

MAINTENANCE PRÉVISIONNELLE

Webinaire
23/02/2023



Quelques informations pratiques

- Merci de couper vos micros et caméras
- Une session de questions-réponses est prévue après chaque intervention. Pour participer :
 - Utilisez le chat écrit
 - Précisez dans le chat si vous souhaitez intervenir à l'oral
- Le replay et les présentations seront disponibles sur l'extranet ALLICE sous quelques jours.



Bon visionnage !

Sommaire

- **Restitution de l'étude ALLICE : État de l'art de la maintenance prévisionnelle**
- **Présentations**
 - Carl Software - Mise en place de capteurs et remontées d'informations dans le cloud
 - Clemessy – Analyse de données industrielles
 - Carl Software – Intégration totale avec une GMAO



Arnaud Gibert
CETIM



Youssef Miloudi
Carl Software



Jean-Louis Haller
Clemessy

Contexte et introduction de l'étude

Origine du besoin

- **Contexte**

- Le rapport d'état de l'art du Big Data déjà produits par ALLICE à mis en avant l'intérêt de la maintenance prévisionnelle comme levier de performance énergétique. Un éclairage sur les méthodes et point d'attention pour sa mise en œuvre est sollicité par les adhérents d'ALLICE.

- **Enjeux**

- Apporter des éléments factuels de bonnes pratiques de mise en place de la maintenance prévisionnelle et des bénéfices qui peuvent en être attendus et des acteurs du marché.
- Permettre aux adhérents d'ALLICE de tirer partie de la maintenance prévisionnelle

- **Objectif**

- Rédiger un état de l'art de la maintenance prévisionnelle

Origine du besoin industriel

Évolution du contexte de production



Années 80

1 opérateur
1 machine

Machines simples et peu fiables
Tous les premiers symptômes et signes avant-coureurs sont exploités



Années 2000

1 opérateur
2 ou 3 machines

Machines complexes et plus fiables
Possibilité d'exploitation des premiers symptômes et signes avant-coureurs



Futur proche

Cellules autonomes
Peu d'opérateurs

Machines très simples et fiables
Aucune possibilité de détection par l'homme des premiers symptômes et signes avant-coureurs

Méthode

- Analyse bibliographique
- Exploitation des accompagnements et études Cetim
- Avis d'experts
- Interview d'acteurs ayant abordés les sujets de la maintenance prévisionnelle dans leurs usages (industriels, exploitants, concepteurs)

Sommaire

- **1** **Introduction**
- **2** **Objectifs de la maintenance**
 - 2.1 Disponibilité des équipements
 - 2.2 Coûts de maintenance
 - 2.3 Pérennité des équipements
- **3** **Terminologies de la maintenance**
 - 3.1 Décomposition des temps de maintenance
 - 3.2 La maintenance corrective
 - 3.3 La maintenance améliorative
 - 3.4 La maintenance préventive
 - 3.5 Ce qu'est la maintenance prévisionnelle
- **4** **Mise en place de la maintenance prévisionnelle**
 - 4.1 Prérequis
 - 4.2 Démarche
 - 4.3 Déploiement d'une solution de surveillance
 - 4.4 Exemples d'application de la maintenance prévisionnelle
- **5** **Conclusion**

Objectifs et terminologies de la maintenance

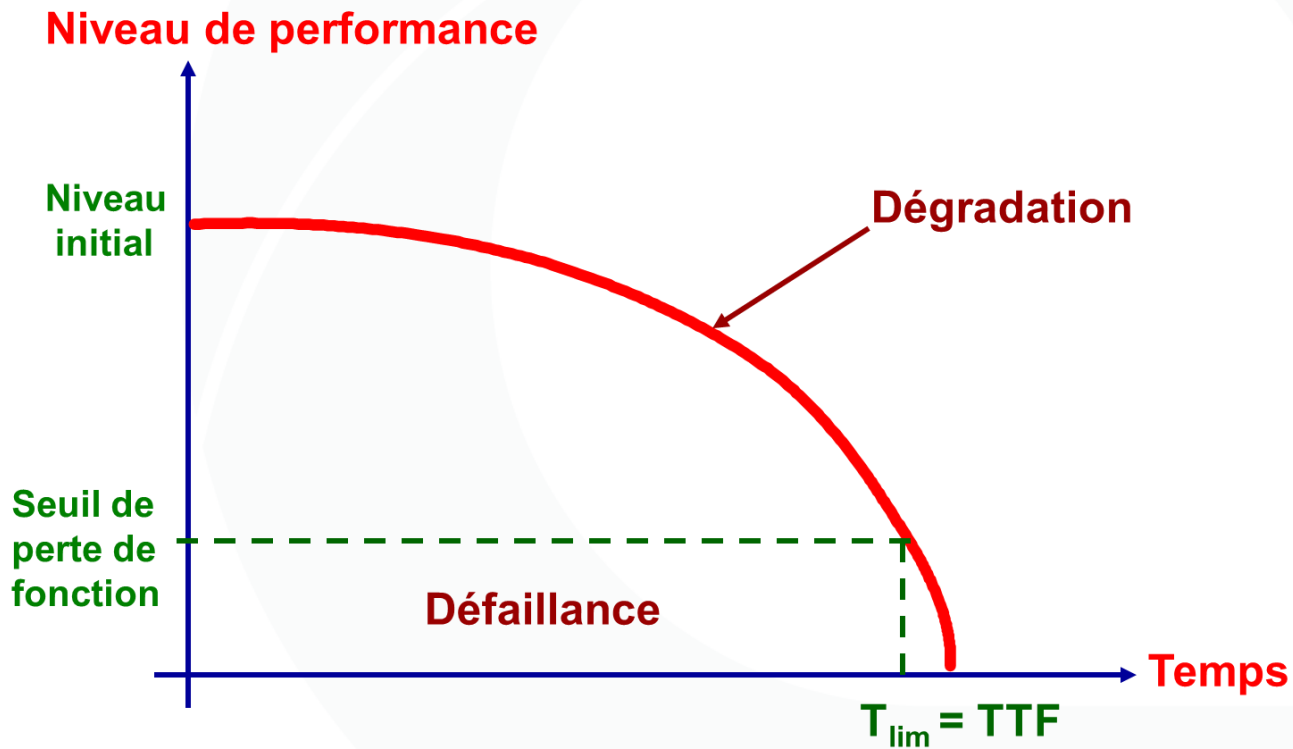
Objectifs de la maintenance

- **Disponibilité des équipements**
 - Fiable → ne pas tomber en panne
 - Maintenable → être rapidement remis en route
- **Maîtrise des coûts**
 - Directs → activités de maintenance
 - Indirects → pertes de production
- **Pérennité des équipements**
 - Stratégie équipement → avoir toujours des équipements dernière génération ou maintenir les équipements vieillissants
- **Sécurité**
 - Assurer la sécurité pour le personnel, les bâtiments et l'environnement

Terminologies

- **État** : manière d'être d'un bien ou d'une personne
- **Panne** : La panne est un état d'un bien, inapte à accomplir une fonction requise, excluant l'inaptitude due à la maintenance préventive ou à d'autres actions programmées ou à un manque de ressources.
 - Une panne résulte d'une défaillance
- **Dégradation** : changement néfaste de l'état physique, avec le temps, de l'utilisation ou en raison d'une cause externe.

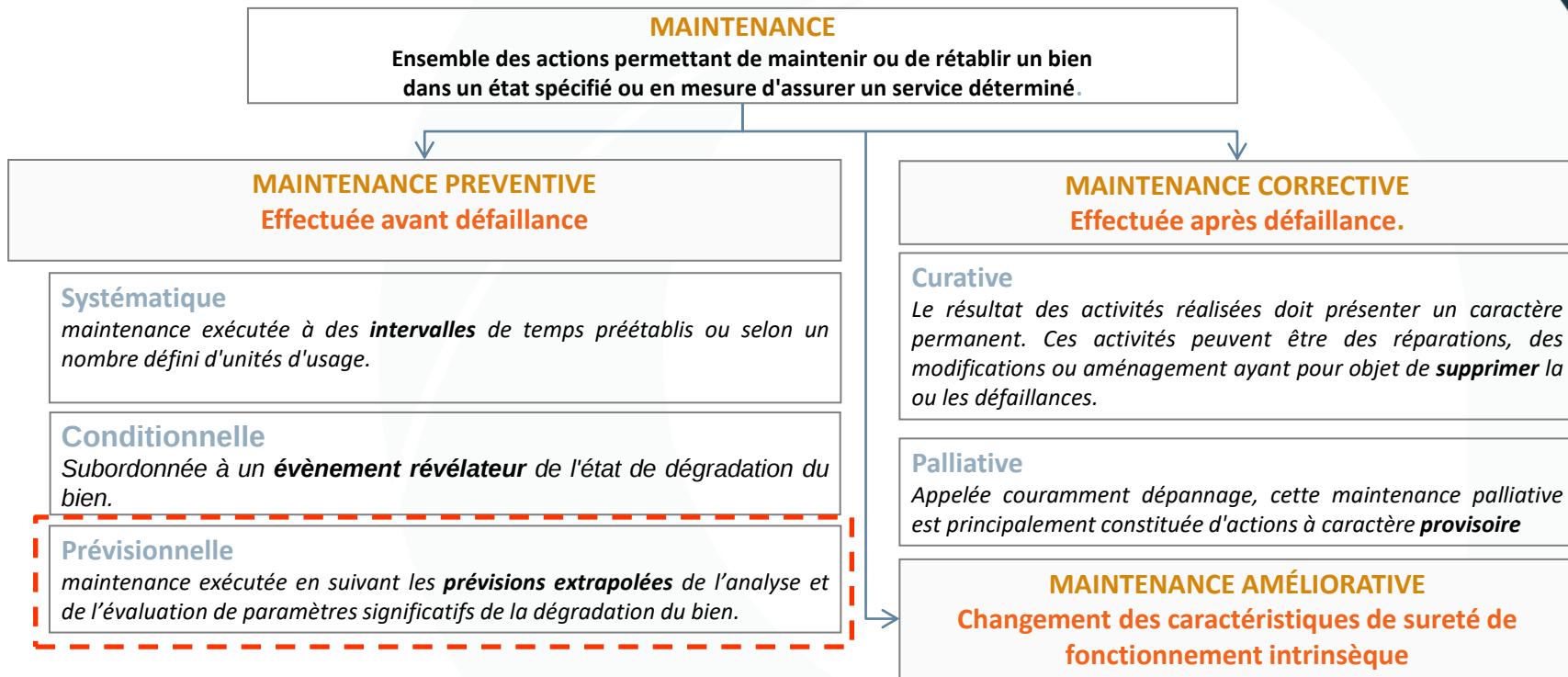
Terminologies



Terminologies

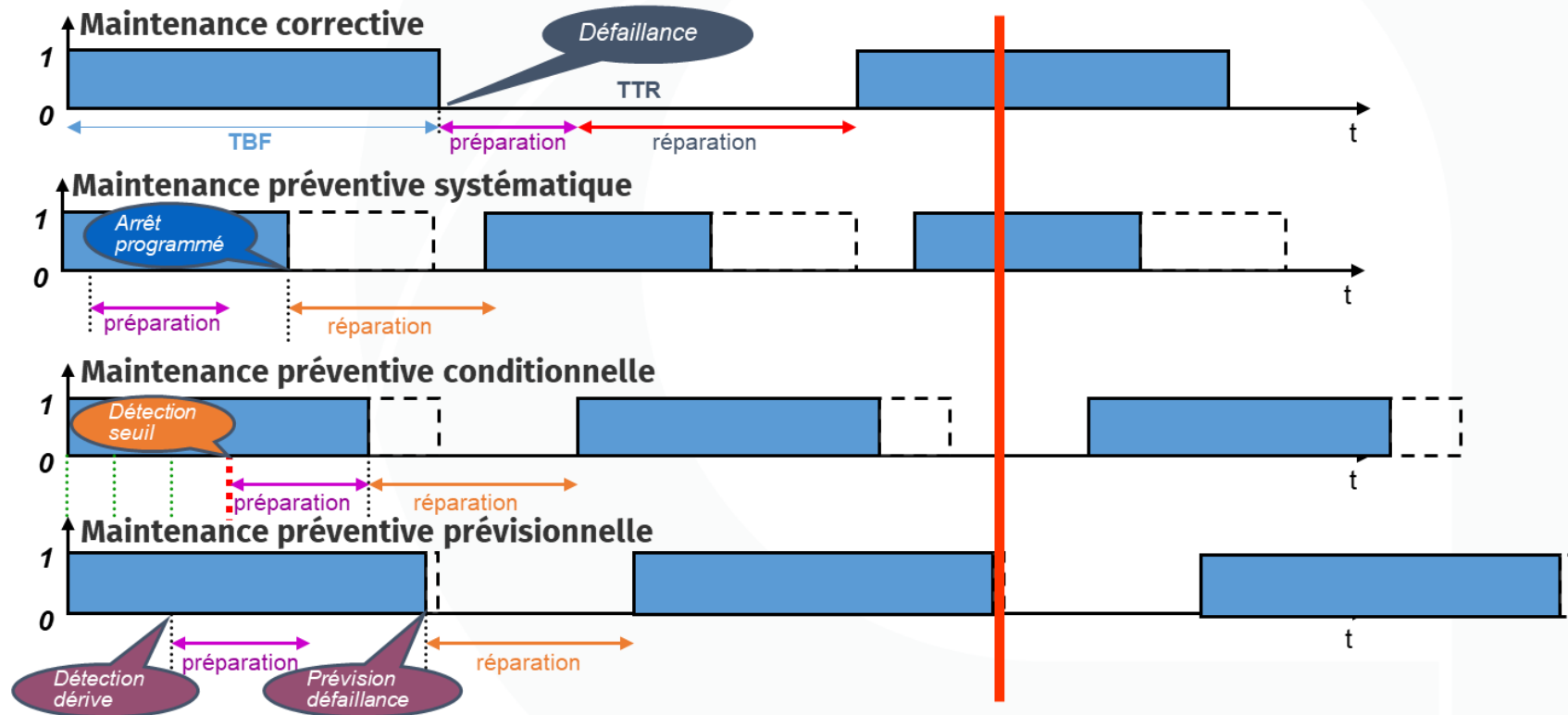
- **Défaillance : Perte de l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise. La défaillance peut être :**
 - **Niveau 1 : partielle**
 - S'il y a altération d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise,
 - **Niveau 2 : intermittente**
 - Si le bien retrouve son aptitude au bout d'un temps limité sans avoir subi d'action corrective externe
 - **Niveau 3 : complète**
 - S'il y a cessation d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise

Différents types de maintenance

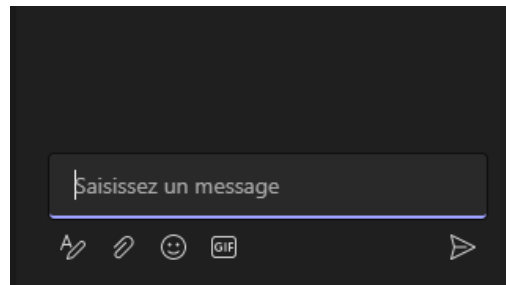
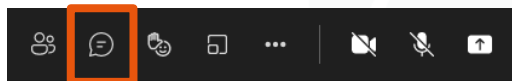


La maintenance prévisionnelle ne diffère de la maintenance conditionnelle que par l'idée **d'extrapolation de la tendance analysée**. Passant de l'état de constatation à l'état de prévision de la dégradation.

Impact des types de maintenance sur la disponibilité

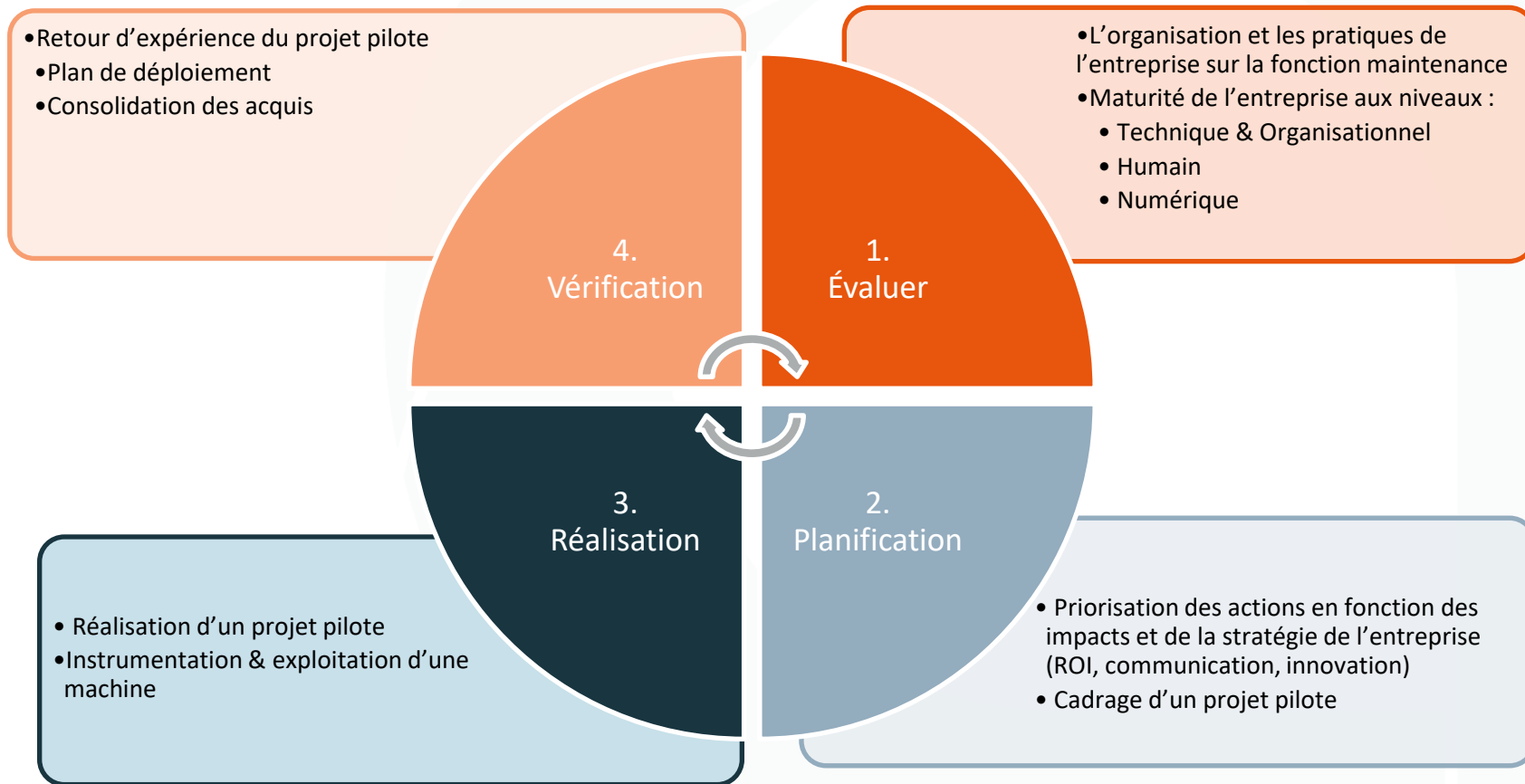


Posez vos questions !



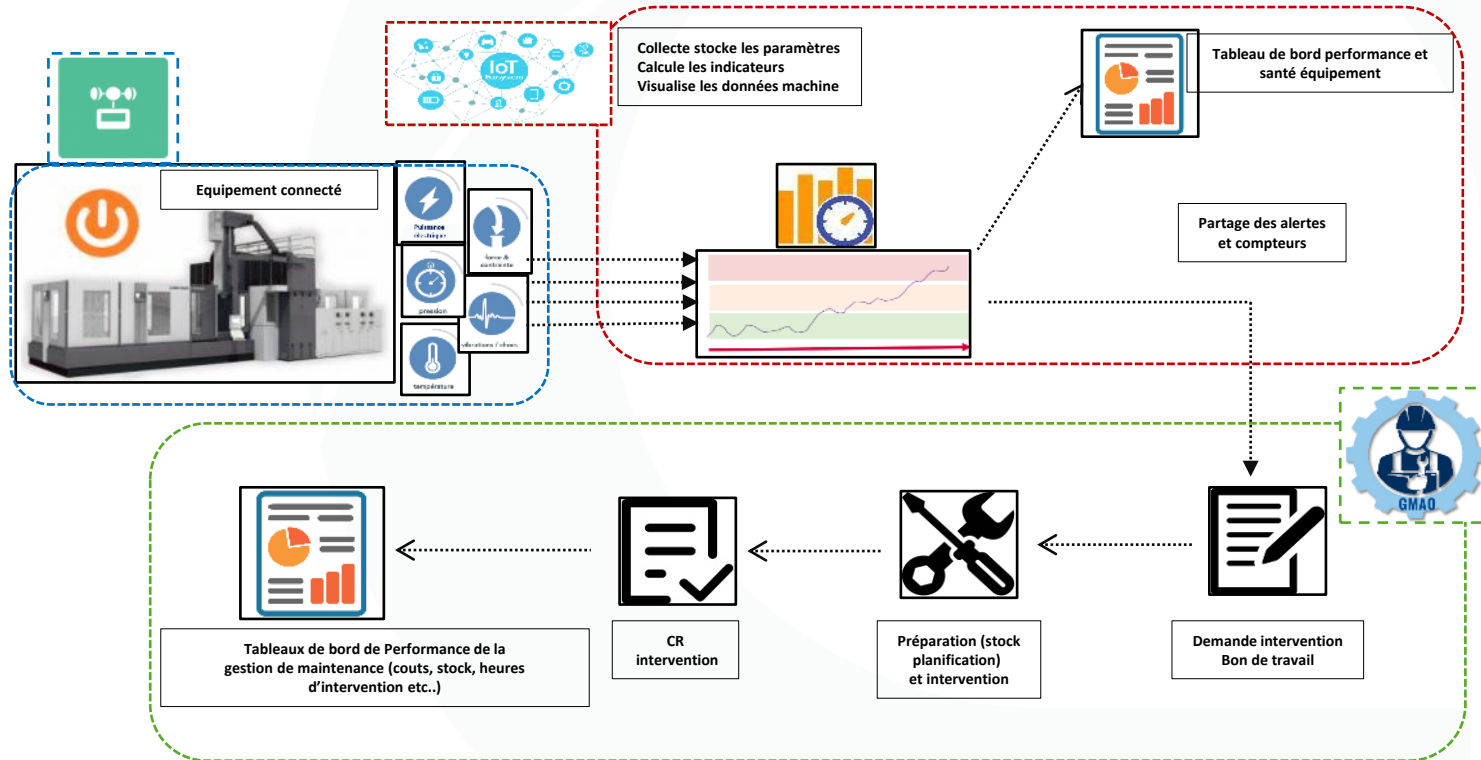
Démarche de définition des outils de surveillance

Une démarche globale au niveau de l'entreprise



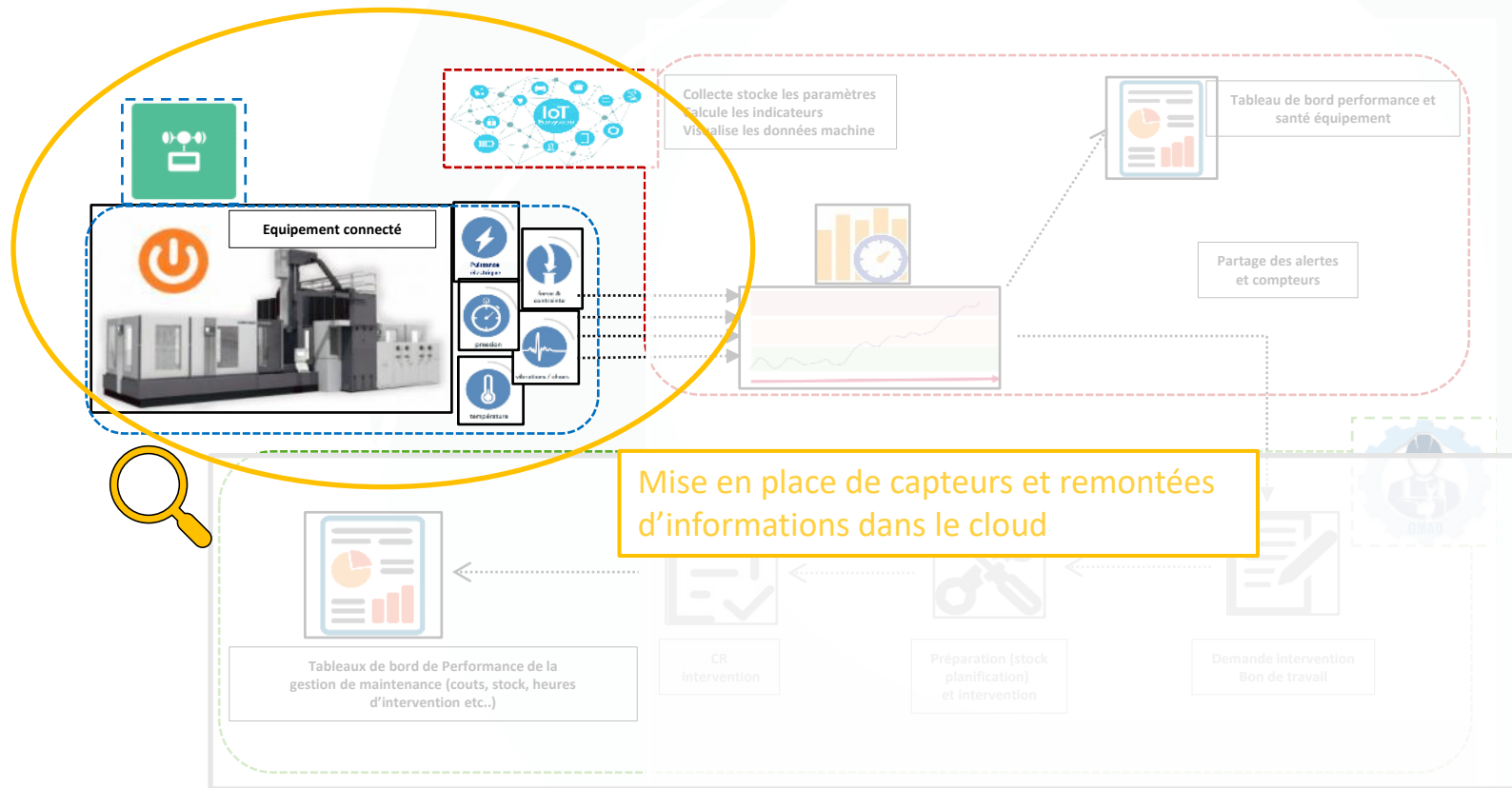
La maintenance prévisionnelle

Des systèmes d'analyse et de gestion



La maintenance prévisionnelle

Des systèmes d'analyse et de gestion



BL.Predict

Mise en place de capteurs
et remontées
d'informations dans le
cloud



Editeur GMAO / EAM

- Maintenance prévisionnelle (GMAO) et plateforme IoT
- Facility Management
- Asset management (EAM)

150

1900

Personnes dédiées à la GMAO/EAM

Les collaborateurs du Groupe
Berger-Levrault



175 M€ Turnover
25% invested in R&D
51 000 clients

Solutions métier

- CARL Source

GMAO/EAM modulaire et personnalisable

- CARL Touch

Solution mobile pour les techniciens

- CARL Flash

Solution mobile pour les demandeurs

35

+10 000

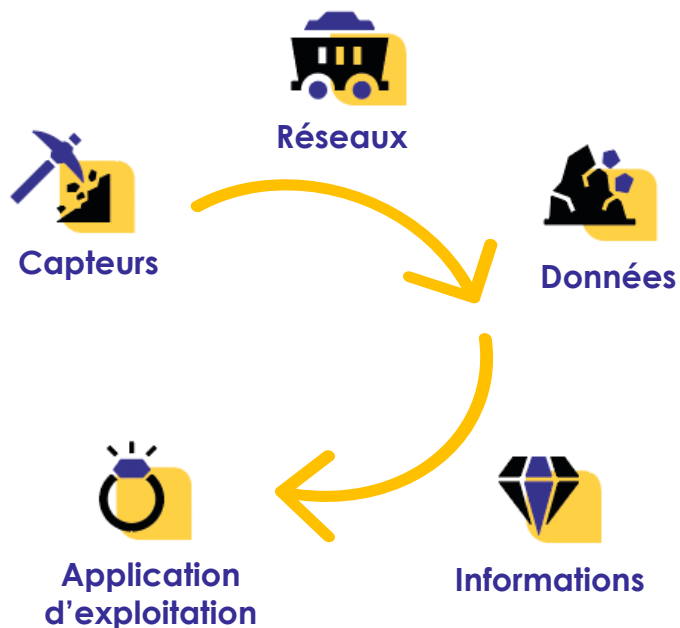
Années d'expérience

Utilisateurs dans le
monde

BL Predict

*Remontées de données du terrain vers le
cloud*

L'Internet des Objets (IoT)



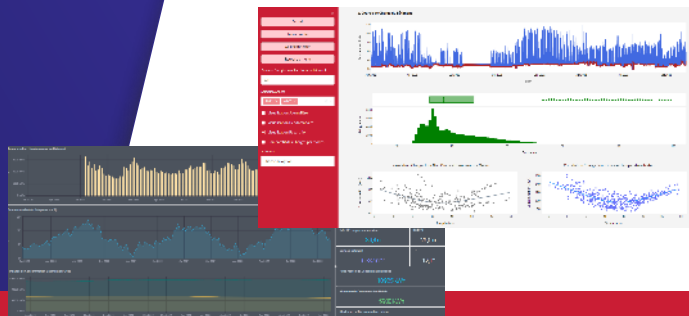
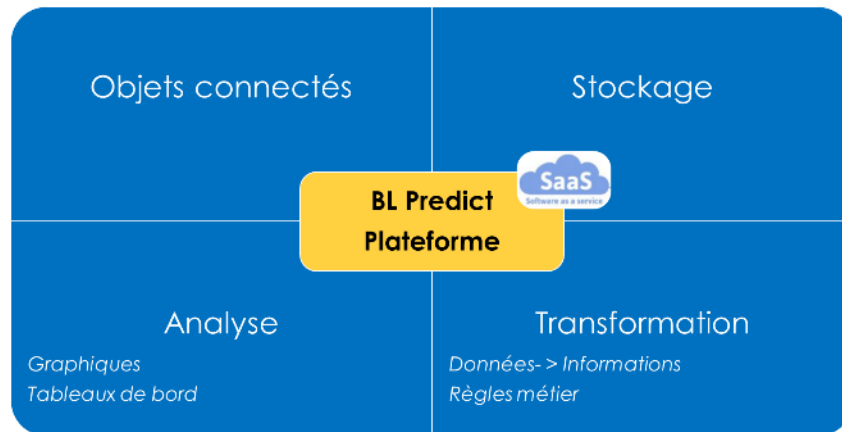
- **Interconnexion** entre Internet, des biens, des lieux, des humains
- Avec une forte capacité de transférer sur un **réseau sans fil** des données
- Vers un Système d'information **sans interaction humaine**

BL Predict

Plateforme
innovante 100%
Cloud

- **Installation** des objets connectés
par les partenaires
- **Connexion** et remontée des
données **automatisée**

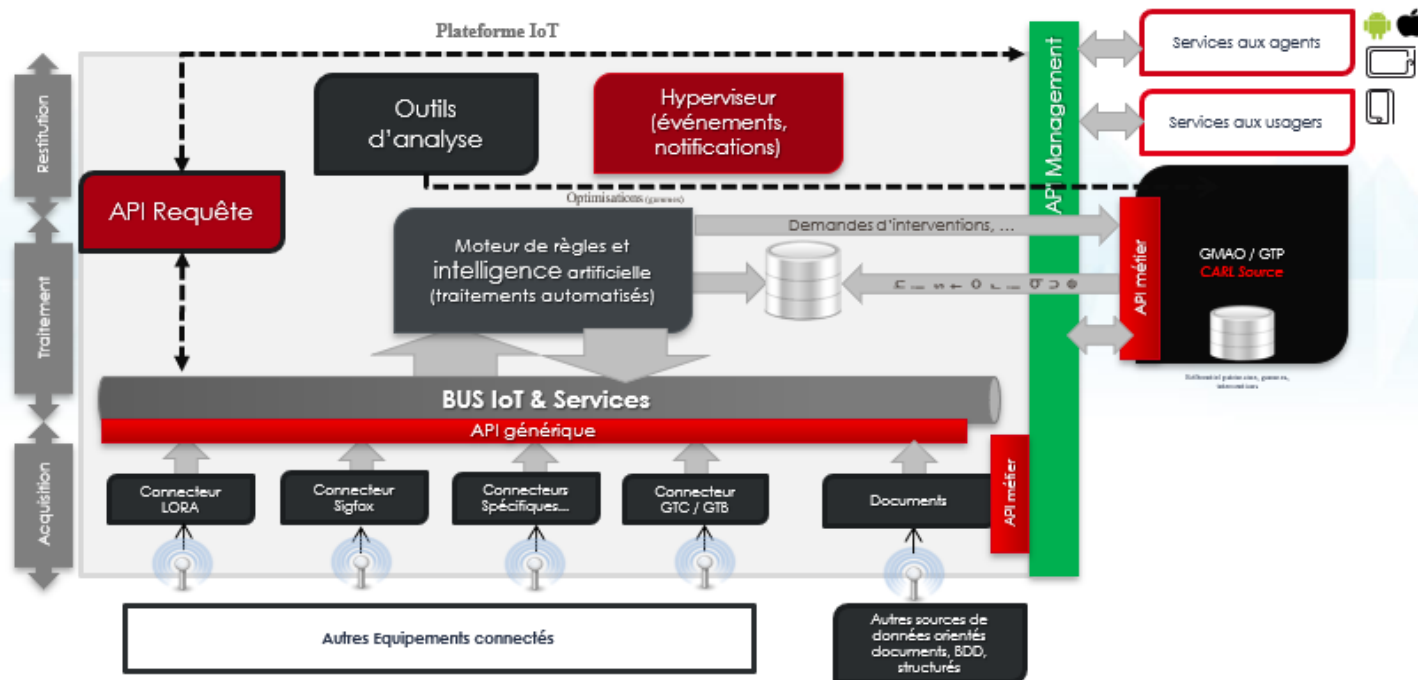
- Stockage **temps réel et sécurisée**
(+100 000 points data par minute)
- **Curation** des données à la volée



- Machine Learning, Transfert Learning, modélisation, Edge
- **Lien métier avec CARL Source**



Architecture fonctionnelle Du terrain vers le cloud

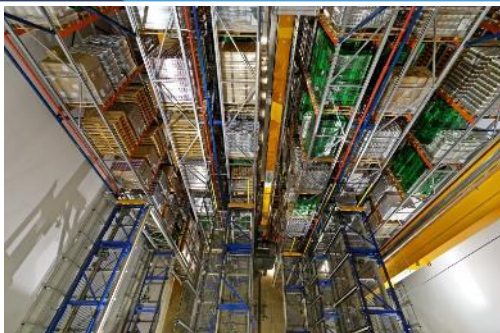




BAGGAGE HANDLING SOLUTIONS



INTRALOGISTICS SOLUTIONS



PARCEL SORTATION SOLUTIONS



800+
Collab.

150 M€ CA
1000+ projets clients
10 pays

60 ans
Expérience

Equipements considérés : Carrousel et Convoyeur



Convoyeurs

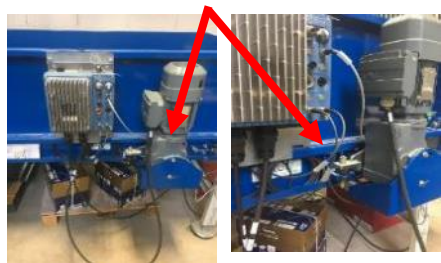
- Transport d'un bagage de A à > B
- Simple et robuste, faible coût unitaire, chaînes dupliquées
- Sensibilité multi composants : Courroie notamment, Tambours, Moteur, Ventilation, Huile
- Principaux problèmes : Ceinture (Tension, Usure et Centrage)
- Caractéristiques principales : Puissance, longueur/pente, type de courroie

Carrousels

- Accumulation de bagages avant manutention
- Coût unitaire plus élevé
- Plusieurs problèmes critiques (et très rares)
- Sensibilité mécanique supérieure : chaîne motrice, rouleaux
- Présence humaine

Collecte et traitement des données

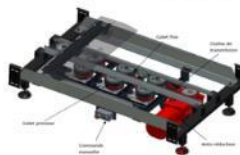
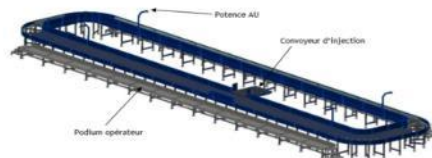
Intensité et températures



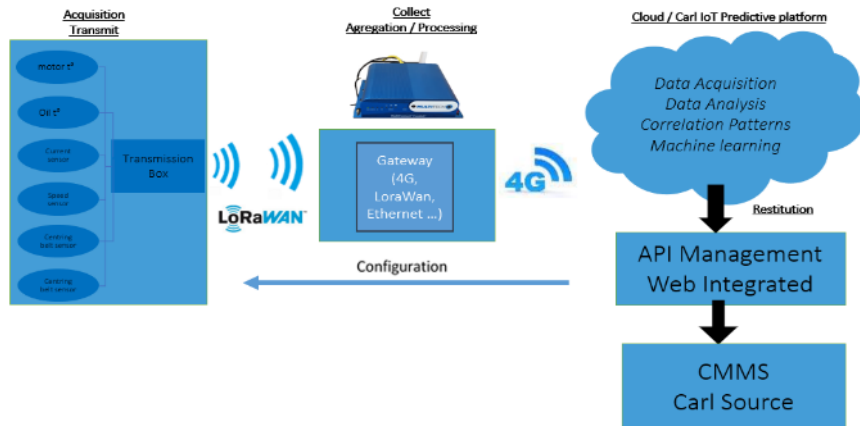
Vitesse



Centrage de bande



Carrousels : vibrations châssis - galet - moteur

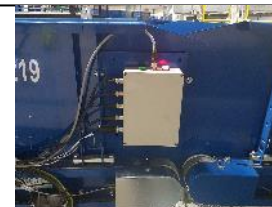


Fréquences :

- Vitesse, Intensité, Cellule Bagage : 1s
- Températures, centrage : 1m
- Vibration : 2500 Hz

Data Collection :

- Boîtier connecté (3ZA) à des capteurs (PT100 – 4/20 mA – 0/10V)
- LORA à la passerelle -> 4G à BL.Predict
-



Un marché technologique en pleine expansion:

« Vos choix d'aujourd'hui ne seront peut-être pas ceux de demain! »

Ne pas négliger l'ensemble de la chaîne

« La Valeur ajoutée d'un système IOT/IA dépend aussi de la fiabilité des données que l'on remonte, une plateforme IA n'apprend rien de bon sans bonnes mesures! »

MERCI !

A vos questions...

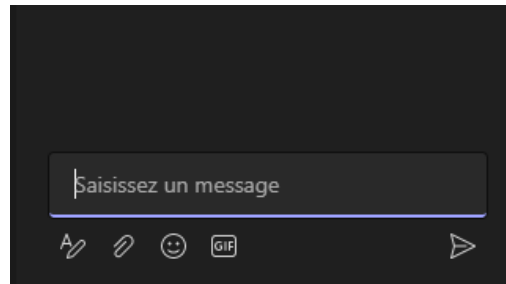
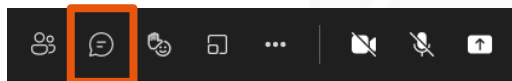


berger-levrault.com

carl-software.fr

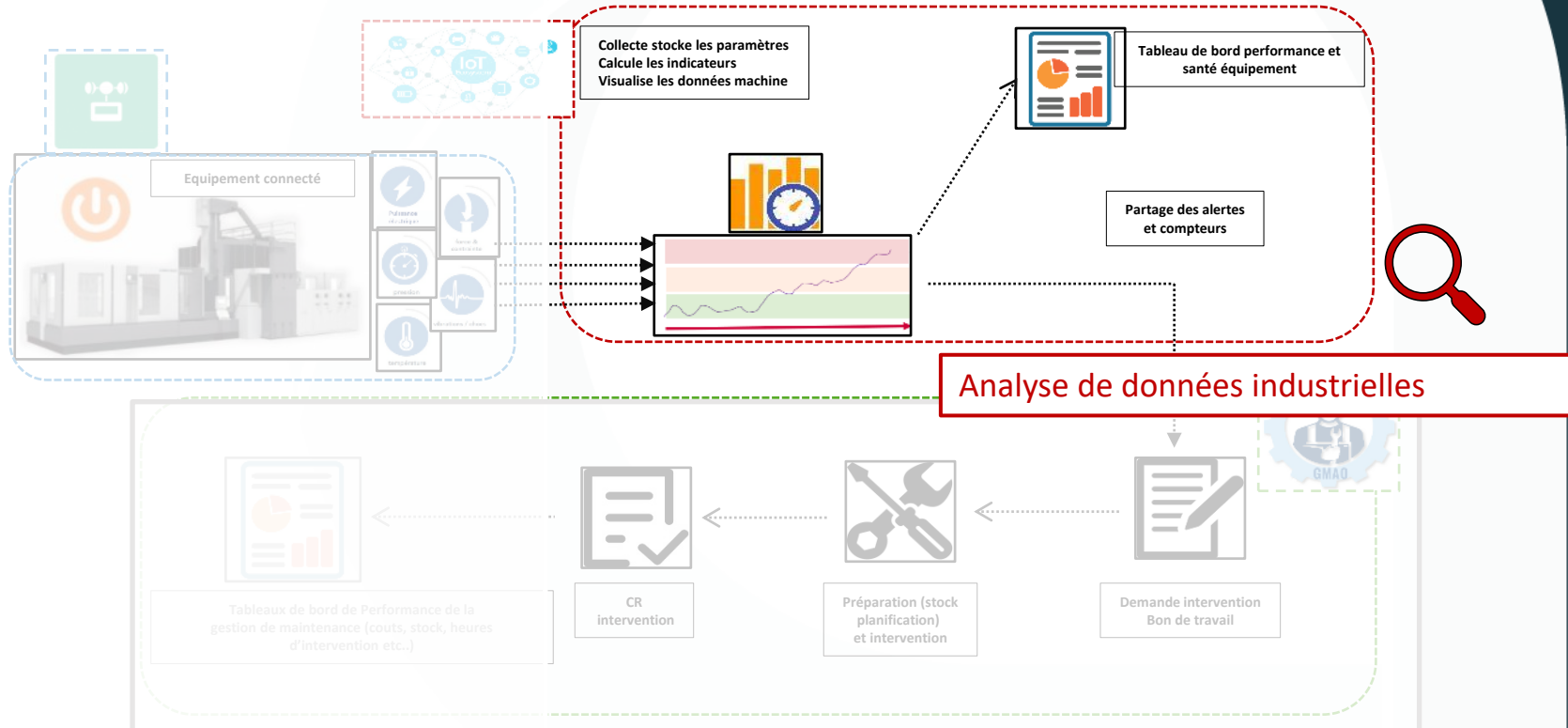


Posez vos questions !



La maintenance prévisionnelle

Des systèmes d'analyse et de gestion



Data Science & Intelligence Artificielle

Analyse de données industrielles

Maintenance prévisionnelle, Optimisations, Diagnostics



Présentateur



Jean-Louis HALLER

Chargé développement activité IA & Data Science
Direction Industrielle - L@b « Intelligence Artificielle »
EES - CLEMESSY

Eiffage Construction
Eiffage Immobilier
Eiffage Aménagement



Construction

11 140

collaborateurs

4,0 Mds €

de chiffre d'affaires

Eiffage Génie civil
Eiffage Route
Eiffage Métal



Infrastructures

26 000

collaborateurs

5,5 Mds €

de chiffre d'affaires

Eiffage Énergie Systèmes



Énergie Systèmes

27 770

collaborateurs

4,2 Mds €

de chiffre d'affaires

Eiffage Concessions
Concessions autoroutières
en France



Concessions

4 260

collaborateurs

2,9 Mds €

de chiffre d'affaires

Environnements Clients

Production
Maintenance
Exploitation
Utilités
Intégration
...



Aéronautique



Automobile



Boisson -
embouteillage



Défense



Environnement



Gaz



Production
hydroélectrique



Industrie
du lait



Maraîchage -
horticulture



Métallurgie
Sidérurgie



Nucléaire



Pétrochimie
chimie



Réseaux d'eau



Transport et distribution
d'électricité



Pharmacie
cosmétique



Production
d'énergie



Production
photovoltaïque



Recherche
nucléaire



Spatial



Transformation
matières végétales



Opérateurs de
réseaux télécom



Réseaux de
chaleur ou de froid



Hébergement de
données



Infrastructures de
transport aérien



Infrastructures de
transport ferroviaire



Infrastructures de
transport maritime



Infrastructures de
transport routier

L@b Intelligence Artificielle d'EES-CLEMESSY

■ Objectif = Data science & IA en milieu industriel, au sens large

■ Fourniture de prestations Data & IA

- Analyse de données via des méthodes statistiques
- Création de modèles IA
- Contextualisation des données (jumeaux numériques)
- Formation IA pour Citizen Data Scientist

■ Développement d'une solution d'acquisition et de traitement de gros volume de données (Big Data) + Intégration de solutions du marché

Composition de **SmartForest**



Plate-forme d'acquisition et
d'agrégation de données
(Big Data, time series)

+



Services de
Data science
(Exploration des données)

+



Logiciel de visualisation,
d'analyse prédictive et
prescriptive & Moteur IA
(Alertes et prescriptions)

SmartForest utilise la data science, l'intelligence artificielle, pour une meilleure exploitation des données qu'avec les systèmes traditionnels

L@b Intelligence Artificielle EES-CLEMESSY

« Exemples de mise en œuvre »



Prévision du vieillissement surpresseurs

Maintenance site aérospatial

Le besoin

Améliorer la maintenance des surpresseurs alimentant en azote haute pression les équipements d'un atelier aérospatial :

- Déterminer le degré de vieillissement **réel** de chaque surpresseur
- Détecter des comportements anormaux des surpresseurs (e.g. dysfonctionnement chambre de compression, dysfonctionnement distributeur de pilotage)



Collecte de données multi-sources de **4** surpresseurs

Les prestations

- Instrumentation des surpresseurs
- Mise en place de la plateforme de collecte de données et de Data Science (SmartForest)
- Acquisition des données (4 campagnes de mesures): vibration, température, pression amont/aval
- Analyse des données avec les différentes combinaisons des quatre surpresseurs afin de développer un modèle de maintenance prédictive.
- Utilisation de la méthodologie CRISP-DM
- **Maintenance prévisionnelle : Etude du vieillissement et création d'un modèle de surveillance automatique (détection et classification des dysfonctionnements).**

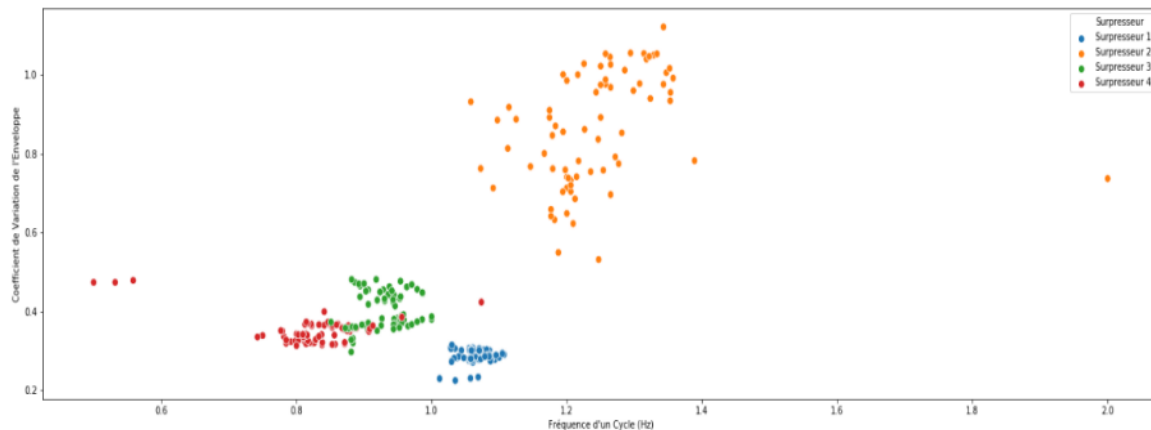
Les résultats

- Une étude de faisabilité pour l'estimation du RUL ("remaining useful life"), via l'IA, grâce à l'analyse des données d'un seul capteur.
- Méthodologie pour le passage de la maintenance périodique à la maintenance prévisionnelle.



L'interface d'analyse - Exemple

- Instrumentation (DYNAE) de quatre surpresseurs qui sont à des moments différents de leur cycle de vie (on considère que « l'âge » du surpresseur est la date de la dernière date de révision)
- Profil de chaque surpresseur
- Extraction de 2 descripteurs avec une réelle signification métier : diagnostic & prédictif



Les technologies/frameworks

- Python (scipy, scikit-learn, numpy, pandas, matplotlib, seaborn)
- Nifi, Kafka, Zookeeper
- Docker, InfluxDB, Grafana

Détection et classification de défauts sur des roulements

Banc à Roulements

Le besoin

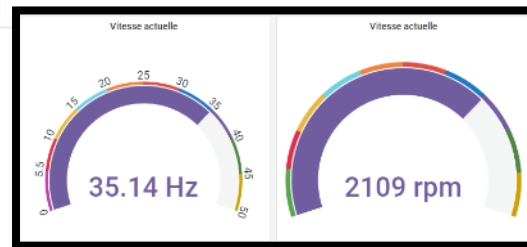
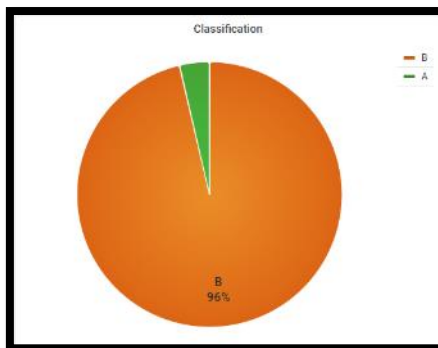
- Détecter automatiquement la présence d'un défaut sur un roulement à billes
- Déterminer le type de défaut (bague interne, externe, élément roulant ou mix, etc...)
- Exploiter l'IA pour automatiser l'expertise habituellement réalisée par un expert de l'analyse vibratoire

Les prestations

- Instrumentation du banc à roulement
- Mise en place de la plateforme de Data Science (SmartForest)
- Création d'un modèle IA (Random Forest) permettant de classifier automatiquement les défauts, à partir d'une analyse spectrale (transformée de Fourier)

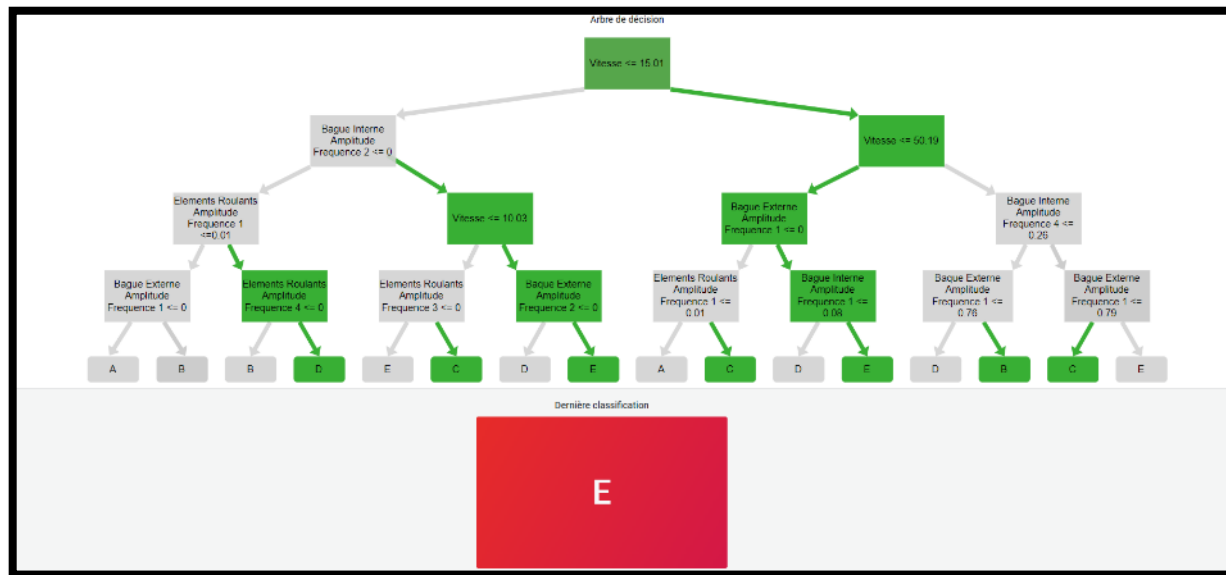
Les résultats

Classification fiable (~ 98% de précision)



L'interface d'analyse - Exemple

- L'arbre de décision permet d'illustrer le fonctionnement du modèle de forêt aléatoire (Random Forest) que l'on utilise. La forêt se compose de 30 arbres du même type.
- Chaque nœud représente une équation qui permet de différencier les classes de défauts entre elles. Nos données sont composées de 4 Amplitude Fréquence par élément du roulement :
 - Bague Interne
 - Bague Externe
 - Élément Roulant
- Ces 4 Amplitudes correspondent à la fréquence fondamentale de chaque élément et ses harmoniques.
- Le choix des harmoniques à surveiller est un choix de l'expert métier (EES-Dynae)
- Le nombre d'arbres et leur profondeur est un choix fait par le Data Scientist pour obtenir la bonne classification



Les technologies/frameworks

- Python (scipy, scikit-learn, numpy, pandas, matplotlib, seaborn)
- Nifi, Kafka, Zookeeper
- Docker, InfluxDB, Grafana

Diagnostic avancé d'une perte de rendement d'une centrifugeuse

Industrie Pharmaceutique

La problématique rencontrée

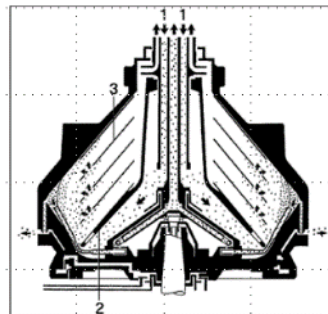
Le **Client**, spécialiste dans la production de médicaments plasmatiques, rencontre une forte **perte de rendement** sur une étape de **centrifugation**, qui persiste malgré plusieurs opérations de maintenance en engendrant une perte économique de plusieurs centaines de KE par an.

Les objectifs

Collecter des données du process, et de la centrifugeuse

Contextualiser les données par rapport au fonctionnement de la centrifugeuse

Analyser les données pour **expliquer** la perte de rendement et proposer des pistes de **corrections du problème**



Notre prestation

- **Instrumentation** de la centrifugeuse (4 accéléro.)
- **Intégration** des données process (issues du SI client) + des capteurs dans une base de données
- **Identification** des **lots de produits** et caractérisation par divers indicateurs
- **Analyse** statistique des **indicateurs** des lots
- **Tableaux de bords dynamiques** de visualisation des données et des résultats d'analyse
- **Interprétation** des résultats et proposition d'**hypothèses** expliquant la problématique
- **Livraison** d'un rapport avec une proposition de perspectives

Les résultats

Contextualisation très **précise** du fonctionnement de la centrifugeuse

Confirmation / Infirmer de plusieurs hypothèses émises par le mainteneur

Proposition de plusieurs **pistes de fort intérêt** pour poursuivre l'investigation



L'IA et la décarbonation de l'industrie

Hackathon CO2 Industry

Le besoin

Renault Group, en partenariat avec Google, a organisé ce Hackathon pour trouver des solutions innovantes de réduction des émissions de CO2 dans l'industrie.

Les objectifs

- Optimiser la consommation d'équipements énergivores en choisissant le moment optimal de démarrage : pour qu'ils ne soient prêts ni trop tôt, ni trop tard, et réduire le temps inutilement passé « en veille ».
- Réduire les émissions de CO2 & les coûts énergétiques

Les prestations

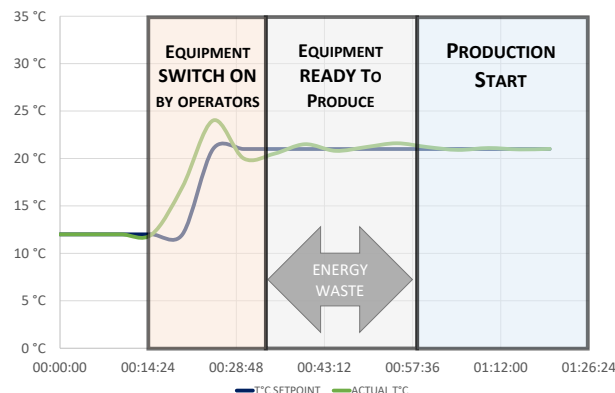
- Analyse des données
- Modélisation de la courbe de chauffe des équipements énergivores grâce à l'IA
- Création d'une application mobile préconisant le moment optimal de démarrage des équipements

Les résultats

- 1^{er} prix du Hackathon !
- Gains potentiels de 2,5 GWh/an, 200k€/an et 500 TCO2/an
- 12/22 : Déploiement sur un site pilote

Les technologies/frameworks

- Google Cloud Platform avec BigTable et Python



Data Science & Intelligence Artificielle

Analyse de données industrielles

Maintenance prévisionnelle, Optimisations, Diagnostics

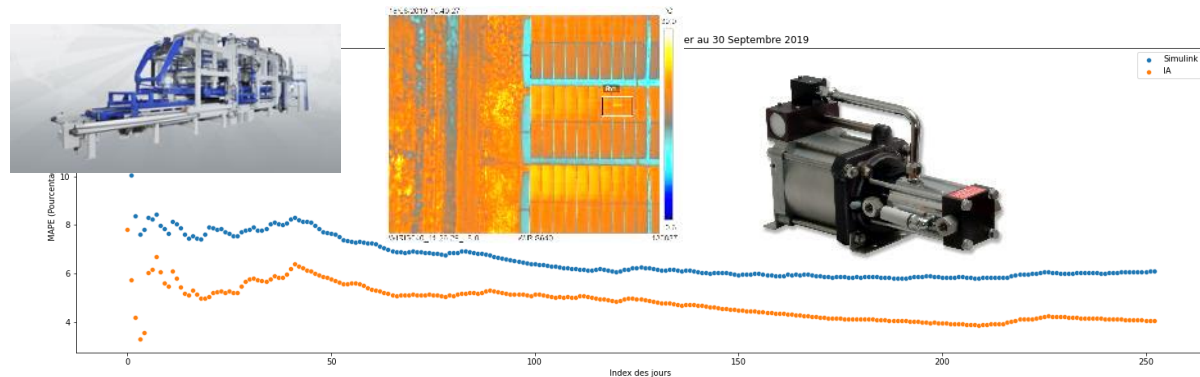
Questions ?

Data Science & Intelligence Artificielle

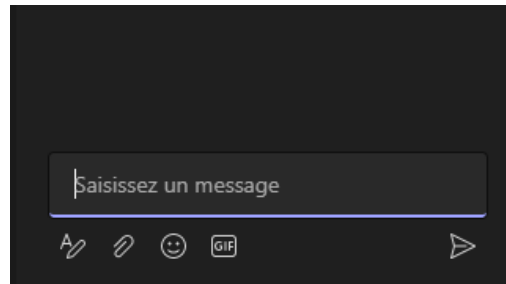
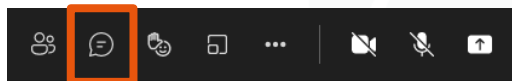
La puissance de l'IA et de nos **expertises** industrielles appliquées aux cas d'usages de nos clients : Industries, Infrastructures de transport, Energies, ...

Analyse de données via méthodes statistiques, création de modèles IA

Solution d'acquisition et de traitement de données / Plateforme Data Science

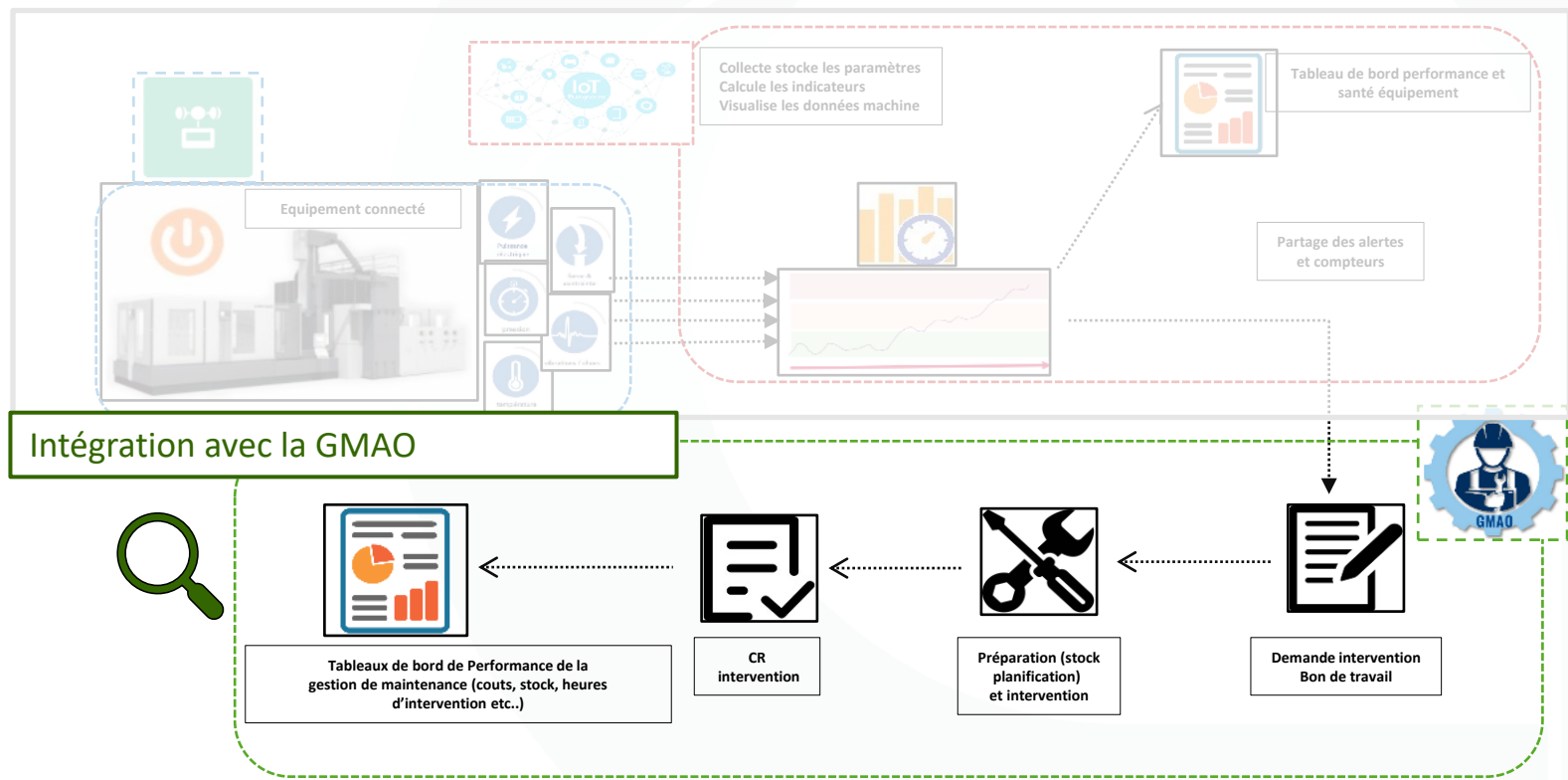


Posez vos questions !



La maintenance prévisionnelle

Des systèmes d'analyse et de gestion



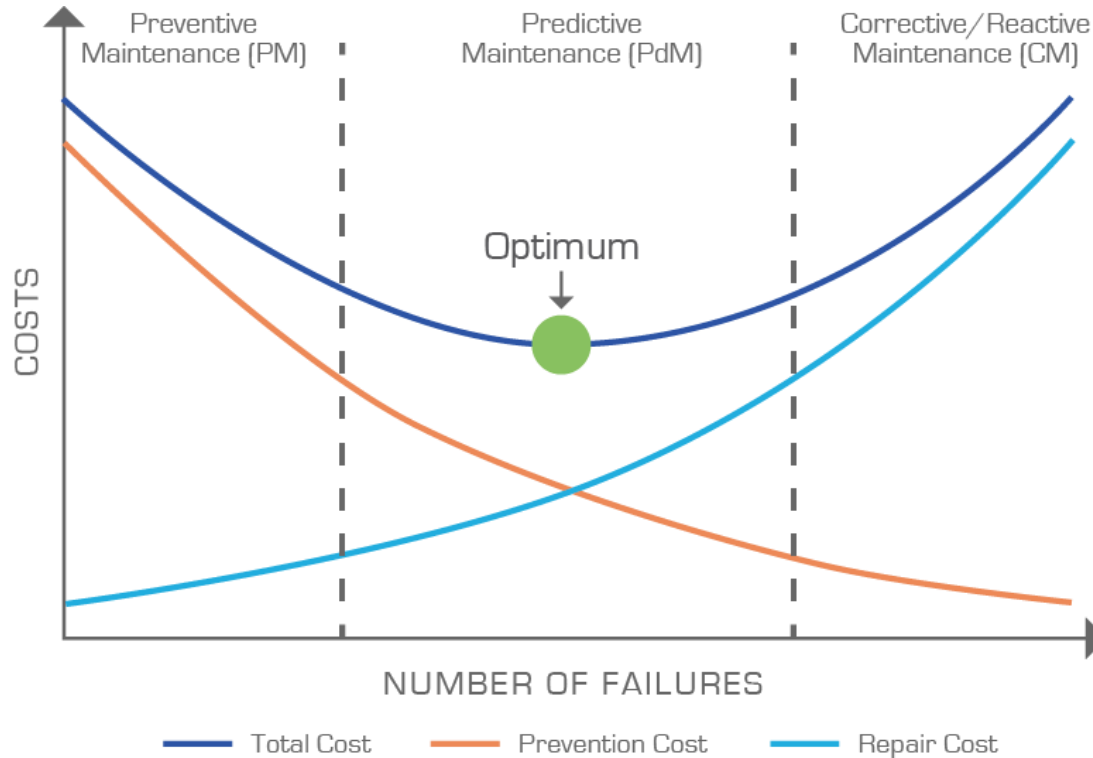
BL.Predict

Intégration totale avec la
GMAO

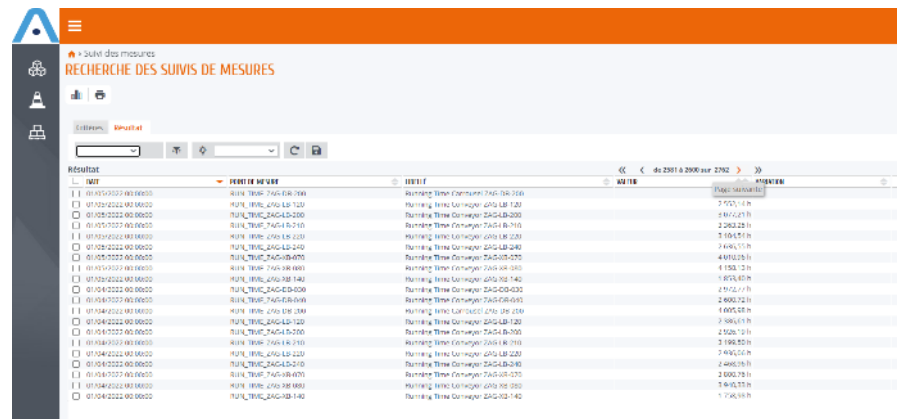
« Maintenance connectée »



Trouver l'optimum de la stratégie maintenance

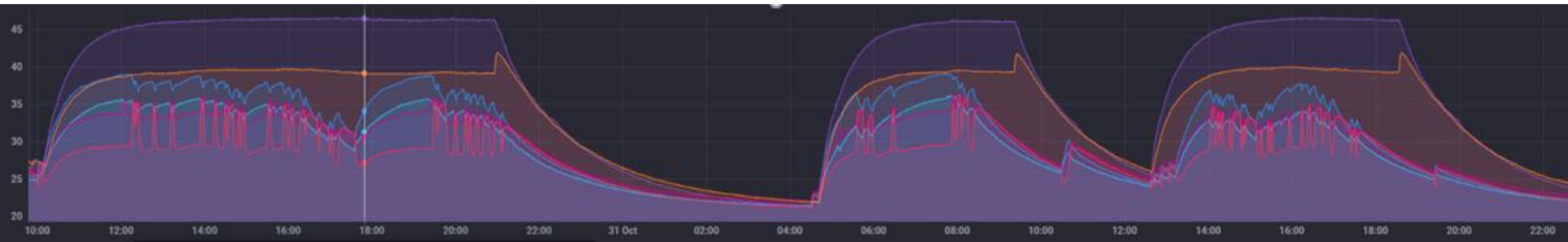


- **Modes de fonctionnement** : Durée de fonctionnement, nombre d'épisodes (début), mode (charge, estimation des bagages)
- **Comportement normal** : Courbes de températures, profil d'intensité (carrousel signature), niveaux d'intensité / intensité Std – vitesse
- **Consommation d'énergie** : Ratios – Comparaison (automatisation)



Intégration GMAO – alertes automatisées

3 profils de températures (huile + moteur) # sur la même ligne



ALSTEF GROUP

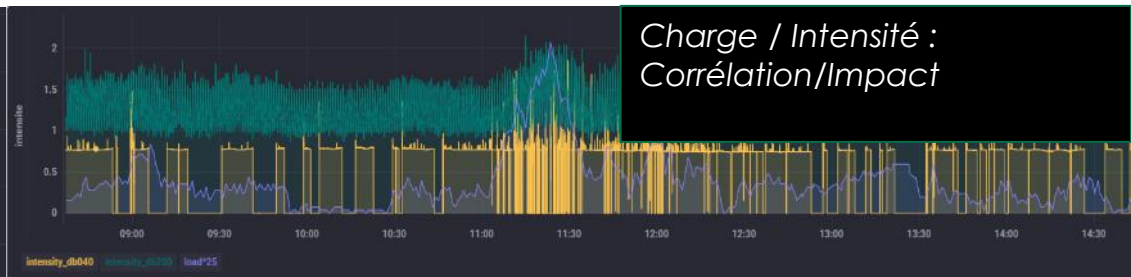
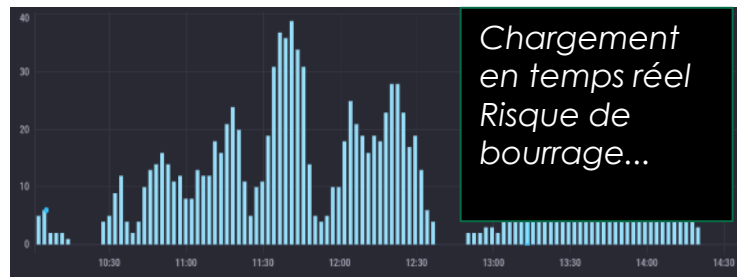
DEMANDES D'INTERVENTIONS

Rechercher

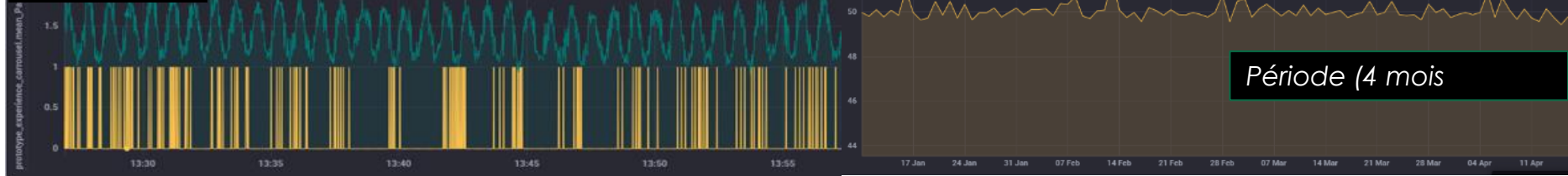
Tableau à 10 colonnes

N°	Objet	Statut	Créé le	Mis à jour	Créé par	Mis à jour par
10000001	Chaudière à huile G300	En cours	2023-10-31 10:00	2023-10-31 10:00	ALSTEF	ALSTEF
10000002	Chaudière à huile G300	En cours	2023-10-31 10:00	2023-10-31 10:00	ALSTEF	ALSTEF
10000003	Chaudière à huile G300	En cours	2023-10-31 10:00	2023-10-31 10:00	ALSTEF	ALSTEF
10000004	Chaudière à huile G300	En cours	2023-10-31 10:00	2023-10-31 10:00	ALSTEF	ALSTEF
10000005	Chaudière à huile G300	En cours	2023-10-31 10:00	2023-10-31 10:00	ALSTEF	ALSTEF
10000006	Chaudière à huile G300	En cours	2023-10-31 10:00	2023-10-31 10:00	ALSTEF	ALSTEF
10000007	Chaudière à huile G300	En cours	2023-10-31 10:00	2023-10-31 10:00	ALSTEF	ALSTEF
10000008	Chaudière à huile G300	En cours	2023-10-31 10:00	2023-10-31 10:00	ALSTEF	ALSTEF
10000009	Chaudière à huile G300	En cours	2023-10-31 10:00	2023-10-31 10:00	ALSTEF	ALSTEF
10000010	Chaudière à huile G300	En cours	2023-10-31 10:00	2023-10-31 10:00	ALSTEF	ALSTEF

Intégration GMAO – maintenance prévisionnelle



Carrousel



Période d'intensité = Signature du carrousel → Une dérive correspond à un incident mécanique

- Note :
- 2 carrousels identiques : Même longueur / Même moteur : Premier : 50s – Second : 60s - troisième (plus court) : 12s
 - La charge sur le carrousel permet d'anticiper/contextualiser la maintenance préventive

CARL
SOFTWARE

Berger
Levrault

BL

<https://www.carl-software.fr/maintenance-previsionnelle-alstef/>

BL RESEARCH

BL.Predict

Bénéfices

- ☐ 99,9% de disponibilité !
- ☐ ROI de 6 mois !
- ☐ Réduction des coûts des tournées de diagnostic de 50%

- ☐ Meilleure connaissance des équipements sur le terrain
- ☐ Beaucoup d'informations complémentaires sur la production : ratios, énergie, automatisation...
- ☐ Adapter la maintenance préventive aux paramètres d'exploitation → maintenance prévisionnelle
- ☐ Amélioration de la conception des équipements

Bien s'entourer et ne pas oublier la maintenance

« Ce sont des collaborateurs maintenance qui utiliseront le système, pas des informaticiens ou des analystes, pensez à eux! »

MERCI !

A vos questions...

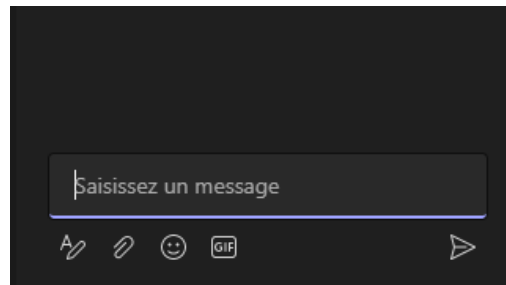
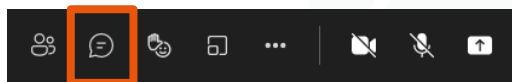


berger-levrault.com

carl-software.fr

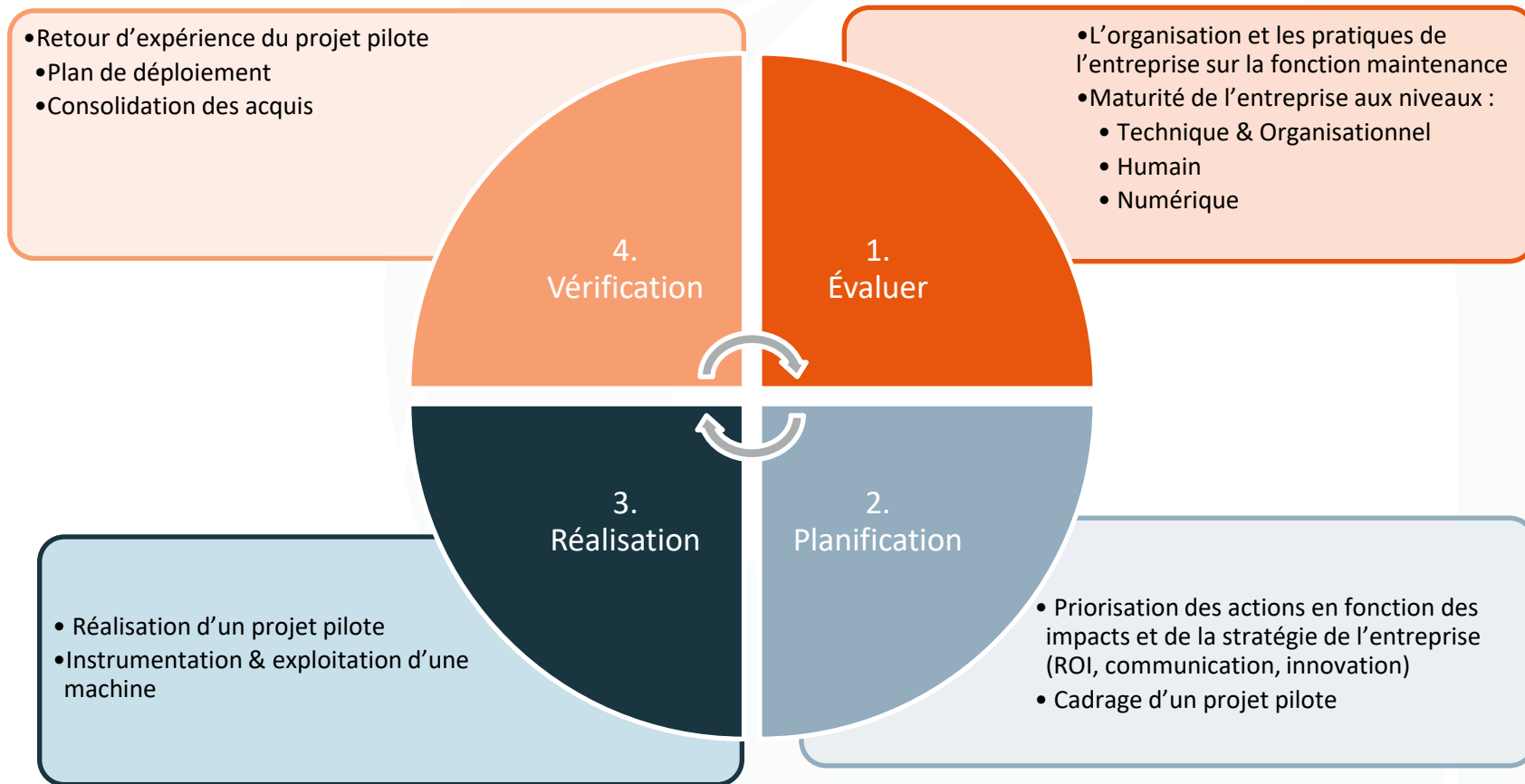


Posez vos questions !



Démarche de définition des outils de surveillance

Une démarche globale au niveau de l'entreprise



Une démarche globale au niveau de l'entreprise

1.
Évaluer

- **Définition des objectifs et du périmètre en fonction des pratiques de l'entreprise, par exemple :**
 - ↘ coûts de stocks
 - ↘ coûts d'arrêts non planifiés en anticipant les pannes
 - ↘ coûts de réparation en identifiant les organes en cause dans la défaillance
- **Planning projets et résultats**
 - Implantation ➔ 6 à 24 mois
 - Retours sur investissement ➔ acquis après 3 à 5 ans de fonctionnement

Une démarche globale au niveau de l'entreprise

1.
Évaluer

- Mise en place d'une brique numérique transformant la fonction maintenance
- Prérequis
 - Humain
 - Rassembler et faire travailler ensemble les services maintenance, production, informatique, et les data-scientistes
 - Acceptabilité de la solution numérique, passage du dépanneur à l'analyse de signes de dégradation
 - Technique et organisationnel
 - Politique maintenance définie
 - Équipements critiques connus et suivis (pannes, plans de maintenance...)
 - Exploite les indicateurs métiers et économiques

Une démarche globale au niveau de l'entreprise

1.
Évaluer

- **Prérequis (suite)**

- Numérique

- Déploiement de réseau de terrain
 - Déploiement architecture réseau de remontée d'informations
 - Interfaçage des différentes briques numériques de l'entreprise (ERP, MES, GMAO...)
 - Gestion de la cybersécurité de ces données

Principe de mise en place en adaptant les outils connus

Phases méthodologiques

Identifier les équipements critiques



**Définir les objectifs d'amélioration pour
lesquels la maintenance a un réel impact**



**Cibler les besoins de surveillance qui
vont générer les améliorations**



**Choisir la méthode et les technologies de
surveillance adaptées aux phénomènes
physiques d'endommagement et de
vieillesse**



Outils

Analyse de criticité des équipements
MBF, PIEU...

Analyse des indicateurs et de l'historique
TRS, Taux de panne, MTBF...

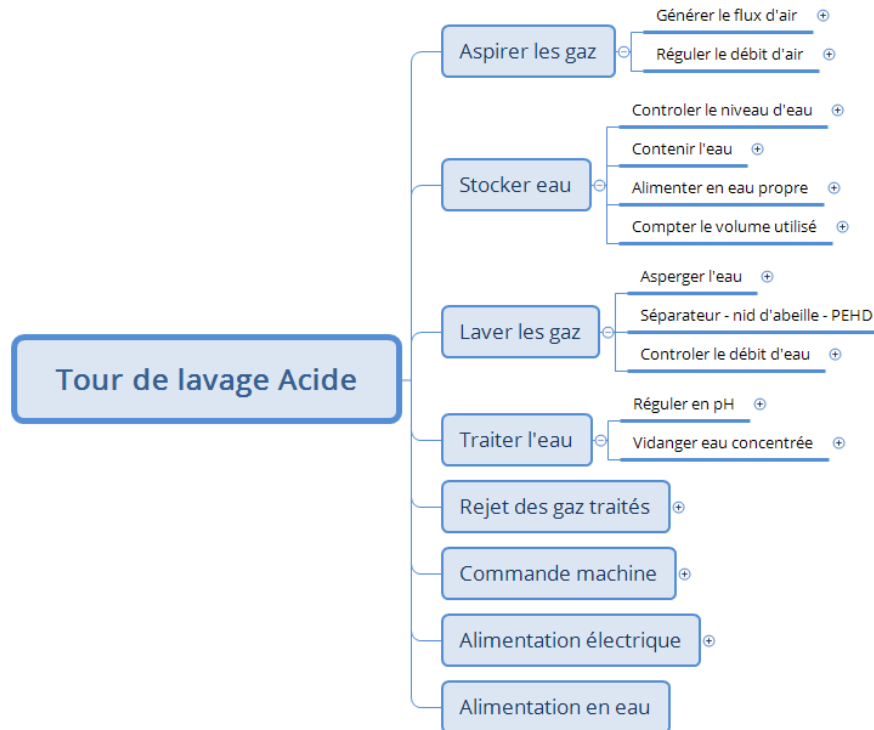
AMDEC
Choix stratégiques

**Ajout de capteurs, information disponible
dans l'automate, contrôle « humain », ...**

Cibler les besoins de surveillance

- **AMDEC Diagnostic**
 - Analyse fonctionnelle
 - Description des fonctions de l'équipement
 - Définition des paramètres et indicateurs et leur niveau de bon fonctionnement
 - Analyse des modes de défaillance
 - Modes, causes et effets
 - Identification des phénomènes physiques du mode ou effet de la défaillance
 - Il n'est pas toujours possible de mesurer les paramètres du mode de défaillance
 - Identification des capteurs et des analyses nécessaires
 - Définition des prétraitements nécessaires et de l'architecture de remontée de données

Analyse fonctionnelle (Exemple)



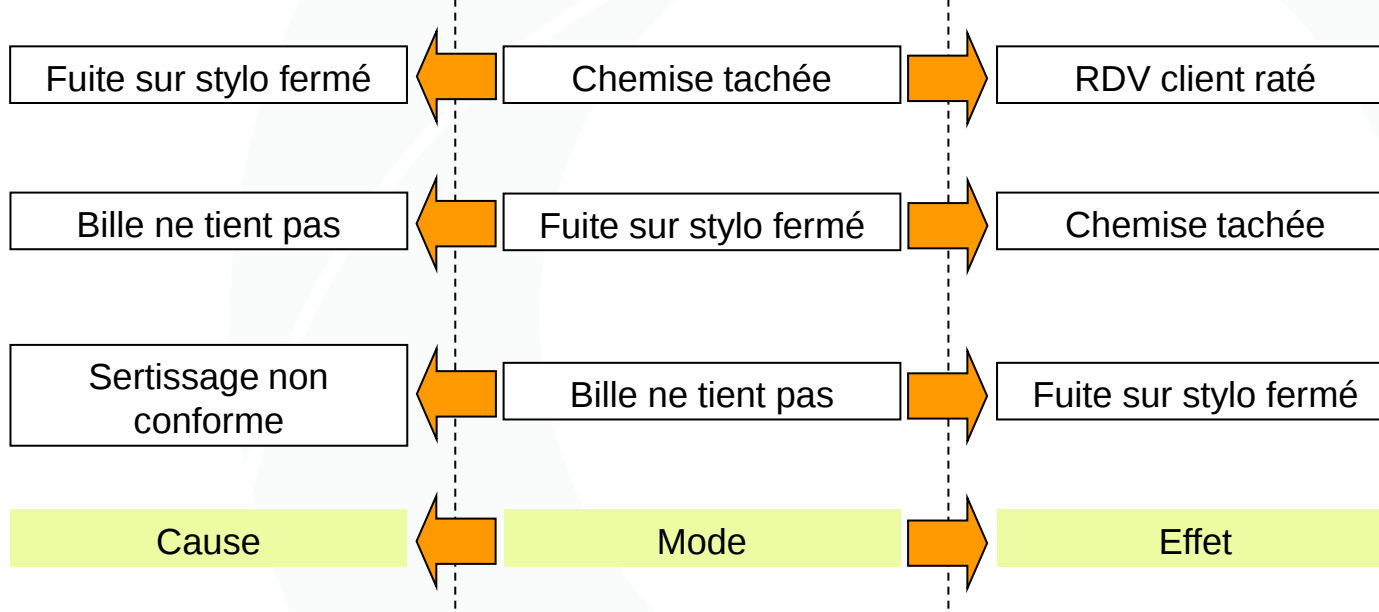
Rappels AMDEC

- **Le principe Mode – Cause – Effet**
 - Le Mode de Défaillance est la manière par laquelle la défaillance est observée, et qui correspond à une perte totale ou partielle de fonction.
 - La Cause potentielle de la défaillance est l'événement initial susceptible de conduire au mode de défaillance.
 - L'Effet que peut avoir le mode de défaillance sur le bon fonctionnement du moyen de production ou l'impact le produit et sur l'utilisateur du moyen.
 - Exemple

	Fonction	Mode	Cause	Effet
Cuve	Stocker	Fuite (perte de la fonction)	Corrosion par vieillissement	Pollution Arrêt de l'installation

Rappels AMDEC

Identifier les bons modes de défaillances



Lequel est le BON mode ???

Il est dépendant du niveau de détail souhaité et de la connaissance précise du fonctionnement de l'équipement par le groupe de travail

Modes de défaillance (Exemples)

Fonction	S/E - Organe	Fonction du composant	Défaillance	Effet	G	Cause/panne	Prévention	F	Détection	D	C
Aspirer les gaz/Réguler le débit d'air	Variateur Altivar	Piloter le moteur	Arrêt intempestif	Non redémarrage du moteur	4	Microcoupure		3		4	48
Alimentation électrique/Alimenter en énergie la tour	Coffret électrique	Alimenter en énergie les composants	Perte de fonction ventilation	Perte de fonctionnement de l'aspiration des fumées	4	Microcoupure		3		4	48
Traiter l'eau/Réguler en pH	sonde pH sur tuyauterie refoulement pompe aspersion	Mesurer le pH	Dérive sonde	Dérive du pH réel/mauvais traitement	4	Encrassement / dérive	Vérification annuelle par tiers	2		4	32
Aspirer les gaz/Générer le flux d'air	Volute turbine 55 000 m3/h	Générer le mouvement d'air	Casse volute	Arrêt aspiration / Arrêt atelier	5	Encrassement / Corps étranger	Nettoyage / équilibrage (5ans)	1		4	20
Alimentation électrique/Alimenter en énergie la tour	Coffret électrique	Alimenter en énergie les composants	Perte de fonction	Perte de fonctionnement	5	Coupure		1		4	20
Aspirer les gaz/Générer le flux d'air	Accouplement écrou/clavette	Transmettre le mouvement de rotation/ Maintenir la volute	Desserrage accouplement	désalignement et casse volute	5	Vibration/Casse en fatigue de l'écrou ou filetage	Révision 5ans	1		3	15
Aspirer les gaz/Générer le flux d'air	Moteur d'aspiration 55kW	Transformer l'énergie élect en énergie méca	Arret intempestif	Echauffement/Incendie	5	Desserrage bornier Moteur	Resserrage borniers (5 ans)	1	Altivar (alerte pic phase)	3	15

Cibler les besoins de surveillance

- **AMDEC Diagnostic**
 - Identification des phénomènes physiques du mode ou effet de la défaillance
 - Il n'est pas toujours possible de mesurer les paramètres du mode de défaillance
 - Identification des capteurs et des analyses nécessaires

Cibler les besoins de surveillance (Exemples)

- **Analyse des lubrifiants**

- Sur moteur thermique
 - Problèmes d'étanchéité de la filtration d'air
 - Infiltration de liquide de refroidissement...
- Sur multiplicateurs, réducteurs et engrenages
 - Mauvais état d'un roulement ou d'un palier
 - Transmission défectueuse (engrenages endommagés)...
 - Pollution externe (eau, poussières...).
- Sur systèmes hydrauliques
 - Pollution du circuit (matières solides, eau...)
 - Usure des composants (pompes, moteurs, distributeurs...)...

- **Mesures électriques**

- Réseau électrique
 - Mesure d'isolement en régime IT
 - État des batteries de condensateur
 - Équilibrage de phases
- Machine
 - Dégradation moteur électrique
 - Dégradation transmission mécanique
 - Rendements

Cibler les besoins de surveillance (Exemples)

- **Mesures vibratoires**

- Niveau vibratoire anormal
- Choc
- Désalignement d'arbre
- Balourd
- Système en résonnance
- Cavitations
- Fatigue d'un roulement, écaillage de la bague externe/interne, ...

- **Mesures thermiques**

- Systèmes électriques
 - Mauvaises connexions
 - Mauvaise répartition des phases
 - Surintensité / Surcharge...
- Systèmes mécaniques
 - Usure
 - Manque de lubrifiant / Grippage...
- Systèmes fluidiques
 - Isolation
 - Fuites...

Plan d'action – Prévisionnel (Exemple)

Listes des paramètres à mettre sous surveillance dans le cadre de l'amélioration de la détection des défaillances :

- Vibrations
 - Moteur et turbine d'aspiration des gaz
 - Moteur et pompe d'aspersion des eaux de lavage
- Débit et pression
 - Encrassement du réseau de distribution des eaux de lavage

L'analyse de ces paramètres permettra de surveiller les causes des défaillances des composants et réduire la valeur de l'indice de détection des défaillances (interventions avant les effets les plus graves).

Cibler les besoins de surveillance

- **AMDEC Diagnostic**
 - Définition des prétraitements nécessaires et de l'architecture de remontée de données

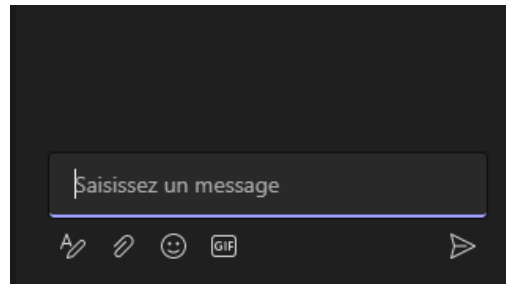
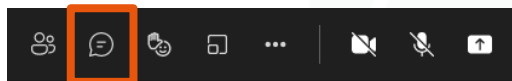
Prétraitement des mesures (Exemple)

- Vibrations (surveillance haute fréquence)
 - Niveau de vibration (RMS)
 - Analyse fréquentielle (niveau harmoniques 1 et 2 de la fréquence de rotation par exemple)
- Débit et pression
 - Calcul d'une pression différentielle
 - Relève des valeurs max (coup de bélier, mise en route pompe)

Déployer la solution de maintenance prévisionnelle

- **Capteurs**
 - Standards
 - Avec intelligence embarquée
- **Architecture de remonté d'informations**
 - Fréquence d'enregistrement
 - Fréquence d'envoi des données
 - Protocoles de communication
 - Zone de stockage (locale, internet...)
- **Interaction avec les autres systèmes**
 - GMAO, ERP, MES...

Posez vos questions !



Actualités ALLICE

Animation de la communauté et valorisation de la filière

Calendrier 2023

**Webinaire
adhérents
ALLICE**

16 mars

Décarbonation des
procédés de
cuisson et de
séchage

**Réunion
adhérents
ALLICE**

30 mars

Club PRIME
Réunion plénière

**Rencontre
partenaire**

4 avril

Visite laboratoire
Mines PSL - Sophia
Antipolis

**Webinaire
adhérents
ALLICE**

25 avril

Solutions
performantes de
ventilation

**Rencontre
partenaire**

10-11 mai

MIX.E
Salon du mix
énergétique neutre

**Réunion
adhérents
ALLICE**

6 juillet

Club PRIME
Réunion plénière

**Congrès
ALLICE**

19-20 Sept

Congrès ALLICE

**Rencontre
partenaire**

7 nov

Journée Métrologie
CFM

**Réunion
adhérents
ALLICE**

30 nov

Club PRIME
Réunion plénière
Vote sujets 2024

**Rencontre
partenaire**

12 déc

Rencontre Ecotech
Innovation Energie
du PEXE

MERCI À TOUS !

*Rendez-vous le 23 février à 10h pour la
restitution de l'état de l'art :
Maintenance prévisionnelle*

