
LE GUIDE DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE DANS LES SALLES DE CONTRÔLE



MOTILDE

SOMMAIRE

INTRODUCTION

LES DÉFIS DU CONTRÔLE ET DE LA SUPERVISION

L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : QUELS APPORTS CONCRETS ?

- Analyse en temps réel : détecter ce que l'humain laisserait passer
- Réduction de la charge cognitive des opérateurs : l'assistant 2.0
- Aide à la décision : la bonne information, au bon moment, pour la bonne personne
- Maintenance optimisée : prévention et prédiction
- Optimisation des processus de fonctionnement de la salle de contrôle

PRÉREQUIS ET MISE EN PLACE

- Les types de données en salle de contrôle
 1. Les données de processus
 2. Les données d'infrastructure IT
 3. Les données d'environnement ou de situation
- Le traitement des données
 1. L'identification des besoins
 2. La collecte
 3. Le stockage
 4. Le nettoyage
 5. Les clés pour une gestion réussie

QUELQUES OUTILS D'IA ET DE GESTION DE DONNÉES - ET LEURS FONCTIONS PRINCIPALES

- IIoT – Industrial Internet of Things
- Node-RED
- Machine Learning
- Analyse vidéo
- Systèmes Experts

INTRODUCTION

Dans une salle de contrôle, les opérateurs doivent souvent gérer des situations exigeantes, combinant multitâche intense, prises de décisions critiques et gestion du stress. À cela s'ajoutent des défis organisationnels liés aux rotations d'équipe, aux interactions entre opérateurs, ainsi qu'aux temps de formation nécessaires pour maîtriser les outils et les modes de décision. L'expertise requise pour garantir le bon fonctionnement de la salle amplifie encore ces contraintes.

Pour alléger cette charge cognitive, améliorer l'efficacité opérationnelle et réduire la dépendance à une expertise individuelle, de nouveaux outils émergent dans les environnements de contrôle. Ces solutions visent également à raccourcir les temps de formation et à simplifier l'adoption des technologies, tout en offrant une optimisation substantielle et économique.

La gestion des données massives, combinée à l'utilisation d'outils d'intelligence artificielle, offre une réponse aux enjeux croissants des salles de contrôle.

Ces innovations permettent non seulement d'assister les opérateurs dans leurs tâches critiques, mais aussi de garantir une supervision plus intelligente des processus.

Ce guide explore les défis actuels du milieu du contrôle, présente les solutions offertes par l'intelligence artificielle et fournit un aperçu des étapes nécessaires pour intégrer ces technologies dans votre salle de contrôle.

Découvrez comment l'IA peut transformer vos opérations et optimiser la supervision de vos processus.



LES DÉFIS DU CONTRÔLE ET DE LA SUPERVISION

Qui dit « salle de contrôle » dit nécessairement « opérateurs », car ce sont eux qui portent l'ensemble des opérations et les défis qu'elles impliquent.

L'environnement exigeant des salles de contrôle fait de la formation un enjeu central pour leur bon fonctionnement. Pour être capable de prendre des décisions éclairées, de détecter les anomalies dès leur apparition et de les gérer efficacement, tout en supervisant des processus variés, un opérateur doit parfois suivre plusieurs années de formation avant de devenir pleinement opérationnel et autonome. L'intelligence artificielle peut jouer un rôle clé dans ce domaine : en soutenant les opérateurs dans leurs prises de décisions, en les aidant à identifier les anomalies ou en préparant certaines actions à valider, elle permet de renforcer leur efficacité, leur précision et leur autonomie, tout en réduisant significativement le temps nécessaire à leur formation.

En parallèle, certaines opérations de contrôle dépendent fortement, voire exclusivement, de l'expertise de quelques opérateurs expérimentés. Mais que se passe-t-il lorsque les rares spécialistes maîtrisant un processus critique sont indisponibles ? Aujourd'hui encore, cette dépendance à une poignée d'experts représente un risque important pour de nombreuses salles de contrôle. Là aussi, l'IA apporte une réponse - elle peut :

- assister les opérateurs moins expérimentés dans la prise de décisions complexes
- automatiser certaines tâches critiques
- rendre les processus de supervision plus intelligents

En s'appuyant sur ces technologies, il devient possible de **limiter la vulnérabilité liée à l'expertise humaine**, tout en renforçant la **continuité** et la **fiabilité** des opérations.



L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE : QUELS APPORTS CONCRETS ?

La question que vous vous posez probablement est : « **Comment ?** ». Comment l'intelligence artificielle peut-elle apporter une valeur ajoutée tangible dans les salles de contrôle et de supervision ?

Nous vous proposons ici d'explorer quelques cas d'utilisation concrets, pour illustrer le potentiel de cet outil dans des environnements complexes. Cette liste n'est bien sûr pas exhaustive.

ANALYSE EN TEMPS RÉEL : DÉTECTER CE QUE L'HUMAIN POURRAIT MANQUER

Les outils d'intelligence artificielle intégrés à des systèmes de caméras CCTV (Close-Circuit TeleVision) offrent de nombreuses fonctionnalités, notamment en termes de détection d'anomalies. Par exemple, ils peuvent repérer des comportements à risques (non-port de casque ou de gants, mauvaise posture lors du soulèvement de charges, chutes, etc.), signaler des intrusions dans des zones restreintes ou encore détecter des objets encombrants obstruant des passages.



Lorsqu'ils sont couplés à d'autres capteurs (thermiques, infrarouges, humidité, odeurs, etc.), ces systèmes permettent aussi de détecter des fuites, des risques d'explosion ou d'autres menaces sécuritaires.

Les capacités d'analyse de l'IA s'étendent à tout type de données en entrée, ce qui les rend précieuses dans des environnements industriels générant des volumes massifs d'informations. En consolidant et analysant ces données en temps réel, l'IA fournit des éclairages essentiels sur les processus passés, en cours ou à venir.

RÉDUCTION DE LA CHARGE COGNITIVE DES OPÉRATEURS : L'ASSISTANT 2.0

Dans un environnement critique comme une salle de contrôle, l'opérateur est confronté à une masse d'informations qu'il doit analyser rapidement tout en gérant simultanément des alertes et en collaborant avec d'autres membres de l'équipe.

L'IA peut intervenir en allégeant cette charge cognitive de plusieurs manières :



Détection et priorisation : Identification des informations critiques et routage intelligent des données pour fluidifier la communication entre opérateurs.



Rapports intelligents : Génération de mains courantes synthétiques qui mettent en avant les éléments essentiels pour les changements de poste ou les suivis ultérieurs.



Interfaces augmentées : Développement d'interfaces enrichies pour améliorer l'expérience utilisateur dans les salles de contrôle.



Gestion des alarmes : Simplification du traitement des alarmes pour réduire le stress lié à une surcharge d'alertes.

Ces solutions contribuent à une meilleure efficacité et à une réduction des erreurs humaines.

AIDE À LA DÉCISION : LA BONNE INFORMATION, AU BON MOMENT, POUR LA BONNE PERSONNE

Au-delà de la réduction de la charge cognitive, l'IA peut assister l'opérateur dans sa prise de décision. Cela est particulièrement utile dans des situations où les décisions doivent être rapides et fondées sur un grand volume d'informations. Les systèmes experts et la logique floue permettent de simuler des prises de décision et de fournir des recommandations précises à l'opérateur, voire d'automatiser certaines actions.

Cela peut permettre de donner priorité à certains incidents, réduire les fausses alertes, accélérer les processus de décisions en général et finalement réduire le fort besoin en expertise humaine dans la prise de décision pour les situations complexes.

L'intelligence artificielle permet également d'analyser rapidement des scénarios en temps réduit (ou « *What-if* »), offrant à l'opérateur une visibilité sur les conséquences de ses actions avant leur exécution. Cette fonction est précieuse pour les débutants ou face à des situations critiques et inédites.

MAINTENANCE OPTIMISÉE : PRÉVENTION ET PRÉDICTION

L'IA excelle dans l'analyse prédictive. En exploitant des données issues des équipements, elle peut anticiper les pannes et permettre une maintenance prédictive. Contrairement à la maintenance curative (intervention après une panne) ou préventive (entretien régulier), la maintenance prédictive cible précisément les interventions nécessaires, réduisant les coûts et les interruptions.

Dans le domaine de la cybersécurité, une application similaire permet de détecter des failles potentielles ou des tentatives d'intrusion avant qu'elles ne causent des dommages. Plus globalement, l'IA pourrait permettre d'aider à **détecter les incidents à venir**, quel que soit le secteur d'activité.

OPTIMISATION DES PROCESSUS DE FONCTIONNEMENT DE LA SALLE DE CONTRÔLE

L'IA peut également transformer le fonctionnement interne des salles de contrôle :

- **Amélioration organisationnelle** : Monitoring des performances individuelles pour créer des roulements optimisés et proposer des formations ciblées.
- **Automatisation** : Rationalisation des processus en automatisant des tâches répétitives ou en utilisant des assistants virtuels.
- **Commandes vocales et résumés** : Les intelligences artificielles de traitement du langage naturel peuvent résumer des rapports complexes et permettre l'utilisation de commandes vocales pour simplifier les opérations.

Ces améliorations augmentent l'efficacité générale de l'équipe et réduisent les goulots d'étranglement organisationnels.

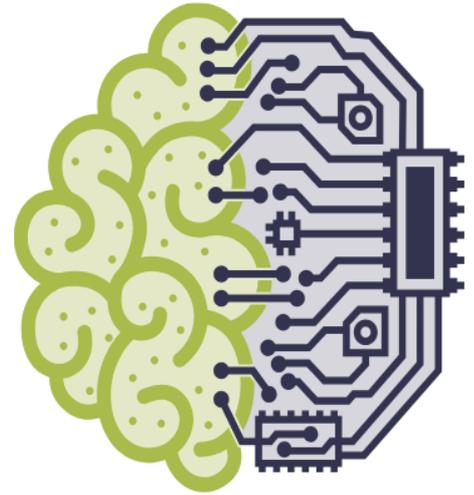
L'intelligence artificielle ne se contente pas d'ajouter de la valeur ; elle transforme les salles de contrôle en des centres opérationnels plus intelligents et réactifs.

Adopter ces technologies, c'est s'assurer une meilleure gestion des opérations, une réduction des coûts et une amélioration continue des performances dans des environnements toujours plus complexes.

PRÉREQUIS ET MISE EN PLACE

L'intelligence artificielle (IA), pour être pleinement exploitée, nécessite une alimentation en données, de bonne qualité et souvent en grande quantité.

Avant d'aborder le fonctionnement de quelques outils d'IA, nous vous proposons un tour d'horizon des types de données présentes dans les environnements de contrôle et de supervision, ainsi que des principes clés pour leur bonne utilisation.



LES TYPES DE DONNÉES EN SALLE DE CONTRÔLE

Les salles de contrôle sont des environnements où une grande diversité de données converge pour être surveillée, analysée et manipulée.

Ces données peuvent être regroupées en trois grandes catégories, qui doivent être traitées de manière simultanée et optimisée pour assurer une gestion efficace.

LES DONNÉES DE PROCESSUS

Ce sont les informations issues des processus à superviser ou contrôler.

- Sources physiques : capteurs, caméras, détecteurs, utilisant des protocoles variés (IoT, SCADA).
- Sources non matérielles : logiciels, pages web, machines virtuelles.

Ces données constituent le cœur des opérations et sont souvent très nombreuses et hétérogènes.

Les protocoles utilisés pour les manipuler sont très variés et leur traitement peut être fait au travers de systèmes SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) ou de l'IIoT. Nous avons rédigé un [billet de blog](#) étudiant les deux systèmes de gestion de la donnée.

LES DONNÉES D'INFRASTRUCTURE IT

Ces données concernent **l'état des équipements IT** qui soutiennent la transmission des informations de processus. Il peut s'agir des données concernant le statut d'un équipement IT (en fonctionnement, ralenti, en arrêt) ou les caractéristiques de son usage comme la mémoire utilisée, le débit en cours ou la bande passante utile.

C'est grâce au bon traitement de ces données que les alertes sont efficacement gérées au niveau de la salle de contrôle. Si une alerte survient, la première étape est de vérifier que la source de l'alerte fonctionne correctement, et ainsi distinguer si le problème vient du processus ou bien de l'infrastructure elle-même. Ces données permettent également de détecter l'origine d'une panne : si une information est manquante, on va pouvoir détecter si le défaut vient du capteur, du commutateur ou encore plus simplement de l'affichage.

Une bonne utilisation de ces données permet donc de s'assurer une continuité de service et une détection rapide de pannes, mais également d'optimiser la transmission de l'information en détectant les goulots d'étranglement et les sous-capacités de traitement des équipements de l'infrastructure IT.

LES DONNÉES D'ENVIRONNEMENT OU DE SITUATION

Enfin, moins évidentes mais souvent déterminantes, les données d'environnement ou de situation sont toutes les données qui permettent aux opérateurs de prendre des décisions à partir d'éléments d'information supplémentaire pouvant avoir des **origines très diverses**.

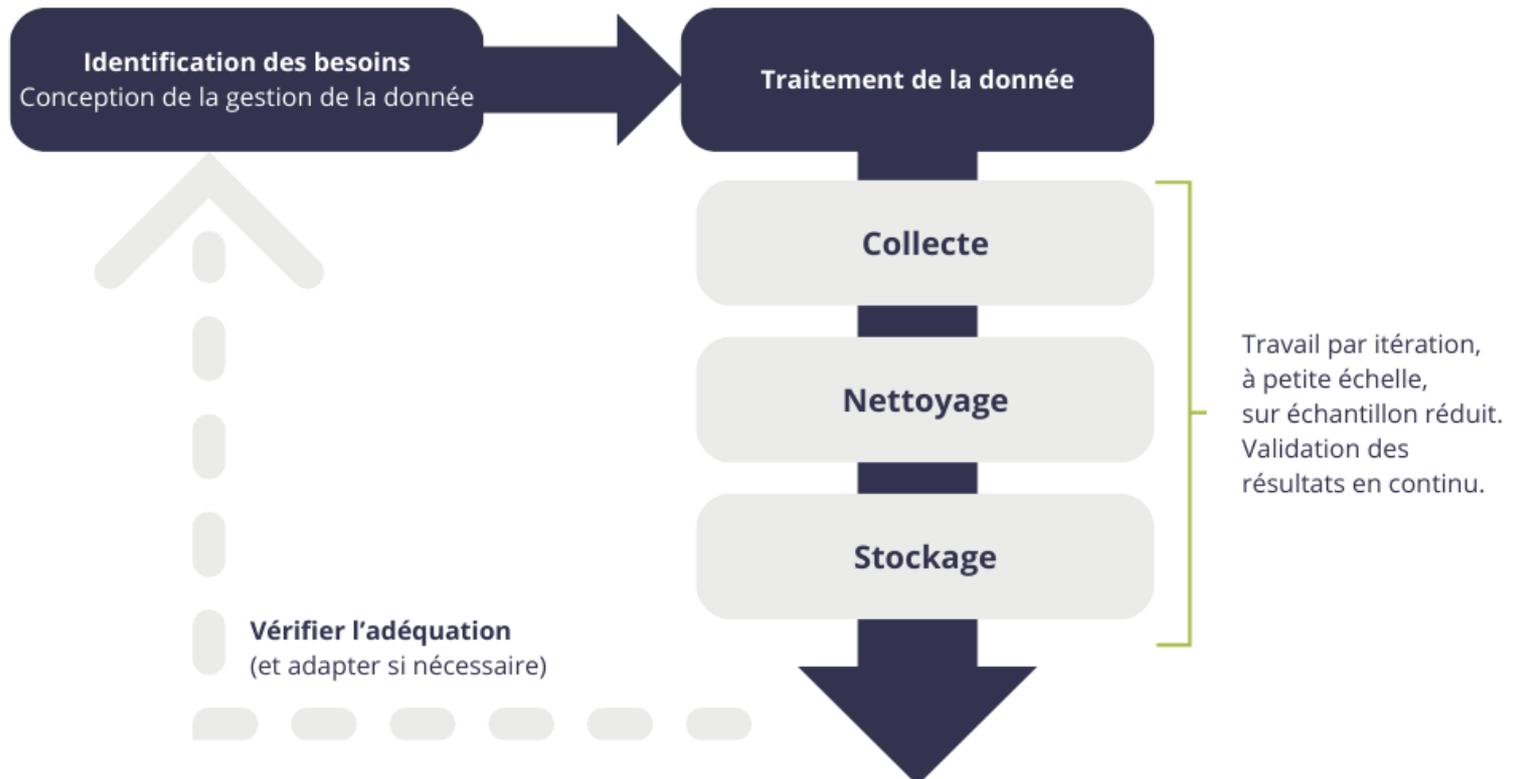
Il s'agit là d'informations qui peuvent provenir de l'environnement dans lequel se trouve l'opérateur : la météo extérieure, la température dans la salle de contrôle, le bruit ou l'affluence de la salle, la luminosité, etc.

Mais également de données sur la situation en cours pendant les opérations : l'absence d'un opérateur ou la présence d'un superviseur, situation politique particulière, connaissance d'une information particulière provenant de collègues ou de prestataires, situation d'urgence, etc.

Ces données, bien que d'apparence peu tangibles, entraînent souvent les conséquences les plus fortes sur la gestion des événements en salle de contrôle, et doivent, au même titre que les données de processus ou d'infrastructure, être entièrement traitées pour que les opérations de contrôles soient le plus efficaces possible.

LE TRAITEMENT DES DONNÉES

Quel que soit le type de données auquel nous sommes confrontés, il est toujours nécessaire de les traiter préalablement afin de pouvoir ensuite les exploiter, car les modèles d'intelligence artificielle ont besoin de données propres pour pouvoir être efficaces. La gestion et le traitement de la donnée suit un processus classique que nous allons détailler dans cette partie, bien que plusieurs procédures existent, elles suivent presque toutes le même schéma.



L'IDENTIFICATION DES BESOINS

Avant de commencer le traitement des données, il est obligatoire de définir le cadre de celui-ci, et cela va dépendre du projet dans lequel on va se lancer.

Une quantité énorme de données pourrait être disponible, il est nécessaire de **cibler celles qui ont de l'intérêt pour l'objectif poursuivi**.

Il est aussi important de définir chaque **source** de données avec lesquelles on compte interagir, ainsi que la typologie des données en question.

Il est aussi nécessaire de définir la fréquence de collecte, la fréquence d'analyse, la quantité totale de données à gérer, etc.

Ce n'est qu'une fois le projet de gestion de données correctement cadré que l'on pourra commencer le traitement de la donnée.

LA COLLECTE

La première étape, mais pas des moindres, est l'extraction, ou la collecte, de l'ensemble des données que l'on souhaite exploiter. L'objectif est d'obtenir les données nécessaires et à la fréquence souhaitée depuis chaque source ciblée.

Pour ce faire, il faut ouvrir le bon canal de communication avec chaque source de données, et utiliser les protocoles adéquats (Modbus ou OPC-UA pour certains automates, MQTT pour des équipements IoT, etc.).

C'est à cette étape qu'on distingue les données qu'on souhaite collecter en temps réel (streaming) ou ponctuellement en les stockant (batch).

Parfois, c'est directement lors de la collecte des données qu'on effectue un pré-traitement, en vérifiant que les formats sont conformes à l'attendu, et que le flux de données va pouvoir continuer sans interruption ou erreur de traitement. L'edge computing consiste à traiter la donnée à proximité de la source, avant le stockage, en opposition au cloud computing, qui constitue le traitement post-stockage.

LE STOCKAGE

L'étape suivant la collecte dans un schéma classique du flux de données est le stockage. Se distinguent ici l'edge computing (un pré-traitement de la donnée à proximité de la source) et le cloud computing (traitement de la donnée dans le cloud).

La définition de l'architecture des flux de données est une expertise à part entière où des décisions propres à l'environnement du client sont à prendre selon les critères de sécurité et de performance désirés. Les différents types de stockage qui peuvent en découler (Datalake, Data Warehouse, Database, etc.) et leur localisation (Cloud ou on-premise) ont chacun leurs particularités et avantages.

Le traitement des données en temps réel nécessite également une architecture dédiée qui diffèrera selon les projets.



LE NETTOYAGE

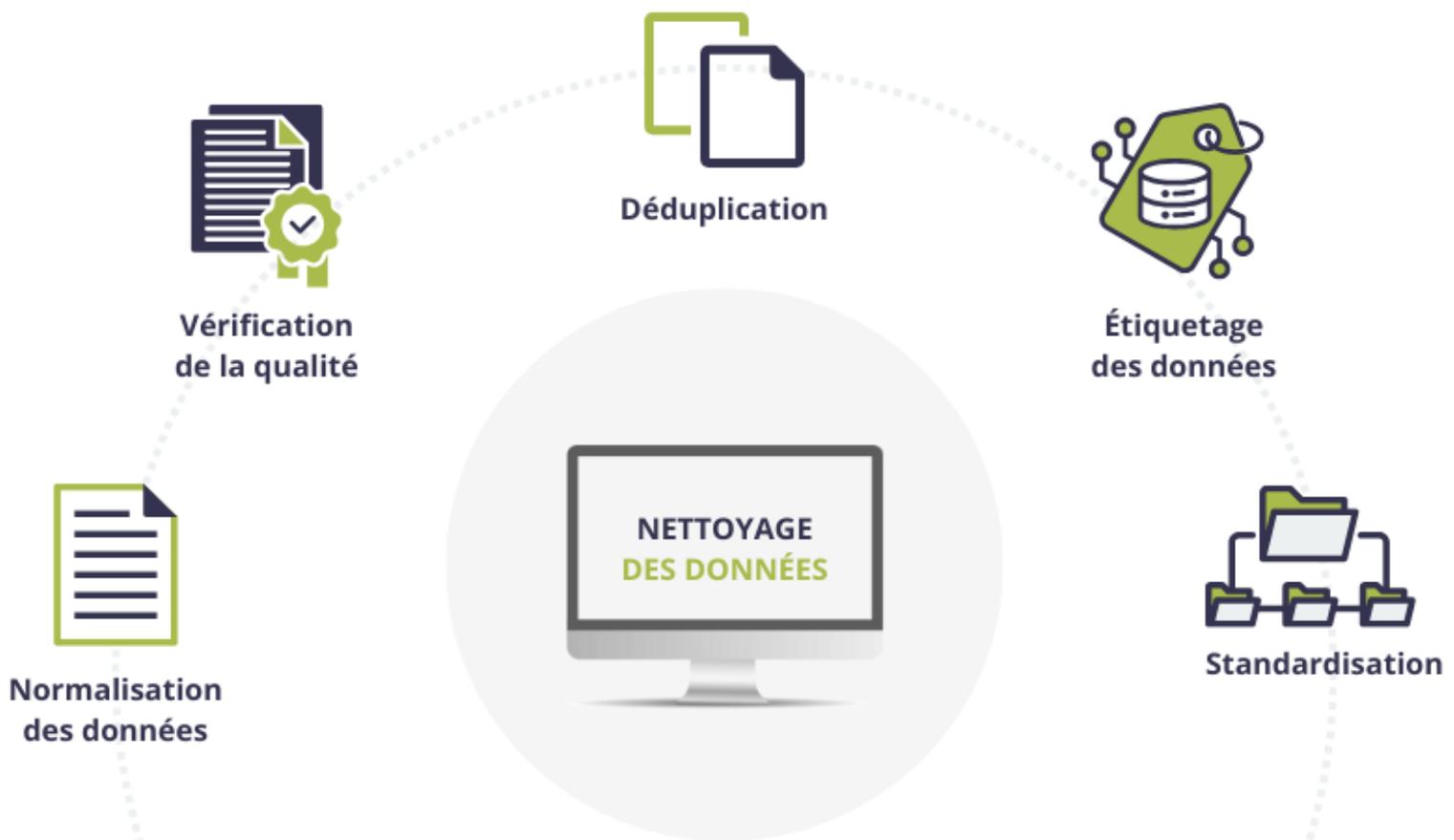
Le nettoyage est vraisemblablement l'étape de gestion de la donnée qui fait toute la différence entre un projet à grande valeur ajoutée ou un projet offrant peu de résultats opérationnels. Selon le mode de stockage utilisé, cette étape peut aussi être effectuée en amont de la précédente, si le modèle choisi comprend des prérequis à la donnée qui doit être stockée.

Qu'il soit effectué en amont ou en aval du stockage, le nettoyage de la donnée est l'étape qui permet de passer de la donnée brute à de la donnée exploitable.

À l'image d'un tamis qui enlèverait les grumeaux dans la farine avant de pouvoir cuisiner avec, le nettoyage de la donnée consiste à lui appliquer des filtres pour la rendre exploitable.

Il peut s'agir de corrections à apporter pour pallier des défauts d'acquisition comme la détection de valeurs anormales ou le remplacement de valeurs manquantes.

Il peut aussi exister des traitements plus spécifiques, en lien avec les besoins à venir pour le traitement comme de la normalisation, de la segmentation ou de l'enrichissement par étiquetage des données.



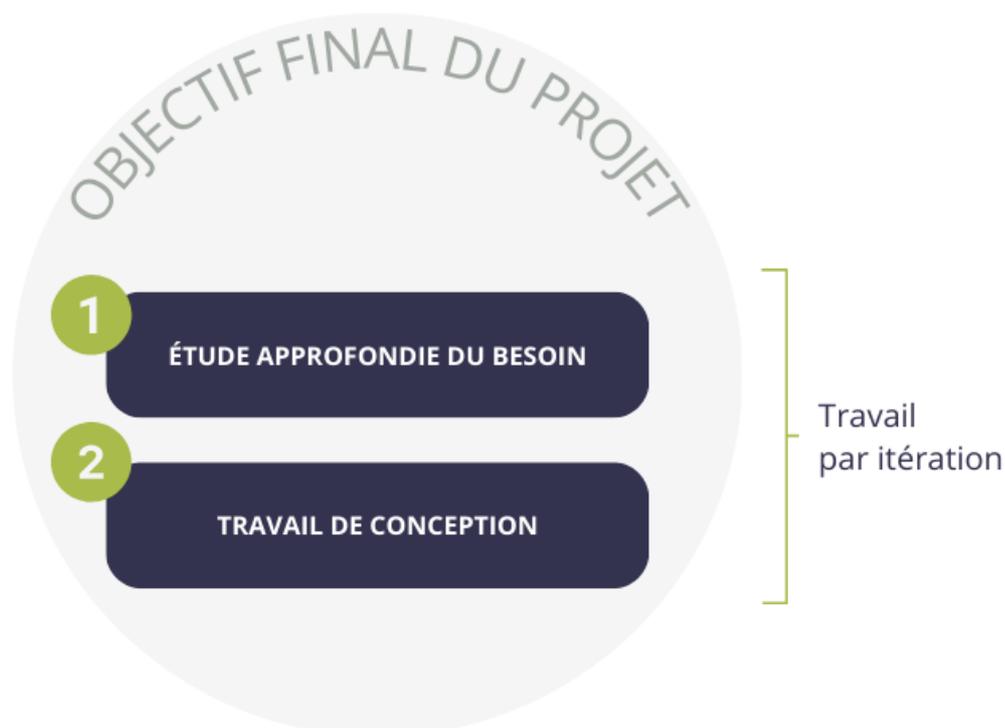
LES CLÉS POUR UNE GESTION RÉUSSIE

Respecter quelques principes fondamentaux en matière de gestion de données permettra un plus grand taux de réussite de vos projets en Intelligence Artificielle.

Premièrement, il faut bien garder en tête qu'une réelle **étude approfondie du besoin** est nécessaire avant d'entamer un tel projet. Il faut savoir quelles données sont accessibles et déterminer lesquelles sont utiles et par lesquelles on souhaite commencer.

Ensuite, un **travail de conception** doit avoir lieu. Il faut penser l'architecture de la donnée, définir les flux qui circuleront et les modalités de collecte, de stockage et de nettoyage.

Une bonne pratique est **de travailler par itération**. On commence avec une collecte à petite échelle pour vérifier le bon fonctionnement des flux conçus, et avec observation des premiers résultats. Cela permet de valider chaque étape de la gestion de données et de construire une solution concrète et vérifiée.



Enfin, à la suite des étapes précédentes et au fil des itérations, il **ne faut jamais oublier l'objectif final du projet**. Il est important de se questionner tout au long du projet sur la réponse que la solution en construction apportera, et si elle correspond au besoin initial.

En suivant ces conseils, vous assurerez une gestion des données de qualité, ce qui est un prérequis indispensable à tout projet d'IA dans les salles de contrôle.

QUELQUES OUTILS D'IA ET DE GESTION DE DONNÉES - ET LEURS FONCTIONS PRINCIPALES

Nous vous proposons un rapide tour d'horizon des outils que nous pouvons le plus fréquemment retrouver dans les projets de gestion de données ou d'intelligence artificielle dans les environnements de salles de contrôle.

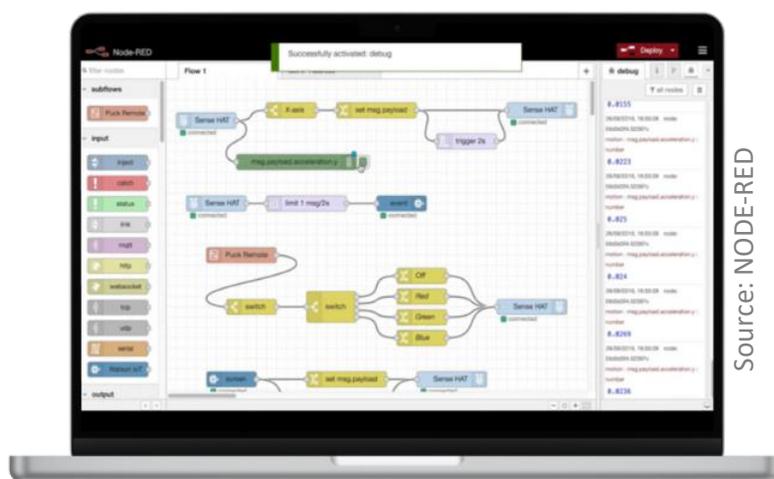
IIOT - INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS

Vous avez sûrement entendu parler de l'IoT (Internet of Things), eh bien l'IIoT (Industrial IoT) est tout simplement son application industrielle. Il repose sur une multitude de dispositifs connectés et de capteurs intelligents permettant la collecte d'un grand nombre de données en milieu industriel.

À l'aide d'une communication généralement au travers du Cloud, et grâce à ses protocoles de communication modernes (MQTT, AMQP, ...), il permet à la fois une collecte massive et un transport rapide des données. Si vous voulez en savoir plus à ce sujet, le [billet de blog étudiant les SCADA et l'IIoT](#) devrait vous être utile.

NODE-RED

Node-RED est un outil de gestion d'événements. Développé en open-source « low-code », (à faible code) il permet de créer une architecture de flux de données et de connecter des dispositifs, des capteurs et des API à l'aide d'une interface graphique. En choisissant les dispositifs en entrée et en sortie, et en leur associant des fonctions de traitement de données, il est possible de constituer des infrastructures de gestion de données de façon simplifiée. Il nécessite une prise en main et une maîtrise pour pouvoir être utilisé efficacement, mais il permet de concevoir des architectures de données sans avoir besoin d'écrire des lignes de code. Pour des utilisations plus avancées et à grande échelle, il est tout de même possible d'optimiser l'outil avec ses propres scripts.



MACHINE LEARNING

Le Machine Learning est une branche de l'intelligence artificielle dans laquelle des modèles sont entraînés pour apprendre et s'améliorer en autonomie à partir d'un grand nombre de données existantes pour accomplir une tâche, qui peut être par exemple de détecter des anomalies, classifier des situations ou prédire des incidents. Cela permet notamment de **réduire les temps d'arrêt**, **d'optimiser les ressources** ou encore d'améliorer la **sécurité** des sites industriels.

Pour mettre en place une solution de Machine Learning, il faut commencer par choisir un modèle en fonction de la nature et de la taille du problème. Ensuite, à partir d'un grand nombre de données préalablement collectées et nettoyées, on va entraîner le modèle pour qu'il apprenne de lui-même et ajuste itérativement ses paramètres au cours de l'entraînement afin d'arriver à un taux satisfaisant de réussite. Vient ensuite la phase de tests, puis celle de déploiement et finalement de maintien des modèles en place.

Dans le milieu industriel par exemple, à partir de données historiques, des modèles entraînés vont être capables de détecter, à partir des données de production actuelles, les probabilités de pannes à venir. Et des opérations de maintenance vont pouvoir être ciblées sur les machines en question, c'est de ça dont il s'agit quand on parle de maintenance prédictive.



ANALYSE VIDÉO

Avec le besoin d'automatisation du traitement de données et la quantité grandissante de ces dernières, l'analyse en temps réel est un des champs de l'IA qui s'est le plus démocratisé. Et une de ses applications dans les salles de contrôle est l'analyse vidéo en temps réel. À partir de modèles de reconnaissance d'images ou de détection d'anomalies, il est possible d'appliquer un « Filtre IA » à des vidéos pour : détecter des intrusions, identifier des véhicules, vérifier le respect de normes de sécurité, détecter des fuites, contrôler des vitesses, vérifier la présence d'objets ou de personnes, ...

Vous l'aurez compris, les possibilités sont presque infinies et dépendent surtout du besoin.

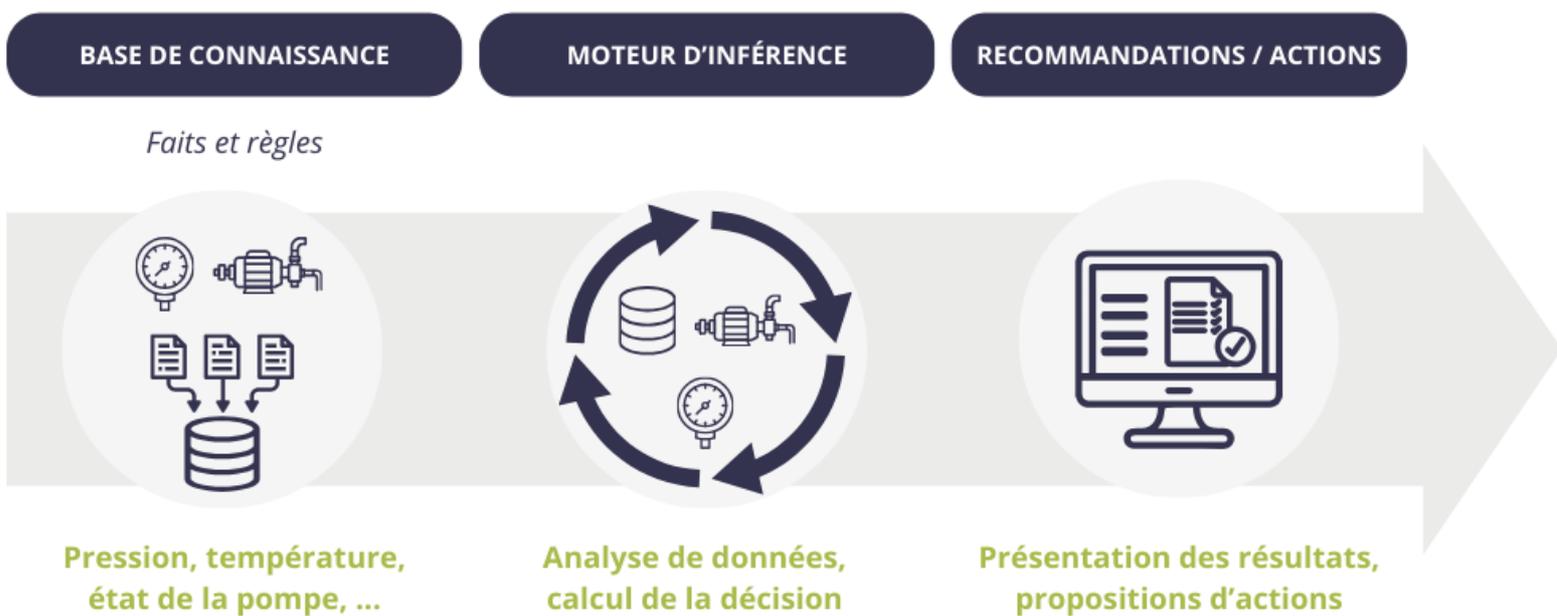
SYSTÈMES EXPERTS

Les systèmes experts sont particulièrement utiles pour la prise de décision en environnement complexe. Ils permettent de formuler des recommandations d'actions à partir d'une bibliothèque de règles et de données factuelles et d'un moteur d'inférence de type « *if-then* ». La puissance de ces systèmes vient de leur rapidité de calcul couplée à un nombre immense de paramètres à prendre en compte.

Dans un projet de mise en place de systèmes experts, il est important de définir en premier lieu les faits sur lesquels devra s'appuyer le système pour formuler les recommandations. Il est aussi primordial de concevoir des règles cohérentes et répondant au besoin du projet, et de les formuler convenablement et intelligemment pour que le système soit le plus efficace possible. Finalement la dernière étape de la mise en place est l'intégration de ces systèmes au sein de l'environnement de contrôle, et dans la chaîne de traitement des données. Il peut par exemple s'intégrer à des systèmes SCADA, et même automatiser certaines actions en réponse aux faits survenus.

Sur le même principe fonctionnent les systèmes de logique floue, très similaires aux systèmes experts, à la différence que les règles qui les régissent sont moins binaires et peuvent formuler des recommandations plus nuancées.

Les deux systèmes constituent quoi qu'il en soit une des principales clés dans l'aide à la prise de décision pour les opérateurs qui doivent agir rapidement, efficacement, et en prenant en compte un grand nombre de facteurs.



Vous avez maintenant une idée de ce qu'il est possible de faire pour optimiser les processus dans un environnement de contrôle, ou pour améliorer les prises de décisions.

Si vous souhaitez en savoir plus, ou discuter de votre besoin avec plus de précision, n'hésitez pas à contacter nos experts en salle de contrôle qui sauront vous orienter vers la solution adéquate.

DEMANDEZ UNE ÉTUDE
PERSONNALISÉE DE VOTRE PROJET

MOTILDE

33 Avenue du Maine - 75015 Paris

+33 (0)2 34 40 00 14

contact@motilde.com