et des solutions disponibles.

### Les innovations

Le projet ne développe pas de technologie en tant que telle, mais propose une démarche méthodologique innovante : cartographie des besoins et contraintes des postes de travail, identification des verrous d'intégration, état de l'art des solutions et standards, et élaboration d'un guide de déploiement pour les postes de travail 4.0.

### Les impacts

POSTFUTUR fournit un cadre d'analyse clair et applicable aux industriels pour faire évoluer leurs postes de travail vers des modèles 4.0. Il favorise une meilleure adoption des technologies innovantes, améliore la communication entre systèmes et opérateurs, et propose des recommandations concrètes pour surmonter les freins à l'intégration.

### Projet en lien

IMPROVE  
CREAVID



# VOCALEASE

Projet terminé en 2023

## Interaction vocale et analyse automatique de texte



**THEME 4 :**  
Usine numérique centrée opérateur

**Chef de projet :**  
Sabrina Panëels

**Mots clés :**  
Etat de l'art, Analyse vocale, Retranscription vocale, Retranscription de rapport automatique, Analyse de formulaires, Interaction vocale

### Les enjeux

Dans le cadre de leurs tâches, les opérateurs sont amenés à commander des équipements à l'aide de la voix ou à dicter des rapports qui doivent être ensuite retranscrits. Les enjeux de ce projet étaient d'investiguer les méthodes d'interaction et retranscription vocale automatisées permettant de gagner du temps de saisie et pouvoir réaliser des opérations mains-libres afin d'améliorer les conditions de travail et l'efficacité de l'opérateur.

### Le contexte

Le cas d'usage commun à SAFRAN et Stellantis consistait à retranscrire des éléments dictés par les opérateurs dans des rapports en identifiant le champ du rapport dans lequel le texte doit figurer et en positionnant les retranscriptions automatiquement dans ce champ.

Le cas d'usage de Naval portait sur l'utilisation de commandes vocales pour piloter une application Hololens à bord de navires, et notamment pour affecter un statut à un équipement ; retranscrire un commentaire expliquant le statut et ensuite, utiliser la commande vocale pour des actions avec le casque.

### Les innovations

Le projet a mené un état de l'art sur les solutions existantes pour la retranscription vocale et l'analyse automatique de texte. Cet état de l'art a notamment révélé qu'il existait de multiples solutions pour la retranscription vocale, notamment

portées par de grands groupes industriels, mais en revanche qu'il existait peu de solutions disponibles pour l'analyse automatique de texte, notamment dans le domaine du manufacturing, mettant en avant l'innovation portée par la solution CEA DIVORA.

### Les impacts

Ce projet a permis de réaliser un benchmark des solutions existantes pour la retranscription vocale automatique et ainsi d'améliorer les connaissances sur les solutions commerciales et leurs performances ou applicabilité aux contraintes des utilisateurs finaux.

Le projet a également permis de mettre en évidence, notamment dans le cas du manufacturing, la nécessité de modèles entraînés sur le vocabulaire spécifique du domaine ainsi que les garanties d'avoir des solutions locales et sécurisées.

### Projet en lien

DIVORA

# RECARIA

Projet terminé en 2023

## Reconnaissance de caractères par Intelligence Artificielle



### THEME 4 :

Usine numérique centrée opérateur

### Chef de projet :

Nicolas Allezard

### Mots clés :

OCR, Intelligence Artificielle, Deep Learning, Reconnaissance de caractères, Traçabilité, Image synthétique

## Les enjeux

Le projet vise à développer un système OCR basé sur l'IA capable de lire des codes alphanumériques gravés ou imprimés sur des pièces industrielles, dans des conditions d'acquisition complexes (éclairage, surface, géométrie). Il doit remplacer la lecture manuelle des références par les opérateurs, en assurant traçabilité, fiabilité et gain de temps.

## Le contexte

Les outils OCR actuels sont peu adaptés à l'environnement industriel, en raison des conditions d'éclairage, des supports variés, et du manque de bases d'apprentissage adaptées. Le projet RECARIA propose des approches IA innovantes pour générer des modèles OCR performants à partir de peu de données annotées, grâce à l'apprentissage auto-supervisé, semi-supervisé et à la génération d'images synthétiques.

## Les innovations

Le projet introduit des méthodologies d'apprentissage automatique avancées (auto/sémi-supervisé, transfert de style, GAN) pour entraîner des modèles OCR robustes sur des données réelles ou synthétiques. Il propose également une intégration directe dans une application portable et modulaire (DIOTA4x) pour un usage sur le terrain.

## Les impacts

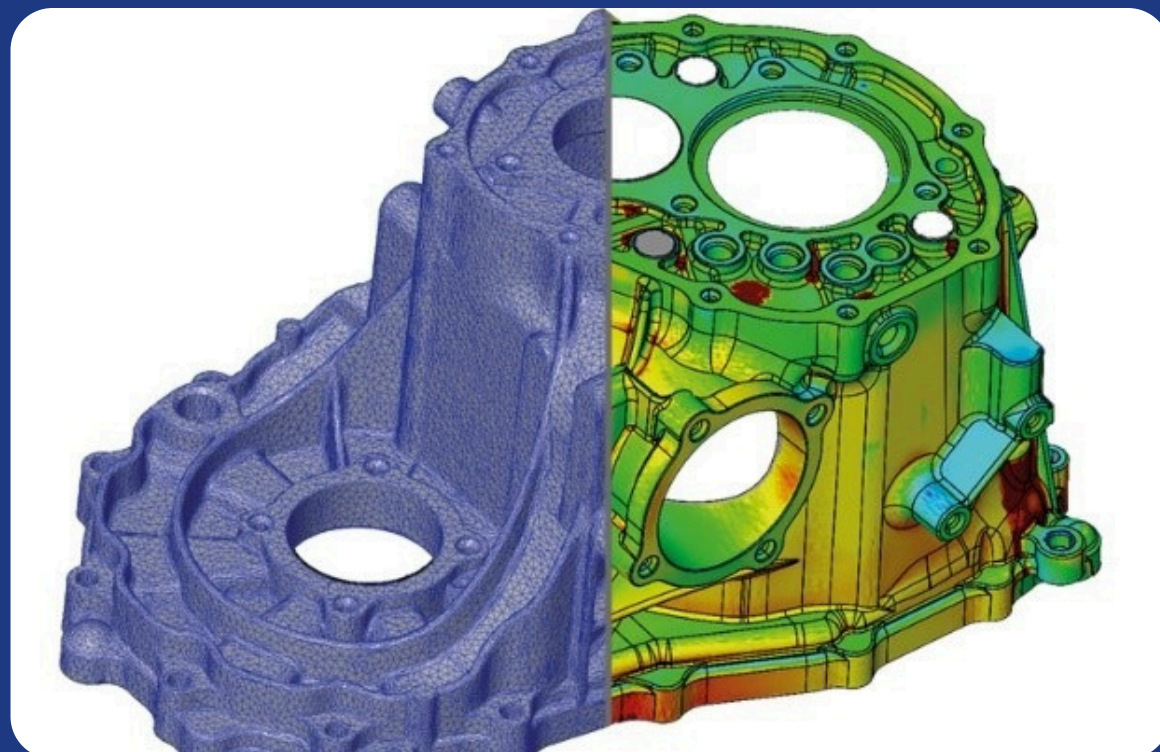
Le système OCR IA développé permet une lecture automatisée et fiable des références industrielles, réduisant les erreurs humaines et le temps de saisie. Il peut être intégré aux processus de production et de maintenance (ERP, MES), contribuant à une meilleure traçabilité et à l'optimisation des opérations dans des environnements complexes.



# TEKNUM

Projet terminé en 2024

## Techniques de numérisation en environnement industriel



### THEME 4 :

Usine numérique centrée opérateur

### Chef de projet :

Mehdi Boukallel

### Mots clés :

Techniques de numérisation 2D/3D, Manufacturing, Détection et mesure de défauts

## Les enjeux

Le projet TEKNUM vise à optimiser les technologies de numérisation industrielle 2D/3D pour améliorer la précision, la rapidité et les coûts de détection de défauts dans des environnements manufacturiers. L'enjeu principal est de fournir des solutions permettant une meilleure gestion et maintenance des équipements tout en garantissant une qualité élevée des produits.

## Le contexte

Le projet TEKNUM se situe dans le cadre de la transformation digitale des processus industriels, où la numérisation et les jumeaux numériques jouent un rôle clé dans l'optimisation des opérations. Les technologies de numérisation sont devenues essentielles pour gérer les défauts géométriques, dimensionnels et structurels dans des environnements complexes comme l'aéronautique et l'automobile.

## Les innovations

Le projet a apporté un éclairage sur les techniques avancées de reconstruction et de détection de défauts, couplant la numérisation à la détection automatisée. Il propose un panorama de solutions logicielles capables de générer des modèles 3D précis et d'intégrer ces données dans les flux de travail industriels existants pour améliorer les processus de contrôle qualité.

## Les impacts

Les impacts attendus du projet incluent une amélioration de la qualité des produits finaux, une réduction des coûts de production liés aux défauts, et une optimisation des processus industriels. Ces innovations faciliteront l'adoption de technologies de numérisation dans divers secteurs, améliorant l'efficacité et la fiabilité des opérations.

## Pour en savoir plus, lire l'article



# CREAVID 2

Projet terminé en 2024

## Numérisation et séquençage automatique pour la capitalisation des savoir-faire opérateurs



**THEME 4 :**  
Usine numérique centrée opérateur

**Chef de projet :**  
Vincent Weistroffer

### Mots clés :

Numérisation 3D, Séquençage vidéo, Formation, Photogrammétrie, Gaussian Splatting, IA, Capitalisation, Usine numérique

### Les enjeux

Le projet répond au besoin des industriels de capitaliser les savoir-faire des opérateurs et de digitaliser les connaissances métier. Il s'agit de créer des supports de formation complets et fiables à partir de captures sur site, tout en optimisant les processus de transmission des compétences. Ce projet contribue à réduire les temps de formation, à améliorer la qualité et à fiabiliser les procédures. L'enjeu principal est d'accompagner la transformation numérique tout en valorisant l'humain au centre du processus.

### Le contexte

Plusieurs cas d'usage ont été étudiés chez SLB, Safran, Stellantis et Naval Group, avec des environnements industriels variés : lignes automatisées, assemblage de moteurs, manipulation d'outils ou préparation de machines d'impression 3D. Ces cas pratiques ont permis d'illustrer la diversité des applications et la flexibilité des technologies mises en œuvre. La nécessité de disposer de supports de formation modernes et interactifs a émergé comme un besoin transversal. La diversité des partenaires a enrichi la démarche et permis d'adapter la solution à différents métiers.

### Les innovations

Le projet intègre des techniques avancées de photogrammétrie et de Gaussian Splatting pour la numérisation 3D. Un système innovant de séquençage automatique des vidéos a été développé et testé sur chaque cas d'usage. L'appli Hapster

a été mis en œuvre pour fournir des démonstrateurs concrets aux utilisateurs finaux. La combinaison de ces briques technologiques représente une avancée notable pour la digitalisation et la formation des opérateurs. Ces innovations offrent une solution souple, rapide et de haute qualité pour produire des contenus pédagogiques.

### Les impacts

Le projet permet de créer des supports de formation plus rapides à produire, plus qualitatifs et plus facilement diffusables, favorisant ainsi un transfert de compétences efficace. Pour Hapster, cela enrichit son offre applicative et ouvre de nouvelles perspectives commerciales. Pour les industriels, c'est un gain en temps et en coût, tout en assurant une meilleure montée en compétences des opérateurs. Enfin, ce projet contribue à ancrer l'importance de la continuité numérique et à renforcer la compétitivité des sites industriels.

### Pour en savoir plus, voir la vidéo







# FactoryLab

Retrouvez-nous sur :



➡ [factorylab.fr](https://factorylab.fr)

➡ [factorylab.fr](https://factorylab.fr)