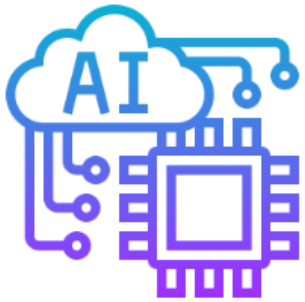


L'intelligence artificielle au service de la maintenance et de la durabilité : Le cas de SEW USOCOME



Julien CHAPELIN

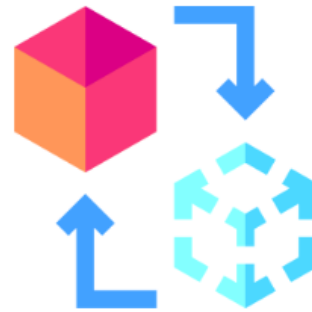
Ingénieur chercheur, Doctorant en Génie industriel



Intelligence artificielle



Maintenance prévisionnelle



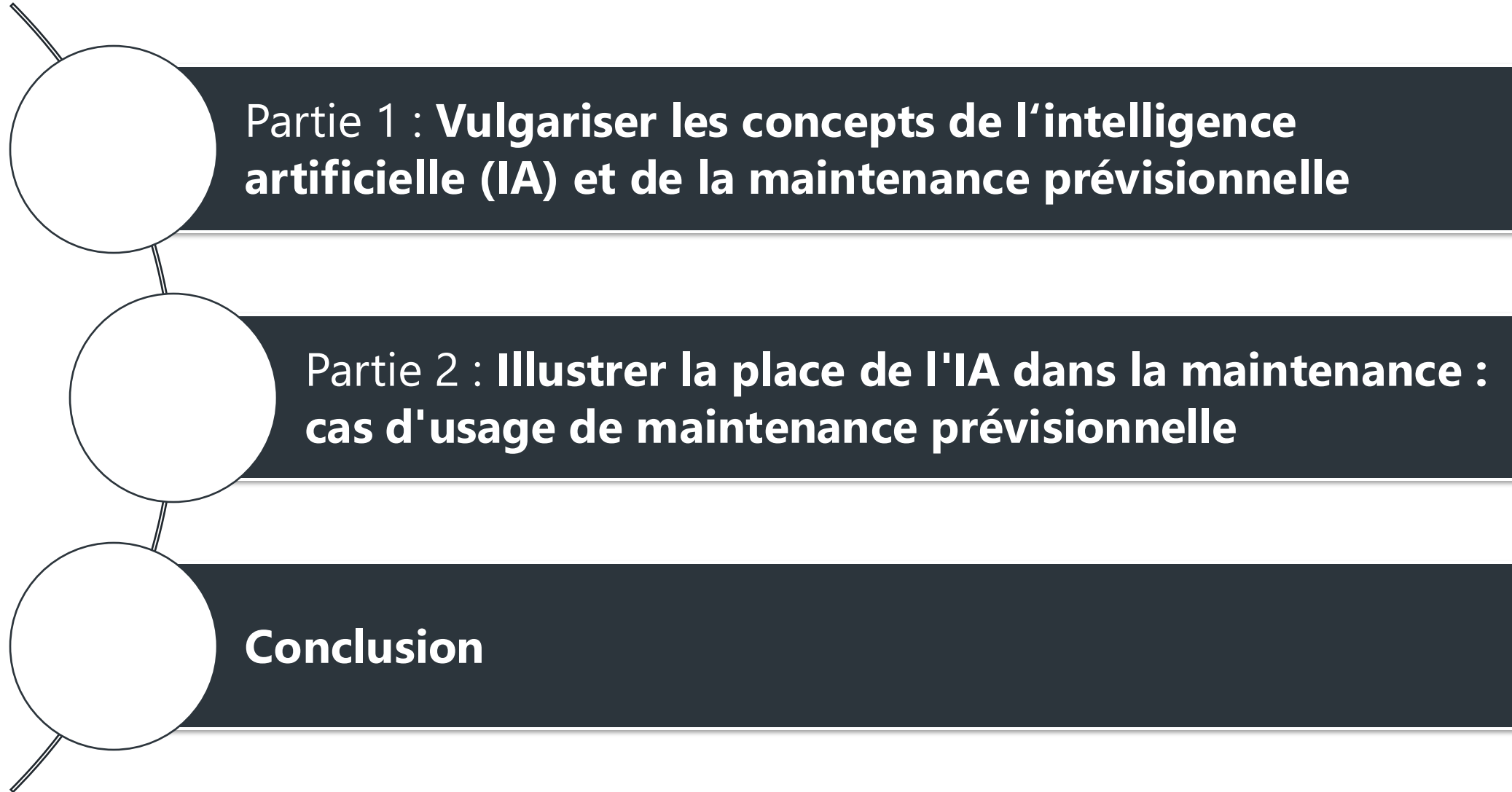
Jumeau numérique



Informatique industrielle/
Automatisme

Plan de la présentation

Plan de la présentation

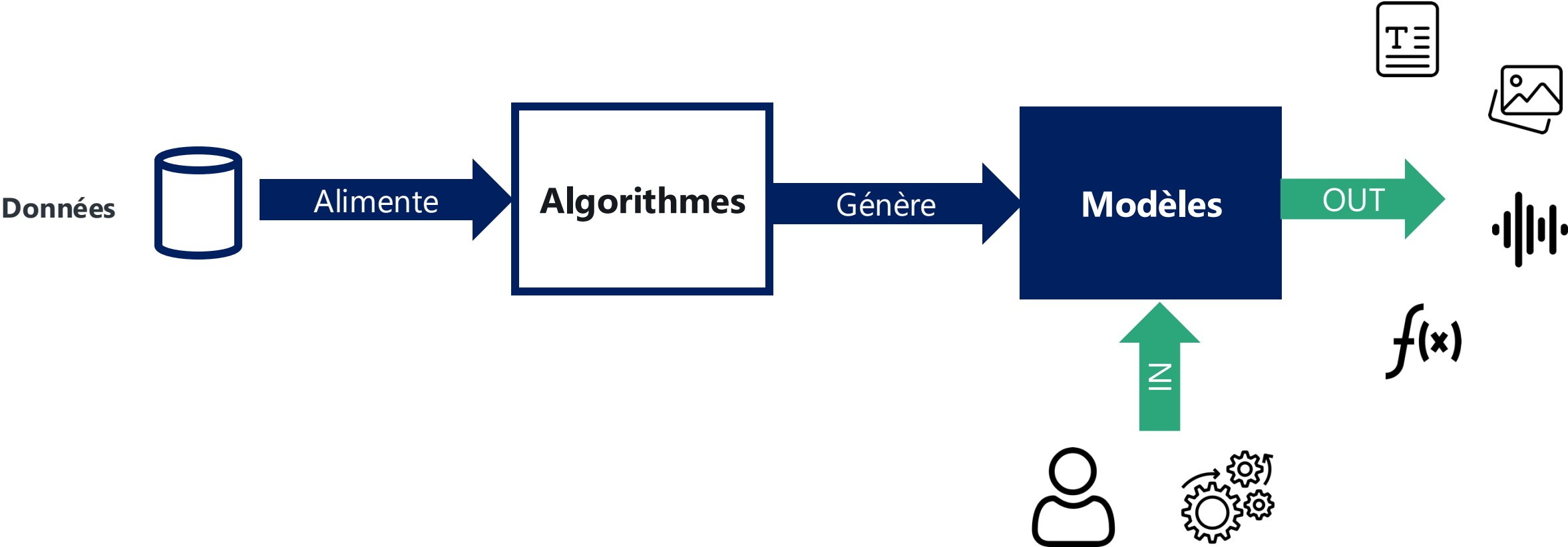


Partie 1 : Vulgariser les concepts de l'intelligence artificielle (IA) et de la maintenance

Intelligence artificielle

C'est quoi l'intelligence artificielle ?

Définition : L'intelligence artificielle (IA) est un domaine de l'informatique qui vise à créer des systèmes capables de reproduire des comportements liés à l'intelligence humaine, tels que le raisonnement, la planification et la créativité.

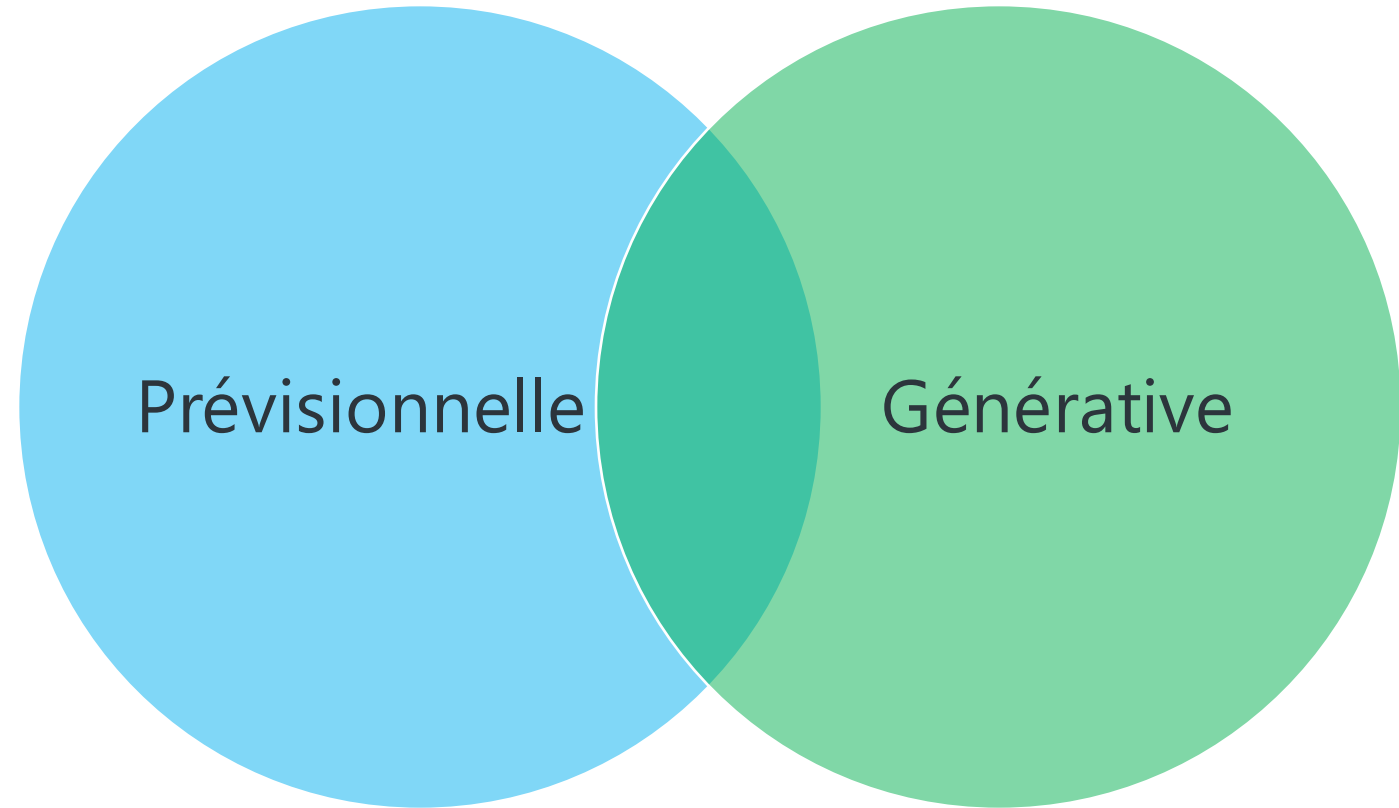


C'est quoi l'intelligence artificielle ?

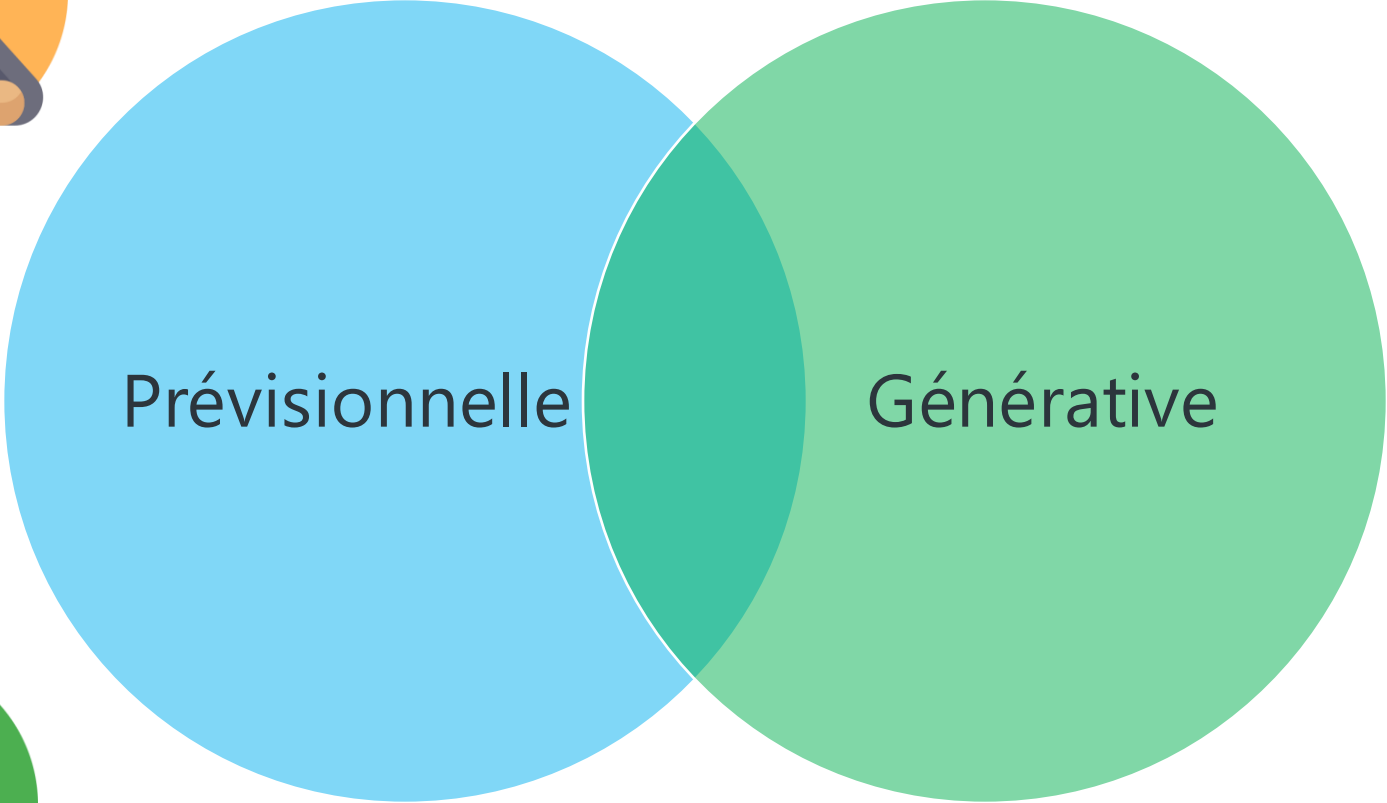
Deux grandes familles d'intelligence artificielle :

L'**IA prévisionnelle** se concentre sur la classification d'éléments et la prévision d'événements futurs en analysant des données passées

L'**IA générative** utilise des modèles complexes pour produire de nouveaux contenus à partir d'exemples existants.

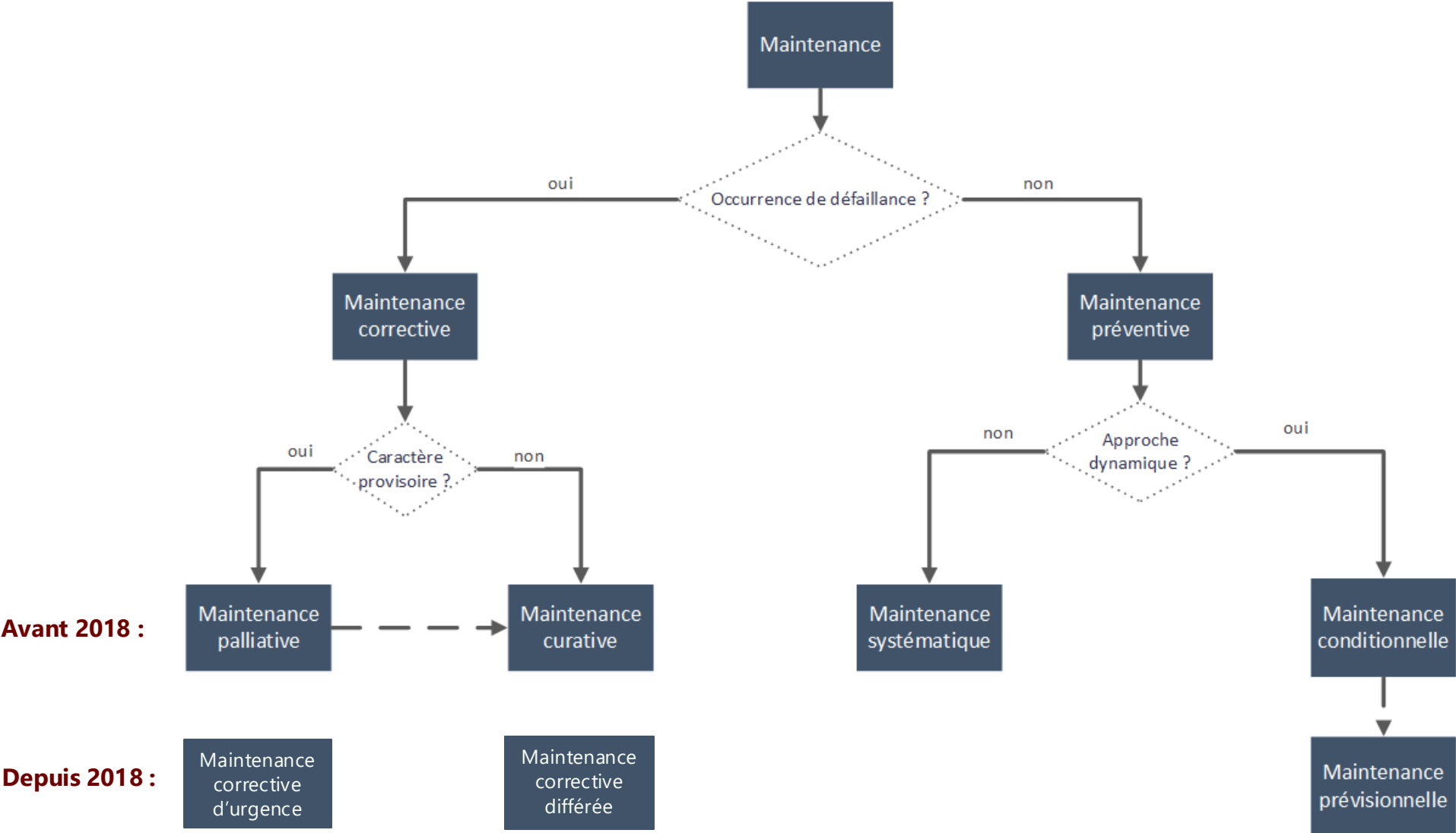


C'est quoi l'intelligence artificielle ?



Maintenance prévisionnelle

C'est quoi la maintenance prévisionnelle ?



C'est quoi la maintenance prévisionnelle ?

NF EN 13306 X 60-319 (2018)

« Maintenance conditionnelle exécutée suite à une prévision obtenue grâce à une analyse répétée ou à des caractéristiques connues et à une évaluation des paramètres significatifs de la dégradation du bien ».

```
graph LR; A[Analyse des modes de dégradation des composants] --> B[Surveillance des variables représentative]; B --> C[Prévision de l'évolution future]; C --> D[Calcul du temps de vie restant et pronostic de défaillance]; D --> E[Planification des actions de maintenance];
```

Analyse des modes de dégradation des composants

Surveillance des variables représentative

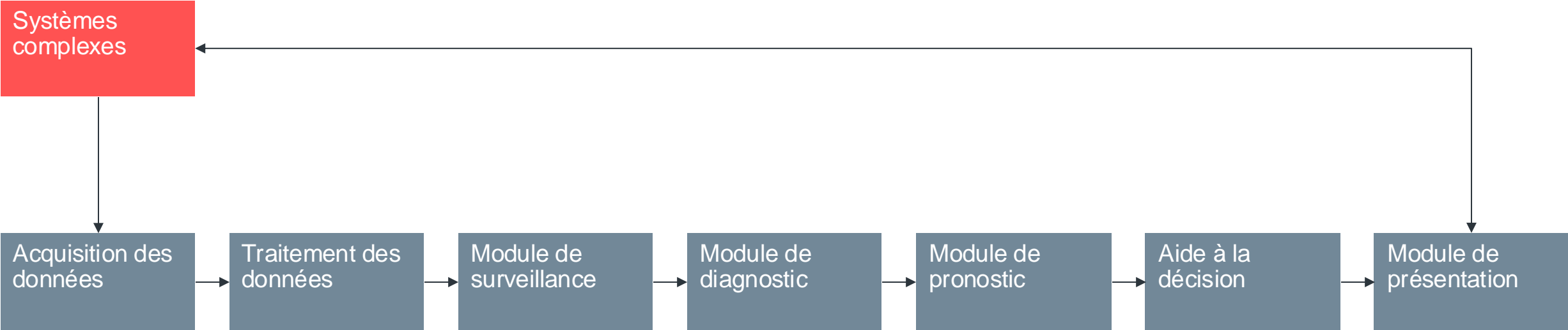
Prévision de l'évolution future

Calcul du temps de vie restant et pronostic de défaillance

Planification des actions de maintenance

C'est quoi la maintenance prévisionnelle ?

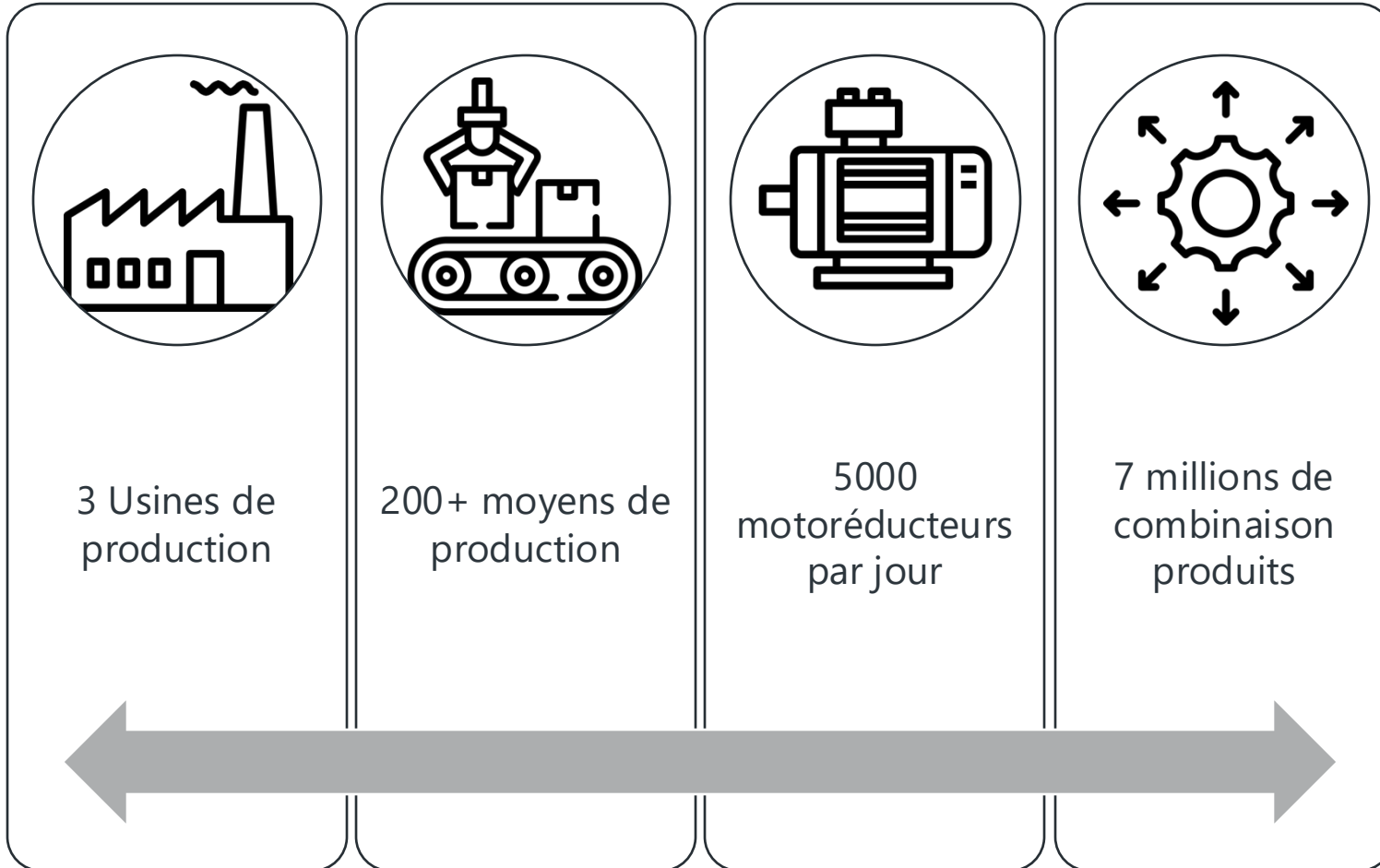
ISO-13374 & Open Software Architecture for Condition Based Maintenance (OSA-CBM)



Partie 2 : Illustrer la place de l'IA dans la maintenance : cas d'usage de maintenance prévisionnelle

Contexte industriel

Le contexte industriel : SEW USOCOME



**SEW
USOCOME**

SEW USOCOME :

- 2.200 collaborateurs
- 550 M€ de chiffre d'affaire

Filiale Française du groupe SEW EURODRIVE:

- 21.000 collaborateurs
- 4,3 B d'€ de chiffre d'affaire
- Leader sur le marché du motoréducteur

Le contexte industriel : Le Pôle Processus et Innovation

Pôle Process & Innovation (PPI)– Intégrateur de machine spéciale

En charge de définir et de réaliser les moyens de production pour les 3 sites Français. Egalement en charge de la recherche et développement concernant les problématiques opérationnelles de l'industrie 4.0.

Roadmap de l'innovation:

- Standardisation de l'automatisme ✓
- Virtual commissioning (VC) ✓
- Jumeaux numériques (DT) ✓
- **Maintenance prévisionnelle des lignes de production**
- Systèmes de production reconfigurable (RMS)



Le contexte industriel : Ligne de production



Grande variabilité de processus de fabrication

Un sujet de thèse

Créer un cadre générique, adaptatif et évolutif de maintenance prévisionnelle axée sur les processus opérationnels



- Les relations de dégradation processus / composants

Les méthodes de maintenance prévisionnelle basé sur la connaissance experte des modes de dégradations ne sont pas adaptées au contexte.

Notre concept de maintenance prévisionnelle

HAUT-NIVEAU

Processus supports

- Sans valeur ajoutée
- Mesures temporelles
- Analyse différée

Processus opérationnels

- Valeur ajoutée
- Mesures de grandeurs physiques
- Analyse temps réel

BAS-NIVEAU

Composants

- Capteurs, actionneurs...
- Robots industriels, axes, variateurs...
- Machines...

L'IA prévisionnelle au service de la maintenance

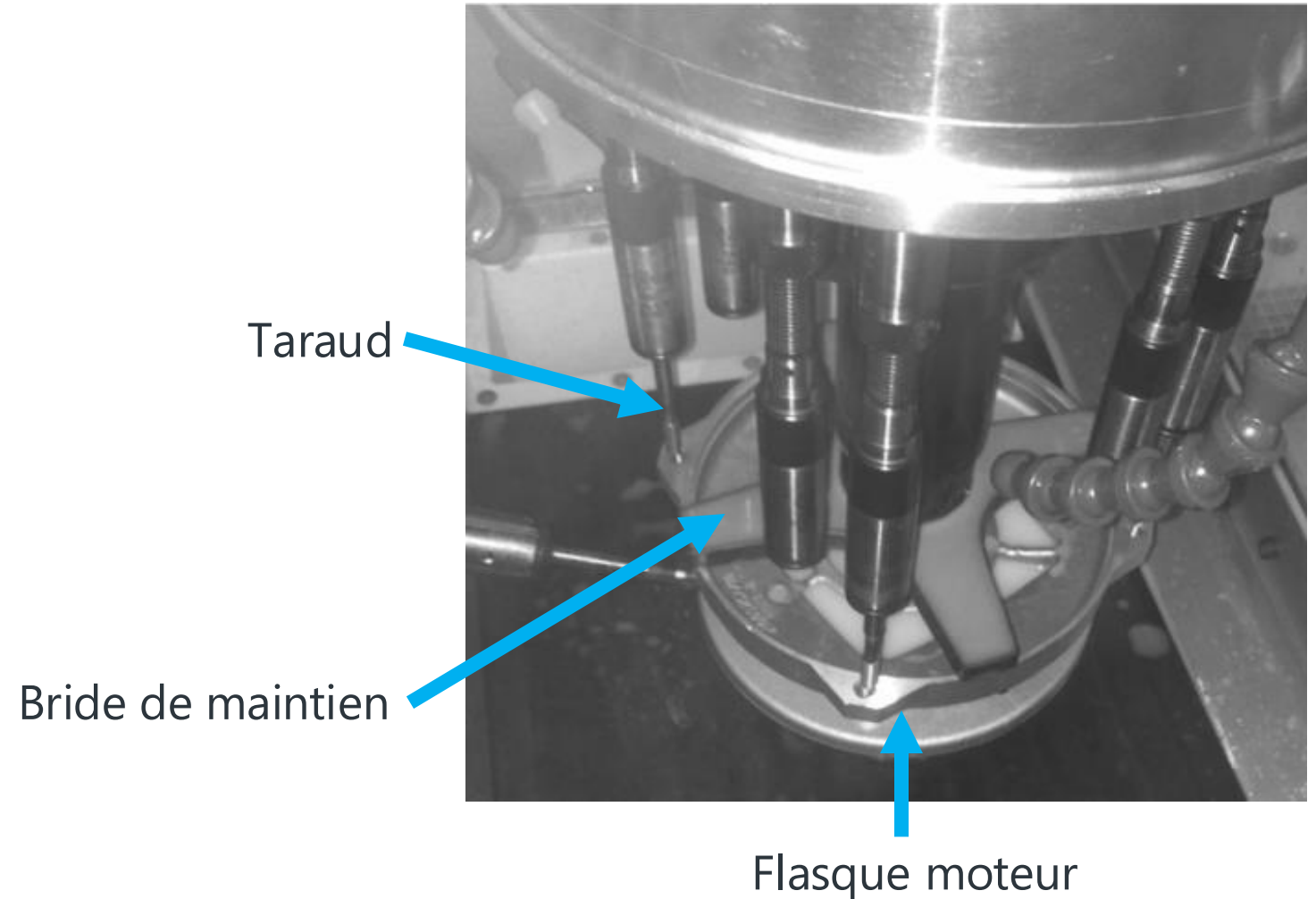
Un cas d'usage – Taraudeuse multibroche

Taraudeuse multibroche réalisant 4 tarauds sur un flasque moteur.

Objectifs :

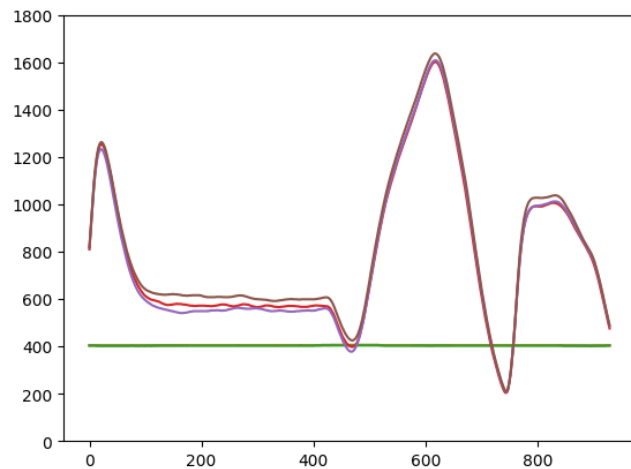
- Détecter les casses de tarauds
- Détecter les imprévus
- Anticiper l'usure des tarauds
- Anticiper la non-qualité des usinages

Variable représentative : Le courant consommé par le variateur de vitesse



Le module de détection de dérive

Objectif : Il compare les données en ligne avec l'attendu (modèle, seuil...) pour évaluer l'état en cours et déceler les déviations par rapport à la normalité.

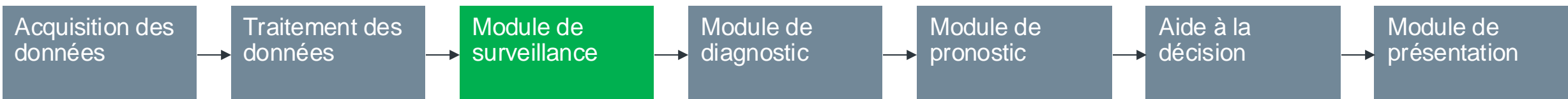


Novelty detection
(Apprentissage semi-supervisé)
Détecter les nouveaux profils de cycles (novelty)



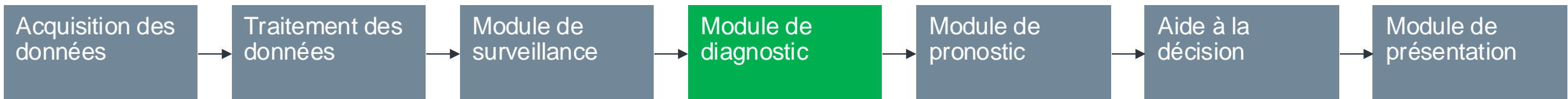
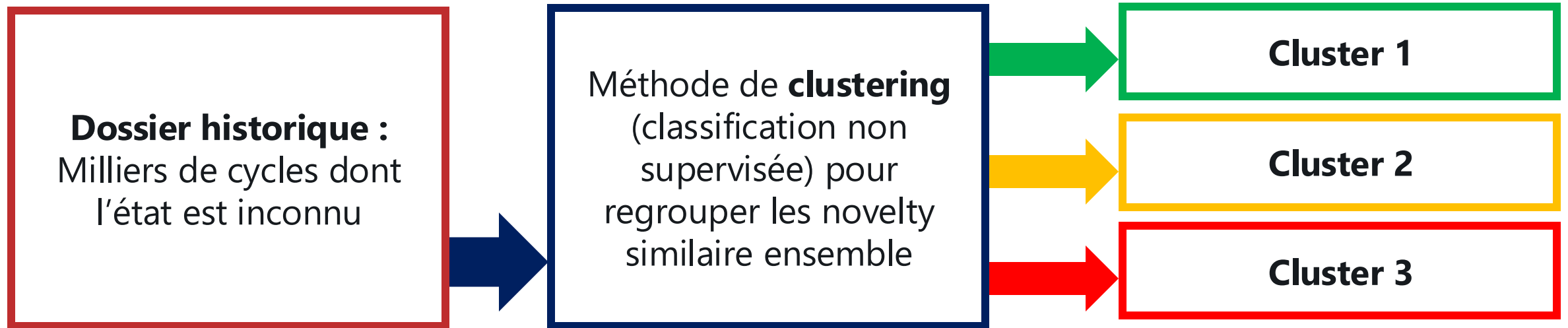
Dossier historique :
Novelty
(non conforme ou inconnue)

Cycle de tarage conforme



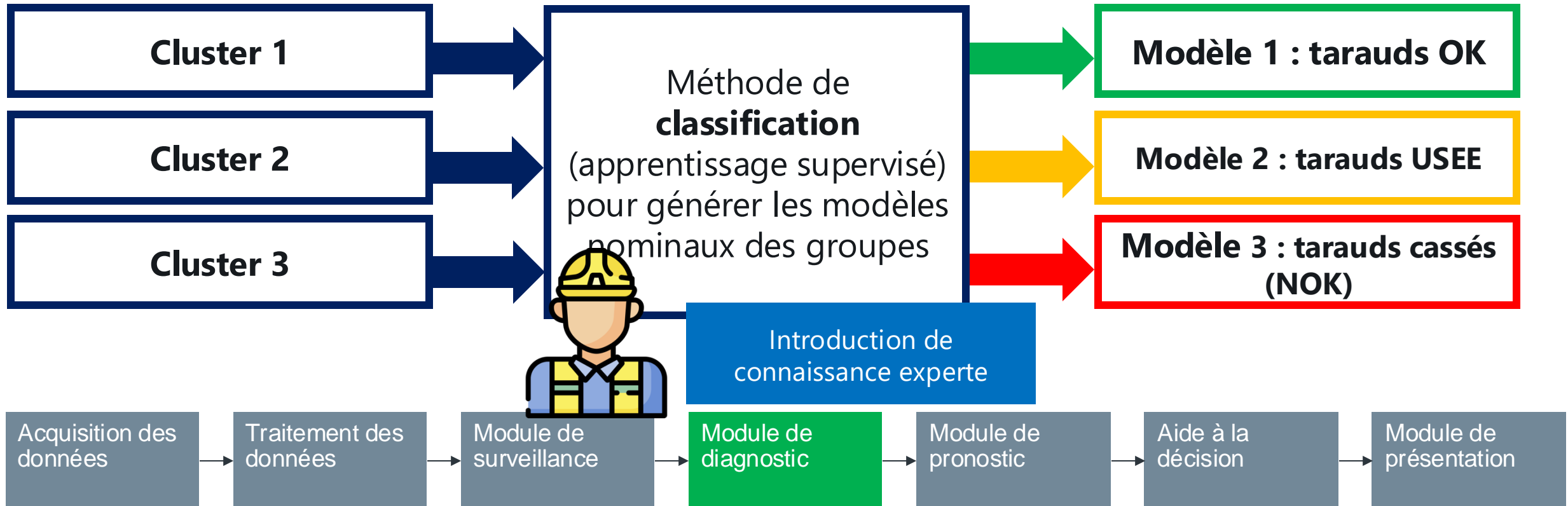
Le module de diagnostic

Objectif : Sur la base de l'état détecté, il suggère les causes probables de dérive et de défaillance.



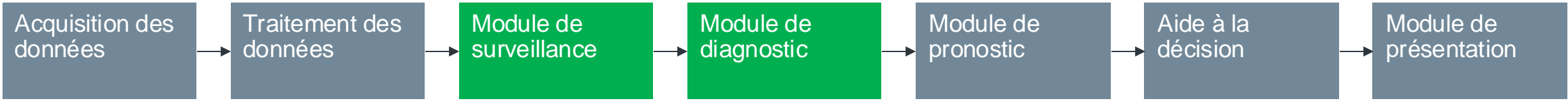
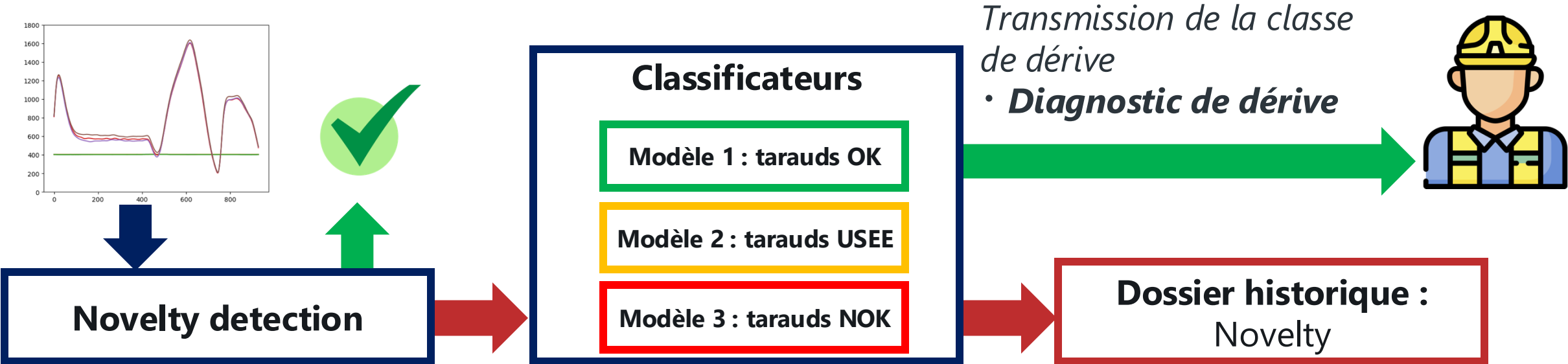
Le module de diagnostic

Après avoir créé des groupes déviance, on entraîne des modèles de classification capable de reconnaître automatiquement à quel groupe appartient un profil déviant.



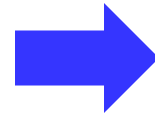
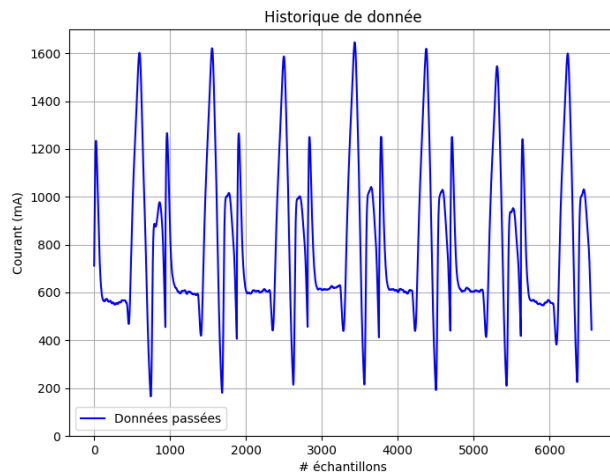
Le module de surveillance couplé au module de diagnostic

Ce nouveau système détecte les déviations et les qualifie pour lever des alarmes et proposer un diagnostic de déviance à l'opérateur si nécessaire.

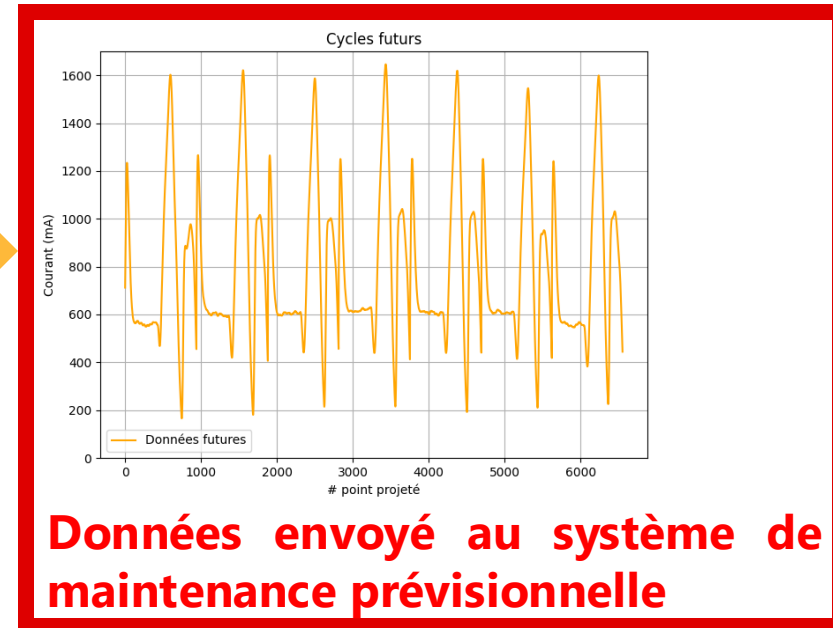


Le module de pronostic

Objectif : Il cherche à anticiper les défaillances futures en faisant des prévisions de l'état futur du système ou du composant surveillé et de donner une estimation de la durée de vie avant défaillance (RUL).



Modèle de prévision
(modèle prévisionnelle)
basé sur les **réseaux de neurones**



Acquisition des données

Traitement des données

Module de surveillance

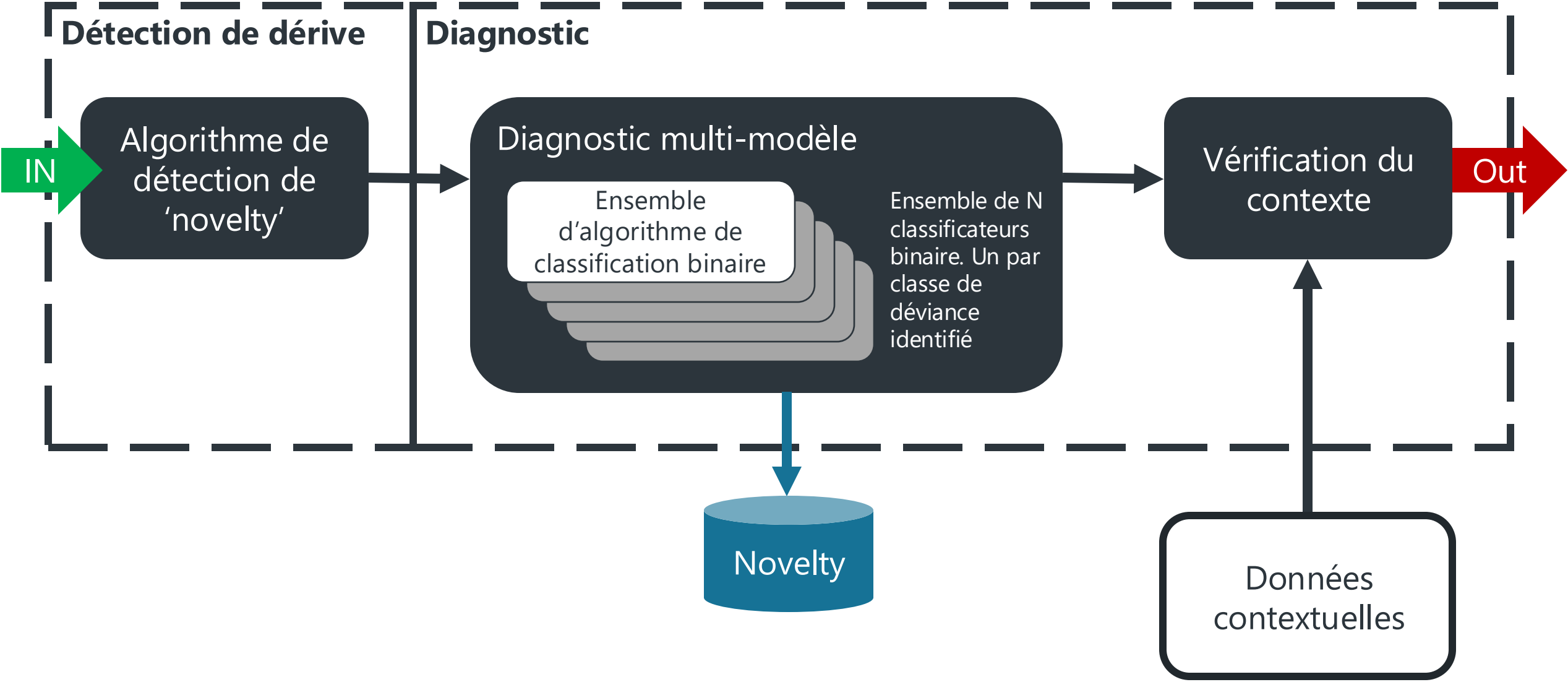
Module de diagnostic

Module de pronostic

Aide à la décision

Module de présentation

Schématisation du système de maintenance prévisionnelle

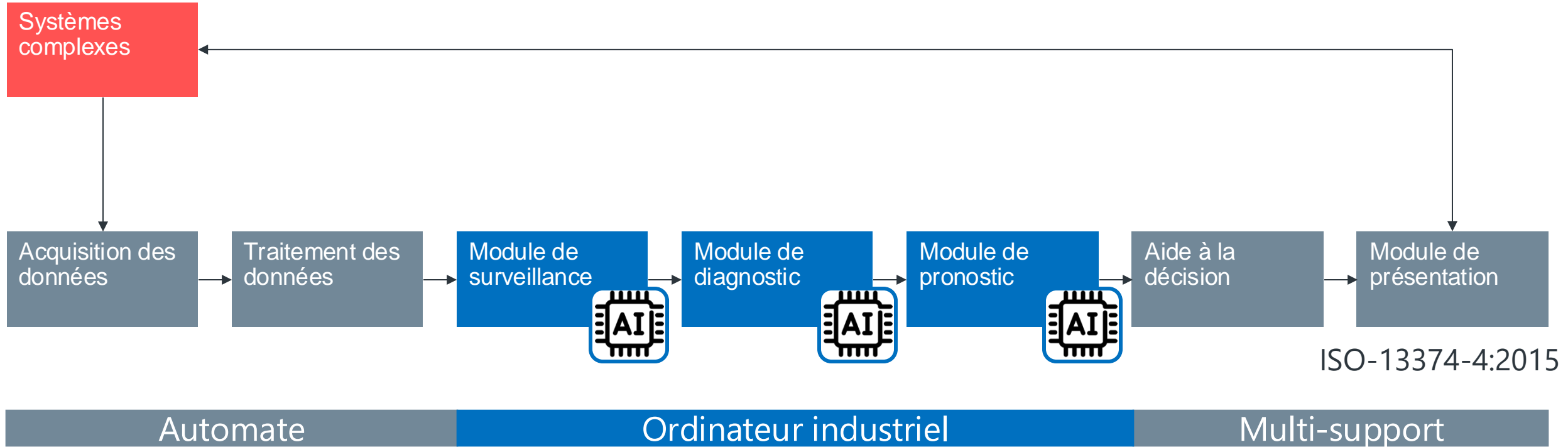


La place de l'IA dans le cas d'usage

Le système déployé sur la taraudeuse est aujourd'hui capable de :

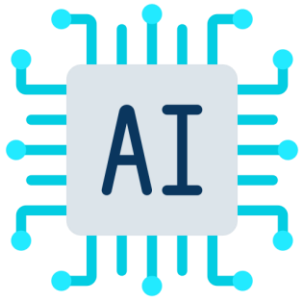
- **Détecter les dérives en temps réel**
- **Diagnostiquer les dérives en temps réel**
 - Tarauds cassés
 - Tarauds très usés
 - Mauvais tarauds montés sur la machine
 - Cycle anormal (trop long, trop court, profil...)
- **Apprendre de nouveau profil de dérive continuellement**
 - Le système a détecté seul le profil de taraudage avec taraud M5
- **Identifier l'outil monté**
- **Anticiper les non-qualités**

Le cas d'usage vis-à-vis de ISO-13374



L'IA générative au service de la maintenance

L'aide à la décision intelligente : Le concept



IA Générative



Assistant virtuel expert en maintenance



Historique d'intervention,
documentation machine,
GMAO...

L'aide à la décision intelligente : Un cas d'usage juste pour vous

Une machine fictive : La taraudeuse MEPES2024

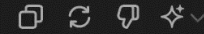
Une notice d'utilisation avec des codes d'erreur :

- **BREAK** : Tarauds cassés
- **NOK** : Une pièce inconnue est cassée.
- **0x0024** : Il manque de la tension entre les phases.
- **SEPEM** : Le variateur est en feu.

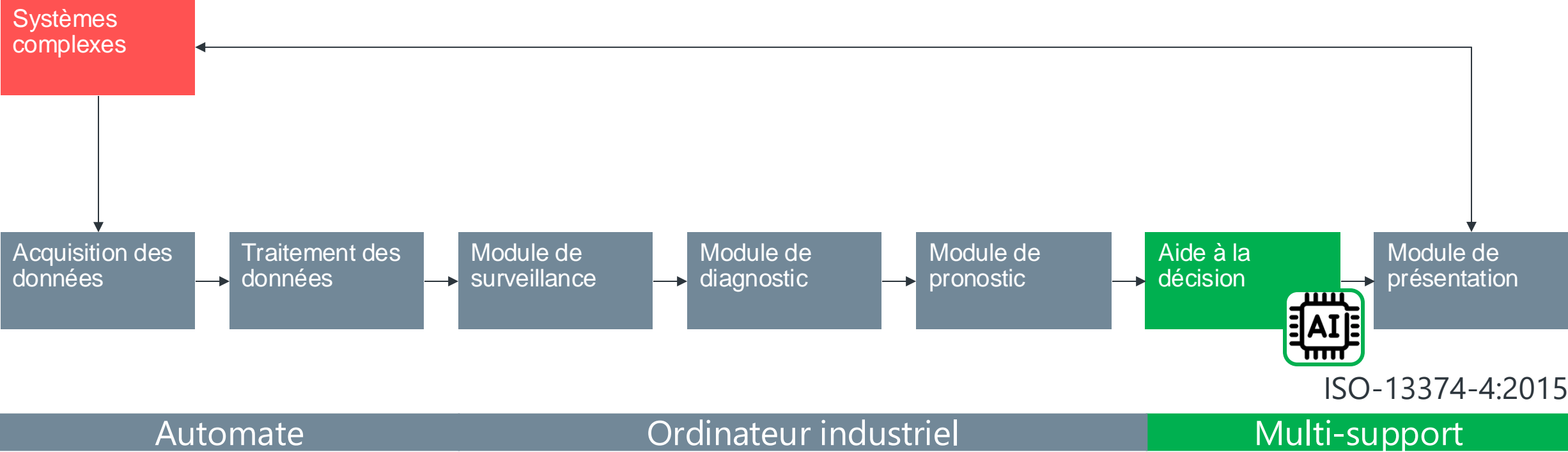
Un historique de maintenance documenté : Date d'intervention, cause de l'intervention et un résumé d'intervention

Bonjour, je suis BOB, votre assistant virtuel pour l'aide à la décision en maintenance. Mon rôle est de répondre à vos questions et de vous aider à diagnostiquer les problèmes liés à la machine MEPES2024 en utilisant la documentation technique disponible.

Comment puis-je vous aider aujourd'hui ?



L'IA générative vis-à-vis de ISO-13374



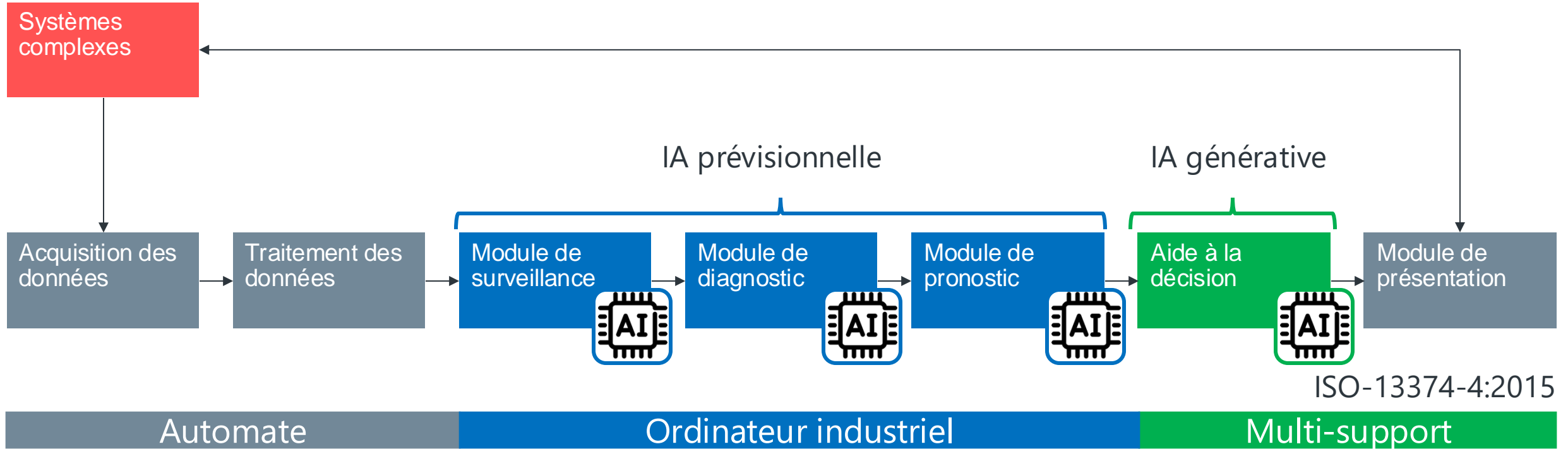
Conclusion

La place de l'IA dans la maintenance

L'intelligence artificielle nous permet de :

- **Détecter des dérives** (novelty/anomaly detection)
- **Classifier des cycles de processus** (classificateurs)
- **Traiter des masses de données automatiquement** (clustering)
- **Diagnostiquer des dérives** (ensemble de classificateurs)
- **Projeter des données pour faire des prévisions** (réseaux de neurones)
- **Proposer des actions de maintenance** (modèles génératifs)
- **Générer des rapports** (modèles génératifs /transformers)

Bilan de la place de l'IA vis-à-vis de ISO-13374



Et la RSE dans tout ça ?

La **Responsabilité Sociétale des Entreprises (RSE)** est une démarche volontaire des entreprises qui consiste à intégrer des préoccupations sociales, environnementales et économiques dans leurs activités et leurs relations avec les parties prenantes.

Principaux axes :

1. **Environnement** : Réduire l'empreinte carbone, minimiser les déchets, optimiser l'efficacité énergétique.
2. **Social** : Améliorer les conditions de travail, garantir la sécurité et le bien-être des employés, promouvoir l'égalité et la diversité.
3. **Économique** : Favoriser des pratiques commerciales éthiques, garantir la durabilité financière et limiter les risques à long terme.

Environnement : Contribution à la durabilité

Diminution des déchets industriels : Une gestion optimisée de la durée de vie des tarauds réduit les interventions inutiles et évite les remplacements prématurés de composants.

Optimisation des ressources naturelles : En anticipant les défaillances, la production reste efficace et limite la surconsommation de matières premières et d'énergie.

Réduction de la consommation d'énergie : La détection des non-qualités réduit les surconsommations d'énergie liées à la production de pièces défectueuses et aux refontes inutiles.

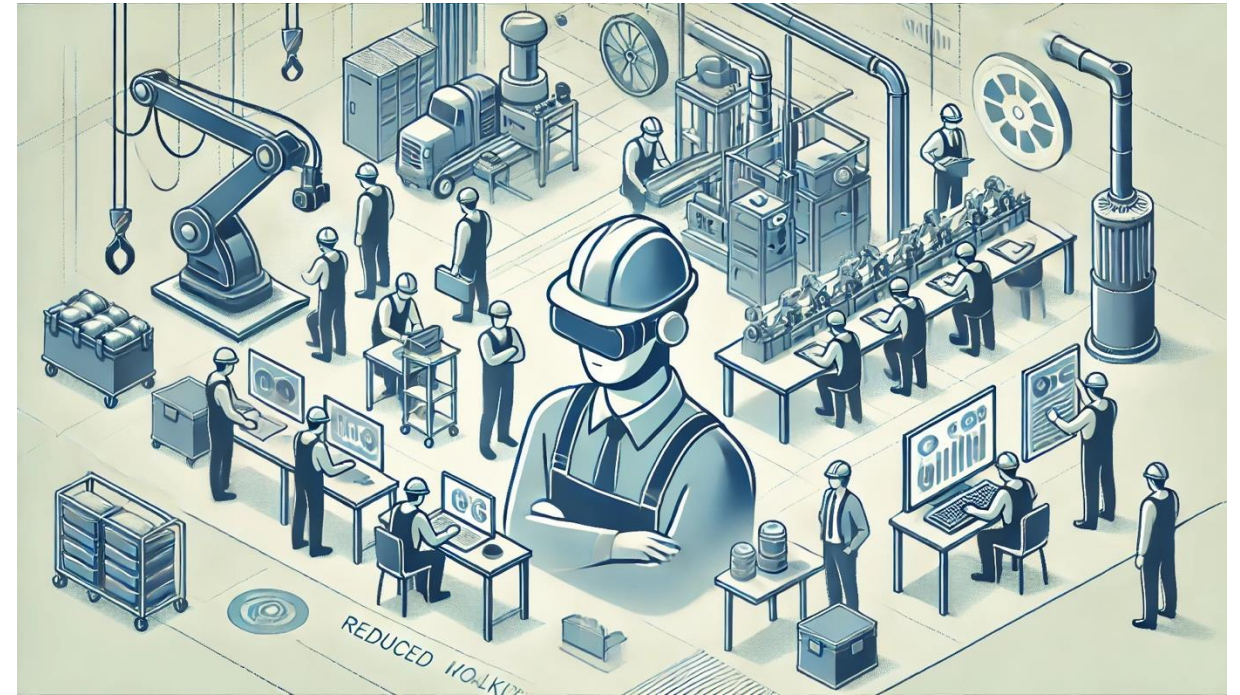


Social : Amélioration des conditions de travail des employés

Sécurité renforcée : L'anticipation des pannes et défaillances évite les interventions d'urgence dangereuses, créant un environnement de travail plus sûr pour les techniciens.

Réduction de la charge de travail imprévue : Moins d'arrêts imprévus permettent une meilleure planification, réduisant le stress et améliorant le bien-être des équipes de maintenance.

Valorisation des compétences : Les opérateurs et techniciens développent de nouvelles compétences grâce à l'utilisation d'outils d'analyse de données et de systèmes intelligents.

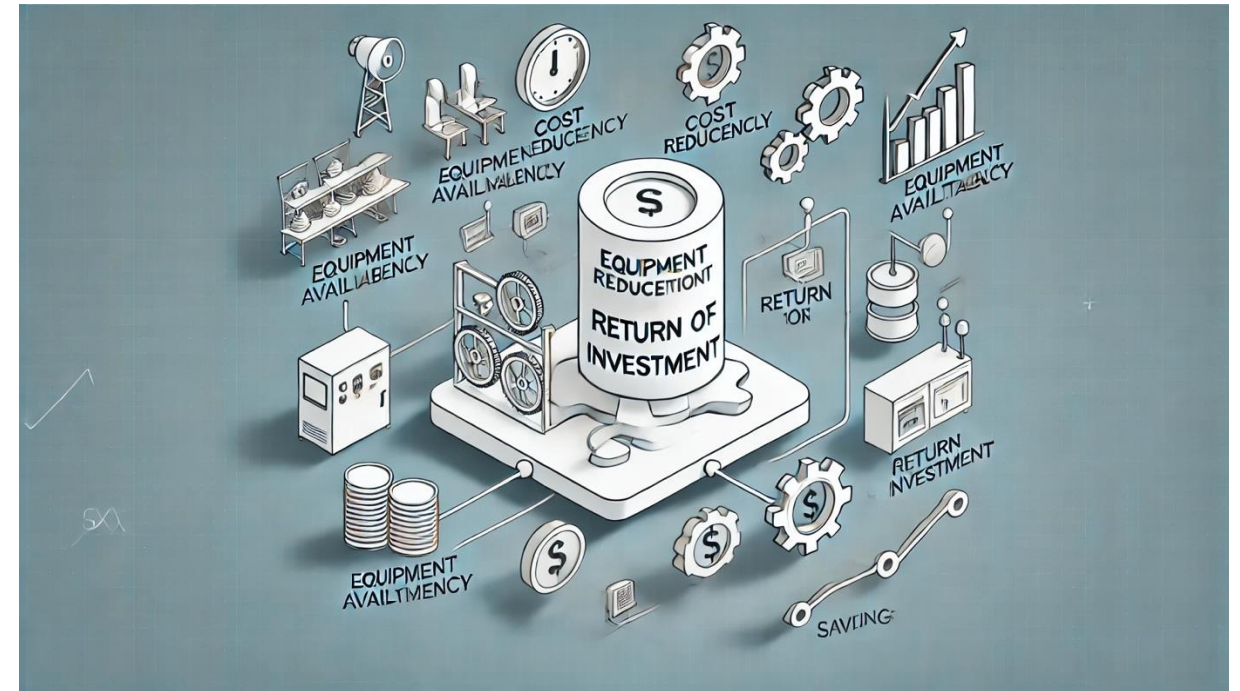


Economique : Performance durable et complétion

Réduction des coûts d'exploitation : L'optimisation de la durée de vie des équipements et l'anticipation des défaillances réduisent les coûts d'entretien tout en maintenant une productivité optimale.

Maximisation de la disponibilité des équipements : En limitant les arrêts imprévus, la production devient plus régulière et performante, renforçant ainsi la compétitivité.

Retour sur investissement : La maintenance prévisionnelle peut permettre de réduire les coûts à long terme.



Et demain, que pourrais apporter l'IA à la RSE ?

L'intelligence artificielle pourrait servir à faire :

- Bilan carbone en temps réel
- Optimisation des flux
- Sécurité augmenté/proactive
- Automatisation des contrôles de conformité RSE
- ...



Merci pour votre attention !



Julien CHAPELIN

Ingénieur Chercheur & Doctorant en
Génie industriel

