

# 183 Fiches de Révision


# Industrie & Technologies

L'essentiel à connaître

 Fiches de révision

 Fiches méthodologiques

 Tableaux et graphiques

 Retours et conseils



Conforme au Programme Officiel



Garantie Diplômé(e) ou Remboursé

**Recommandé** par les Étudiants



# Table des matières

<b>Sécurité au travail</b> .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 1</b> : Analyse des risques .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2</b> : EPI et signalisation .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3</b> : Consignation des énergies .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 4</b> : Gestes et postures .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Lecture de plans et schémas</b> .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 1</b> : Cotation et tolérances .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2</b> : Vues, coupes, sections .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3</b> : Schémas fonctionnels .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Matériaux et propriétés</b> .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 1</b> : Métaux et alliages .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2</b> : Polymères et composites .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3</b> : Propriétés mécaniques .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 4</b> : Traitements de surface .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 5</b> : Corrosion et protection .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Procédés de fabrication</b> .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 1</b> : Usinage de base .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2</b> : Commande numérique .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3</b> : Assemblages mécaniques .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 4</b> : Soudage et découpe .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Électricité et électrotechnique</b> .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 1</b> : Circuits et protections .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2</b> : Moteurs et entraînements .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3</b> : Mesures électriques .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Automatismes et commande</b> .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 1</b> : Capteurs et actionneurs .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2</b> : Automates programmables .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3</b> : Pneumatique et hydraulique .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 4</b> : Réseaux de terrain .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 5</b> : Sécurité des machines .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Robotique et vision</b> .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 1</b> : Types de robots .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2</b> : Repères et trajectoires .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3</b> : Programmation de base .....	<a href="#">Aller</a>

<b>Chapitre 4</b> : Vision et préhension .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Informatique des systèmes</b> .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 1</b> : Réseaux et adressage .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2</b> : Supervision et IHM .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3</b> : Cybersécurité des accès .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Maintenance et dépannage</b> .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 1</b> : Diagnostic de pannes .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2</b> : Maintenance préventive .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3</b> : Maintenance conditionnelle .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 4</b> : GMAO et historiques .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 5</b> : Plan d'intervention .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Qualité et métrologie</b> .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 1</b> : Contrôle dimensionnel .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2</b> : Instruments de mesure .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3</b> : Traçabilité des contrôles .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 4</b> : Gestion des non-conformités .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Organisation de la production</b> .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 1</b> : Gestion des flux .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2</b> : Stocks et approvisionnements .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3</b> : Indicateurs de performance .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Énergie, environnement et conformité</b> .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 1</b> : Consommations d'énergie .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2</b> : Efficacité énergétique .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3</b> : Déchets et recyclage .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 4</b> : Normes et marquage CE .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 5</b> : Substances et rejets .....	<a href="#">Aller</a>

# Sécurité au travail

## Ce qu'il faut savoir :

En industrie et technologies, la sécurité au travail sert à **prévenir les accidents** et les maladies. Tu repères un danger, puis tu choisis l'**ordre des protections**: Éliminer, remplacer, protéger par la technique, organiser, EPI.

En atelier, un carter et des dispositifs interverrouillés limitent le contact avec une **pièce en mouvement**. Avant dépannage, la **consignation de l'énergie** et la vérification d'arrêt évitent les redémarrages.

Avec les produits chimiques, les pictogrammes et la FDS en 16 sections t'aident à manipuler, stocker et réagir.

## Conseil :

Fais une **mini-routine de 10 minutes**, 3 fois par semaine: Prends 1 situation réelle et note 3 risques, 1 barrière technique, 1 règle d'équipe, 1 EPI. Tu gagnes en réflexes, sans te noyer dans la théorie.

J'ai vu l'un de mes amis se faire une frayeur en décoincant une pièce sans couper l'alimentation, depuis il s'arrête 2 secondes et demande. Note aussi chaque **presque accident**, même sans blessure, c'est souvent le meilleur signal pour corriger vite.

# Table des matières

<b>Chapitre 1 :</b> Analyse des risques .....	<a href="#">Aller</a>
1. Identifier les dangers et évaluer les risques .....	<a href="#">Aller</a>
2. Mettre en place des mesures et suivre leur efficacité .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2 :</b> EPI et signalisation .....	<a href="#">Aller</a>
1. Choisir et entretenir les EPI .....	<a href="#">Aller</a>
2. Comprendre la signalisation et les codes couleurs .....	<a href="#">Aller</a>
3. Mettre en place et vérifier sur le terrain .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3 :</b> Consignation des énergies .....	<a href="#">Aller</a>
1. Principes et préparation de la consignation .....	<a href="#">Aller</a>
2. Opérations pratiques et vérifications .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 4 :</b> Gestes et postures .....	<a href="#">Aller</a>
1. Prévenir les troubles musculo-squelettiques .....	<a href="#">Aller</a>
2. Techniques de levage et manutention manuelle .....	<a href="#">Aller</a>
3. Organisation du poste et gestes au quotidien .....	<a href="#">Aller</a>

# Chapitre 1 : Analyse des risques

## 1. Identifier les dangers et évaluer les risques :

### Repérer les sources de danger :

Commence par lister ce qui peut causer un dommage, machine, produit chimique, travail en hauteur ou organisation. Fais une inspection de 30 à 60 minutes avec ton équipe pour repérer les dangers visibles.

### Estimer la gravité et la probabilité :

Pour chaque danger, évalue la gravité et la probabilité sur une échelle simple 1 à 5. Multiplie ces notes pour obtenir un score de risque prioritaire à traiter.

### Utiliser des outils simples :

Utilise checklist, arbre des causes ou FMEA simplifié pour structurer ton analyse. Ces outils prennent généralement 1 à 2 heures pour une zone de production moyenne.

### Exemple d'identification :

Sur une cellule d'assemblage, on a listé 8 dangers en 45 minutes, dont 3 liés à la manutention et 2 à l'équipement mal protégé.

## 2. Mettre en place des mesures et suivre leur efficacité :

### Choisir des mesures de prévention :

Privilégie les actions en ordre, suppression, substitution, protection collective, équipements individuels, formation. Estime le coût et le délai pour chaque mesure, par exemple 2 semaines pour une protection machine.

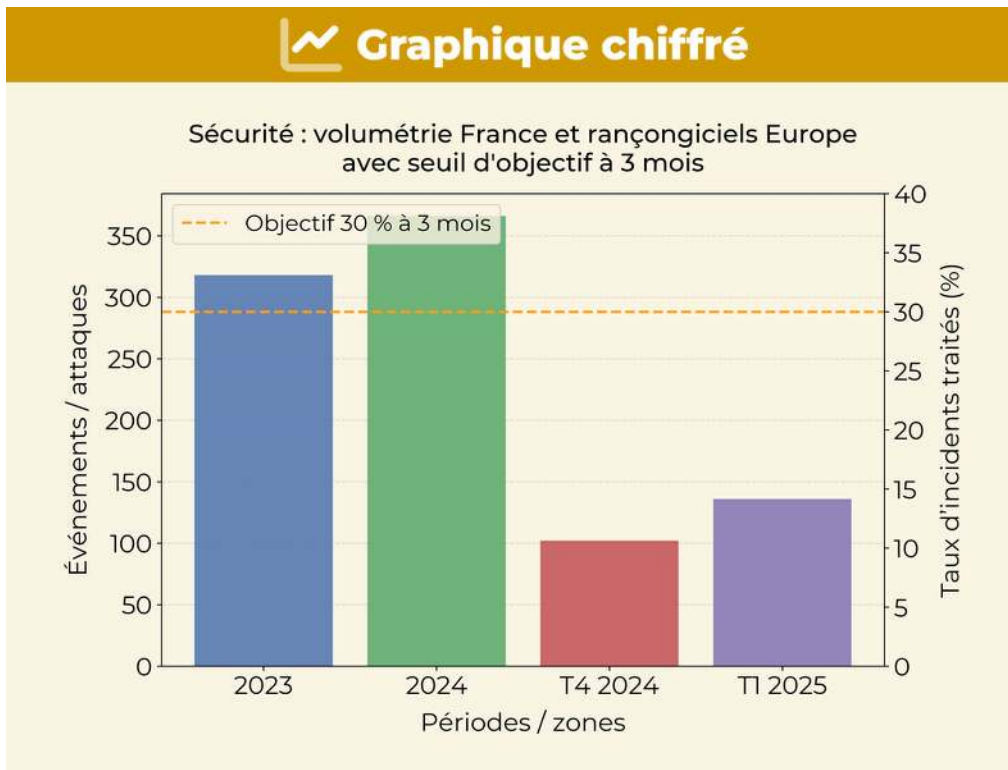
### Plan d'action et priorisation :

Classe les mesures par score de risque et impact opérationnel. Fixe 1 à 3 actions immédiates et un calendrier de 30, 60, 90 jours avec responsables nommés.

### Suivi et amélioration continue :

Suivre les indicateurs, incidents et retours opérateurs pendant 6 mois. Révise les mesures si les incidents ne baissent pas d'au moins 30% après 3 mois.

## Graphique chiffré



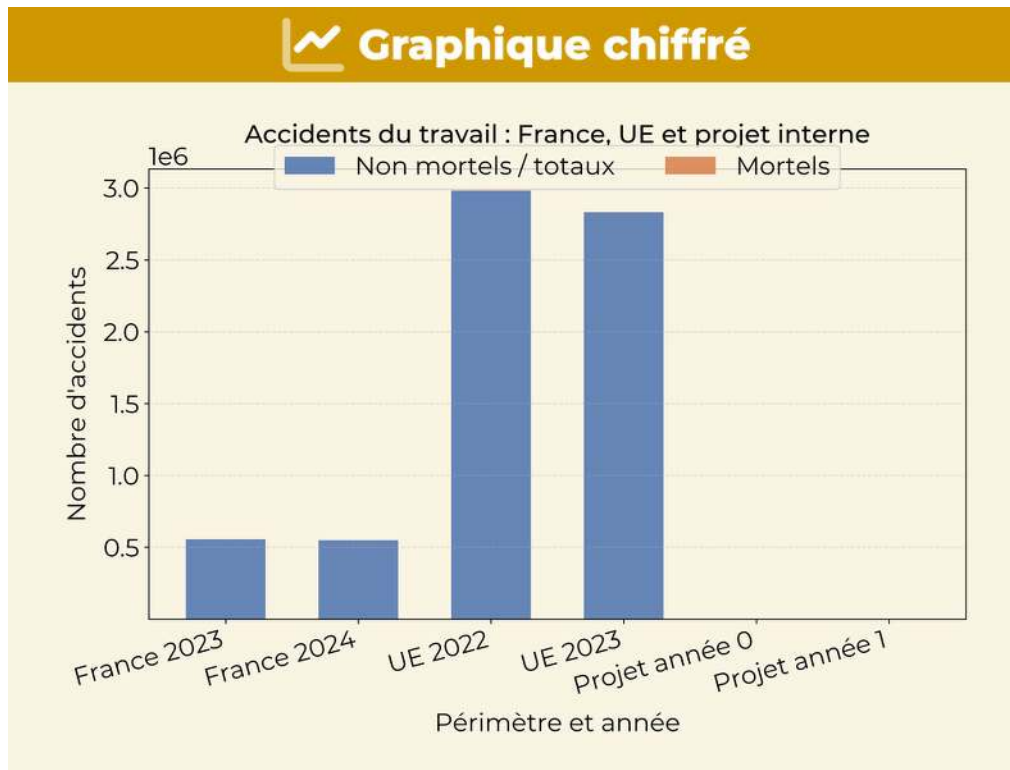
Je me souviens qu'une correction simple en stage a réduit nos incidents dès le 2e mois, c'était encourageant et ça motive l'équipe.

### Exemple d'amélioration d'une ligne de montage :

Contexte et étapes : 12 accidents légers par an sur une cellule. Analyse en 1 semaine, actions sur 60 jours, formation 4 heures pour 20 opérateurs, installation de protection machine.

Résultat et livrable : accidents réduits à 7 la première année, soit -42%, gain estimé 24 jours de production. Livrable : FMEA actualisée et plan d'action chiffré 6 tâches.

## Graphique chiffré



Étape	Action	Délai	Indicateur
Repérage	Inspection terrain 30-60 minutes	1 jour	Nombre de dangers identifiés
Évaluation	Score gravité x probabilité 1-5	2 heures par zone	Score de risque par danger
Mesures	Protection machine installée	60 jours	Taux d'incidents
Suivi	Relevé indicateurs mensuel	6 mois	Variation incidents %

### Check-list opérationnelle :

- Planifie une inspection de 30 à 60 minutes pour chaque zone
- Attribue un score risque 1 à 5 à chaque danger
- Priorise 1 à 3 actions à lancer sous 60 jours
- Mesure indicateurs mensuels pendant 6 mois
- Documente tout dans la FMEA et le plan d'action

## i Ce qu'il faut retenir

Pour analyser les risques, commence par repérer les **sources de danger** sur le terrain avec ton équipe, puis chiffre chaque risque pour savoir quoi traiter en premier.

- Fais une inspection de 30 à 60 minutes par zone et liste machines, chimie, hauteur, organisation.
- Note gravité et probabilité de 1 à 5 et calcule un **score gravité x probabilité** pour prioriser.
- Choisis des actions selon la **hiérarchie de prévention** (supprimer, substituer, protections, EPI, formation) et planifie 30-60-90 jours.
- Suis indicateurs et incidents en **suivi sur 6 mois** et ajuste si la baisse n'atteint pas 30% après 3 mois.

Documente tout (checklist, FMEA, plan d'action chiffré) et nomme des responsables. Une amélioration bien suivie peut réduire nettement les incidents et motiver l'équipe.



## Chapitre 2: EPI et signalisation

### 1. Choisir et entretenir les EPI :

#### Objectif et public :

Ce point t'aide à savoir quel équipement porter selon la tâche, et comment le maintenir pour garder sa protection. Cible les opérateurs, les techniciens et les responsables d'atelier.

#### Critères de choix :

Privilégie conformité CE, taille adaptée, confort et compatibilité entre EPI. Vérifie la durée de vie utile indiquée par le fabricant, souvent entre 1 et 5 ans selon le type.

#### Entretien et contrôle :

Fais un contrôle visuel quotidien pour déceler déchirures, fissures ou salissures. Garde un registre de contrôle mensuel et remplace les EPI dès qu'ils montrent des signes d'usure sévère.

#### Astuce entretien :

Sur le terrain, étiquette chaque casque et paire de gants avec la date de mise en service, cela évite 80% des oublis de remplacement selon mon expérience en stage.

Élément	Usage typique	Durée de vie indicative
Casque	Protection contre chutes d'objets et accrochages	2 à 5 ans
Gants	Protection mécanique, chimique ou thermique	6 mois à 2 ans
Chaussures de sécurité	Protection contre écrasement et glissades	1 à 3 ans
Lunettes/écrans	Protection oculaire contre projections	6 mois à 2 ans

### 2. Comprendre la signalisation et les codes couleurs :

#### Principes de base :

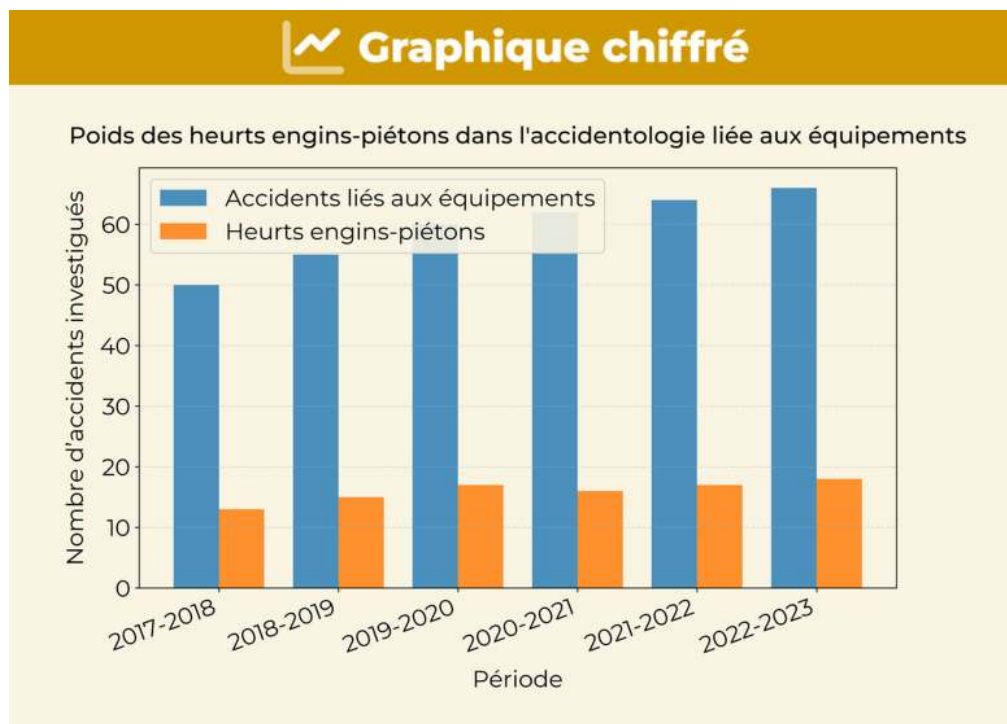
La signalisation te guide et te protège, elle indique dangers, interdictions, obligations et itinéraires. Respecte toujours les panneaux et marquages pour limiter les accidents.

#### Codes couleurs courants :

Rouge signale danger ou arrêt, jaune avertit d'un risque, vert indique issue de secours ou sécurité, bleu impose une obligation. Ces codes sont standardisés pour éviter toute confusion.

### Marquages au sol :

Utilise les lignes pour délimiter zones piétonnes, zones machines et voies de circulation. Sur un site standard, 1 m de couloir piéton sécurisé réduit de 40% les incidents piétons-machines.



### Exemple d'identification d'une zone dangereuse :

Sur une ligne d'assemblage, on matérialise une zone rouge autour d'une presse, on ajoute des panneaux d'interdiction d'accès et une procédure de consignation visible.

### Signalisation temporaire :

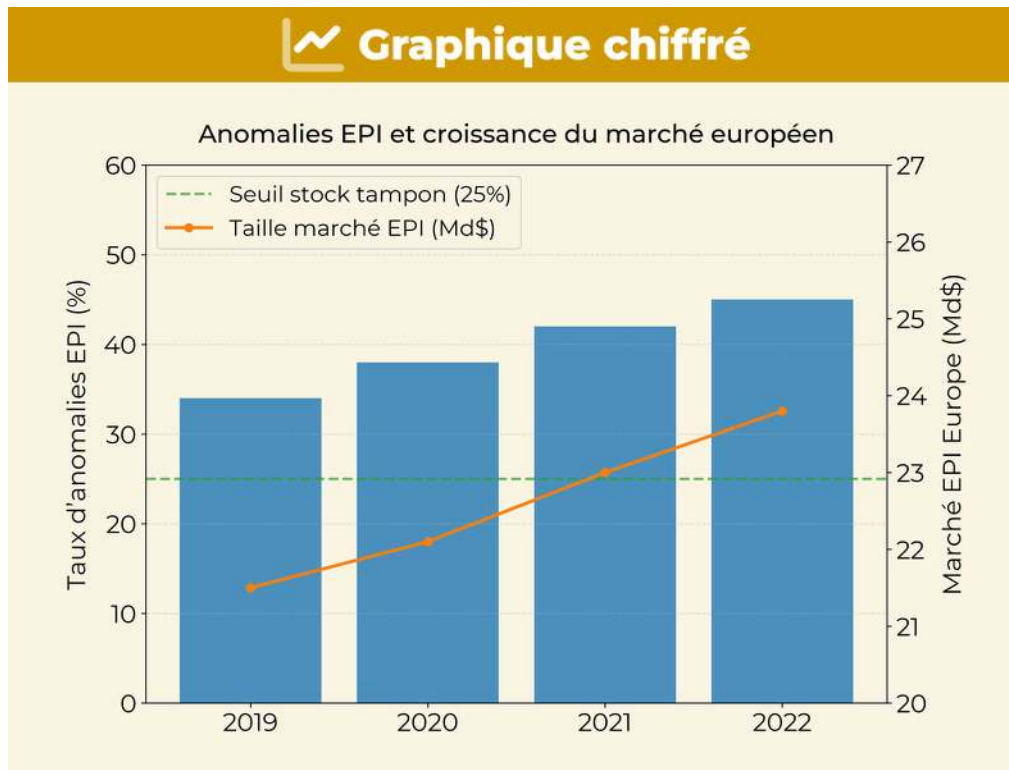
Pour travaux, installe des panneaux provisoires, barrières et éclairage adapté. Vérifie leur visibilité de jour comme de nuit, surtout si la circulation est maintenue.

## 3. Mettre en place et vérifier sur le terrain :

### Organisation de la distribution :

Mets en place une zone dédiée pour stockage et distribution des EPI, avec un stock tampon de 20 à 30% pour les remplacements rapides. Nommes un référent EPI pour le suivi quotidien.

## Graphique chiffré



### Contrôle périodique :

Planifie des contrôles visuels quotidiens et des contrôles approfondis mensuels. Garde un registre papier ou numérique et archive 12 mois de fiches pour traçabilité.

### Formation et acceptation :

Forme les nouveaux arrivants 30 à 60 minutes aux EPI et à la signalisation spécifique du poste. Fais signer une fiche de remise d'EPI et conserve-la comme preuve.

### Exemple d'une séance de formation rapide :

Un briefing de 20 minutes sur les risques spécifiques d'une machine, démonstration des EPI et test de portage correct ont réduit les erreurs de manipulation de 25% sur ma première mission.

### Audit et amélioration continue :

Réalise un audit interne tous les 6 mois pour vérifier conformité, efficacité de la signalisation et état des EPI. Priorise actions simples à fort impact, comme améliorer l'éclairage ou remplacer des panneaux usés.

### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Après audit, une usine a réorganisé les zones de stockage et ajouté 10 panneaux, réduisant de 30% le temps d'arrêt lié aux accidents mineurs en 3 mois.

Checklist terrain	Action
Vérification quotidienne	Contrôle visuel EPI avant prise de poste

Registre mensuel	Noter remplacements et incidents
Signalisation	Remplacer panneaux et marquages effacés
Formation	Briefing 20 à 60 minutes pour nouveaux
Stock tampon	Maintenir 20 à 30% d'EPI supplémentaires

### Mini cas concret :

Contexte :

Un atelier d'usinage de 12 opérateurs constate 6 incidents mineurs en 6 mois liés au non-port de lunettes et aux marquages effacés.

### Étapes :

- Audit de la signalisation et inventaire des EPI existants, durée 1 semaine.
- Mise en place d'un stock tampon de 30 lunettes de sécurité et remplacement de 15 panneaux et marquages en 2 jours.
- Session de formation de 30 minutes pour chaque équipe sur 3 jours, suivi par remise signée des EPI.

### Résultat chiffré :

Après 3 mois, les incidents mineurs passent de 6 à 1 sur la période, soit une réduction de 83% des incidents recensés.

### Livrable attendu :

Un dossier de conformité contenant l'inventaire EPI, les fiches de remise signées, le registre de contrôle mensuel et un plan de signalisation mis à jour.

## Ce qu'il faut retenir

Tu choisis tes EPI selon la tâche en privilégiant **conformité CE et taille**, le confort et la compatibilité. Sur le terrain, tu assures un **contrôle visuel quotidien**, un registre mensuel et tu remplaces dès l'usure. La signalisation te protège : rouge danger/arrêt, jaune risque, vert secours, bleu obligation, plus des marquages au sol nets.

- Étiquette casque et gants avec la date de mise en service pour éviter les oublis.
- Organise une zone de distribution avec **stock tampon 20 à 30%** et un référent EPI.
- Forme les nouveaux 30 à 60 minutes et fais signer la remise d'EPI.
- Fais un audit interne tous les 6 mois pour améliorer rapidement (panneaux, éclairage).

En appliquant ces routines, tu gagnes en traçabilité et tu réduis fortement les incidents, comme le montre le mini cas (jusqu'à 83% de baisse). Ta preuve repose sur un dossier à jour : inventaire, fiches signées, registre et plan de signalisation.

## Chapitre 3 : Consignation des énergies

### 1. Principes et préparation de la consignation :

#### Objectifs et enjeux :

La consignation vise à isoler et rendre inopérantes toutes les sources d'énergie avant toute intervention, pour protéger les personnes et l'équipement. C'est une obligation réglementaire et une bonne pratique.

#### Plan simple :

Prépare un plan clair en 4 étapes: identifier les énergies, couper, verrouiller, vérifier l'absence d'énergie. Note les responsables et le temps estimé pour chaque tâche.

#### Matériel et responsabilités :

Utilise cadenas, étiquettes, dispositifs de déconnexion adaptés, testeurs d'absence de tension, et un registre de consignation. Désigne un consignateur responsable, et un valideur indépendant pour la reprise.

#### Exemple de consignation de machine :

Sur une presse, on identifie alimentation électrique, hydraulique, pneumatique. On coupe les 3 sources, on pose 3 cadenas, et on note l'heure et le nom dans le registre.

Anecdote: une fois, un câble oublié a provoqué une remise en service intempestive, et nous avons dû arrêter l'équipe pendant 2 heures pour tout revérifier.

### 2. Opérations pratiques et vérifications :

#### Procédure pas à pas :

Vérifie les plans, isole l'énergie, bloque avec verrou, appose une étiquette, teste l'absence de tension, consigne dans le registre, informe l'équipe. Respecte les durées et signatures requises.

#### Vérifications et tests :

Les tests d'absence d'énergie se font avec un appareil calibré, selon la procédure. Recontrôle après chaque intervention et consignations temporaires si nécessaire.

#### Mini cas concret :

Contexte: maintenance d'un convoyeur en panne stoppée pour remplacement d'un moteur. Équipe de 2 techniciens, intervention prévue 90 minutes, risques d'écrasement et électrique.

- Étape 1: isolation électrique et pneumatique, pose de 3 cadenas et 3 étiquettes.
- Étape 2: test d'absence de tension, mise hors charge des accumulateurs hydrauliques.

- Étape 3: remplacement du moteur, vérifications, signature du registre et relevé photo.

### Livrable attendu :

Fiche de consignation signée avec heure de coupure et remise en service, registre mis à jour, 3 cadenas utilisés, temps d'intervention 90 minutes, photos avant et après.

### Astuce pratique :

Vérifie toujours que le testeur fonctionne sur une source vive avant et après l'usage. Ça évite la fausse sécurité et les erreurs fréquentes sur le terrain.

Énergie	Action de consignation	Moyen typique
Électrique	Couper alimentation et verrouiller	Interrupteur principal, cadenas, testeur
Pneumatique	Purger et isoler	Vannes, bridages, étiquettes
Hydraulique	Dépressuriser et verrouiller	Soupapes, bouchons, sécurité mécanique
Énergie mécanique stockée	Décharger stores et sécuriser	Bloqueurs mécaniques, cales, attache

Sur le terrain, suis la checklist ci-dessous pour ne rien oublier. Ces actions prennent souvent 10 à 30 minutes selon la complexité de l'installation.

Étape	Question à se poser
Identifier les énergies	Quelles sont les sources présentes sur l'équipement ?
Isoler et verrouiller	Les organes d'arrêt sont-ils accessibles et verrouillés ?
Tester l'absence d'énergie	Le testeur a-t-il été vérifié et a donné absence ?
Consigner et informer	Le registre est-il rempli et l'équipe informée ?
Reprise en service	Tous les outils et matériaux sont-ils retirés, signatures faites ?

## Ce qu'il faut retenir

La consignation sert à **isoler toutes les énergies** avant d'intervenir, pour éviter redémarrage intempestif et accidents. Tu prépares un plan simple: **couper, verrouiller, vérifier**, puis tu traces tout.

- Identifie toutes les sources (électrique, pneumatique, hydraulique, énergie stockée) et les points d'arrêt.
- Utilise cadenas, étiquettes, dispositifs adaptés, et remplis le **registre de consignation** avec heures et signatures.
- Teste l'absence d'énergie avec un appareil calibré; fais le **testeur sur source vive** avant et après.

Après chaque pause ou consignation temporaire, recontrôle. La reprise en service se fait seulement quand tout est retiré, validé, signé, et l'équipe informée.



## Chapitre 4 : Gestes et postures

### 1. Prévenir les troubles musculo-squelettiques :

#### Objectif et public :

Ce point t'explique pourquoi travailler tes gestes et tes postures réduit les douleurs et les arrêts. Il s'adresse aux opérateurs, techniciens et responsables d'atelier en industrie.

#### Principes de base :

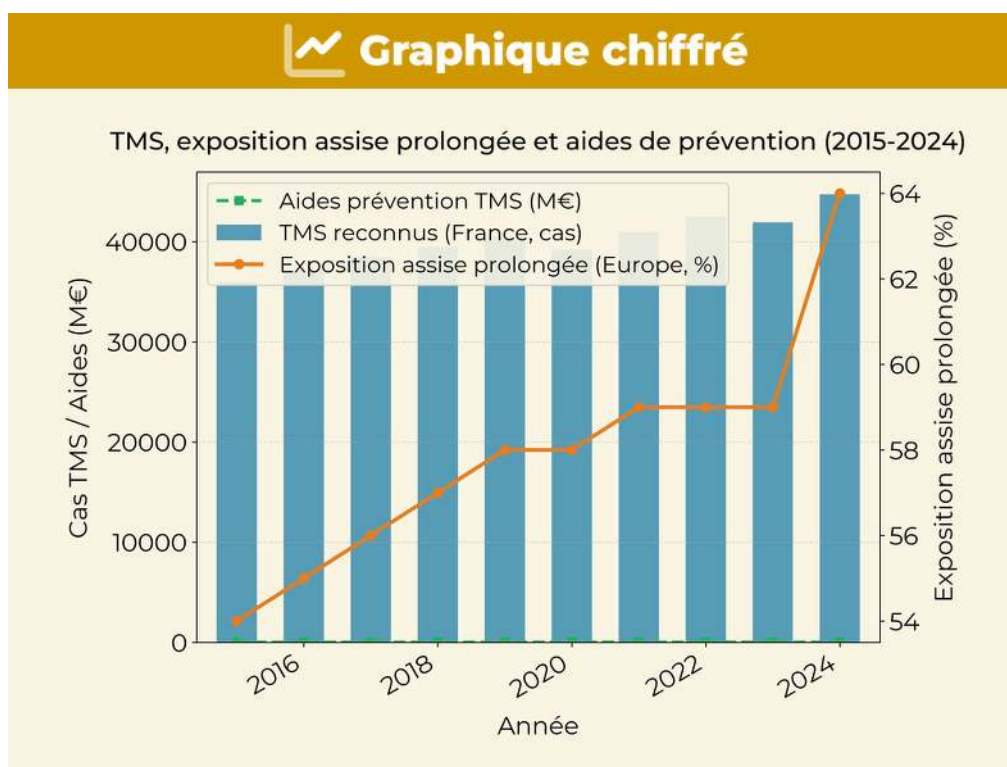
Retenir quelques règles simples suffit souvent, garder une colonne neutre, rapprocher la charge, répartir l'effort et éviter les positions statiques prolongées pour diminuer les risques.

#### Facteurs de risque :

- Positions penchées et torsions répétées
- Port de charges lourdes ou instables
- Répétitivité et manque de pauses

#### Exemple d'incidence des TMS :

D'après l'Assurance Maladie, les troubles musculo-squelettiques représentent 87% des maladies professionnelles reconnues, donc prévenir c'est surtout éviter de gros coûts humains et financiers.



### 2. Techniques de levage et manutention manuelle :

### **Règles essentielles :**

Avant de lever, évalue la charge, planifie le trajet et vérifie l'adhérence du sol. Si la charge dépasse 25 kg, cherche une aide mécanique ou un équipier pour limiter le risque.

### **Technique de levage pas à pas :**

Place les pieds écartés, fléchis les genoux, garde le dos droit, rapproche la charge du corps et pousse avec les jambes en gardant les bras détendus autant que possible.

### **Utiliser les aides mécaniques :**

Privilégie chariots, diables et palans pour les charges répétées. Une aide mécanique diminue l'effort perçu et prolonge l'autonomie de l'équipe sur une semaine de travail.

### **Exemple de levage correct :**

Un opérateur soulève une caisse de 20 kg, il fléchit les genoux, maintient la charge à 10 cm du corps et réduit la tension lombaire par rapport à un levage en torsion.

<b>Mauvaise pratique</b>	<b>Bonne pratique</b>
Soulever de loin du corps	Tenir la charge près du buste
Torse tourné pendant le levage	Tourner les pieds, pas le buste
Manutention répétée sans pause	Alterner tâches et pauses actives

## **3. Organisation du poste et gestes au quotidien :**

### **Aménagement du poste :**

Régule la hauteur de travail entre 90 et 110 cm selon l'opérateur et l'activité, limite les atteintes au-delà de 60 cm et ajuste l'éclairage pour éviter les postures contraignantes.

### **Planification des tâches :**

Organise les postes pour alterner efforts et tâches calmes, planifie pauses de 5 minutes toutes les 50 minutes et évite les séries longues sans variation d'activité.

### **Bonnes routines personnelles :**

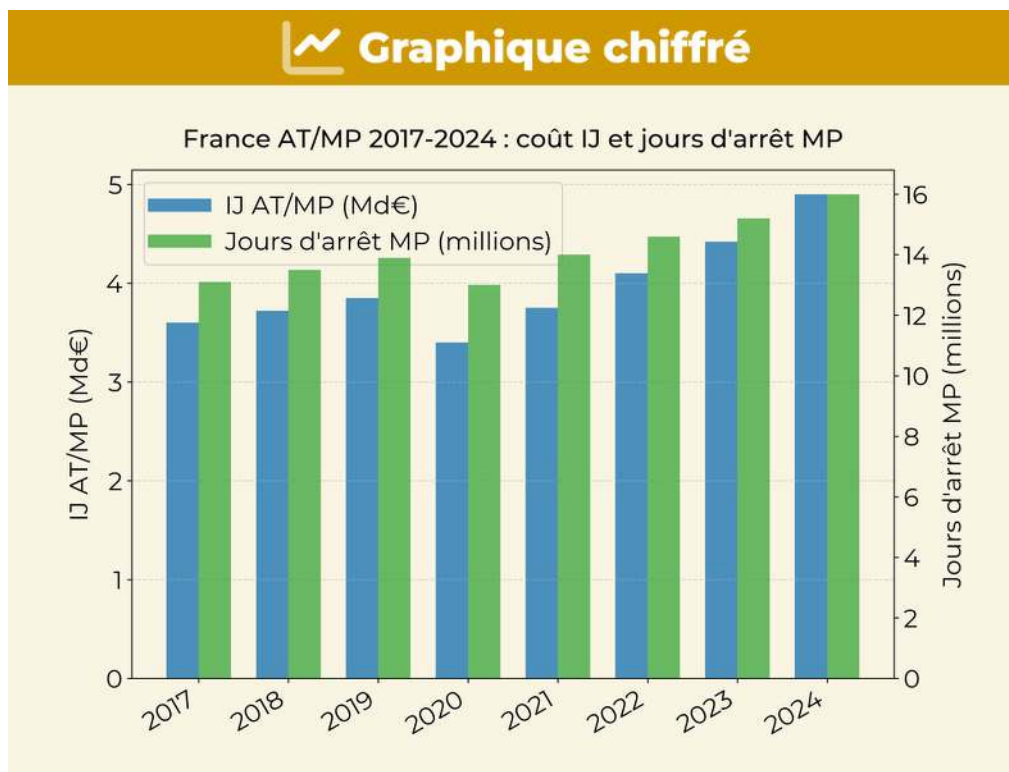
Commence la journée par 2 à 3 minutes d'échauffement, hydrate-toi, et signale toute douleur dès les premiers signes pour limiter l'aggravation des symptômes.

### **Mini cas concret :**

Contexte: atelier d'assemblage, 12 opérateurs, huit arrêts maladie pour lombalgies sur 6 mois et forte insatisfaction ergonomique relevée en audit rapide.

- Observation et chronométrage des gestes durant 1 semaine
- Formation gestes et postures de 2 heures par opérateur
- Mise en place d'un chariot pour charges supérieures à 15 kg

Résultat: baisse de 30% des arrêts liés aux lombalgies en 6 mois, gain de productivité estimé 8% et satisfaction opérateurs +15%. Livrable attendu: fiche de poste ergonomique et rapport avant-après.



### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

En remplaçant trois manutentions manuelles par un chariot, une ligne a réduit le temps de cycle de 12 secondes par pièce et diminué les efforts physiques répétitifs.

Contrôle	Action rapide
Évaluation des postures	Observer 1 journée et noter points critiques
Chargement et levage	Limiter à 25 kg seul, prévoir aide au-delà
Formation	Session de 2 heures pour chaque nouvel opérateur
Aides mécaniques	Installer chariots et diables pour charges répétées

### **i** Ce qu'il faut retenir

Travailler tes gestes et postures limite les TMS, responsables d'une grande part des maladies professionnelles. Vise une **colonne vertébrale neutre**, évite les torsions et réduis les positions statiques.

- Avant de lever, évalue la charge et **planifier le trajet**; au-delà de 25 kg, prends une aide.
- Pour soulever, fléchis les genoux et garde la **charge près du buste**; tourne avec les pieds, pas le dos.
- Au poste, règle la hauteur, limite les atteintes lointaines et fais des **pauses actives régulières**.

Utilise chariots, diables ou palans dès que c'est répétitif. Échauffe-toi, hydrate-toi et signale toute douleur tôt. Une meilleure organisation et une courte formation réduisent les arrêts et améliorent la productivité.

# Lecture de plans et schémas

## Ce qu'il faut savoir :

En **Industrie & Technologies**, lire un **plan ou schéma**, c'est passer d'un document à l'action: Repère le **cartouche du plan**, l'unité, la révision, puis l'**échelle 1:1** ou 1:2, 2:1, et la légende.

Les **traits normalisés** parlent pour toi: Contour visible épais, arêtes cachées en pointillés, axes en mixte, plan de coupe renforcé. Les **hachures de coupe** indiquent la matière coupée, pas les vides.

- Lire le cartouche
- Suivre les repères et la légende
- Contrôler cotes et tolérances

Avec les **vues multiples**, tu relies face, dessus, profil. En coupe, on imagine la pièce tranchée, les flèches donnent le **sens de lecture**.

## Conseil :

Travaille en routine: 15 **minutes régulières**, 3 fois par semaine. Fais 3 passes, vue d'ensemble, cotes, puis symboles. Garde un **mini glossaire** de 20 symboles que tu revois souvent.

Le **piège courant**, c'est d'oublier l'échelle, ou de confondre pointillés et contour. J'ai vu un ami percer trop loin, depuis il commence toujours par le **cartouche du plan**, et ça le calme.

## Table des matières

<b>Chapitre 1 :</b> Cotation et tolérances .....	<a href="#">Aller</a>
1. Principes de base de la cotation et des tolérances .....	<a href="#">Aller</a>
2. Ajustements, choix de tolérances et contrôle en atelier .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2 :</b> Vues, coupes, sections .....	<a href="#">Aller</a>
1. Principes des vues et projections .....	<a href="#">Aller</a>
2. Coupes et sections .....	<a href="#">Aller</a>
3. Applications pratiques et lecture de plans .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3 :</b> Schémas fonctionnels .....	<a href="#">Aller</a>
1. Comprendre le rôle d'un schéma fonctionnel .....	<a href="#">Aller</a>
2. Règles, symboles et bonnes pratiques .....	<a href="#">Aller</a>
3. Réaliser, tester et livrer un schéma fonctionnel .....	<a href="#">Aller</a>

# Chapitre 1 : Cotation et tolérances

## 1. Principes de base de la cotation et des tolérances :

### Objectif et vocabulaire :

La cotation indique les dimensions et les tolérances d'une pièce sur un plan, pour que l'usinage et le contrôle soient reproductibles et conformes aux fonctions attendues.

### Dimension nominale et tolérance :

La dimension nominale est la valeur théorique. La tolérance est l'écart admissible autour de cette valeur, exprimé en millimètres ou en micromètres selon la précision requise.

### Types de tolérances :

Tu rencontres deux familles, tolérances dimensionnelles pour les longueurs et tolérances géométriques pour la forme, l'orientation et la position des entités. Les deux se combinent souvent sur un plan.

### Lire les symboles sur un plan :

Apprends à reconnaître les symboles ISO, la classe de tolérance et les repères GD&T courants. Un mauvais repérage provoque des retouches, des rebuts et des retards en production.

### Exemple d'interprétation d'une cote :

Sur un plan, cote  $\varnothing 20\ H7$  indique un trou nominal 20 mm avec une tolérance H7, utile pour choisir la matrice d'usinage et la méthode de contrôle par alésomètre.

## 2. Ajustements, choix de tolérances et contrôle en atelier :

### Ajustements et jeu/freinage :

Un ajustement peut être libre, glissant ou serré, selon le jeu entre arbres et alésages. Le choix impacte l'assemblage, la lubrification et la durée de vie de l'assemblage mécanique.

### Choisir une cote tolérancée :

Pour choisir une tolérance, considère la fonction, le coût d'usinage et la capacité de contrôle. Une tolérance trop serrée multiplie les opérations et peut augmenter le prix de 20 à 200 pourcent.

### Contrôle et instruments :

Utilise pied à coulisse, micromètre, alésomètre et machine de mesure tridimensionnelle selon la précision demandée. Calibre et traçabilité des instruments évitent des écarts systématiques en production.

### Plan de contrôle et fréquence :

Définis un plan simple indiquant méthode, fréquence et tolérances acceptables. Par exemple, contrôler 5 pièces par lot de 100 pour une série courante permet de repérer une dérive avant 5 pourcent de pièces non conformes.



Mesurer avec un pied à coulisse pour des tolérances de  $\pm 0,01$  mm

### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

En atelier, j'ai proposé de contrôler 3 mesures critiques par lot de 50 pièces, ce qui a réduit les rebuts de 30 percent en 2 mois grâce à des ajustements de machine.

Ajustement	Jeu typique	Usage courant
Jeu	0,02 mm à 0,5 mm	Assemblage démontable et rotation libre
Glissant	0,005 mm à 0,03 mm	Rotations précises, faibles jeux
Serré	-0,01 mm à -0,1 mm	Assemblage permanent, montage par pression

### Mini cas concret :

Contexte : fabrication d'un lot de 200 arbres  $\varnothing 20$  mm destinés à un palier montage. Étapes : choix d'un ajustement H7/g6, usinage, contrôle dimensionnel et rectification si besoin.

### Résultat et indicateurs :

Résultat : 200 pièces produites, 8 pièces hors tolérance initiale, taux de non conformités 4 percent. Action corrective : ajustement du réglage de broche et nouveau contrôle sur 10 pièces par lot suivant.

### Livrable attendu :

Fiche de contrôle récapitulative pour 200 pièces avec mesures individuelles, histogramme des écarts et plan d'action. Ce livrable doit inclure la moyenne, l'écart type et le taux de rejet chiffré.

### Exemple d'application chiffrée :

Pour un arbre 20 mm, on peut choisir trou 20 H7 = +0,021 mm / 0, arbre 20 g6 = -0,004 mm / -0,014 mm, donnant un ajustement glissant précis.

Vérification	Fréquence	Seuil d'action
Calibrage instruments	Tous les 3 mois	Écart > 0,005 mm
Contrôle dimensionnel	Par lot de 50	> 2 pièces hors tolérance
Contrôle visuel	Chaque lot	Grainage, bavures visibles

### Check-list opérationnelle :

- Comparer la cote sur le plan et repérer les tolérances GD&T associées
- Vérifier l'étalonnage des instruments avant toute série de mesures
- Mesurer au moins 3 points critiques sur chaque pièce pour confirmer la répétabilité
- Tracer et archiver les résultats pour analyser la tendance par lot
- Déclencher action corrective si taux de non conformités dépasse 2 percent

### Astuce de terrain :

Prends l'habitude d'annoter directement sur le plan les cotes critiques et la méthode de contrôle, tu gagneras 10 à 15 minutes par lot en préparation et évitera des erreurs d'interprétation.

## Ce qu'il faut retenir

La **cotation et tolérances** sur un plan rendent l'usinage et le contrôle reproductibles. Tu pars d'une dimension nominale et tu acceptes un écart défini, en mm ou  $\mu\text{m}$ . Tu dois aussi lire les symboles ISO et repères GD&T pour éviter retouches et rebuts.

- Distingue **tolérances dimensionnelles** et tolérances géométriques, souvent combinées.
- Choisis l'ajustement (jeu, glissant, serré) selon la fonction et le coût : trop serré peut faire exploser le prix.
- Applique un **plan de contrôle** avec fréquence, seuils d'action et **étalonnage des instruments**.



En atelier, mesure quelques cotes critiques par lot et trace les résultats pour détecter une dérive tôt. Annoter les cotes critiques et la méthode de contrôle sur le plan te fait gagner du temps et limite les erreurs.

## Chapitre 2 : Vues, coupes, sections

### 1. Principes des vues et projections :

#### Projection et plan principal :

La vue principale montre la face la plus significative de la pièce, elle sert de référence pour positionner les autres vues et pour définir les cotes principales et l'orientation générale du dessin.

#### Types de vues :

Les vues usuelles sont la vue de face, la vue de dessus et la vue de droite. On ajoute parfois des vues auxiliaires pour surfaces inclinées et des coupes pour l'intérieur apparent des pièces.

#### Règles de projection :

Adopte la projection européenne ou américaine selon le standard demandé, maintiens l'alignement vertical et horizontal des vues, et évite les ambiguïtés en utilisant des traits nets et des repères clairs.

#### Exemple d'usage basique :

Pour une boîte simple, tu dessines la vue de face, la vue de dessus et la vue de droite alignées, puis tu reportes trois cotes clés pour assurer l'usinage sans erreur.

Type de vue	Quand l'utiliser	Remarque
Vue de face	Pour montrer la géométrie principale	Base pour les autres vues
Vue de dessus	Pour montrer l'empreinte et la disposition	Souvent alignée au-dessus de la face
Vue auxiliaire	Pour surfaces inclinées ou complexes	Évite les projections confuses

### 2. Coupes et sections :

#### Quand utiliser une coupe ?

Utilise une coupe quand l'intérieur d'une pièce porte des informations essentielles, comme des alésages, des canaux ou des épaisseurs non visibles depuis l'extérieur du dessin.

#### Types de coupes :

- Coupes pleine
- Coupes partielle
- Coupes décalée
- Coupes éclatée

**Tracé et hachures :**

Trace la ligne de coupe clairement et respecte l'angle des hachures pour distinguer les matériaux. Les hachures doivent être régulières et ne pas gêner les cotes ni les annotations.

**Exemple d'optimisation d'un processus de production :**

En ajoutant une coupe longitudinale sur une pièce tubulaire, l'équipe a réduit de 40% les erreurs d'assemblage, car le positionnement interne est devenu visible dès la phase de contrôle.

**3. Applications pratiques et lecture de plans :****Interpréter un assemblage :**

Repère d'abord les références et les numéros d'article, puis lis les vues et les coupes pour comprendre les jeux et la séquence d'assemblage, cela évite les démontages inutiles en atelier.

**Vérifications dimensionnelles :**

Priorise les cotes fonctionnelles et les tolérances. Mesure au pied à coulisse ou micromètre les cotes critiques, note les écarts supérieurs à 0,1 mm pour alerter la qualité ou l'usinage.

**Mini cas concret :**

Contexte: tu dois valider un carter moteur contenant un canal interne caché. Étapes: inspection visuelle, tracer coupe transversale, annoter cotes, valider avec un essai d'assemblage en 2 jours. Résultat: réduction des reprises de 30% et gain de 2 heures par contrôle.

**Livrable attendu :**

Un jeu de dessin comprenant 3 vues principales et 1 coupe transversale, fichier PDF et fichier DWG, cotes principales avec tolérances  $\pm 0,1$  mm, et note de contrôle pour l'atelier.

**Check-list terrain :**

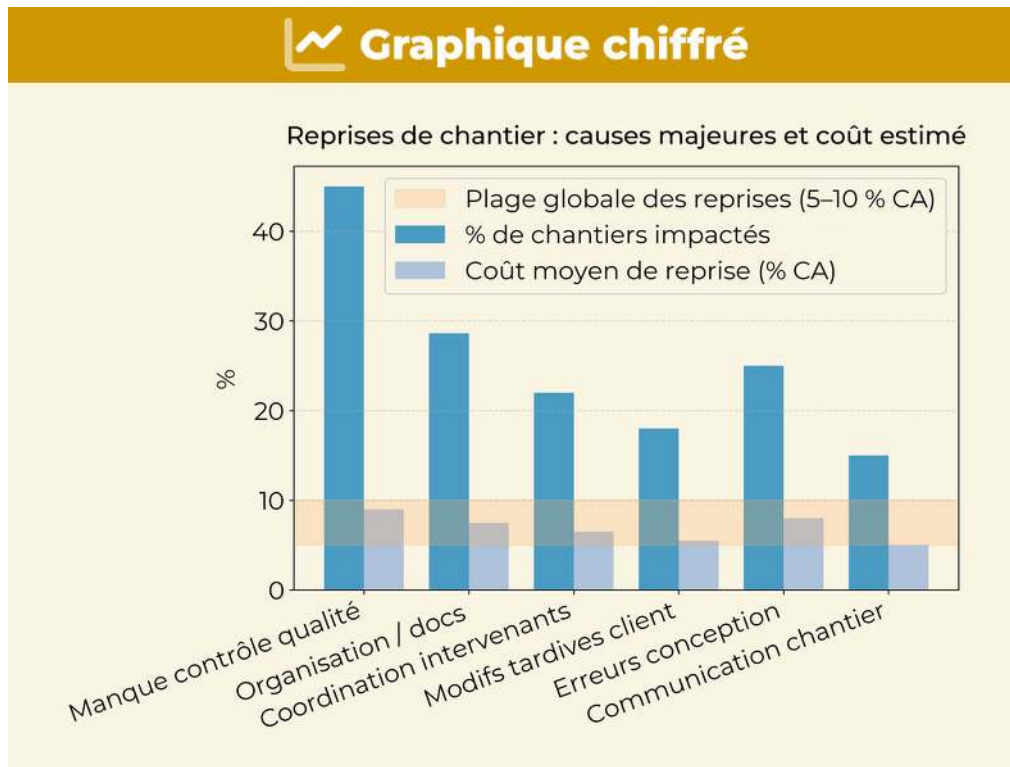
Prends toujours ces étapes en atelier pour éviter les erreurs courantes et gagner du temps de façon fiable.

Vérification	Action	Fréquence
Alignement des vues	Vérifier que les vues sont alignées verticalement et horizontalement	À chaque édition
Lignes de coupe	S'assurer qu'elles sont nettes et repérées	Avant validation
Hachures	Contrôler le style et l'espacement pour lisibilité	À l'impression

Cotes critiques	Mesurer et noter les écarts supérieurs à tolérance	Chaque contrôle
-----------------	--	-----------------

### Astuce atelier :

Quand tu fais une coupe, numérote toujours la ligne de coupe et reporte ce numéro sur la vue de coupe, cela évite 60% des confusions lors des revues en groupe.



### i Ce qu'il faut retenir

Tu construis le plan à partir de la **vue principale**, puis tu alignes face, dessus et droite selon la **projection européenne ou américaine**. Quand l'intérieur compte, tu passes aux **coupes et sections** avec une ligne de coupe lisible et des hachures régulières.

- Choisis une vue auxiliaire si une surface inclinée rend la projection confuse.
- Utilise une coupe (pleine, partielle, décalée, éclatée) pour montrer alésages, canaux et épaisseurs.
- En contrôle, priorise les **cotes fonctionnelles** et note tout écart au-delà de  $\pm 0,1$  mm.

Pour lire un assemblage, repère d'abord références et repères d'articles, puis suis vues et coupes pour comprendre jeux et ordre de montage. Numérote toujours la ligne de coupe et reporte ce numéro sur la vue de coupe pour éviter les confusions.



## Chapitre 3 : Schémas fonctionnels

### 1. Comprendre le rôle d'un schéma fonctionnel :

#### Définition et utilité :

Un schéma fonctionnel décrit le comportement attendu d'une installation, il montre les liaisons entre fonctions sans détailler les composants. C'est l'étape clé avant tout schéma électrique ou pneumatique.

#### Public et niveau d'abstraction :

Tu dois adapter le niveau pour des techniciens, des ingénieurs ou des responsables. En pratique, vise une lisibilité immédiate, avec 3 à 6 blocs principaux selon la complexité.

#### Quand le produire ?

Réalise le schéma fonctionnel dès la phase d'avant projet, idéalement en 1 jour pour une machine simple, et en 3 à 5 jours pour une ligne complète avec 20 à 30 fonctions.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Un atelier identifie 5 fonctions critiques, clarifie les flux et réduit les arrêts de réglage de 30% après réalisation du schéma fonctionnel et d'une checklist associée.

### 2. Règles, symboles et bonnes pratiques :

#### Principes de représentation :

Utilise des blocs pour les fonctions, des flèches pour les flux d'énergie ou d'information, et des légendes claires. Respecte un sens de lecture de gauche à droite quand c'est possible.

#### Symboles courants :

Standardise les symboles dans ton dossier, limite-toi à 10 à 15 symboles pour un même projet afin d'éviter la surcharge cognitive et les erreurs d'interprétation.

#### Erreurs fréquentes :

Évite les liaisons ambiguës, les blocs sans nom et l'absence de légende. Sur le terrain, j'ai vu 40% des plans incomplets à cause d'une légende manquante, vérifie ce point systématiquement.

#### Exemple de légende efficace :

Une légende d'une page reprend 12 symboles, leur description et un code couleur pour les flux, ce qui réduit les questions en atelier de moitié.

Symbole	Signification	Usage courant
Bloc fonction	Action ou service rendu	Séquence de contrôle

Flèche	Flux d'information ou d'énergie	Communication entre fonctions
Point de décision	Condition binaire	Arrêt, démarrage ou choix de mode

### Mise en page et lisibilité :

Organise les blocs par niveau de priorité, laisse des marges pour annotations et numérote les fonctions. Utilise une taille de police lisible en impression A3, par exemple 10 à 12 points.

### Validation et versioning :

Valide le schéma avec 2 interlocuteurs minimum, archive chaque version, et indique la date ainsi que le responsable. Un bon suivi évite 2 heures de recherche par incident.

### Astuce de terrain :

Prends une photo du poste et annote-la pour confronter le schéma à la réalité, cela évite souvent des erreurs de repérage en atelier.

## 3. Réaliser, tester et livrer un schéma fonctionnel :

### Étapes de réalisation :

Commence par identifier les besoins et les fonctions, schématise une première version en 2 heures, puis ajuste en réunion d'une heure avec l'équipe pour atteindre une version validée.

### Tests et vérifications :

Simule les flux et vérifie les scénarios d'erreur en listant 5 cas critiques. Mesure les incohérences et corrige avant de passer au schéma électrique.

### Livrable attendu :

Le livrable typique est un fichier PDF A3, un fichier source modifiable, la légende et un tableau de validation signé. Indique le temps passé et la version pour traçabilité.

### Exemple de mini cas concret :

Contexte: ligne d'assemblage 6 postes avec 18 fonctions. Étapes: identification 1 jour, schéma initial 1 jour, revue 2 heures, tests 4 heures. Résultat: chute des erreurs d'interface de 20% et gain de 15 minutes par cycle. Livrable attendu: 1 schéma fonctionnel PDF A3, 1 page de légende, 1 tableau de validation signé par 2 responsables.

### Intégration au dossier technique :

Range toujours le schéma fonctionnel en tête du dossier technique, c'est la référence pour les plans électriques et pneumatiques qui suivent. Mentionne les liaisons vers les numéros de plan.

Vérification	Action
Légende présente	Confirmer et compléter

Flux clairs	Valider avec l'atelier
Version et date	Ajouter métadonnées

### Checklist opérationnelle :

- Vérifie la présence d'une légende et d'un responsable.
- Confirme les flux critiques avec l'opérateur du poste.
- Numérote les fonctions et référence les plans associés.
- Archive la version et ajoute la date et l'heure.
- Teste 3 scénarios d'erreur avant livraison.

### Exemple de petite anecdote :

Un jour j'ai livré un schéma sans légende et l'équipe a perdu 2 heures à deviner les fonctions, depuis je ne saisis jamais une version sans légende complète.

## Ce qu'il faut retenir

Le **schéma fonctionnel d'installation** décrit le comportement attendu et les liaisons entre fonctions, sans détailler les composants. Tu le fais tôt (avant projet) et tu adaptes le **niveau d'abstraction visé** pour obtenir 3 à 6 blocs lisibles.

- Représente avec blocs (fonctions), flèches (flux), et une **légende claire** ; garde un sens gauche à droite.
- Standardise 10 à 15 symboles, évite les liaisons ambiguës, les blocs sans nom et la légende absente.
- Teste les flux et 3 à 5 cas d'erreur, puis livre PDF A3 + source + légende + validation signée.

Valide avec au moins 2 personnes et applique un **versioning rigoureux** (date, responsable, archivage). Range le schéma en tête du dossier technique, il guide ensuite les plans électriques et pneumatiques.



# Matériaux et propriétés

## Ce qu'il faut savoir :

En **Industrie & Technologies**, le thème **Matériaux et propriétés** te sert à choisir le bon matériau selon l'usage, la forme et l'environnement. L'objectif, c'est d'éviter une pièce trop lourde, trop chère ou qui lâche trop vite en service.

Tu relies des **propriétés mécaniques** comme rigidité, **limite d'élasticité** et dureté à des essais simples. Exemple: En traction, on repère souvent une limite conventionnelle à 0,2 %. Côté chaleur, le cuivre conduit fort, autour de 380 W/mK, l'acier vers 50, le PVC autour de 0,17.

En pratique, tu compares vite les familles et leurs usages:

- Métaux: Conducteurs, souvent tenaces, sensibles à la **corrosion et protection**
- Polymères: Légers, isolants, attention à la température
- Céramiques: Très dures, souvent fragiles, bonnes à chaud

## Conseil :

Fais 3 séances de 20 minutes, et construis un tableau perso: Propriété, unité, essai, exemple d'objet. Un de mes amis s'est débloqué le jour où il a distingué rigidité et résistance sur une même courbe, ça change tout.

Entraîne-toi avec 2 cas concrets, choisir une matière pour un support, un carter ou une vis, puis justifie avec 2 propriétés chiffrées. Piège fréquent: Confondre dureté et résistance. Reviens dessus 2 fois dans la semaine, en mini-fiches.

# Table des matières

<b>Chapitre 1 :</b> Métaux et alliages .....	<a href="#">Aller</a>
1. Propriétés des métaux .....	<a href="#">Aller</a>
2. Alliages courants et traitements .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2 :</b> Polymères et composites .....	<a href="#">Aller</a>
1. Comprendre les polymères .....	<a href="#">Aller</a>
2. Découvrir les composites .....	<a href="#">Aller</a>
3. Cas concret métier : concevoir un panneau composite pour drone .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3 :</b> Propriétés mécaniques .....	<a href="#">Aller</a>
1. Notions clés des propriétés mécaniques .....	<a href="#">Aller</a>
2. Essais et caractérisation .....	<a href="#">Aller</a>
3. Cas concret métier et checklist opérationnelle .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 4 :</b> Traitements de surface .....	<a href="#">Aller</a>

1. Rôle et enjeux des traitements de surface ..... [Aller](#)
2. Principales techniques et quand les choisir ..... [Aller](#)
3. Mise en œuvre, contrôle et bonnes pratiques ..... [Aller](#)

**Chapitre 5 : Corrosion et protection** ..... [Aller](#)

1. Comprendre les mécanismes de corrosion ..... [Aller](#)
2. Méthodes de protection ..... [Aller](#)
3. Inspection et maintenance, cas concret ..... [Aller](#)

# Chapitre 1 : Métaux et alliages

## 1. Propriétés des métaux :

### Structure et liaisons :

Tu verras que les métaux ont une structure cristalline, souvent cubique ou hexagonale, avec des liaisons métalliques qui permettent la mobilité des électrons et donnent conductivité et ductilité.

### Propriétés mécaniques :

Tu apprendras les notions de dureté, résistance à la traction, allongement et ténacité, ces paramètres t'aident à choisir un matériau selon sa fonction en pièces ou structures.

### Conductivité et applications :

Tu verras que conductivité électrique et thermique varient fortement entre le fer, le cuivre et l'aluminium, ce qui guide tes choix pour câbles, échangeurs thermiques ou pièces légères.

### Exemple d'application :

Par exemple, dans une boîte de vitesses, tu choisiras un acier trempé pour les pièces dentées, avec une dureté autour de 600 HV et une résistance à la traction de 900 MPa.

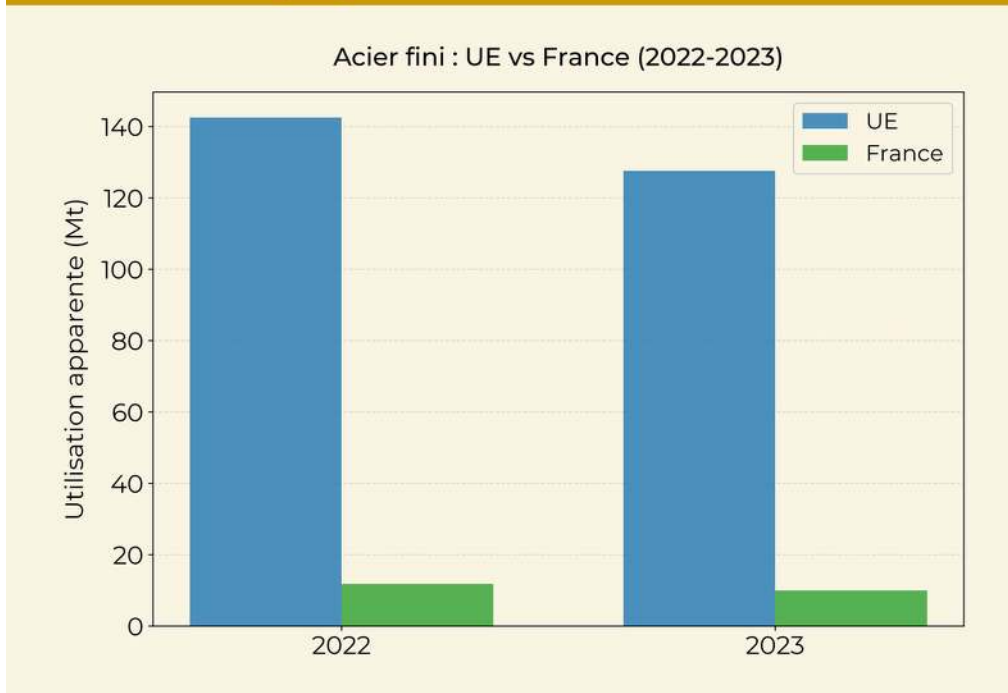
Métal	Densité (g/cm <sup>3</sup> )	Résistance à la traction (mpa)	Conductivité électrique (ordre)
Fer (acier)	7,8	300 à 1 200	Moyenne
Aluminium	2,7	100 à 400	Bonne
Cuivre	8,9	200 à 400	Excellente

## 2. Alliages courants et traitements :

### Acier et ses nuances :

Tu dois retenir que l'acier contient de 0,02 à 2% de carbone, les nuances modifient dureté et ténacité, et la résistance typique varie de 300 à 1 200 MPa selon traitement et nuance.

## Graphique chiffré



### Aluminium et alliages :

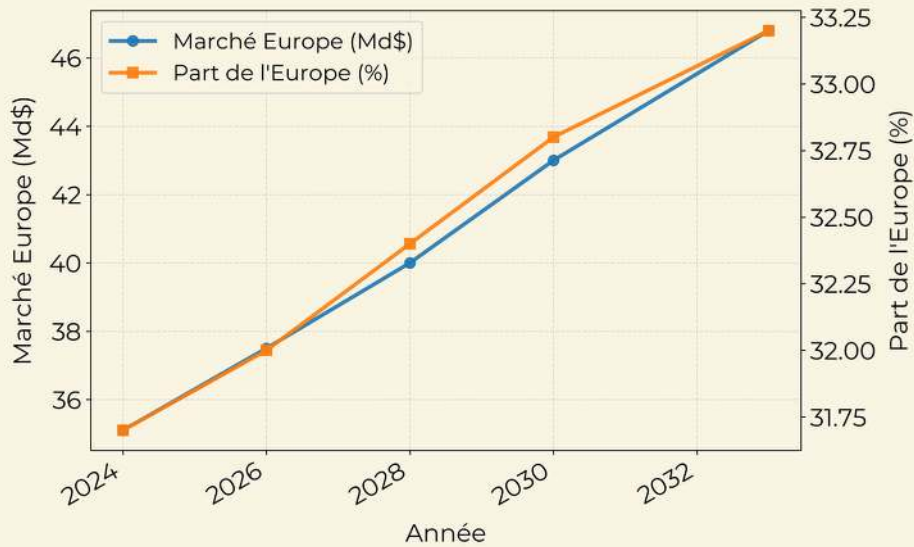
Tu trouveras l'aluminium léger, densité  $2,7 \text{ g/cm}^3$ , il offre bonne conductivité et résistance variable de 100 à 400 MPa selon alliage et traitements mécaniques ou thermiques.

### Traitements thermiques :

Tu utiliseras le recuit pour adoucir, la trempe pour durcir et le revenu pour ajuster la ténacité, températures typiques vont de 200 à 900°C selon procédé et cible mécanique.

## Graphique chiffré

Europe – Marché du traitement thermique des métaux  
Taille du marché et part mondiale (2024-2033)

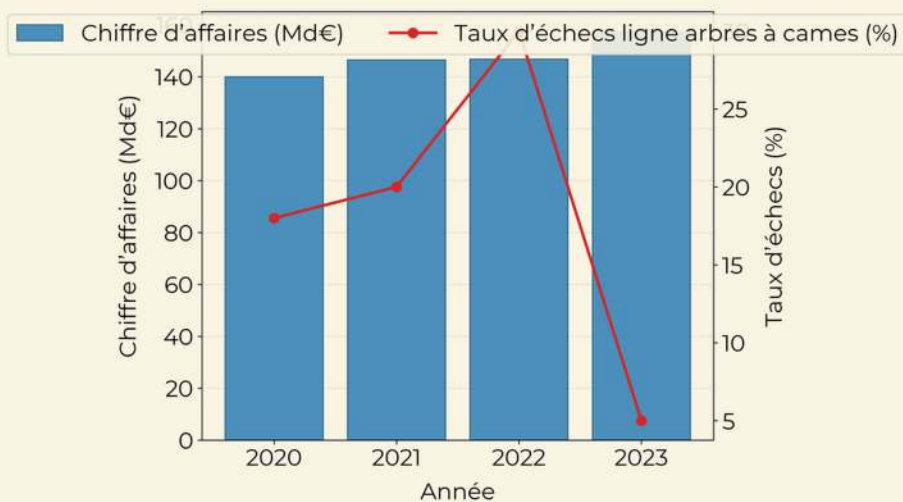


### Mini cas concret :

Contexte atelier : ta ligne produisait des arbres camés cassant à 30% d'échecs. Étapes : analyse, choix acier 42CrMo4, trempe à 850°C, revenu 540°C, contrôle. Résultat : réduction des défauts de 30% en 3 semaines. Livrable : dossier technique et 50 pièces conformes.

## Graphique chiffré

Industries mécaniques : CA et fiabilisation  
de la ligne arbres à cames



### Astuce stage :

En stage, mesure toujours la dureté avant et après traitement thermique, tu évites des retouches coûteuses. Petite anecdote, j'ai perdu une semaine à cause d'un oubli de contrôle.

Vérification	Action	Fréquence
État brut	Contrôler surface et défauts visibles	Avant usinage
Mesure de dureté	Effectuer test selon norme	Après traitement
Contrôle dimensionnel	Comparer aux plans	Production quotidienne
Validation traitement	Vérifier microstructure si besoin	Sur lot critique
Archivage dossier	Enregistrer paramètres et résultats	À chaque série

## **i** Ce qu'il faut retenir

Les métaux ont une **structure cristalline métallique** : les électrons mobiles expliquent conductivité et ductilité. Pour choisir un matériau, compare densité, résistance et conductivité (acier robuste, aluminium léger, cuivre très conducteur).

- Évalue les **propriétés mécaniques clés** : dureté, traction, allongement, ténacité.
- Ajuste avec des **traitements thermiques essentiels** : recuit, trempe, revenu (200 à 900°C).
- Applique un **contrôle de dureté** et des contrôles surface et dimensions pour fiabiliser la production.

En pratique, une nuance d'acier adaptée et un cycle trempe puis revenu peuvent réduire fortement les casses. Garde une traçabilité : paramètres, résultats et dossiers de lot.

## Chapitre 2 : Polymères et composites

### 1. Comprendre les polymères :

#### Structure et enchaînement :

Un polymère est une grosse molécule formée d'unités répétées appelées monomères. La longueur de chaîne et les liaisons définissent la rigidité, la température de transition et la recyclabilité.

#### Propriétés clés :

Regarde la viscosité, la cristallinité, et la température de transition vitreuse pour prévoir comportement mécanique et thermique en service, surtout si la pièce subit des cycles de température fréquents.

#### Classification pratique :

On distingue thermoplastiques qui ramollissent à la chaleur, thermodurcissables qui durcissent irréversiblement, et élastomères qui reprennent leur forme après déformation.

#### Exemple de thermoplastique :

Le polypropylène est utilisé pour des boîtiers et tuyaux, il fond autour de 160 °C et offre un bon compromis coût/résistance pour des applications industrielles courantes.

#### Astuce de labo :

Pèse toujours un échantillon avant et après vieillissement thermique, une perte de masse de 1 à 3 % indique souvent une dégradation ou évaporation d'additifs.



Remplacer un capteur améliore le temps de cycle de 10 ms

## 2. Découvrir les composites :

### Matrice et renfort :

Un composite associe une matrice polymère et un renfort fibreux comme le verre ou le carbone. La matrice transmet les efforts, le renfort apporte la résistance et la raideur.

### Propriétés et anisotropie :

Les composites sont souvent anisotropes, leurs propriétés changent selon l'orientation des fibres. C'est un atout pour optimiser la pièce, mais attention à la complexité de calcul.

### Procédés de mise en œuvre :

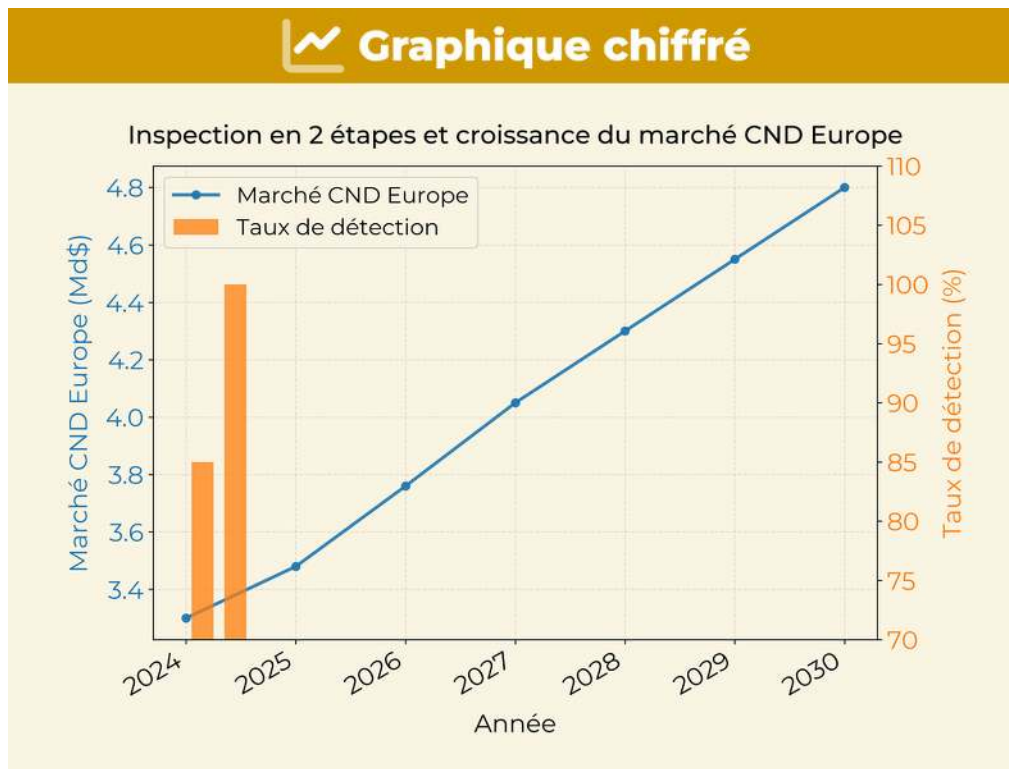
On utilise le moulage par injection, le moulage au contact, le drapage ou le RTM. Choix du procédé impacte coût, cadence et performance mécanique finale.

### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

En remplaçant un panneau métallique par un sandwich composite, une PME a réduit la masse de 35 %, gagné 12 % d'efficacité énergétique sur la machine, et augmenté la durée de vie anticorrosion.

### Astuce de stage :

Lors des contrôles non destructifs, commence par une inspection visuelle puis un test ultrasonore, 80 % des défauts sont détectés visuellement si tu connais les bons repères.





Matériau	Type	Densité (g/cm <sup>3</sup> )	Usage courant
Polypropylène	Thermoplastique	0.90	Boîtiers, tuyaux, pièces automobiles
Époxy renforcé carbone	Composite	1.60	Aéro, sport, structures légères
PVC	Thermoplastique	1.38	Tuyauterie, menuiserie
Polyuréthane	Élastomère	1.20	Mousses, joints, revêtements

Pour choisir un matériau, compare densité, résistance, coût et facilité d'usinage. Pense aussi au recyclage et à la sécurité en post-traitement, comme le dégazage pour les thermodurcissables.

### 3. Cas concret métier : concevoir un panneau composite pour drone :

#### Contexte et objectifs :

Un atelier doit concevoir un panneau pour aile légère, visant une masse inférieure à 300 g, résistance en flexion supérieure à 120 MPa, et coût matière maximum de 45 euros par pièce.

#### Étapes de réalisation :

Étudie le cahier des charges, choisis époxy carbone 2x2 twill, simule orientation des couches, prototype en RTM, puis teste flexion et fatigue jusqu'à 10 000 cycles.

#### Résultat et livrable :

Le prototype atteint 140 MPa en flexion, masse de 270 g, coût matière 38 euros. Livrable attendu, un dossier technique de 12 pages, plan de coupe, fiche matériaux et protocole d'essai.

#### Exemple de métrique :

Pour la simulation, on a réduit la masse de 10 % en modifiant l'orientation des fibres de 0°/90° à 45°/-45°, tout en conservant une marge de sécurité de 15 %.

Tâche	Contrôle	Critère
Choix matériaux	Fiches techniques	Densité, module, coût
Prototypage	Pesée et mesure	Masse ≤ 300 g
Essais mécaniques	Flexion et fatigue	Résistance ≥ 120 MPa
Documentation	Dossier technique	12 pages et plans

Vérification terrain	Action
Contrôle visuel	Repérer défauts d'adhérence et bulles
Mesure dimensionnelle	Vérifier tolérances $\pm 0.5$ mm
Test masse	Pesée et comparaison cible
Contrôle surface	Rugosité et état peinture

### Exemple d'erreur fréquente :

Lors d'un montage, un stagiaire a oublié d'aligner les fibres, entraînant une baisse de résistance de 25 %. Vérifie toujours l'orientation avant la polymérisation.

## Ce qu'il faut retenir

Tu choisis et dimensionnes polymères et composites en reliant la chimie aux performances.

- Un polymère vient de monomères; la **structure des chaînes** pilote rigidité, recyclabilité et vieillissement (pèse avant/après chauffage).
- Pour prévoir le service, regarde viscosité, cristallinité et la **température de transition vitreuse**; distingue thermoplastiques, thermodurcissables, élastomères.
- Un composite combine **matrice et renfort**; l'**orientation des fibres** crée l'anisotropie et guide l'optimisation, selon le procédé (RTM, drapage, injection).

En conception, compare densité, résistance, coût, usinage, recyclage et sécurité (dégazage). Pour un panneau de drone, tu pars du cahier des charges, prototypage, essais flexion/fatigue et dossier technique, en contrôlant visuel et alignement des fibres.

## Chapitre 3 : Propriétés mécaniques

### 1. Notions clés des propriétés mécaniques :

#### Concepts de base :

Les propriétés mécaniques décrivent comment un matériau réagit aux efforts, par exemple traction, compression, flexion et torsion. Tu dois distinguer élasticité, plasticité, résistance et ténacité pour dimensionner correctement une pièce.

#### Unités et ordres de grandeur :

La résistance s'exprime en MPa, le module d'élasticité en GPa, et la déformation en pourcentage. Par exemple, l'acier courant a un module de 210 GPa et une résistance comprise entre 200 et 1 200 MPa.

#### Pourquoi c'est utile ?

Comprendre ces notions te permet d'éviter des surconceptions, de gagner 10 à 30% de masse utile et d'assurer la sécurité. En stage, j'ai économisé 15% de matière en appliquant ces principes.

#### Exemple d'application simple :

Pour une poutre soumise à flexion, compare le module d'élasticité et la contrainte maximale attendue, afin de vérifier que la déformation reste acceptable sur 1 000 cycles d'utilisation.

### 2. Essais et caractérisation :

#### Essais courants :

Les principaux essais sont traction, dureté, résilience et fatigue. La traction donne le module, la limite d'élasticité et l'allongement, la fatigue quantifie la durée de vie sous charges cycliques.

#### Comment lire un essai ?

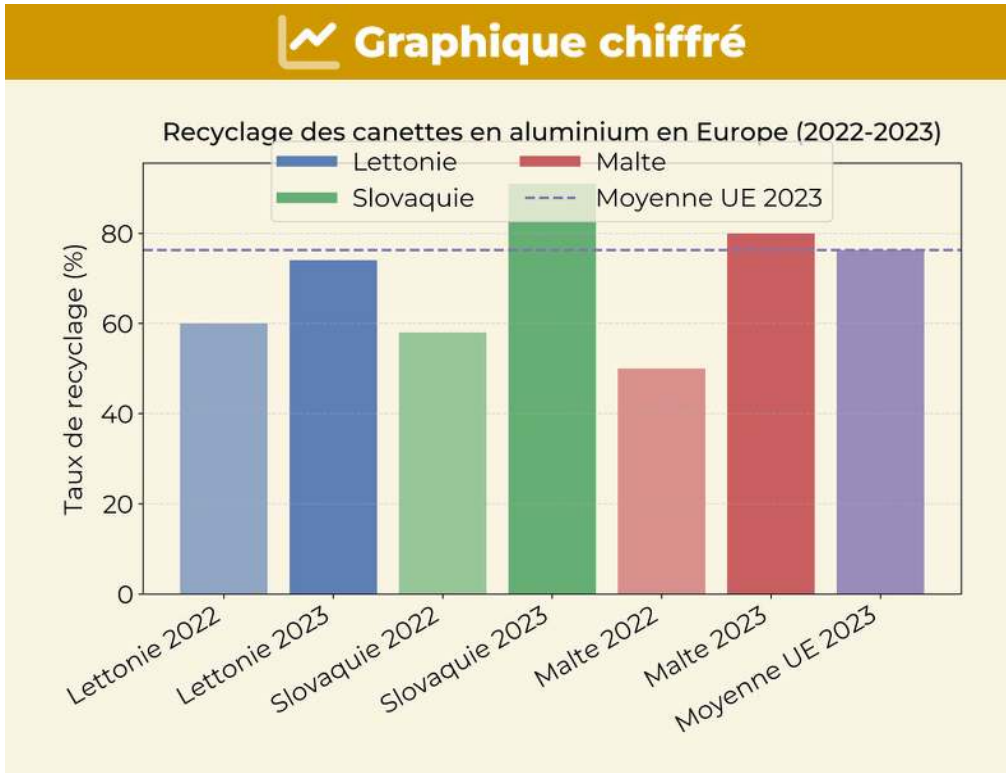
La courbe contrainte-déformation permet d'extraire le module de Young, la limite d'élasticité et la résistance ultime. Note si la rupture est ductile ou fragile pour prévoir le comportement en service.

#### Erreurs fréquentes :

Ne pas tenir compte de la température et de l'état de surface fausse souvent les résultats. En atelier, on oublie parfois l'orientation d'usinage, ce qui peut diviser la résistance par 2.

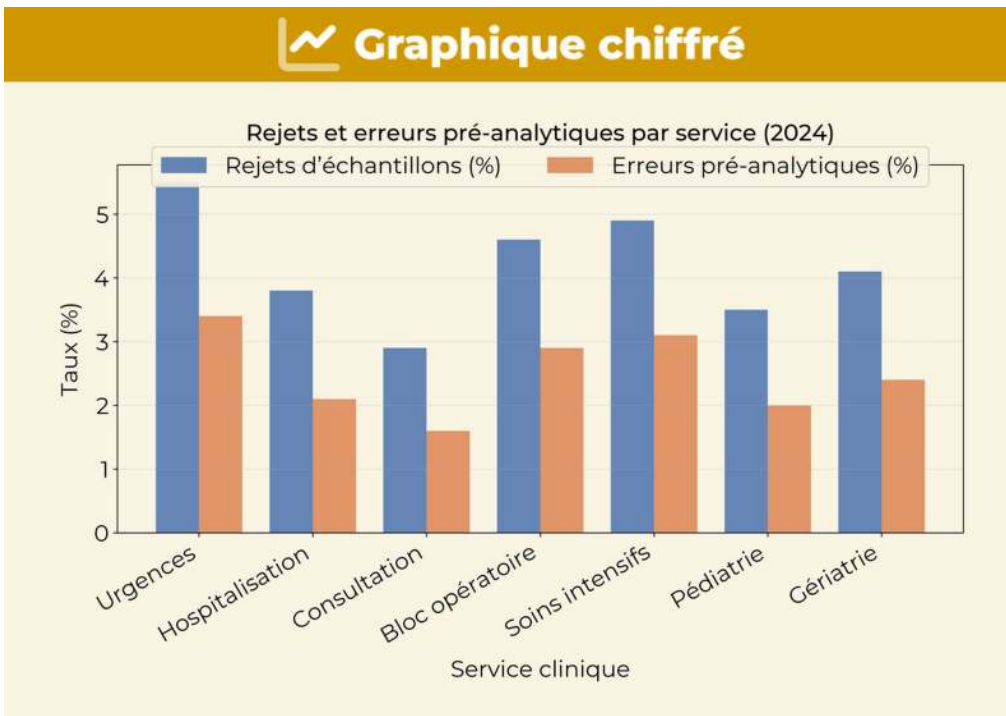
#### Exemple d'essai de traction :

Un échantillon d'aluminium 6082 montre une résistance autour de 300 MPa et un allongement de 12%. Ces valeurs servent à vérifier un coefficient de sécurité fixé entre 1,5 et 3.



**Astuce de terrain :**

Avant un essai, nettoie et marque l'échantillon, mesurer la section exacte et note la température. Ces gestes évitent 80% des rejets de mesures en laboratoire.



Matériau	Module de young (gpa)	Résistance à la traction (mpa)	Allongement (%)
----------	-----------------------	--------------------------------	-----------------

Acier inoxydable 304	200	500	40
Aluminium 6082	70	300	12
Polyamide 6	2.5	70	50

### 3. Cas concret métier et checklist opérationnelle :

#### Mini cas concret :

Contexte, étapes, résultat et livrable : tu dois alléger un support moteur en acier sans dépasser une contrainte maximale de 250 MPa, et garder un facteur de sécurité de 2,5.

#### Étapes :

1) Mesure initiale et simulation FEM, 2) optimisation géométrique pour réduire 20% de masse, 3) prototype imprimé, 4) essai de traction et de fatigue jusqu'à 1 000 cycles.

#### Résultat et livrable attendu :

Objectif atteint, masse réduite de 22%, contrainte maximale mesurée 210 MPa, durée de vie estimée supérieure à 5 000 cycles. Livrable : fichier CAO, rapport d'essai et plan de contrôle en 3 pages.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

En remplaçant une pièce massive par une géométrie creuse optimisée, l'équipe a réduit le poids de 120 g à 94 g, soit 22% d'économie de matière, tout en respectant la sécurité requise.

Étape	Action	Critère de succès
Mesure initiale	Relever cotes et matière	Données complètes
Simulation	FEM statique et fatigue	Contrainte max < cible
Prototype	Impression ou usinage	Masse réduite ≥ 15%
Essais	Traction et 1 000 cycles fatigue	Pas de rupture prématurée
Livrable	CAO, rapport d'essai, plan de contrôle	Document complet et signé

#### Checklist opérationnelle :

Utilise cette liste rapide sur le terrain pour vérifier que ton contrôle qualité et tes essais couvrent l'essentiel et éviter les retours.

- Vérifier l'état de surface et la section mesurée avant essai
- Noter température et orientation d'échantillon
- Comparer valeurs mesurées aux cotes de conception
- Conserver rapport d'essai avec photos et mesures

- Valider le livrable CAO et le plan de contrôle

### Astuce finale :

Si tu débutes, commence par référencer trois valeurs principales pour chaque matériau, cela te fera gagner du temps et évitera des erreurs de sélection en production.

## Ce qu'il faut retenir

Les **propriétés mécaniques clés** disent comment un matériau réagit (traction, compression, flexion, torsion). Tu relies résistance (MPa), module (GPa) et déformation (%) pour dimensionner sans surconcevoir, gagner de la masse et rester sûr.

- Sur un essai traction, lis la **courbe contrainte-déformation** pour obtenir module de Young, limite d'élasticité, résistance ultime et type de rupture.
- Teste aussi dureté, résilience et fatigue pour estimer la durée de vie en charges cycliques.
- Évite les pièges : **température et surface**, section réelle et orientation peuvent fausser les résultats (jusqu'à diviser la résistance par 2).
- En conception, vérifie le **facteur de sécurité** et valide par simulation FEM puis essais (ex. 1 000 cycles).

En pratique, tu suis une démarche simple : mesurer, simuler, optimiser la géométrie, prototyper, puis tester. Tu sécurises le livrable (CAO, rapport d'essai, plan de contrôle) et tu peux alléger une pièce d'environ 10 à 30% sans dépasser les contraintes admissibles.

## Chapitre 4 : Traitements de surface

### 1. Rôle et enjeux des traitements de surface :

#### Protection contre la corrosion :

Le traitement de surface vise d'abord à protéger les matériaux contre l'oxydation et la corrosion. Une bonne couche permet parfois de multiplier la durée de vie d'une pièce par 3 à 10 selon l'environnement.

#### Amélioration fonctionnelle et esthétique :

Au-delà de la protection, les traitements améliorent la dureté, le frottement, l'adhérence ou l'aspect visuel. Par exemple, une anodisation augmente la dureté et permet des finitions colorées durables.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

On remplace une peinture classique par une cataphorèse pour une ligne de 1 200 pièces par mois, ce qui réduit les retouches de 70% et améliore l'uniformité de la couche.

### 2. Principales techniques et quand les choisir :

#### Traitements métalliques :

Galvanisation à chaud, zingage électrolytique ou chromage ajoutent une couche métallique protectrice. Choisis-les si tu veux forte protection contre corrosion et conductivité électrique contrôlée.

#### Traitements organiques :

Peintures, laques et poudres offrent isolation et esthétique. La peinture poudre apporte souvent 60 à 120 micromètres d'épaisseur et une excellente tenue en extérieur si bien appliquée.

#### Traitements physiques et couches minces :

PVD, CVD, anodisation et passivation donnent des couches fines, de quelques nanomètres à quelques dizaines de micromètres. On les choisit pour l'usure, l'esthétique ou la biocompatibilité.

Traitement	Objectif principal	Épaisseur typique	Durée de vie indicative
Galvanisation à chaud	Protection contre la corrosion	50 à 150 $\mu\text{m}$	10 à 30 ans selon conditions
Peinture poudre	Esthétique et protection	60 à 120 $\mu\text{m}$	5 à 15 ans
Anodisation	Dureté et finition	5 à 25 $\mu\text{m}$	10 à 20 ans

PVD/CVD	Usure et frottement	0,1 à 5 µm	Dépend de l'application
---------	---------------------	------------	-------------------------

### 3. Mise en œuvre, contrôle et bonnes pratiques :

#### Préparation de surface :

La préparation conditionne le succès, elle inclut dégraissage, sablage ou grenailage, puis rinçage. Une mauvaise préparation provoque des défauts visibles et des adhésions faibles.

#### Contrôles et essais :

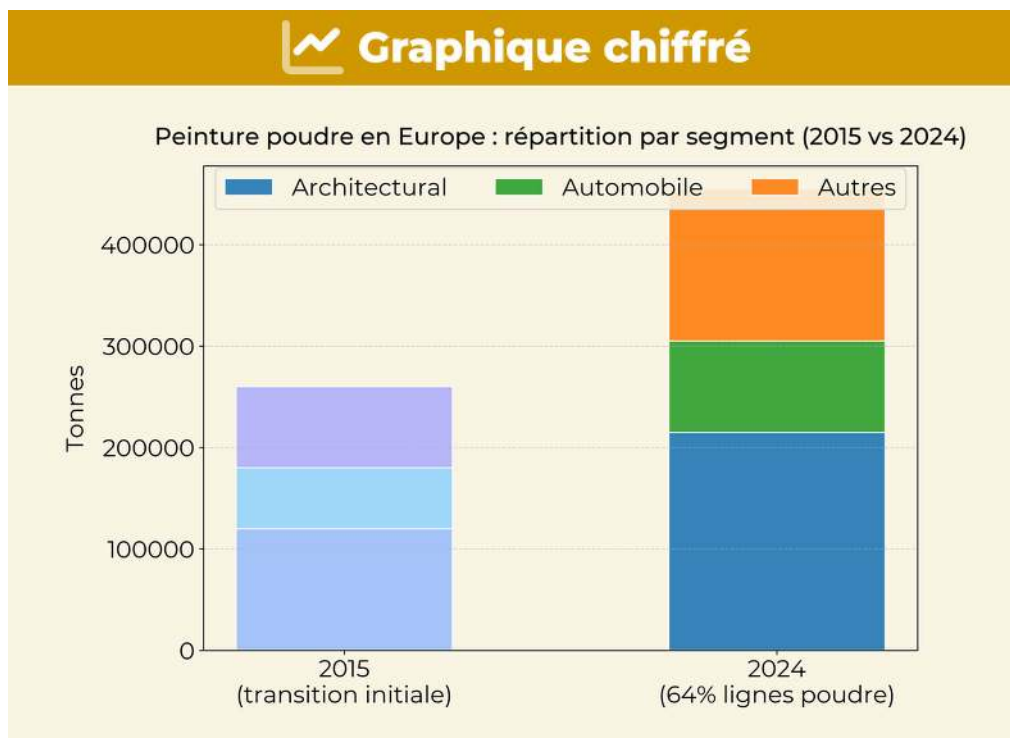
Contrôle d'épaisseur, essai au brouillard salin, dureté et adhérence sont indispensables. Par exemple, l'essai au brouillard salin peut donner 96 à 1 000 heures selon l'exigence client.

#### Maintenance et durée de vie opérationnelle :

Planifie inspections périodiques, nettoyages et retouches. Une inspection annuelle simple peut détecter 80% des problèmes avant usure importante ou délamination.

#### Exemple d'application en atelier :

Pour une série de 500 pièces, on a choisi cataphorèse puis peinture poudre, réduisant les retouches de 60% et doublant la tenue en milieu humide par rapport à la peinture seule.



#### Astuce d'atelier :

Mesure l'épaisseur sur 5 points différents d'une pièce pour éviter les zones fines, et note les valeurs sur la fiche de contrôle pour traçabilité.



### Mini cas concret métier :

Contexte :

Une entreprise de maintenance navale doit rénover 120 équerres en acier exposées à la mer, corrodées en surface, avec des pannes annuelles fréquentes.

#### Étapes :

- Décapage chimique suivi grenailage pour éliminer corrosion sur 100% des pièces.
- Galvanisation à chaud pour obtenir 80 µm moyen d'épaisseur de zinc.
- Application d'une couche de peinture epoxy de 80 µm pour finition et protection supplémentaire.

#### Résultat chiffré :

La durée de vie estimée passe de 2 ans à 15 ans en condition marine modérée. Coût total de traitement 4 800€, soit 40€ par pièce.

#### Livrable attendu :

Un dossier technique comprenant fiche matériau, mesures d'épaisseur moyennes et min/max, photos avant/après, et protocole de maintenance annuel. C'est ce que tu remets au client.

Check-list opérationnelle	Action à réaliser
Préparation	Dégraissage puis grenailage, vérifier l'absence de résidus
Contrôle d'épaisseur	Mesurer sur 5 points, consigner les valeurs
Essai d'adhérence	Réaliser test de traction ou scotch test selon norme
Traçabilité	Fiche lot avec paramètres de process et opérateur
Plan de maintenance	Inspection annuelle et retouche si perte d'épaisseur > 20%

### Ce qu'il faut retenir

Les traitements de surface servent surtout à la **protection contre la corrosion**, mais aussi à améliorer dureté, frottement, adhérence et esthétique. Le bon choix peut multiplier la durée de vie d'une pièce.

- Métalliques (galvanisation, zingage, chromage) : forte protection, conductivité possible.
- Organiques (peinture, poudre) : isolation et finition, avec des épaisseurs élevées.

- Couches minces (anodisation, PVD/CVD) : usure, aspect, biocompatibilité.

La réussite dépend d'une **préparation de surface** soignée, puis de contrôles (brouillard salin, adhérence, **contrôle d'épaisseur** sur 5 points). Termine par un **plan de maintenance** et une traçabilité claire pour éviter retouches et délamination.

## Chapitre 5 : Corrosion et protection

### 1. Comprendre les mécanismes de corrosion :

#### Notions de base :

La corrosion est la transformation d'un métal en composé plus stable, souvent oxyde ou sel, sous l'effet de l'environnement. Elle implique anode, cathode, électrolyte et circulation d'électrons pour que la réaction avance.

#### Types courants :

Tu dois distinguer corrosion uniforme, par piqûres, galvanique, par fissuration sous contrainte et intergranulaire. Chacune fragilise différemment la pièce et nécessite une stratégie de prévention adaptée au risque.

#### Exemple de corrosion galvanique :

Sur un bateau, une hélice en bronze et un arbre en acier en contact dans l'eau salée provoquent la corrosion accélérée de l'acier, visible en quelques mois sans isolation ni anode sacrificielle.

### 2. Méthodes de protection :

#### Choix des matériaux :

Privilégie alliages inoxydables, aciers traités ou métaux non réactifs selon l'environnement. Le bon choix peut réduire le risque de corrosion de façon drastique et allonger la durée de vie de 3 à 10 fois.

#### Protection cathodique et anodes sacrificielles :

La protection cathodique polarise la structure pour éviter l'oxydation, souvent avec des anodes en zinc ou aluminium. C'est courant sur réservoirs, coques et canalisations enterrées pour limiter l'usure.

#### Traitements de surface et peintures :

Les revêtements organiques, galvanisation et traitements chimiques isolent le métal de l'électrolyte. Une préparation de surface soignée multiplie l'efficacité des peintures par 2 à 5, surtout en milieu agressif.

Type de protection	Avantage	Limite
Choix matériau	Solution durable	Coût initial élevé
Revêtement	Barrière efficace	Entretien requis
Protection cathodique	Très efficace pour structures enfouies	Nécessite instrumentation

### 3. Inspection et maintenance, cas concret :

#### Contrôles et indicateurs :

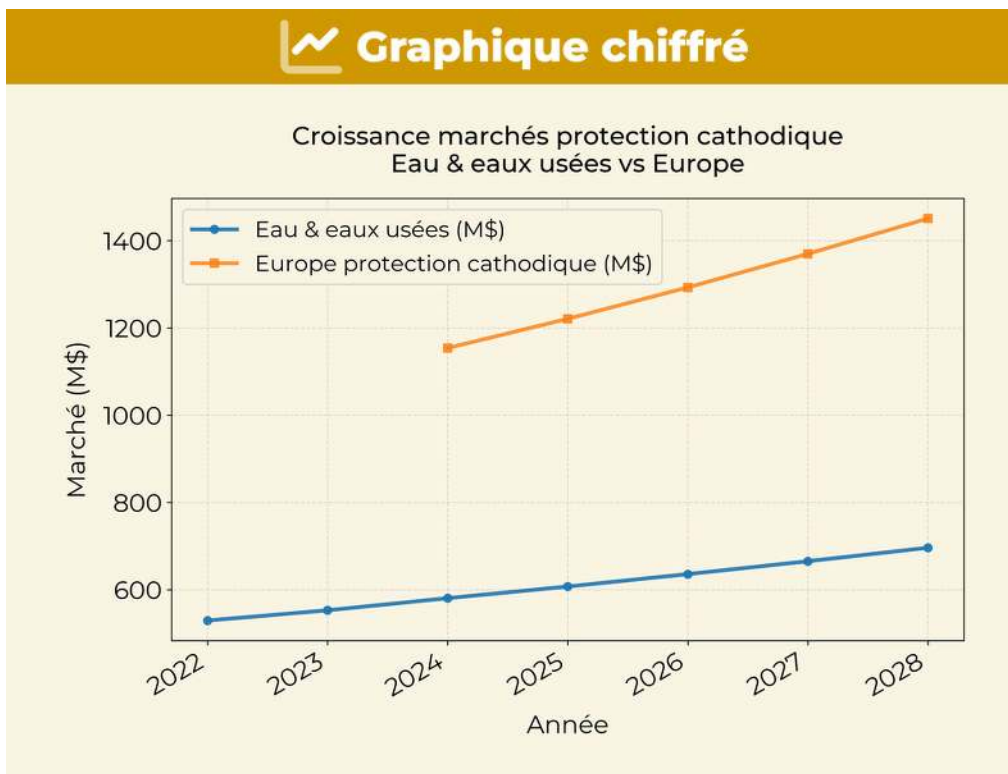
Sur le terrain, surveillance épaisseur, potentiel électrique, taux de piqûres et état des revêtements. Mesures simples toutes les 6 à 12 mois te donnent une bonne idée de la progression du phénomène.

#### Plan de maintenance :

Établis un calendrier avec inspection visuelle, contrôles non destructifs et remplacement des anodes. Une fréquence typique est inspection trimestrielle pour milieux marins, annuelle pour ambiants moins agressifs.

#### Cas métier concret :

Contexte : une station de pompage en eau salée montre corrosion des brides et de la tuyauterie, fuites fréquentes. Étapes : diagnostic, réparation locale, protection cathodique, suivi. Résultat : réduction des fuites de 70% en 12 mois. Livrable attendu : rapport technique chiffré, plans des protections mises en place et calendrier de maintenance sur 24 mois.



#### Exemple de plan d'action rapide :

Remplacer 10 brides corrodées, installer 4 anodes sacrificielles, appliquer deux couches de peinture époxy sur 120 m de tuyauterie, puis contrôles tous les 3 mois pendant 1 an.

Tâche	Fréquence	Outil	Critère de réussite
-------	-----------	-------	---------------------

Inspection visuelle	Tous les 3 mois	Lampe, gants	Absence de nouvelles fuites
Mesure d'épaisseur	Tous les 12 mois	Ultrason	Perte d'épaisseur <10%
Contrôle potentiel	Tous les 6 mois	Voltmètre	Potentiel stable
Vérification revêtement	Annuel	Couteau, mesure d'adhérence	Adhérence conforme

### Astuces terrain :

Nettoie et dégraisse toujours avant peinture, note l'historique des interventions et prends photos. Petite habitude utile, un repère visuel évite de refaire des contrôles inutiles et sauve du temps.

### Erreurs fréquentes :

Ignorer l'interface métal-peinture, négliger les zones de retenue d'eau et oublier les connections électriques favorisent la corrosion. Ces erreurs coûtent souvent plus en réparation que la prévention initiale.

### Exemple d'optimisation d'un process de maintenance :

Réorganisation des plannings pour regrouper 15 inspections mensuelles en 2 journées chaque mois, réduction des temps d'arrêt de 30% et économies de déplacement estimées à 2 000 euros par an.

## Ce qu'il faut retenir

La corrosion est une réaction électrochimique: une **cellule anode-cathode** se forme avec un électrolyte, et le métal se dégrade (uniforme, piqûres, **corrosion galvanique**, fissuration, intergranulaire). Ta prévention dépend du milieu et du type d'attaque.

- Réduis le risque par le **choix des matériaux** adapté: parfois 3 à 10 fois plus de durée de vie, mais coût initial plus élevé.
- Combine revêtements et **préparation de surface** soignée: barrière efficace, mais entretien indispensable.
- Pour structures enterrées ou marines, mise sur la **protection cathodique** et des anodes sacrificielles, avec suivi du potentiel.

Surveille épaisseur, piqûres, potentiel et état des peintures tous les 6 à 12 mois (plus souvent en mer). Planifie inspections, CND et remplacement d'anodes, documente avec photos: tu limites fuites et arrêts, et tu prouves les gains.

## Procédés de fabrication

### Ce qu'il faut savoir :

Les procédés de fabrication, en Industrie & Technologies, servent à transformer une matière en pièce fonctionnelle, avec la bonne forme, les bonnes dimensions et le bon état de surface. Tu choisis souvent entre **mise en forme**, **enlèvement de matière** et **assemblage**, selon le matériau, la complexité et la quantité à produire.

On retrouve des mises en forme à l'état liquide comme le moulage, à l'état pâteux comme l'injection ou l'extrusion, et à l'état solide comme le forgeage ou le laminage. La **fabrication additive** construit couche par couche, parfois avec des couches de 20 à 60 µm, et demande souvent un **post-traitement** pour améliorer la rugosité.

### Conseil :

Pour t'y retrouver, fais 3 séances de 20 minutes, où tu résumes chaque procédé en 4 points: Principe, paramètres clés, défauts typiques, usages. J'ai vu un camarade progresser vite en dessinant le flux matière, ça rend tout plus clair.

Entraîne-toi sur 1 pièce simple, par exemple une patte, un axe, un carter, et justifie ton choix: Série, tolérances, coût outillage, finition. Pense aussi aux étapes autour, contrôle, ébavurage, traitement de surface.

- Comparer 2 procédés
- Noter 3 paramètres
- Anticiper 2 défauts

Chaque semaine, refais 10 minutes de rappel avec tes propres exemples, tu gagneras en vitesse et en confiance.

## Table des matières

<b>Chapitre 1 :</b> Usinage de base .....	<a href="#">Aller</a>
1. Notions et sécurité .....	<a href="#">Aller</a>
2. Opérations d'usinage courantes .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2 :</b> Commande numérique .....	<a href="#">Aller</a>
1. Notions essentielles de la cnc .....	<a href="#">Aller</a>
2. Préparation et mise en machine .....	<a href="#">Aller</a>
3. Optimiser les cycles et la production .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3 :</b> Assemblages mécaniques .....	<a href="#">Aller</a>
1. Types d'assemblages mécaniques .....	<a href="#">Aller</a>
2. Choix et conception .....	<a href="#">Aller</a>
3. Procédés d'assemblage courants .....	<a href="#">Aller</a>

<b>Chapitre 4 : Soudage et découpe</b> .....	<a href="#">Aller</a>
1. Sélection des procédés .....	<a href="#">Aller</a>
2. Préparation et sécurité .....	<a href="#">Aller</a>
3. Défauts et contrôles qualité .....	<a href="#">Aller</a>

# Chapitre 1 : Usinage de base

## 1. Notions et sécurité :

### Objectif et public :

Ce point t'explique l'objectif, connaître les risques, les outils et les bonnes pratiques pour commencer l'usinage en sécurité. Une fois en stage j'ai cassé un outil en négligeant le bridage, depuis je vérifie toujours.

### Équipement et EPI :

Porte toujours lunettes, gants adaptés pour manutention mais pas pour tour, casque antibruit si tu es exposé plus de 2 heures, chaussures de sécurité et tablier selon l'atelier.

### Risques principaux :

Attention aux projections, à l'emmêlement des vêtements et aux surchauffes d'outils. Les accidents les plus fréquents surviennent lors du bridage ou d'un réglage fait à la main.

### Exemple d'inspection avant démarrage :

Vérifie l'absence de copeaux dans la broche, serre les mors selon la procédure à 5 Nm si indiqué, teste la lubrification pendant 30 secondes et note toute anomalie sur la feuille de production.

## 2. Opérations d'usinage courantes :

### Tours et fraises :

Le tournage enlève la matière par coupe concentrique, le fraisage crée des surfaces planes ou des poches. Comprends ces différences pour choisir l'outil, le sens de coupe et la stratégie d'usinage.

### Paramètres de coupe :

Comprends vitesse, avance et profondeur de passe. Exemple courant, pour un acier 1045, vitesse 180 m/min en fraiseuse, avance 0,1 mm par dent et profondeur 2 mm selon outil.

### Mini cas concret :

Contexte : usiner 100 axes en acier 16 mm pour une petite série. Étapes : bridage, tournée à Ø 12 mm, perçage et contrôle dimensionnel sur 30 pièces pour validation.

Résultat : production de 100 pièces en 6 heures, taux de conformité 98 pour cent. Livrable attendu, fiche de lot avec 3 mesures clés et un rapport de non conformités.

Élément	Question à se poser	Action
Équipement de protection	Les EPI sont-ils conformes et en place	Porter lunettes, chaussures et casque selon la fiche atelier



Bridage	La pièce est-elle bien serrée	Serrer avec le couple recommandé et vérifier le serrage après la première passe
Outil	L'outil est-il adapté et affûté	Remplacer ou affûter selon l'usure, noter l'outil en sortie de lot
Paramètres	Les vitesses et avances sont-elles correctes	Appliquer les valeurs recommandées et ajuster après 10 pièces si besoin
Contrôle final	Les dimensions respectent-elles la tolérance	Mesurer 3 cotes clés et archiver les résultats sur la fiche de lot

### Astuce de stage :

Utilise un comparateur pour contrôler la concentricité, consigne une tolérance de 0,05 mm sur pièces tournées et note toute dérive après 50 pièces pour corriger les paramètres.

Matériau	Vitesse (m/min)	Avance (mm/dent)
Aluminium 6061	400	0,2
Acier 1045	180	0,1
Inox 304	80	0,06
Fonte	120	0,08

Surveille l'usure d'outil tous les 50 à 100 cycles, remplace à 10 pour cent de perte de diamètre utile pour éviter les pièces hors tolérance et réduire le rebut en production.

## Ce qu'il faut retenir

Tu démarres l'usinage en priorisant la **sécurité à l'atelier** : projections, vêtements qui s'emmêlent, outil qui chauffe, et surtout erreurs au bridage ou au réglage manuel.

- Porte les **EPI indispensables** : lunettes, chaussures, protection auditive si exposition longue; gants uniquement pour la manutention, pas au tour.
- Avant de lancer : enlève les copeaux, serre au couple prescrit, teste la lubrification, note toute anomalie.
- Choisis tournage ou fraisage et règle les **paramètres de coupe** (vitesse, avance, passe) selon le matériau; surveille l'usure.

En série, valide par un **contrôle dimensionnel régulier** (3 cotes clés, concentricité) et ajuste si dérive. Vérifie le serrage après la première passe et remplace l'outil avant de sortir des tolérances.

## Chapitre 2 : Commande numérique

### 1. Notions essentielles de la cnc :

#### Principe et composantes :

La commande numérique, ou cnc, orchestre la machine, le code, et l'outil pour transformer une pièce brute en pièce finie avec répétabilité. On retrouve l'armoire, l'axe moteur, l'encodeur, et l'interface opérateur.

#### Systèmes de coordonnées :

Tu dois distinguer le système machine et le système pièce. Les coordonnées X, Y, Z se réinitialisent avec un zéro pièce, et les offsets corrigent les décalages d'outil pour chaque référence.

#### Programmation et langage g-code :

Le g-code reste le langage d'exécution standard, avec des mots G pour les mouvements et M pour les fonctions auxiliaires. La logique reste linéaire, chaque ligne définit une action ou un paramètre.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Sur une série de 500 pièces, on a réduit le temps cycle de 20 % en remplaçant deux passes finitions par une passe à avance réduite, livré en six jours ouvrés.

### 2. Préparation et mise en machine :

#### Réglage des offsets et zéro pièce :

Pose ton comparateur ou ta palpeuse pour trouver le zéro en 2 à 5 minutes selon la pièce. Note les offsets dans le tableau outil pour éviter erreurs de reprise l'après-midi.

#### Choix des outils et paramétrage :

Choisis l'outil selon la matière et la finition, définis vitesse de coupe et avance. Par exemple acier fe 37, Vc 120 m/min, pour une fraise Ø10 mm, n about 3800 tr/min et f 0,12 mm/tr.

#### Sécurité et vérifications avant coupe :

Contrôle la fixation de la pièce, le serrage de l'outil et la trajectoire en mode pas à pas. Une vérification de 3 à 5 points évite souvent 1 arrêt machine coûteux.

#### Astuce réglage :

Marque tes offsets sur une fiche papier et prends une photo de l'écran, cela sauve souvent 10 à 20 minutes en cas de reprise de poste.

Commande	Fonction
G00	Déplacement rapide

G01	Interpolation linéaire
G02 / G03	Interpolation circulaire horaire et antihoraire
M03 / M05	Mise en marche et arrêt de broche

### 3. Optimiser les cycles et la production :

#### Stratégies d'usinage et cycles machine :

Organise les opérations pour minimiser les changements d'outil et les repositionnements. Regroupe les perçages, utilise des cycles fixes pour réduire le code et gagner 10 à 30 % de temps cycle.

#### Simulation et validation :

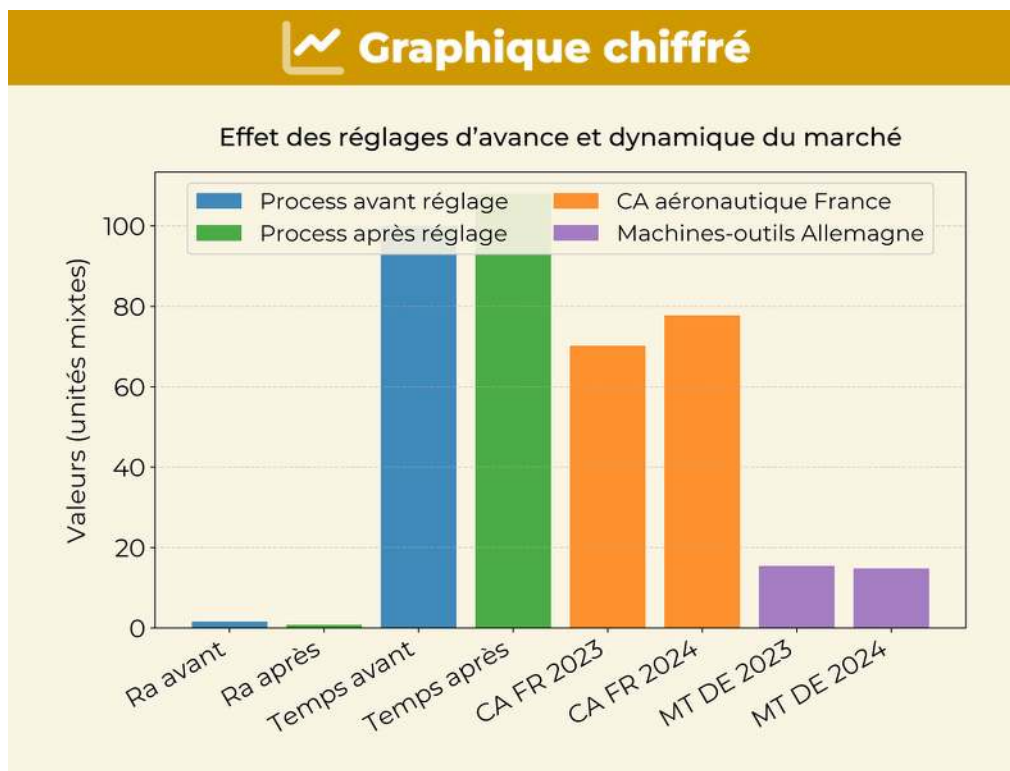
Simule systématiquement le usinage en logiciel cam ou en simulateur de commandes pour détecter collisions et surcoupe. Une simulation fiable évite une casse d'outil qui peut coûter 200 € à 800 €.

#### Contrôle qualité et retour d'expérience :

Mesure 3 à 5 pièces de la série pour valider les cotes et l'aspect. Garde un log des défauts pour ajuster vitesse, avance ou stratégie dès la première centaine de pièces.

#### Exemple de réglage de paramètre :

Avec une pièce alu 7075, passer de f 0,15 à 0,12 mm/tr sur la finition a réduit l'état de surface de Ra 1,6  $\mu\text{m}$  à Ra 0,8  $\mu\text{m}$ , sans augmenter le temps cycle plus de 8 %.



### Mini cas concret :

Contexte : atelier de 10 postes, besoin de produire 1 000 brides en 10 jours pour une commande client, tolérance  $\pm 0,05$  mm.

- Étape 1 : préparer g-code optimisé et simulation, 2 jours.
- Étape 2 : réglage des offsets et outils, 1 jour.
- Étape 3 : production en 7 jours, 2 équipes tournantes pour maintenir cadence.

Résultat : réduction du temps cycle de 28 %, production atteinte avec 2 % de rebut.

Livrable attendu : fichier post-processed prêt machine, feuille de réglage outil et fiche de contrôle qualité signée.

### Checklist opérationnelle :

Étape	Action	Critère
Préparation	Vérifier g-code et simulation	Aucun avertissement critique
Réglage	Positionner zéro et offsets	Zéro coté validé
Sécurité	Contrôler serrage et protections	Aucun jeu détecté
Production	Lancer série et mesurer 3 pièces	Tolérances respectées

### Astuce de terrain :

Si la machine vibre à haute avance, baisse l'avance de 10 à 20 % plutôt que la profondeur de passe, cela préserve la productivité et réduit la casse outil.

## Ce qu'il faut retenir

La commande numérique (CNC) pilote machine, code et outil pour usiner avec répétabilité. Tu travailles entre système machine et pièce, en fixant le **zéro pièce et offsets**, puis tu exécutes un programme en **mots G et M**.

- Prépare la mise en machine : zéro, tableau outil, vitesses et avances selon la matière.
- Sécurise avant coupe : serrage, trajectoire en pas à pas, contrôles rapides.
- Optimise : regroupe les opérations, utilise cycles fixes, fais une **simulation anti-collision**.
- Valide la série : **contrôle des premières pièces** et ajuste dès le début.

En combinant préparation, vérifications et simulation, tu réduis les arrêts et la casse. Avec un suivi qualité simple et un retour d'expérience, tu tiens les tolérances tout en gagnant du temps cycle.

## Chapitre 3 : Assemblages mécaniques

### 1. Types d'assemblages mécaniques :

#### **Assemblages démontables :**

Ce sont les solutions que tu peux démonter pour maintenance, par exemple vis, boulons, écrous, goupilles et clips. Elles facilitent le remplacement d'une pièce et réduisent les temps d'arrêt en atelier.

#### **Assemblages permanents :**

Ils visent la durabilité, par exemple soudure, brasage, rivetage et collage structural. Ils offrent souvent une meilleure rigidité mais rendent la réparation plus coûteuse et plus longue.

#### **Critères de choix :**

Choisis en fonction de la charge, de l'environnement, du coût, du temps d'assemblage et de la maintenance prévue. Pense aussi à la traçabilité et aux compétences disponibles sur site.

#### **Exemple d'optimisation d'un processus de production :**

Remplacer une soudure par un boulonnage sur une petite platine a réduit le temps d'assemblage de 12 minutes à 3 minutes par pièce, et facilité l'intervention en cas de reprise.

### 2. Choix et conception :

#### **Tolérances et jeux :**

Les ajustements conditionnent la tenue mécanique et la facilité d'assemblage. Pour un arbre de 20 mm, une interference pour montage serré est de l'ordre de 0,01 à 0,05 mm, vérifie toujours les tables ISO.

#### **Calcul des efforts :**

Évalue les efforts en traction, cisaillement et flexion, puis applique un facteur de sécurité entre 2 et 3. Par exemple un boulon M10 serré à 50 Nm donne typiquement une précharge proche de 10 kN.

#### **Compatibilité matériaux :**

Évite les couples aluminium-acier sans protection, pour limiter la corrosion galvanique. Pense aussi aux coefficients de dilatation thermique quand les pièces voient 100 °C ou plus.

#### **Astuce du stage :**

Note toujours le couple et la séquence de serrage sur le plan d'assemblage, cela évite 80% des retours pour desserrage ou fuite sur les ensembles boulonnés.

### 3. Procédés d'assemblage courants :

#### Boulonnage et serrage :

Le boulonnage reste le plus courant en production. Respecte le couple, la séquence en étoile pour brides, et retorque après le premier cycle de chauffe si nécessaire, généralement après 24 à 48 heures.

#### Soudure et brasage :

La soudure apporte continuité mécanique mais nécessite qualification du soudeur et contrôle thermique. Une soudure par point sur une pièce prend souvent 5 à 30 secondes, une soudure continue peut prendre 5 à 30 minutes selon la pièce.

#### Collage et rivetage :

Le collage structural peut supporter des efforts élevés après polymérisation complète, qui peut aller de 5 minutes à 24 heures selon l'adhésif. Les rivets aveugles sont pratiques pour des tôles fines, pose en 5 à 15 secondes par rivet.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Pour une série de 200 chapes, l'ajout d'un gabarit de serrage a réduit de 40% le temps de montage par pièce et stabilisé la géométrie finale à  $\pm 0,2$  mm.

Élément	Usage	Avantage	Inconvénient	Exemple de valeur
Boulon M10	Assemblage démontable	Maintenance simple	Risque desserrage	Couple 50 Nm, précharge $\approx 10$ kN
Boulon M12	Brides et charges élevées	Bonne tenue dynamique	Nécessite clé dynamométrique	Couple 120 Nm, précharge $\approx 25$ kN
Adhésif structural	Assemblages sans perçage	Répartition des contraintes	Temps de polymérisation	Cure 5 min à 24 h selon produit

#### Mini cas concret :

Contexte :

Un atelier doit assembler 120 brides pour une ligne hydraulique 2 semaines avant mise en service, chaque bride pèse 4,5 kg et reçoit 8 boulons M12.

#### Étapes :

- Nettoyage et contrôle des surfaces
- Mise en place de joints et positionnement de la bride
- Serrage en croix des 8 M12 à 120 Nm
- Test d'étanchéité à 5 bar pendant 10 minutes

### Résultat et livrable attendu :

Livrable : 120 brides assemblées, toutes testées et conformes, temps moyen d'assemblage 25 minutes par bride, fichier Excel avec couples et bilan de test fourni au client.

### Astuce :

Prévois toujours une marge de 10 à 15% sur les consommables lors d'une première production, cela évite des arrêts inutiles en cas de perte ou de rebuts.

Contrôle	Action	Fréquence
Vérifier les surfaces	Nettoyage et dégazage	Avant chaque assemblage
Couple de serrage	Utiliser clé dynamométrique	À chaque boulon
Séquence de serrage	Serrage en étoile	À chaque bride
Traçabilité	Enregistrement sur fiche	Fin de chaque lot

## Ce qu'il faut retenir

Tu choisis un assemblage selon la maintenance visée : **assemblage démontable** (vis, boulons) ou **assemblage permanent** (soudure, collage). Le bon choix dépend aussi des charges, de l'environnement, du coût et des compétences disponibles.

- Soigne **tolérances et jeux** : un ajustement adapté facilite le montage et garantit la tenue (réfère-toi aux tables ISO).
- Dimensionne traction, cisaillement, flexion avec un facteur de sécurité 2 à 3 ; respecte le couple (ex. M10 à 50 Nm donne env. 10 kN).
- Gère la qualité : surfaces propres, clé dynamométrique, serrage en étoile et traçabilité ; vérifie la **compatibilité matériaux** pour limiter la corrosion.

En production, note toujours le couple et la séquence de serrage sur le plan, et prévois 10 à 15% de marge sur les consommables. Ça réduit les retours (fuites, desserrage) et sécurise les délais.



## Chapitre 4 : Soudage et découpe

### 1. Sélection des procédés :

#### Principes et usages :

Tu dois choisir le procédé selon le matériau, l'épaisseur et la finition exigée. En atelier, on privilégie simplicité et répétabilité pour la production, et précision pour les pièces critiques.

#### Paramètres clés :

Courant, tension, vitesse d'avance et gaz de protection définissent la pénétration et la géométrie du cordon. Apprends à noter ces paramètres pour chaque essai et à conserver les réglages utiles.

#### Avantages et limites :

Le tig donne une soudure propre et très contrôlée mais il est lent. Le mig offre productivité sur des épaisseurs courantes, tandis que le laser et le plasma conviennent pour la haute productivité et la coupe fine.

Processus	Épaisseur typique (mm)	Productivité	Qualité	Usage courant
TIG	0,5 à 6	Moyenne	Très élevée	Pièces fines, inox, alu
MIG/MAG	1,5 à 12	Élevée	Bonne	Production, tôlerie
SMAW électrode	2 à 20	Faible	Variable	Chantier, maintenance
Oxycoupage	> 6	Moyenne	Basse pour finition	Découpe épaisse acier
Plasma	0,5 à 30	Élevée	Bonne	Découpe et coupes rapides
Laser	0,2 à 20	Très élevée	Excellente	Coupe fine, micro-soudure

### 2. Préparation et sécurité :

#### Préparation des pièces :

Dégraissage, élimine la rouille et réalise les chanfreins selon l'épaisseur. Calage et serrage réduisent les distorsions, vise un jeu d'éclisse inférieur à 1 mm pour les assemblages en bride.

#### Équipements de sécurité :

Utilise casque filtrant à teinte variable, gants cuir, tablier et écran facial pour meulage. Assure ventilation et extraction des fumées, surtout avec galvanisé ou inox, pour protéger ta santé.

#### **Contrôles avant soudage :**

Vérifie polarité, débit de gaz, état du fil ou de l'électrode et la propreté des pièces. Réalise un essai sur chute de métal de 30 mm pour ajuster le courant et la vitesse d'avance.

#### **Astuce réglage rapide :**

Pour le mig sur acier 6 mm, démarre autour de 200 A avec fil 1,0 mm et vitesse modérée, puis ajuste pour obtenir une pénétration sans burn through. Note tes réglages pour la répétabilité.

### **3. Défauts et contrôles qualité :**

#### **Défauts courants :**

Tu rencontreras souvent porosité, manques de fusion, fissures et projections. Identifier l'origine évite la répétition, par exemple humidité des électrodes ou réglage inadapté provoque porosité systématique.



*Mesurer tensions et courants pour garantir conformité aux normes*

#### **Méthodes d'inspection :**

Commence par l'inspection visuelle et les mesures de cordon, puis utilise ressuage ou ultrasons selon criticité. Pour pièces critiques, la radiographie ou les ultrasons donnent un diagnostic chiffré et documenté.

### Exemple d'intervention :

Contexte, réparation d'un support en S235 fissuré sur 150 mm. Étapes, chanfrein à 60 degrés, dégrossissage, soudage MIG fil 1,0 mm à 160 A en 3 passes, meulage et contrôle visuel. Temps total 45 minutes.

### Livrable attendu :

Fiche d'intervention d'une page avec photos avant et après, mesure du cordon de 150 mm et relevé des paramètres. Acceptation si aucune fissure visible et pénétration complète sur 100% de la longueur.

Checklist opérationnelle	Vérification
Préparer zone	Dégraissage, chanfrein, serrage
Vérifier équipement	Casque, gants, débit gaz, câbles
Réglage machine	Courant, vitesse, polarité
Test sur plaque	Cordon d'essai 30 mm et ajustement
Contrôle post-soudure	Visuel, mesure géométrique, rapport

## Ce qu'il faut retenir

Tu dois **choisir le procédé** selon matériau, épaisseur, productivité et finition : TIG précis mais lent, MIG/MAG rapide, plasma et laser très productifs, oxycoupage pour acier épais.

- Maîtrise les **paramètres de soudage** (courant, tension, vitesse, gaz) et note tes réglages pour répéter.
- Prépare les pièces : dégraissage, rouille, chanfreins, bon serrage et jeu inférieur à 1 mm en bride.
- Priorité à la **sécurité et ventilation** : EPI complets et extraction des fumées (galva, inox).
- Traque porosité, manque de fusion, fissures et fais un **contrôle qualité documenté** (visuel puis ressuage/US selon criticité).

Avant de souder, vérifie polarité, gaz, consommables et fais un essai sur chute de 30 mm pour ajuster. Après, mesure, photographie et consigne les paramètres pour valider l'intervention.

# Électricité et électrotechnique

## Ce qu'il faut savoir :

En **Industrie & Technologies**, tu relies des grandeurs: **Tension et courant**, résistance. La **loi d'Ohm**  $U = R \times I$  t'aide à diagnostiquer un circuit, puis  $P = U \times I$  à estimer l'échauffement.

En **courant alternatif**, le  $\cos \varphi$  influence la puissance, un  $\cos \varphi$  faible fait monter l'intensité. Un **rapport primaire-secondaire** te donne l'idée clé d'un transformateur qui adapte la tension.

Sécurité: **Mise hors tension**, repérage, et **différentiel 30 mA** pour limiter le choc. Un ami a gagné 30 minutes en trouvant un défaut d'isolement avec un test simple, ça rassure.

## Conseil :

Fais 20 minutes, 3 fois par semaine. Commence par 1 schéma, écris les unités (V, A,  $\Omega$ ), puis enchaîne 4 calculs, enfin un mini-cas, par exemple un moteur qui surconsomme, c'est de la **révision espacée**.

En atelier, entraîne-toi aux **mesures au multimètre**, garde une **check-list simple**: Calibre, point de mesure, sécurité, ordre de grandeur. Le piège, c'est d'inverser V et A ou d'oublier le  $\cos \varphi$ .

## Table des matières

<b>Chapitre 1 :</b> Circuits et protections .....	<a href="#">Aller</a>
1. Principes de base des circuits .....	<a href="#">Aller</a>
2. Protections électriques et sécurité .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2 :</b> Moteurs et entraînements .....	<a href="#">Aller</a>
1. Types de moteurs et principes .....	<a href="#">Aller</a>
2. Entraînements et commandes .....	<a href="#">Aller</a>
3. Maintenance et diagnostic .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3 :</b> Mesures électriques .....	<a href="#">Aller</a>
1. Mesurer tension et courant .....	<a href="#">Aller</a>
2. Utiliser l'oscilloscope et analyser les signaux .....	<a href="#">Aller</a>
3. Mesurer puissance et énergie .....	<a href="#">Aller</a>

# Chapitre 1 : Circuits et protections

## 1. Principes de base des circuits :

### Introduction :

Ce point pose les bases, tension, courant, puissance et énergie. Tu vas comprendre comment un circuit simple transporte l'électricité et pourquoi la protection est cruciale pour éviter les dégâts et risques électriques.

### Composants et symboles :

Repère les composants courants, résistance, condensateur, inductance, source, interrupteur et fusible. Savoir lire un schéma réduit les erreurs en atelier et accélère le diagnostic sur site. Je me souviens d'un schéma mal lu qui m'a fait remplacer la mauvaise pièce.

### Lois fondamentales :

Applique la loi d'ohm et les lois de kirchhoff pour résoudre tensions et courants. Ces outils te permettent de calculer valeurs attendues et d'identifier rapidement un composant défaillant.

### Exemple d'application pratique :

Tu mesures 230 V sur une prise et 10 A sur le circuit, la puissance apparente est 2300 W, ce qui t'aide à vérifier la protection contre les surcharges.

## 2. Protections électriques et sécurité :

### Dispositifs de protection :

Connais les fusibles, disjoncteurs magnéto-thermiques, interrupteurs différentiels et relais. Chacun a un rôle précis pour couper le courant lors d'une surcharge, d'un court-circuit ou d'une fuite à la terre.

### Mini cas concret :

Contexte: atelier mécanique de 12 machines, alimentation en 400 V triphasé. Étapes: audit, relevé des intensités, remplacement de 6 disjoncteurs surdimensionnés par des calibres adaptés, test de déclenchement.

Résultat: réduction des nuisances et déclenchements inutiles, baisse des interruptions de 45% sur 3 mois. Livrable: rapport de 8 pages avec schémas et plan de calage.

### Checklist opérationnelle :

Utilise cette checklist avant mise sous tension pour garantir sécurité et conformité, elle prend 5 minutes et évite 70% des erreurs courantes en atelier selon l'expérience terrain.

Étape	Action
-------	--------

Vérifier alimentation	Contrôler présence de phases et neutre, vérifier tensions
Contrôler calibre disjoncteur	Comparer intensité nominale aux mesures, ajuster si nécessaire
Tester différentiel	Déclencher manuellement et mesurer temps et courant de fuite
Mesurer isolement	Utiliser mégohmmètre pour vérifier résistance d'isolement $\geq 1\text{ M}\Omega$
Consigner interventions	Noter date, opérateur, mesures, pièces remplacées

## Ce qu'il faut retenir

Tu poses les bases d'un circuit en reliant **tension, courant, puissance** et énergie, puis tu apprends à lire les symboles pour éviter les erreurs de diagnostic.

- Identifie résistance, condensateur, inductance, source, interrupteur et fusible pour interpréter vite un schéma.
- Utilise la **loi d'ohm** et Kirchhoff pour calculer tensions et courants attendus et repérer un composant défaillant.
- Choisis les bonnes protections: fusibles, disjoncteurs magnéto-thermiques, **protections différentielles** et relais contre surcharge, court-circuit et fuite à la terre.

En pratique, dimensionner correctement les disjoncteurs peut réduire fortement les déclenchements inutiles (jusqu'à 45% dans le cas présenté). Adopte une **checklist avant mise sous tension** (alimentation, calibre, différentiel, isolement, traçabilité) pour sécuriser ton intervention et gagner du temps.

## Chapitre 2 : Moteurs et entraînements

### 1. Types de moteurs et principes :

#### Fonction principale :

Le moteur transforme l'énergie électrique en mouvement mécanique, il entraîne pompes, convoyeurs et compresseurs en milieu industriel. Comprendre son rôle permet de choisir la bonne puissance et la commande adaptée pour réduire les pannes et les coûts.

#### Principes de fonctionnement :

Les moteurs asynchrones fonctionnent avec un rotor induit par le champ statorique, les synchrones gardent une vitesse liée à la fréquence, et les moteurs continus offrent un contrôle simple du couple. Chaque principe a ses avantages selon l'application.

#### Caractéristiques clés :

Puissance, vitesse nominale, couple, rendement et facteur de service sont les paramètres à lire sur la plaque signalétique avant tout choix ou remplacement de moteur.

#### Exemple d'identification d'un moteur :

Un moteur 3~ de 7,5 kW à 1 500 tr/min sous 400 V sert souvent un convoyeur. Vérifie intensité nominale et cos phi pour dimensionner le câblage et le départ moteur.

### 2. Entraînements et commandes :

#### Variateurs de fréquence :

Le variateur ajuste fréquence et tension, il contrôle la vitesse du moteur asynchrone, réduit la consommation et limite les chocs mécaniques aux démarrages. On trouve des VFD pour 0,75 kW jusque plus de 1 000 kW selon l'industrie.

#### Démarrateurs et protections :

Selon l'installation on utilise des démarrateurs direct, étoile-triangle ou progressifs. Les protections thermiques et relais de surintensité protègent le moteur contre les surcharges et les courts-circuits, sans remplacer des diagnostics réguliers.

#### Couplages et rapports de réduction :

Les réducteurs et boîtes de vitesses adaptent vitesse et couple au besoin machine. Choisis le rapport pour respecter couple de démarrage et vitesse utile, tout en considérant rendement et maintenance.

Type	Avantage	Utilisation typique	Plage de puissance (kw)
Asynchrone	Robuste, coût faible	Pompes, ventilateurs, convoyeurs	0,18 à 1 000+

Synchrone	Contrôle précis de vitesse	Applications couple constant, alternateurs	1 à 500+
Continu	Couple et vitesse faciles à régler	Traction, entraînements spécialisés	0,1 à 300

### Astuce dimensionnement variateur :

Pour choisir un variateur, vérifie le courant nominal et ajoute 10% pour tenir compte des démarrages fréquents et des conditions thermiques de l'atelier.

## 3. Maintenance et diagnostic :

### Contrôles préventifs :

Planifie inspections tous les 3 à 6 mois pour vérifier jeux, vibrations, serrage des connexions et état des roulements. Mesures régulières prolongent la durée de vie et évitent des arrêts imprévus.

### Signes de panne :

Bruit anormal, surchauffe, consommation en hausse ou vibration excessive sont des symptômes à traiter rapidement. Une augmentation du courant de 15% mérite un arrêt et une investigation immédiate.

### Méthode de diagnostic :

Commence par mesurer tensions et courants, contrôle l'isolement, puis fais une analyse vibratoire et un examen mécanique des roulements. Documente chaque mesure pour comparer l'évolution dans le temps.

### Exemple de cas concret :

Contexte : Un convoyeur industriel subissait 12 heures d'indisponibilité par mois à cause de pannes récurrentes d'un moteur 7,5 kW. L'équipe m'a demandé de diagnostiquer et proposer une solution.

Étapes : Mesure vibratoire a montré 8 mm/s, courant 20% au-dessus du nominal, remplacement des roulements et équilibrage, puis installation d'un variateur pour démarrage progressif.

Résultat et livrable : Temps d'arrêt réduit de 12 h à 3 h par mois, gain 75% en disponibilité.

Livrable attendu : rapport vibratoire, feuille de calcul de dimensionnement, devis et bon de commande du jeu de roulements.

Action	Fréquence	Outil	Critère d'alerte
Vérifier plaque signalétique	Avant intervention	Tournevis et bloc-notes	Données manquantes ou illisibles
Mesurer courants et tensions	Mensuel	Multimètre, pince ampèremétrique	+15% par rapport au nominal



Contrôle vibratoire	Tous les 3 mois	Accéléromètre	>6 mm/s selon ISO
Vérifier connexions	Tous les 6 mois	Clé dynamométrique	Serrage insuffisant

### Astuce de stage :

Note systématiquement la référence moteur, la date d'intervention et les mesures sur une fiche, cela t'évitera de refaire des contrôles inutiles lors des prochaines opérations.

## Ce qu'il faut retenir

Un moteur convertit l'électricité en mouvement. Pour bien le choisir et le dépanner, appuie-toi sur ses principes (asynchrone, synchrone, continu) et sur la plaque signalétique.

- Lis les **caractéristiques de plaque** : puissance, vitesse, couple, rendement, facteur de service, courant et cos phi.
- Pour la commande, pense au **variateur de fréquence** (vitesse, économies, démarrage doux) et aux démarreurs/protections (thermique, surintensité).
- Adapte la machine avec **réducteur et rapport** pour obtenir la bonne vitesse et le couple de démarrage.
- En maintenance, surveille bruit, chaleur, vibrations, et une **hausse de courant** : +15% alerte.

Fais du préventif tous les 3 à 6 mois : mesures tension/courant, isolement, vibratoire, contrôle des roulements et connexions. Documente tout pour comparer dans le temps et réduire les arrêts.

## Chapitre 3 : Mesures électriques

### 1. Mesurer tension et courant :

#### Objectif et public :

Ce point te donne les bases pour mesurer tension et courant en sécurité, avec multimètre et pince ampèremétrique. Cible : technicien en maintenance et étudiant en électrotechnique en atelier.

#### Instruments de base :

Multimètre numérique, pince ampèremétrique, générateur de tension et shunt. Choisis un multimètre de classe 0,5% pour des mesures précises lorsque la tolérance est stricte en atelier.

#### Procédure de mesure :

Vérifie d'abord l'isolement et l'absence de tension, règle l'appareil sur la bonne gamme, mesure tension en parallèle puis courant en insérant la pince ou le shunt en série.

#### Exemple d'usage d'un multimètre :

En stage, j'ai mesuré 230 V AC sur une sortie, avec une tolérance de  $\pm 1\%$ , cela a pris 5 minutes pour vérifier et noter la lecture sur la fiche équipement.

Instrument	Précision typique	Usage principal
Multimètre numérique	0,5 à 1% pour tension	Mesure tension, courant continu, résistance
Pince ampèremétrique	1 à 3% selon gamme	Mesure courant sans coupure de circuit
Shunt	0,5% si calibré	Mesure courant élevé, précision en laboratoire

### 2. Utiliser l'oscilloscope et analyser les signaux :

#### Positionnement et réglages :

Régle la sonde x10 si nécessaire, mets la base de temps adaptée et ajuste la sensibilité verticale. Commence par 1 ms par division pour signaux à 1 kHz avant d'affiner.

#### Interpréter les formes d'onde :

Identifie amplitude, offset, distorsion et bruit. Une crête répétée peut indiquer un parasite. Note que la bande passante de l'oscilloscope doit être au moins 5 fois la fréquence du signal.

#### Mesures fréquentielles et temps :

Mesure période, fréquence, montée et descente. Avec un échantillonnage de 1 GS/s tu peux analyser des transitoires rapides jusqu'à quelques dizaines de nanosecondes.

### Exemple d'utilisation d'un oscilloscope :

Pour un signal PWM 12 V à 1 kHz, j'ai réglé 200  $\mu$ s par division, mesuré rapport cyclique et détecté un overshoot de 0,5 V, correction réalisée en 20 minutes.

### Astuce pratique :

Prends l'habitude de noter la configuration écran de l'oscilloscope avant chaque mesure, cela t'évite de perdre 5 à 10 minutes à chercher la bonne base de temps pendant une intervention.

## 3. Mesurer puissance et énergie :

### Puissance active, réactive et apparente :

La puissance active se mesure avec un wattmètre ou par calcul  $P = U \times I \times \cos \phi$ . Pour mesurer la réactive utilise des analyseurs capables d'évaluer la phase entre tension et courant.

### Mesure d'énergie et comptage :

Les compteurs d'énergie donnent kWh. En maintenance, vérifie une consommation journalière sur 24 heures pour repérer dérives. Un écart de 10% peut indiquer une anomalie ou une fuite.

### Erreurs fréquentes et conseils :

Ne pas couper la mesure de courant en mode tension, oublier l'étalonnage et utiliser la mauvaise gamme sont erreurs courantes. Vérifie l'étalonnage tous les 12 mois ou selon la politique de l'entreprise.

### Exemple de mesure de puissance :

Sur une pompe de 3 kW j'ai mesuré 14 A sous 230 V,  $\cos \phi$  0,85, puissance active calculée 2 729 W, ce résultat a servi à dimensionner un variateur de fréquence.

### Mini cas concret :

Contexte : atelier de production observe surtension et consommation élevée sur une ligne de convoyage. Objectif : identifier fuite et surconsommation en 2 jours pour réduire coûts.

### Étapes réalisées :

1. Mesures initiales de tension et courant sur 8 points en 3 heures. 2. Analyse d'oscilloscope sur variateurs pendant 1 journée. 3. Mesure d'énergie 24 heures avec compteur campagnard.

### Résultat et livrable attendu :

Résultat : détection d'une harmonique entraînant pertes, réduction de consommation de 12% après filtre passive. Livrable : rapport chiffré avec 8 mesures, 3 captures d'oscilloscope et fiche actions.

Checklist opérationnelle	Action
Vérifier sécurité	Couper circuit, verrouillage et tension confirmée nulle
Contrôler étalonnage	Consulter certificat, périodicité 12 mois
Choisir bonne gamme	Evite écrêtage et erreurs de lecture
Prendre captures	Enregistre captures d'oscilloscope et notes horodatées
Rédiger livrable	Fiche synthèse 1 page, mesures et actions proposées

### Astuce terrain :

Range toujours les sondes et câbles dans une boîte dédiée, un câble endommagé m'a déjà coûté 30 minutes de diagnostic inutile, depuis je vérifie avant chaque intervention.

## Ce qu'il faut retenir

Tu apprends à mesurer tension, courant, signaux et puissance en restant fiable et en sécurité, avec multimètre, pince, shunt et oscilloscope. Applique une méthode rigoureuse avant d'exploiter les valeurs.

- Commence par la **sécurité avant mesure** : isolement, absence de tension, puis tension en parallèle et courant en série (pince ou shunt).
- Choisis l'outil et la gamme : multimètre précis (classe 0,5%), pince pratique, shunt calibré, et pense au **contrôle de l'étalonnage** (souvent 12 mois).
- À l'oscilloscope, règle sonde x10, base de temps et sensibilité, puis lis amplitude, bruit, distorsion ; vise une **bande passante suffisante** (au moins 5 fois la fréquence).
- Pour la puissance, utilise  $P = U \times I \times \cos \phi$  et surveille l'énergie (kWh) sur 24 h ; un écart de 10% peut révéler une anomalie.

Évite les erreurs classiques (mauvais mode, mauvaise gamme, oubli d'étalonnage) et documente tout : réglages, captures, mesures horodatées. Un bon rangement et un contrôle des câbles te font gagner du temps et fiabilisent tes diagnostics.

# Automatismes et commande

## Ce qu'il faut savoir :

En **Industrie & Technologies**, « automatismes et commande » sert à piloter une machine pour qu'elle fasse la bonne action, au bon moment. Tu relies une **chaîne d'information** (mesurer, décider) à une **chaîne d'énergie** (alimenter, agir). Tu passes souvent par des séquences simples, démarrage, cycle, arrêt.

La commande peut être en **boucle ouverte**, sans retour, ou en **boucle fermée**, avec une mesure qui corrige l'écart à la consigne. Pour tenir une température ou un débit, la **régulation PID** revient souvent. En pratique, un **automate programmable** utilise des langages comme LD et des structures séquentielles.

Repères clés: Garde en tête ces 3 briques.

- Capteurs pour mesurer un état ou une grandeur
- Traitement dans l'automate avec logique, temporisations, étapes
- Actionneurs pour produire le mouvement, l'ouverture, la chauffe

## Conseil :

Travaille en cycles courts de 20 minutes, puis pause 5 minutes. Dessine 2 schémas à la main, la table entrées sorties, puis la séquence. J'ai vu l'un de mes amis gagner 1 heure juste en renommant clairement ses capteurs et vérins.

Entraîne-toi sur 3 scénarios concrets, porte ouverte, arrêt d'urgence, redémarrage. Sépare bien **sécurité machine** et commande standard, et pense au réarmement manuel quand c'est nécessaire. Pour dépanner, observe l'état des entrées, des temporisations, puis des sorties, dans cet ordre.

# Table des matières

<b>Chapitre 1 :</b> Capteurs et actionneurs .....	<a href="#">Aller</a>
1. Fonctionnement et types .....	<a href="#">Aller</a>
2. Actionneurs et interface .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2 :</b> Automates programmables .....	<a href="#">Aller</a>
1. Comprendre l'architecture d'un automate .....	<a href="#">Aller</a>
2. Programmer efficacement .....	<a href="#">Aller</a>
3. Mise en service et maintenance .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3 :</b> Pneumatique et hydraulique .....	<a href="#">Aller</a>
1. Principes et composants .....	<a href="#">Aller</a>
2. Conception et sécurité .....	<a href="#">Aller</a>
3. Maintenance et dépannage .....	<a href="#">Aller</a>

<b>Chapitre 4 : Réseaux de terrain</b> .....	<a href="#">Aller</a>
1. Principes et topologies .....	<a href="#">Aller</a>
2. Protocoles industriels et caractéristiques .....	<a href="#">Aller</a>
3. Mise en œuvre pratique et diagnostic .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 5 : Sécurité des machines</b> .....	<a href="#">Aller</a>
1. Évaluation des risques et cadres normatifs .....	<a href="#">Aller</a>
2. Dispositifs de protection et principes de conception .....	<a href="#">Aller</a>
3. Verrouillage, consignation et maintenance sûre .....	<a href="#">Aller</a>

# Chapitre 1 : Capteurs et actionneurs

## 1. Fonctionnement et types :

### Principes de base :

Un capteur transforme une grandeur physique en un signal exploitable par un automate. Tu dois retenir tension, courant ou protocole numérique comme sorties courantes, et la notion de précision et de résolution.

### Types courants :

Il existe des capteurs de proximité, optiques, de température, de pression et des codeurs. Choisis selon l'application, la plage de mesure, et la robustesse demandée par l'environnement industriel.

Élément	Type	Plage typique	Temps de réponse
Proximité inductive	Détection métal	0 à 40 mm	1 à 5 ms
Capteur optique	Barrière ou réflexion	0,1 à 10 m	0,5 à 20 ms
Thermocouple	Température	-200 à 1 200 °C	10 à 100 ms
Codeur incrémental	Position/vitesse	0 à 60 000 tr/min	< 1 ms

### Caractéristiques clés :

Regarde la précision, la répétabilité, l'échelle et la compatibilité électrique. Vérifie la sortie 4-20 mA ou 0-10 V selon l'entrée de ton automate, et la protection IP requise.

### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Remplacement de capteurs photoélectriques vieillissants par modèles à temps de réponse 1 ms, réduction des rejets de 12 % et amélioration du taux de disponibilité de 8 points en 3 mois.

## 2. Actionneurs et interface :

### Actionneurs principaux :

Les actionneurs transforment un ordre électrique en mouvement ou effort. Tu rencontreras moteurs asynchrones, servomoteurs, vérins pneumatiques, et électroaimants dans la plupart des installations.

### Choix et installation :

Dimensionne un actionneur selon couple, vitesse et puissance. Pense à la protection thermique, aux alimentations 24 V ou 230 V, et à l'interface avec le variateur ou l'E/S de l'automate.

### Mini cas concret :

Contexte, dans une chaîne d'emballage, les vannes pneumatiques provoquent 2 arrêts hebdomadaires. Objectif, réduire les arrêts de 70 % en 2 mois par modernisation.

Étapes, 1) audit de 1 journée, 2) remplacement de 6 électrovalves par modèles modulaires, 3) réglage et validation en 3 jours de production. Résultat, arrêts passés de 2 à 0 par semaine.

Livrable attendu, dossier technique avec schéma pneumatique, nomenclature de 6 pièces, coût d'achat et installation estimé à 4 200 €, et rapport de validation montrant réduction des arrêts à 0.

#### Astuce entretien :

En stage, note toujours la date d'installation et le numéro de série des capteurs, cela évite 30 minutes de recherche lors d'une panne et améliore ton rapport de stage.

Checklist opérationnelle	Action	Fréquence
Contrôle visuel	Vérifier câblage et fixation	Chaque semaine
Test de réponse	Mesurer temps de réponse	Chaque mois
Calibration	Recalibrer capteurs critiques	Tous les 6 mois
Remplacement préventif	Remplacer pièces proches de fin de vie	Selon historique

### Ce qu'il faut retenir

Un capteur convertit une grandeur physique en **signal exploitable** (0-10 V, 4-20 mA ou numérique) pour l'automate. Tu le choisis selon la mesure, la plage et la robustesse, en gardant en tête **précision et résolution**.

- Types fréquents : proximité inductive, optique, thermocouple, codeur, avec des temps de réponse très variables.
- Vérifie **choix selon l'environnement** : IP, compatibilité électrique, répétabilité, échelle.
- Un actionneur transforme l'ordre en mouvement (moteur, servo, vérin, électroaimant) et se dimensionne en couple, vitesse, puissance.

Soigne l'**interface variateur automate** et la protection (alimentation, thermique). En maintenance, trace date et numéro de série, et planifie contrôles, tests et calibrations pour réduire les arrêts.



## Chapitre 2: Automates programmables

### 1. Comprendre l'architecture d'un automate :

#### Rôle et composants :

L'automate gère la logique, les entrées/sorties et la communication. Il se compose d'une unité centrale, d'alimentations, de modules d'entrées et de sorties, et parfois d'extensions réseau. C'est le cerveau de la machine.

#### Types et tailles :

Tu trouveras des automates compacts avec 8 à 16 E/S pour des machines simples, des modèles modulaires jusqu'à 256 E/S pour des lignes, et des automates industriels redondants pour la haute disponibilité.

#### Cycle d'exécution :

Le scan comprend lecture des entrées, exécution du programme et écriture des sorties. Un cycle typique varie de 1 ms à 20 ms selon la complexité, ce qui influe directement sur la réactivité du système.

#### Exemple d'architecture simple :

Sur une machine d'assemblage, un petit automate compact gère 12 E/S, des temporisations et une communication Modbus TCP vers la supervision.

Type d'automate	Capacité typique	Usage courant
Automate compact	8 à 32 E/S	Machines unitaires
Automate modulaire	64 à 256 E/S	Lignes de production
Automate hautes performances	> 256 E/S	Process industriels critiques

### 2. Programmer efficacement :

#### Langages normalisés :

La norme IEC 61131-3 propose ladder, blocs fonctions, texte structuré et diagramme de fonctions. Choisis le langage adapté à la tâche pour gagner en lisibilité et en maintenabilité du code.

#### Bonnes pratiques :

Structurer en blocs, nommer clairement les variables, documenter chaque fonction et garder des copies de sauvegarde. Un commentaire utile te fait gagner 15 à 30 minutes en dépannage sur le terrain.

#### Tests et simulation :

Simule le programme avant mise en service, teste cas limites et pannes. Prévois au moins 2 scénarios de défaillance et 3 cycles de test pour chaque séquence critique.

### Astuce de stage :

Avant toute modification, télécharge la version actuelle de l'automate, note l'horodatage et conserve 2 sauvegardes distinctes sur clé et serveur, ça t'évitera des sueurs froides.

### Exemple d'implémentation rapide :

Pour un démarrage moteur, j'ai utilisé un bloc fonction anti-rebond et un temporisateur, réduisant les démarrages erronés de 60% sur une ligne simple.

## 3. Mise en service et maintenance :

### Vérifications avant démarrage :

Vérifie l'alimentation, la polarité, le bornier, la continuité des masses et la présence des E/S attendues. Compte environ 30 à 60 minutes pour une machine moyenne.

### Maintenance préventive :

Planifie des sauvegardes hebdomadaires, contrôle l'usure des borniers tous les 6 mois, et vérifie les températures internes si la charge CPU dépasse 70%.

### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Contexte : Une ligne d'emballage subissait 6 arrêts non planifiés par semaine, 10 minutes en moyenne par arrêt. Étapes : audit matériel en 1 jour, réécriture d'un bloc temps sur 2 jours, tests 2 jours. Résultat : arrêts réduits à 1 par semaine, temps d'arrêt moyen 3 minutes, gain estimé 140 minutes par semaine. Livrable attendu : programme PLC mis à jour, schéma de câblage annoté et rapport de tests horodaté.

### Checklist opérationnelle :

Tâche	Fréquence	Point de contrôle
Sauvegarde du programme	Hebdomadaire	Fichier .bak et dépôt serveur
Contrôle des borniers	Tous les 6 mois	Visuel et serrage
Vérification des E/S	Avant mise en service	Tableau d'E/S conforme
Test des scénarios de panne	Après modifications	Logs et comptes rendus

### Exemple de remise en service :

Après un remplacement d'IP67 capteur, j'ai mis 45 minutes pour valider l'adressage E/S, ajuster le filtre anti-rebond et rebasculer en production, la documentation a sauvé la journée.

 **Ce qu'il faut retenir**

Un automate est le cerveau de la machine : unité centrale, alimentations, modules d'E/S et parfois réseau. Sa réactivité dépend du **cycle de scan** (lecture, exécution, écriture).

- Choisis le bon format parmi les **langages IEC 61131-3** pour un code lisible (ladder, ST, blocs fonctions).
- Applique des **bonnes pratiques de code** : blocs structurés, variables claires, documentation, doubles sauvegardes avant modification.
- Avant et après mise en service, vérifie alimentation, câblage, E/S, et teste des scénarios de panne avec simulation.
- Planifie la **maintenance préventive** : sauvegardes hebdo, contrôle des borniers tous les 6 mois, surveillance CPU et température.

En dépannage, tes commentaires et tes sauvegardes te font gagner un temps énorme. Des tests sérieux et une checklist simple réduisent vite les arrêts non planifiés.

## Chapitre 3 : Pneumatique et hydraulique

### 1. Principes et composants :

#### Pression, débit et conversions :

La pneumatique utilise de l'air comprimé à des pressions typiques de 2 à 10 bar, la hydraulique fonctionne souvent entre 50 et 350 bar selon l'application. Comprendre pression et débit t'aide à choisir les composants adaptés.

#### Composants essentiels :

Les éléments de base sont le réservoir ou la cuve, le compresseur ou la pompe, les régulateurs, les distributeurs, les vérins et les flexibles. Chaque pièce a une plage de pression et un débit maximum indiqués.

#### Exemple de calcul de force sur un vérin :

Avec 6 bar sur un vérin diamètre 40 mm, l'aire est 0,00126 m<sup>2</sup>. Force approximative = 600000 Pa × 0,00126 m<sup>2</sup> = 756 N, soit environ 77 kgf utile en sortie.

Élément	Fonction	Ordre de grandeur
Compresseur / pompe	Fournir la pression et le débit	Pneumatique 2-10 bar, hydraulique 50-350 bar
Vérin	Convertir pression en mouvement	Course 10 mm à 1 m, forces 10 N à 100 kN
Distributeur	Diriger l'énergie vers l'actionneur	Taux de fuite faible, commande manuelle ou électrique

### 2. Conception et sécurité :

#### Schéma et choix des composants :

Commence par un schéma fonctionnel, indique pressions de service, températures et débits. Choisis des matériels avec marge 1,5 à 2 fois la pression de travail pour la sécurité et la durabilité.

#### Sécurité et normes :

La sécurité impose soupapes, limiteurs de débit et protections contre les ruptures de tuyauterie. Selon l'INSEE, la prévention des risques machines reste un enjeu pour réduire les accidents et arrêts de production.

#### Astuce pratique :

Pose toujours une soupape de sécurité réglée 10 à 20 pour cent au-dessus de la pression nominale, et note la valeur sur le schéma pour la maintenance future.

### 3. Maintenance et dépannage :

#### Plan de maintenance :

Prévois contrôles hebdomadaires des filtres, vidanges mensuelles des séparateurs d'eau, et vérification trimestrielle des flexibles. Tenir un carnet d'entretien facilite le suivi et limite les pannes répétées.

#### Dépannage courant :

Les problèmes fréquents sont les fuites, la contamination et l'usure des joints. Détecte les fuites par ultrason ou bulles de savon, change les joints dès qu'il y a une fuite visible pour éviter dommages coûteux.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Dans un atelier, la réduction de pression pneumatique de 7 à 6 bar a limité la consommation électrique du compresseur de 8 pour cent, tout en conservant la cadence de 120 pièces par heure.

#### Mini cas concret :

Contexte : une presse pneumatique cadencée à 120 pièces par heure perdait 15 pour cent de productivité à cause de fuites multiples, facture énergétique supplémentaire 3 500 € par mois.

#### Étapes :

- Audit de 1 journée avec détection ultrason à 2 techniciens
- Remplacement de 12 raccords et 3 flexibles, réglage surpresseur
- Test de 3 jours et validation cadence normale

#### Résultat et livrable attendu :

Résultat : économie d'énergie 10 pour cent, rétablissement de la cadence à 120 pièces par heure. Livrable : rapport avant/après consommations, liste des pièces remplacées, coût total 650 €, retour sur investissement estimé 2 mois.

Vérification terrain	Fréquence	Indicateur
Contrôle filtre et sécheur	Hebdomadaire	Perte de pression
Détection de fuite	Mensuelle	Niveau sonore ultrason
Vérification des raccords	Trimestrielle	Couple de serrage
Contrôle huile et particules	Trimestrielle	Indice de contamination

#### Checklist opérationnelle rapide :

- Vérifie la pression au manomètre avant le départ de poste
- Contrôle visuel des flexibles et raccords pour fuite

- Nettoie ou remplace les filtres si perte de débit
- Consigne toute intervention dans le carnet d'entretien
- Mesure consommation avant et après intervention pour valider gains

Je me souviens d'un stage où j'ai appris à dépanner une fuite latente qui a évité une journée d'arrêt, c'est un souvenir qui m'a marqué.

## Ce qu'il faut retenir

La pneumatique (2 à 10 bar) et l'hydraulique (50 à 350 bar) transforment la **pression et débit** en mouvement via compresseur ou pompe, distributeurs, vérins et flexibles, chacun avec ses limites. Dimensionne à partir d'un schéma (pression, débit, température) et garde une **marge de sécurité** de 1,5 à 2.

- Calcule la force d'un vérin avec  $F = P \times S$  pour valider l'effort utile.
- Ajoute une **soupape de sécurité** réglée 10 à 20 % au-dessus du nominal et note-la sur le schéma.
- Suis un **plan de maintenance** : filtres, eau, flexibles, et traque les fuites (ultrason ou savon).

Les pannes viennent surtout des fuites, de la contamination et des joints usés. En baissant la pression et en réparant les fuites, tu peux réduire la conso d'énergie tout en gardant la cadence. Documente tout dans un carnet d'entretien pour éviter les récurrences.

## Chapitre 4 : Réseaux de terrain

### 1. Principes et topologies :

#### Topologies courantes :

Les topologies les plus utilisées sont ligne, étoile et anneau, chacune avec ses avantages. La ligne est simple pour le câblage, l'étoile facilite l'isolation de pannes, l'anneau apporte redondance en 20 à 100 ms.

#### Contraintes de temps réel :

La notion de déterminisme est clé, tu dois garantir des temps de cycle souvent inférieurs à 1 ms pour des boucles serrées, ou 5 à 20 ms pour des E/S standards, selon l'application.

#### Choix selon l'application :

Pour la robotique et entraînements, privilégie EtherCAT ou Profinet IRT, pour la supervision distante un Ethernet standard ou Modbus TCP suffit souvent, en gardant toujours la marge temporelle requise.

#### Astuce installation :

Étiquette toujours les deux extrémités d'un câble, c'est une économie de temps considérable lors d'un dépannage sur site.

### 2. Protocoles industriels et caractéristiques :

#### Comparatif rapide :

Chaque protocole a sa niche, par exemple Profibus DP est fiable pour I/O déportées, EtherCAT offre des cycles très courts, Modbus reste simple et répandu pour des liaisons peu exigeantes.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Remplacement de capteurs analogiques par modules EtherCAT réduit câblage et abaisse le temps de cycle de 10 ms à 1,5 ms, améliorant la synchronisation d'une ligne de découpe.

Protocole	Couche physique	Topologie	Ordre de grandeur débit/latence
Profibus DP	Câble paire torsadée RS485	Ligne	Hasta 12 Mbps, latence ms
Modbus RTU/TCP	RS485 ou Ethernet	Ligne ou étoile	115.2 kbps en RTU, 100 Mbps en TCP
EtherCAT	Ethernet physique, câblage cuivre	Ligne avec switches pass-through	Cycle < 1 ms possible, 100 Mbps

CANopen	Bus CAN (paire torsadée)	Ligne	1 Mbps typique, latence ms
AS-i	Câble spécifique 2 fils	Boucle	34.8 kbps, pour capteurs simples

### 3. Mise en œuvre pratique et diagnostic :

#### Installation et câblage :

Privilège des câbles blindés pour les liaisons sur plus de 10 mètres, respecte le calibre et la polarité, positionne les résistances de terminaison aux extrémités pour éviter les réflexions et erreurs de trame.

#### Outils et diagnostics :

Munis-toi d'un testeur de bus, d'un analyseur de trames et d'un multimètre. Vérifie les niveaux physiques avant la couche protocole pour gagner 50 à 90% de temps lors du dépannage.

#### Erreurs fréquentes et astuces :

Les erreurs typiques sont absence de terminaison, mauvaise adresse, ou alimentation parasite. Emporte toujours 2 résistances de terminaison, 5 connecteurs et un câble de 3 mètres pour tests rapides.

#### Mini cas concret – retrofit d'une ligne convoyeur :

Contexte : remplacer 12 entrées/sorties câblées en analogique par un réseau EtherCAT pour synchroniser 3 variateurs. Étapes : audit 1 jour, câblage 2 jours, configuration 1 jour, test 1 jour. Résultat : temps de cycle mesuré 1,2 ms, câblage réduit 60%. Livrable attendu : plan réseau, fichier de configuration maître, rapport de tests avec mesures de latence et capture de trames.

Vérification	Action	Fréquence
Terminaisons	Contrôler présence et valeur	Avant mise en service
Polarité et continuité	Mesurer avec multimètre	Chaque intervention
Adresses et configuration	Vérifier dans l'outil maître	Après modification
Protection contre surtensions	Installer parafoudres si nécessaire	Zones industrielles

#### Exemple de dépannage rapide :

Un capteur ne remonte plus, le testeur montre perte de trame toutes les 5 secondes, remplacement d'une terminaison défectueuse résout l'incident en moins de 30 minutes.



## Ce qu'il faut retenir

Un réseau de terrain se choisit selon **topologies ligne, étoile**, les performances et l'usage.

- Topologies : ligne (câblage simple), étoile (pannes isolées), anneau (redondance en 20 à 100 ms) avec **contraintes temps réel** : cycle < 1 ms en boucles serrées, 5 à 20 ms pour E/S standard.
- **Choix du protocole** : EtherCAT ou Profinet IRT pour robotique/entraînements, Profibus DP pour E/S déportées, Modbus pour liens simples, Ethernet standard pour supervision.
- Mise en œuvre : câbles blindés au-delà de 10 m, terminaisons aux extrémités, adresse/polarité correctes, et **diagnostic couche physique** avant le protocole.

En dépannage, un testeur de bus et un analyseur de trames te font gagner beaucoup de temps. Étiquette les deux extrémités des câbles et garde des terminaisons, connecteurs et un petit câble de test pour résoudre vite les incidents.

## Chapitre 5 : Sécurité des machines

### 1. Évaluation des risques et cadres normatifs :

#### Objectif et approche :

Évaluer les dangers d'une machine pour décider des protections adaptées, en suivant une démarche structurée qui identifie, analyse et réduit les risques résiduels à un niveau acceptable pour l'utilisateur.

#### Normes et documents utiles :

Connaître la norme iso 12100 pour l'analyse des risques, la série en iso 13849 pour les contrôles liés à la sécurité et la norme en 62061 pour les fonctions sécuritaires des systèmes électriques et électroniques.

#### Méthode rapide d'évaluation :

Liste les tâches dangereuses, estime la gravité et la fréquence, puis détermine le niveau de réduction requis. Cible 3 à 5 principaux scénarios par machine pour rester pragmatique sur le terrain.

#### Exemple d'évaluation rapide :

Sur une presse d'atelier on repère 4 dangers prioritaires, on calcule une gravité élevée pour le cisaillement, et on choisit une protection avec un niveau de performance PL d.

Élément	Question à se poser	Résultat attendu
Danger identifié	Quel accident peut survenir et quelle gravité	Description claire du scénario
Fréquence d'exposition	Combien de fois par jour un opérateur est exposé	Valeur estimée en occurrences/jour
Réduction requise	Quel niveau de protection est nécessaire	PL ou SIL cible

### 2. Dispositifs de protection et principes de conception :

#### Choisir une protection adaptée :

Privilégie la protection collective et la conception sûre avant les protections individuelles. Utilise des capots fixes, des carters ou des barrières immatérielles selon le risque identifié et l'ergonomie.

#### Exigences techniques et performance :

Pour les fonctions de sécurité, fixe une performance cible, par exemple PL d pour des risques fréquents et graves, et vérifie les architectures redondantes et diagnostics intégrés.

### **Intégration au système automatisé :**

Assure-toi que les signaux de sécurité sont séparés des signaux de process et qu'un arrêt sécurisé réduit l'énergie en moins de 1 à 3 secondes selon la machine.

### **Exemple d'utilisation d'une barrière immatérielle :**

Sur une ligne de découpe, installer une barrière immatérielle avec temps d'arrêt mesuré à 800 ms, réduit l'accès dangereux sans gêner le flux de production.

### **Types de protections et cas d'usage :**

Voici un résumé pratique des protections courantes et de leur usage. Choisis en fonction de l'accès, du type d'énergie et de la fréquence d'intervention.

<b>Protection</b>	<b>Usage typique</b>	<b>Niveau de performance visé</b>
Capot fixe	Empêcher l'accès permanent aux organes coupants	PL a à b
Barrière immatérielle	Arrêt rapide pour accès occasionnel	PL c à d
Verrouillage électrique	Accès autorisé uniquement hors mouvement	PL d

## **3. Verrouillage, consignation et maintenance sûre :**

### **Procédure de consignation :**

La consignation doit couper toutes les énergies, verrouiller l'alimentation et afficher une étiquette d'interdiction. Prévois un temps moyen de mise en place de 4 à 8 minutes par machine.

### **Organisation de la maintenance :**

Planifie les interventions hors plages de production, définis des modes maintenance, et rends la machine accessible seulement après consignation et tests de remise en service.

### **Formation et habilitation :**

Forme tout intervenant sur les procédures, les risques spécifiques et les moyens d'extinction. En stage, insiste sur 1 formation pratique de 2 heures par type d'activité.

### **Astuce terrain :**

Lors d'un stage, note toujours les temps réels de consignation, souvent 30 à 50 pour cent plus longs que prévu, cela aide à planifier la production et la maintenance.

### **Exemple de cas concret - retrofit sécurité :**

Contexte : ligne d'assemblage vieille de 12 ans avec accès manuel fréquent, 3 arrêts non planifiés par mois. Étapes : audit 1 semaine, installation de carters et verrous en 4

semaines, validation fonctionnelle 2 jours. Résultat : incidents réduits de 60 sur 12 mois, temps d'arrêt évité estimé à 48 heures par an. Livrable attendu : rapport d'analyse de risques chiffré, schéma électrique mis à jour, certificats de conformité, et plan de formation de 6 heures pour 5 opérateurs.

### Checklist opérationnelle avant mise en service :

Utilise cette checklist courte pour valider une machine après modification ou installation, directement sur le terrain.

Contrôle	Critère
Consignation	Toutes les énergies coupées et verrouillées
Fonctions de sécurité	Tests passés, temps d'arrêt conformes
Signalisation	Étiquettes et pictogrammes visibles
Documentation	Dossier technique et plan de maintenance disponibles
Formation	Intervenants formés et habilités

### Erreurs fréquentes et conseils pratiques :

Les erreurs courantes sont l'absence de séparation entre signaux de sécurité et process, la documentation incomplète, et la sous-estimation des temps de consignation. Prévois toujours des tests sur 1 semaine après mise en service.

### Ressenti rapide :

J'ai souvent vu des protections mal adaptées au quotidien, un bon réglage prend parfois moins d'une demi-journée et évite des interventions coûteuses plus tard.

## Ce qu'il faut retenir

Tu sécurises une machine en suivant une **démarche structurée** : identifier les dangers, estimer gravité et fréquence, puis définir la réduction de risque (PL ou SIL) avec les normes ISO 12100, ISO 13849 et EN 62061. Reste pragmatique en ciblant 3 à 5 scénarios clés.

- Choisis d'abord la **protection collective** et la conception sûre (capots, carters), puis des dispositifs comme barrière immatérielle ou verrouillage selon l'accès.
- Fixe une **performance cible** (ex. PL d), vérifie redondance, diagnostics, et séparation sécurité/process.
- Applique une **consignation complète** : couper toutes les énergies, verrouiller, étiqueter, et former/habiliter les intervenants.

Avant remise en service, teste fonctions de sécurité, temps d'arrêt et signalisation, et complète la documentation. Anticipe des temps de consignation souvent plus longs et planifie une semaine de tests terrain pour éviter les erreurs récurrentes.

# Robotique et vision

## Ce qu'il faut savoir :

En Industrie & Technologies, **robotique et vision** consiste à faire coopérer un robot et une ou plusieurs caméras 2D ou 3D pour repérer, mesurer ou guider une action. Typiquement, la caméra détecte une pièce sur un convoyeur, puis le robot réalise un pick-and-place au bon endroit.

Pour que ça marche, tu relies une **prise de vue** à des coordonnées robot grâce à la **calibration caméra** et parfois la calibration main-œil, tu gères les **repères 3D**, et tu soignes l'éclairage pour obtenir un **contraste utile**. Côté traitement, tu verras souvent filtrage, seuillage, contours, puis estimation de position et correction en boucle, appelée **asservissement visuel**.

## Conseil :

Travaille par petites séances de 20 minutes, en dessinant la **chaîne de traitement** sur 1 feuille. Un ami bloquait toujours sur les repères, le jour où il a tout schématisé, ça s'est débloqué.

Quand tu pratiques, change 2 paramètres à la fois, éclairage et distance, et garde 10 images pour comparer. Le piège fréquent, c'est de croire que l'algorithme est mauvais alors que la lumière crée des reflets.

Enfin, note tes tests comme en atelier, réglage, résultat, erreur en mm, puis reviens dessus 1 fois par semaine pour consolider tes automatismes.

# Table des matières

<b>Chapitre 1 :</b> Types de robots .....	<a href="#">Aller</a>
1. Types de robots industriels .....	<a href="#">Aller</a>
2. Robots mobiles et collaboratifs .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2 :</b> Repères et trajectoires .....	<a href="#">Aller</a>
1. Repères de référence .....	<a href="#">Aller</a>
2. Planification de trajectoire .....	<a href="#">Aller</a>
3. Trajectoire et contrôle .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3 :</b> Programmation de base .....	<a href="#">Aller</a>
1. Bases du langage et structure d'un programme .....	<a href="#">Aller</a>
2. Contrôle logique et flux .....	<a href="#">Aller</a>
3. Fonctions, modules et intégration vision .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 4 :</b> Vision et préhension .....	<a href="#">Aller</a>
1. Principes de la vision industrielle .....	<a href="#">Aller</a>

2. Systèmes de préhension et choix de l'effecteur ..... [Aller](#)
3. Intégration vision-préhension et cas concret ..... [Aller](#)

# Chapitre 1 : Types de robots

## 1. Types de robots industriels :

### Classification générale :

On distingue principalement les robots articulés, SCARA, delta, portiques et robots mobiles. Chaque famille répond à des besoins précis, comme la soudure, le pick and place ou le transport interne en usine.

### Principaux critères :

Pour choisir un robot, regarde le nombre d'axes, la charge utile, la portée, la répétabilité et la vitesse. Par exemple, un 6 axes standard porte 3 à 50 kg, répétabilité 0,01 à 0,1 mm.

### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Remplacer 2 postes manuels par un robot 6 axes a réduit le cycle de cent vingt secondes à quarante-cinq secondes, augmentant la cadence de 60 pour cent et réduisant les erreurs d'assemblage.

Type	Degrés de liberté	Plage de charge utile	Application typique
Articulé	4 à 7	3 à 1 000 kg	Soudure industrielle, manutention
SCARA	4	1 à 20 kg	Pick and place, assemblage
Delta	3 à 4	0,1 à 5 kg	Tri, emballage à haute cadence
Portique	3 à 6	10 à 2 000 kg	Découpe, manutention lourde
Mobile	Variable	50 à 2 000 kg	Transport interne, logistique

## 2. Robots mobiles et collaboratifs :

### Robots mobiles autonomes :

Les AGV et AMR assurent la logistique interne, utilisant la navigation par balises, SLAM ou guidage magnétique. Vitesse typique 0,5 à 2 m par seconde, charge utile 50 à 2 000 kg selon modèle.

### Robots collaboratifs :

Les cobots sont pensés pour travailler près de l'opérateur, avec des charges courantes de 3 à 20 kg et des sécurités intégrées. Ils facilitent l'intégration sur des lignes mixtes sans cages lourdes.

### Astuce pratique :

En stage, commence toujours par simuler le trajet et la zone de travail du cobot, compte entre 1 et 3 jours pour valider sécurité et cycle avant mise en production.



### Mini cas concret :

Contexte : PME de 80 salariés voulait automatiser le pick and place pour gagner en cadence. Étapes : audit, choix d'un cobot 6 kg, programmation, validation de sécurité en 4 semaines. Résultat : cadence multipliée par 2, taux d'erreur divisé par 5.

- Livrable attendu : cahier des charges de 6 pages comprenant plan d'implantation, temps cycle cible de 30 secondes et estimation ROI à 14 mois.
- Étapes chiffrées : audit 2 jours, intégration 10 jours, validation 3 jours.

Check	Action	Pourquoi
Sécuriser la zone	Installer capteurs et marquages	Évite arrêts non planifiés et accidents
Valider le cycle	Mesurer temps et répétabilité	Assure respect des cibles de production
Former l'équipe	Session de 4 heures sur opérations	Réduit erreurs d'utilisation au démarrage
Documenter	Rédiger protocole maintenance simple	Facilite interventions et traçabilité

### Exemple d'implémentation d'un AMR :

Un entrepôt a déployé 3 AMR pour transporter palettes, réduisant déplacements manuels de 40 pour cent et permettant d'économiser 2 personnes sur la ligne pendant les pics.

## Ce qu'il faut retenir

Tu distingues plusieurs familles (articulé, SCARA, delta, portique, mobile) selon l'usage : soudure, pick and place, tri, manutention ou logistique. Pour sélectionner le bon modèle, applique des **critères de choix** mesurables : axes, charge, portée, répétabilité et vitesse. Les **robots mobiles autonomes** (AGV/AMR) naviguent par balises, SLAM ou guidage magnétique. Les **cobots sécurisés** travaillent près des opérateurs et s'intègrent vite.

- Articulé : polyvalent, charges jusqu'à très lourdes, idéal soudure/manutention.
- Delta/SCARA : haute cadence et précision pour tri, emballage, assemblage.
- En projet : simule la zone du cobot, puis valide sécurité et cycle en 1 à 3 jours.

Les cas concrets montrent un **gain de cadence** net et moins d'erreurs (cycle réduit, cadence multipliée, logistique allégée). Documente, sécurise, mesure et forme l'équipe pour tenir le ROI.

## Chapitre 2 : Repères et trajectoires

### 1. Repères de référence :

#### Objectif et usages :

Le but est d'installer des repères cohérents pour localiser outils, capteurs et pièces sur une ligne. Tu t'en sers pour transformer des positions entre robot, caméra et pièce.

#### Systemes de coordonnées :

On distingue cadre base robot, outil, pièce et caméra. Chaque cadre a origine, orientation et unité. Respecte la convention droite pour éviter les inversions de signe.

#### Transformation homogène :

Utilise matrices 4x4 pour combiner rotation et translation. Elles facilitent composition de transformations et interpolation entre poses. C'est l'outil standard en robotique et vision.

#### Exemple d'utilisation des repères :

Tu calibres une caméra et mesures un repère sur une pièce, puis tu exprimes la position du point en base robot pour saisir la pièce, réduction d'erreur de 3 mm.

Élément	Description	Usage courant
Base robot	Origine mécanique du robot	Planification globale des trajectoires
Outil	Repère lié à l'effecteur	Contrôle précis de la pince ou du préhenseur
Pièce	Repère fixé sur la pièce	Alignement et positionnement lors d'assemblage
Caméra	Repère optique dans image	Calibration vision-robot pour localisation

Une fois en stage, j'ai perdu trente minutes à cause d'un repère mal orienté, depuis je vérifie toujours origine et orientation avant essais.

### 2. Planification de trajectoire :

#### Objectif et contraintes :

Planifier un trajet sûr et efficace entre poses, en tenant compte d'obstacles, limites de vitesse et tolérances de position. On optimise temps ou trajectoire selon l'application.

#### Interpolation et lissage :

Tu utilises interpolation linéaire ou polynomiale, splines pour trajectoires lisses. Le blending entre segments évite arrêts brusques, utile pour pièces fragiles ou instruments de mesure.

### Évitement d'obstacles et contraintes cinématiques :

Intègre modèles collision et géométrie outil, et limites de joints. Simule trajectoire en 3D pour vérifier dégagements et respecter vitesses maximales du robot.

### Exemple d'optimisation d'une trajectoire de palettisation :

Contexte: robot 6 axes manipule 2 kg à une cadence de 1 000 pièces/h. Étapes: mesure poses, calcul splines, simulation 50 cycles. Résultat: temps cycle passé de 3,0 s à 2,4 s, gain 20%. Livrable: waypoints.csv et rapport 5 pages.

Étape opérationnelle	Vérifier	Critère
Calibrer repères	Correspondance caméra-robot	Erreur $\leq 3$ mm
Simuler trajectoire	Absence de collisions	Dégagement $\geq 5$ mm
Tester cycles	Répétabilité	Écart type $< 0,5$ mm
Livrable	Fichiers waypoints et rapport	CSV + PDF 3 à 6 pages

## 3. Trajectoire et contrôle :

### Exécution et feedforward :

L'exécution adapte consignes de vitesse et accélération, utilise feedforward pour compenser inertie. Teste sur banc 10 cycles pour valider précision et répétabilité avant mise en production.

### Contrôle en boucle fermée :

Utilise retour d'encoders et capteurs vision pour corriger trajectoire en temps réel. Boucle PID ou MPC selon complexité, attention à gains pour éviter oscillations.



## Représentation visuelle



Calibrer la caméra pour une précision de positionnement de 0,1 mm

### Validation et tolérances :

Définis tolérances posées en mm et angles en degrés. Mesure 30 prises pour obtenir écart type et garantir 95% des opérations dans tolérance.



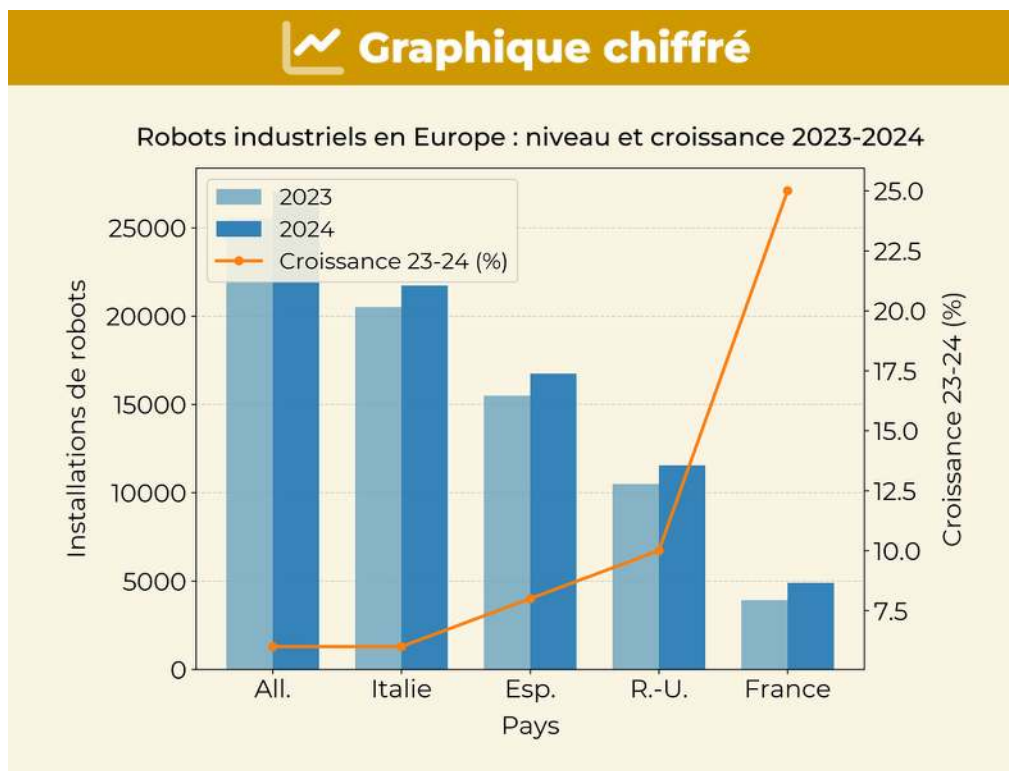
## Graphique chiffré

Métrie industrielle en Europe : marché et investissements (2024-2030)



**Astuce pour le terrain :**

Avant de lancer le programme complet, fais 5 cycles à vitesse réduite 30% pour détecter collisions et erreurs de calibration, cela évite arrêts longs et casse de pièces.



## i Ce qu'il faut retenir

Tu mets en place des **repères cohérents** (base robot, outil, pièce, caméra) pour exprimer une pose dans le bon cadre, sans inversions de signe. Les **matrices homogènes 4x4** te servent à enchaîner rotation et translation et à passer d'un repère à l'autre.

- Planifie une trajectoire sûre: obstacles, limites de joints, vitesses et tolérances.
- Utilise interpolation et **lissage par splines** avec blending pour éviter les à-coups.
- Exécute avec feedforward et corrige via **boucle fermée PID** ou MPC.

Valide par simulation puis tests: collisions, répétabilité et tolérances (mm, degrés). Avant production, fais quelques cycles à vitesse réduite pour repérer erreurs de calibration et risques de casse.

## Chapitre 3 : Programmation de base

### 1. Bases du langage et structure d'un programme :

#### Variable et type :

Une variable stocke une valeur que le robot peut lire ou modifier pendant l'exécution du programme, elle peut être numérique, booléenne ou une chaîne selon le contrôleur utilisé.

#### Structure et séquence :

Un programme contient une séquence d'instructions exécutées dans l'ordre, ajoute des commentaires pour expliquer les étapes et sépare les blocs en sections claires pour faciliter la maintenance et la sécurité.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Écris une variable `cycle_time` pour suivre la durée d'un cycle en millisecondes, initialise à 0, incrémente à chaque fin d'opération et calcule la moyenne sur 100 cycles pour détecter dérives.

### 2. Contrôle logique et flux :

#### Conditions et choix :

Utilise `if/else` pour diriger le robot selon l'état des capteurs, garde les conditions simples et testables, évite les chaînes de conditions trop longues qui rendent le code fragile.

#### Boucles et temporisation :

Les boucles permettent de répéter des tâches, choisis `for` quand le nombre d'itérations est connu et `while` pour attendre une condition, prends garde aux boucles infinies et aux délais non bloquants.

#### Astuce debug :

Insère des logs simples pour capteur et états clés, limite les logs à 10 par seconde pour ne pas saturer le réseau et facilite le diagnostic en atelier.

### 3. Fonctions, modules et intégration vision :

#### Sous-programmes et modularité :

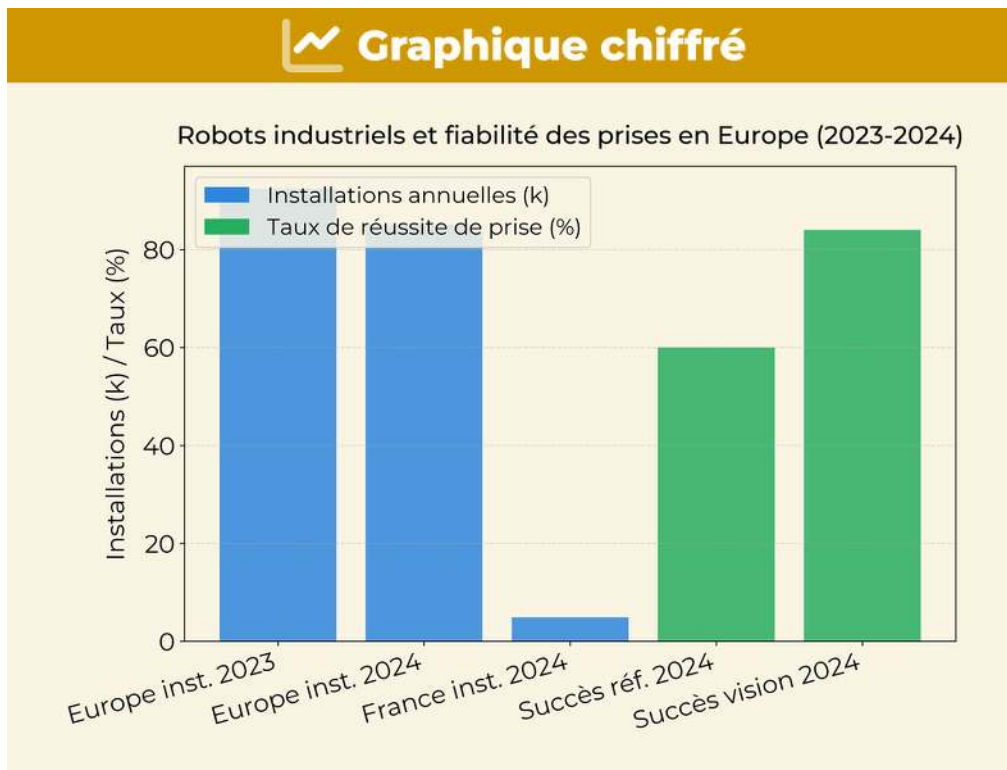
Crée des fonctions pour actions récurrentes comme prise, pose, déplacement, nomme-les clairement et documente les entrées et sorties pour réutiliser le code entre projets et réduire les erreurs.

#### Intégration caméra et traitement :

Appelle un module vision qui retourne coordonnées et confiance, synchronise acquisition image avec l'état robot, filtre faux positifs et fais des tests sur 50 images pour valider robustesse en production.

### Exemple détection pièce :

Le module vision signale la position X et Y avec une précision de  $\pm 0,5$  mm et une confiance, le robot ajuste la prise si la confiance est supérieure à 80%.



### Mini cas concret :

Contexte: cellule pick-and-place avec caméra 2 MP et bras six axes. Étapes: calibration, acquisition 100 images, ajustement trajectoire, validation 1 000 cycles. Résultat: cycle réduit de 6,0 s à 4,2 s, taux de pièce bonne 99,2%. Livrable: rapport de test et programme robot.

Commande	Description	Exemple d'usage
MoveJ	Déplacement joint à joint pour trajet rapide	MoveJ p_home pour retourner à la position de référence
MoveL	Déplacement linéaire utile pour trajectoires précises	MoveL p_pick pour saisir une pièce sans heurter
SetDO	Commande de sortie digitale pour actionneurs	SetDO gripper true pour fermer la préhension
Call	Appel d'une fonction ou d'un sous-programme	Call CalibrateCamera pour lancer l'étalonnage

Une fois j'ai oublié d'initialiser une variable de vitesse, et le robot a fait un mouvement trop rapide, heureusement sans casse, depuis je vérifie toujours les initialisations.

### Check-list opérationnelle :



- Vérifier initialisation des variables clés avant mise en marche
- Test en simulation 100 cycles avant exécution sur la cellule
- Valider seuils de confiance vision sur 50 images représentatives
- Plan de sécurité: arrêts d'urgence et limites logicielles paramétrées
- Documenter les versions du programme et l'historique des modifications

## Ce qu'il faut retenir

Tu poses les bases: **variables et types**, séquence d'instructions et commentaires pour un programme lisible et sûr. Tu pilotes ensuite le robot avec un **flux logique robuste** (conditions, boucles, temporisations) et du debug par logs maîtrisés.

- Initialise toujours les variables clés (ex: vitesse, cycle\_time) et surveille les dérives sur plusieurs cycles.
- Garde les if/else simples, évite les boucles infinies, choisis for ou while selon le besoin.
- Construis un **code modulaire réutilisable** (fonctions, Call) et sécurise tes mouvements (MoveJ, MoveL, SetDO).
- Soigne l'intégration caméra: coordonnées + confiance, **validation vision** sur images représentatives avant production.

Avant la cellule, simule et teste (images et cycles), puis documente versions et réglages. Une bonne initialisation et des validations chiffrées t'évitent les mouvements dangereux et stabilisent la cadence.

## Chapitre 4 : Vision et préhension

### 1. Principes de la vision industrielle :

#### Fonction de la vision :

La vision industrielle transforme une scène en données exploitables pour un robot, par exemple position, orientation et qualité d'une pièce. C'est la base pour des décisions en temps réel et pour éviter des erreurs mécaniques coûteuses.

#### Capteurs et caractéristiques :

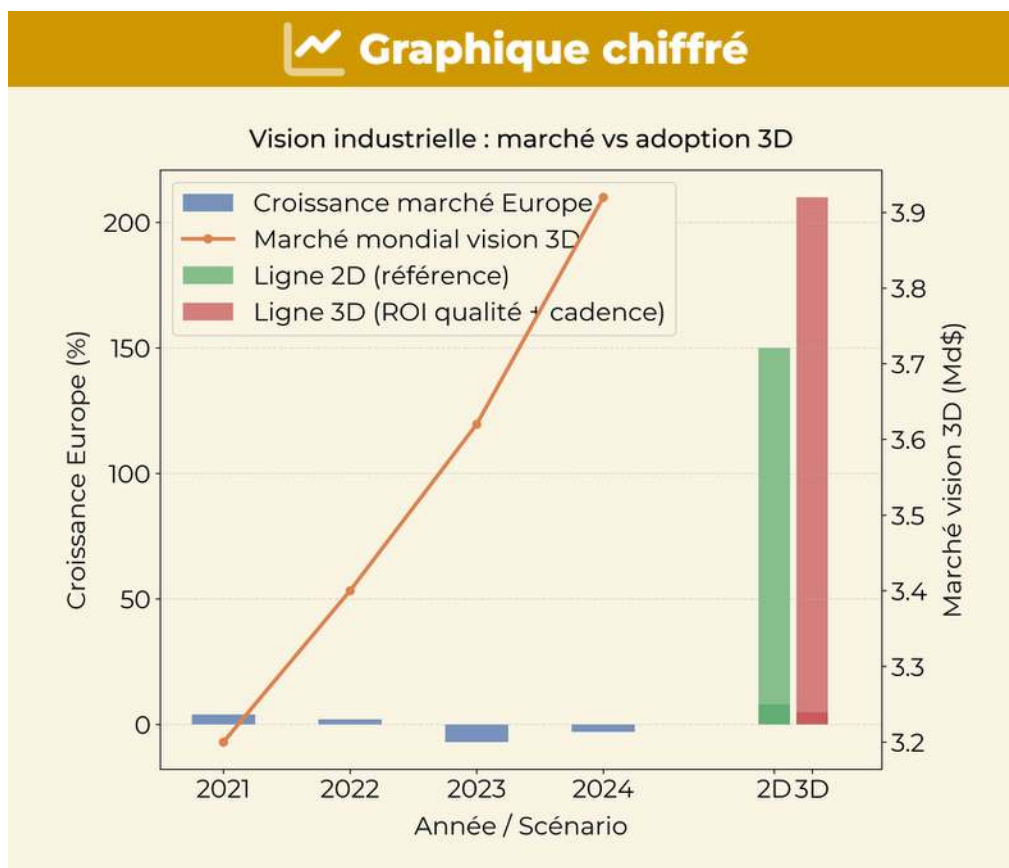
Tu vas rencontrer caméras 2D, caméras 3D et capteurs de profondeur. Chaque technologie a ses forces, comme vitesse, précision ou robustesse face à l'éclairage. Choisis en fonction de la tâche et du budget disponible.

#### Prétraitement et extraction de caractéristiques :

Le traitement d'image filtre le bruit, corrige l'éclairage et extrait contours, coins ou surfaces. Ces étapes réduisent la charge du système et améliorent la fiabilité des décisions de préhension en production.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

En remplaçant une caméra 2D mal positionnée par une caméra 3D, une ligne d'assemblage est passée de 150 pièces/heure à 210 pièces/heure avec un taux de rejet réduit de 40%.



## 2. Systèmes de préhension et choix de l'effecteur :

### Types de préhenseurs :

Il existe pinces mécaniques, ventouses et préhenseurs adaptatifs. Le bon choix dépend de la géométrie, de la masse et du matériau. Pense aussi à la cadence souhaitée et à la maintenance prévue.

### Critères de sélection :

Évalue préhension sûre, répétabilité, force nécessaire et compatibilité avec la vision. Par exemple, une ventouse évite de marquer des pièces fragiles, mais demande un plan de nettoyage régulier en production.

### Conception et tests :

En atelier, fabrique un gabarit d'essai pour valider la prise avec 30 à 50 manipulations. Mesure l'usure et le taux d'échec sur 1 journée de production pour ajuster la géométrie ou la force.

### Astuce terrain :

Lors de mon premier stage, j'ai réduit les fausses prises de 60% en augmentant légèrement la surface de contact de la ventouse, et en ajoutant un capteur simple de dépression.

Élément	Avantage	Limitation
Caméra 2D	Rapide et économique	Peu fiable sur reliefs
Caméra 3D	Mesure de profondeur précise	Coût et temps de calcul supérieurs
Ventouse	Adaptée aux surfaces lisses	Nécessite dépression et entretien
Pince adaptative	Polyvalente sur formes variées	Plus complexe mécaniquement

## 3. Intégration vision-préhension et cas concret :

### Flux d'information type :

La caméra détecte la position, le contrôleur calcule la trajectoire et l'effecteur saisit la pièce. Le retour du capteur confirme la prise ou déclenche une correction automatique en cas d'erreur.

### Gestion des erreurs et tolérances :

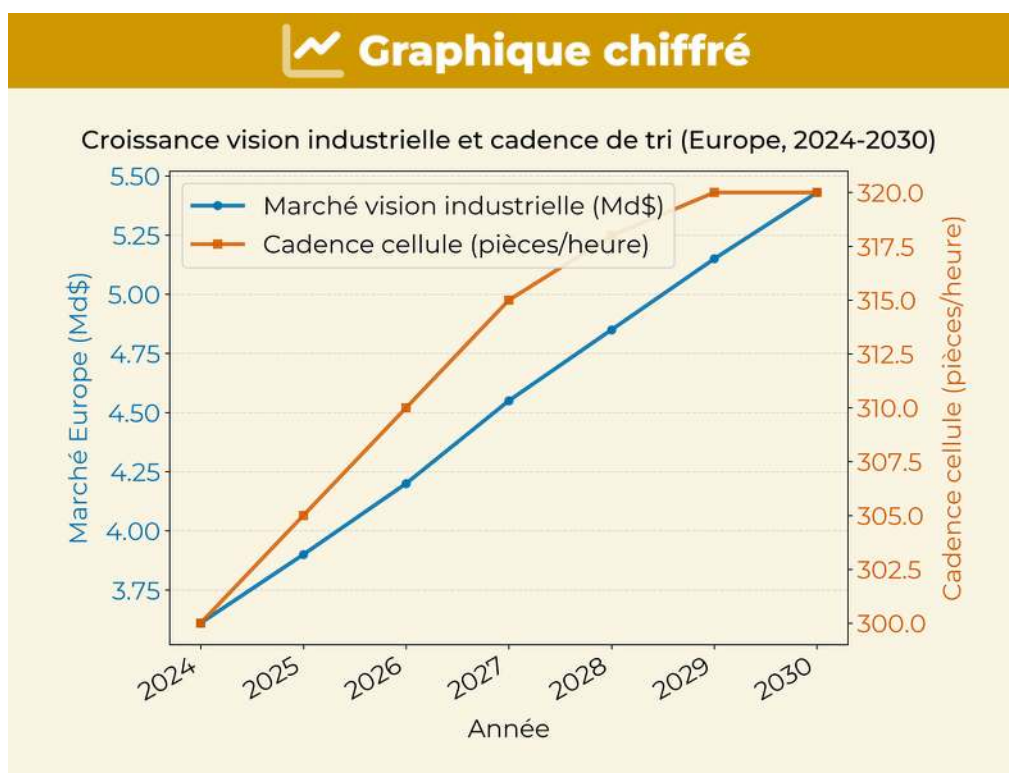
Fixe des tolérances de position et d'angle pour décider si une reprise est nécessaire. Prévois une routine de rattrapage si le taux d'échec dépasse 2% sur 1 heure de production.

### Test et validation :

Réalise 3 séries de tests à 100 cycles chacune, en variant éclairage et orientation. Mesure temps moyen de cycle, taux de réussite et usure pour valider la solution avant industrialisation.

### Exemple de cas concret :

Contexte : ligne de tri de composants électroniques, cadence visée 300 pièces/heure, pièce ronde 20 mm de diamètre, masse 5 g. Étapes : choix caméra 3D, ventouse souple, calibration, tests 300 cycles. Résultat : cadence stabilisée à 320 pièces/heure, taux de prise réussie 98%. Livrable attendu : rapport de qualification avec mesure du temps cycle moyen 11,25 s et un plan de maintenance sur 3 mois.



### Checklist opérationnelle :

Action	But
Vérifier l'éclairage	Éviter fuites et ombres sur l'image
Calibrer la caméra	Assurer précision métrique
Tester 100 cycles	Évaluer robustesse et usure
Mesurer taux d'échec	Définir actions correctives
Documenter le livrable	Fournir rapport et plan de maintenance

### Exemple d'erreur fréquente :

Oublier de verrouiller la compensation d'éclairage, ce qui crée des dérives pendant une journée de production et augmente le taux de rejet de près de 10%.

## Ce qu'il faut retenir

La vision industrielle convertit une scène en **données exploitables robot** (position, orientation, qualité) pour décider vite et éviter des erreurs coûteuses. Le **choix capteur adapté** (2D, 3D, profondeur) dépend de la tâche, de l'éclairage et du budget, puis le **prétraitement d'image robuste** fiabilise la détection.

- Choisis l'effecteur (pince, ventouse, adaptatif) selon géométrie, masse, matériau, cadence et maintenance.
- Valide en atelier: 30 à 50 prises, puis mesure l'échec et l'usure sur une journée.
- Intègre le flux caméra, contrôleur, trajectoire, retour capteur, avec tolérances et routines de rattrapage si > 2% d'échecs.

Pour industrialiser, fais des **tests de validation** (3 x 100 cycles) en variant éclairage et orientation, et documente rapport + maintenance. Verrouille la compensation d'éclairage pour éviter les dérives et la hausse des rejets.

# Informatique des systèmes

## Ce qu'il faut savoir :

L'**informatique des systèmes** te fait comprendre comment une machine tourne vraiment: Le **système d'exploitation** et le **noyau du système** pilotent le matériel, lancent des processus, partagent le CPU et gèrent la mémoire. En Industrie & Technologies, ça sert à garder des postes, serveurs ou systèmes embarqués stables.

Notions clés:

- Processus et ordonnancement
- **Système de fichiers** et points de montage
- **Droits d'accès** et principe du moindre privilège
- Logs, niveaux de gravité, diagnostic

Tu croieras aussi la virtualisation: Une VM embarque un OS complet, les conteneurs partagent le noyau et restent plus légers. Un ami a déjà perdu 30 minutes parce que /var était plein, les logs avaient tout bloqué, c'est le genre de détail qui marque.

## Conseil :

Travaille en cycles courts: 2 séances de 30 minutes, 3 fois par semaine. Alterne théorie et pratique, par exemple lire un schéma d'arborescence, puis tester 2 commandes et noter ce qu'elles changent sur un fichier. Tu vas progresser plus vite en manipulant.

Quand tu bloques, suis une routine simple: Espace disque, permissions, état d'un service, puis lecture des logs. Le piège fréquent, c'est de changer 10 paramètres à la fois, fais 1 changement, vérifie, puis passe au suivant, ça te donne un diagnostic fiable.

## Table des matières

<b>Chapitre 1 :</b> Réseaux et adressage .....	<a href="#">Aller</a>
1. Notions de base et topologie .....	<a href="#">Aller</a>
2. Adressage ip et sous-réseaux .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2 :</b> Supervision et IHM .....	<a href="#">Aller</a>
1. Architecture et communications .....	<a href="#">Aller</a>
2. Conception d'ihm et ergonomie .....	<a href="#">Aller</a>
3. Exploitation, maintenance et indicateurs .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3 :</b> Cybersécurité des accès .....	<a href="#">Aller</a>
1. Gestion des identités et authentification .....	<a href="#">Aller</a>
2. Contrôle d'accès et gestion des privilèges .....	<a href="#">Aller</a>
3. Accès à distance et sécurité des terminaux .....	<a href="#">Aller</a>

# Chapitre 1 : Réseaux et adressage

## 1. Notions de base et topologie :

### Objectifs et contexte :

Ce point te présente pourquoi les réseaux existent, quels services ils supportent et comment ils s'insèrent dans une usine. Tu y verras les gains en productivité et en sécurité attendus.

### Composants essentiels :

Un réseau comprend des cartes réseau, commutateurs, routeurs, points d'accès, câbles et serveurs. Connaître ces éléments te permettra de diagnostiquer une panne en moins de 30 minutes en atelier.

### Topologies courantes :

Les topologies influent sur la résilience et le coût. En industrie on privilégie souvent l'étoile ou l'arborescence pour limiter l'impact d'une panne et simplifier la maintenance.

### Astuce pratique :

Sur le terrain, vérifie d'abord les voyants puis teste un câble connu bon pendant 5 minutes, cela t'épargne souvent 1 ou 2 heures de recherche. Une fois en stage j'ai perdu 3 heures pour un câble mal branché.

## 2. Adressage ip et sous-réseaux :

### Adresse ipv4 et classes :

Une adresse ipv4 se compose de 4 octets, chaque octet allant de 0 à 255. Connaître les classes A B C facilite la lecture rapide des plans d'adressage.

Classe	Plage d'adresses	Masque par défaut	Usages typiques
A	1.0.0.0 à 126.255.255.255	255.0.0.0	Grandes organisations
B	128.0.0.0 à 191.255.255.255	255.255.0.0	Universités, entreprises moyennes
C	192.0.0.0 à 223.255.255.255	255.255.255.0	Réseaux locaux, ateliers, petites structures

### Masque et sous-réseau :

Le masque détermine la partie réseau et la partie hôte. En découpage tu peux créer 4 sous-réseaux égaux avec un /26 à partir d'un /24, soit 62 hôtes utilisables chacun.

### Exemple de calcul de sous-réseau :

Tu dois connecter 24 postes dans un atelier, un masque /27 offre 30 hôtes utilisables, donc un seul sous-réseau suffit. Livrable attendu, un plan d'adressage avec 24 IP assignées.

### **Nat et passerelle :**

Le NAT permet d'adresser plusieurs machines avec une seule adresse publique, la passerelle fait la jonction entre ton LAN et l'extérieur. Vérifie la gateway en premier lors d'un problème d'accès internet.

### **Mini cas concret :**

Contexte, atelier de 24 postes et 2 imprimantes, objectif, réseau stable pour production. Étapes, 1) choisir plage privée 192.168.10.0/24 2) créer un /27 pour postes 3) réserver 24 IP et 2 pour imprimantes. Résultat, réseau isolé et fonctionnel en 3 heures. Livrable attendu, tableau d'adressage listant 24 adresses attribuées, 2 adresses imprimantes et la passerelle.



*Configurer un réseau stable pour 24 postes de travail*

Avant d'intervenir, suis cette liste rapide pour ne rien oublier en atelier, elle te sauvera du temps et évitera les erreurs fréquentes comme une mauvaise gateway.

<b>Action</b>	<b>Fréquence</b>	<b>But</b>	<b>Outil</b>
Vérifier voyants	Avant chaque intervention	Détecter coupures physiques	Vue physique



Tester câble	Si suspicion	Éliminer défauts matériels	Testeur réseau
Confirmer gateway	À l'installation	Assurer accès internet	Commande ipconfig ou ip
Documenter plan IP	Après configuration	Faciliter maintenance future	Tableur

## Ce qu'il faut retenir

Tu comprends pourquoi les réseaux sont essentiels en usine, et tu repères vite les **composants du réseau** pour diagnostiquer une panne. Les **topologies étoile/arborescence** sont souvent choisies pour limiter l'impact d'une coupure.

- Vérifie d'abord les voyants.
- Teste un câble connu bon.
- Confirme la gateway en priorité.
- Documente ton plan IP.

Côté adressage, une IPv4 a 4 octets, et les classes A/B/C aident à lire un plan. Avec le **masque et sous-réseau**, dimensionne juste: /27 suffit pour 24 postes, /26 découpe un /24 en 4 réseaux (62 hôtes). Pense aussi à **NAT et passerelle** pour l'accès externe, puis consigne tes IP pour faciliter la maintenance.

## Chapitre 2: Supervision et IHM

### 1. Architecture et communications :

#### Topologie et composants :

Une supervision typique relie automates, capteurs, pupitres opérateur et serveurs. Tu trouveras souvent 1 ou 2 serveurs redondants, un réseau industriel séparé et des postes IHM pour les opérateurs en atelier.

#### Protocoles courants :

Connais Modbus, OPC UA, EtherNet/IP, Profinet. OPC UA devient la norme pour l'interopérabilité, Modbus reste fréquent sur des équipements simples, choisis selon bande passante et latence de ta ligne.

#### Sécurité opérationnelle :

Segmente le réseau, applique des règles d'accès et assure les sauvegardes quotidiennes. Prévoyez un plan de reprise avec images système, et limite l'accès aux écrans critiques par authentification.

#### Exemple d'architecture pour une mini ligne :

Une ligne avec 6 IO, 1 automate et 2 postes IHM peut tenir sur un switch industriel, OPC UA vers un serveur de supervision et sauvegardes journalières de 1 Go.

Protocole	Usage typique	Avantage principal
Modbus	Capteurs simples	Simplicité
OPC UA	Interopérabilité	Sécurité et standard
Profinet	Automates industriels	Temps réel

### 2. Conception d'ihm et ergonomie :

#### Principes d'affichage :

Affiche l'essentiel en premier, utilise des couleurs cohérentes, et garde au maximum 3 niveaux de navigation. Un opérateur doit atteindre l'information critique en moins de 5 secondes.

#### Gestion des alarmes :

Classe les alarmes par criticité, définis des seuils clairs et évite les alarmes redondantes. Une matrice d'alarme bien faite réduit les fausses alertes de plus de 30 pourcent en pratique.

#### Accessibilité et profils utilisateurs :

Crée des profils opérateur, maintenance et ingénierie avec droits distincts. Limite la configuration aux ingénieurs, et garde un compte opérateur générique pour la conduite journalière.

#### **Astuce ergonomie :**

Utilise des icônes simples et une police lisible à distance, testée à 2 mètres sur le pupitre, pour éviter des erreurs lors des tournées de supervision.

### **3. Exploitation, maintenance et indicateurs :**

#### **Kpi et tendance :**

Surveille disponibilité, taux de panne, temps moyen de réparation et performance. Par exemple, vise une disponibilité supérieure à 95 pourcent et mesure les tendances sur 24 heures pour détecter dérives.

#### **Journalisation et traçabilité :**

Enregistre événements, alarmes et actions opérateur. Conserve logs au minimum 30 jours sur site et 1 an pour les rapports, en fonction des exigences qualité et réglementaires.

#### **Cas concret et livrable attendu :**

Contexte : petite ligne d'assemblage de 10 postes avec automate central. Étapes : audit réseau en 1 journée, installation d'un serveur de supervision en 2 jours, configuration de 6 écrans IHM en 3 jours.

#### **Exemple d'optimisation d'un processus de production :**

Après supervision, réduction des arrêts non planifiés de 40 pourcent et amélioration du TRS de 6 points en 2 mois. Livrable attendu, un dossier technique incluant 3 écrans IHM, matrice d'alarmes et le fichier de sauvegarde complet.

Vérification	Action	Critère
Connexion automate	Tester flux OPC UA	Latence < 200 ms
Alarmes	Valider matrice	Faux positifs < 5%
Sauvegarde	Planifier quotidien	Restauration en 30 min

#### **Check-list opérationnelle :**

Voici 5 points pratiques à valider lors d'une mise en service ou d'une visite terrain.

- Vérifier la connectivité physique et la latence réseau
- Tester les écrans IHM pour lisibilité à 2 mètres
- Valider la matrice d'alarme avec l'opérateur en 1 essai
- Planifier la sauvegarde automatique et tester la restauration
- Documenter les profils utilisateurs et les accès livrés

### Exemple de livrable pour un mini projet :

Fournir un dossier de mise en service incluant schéma réseau, 3 écrans IHM PDF, matrice d'alarme en tableur et un fichier de configuration serveur avec sauvegarde de 1 Go.

### Astuce de stage :

Lors d'une mise en service, demande toujours 30 minutes avec l'opérateur pour valider l'ergonomie. C'est souvent le moment où l'on évite 50 pourcent des retours après livraison.

## Ce qu'il faut retenir

Une supervision relie automates, capteurs, IHM et serveurs, idéalement avec **réseau industriel segmenté** et serveurs redondants. Choisis des **protocoles adaptés à la ligne** (OPC UA pour l'interopérabilité, Modbus pour le simple, Profinet pour le temps réel) et sécurise par droits, authentification et sauvegardes.

- Conçois une IHM où l'info critique arrive en **IHM en 5 secondes**, avec 3 niveaux de navigation max.
- Réduis les fausses alertes via une **matrice d'alarmes claire**, classée par criticité.
- Suis tes KPI (disponibilité, pannes, MTTR), et conserve les logs 30 jours à 1 an.

En exploitation, teste latence, lisibilité à 2 mètres et restauration des sauvegardes. Prends 30 minutes avec l'opérateur pour valider l'ergonomie et éviter la majorité des retours après livraison.

## Chapitre 3 : Cybersécurité des accès

### 1. Gestion des identités et authentification :

#### Objectif :

Protéger les identités utilisateurs et machines pour empêcher les accès non autorisés aux automates, serveurs et postes de supervision en production.

#### Bonnes pratiques :

- Mettre en place l'authentification multifactorielle pour les comptes à risque.
- Utiliser un gestionnaire de mots de passe et interdire les mots de passe partagés.
- Séparer les comptes administrateurs des comptes opérateurs et limiter les droits.

#### Technologies clés :

Annuaire central (Active Directory ou LDAP), SSO avec MFA, certificats pour équipements, et solution PAM pour les comptes à privilèges.

#### Exemple de mise en place de MFA :

Déploiement de MFA pour 120 utilisateurs en 3 semaines, avec réduction des connexions suspectes d'environ 99,9% selon les retours de l'outil d'authentification.

### 2. Contrôle d'accès et gestion des privilèges :

#### Principe :

Appliquer le principe du moindre privilège, documenter chaque attribution et revoir les droits tous les 3 à 6 mois pour limiter les dérives et les risques de mauvaises manipulations.

#### Modèles d'accès :

- RBAC pour structurer les rôles métiers et automatiser les droits.
- ABAC pour règles fines basées sur attributs si tu as besoin de contexte temporel ou d'équipement.
- PAM pour contrôler et enregistrer l'utilisation des comptes à haut privilège.

#### Audit et traçabilité :

Centralise les logs, conserve-les au minimum 90 jours et alertes les tentatives d'élévation ou d'accès inhabituels pour déclencher une investigation rapide.

Modèle	Usage	Avantage
RBAC	Accès standardisés pour groupes métiers	Facile à administrer

ABAC	Règles basées sur attributs temps et zone	Grande granularité
PAM	Gestion des comptes à privilèges	Traçabilité et contrôle renforcé

### 3. Accès à distance et sécurité des terminaux :

#### Risques :

Accès distant mal protégé, postes non patchés et connexions VPN mal configurées exposent les automates et les IHM à des compromissions en production.

#### Mesures techniques :

- Segmenter le réseau OT et interdire les connexions directes depuis internet.
- Exiger VPN avec MFA et utiliser un jump server pour toutes les interventions distantes.
- Déployer un EDR léger sur postes critiques et appliquer des règles de durcissement.

#### Conduite opérationnelle :

Mets en place une procédure d'accès temporaire, demande une validation formelle, limite la fenêtre d'accès à 24 à 72 heures et consigne chaque intervention dans un ticket.

#### Mini cas concret :

Contexte : Usine de 2 lignes de production avec 40 postes opérateurs, accès à distance intermittent pour maintenance par 6 techniciens externes.

Étapes : Inventaire des comptes, déploiement de MFA sur 60 comptes, mise en place d'un jump server et revue des privilèges en 4 semaines.

Résultat : Baisse de 90% des accès externes non autorisés en 2 mois et réduction des incidents liés à l'erreur humaine de 30%.

Livrable attendu : Rapport de sécurisation chiffré, playbook d'accès temporaire et liste modifiée de comptes avec droits révoqués, livraison en 1 fichier PDF de 12 pages.

Petite anecdote personnelle, une fois j'ai résolu un souci d'accès en 48 heures simplement en révoquant 2 comptes partagés trop permissifs.

Vérification	Fréquence	Responsable
Revue des droits utilisateurs	Tous les 3 mois	Responsable IT
Test d'accès distant via jump server	Chaque intervention	Chef de maintenance
Analyse des logs critiques	Hebdomadaire	Opérateur sécurité
Rotation des secrets machine	Tous les 90 jours	Admin système

## Ce qu'il faut retenir

Tu sécurises les accès OT en protégeant les identités, en limitant les droits et en verrouillant l'accès à distance aux automates, serveurs et IHM.

- Renforce l'authentification : **authentification multifactorielle**, gestionnaire de mots de passe, pas de comptes partagés, comptes admin séparés.
- Applique le **moindre privilège** avec RBAC ou ABAC, et encadre les comptes sensibles via PAM.
- Pour le distant : VPN avec MFA, **jump server dédié**, segmentation OT, EDR léger et durcissement.
- Assure la traçabilité : **logs centralisés** (90 jours mini), alertes, et revues des droits tous les 3 à 6 mois.

Formalise les accès temporaires (validation, fenêtre 24 à 72 h, ticket) et mesure les gains. Une revue régulière et la suppression de comptes trop permissifs réduisent vite les accès non autorisés.

# Maintenance et dépannage

## Ce qu'il faut savoir :

En Industrie & Technologies, la **maintenance et dépannage** sert à garder les équipements fiables, à **réduire les arrêts**, et à remettre une machine en service sans bricolage. Tu alternes observation, diagnostic, action, puis contrôle final.

On retrouve 3 logiques, **préventive** pour éviter la panne, corrective après défaut, et parfois prédictive via des indicateurs. Avant d'intervenir, pense **sécurité électrique**, isolement, et vérification du **zéro énergie**, c'est un réflexe pro.

Pour dépanner, garde un **diagnostic structuré** :

- Observer les symptômes
- Isoler la zone
- Tester une hypothèse
- Valider la remise en marche

## Conseil :

Quand tu révises, entraîne-toi sur 2 pannes typiques, un capteur qui décroche, un moteur qui chauffe. Chrono 15 minutes, note ce que tu mesures, ce que tu élimines, et ce que tu changes, tu progresses vite.

Si tu bloques, pose 5 fois la question pourquoi pour viser la cause, pas juste le symptôme. Un de mes amis a déjà remplacé 2 pièces, alors qu'un connecteur était mal serré, ça m'a marqué, prends le temps de vérifier le simple.

# Table des matières

<b>Chapitre 1 :</b> Diagnostic de pannes .....	<a href="#">Aller</a>
1. Identifier le symptôme .....	<a href="#">Aller</a>
2. Diagnostiquer et valider la cause .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2 :</b> Maintenance préventive .....	<a href="#">Aller</a>
1. Principes et objectifs .....	<a href="#">Aller</a>
2. Planifier et organiser .....	<a href="#">Aller</a>
3. Techniques et actions sur le terrain .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3 :</b> Maintenance conditionnelle .....	<a href="#">Aller</a>
1. Principes et objectifs .....	<a href="#">Aller</a>
2. Mettre en place un système de surveillance .....	<a href="#">Aller</a>
3. Organisation opérationnelle et retours d'expérience .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 4 :</b> GMAO et historiques .....	<a href="#">Aller</a>



1. Comprendre la gmao et son rôle ..... [Aller](#)
2. Structurer les historiques et les données ..... [Aller](#)
3. Cas concret, indicateurs et checklist opérationnelle ..... [Aller](#)

**Chapitre 5 : Plan d'intervention** ..... [Aller](#)

1. Planifier l'intervention ..... [Aller](#)
2. Organiser les ressources et la logistique ..... [Aller](#)
3. Dérouler et documenter l'intervention ..... [Aller](#)

# Chapitre 1 : Diagnostic de pannes

## 1. Identifier le symptôme :

### Objectif et public :

Ce point t'aide à repérer rapidement les signes d'une panne, pour prioriser les interventions et expliquer la situation à ton équipe ou au client.

### Méthode d'observation :

Observe les sons, les vibrations, les voyants et les logs machine, note l'heure et la séquence des événements, et recopie les codes d'erreur avant toute intervention.

### Outils nécessaires :

- Multimètre
- Lampe portable
- Téléphone pour photos et logs
- Clé dynamométrique

### Exemple d'identification d'un moteur qui ne démarre pas :

Tu vérifies d'abord la tension d'alimentation, tu mesures 400 V entre phases, tu contrôles le disjoncteur et le relais, puis tu notes que le démarreur reste inactif.

Symptôme	Cause probable	Premier contrôle
Moteur ne démarre pas	Alimentation coupée ou démarreur HS	Vérifier tension et fusibles
Surchauffe régulière	Ventilation bouchée ou surcharge	Contrôler débit d'air et courant
Bruits anormaux	Roulement usé ou pièce déformée	Inspection visuelle et test vibration

Je me souviens d'une intervention où un simple serrage évita un remplacement coûteux, ça m'a appris à ne jamais négliger les contrôles basiques.

## 2. Diagnostiquer et valider la cause :

### Plan de test :

Commence par sécuriser, isoler la machine, puis mesurer tensions, courants et résistances dans l'ordre logique, enfin réalise un essai à vide et un essai charge si possible.

### Analyse des données :

Compare les mesures avec les références constructeur, cherche les dérives sur 24 heures, utilise trend et thermographie pour confirmer une défaillance électrique ou mécanique.

### Validation et compte rendu :

Valide la cause en remplaçant la pièce suspecte ou en réalisant un test ciblé pendant 30 minutes, puis rédige un rapport avec actions, temps passé et coût estimé.

### Astuce de stage :

Prends toujours deux photos avant et après intervention, elles économisent souvent 20 minutes d'explication et préviennent les contestations sur la nature des travaux effectués.

### Mini cas concret :

Contexte: usine de production sur 2 équipes, bande transporteuse stoppe 3 fois par semaine, coût d'arrêt estimé 400 € par heure. Étapes: observation, mesure courant, démontage palier, remplacement roulement.

Résultat: panne isolée au roulement, arrêt moyen réduit de 3 h à 0,5 h par incident.

Livrable: rapport de 2 pages, facture pièces 45 €, main d'œuvre 1,5 h.

Étape	Action	Durée indicative
Sécurité	Couper alimentation et verrouiller	5 minutes
Observation	Recueillir symptômes et photos	10 minutes
Mesures	Tension, courant, résistance	15 minutes
Test mécanique	Rotation à la main, vibration	20 minutes
Rapport	Rédaction actions et coûts	15 minutes

## Ce qu'il faut retenir

Pour dépanner vite, commence par **repérer rapidement le symptôme** : sons, vibrations, voyants, logs. Note l'heure, la séquence, et recopie les codes d'erreur avant toute action.

- Utilise les bons outils (multimètre, lampe, téléphone pour photos et logs, clé dynamométrique).
- Suis un **plan de test logique** : sécuriser et isoler, puis mesurer tension, courant, résistance, et tester à vide puis en charge.
- Confirme la cause en comparant aux valeurs constructeur et via trend ou thermographie.

Valide par un test ciblé ou le remplacement de la pièce suspecte, et prends des **photos avant et après**. Termine par un **rapport clair et chiffré** (actions, temps, coûts) pour éviter les contestations et accélérer les prochaines interventions.

## Chapitre 2 : Maintenance préventive

### 1. Principes et objectifs :

#### Pourquoi faire de la maintenance préventive ?

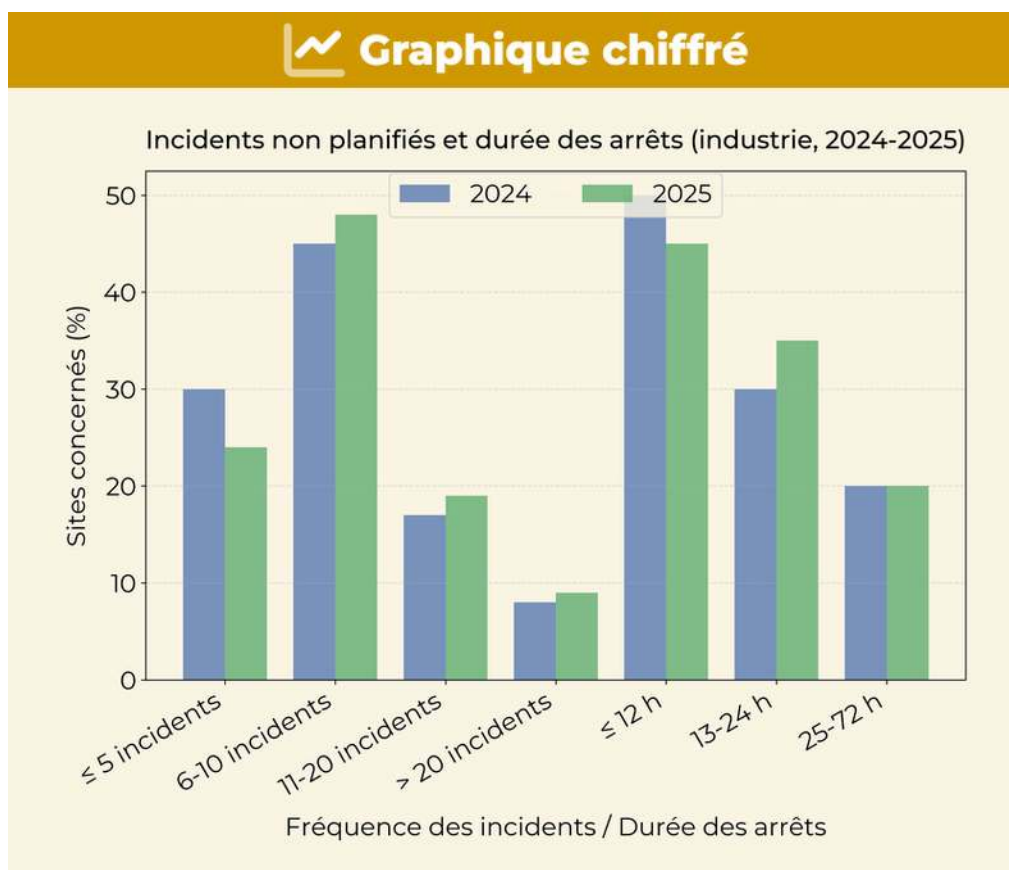
La maintenance préventive vise à éviter les pannes, prolonger la durée de vie des équipements et sécuriser la production. Elle réduit les arrêts imprévus et permet d'économiser sur les coûts de réparation à long terme.

#### Types de maintenance et approche prédictive :

Tu as la maintenance périodique, conditionnelle et prédictive. La prédictive utilise des mesures vibratoires, thermiques ou électriques pour intervenir seulement quand c'est nécessaire, ce qui limite les interventions inutiles et les risques d'erreur.

#### Indicateurs clés :

Surveille le MTBF, MTTR, taux de disponibilité et nombre d'interventions par mois. Un objectif pratique est d'augmenter le MTBF de 20 à 30% après un plan structuré sur 12 mois.



#### Astuce méthode :

Commence par lister 10 machines critiques, priorise-les selon impact sécurité et production, puis construis des fiches d'intervention simples à 6 lignes maximum.

### 2. Planifier et organiser :

### **Établir un plan de maintenance :**

Le plan décrit tâches, fréquences et responsables. Fixe des fréquences en heures d'utilisation, par exemple toutes les 250 heures pour un contrôle de niveau ou tous les 3 mois pour une inspection générale.

### **Utiliser un CMMS :**

Un CMMS centralise les ordres de travail, historiques et pièces détachées. Même un petit atelier gagne 10 à 20% en réactivité quand l'historique des interventions est fiable et accessible.

### **Mini cas concret :**

Contexte, usine emballage, 3 machines critiques provoquant 12 arrêts annuels. Étapes, audit 2 jours, priorisation, mise en place de 8 tâches préventives mensuelles et formation de 2 techniciens.

Résultat, baisse des arrêts de 50% en 6 mois, gain de 1 200 heures de production et économie estimée de 18 000 euros par an. Livrable attendu, calendrier de maintenance mensuel et rapport de performance de 6 pages.

### **Exemple d'optimisation d'un calendrier :**

Tu regroupes les inspections lubrification et visuelle chaque premier lundi du mois pour réduire les interventions non productives et économiser 3 heures par machine chaque mois.

## **3. Techniques et actions sur le terrain :**

### **Contrôles visuels et mesures simples :**

Les contrôles visuels restent essentiels. Vérifie fuites, jeux anormaux, bruit et température. Complète par mesures vibratoires simples tous les 3 mois si possible, pour détecter les déséquilibres précoces.

### **Lubrification et réglages :**

Respecte les types de graisses et les quantités indiquées. Un excès ou un manque réduit la durée de vie. Note chaque remplissage dans le carnet d'entretien et fais un contrôle de fuite après 24 heures.

### **Astuce de terrain :**

Photographie l'état initial d'un élément avant intervention, archive la photo dans le CMMS. Ça évite 2 erreurs fréquentes lors des remontages et gagne du temps en dépannage.

<b>Élément</b>	<b>Fréquence type</b>	<b>Responsable</b>
Inspection visuelle	Hebdomadaire	Technicien 1
Lubrification	Toutes les 250 heures	Opérateur

Mesures vibratoires	Trimestriel	Maintenance - externe si besoin
Contrôle électrique	Semestriel	Électricien

### Gestion des pièces et coût :

Pour 20 machines, cible 10 pièces de rechange critiques et maintiens un stock minimal. Une règle pratique, 3 à 5 jours de consommation pour éviter blocage de production.

### Formation et responsabilité :

Forme les opérateurs aux vérifications simples. Un opérateur qui fait 5 minutes d'inspection quotidienne peut éviter 1 panne majeure par an sur une machine critique.

Tâche	Comment faire	Livrable
Inspection quotidienne	Liste 8 points, 5 min	Feuille signée
Maintenance mensuelle	Graissage, serrages, nettoyage filtre	Ordre de travail clos
Vérification trimestrielle	Vibrations, alignement	Rapport d'analyse

### Check-list opérationnelle :

Utilise cette petite liste lors d'une visite rapide sur machine, elle t'évite d'oublier l'essentiel et facilite l'enregistrement dans le CMMS.

Élément	Question à se poser
État général	Y a-t-il fuites ou jeux visibles
Bruitage	Son anormal ou vibration détectée
Lubrification	Graisse conforme et niveau ok
Sécurité	Protections et verrous en place
Enregistrement	Intervention saisie dans le CMMS

### Exemple de rapport mensuel :

Un rapport de 2 pages listant interventions effectuées, temps passé, pièces x consommées et évolution MTBF, permet de justifier un investissement de remplacement si besoin.

### Astuce priorisation :

Classe les machines selon impact sécurité et perte horaire. Si une machine bloque 100 pièces par heure, c'est prioritaire face à une machine à 10 pièces par heure.

 **Ce qu'il faut retenir**

La **maintenance préventive efficace** évite les pannes, sécurise la production et réduit les coûts. Combine périodique, conditionnelle et **approche prédictive ciblée** (vibrations, thermique, électrique) pour intervenir au bon moment. Pilote avec MTBF, MTRR et disponibilité.

- Liste 10 machines critiques, puis priorise selon sécurité et impact production.
- Crée un **plan de maintenance** (tâches, fréquences en heures ou mois, responsables) et regroupe les interventions pour gagner du temps.
- Utilise un **CMMS bien tenu** pour historiques, ordres de travail et stock (10 pièces critiques, 3 à 5 jours de conso).
- Sur le terrain : contrôles visuels, lubrification conforme, mesures simples, photos avant intervention.

Implique les opérateurs avec 5 minutes d'inspection quotidienne et trace tout. En structurant sur 12 mois, tu peux augmenter le MTBF et réduire fortement les arrêts imprévus.

## Chapitre 3 : Maintenance conditionnelle

### 1. Principes et objectifs :

#### Pourquoi passer à la maintenance conditionnelle ?

La maintenance conditionnelle repose sur l'état réel des équipements, elle déclenche des actions quand un critère est dépassé. L'idée est de réduire les interventions inutiles et d'éviter les pannes imprévues coûteuses.

#### Indicateurs et capteurs pertinents :

Choisis des paramètres faciles à mesurer et représentatifs, comme vibration, température, usure d'huile, courant électrique ou débit. Ces mesures permettent d'anticiper une dégradation avant l'arrêt machine.

- Vibration pour roulements et transmissions
- Thermographie pour connexions électriques et frottements
- Analyse d'huile pour moteurs et boîtes

#### Avantages et limites :

Tu gagnes en disponibilité et tu peux prolonger certains intervalles d'entretien, mais cela demande des investissements capteurs et des compétences en analyse. La fiabilité des seuils reste critique.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Sur une ligne de convoyage, la surveillance vibration a réduit les arrêts non planifiés de 40 pour cent en un an, en planifiant 12 interventions ciblées au lieu d'un entretien général.

### 2. Mettre en place un système de surveillance :

#### Choix des capteurs :

Sélectionne des capteurs robustes, compatibles IP et calibrés. Préfère la simplicité pour le terrain, comme capteurs vibration tri-axe et thermocouples, avec fréquence d'échantillonnage adaptée.

#### Acquisition et traitement des données :

Installe un enregistreur ou une gateway, collecte toutes les heures ou toutes les 8 heures selon criticité, puis analyse par seuils et tendances. Automatise les rapports vers le CMMS.

- Acquisition en bord machine
- Prétraitement local pour filtrer le bruit
- Transmission sécurisée vers serveur ou cloud

#### Seuils d'action et règles de décision :

Définis trois niveaux d'alerte, par exemple observation, planification et arrêt. Utilise une augmentation progressive et trend sur 3 mesures pour éviter fausses alertes dues à un seul pic.



### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

En réglant un seuil vibration à 7 mm/s pour observation, puis 12 mm/s pour intervention, l'équipe a évité 6 pannes en 6 mois sans multiplier les interventions.

Capteur	Paramètre mesuré	Fréquence	Seuil typique	Action recommandée
Accéléromètre	Vibration RMS	Toutes les 8 heures	7 et 12 mm/s	Surveillance puis intervention planifiée
Caméra thermique	Température de surface	Hebdomadaire ou ponctuel	+10 °C au-dessus normal	Inspection électrique et resserrage
Analyse d'huile	Particules, viscosité	Tous les 3 mois	Présence de fer détectée	Vidange et investigation interne

### 3. Organisation opérationnelle et retours d'expérience :

#### Intégration au CMMS :

Relie les alertes au CMMS pour créer automatiquement des ordres de travail. Ajoute des priorités et durées estimées, et archive chaque événement pour analyses futures.

#### Processus d'intervention :

Décris un flux clair, de la détection à la réparation, avec rôles définis et délais cibles. Prévoys 1 responsable d'alerte et 1 technicien par intervention critique.

- Détection automatique
- Validation par technicien en moins de 24 heures
- Intervention planifiée sous 72 heures si nécessaire

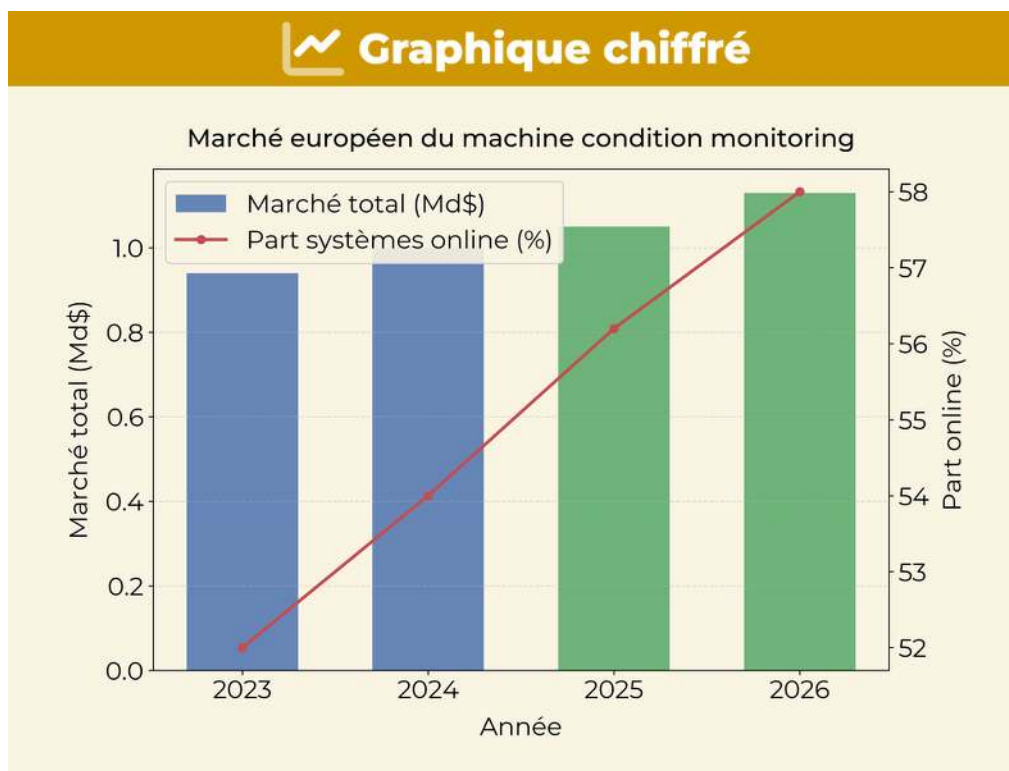
#### Mesurer l'efficacité et kpis :

Suivis classiques, comme MTTR, MTBF et taux d'interventions préventives évitées, permettent d'évaluer l'impact. Vise une baisse du MTTR de 20 pour cent la première année.

### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Sur 12 mois, un site industriel a réduit les pannes critiques de 30 pour cent et a économisé 45 000 euros de coûts directs grâce à la surveillance conditionnelle ciblée.

## Graphique chiffré



### Mini cas concret – surveillance d'un moteur de pompage :

Contexte : pompe centrifuge sur circuit de refroidissement, arrêt machine coûte 2 000 euros par heure. Étapes : installation accéléromètre, collecte toutes les 8 heures, seuil d'intervention à 10 mm/s, inspection planifiée. Résultat : détection d'un désalignement débutant, intervention planifiée en 48 heures, gain estimé 18 000 euros évités en arrêts. Livrable attendu : rapport d'analyse avec courbes temporelles, ordre de travail CMMS et plan d'action chiffré.

Check-list opérationnelle	Action
Vérifier alimentation capteurs	Contrôle quotidien des connexions
Valider acquisitions	Vérifier data reçue toutes les 8 heures
Contrôler seuils	Réévaluer seuils tous les 6 mois
Archiver et analyser	Synthèse mensuelle des alertes
Former l'équipe	Session de 2 heures chaque trimestre

Astuce terrain : commence petit, sur 1 ligne ou 1 équipement critique, pour apprendre et ajuster seuils, cela évite de diluer les efforts et de perdre la confiance opérationnelle.

## i Ce qu'il faut retenir

La **maintenance conditionnelle** déclenche l'intervention selon l'état réel, pour éviter les pannes et supprimer les tâches inutiles. Tu surveilles des **capteurs pertinents**

(vibration, température, huile) et tu décides via des **seuils d'action** et des tendances.

- Choisis des capteurs robustes, bien calibrés, et une fréquence de mesure adaptée à la criticité.
- Filtre et analyse les données (seuils + trend sur plusieurs mesures) pour limiter les fausses alertes.
- Assure l'**intégration au CMMS** : alertes, ordres de travail, priorités, archivage.

Organise un flux clair de détection à réparation, avec rôles et délais. Mesure l'impact (MTTR, MTBF, pannes évitées) et commence petit sur un équipement critique pour ajuster les seuils et gagner la confiance.

## Chapitre 4 : GMAO et historiques

### 1. Comprendre la gmao et son rôle :

#### Définition et valeur ajoutée :

La GMAO, ou gestion de maintenance assistée par ordinateur, centralise les interventions, les équipements et les pièces. Son objectif est de rendre tes actions traçables, rapides et mesurables pour réduire les coûts et les arrêts.

#### Pourquoi ça change la pratique sur le terrain ?

Avec une GMAO, tu planifies en quelques clics, tu consultes l'historique complet d'une machine et tu suis les KPI. Sur le terrain, ça fait gagner souvent 30% de temps de recherche pour une panne récurrente.

#### Exemple d'utilisation quotidienne :

Un technicien consulte l'historique avant d'intervenir, il repère une pièce changée il y a 6 mois et économise 1 heure de diagnostic en évitant un démontage inutile.

### 2. Structurer les historiques et les données :

#### Champs essentiels à consigner :

Note toujours la date, le numéro d'équipement, l'opération réalisée, le temps passé, la référence des pièces et le nom de l'intervenant. Ces éléments permettent des analyses fiables et des rapports exploitables.

#### Bonnes pratiques de saisie :

Utilise des libellés standards, évite les abréviations personnelles et sélectionne des codes d'intervention prédéfinis. Une saisie propre réduit les erreurs d'analyse et facilite la recherche historique.



## Représentation visuelle



*Documentation des interventions sur équipements, amélioration de la traçabilité et réduction des pannes*

### **Gestion des versions et traçabilité :**

Conserve les versions des procédures et des paramétrages d'équipement. Ainsi, si un réglage change, tu retrouves qui l'a modifié et pourquoi, ce qui améliore la responsabilité et la conformité.

### **Exemple d'historique de maintenance :**

La fiche d'une pompe contient 12 interventions sur 24 mois, temps moyen par intervention 1,2 heure, coût total pièces 450 euros, et permet d'anticiper un échange majeur sous 3 mois.

Élément	Question à se poser
Date	La date est-elle précise à la minute près si nécessaire
Intervenant	Le nom ou l'identifiant est-il renseigné et vérifié
Pièces	La référence et le coût sont-ils saisis
Durée	Le temps passé est-il mesuré en minutes ou en heures

### **3. Cas concret, indicateurs et checklist opérationnelle :**

#### **Mini cas concret – optimisation d'un parc de compresseurs :**

Contexte: site industriel avec 8 compresseurs et 250 arrêts annuels. Étapes: collecte historiques 12 mois, standardisation des fiches en 4 semaines, mise en place de tâches

préventives mensuelles. Résultat: baisse des arrêts de 40% en 6 mois. Livrable attendu: rapport PDF de 15 pages, tableau des coûts par machine et plan d'actions avec priorités et calendrier sur 3 mois.

### Indicateurs à suivre :

Surveille le nombre d'interventions par équipement, le taux de réouverture d'incidents, le coût pièces par an et le temps moyen d'intervention. Ces KPI guident les décisions budgétaires et les arbitrages d'investissement.

### Erreurs fréquentes et conseils pratiques :

Ne pas utiliser de champs libres pour l'analyse, éviter les doublons d'équipements et ne pas ignorer les retours terrain. Astuce: crée 6 modèles d'opération pour couvrir 80% des interventions, cela réduit la saisie de 50%.

### Exemple d'indicateur chiffré :

Après nettoyage des historiques, l'équipe a identifié 3 machines représentant 60% des coûts pièces. En remplaçant 1 élément critique, le coût annuel a chuté de 4 800 euros.

Checklist opérationnelle	Action
Vérifier les doublons équipements	Fusionner ou renuméroter les fiches dans les 2 semaines
Standardiser les codes d'intervention	Définir 6 modèles prioritaires en 1 mois
Former les techniciens à la saisie	Session de 2 heures pour 10 personnes
Mettre en place des contrôles qualité	Audit mensuel de 30 minutes sur 5 dossiers
Analyser les KPI	Revue trimestrielle avec actions chiffrées

### Petite astuce de stage :

Enregistre une courte photo et une note de 20 mots à chaque intervention, cela aide énormément lors des diagnostics futurs et réduit les appels entre équipes.

### Exemple d'audit historique :

Audit réalisé sur 50 fiches en 2 semaines a montré 18% de saisies incomplètes, ce qui a conduit à une formation ciblée et à une baisse d'erreur de 12% en 3 mois.

## Ce qu'il faut retenir

La GMAO centralise interventions, équipements et pièces pour rendre la maintenance plus rapide, mesurable et traçable. Avec un **historique machine complet**, tu diagnostiques plus vite et tu réduis arrêts et coûts.

- Renseigne toujours : date, équipement, opération, durée, pièces, intervenant, et assure la **traçabilité des versions** (procédures, réglages).
- Adopte une **saisie standardisée** : libellés communs, codes prédéfinis, pas d'abréviations perso, et chasse les doublons.
- Suis les **KPI de maintenance** : interventions, réouvertures, coût pièces/an, temps moyen, pour prioriser tes actions.

Un nettoyage des historiques et quelques tâches préventives peuvent faire chuter fortement les arrêts. Ajoute une photo et une note courte à chaque intervention, puis audite régulièrement la qualité des saisies pour progresser durablement.

## Chapitre 5 : Plan d'intervention

### 1. Planifier l'intervention :

#### Objectif et public :

Avant d'intervenir, définis l'objectif précis et qui est concerné, opérateur, responsable, client. Cela évite les malentendus et permet d'adapter sécurité, outils, et durée estimée pour réussir l'intervention.

#### Collecte d'informations :

Rassemble l'historique GMAO, les rapports d'incident, photos et repères d'équipement. Indique dates et opérations précédentes, ainsi que les tolérances critiques, cela facilite la préparation et évite les déplacements inutiles.

- Sécurité de l'équipe
- Impact sur la production
- Coût et délai

#### Exemple d'intervention rapide :

Sur une pompe stoppée, préparation en 30 minutes, pièces en stock, intervention 1 heure, redémarrage immédiat. Résultat: perte de production limitée à 0,5 heure.

### 2. Organiser les ressources et la logistique :

#### Plan simple :

Établis un plan en étapes claires, durée estimée pour chaque tâche, matériel requis et consignes de sécurité. Un bon plan évite les erreurs et diminue le temps d'arrêt de façon mesurable.

#### Liste des pièces et outils :

Prépare une liste avec référence, quantité nécessaire et emplacement du stock. Indique les pièces critiques à remplacer selon l'historique et anticipe 1 ou 2 pièces de rechange si possible.

Élément	Quantité	Délai d'approvisionnement	Remarque
Stator moteur	1	7 jours	Commander en urgence si défaut critique
Roulement	2	2 jours	Prendre la référence exact
Joint et visserie	5	En stock	Vérifier compatibilité

Petite anecdote, une fois j'ai perdu 45 minutes car la référence n'était pas notée, depuis je prends une photo et je note l'emplacement.



### 3. Dérouler et documenter l'intervention :

#### Séquences d'intervention :

Détaille les phases, démontage, remplacement, remontage et mise en route. Attribue un ordre logique, vérifie chaque étape avec une checklist et note le temps réel de chaque opération.

#### Tests et validation :

Prévois des tests fonctionnels standardisés, mesures de vibration et contrôles électriques. Enregistre les valeurs, compare-les aux tolérances, puis fais valider les résultats par l'opérateur et le responsable.

#### Clôture et retour d'expérience :

Documente l'intervention dans la GMAO, détaille pièces utilisées, temps passé et anomalies résiduelles. Ajoute une recommandation d'action préventive si nécessaire, pour réduire le risque de récurrence.

#### Exemple concret :

Contexte: moteur de convoyeur en surchauffe provoquant 3 arrêts quotidiens et perte estimée de 12 heures de production par semaine. Étapes: diagnostic 45 minutes, commande stator 1 semaine, intervention 3 heures par 2 techniciens.

Résultat: disponibilité machine augmentée de 15%, réduction des arrêts à 0, livrable: rapport d'intervention, fiche pièces, saisie GMAO et feuille de temps totalisant 12 heures homme.

Action	Responsable	Critère de réussite	Temps estimé
Préparer outillage	Technicien	Tous outils vérifiés	30 min
Vérifier pièces	Magasinier	Références conformes	15 min
Sécurité et consignation	Chef d'équipe	Zone isolée et verrouillée	10 min
Intervention	Technicien	Remplacement conforme	180 min
Tests et validation	Technicien / Opérateur	Paramètres dans tolérances	30 min

### Ce qu'il faut retenir

Pour réussir ton intervention, commence par définir un **objectif précis** et le public concerné, puis fais une **collecte d'informations** (GMAO, incidents, photos, tolérances) pour éviter les allers-retours.

- Construis un **plan en étapes** : tâches, durées, matériel, consignes de sécurité, impact production.
- Prépare pièces et outils avec références, quantités, emplacement et délais, et anticipe des rechanges.
- Déroule avec checklist, mesure le temps réel, réalise des tests (vibrations, électrique) et fais valider.

Clôture en documentant dans la GMAO : pièces utilisées, temps passé, valeurs mesurées et anomalies. Ajoute un retour d'expérience et une action préventive pour réduire les récurrences et gagner en disponibilité.

# Qualité et métrologie

## Ce qu'il faut savoir :

En Industrie & Technologies, la **démarche qualité** sert à livrer un résultat qui répond aux besoins, de façon régulière. Objectif: Réduire les défauts, éviter le gaspillage, et progresser avec des actions simples, comme planifier, faire, vérifier, agir.

La **métrologie industrielle**, c'est l'art de mesurer juste. Tu travailles la **chaîne de traçabilité**, l'**étalonnage périodique**, et l'**incertitude de mesure**, souvent à 95 %. Retiens aussi la différence: **Justesse et précision** ne veulent pas dire la même chose.

Dans l'atelier, ça devient concret quand tu contrôles une cote et une tolérance, par exemple avec un  **pied à coulisse** (0,02 mm) ou un **micromètre 0,01 mm**.

- Lire l'unité et le zéro
- Noter la valeur mesurée
- Comparer à la tolérance

## Conseil :

Fais des séances courtes de **20 minutes**, 3 fois par semaine: 1 notion qualité, 1 notion métrologie, puis 1 exercice. Le piège classique, c'est de mesurer vite, sans stabiliser la pièce, la température, ou la pression de serrage.

Garde une **table de relevés** avec 5 mesures répétées, tu verras la dispersion. J'ai déjà vu un ami perdre confiance après 2 résultats différents, puis sourire en comprenant que c'était normal, et qu'il fallait juste maîtriser la méthode.

# Table des matières

<b>Chapitre 1 :</b> Contrôle dimensionnel .....	<a href="#">Aller</a>
1. Principes du contrôle dimensionnel .....	<a href="#">Aller</a>
2. Outils et méthodes de mesure .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2 :</b> Instruments de mesure .....	<a href="#">Aller</a>
1. Types d'instruments et caractéristiques .....	<a href="#">Aller</a>
2. Incertitude, étalonnage et traçabilité .....	<a href="#">Aller</a>
3. Bonnes pratiques sur le terrain et maintenance .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3 :</b> Traçabilité des contrôles .....	<a href="#">Aller</a>
1. Principes et enjeux .....	<a href="#">Aller</a>
1. Organisation des enregistrements .....	<a href="#">Aller</a>
1. Gestion des non-conformités et preuves .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 4 :</b> Gestion des non-conformités .....	<a href="#">Aller</a>

1. Identifier et contenir la non-conformité ..... [Aller](#)
2. Analyser et traiter la cause racine ..... [Aller](#)
3. Actions correctives, préventives et suivi des indicateurs ..... [Aller](#)

# Chapitre 1 : Contrôle dimensionnel

## 1. Principes du contrôle dimensionnel :

### Objectif et champ d'application :

Le contrôle dimensionnel vérifie que les cotes et les tolérances des pièces respectent le plan, il réduit les scrappages et évite les problèmes d'assemblage en série et en prototypage.

### Grandeurs mesurées :

- Longueur et largeur
- Diamètre et épaisseur
- Concentricité, perpendicularité et rugosité quand nécessaire

### Normes et tolérances :

Connaître les tolérances ISO et la cotation fonctionnelle est essentiel, cela te permet de définir la stratégie de contrôle et d'évaluer rapidement l'impact d'un écart sur l'assemblage final.

### Exemple d'utilisation d'un micromètre :

Mesure d'un arbre nominal 20,00 mm  $\pm 0,05$  mm. Tu prends 3 lectures, valeur moyenne 19,98 mm et écart type 0,02 mm, la pièce est conforme et passe en montage.

## 2. Outils et méthodes de mesure :

### Mesure manuelle :

Les instruments manuels restent courants en atelier pour leur rapidité et leur coût maîtrisé. Pied à coulisse et micromètre couvrent 80 à 90% des contrôles dimensionnels usuels.

### Contrôle au CMM :

La CMM réalise des mesures tridimensionnelles précises, souvent à quelques microns selon la machine. Elle est utile pour pièces complexes, premières pièces et audits fournisseurs pour garantir la conformité.

### Procédure de contrôle et traçabilité :

Définis un plan de contrôle, calibre les instruments régulièrement tous les 12 mois ou selon usage, consigne les résultats et assure une traçabilité pour faciliter les actions correctives et les audits qualité.



## Représentation visuelle



Étalonnage nécessite vérification avec un étalon tous les 12 mois

Instrument	Précision typique	Usage
Pied à coulisse numérique	$\pm 0,02$ mm	Mesures rapides, repères
Micromètre	$\pm 0,01$ mm	Diamètres et épaisseurs
CMM	0,002 mm à 0,01 mm	Pièces complexes, rapports détaillés

Garde en tête que l'instrument doit rester adapté à la tolérance. Mesurer avec une précision supérieure à l'écart toléré n'améliore pas la qualité si la méthode est mauvaise.

### Astuce terrain :

Vérifie l'étalonnage rapide avant une série de 50 pièces, et note la température d'atelier si la tolérance est inférieure à 0,05 mm, c'est souvent négligé mais efficace.

### Exemple de mini cas concret :

Contrôle d'un lot de 200 arbres d'entraînement, échantillonnage 20 pièces. Mesure moyenne 9,98 mm pour cible 10,00 mm  $\pm 0,05$  mm, 5 pièces hors tolérance, rework de 3 pièces, livrable : rapport Excel avec histogramme et plan d'action.

Tâche	Vérifier	Fréquence
Étalonnage instrument	Certificat et zéro	Tous les 12 mois ou usage intensif
Vérification première pièce	Cotes critiques	À chaque lancement

Traçabilité	Fiche de contrôle signée	Chaque contrôle
Action corrective	Plan et responsable	Si non-conformité détectée

## **i** Ce qu'il faut retenir

Le contrôle dimensionnel sert à vérifier que les **cotes et tolérances** respectent le plan, pour limiter les rebuts et éviter les soucis d'assemblage en série comme en prototype. Tu mesures longueurs, diamètres, épaisseurs, et parfois géométrie (concentricité, perpendicularité, rugosité). Les tolérances ISO et la cotation fonctionnelle guident ta décision.

- Choisis un **instrument adapté** : pied à coulisse pour du rapide, micromètre pour plus fin, CMM pour le 3D et les pièces complexes.
- Applique un **plan de contrôle** : première pièce, échantillonnage, et critères de conformité clairs.
- Assure la **traçabilité des mesures** : résultats consignés, actions correctives, étalonnage régulier (souvent 12 mois) et attention à la température si la tolérance est serrée.

Retiens que la précision ne suffit pas si la méthode est mauvaise : calibre, mesure proprement, et documente. Avec une routine simple, tu sécurises la qualité et tu facilites les audits.

## Chapitre 2 : Instruments de mesure

### 1. Types d'instruments et caractéristiques :

#### Fonction et domaine :

Les instruments se répartissent entre capteurs, appareils de contact et systèmes optiques. Choisis selon la dimension mesurée, la cadence et l'environnement, ils déterminent la précision et la répétabilité de tes contrôles.

#### Précision, résolution et exactitude :

La résolution est la plus petite graduation visible, la précision décrit la dispersion, l'exactitude mesure l'écart moyen. Par exemple, une résolution de 0,001 mm ne garantit pas une incertitude inférieure à 0,001 mm.

#### Sélection selon l'usage :

Pour une tolérance de  $\pm 0,05$  mm choisis un instrument avec incertitude inférieure à 0,01 mm. Pour 500 pièces par jour, privilégie des appareils rapides ou automatisés capables de cycles de 5 à 10 secondes.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Remplacement d'un pied à coulisse par un comparateur automatique a réduit les temps de mesure de 12 s à 6 s et divisé les erreurs de lecture par 3 sur une pièce de 20 mm.

Instrument	Résolution typique	Incertitude typique	Usage
Pied à coulisse numérique	0,01 mm	0,01 à 0,03 mm	Mesures rapides, contrôles en atelier
Micromètre	0,001 mm	0,002 à 0,005 mm	Pièces de précision, boîtiers, arbres
Comparateur optique / projecteur	0,005 mm	0,005 à 0,02 mm	Contrôle géométrique et profils
Machine de mesure tridimensionnelle (MMT)	0,002 mm	0,005 à 0,02 mm	Pièces complexes, rapports qualité

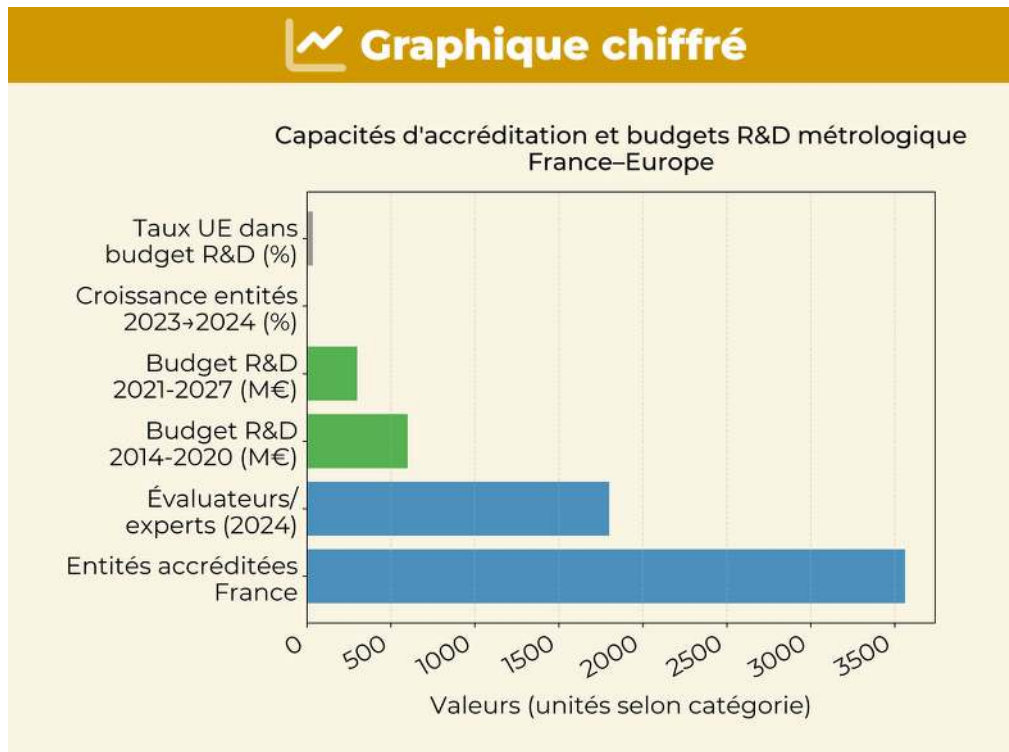
### 2. Incertitude, étalonnage et traçabilité :

#### Concepts clés :

L'incertitude combine erreurs aléatoires et systématiques. On exprime souvent l'incertitude élargie avec un facteur de couverture  $k$  égal à 2, ce qui correspond à environ 95% de confiance.



## Graphique chiffré



### Procédure d'étalonnage :

Étape courte et pratique, l'étalonnage implique comparaison avec un étalon, ajustement éventuel et émission d'un certificat. Un intervalle courant est de 12 mois, à adapter selon l'usage intensif.

### Gestion des certificats et traçabilité :

Attribue un identifiant unique pour chaque instrument, conserve les certificats, dates et résultats. Cette traçabilité facilite les audits et prouve la conformité lors des contrôles clients.

### Exemple d'étalonnage courant :

Pour un micromètre, on compare 10 points avec des cales étalons, on calcule l'erreur moyenne et l'incertitude, puis on met à jour le certificat et l'étiquette d'étalonnage.

### Astuce pratique :

Note toujours la température au moment de la mesure. Une variation de 1 °C sur une pièce en acier de 100 mm implique une dilatation d'environ 0,012 mm, ce qui peut fausser tes résultats.

## 3. Bonnes pratiques sur le terrain et maintenance :

### Mise en œuvre et contrôles quotidiens :

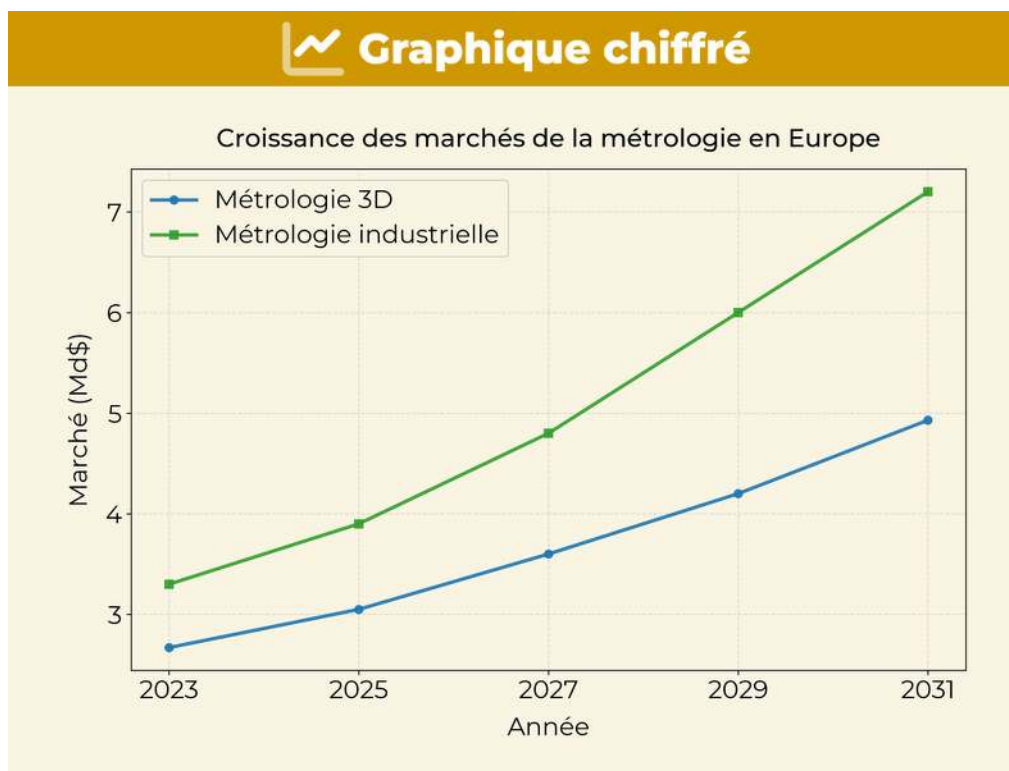
Avant chaque série, fais un contrôle zéro, vérifie l'état des surfaces de contact, et laisse les instruments atteindre la température ambiante stable, idéalement 20 °C plus ou moins 2 °C.

### Entretien et optimisations :

Nettoyage doux, stockage en boîte protégée, graissage léger si recommandé. Remplace ou étalonne après chute ou choc, car 70% des défaillances proviennent d'une mauvaise manutention.

### Cas concret :

Contexte : ligne produisant 500 arbres par jour diamètre  $50,00 \pm 0,05$  mm. Étapes : sélectionner micromètre digital 0,001 mm, valider sur 30 pièces, calibrer, établir incertitude. Résultat : incertitude mesurée 0,008 mm, taux de rebut réduit de 2% à 0,8%.



### Exemple de livrable attendu :

Un rapport de validation contenant 30 mesures, moyenne, écart type, incertitude élargie  $k=2$ , certificat d'étalonnage, et une recommandation d'intervalle d'étalonnage de 12 mois.

### Astuce de terrain :

Si tu dois mesurer rapidement, fais d'abord un mini-étalonnage sur 5 pièces connues, cela t'évitera des mesures faussées pendant 1 journée entière.

Checklist opérationnelle	Action
Vérification zéro	Contrôler la valeur de référence avant chaque série
Contrôle visuel	Inspecter les contacts et l'écran pour défauts
Température	Noter la température ambiante lors des mesures
Étalonnage	Vérifier date et certificat, planifier si nécessaire

Stockage	Ranger en coffret et éviter l'humidité
----------	--

## **i** Ce qu'il faut retenir

Adapte le **choix de l'instrument** à la tolérance, la cadence et l'environnement.  
Retiens que la **résolution n'est pas** l'exactitude : une petite graduation ne garantit pas une faible incertitude.

- Vise une incertitude bien plus faible que la tolérance (ex :  $\pm 0,05$  mm  $\rightarrow$   $< 0,01$  mm) et privilégie l'automatisation si le cycle doit être rapide.
- Calcule et exprime l'**incertitude élargie k=2** (environ 95% de confiance).
- Assure l'étalonnage, un identifiant unique et la **traçabilité des certificats** ; note aussi la température.

Avant chaque série, fais le zéro, contrôle visuel, et laisse l'instrument se stabiliser vers  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ . Après choc ou chute, revalide ou ré-étalonne : la manutention est une cause majeure de dérive.

## Chapitre 3 : Traçabilité des contrôles

### 1. Principes et enjeux :

#### Objectif et public :

Ce chapitre t'apprend à garder la trace fiable des vérifications et mesures en atelier, pour l'équipe qualité, les opérateurs et l'audit. C'est utile pour prouver la conformité et faciliter les actions correctives.

#### Pourquoi c'est utile ?

Une bonne traçabilité réduit les retours client, accélère les investigations et évite des contrôles répétés. En général, on gagne 20 à 50% de temps lors d'un audit quand les enregistrements sont structurés et accessibles.

#### Exemple d'application :

Si un lot présente une dérive, les fiches horodatées permettent d'identifier l'opérateur, l'instrument et l'heure précise de la mesure, pour isoler le lot en moins de 2 heures.

### 1. Organisation des enregistrements :

#### Types de documents enregistrés :

Tu dois tracer au minimum : fiches de contrôle, certificats d'étalonnage, actions correctives, paramètres machine et rapports d'audit. Chaque document doit indiquer date, opérateur, instrument et résultat mesuré.

#### Format et métadonnées :

Privilégie un format standardisé, papier ou numérique, avec métadonnées obligatoires : identifiant lot, numéro d'instrument, incertitude, horodatage et signature ou identifiant opérateur.

Élément	Question à se poser	Exemple
Date et heure	L'horodatage est-il précis et synchronisé ?	2026-02-10 14:32
Opérateur	Qui a fait la mesure ?	J. Martin, opérateur 12
Instrument	Quel instrument et quelle version d'étalonnage ?	Micromètre 0-25 mm, étalonné 2026-01-05
Résultat	Valeur mesurée et unité	12,34 mm
Action	Action corrective ou observation ?	Contrôle renvoyé, tag lot N°345

### 1. Gestion des non-conformités et preuves :

### Traçage des actions :

Quand une non-conformité survient, enregistre la date de détection, l'origine, les pièces concernées, l'action corrective et la vérification post-action. Ces preuves permettent de clore la non-conformité rapidement et durablement.

### Archivage et durée :

Définis une durée d'archivage claire, souvent 5 ans en entreprise, et indique qui gère la conservation. Prévois sauvegarde quotidienne pour les fichiers numériques et rangement sécurisé pour les dossiers papier.

### Exemple de cas concret :

Contexte : usine de pièces mécaniques, dérive dimensionnelle détectée sur 2% des pièces d'un lot de 5 000. Étapes : identification lot, analyse instrument, recalage machine, tri 5 000 pièces en 8 heures. Résultat : 120 pièces mises au rebut, 4 880 conformes après tri. Livrable attendu : rapport complet chiffré (nombre pièces, cause, actions, signatures) remis en 48 heures au responsable qualité.

Astuce terrain : synchronise l'horloge des postes et instruments chaque matin, cela t'évitera des recherches longues lors d'un incident.

Action	Fréquence	Responsable	Preuve
Vérifier étiquettes et identifiants	Chaque début de poste	Opérateur	Checklist signée
Sauvegarde des contrôles	Quotidienne	Technicien IT	Archive serveur
Revue des instruments	Mensuelle	Référent métrologie	Rapport de métrologie
Revue documentaire	Trimestrielle	Responsable qualité	Compte rendu

### Mini check-list opérationnelle :

- Vérifie que chaque fiche contient date, opérateur, instrument et résultat.
- Confirme l'étalonnage de l'instrument utilisé dans les 12 derniers mois.
- Sauvegarde les fichiers de mesure quotidiennement sur serveur sécurisé.
- Archive les dossiers papier dans une armoire fermée, avec index et période de conservation.
- Lors d'une non-conformité, génère le rapport chiffré sous 48 heures.

 **Ce qu'il faut retenir**

Tu dois assurer une **traçabilité des contrôles** fiable pour prouver la conformité, accélérer les audits et résoudre vite les dérives. Des enregistrements structurés réduisent les retours client et facilitent les actions correctives.

- Trace fiches de contrôle, étalonnages, paramètres machine, actions correctives et audits avec date/heure, opérateur, instrument et résultat.
- Standardise le format et les **métadonnées obligatoires** : identifiant lot, n° instrument, incertitude, horodatage, signature.
- En non-conformité, documente origine, pièces touchées, action et **vérification post-action**, puis rends un rapport chiffré sous 48 h.
- Définis un **archivage sécurisé** (souvent 5 ans) avec sauvegarde quotidienne et rangement papier contrôlé.

Synchronise les horloges des postes et instruments pour éviter des recherches interminables. Si tu peux relier rapidement un lot, un opérateur et un instrument à chaque mesure, tu isolés et corriges beaucoup plus vite.

## Chapitre 4 : Gestion des non-conformités

### 1. Identifier et contenir la non-conformité :

#### Détection et signalement :

Dans l'atelier, tu dois repérer la non-conformité dès que possible, la signaler et isoler la pièce ou le lot concerné. Utilise une étiquette claire et un code couleur standard.

#### Mesures de confinement immédiat :

Bloque la production si nécessaire, arrête la machine ou sépare le lot, et préviens le responsable qualité. L'objectif est d'éviter la propagation, ce qui limite les pertes et protège le client.

#### Enregistrement et preuves :

Consigne photos, numéros de lots, horaires et opérateur dans le rapport. Ces preuves servent pour l'analyse et pour la traçabilité, elles doivent être lisibles et datées.

#### Exemple d'identification :

Sur un lot de 500 vis, tu constates 25 pièces non filets correctement, tu étiquettes le lot, prends 6 photos et enregistres l'alerte dans le système dans les 30 minutes.

Disposition	Quand l'utiliser	Conséquence chiffrée
Reprise / retouche	Si la pièce peut être remise aux spéc	Coût moyen 5 à 20 € par pièce selon opération
Réaffectation	Si usage alternatif accepté	Valeur résiduelle 30 à 70 %
Mise au rebut	Si non récupérable ou risque sécurité	Perte totale correspondant au prix de revient

### 2. Analyser et traiter la cause racine :

#### Choix de la méthode :

Utilise 5 why ou diagramme d'Ishikawa selon la complexité. Le 5 why prend souvent 10 à 30 minutes, l'Ishikawa 45 à 90 minutes avec l'équipe impliquée.

#### Collecte de données :

Rassemble contrôles, réglages machine, lot de matière, relevés d'étalonnage et témoignages d'opérateurs. Vise 3 à 5 preuves pour consolider la cause racine.

#### Mini cas concret :

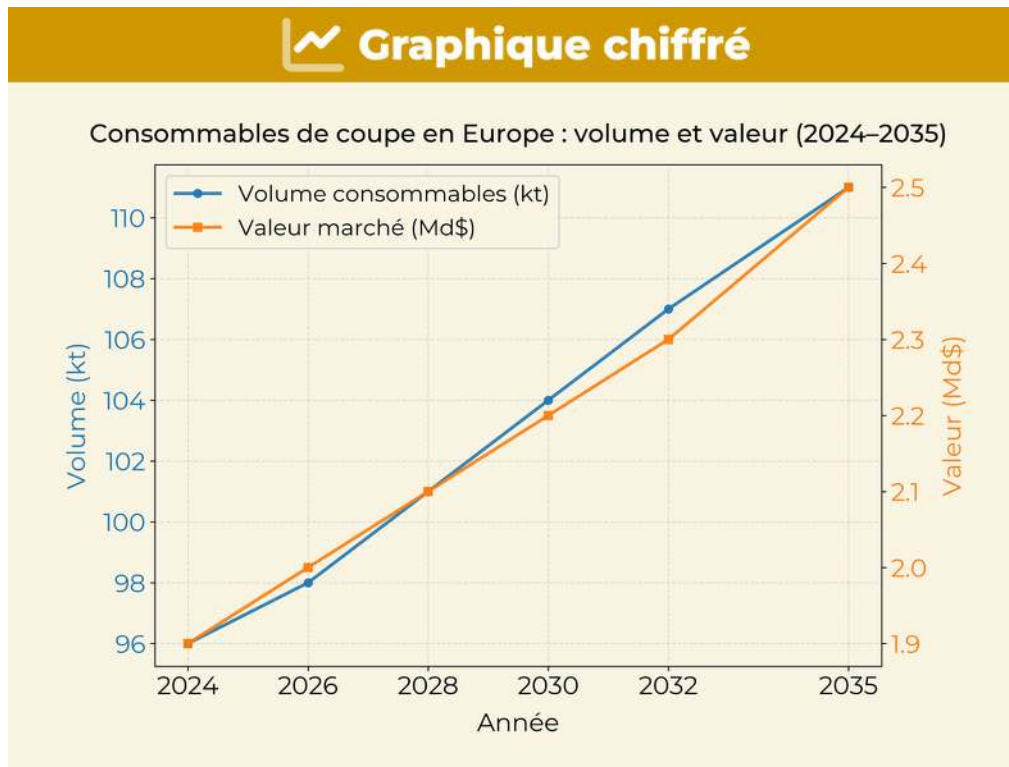
Contexte : lot de 2 000 pièces avec 4 % de défauts soit 80 pièces. Étapes : confinement du lot, prélèvement de 50 pièces, analyse 5 why, remplacement d'un outil usé. Résultat : taux redescendu à 0,6 % sur 1 000 pièces suivantes. Livrable attendu : rapport RCA et plan d'action 5 points, délai de clôture 30 jours.

### Astuce méthode :

Quand tu fais un 5 why, note chaque hypothèse et vérifie par mesure, évite les conclusions hâtives qui coûtent du temps et de l'argent.

### Exemple d'analyse RCA :

Un centre d'usinage générait 3 % de rebuts. L'Ishikawa a identifié outil usé et consigne de coupe trop élevée. Remplacement d'outil et ajustement réduit les rebuts à 0,4 % en 2 semaines.



### 3. Actions correctives, préventives et suivi des indicateurs :

#### Plan d'action et priorisation :

Définis actions à court terme pour contenir, actions long terme pour prévenir la réapparition, et responsable pour chaque action. Priorise selon coût, délai et impact client.

#### Vérification de l'efficacité :

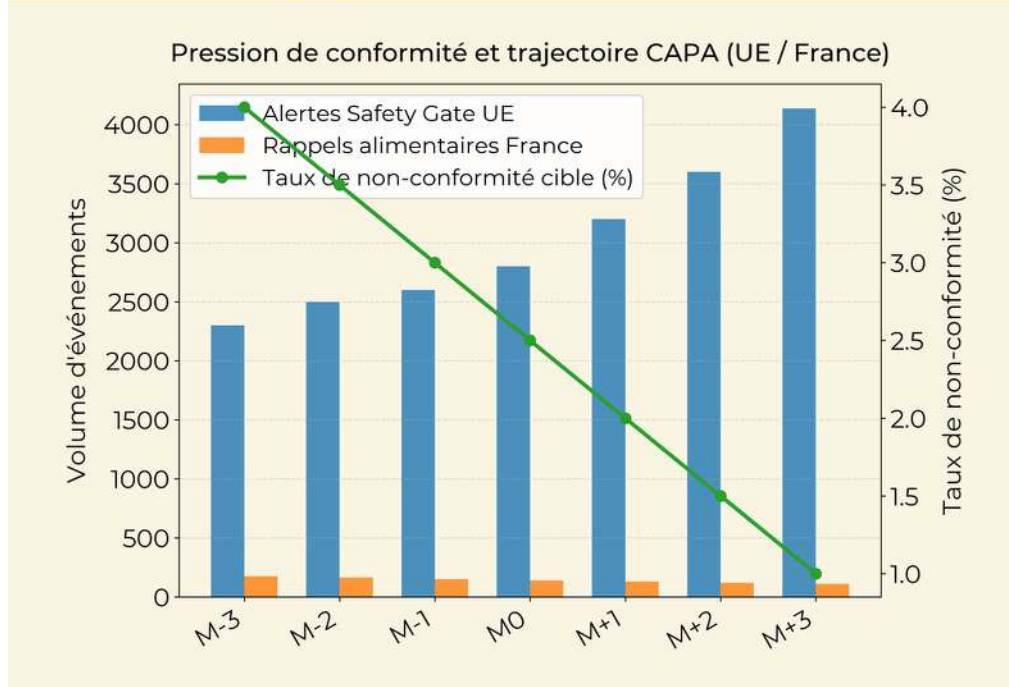
Contrôle l'effet des actions après mise en œuvre, sur 100 à 1 000 pièces selon volume. Ferme l'action si réduction significative du défaut est constatée pendant la période définie.

#### Indicateurs clés :

Suis Taux de non-conformité, Temps de confinement moyen, Délai de fermeture CAPA et Taux de récurrence. Fixe des objectifs concrets, par exemple réduire le taux de 4 % à 1 % en 3 mois.



## Graphique chiffré



### Exemple d'indicateurs :

Sur 6 mois, vise Taux de non-conformité < 1 %, Temps de confinement < 8 heures, Fermeture CAPA < 30 jours et Récurrence < 0,5 % sur lots subséquents.

### Relation fournisseurs :

Si la cause provient d'un fournisseur, lance un retour fournisseur avec preuves, demande action corrective et impose un plan de surveillance pour 3 livraisons suivantes.

### Exemple de relation fournisseur :

Après 2 livraisons concernées, tu peux exiger un contrôle à 100 % chez le fournisseur pendant 1 mois, ou remplacer le fournisseur si défauts persistent.

### Communication client :

En cas d'impact client, informe rapidement, propose mesure corrective et offre compensation si nécessaire. La transparence réduit le risque de perte de confiance et de pénalités.

Vérification terrain	Action	Fréquence
Contrôle après action	Mesurer 100 pièces	Hebdomadaire pendant 4 semaines
Vérification machine	Contrôle outil et réglages	Avant chaque série critique
Contrôle fournisseur	Échantillonnage réception	1ère livraison puis 3 livraisons

### Check-list opérationnelle :

Étape	Action concrète
1. Contenir	Isoler lot, étiqueter, stopper production si nécessaire
2. Enregistrer	Photos, numéro lot, opérateur, heure
3. Analyser	RCA 5 why ou Ishikawa, preuves mesurées
4. Corriger	Plan d'action, responsable et délai à 30 jours
5. Vérifier	Mesurer 100 à 1 000 pièces, clore si ok

### Exemple d'opérationnel :

Sur une non-conformité détectée à 10 h 00, tu étiquettes le lot à 10 h 15, analyses à 14 h 00 et proposes un plan d'action avant la fin de journée, cela rassure toujours le client.

## Ce qu'il faut retenir

Dès qu'une non-conformité apparaît, tu la détectes, tu la signales et tu l'isoles avec étiquette et code couleur. L'objectif est le **confinement immédiat** pour éviter la propagation.

- Enregistre des **preuves traçables** : photos, n° de lot, heure, opérateur, réglages.
- Choisis une disposition : retouche, réaffectation, ou rebut selon risque et récupérabilité.
- Trouve la **cause racine** (5 why ou Ishikawa) avec 3 à 5 preuves mesurées.
- Lance un **plan d'action CAPA**, vérifie l'efficacité sur 100 à 1 000 pièces et suis les indicateurs (taux, délai, récurrence).

Si un fournisseur est en cause, exige des actions et une surveillance sur plusieurs livraisons. En cas d'impact client, communique vite et clairement pour préserver la confiance.

# Organisation de la production

## Ce qu'il faut savoir :

En **industrie & technologies**, l'**organisation de la production** sert à coordonner le travail, les ressources, les **flux et délais**, pour produire au bon moment, avec une qualité stable.

Repère 3 niveaux: **PIC et PDP** pour cadrer la charge dans le temps (6 à 18 mois, puis 3 à 6 mois), puis **CBN ou MRP** pour calculer les besoins en composants selon stocks, nomenclatures et délais.

Au quotidien, l'ordonnancement gère les priorités, et l'**indicateur TRS** suit disponibilité, performance, qualité. J'ai vu un ami décoller.

- Limiter les en-cours
- Prioriser les urgences
- Tracer les lots

## Conseil :

Travaille avec un mini cas réel: 1 produit, 3 opérations, 1 contrainte. Dessine le flux, fais un petit Gantt sur 1 journée, puis vérifie si la capacité tient.

Note 3 repères: Temps de cycle, délai, stock. Revois-les 2 fois par semaine, 15 minutes, et cherche 1 levier simple pour réduire l'attente, comme un **kanban visuel** ou un changement de série plus court.

# Table des matières

<b>Chapitre 1 :</b> Gestion des flux .....	<a href="#">Aller</a>
1. Les principes de base .....	<a href="#">Aller</a>
2. Organiser et piloter les flux .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2 :</b> Stocks et approvisionnements .....	<a href="#">Aller</a>
1. Gestion des stocks et coûts .....	<a href="#">Aller</a>
2. Méthodes d'approvisionnement .....	<a href="#">Aller</a>
3. Organisation pratique et indicateurs .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3 :</b> Indicateurs de performance .....	<a href="#">Aller</a>
1. Choisir et classer les indicateurs .....	<a href="#">Aller</a>
2. Mesurer et calculer les indicateurs .....	<a href="#">Aller</a>
3. Piloter et améliorer avec les indicateurs .....	<a href="#">Aller</a>

# Chapitre 1 : Gestion des flux

## 1. Les principes de base :

### Objectif et enjeux :

Gérer les flux, c'est faire circuler matières et informations sans rupture ni gaspillage, pour respecter les délais, diminuer les coûts et améliorer la qualité perçue par le client final.

### Flux physiques et informationnels :

Les flux physiques concernent les pièces et composants, les flux informationnels concernent ordres et prévisions, les deux doivent être synchronisés pour éviter ruptures, surstockage et temps d'attente inutile en atelier.

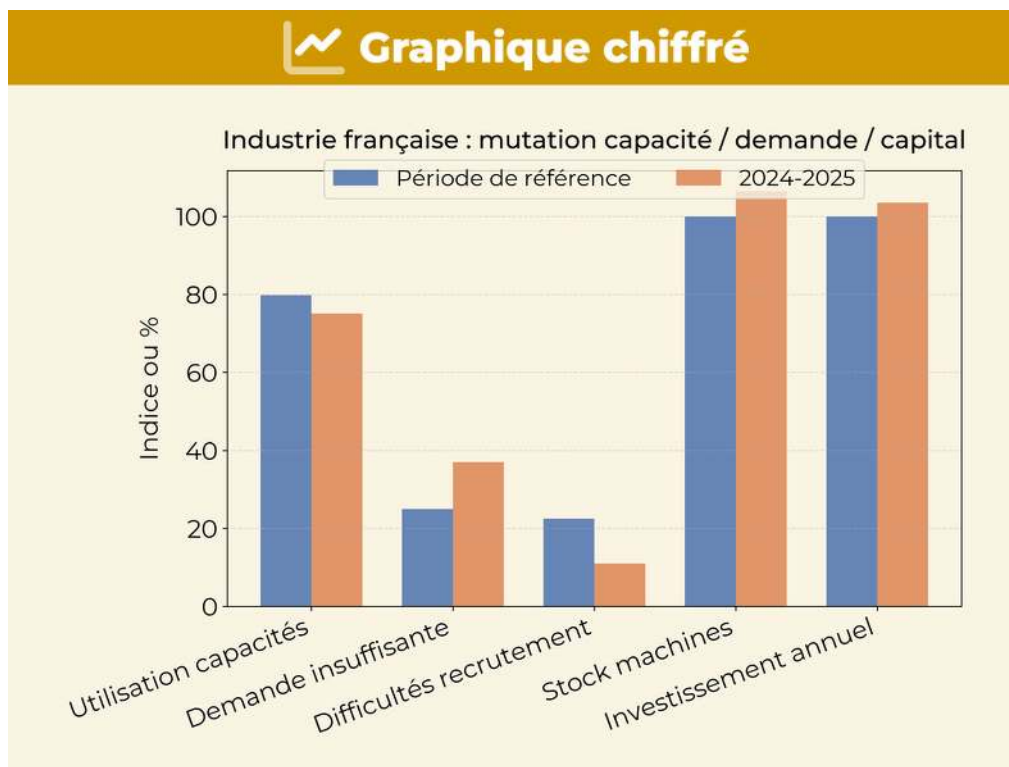
### Indicateurs clés :

Mesurer pour piloter, choisis quelques indicateurs simples et actionnables qui te montrent rapidement si la production est fluide ou si des corrections sont nécessaires chaque semaine.

- Throughput
- Temps de cycle
- Taux de service

### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Une ligne de montage a réduit son en-cours de 30 % et son lead time de 20 % en trois mois, grâce à un rééquilibrage des postes et à l'introduction d'un kanban simple.



Petit souvenir: en stage, un tableau Kanban collé au mur a permis d'identifier un goulot et d'économiser l'équivalent de 3 semaines de délai et 15 % de stock.

Indicateur	Objectif
Throughput	Augmenter de 10 % en 3 mois
Temps de cycle	Réduire de 20 % en 8 semaines
Taux de service	Atteindre 95 % de commandes livrées à temps

## 2. Organiser et piloter les flux :

### Méthodes et outils :

Choisis des méthodes adaptées: kanban pour flux tirés, FIFO pour files simples, théorie des contraintes pour goulots, MRP pour planification. L'outil doit rester simple et utilisé quotidiennement par l'équipe.

### Cas concret mini projet :

Contexte: usine de pièces mécaniques, 40 employés, variabilité des commandes, stock moyen 12 jours de production. Objectif: réduire lead time et stock sans augmenter les effectifs.

Étapes: cartographie des flux, mise en place d'un kanban 3 cartes, rééquilibrage des postes et formation de 2 jours. Résultat: stock divisé par 2 et lead time réduit de 30 % en 8 semaines. Livrable attendu: tableau de bord hebdo.

### Livrable attendu :

Le livrable contient un rapport d'amélioration de 8 pages, un tableau de bord hebdomadaire avec 5 indicateurs, et une procédure standardisée opérationnelle de 2 pages pour stabiliser le flux.

### Astuce pratique :

Ne retire pas tout le stock d'un coup, fais des tests de 2 semaines, collecte les données et corrige progressivement, les équipes acceptent mieux les petites améliorations incrémentales que les grands changements brusques.

Étape	À vérifier
Cartographie	Flux visibles et temps mesurés
Choix d'un pilote	Responsabilité définie
Test pilote	Période 2 semaines, données collectées
Standardisation	Procédure mise à jour et partagée

## Ce qu'il faut retenir

Gérer les flux, c'est viser des **flux sans rupture** pour tenir les délais, réduire les coûts et améliorer la qualité perçue. Tu dois **synchroniser physique et info** (pièces, ordres, prévisions) afin d'éviter ruptures, surstockage et attentes en atelier.

- Pilote avec des **indicateurs actionnables** : throughput, temps de cycle, taux de service.
- Choisis un outil simple et quotidien : kanban (flux tirés), FIFO, théorie des contraintes (goulot), MRP.
- Teste en pilote 2 semaines, mesure, puis standardise une procédure.

Les cas montrent qu'un kanban et un rééquilibrage peuvent diviser le stock et réduire fortement le lead time. Avance par **amélioration incrémentale** : petits pas, données, corrections, puis tableau de bord hebdo pour tenir le gain.

## Chapitre 2 : Stocks et approvisionnements

### 1. Gestion des stocks et coûts :

#### Objectifs et enjeux :

Gérer les stocks, c'est éviter les ruptures et limiter les surstocks pour libérer de la trésorerie. Tu assures la production et tu réduis les coûts cachés qui plombent la rentabilité.

#### Types de stock :

On distingue les matières premières, les pièces en cours et les produits finis. Chaque type nécessite une règle de gestion distincte selon sa valeur, sa criticité et son lead time.

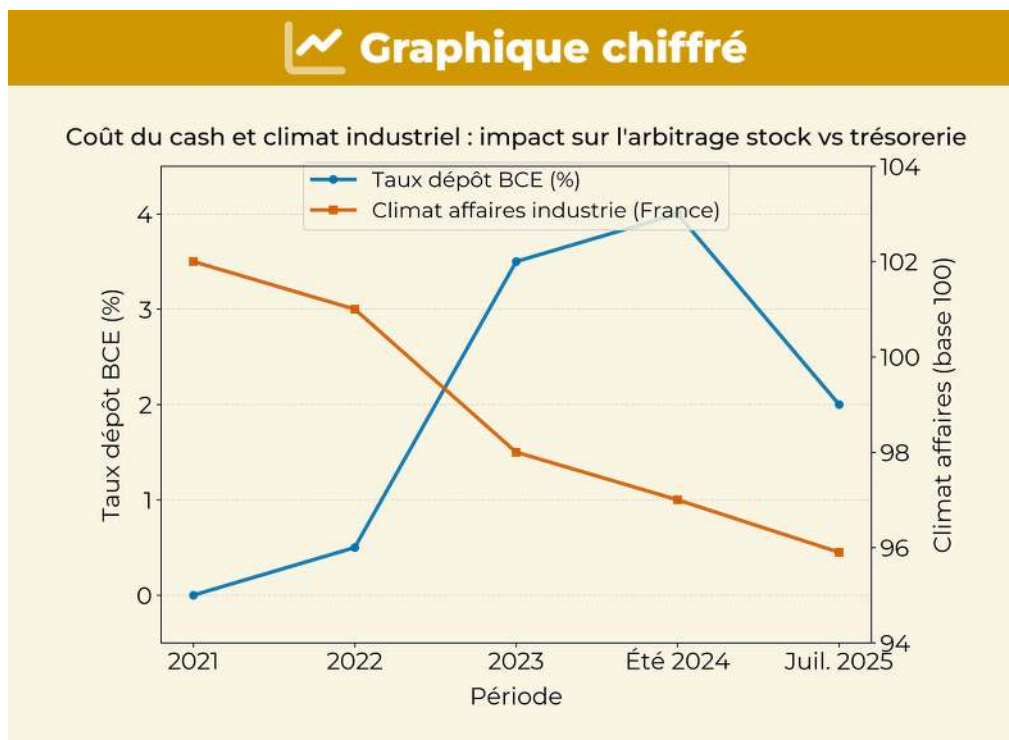
- Matières premières
- En cours de fabrication
- Produits finis

#### Coûts liés au stock :

Les coûts principaux sont le coût de possession, souvent autour de 20% par an de la valeur stockée, le coût de commande fixe, et le coût des ruptures qui peut coûter jusqu'à plusieurs milliers d'euros par incident.

#### Exemple d'optimisation d'un stock de composants :

Une ligne consomme 1 200 unités par mois, délai fournisseur 14 jours, stock moyen initial 8 000 unités. Après révision des lots et sécurité, le stock moyen passe à 5 600 unités, trésorerie libérée 12 000 euros, coût de possession réduit de 2 400 euros par an.



## 2. Méthodes d'approvisionnement :

### Calculs de réapprovisionnement :

Le point de commande est la demande pendant le délai fournisseur plus la sécurité. Par exemple si tu consommes 50 unités par jour et le délai est 14 jours, le point de commande est environ 700 unités plus sécurité.

### Méthodes classiques :

Choisis entre commandes à lot économique, réapprovisionnement périodique, kanban ou MRP selon le produit. Chaque méthode a ses avantages selon variabilité de la demande et fiabilité fournisseur.

- Lot économique (EOQ)
- Réapprovisionnement périodique
- Kanban pour flux tirés
- MRP pour pièces dépendantes

### Outils et processus :

Un ERP ou un WMS te aide à automatiser le calcul des besoins et à tracer les mouvements. Mets en place des règles claires, des SLA fournisseurs et des contrôles périodiques pour sécuriser l'approvisionnement.

### Astuce pratique :

En stage, j'ai réduit les réceptions manuelles de 70% en paramétrant des seuils de réapprovisionnement automatiques, ça évite les oublis et gagne 2 heures par journée d'atelier.

## 3. Organisation pratique et indicateurs :

### Aménagement du stock :

Organise par zones FIFO, par valeur ABC et par fréquence de prélèvement. Étiquette tout, trace les emplacements et limite les mouvements inutiles pour gagner du temps à la préparation.

### Kpi à suivre :

Surveille le taux de service cible 95% minimum, le nombre de jours de stock, le taux de rotation annuel et le taux d'exactitude inventaire. Ces indicateurs te disent si ta politique fonctionne.

- Taux de service cible 95%
- Jours de stock
- Taux de rotation annuel
- Taux d'exactitude inventaire

### Erreurs fréquentes et conseils :



Éviter d'accumuler des pièces obsolètes, négliger les délais réels et ne pas mesurer les performances. Mets en place 1 cycle counting hebdomadaire pour les articles à forte valeur.

### Exemple d'optimisation d'un processus d'approvisionnement :

Contexte : atelier de 30 personnes consommant 600 références annuelles. Étapes : ABC, révision des délais, négociation d'un lot minimum, paramétrage ERP. Résultat : réduction du stock de 25%, trésorerie libérée 18 000 euros. Livrable : rapport chiffré et nouveau paramétrage ERP.

Action	Fréquence	Indicateur	Responsable
Contrôle de réception	À chaque livraison	Taux de conformité	Magasinier
Cycle counting	Hebdomadaire	Exactitude inventaire	Référent stock
Revue fournisseurs	Mensuelle	Respect délai	Acheteur
Analyse ABC	Trimestrielle	Poids valeur	Responsable logistique

### Exemple de mini cas concret :

Contexte : PME mécanique avec 2 jours de délai moyen, 4 fournisseurs principaux. Étapes : audit 2 semaines, ABC, mise en place de seuils, paramétrage ERP. Résultat : réduction des ruptures de 60%, jours de stock passés de 18 à 12, livrable : tableau de bord et fichier de paramétrage.

## Ce qu'il faut retenir

Gérer tes stocks, c'est **éviter les ruptures** tout en limitant le surstock pour libérer de la trésorerie. Pilote les trois coûts: **coût de possession**, coût de commande et coût des ruptures. Dimensionne le **point de commande** avec la conso pendant le délai fournisseur + stock de sécurité, puis choisis une méthode adaptée (EOQ, périodique, kanban, MRP).

- Classe tes articles (ABC) et organise le magasin en zones FIFO, avec étiquetage et emplacements tracés.
- Automatise via ERP/WMS et sécurise avec des SLA fournisseurs et des contrôles réguliers.
- Suis des **indicateurs clés**: taux de service ( $\geq 95\%$ ), jours de stock, rotation, exactitude inventaire.

Évite l'obsolescence et les délais sous-estimés. Mets en place du cycle counting hebdomadaire sur les articles à forte valeur et utilise les KPI pour ajuster tes paramètres et réduire stocks et ruptures.

## Chapitre 3 : Indicateurs de performance

### 1. Choisir et classer les indicateurs :

#### Objectif et public :

Ton objectif est de suivre ce qui compte vraiment pour l'atelier, l'équipe et le client. Choisis des indicateurs lisibles par les opérateurs, le responsable de production et la direction.

#### Critères de sélection :

Préfère des indicateurs SMART, mesurables, rapides à actualiser, corrélés à une action concrète. Évite la multiplication inutile, 6 à 8 KPIs opérationnels suffisent souvent pour un atelier.

#### Types d'indicateurs :

Tu peux regrouper les KPIs en quatre familles, performance, qualité, délai et maintenance. Chaque famille répond à une question simple, produit, conforme, livré à temps, ou disponible.

#### Exemple d'indicateur prioritaire :

OEE (efficacité globale), taux de conformité, temps de cycle moyen, taux de livraison à J+0 ou J+1, et temps moyen entre pannes sont des choix classiques en industrie.

### 2. Mesurer et calculer les indicateurs :

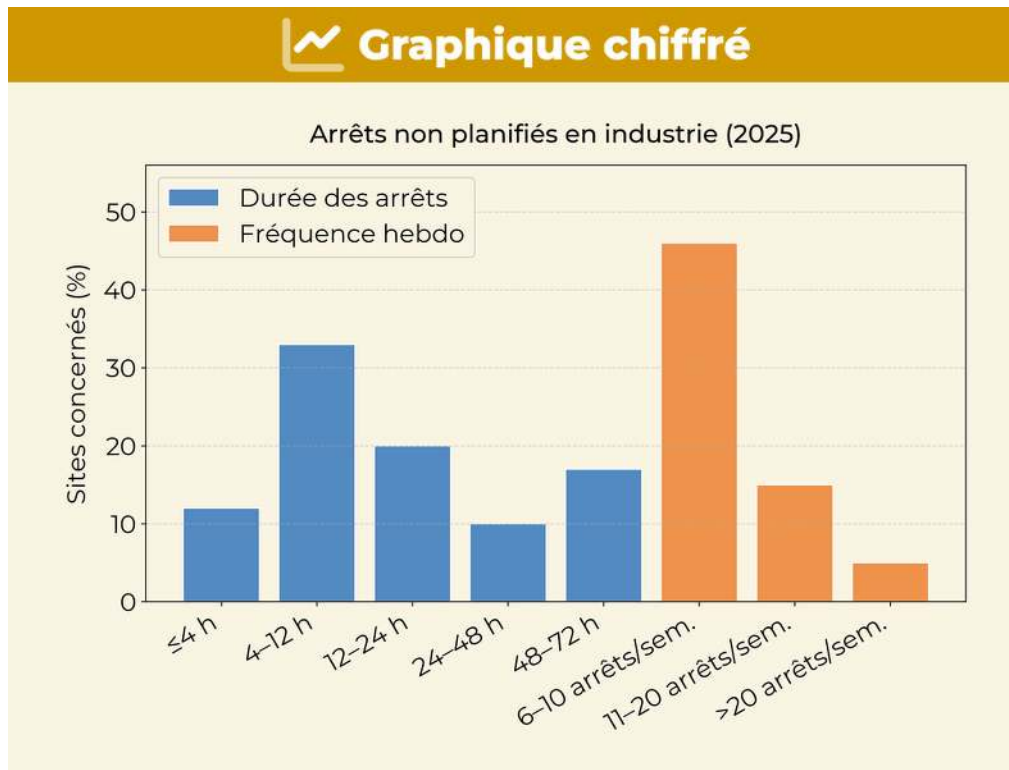
#### Formules essentielles :

Connaître la formule te permet d'interpréter un score. OEE se calcule en pourcentage, taux de rendement multipliant disponibilité, performance et qualité.

#### Exemples de calculs :

OEE = disponibilité × performance × qualité. Si disponibilité 85%, performance 90% et qualité 98%, l'OEE est  $0,85 \times 0,90 \times 0,98 = 0,75$  soit 75%.

## Graphique chiffré



### Rythme de mesure :

Mesure à la cadence utile, souvent toutes les heures en production, quotidiennement pour le suivi d'atelier et mensuellement pour la stratégie. Les données fiables demandent 2 à 3 vérifications initiales.

### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

En mesurant les temps d'arrêt chaque heure, une équipe a réduit les arrêts imprévus de 30% en 8 semaines, augmentant la production de 12% sur la même période.

Indicateur	Formule	Cible type
OEE (TRS)	Disponibilité × Performance × Qualité	75% à 85%
Taux de conformité	Produits conformes / Produits totaux	≥ 98%
Lead time moyen	Somme des temps de production et attente / quantités	Variable selon produit, ex. ≤ 5 jours
Taux de disponibilité	Temps de fonctionnement / Temps planifié	≥ 85%

### 3. Piloter et améliorer avec les indicateurs :

#### Objectifs et seuils d'alerte :

Fixe des seuils clairs pour déclencher une action, par exemple alerter à OEE < 65% ou taux de scrap > 2%. Les seuils doivent être réalistes et revus tous les 3 mois.

**Méthode d'amélioration :**

Utilise PDCA pour chaque KPI, mesurer, analyser la cause racine, planifier une action, et vérifier l'impact. Documente chaque action avec dates et responsables.

**Communication et visuel :**

Affiche un tableau de bord visuel en atelier, avec pastilles vert, orange, rouge. Des réunions courtes de 10 à 15 minutes permettent d'ajuster quotidiennement.

**Exemple d'amélioration ciblée :**

En ciblant un taux de panne journalier de 3 arrêts à 1,5 arrêt sur 30 jours, l'équipe a gagné en moyenne 90 minutes par jour, soit 10% de capacité supplémentaire.

**Mini cas concret - réduction des arrêts machine :**

Contexte :

L'atelier d'assemblage subit en moyenne 4 arrêts non planifiés par jour, chaque arrêt dure 25 minutes, production perdue estimée 120 pièces journalières.

**Étapes :**

- Mesurer les arrêts sur 10 jours pour établir origine et durée
- Classer causes, appliquer corrective rapide et standardiser la maintenance préventive
- Former 6 opérateurs aux procédures de redémarrage et contrôles 5S

**Résultat chiffré :**

Après 8 semaines, arrêts réduits de 4 à 1,8 par jour, durée moyenne passée de 25 à 12 minutes. Gain estimé 68 minutes par jour, production augmentée de 8%.

**Livrable attendu :**

Un tableau de bord hebdomadaire avec 5 KPIs, un rapport de 3 pages listant actions, responsables et gains horaires, et une procédure standard de redémarrage signée.

**Check-list opérationnelle :**

Action	Fréquence
Vérifier l'OEE et les arrêts	Quotidien
Contrôler 3 points qualité critiques	À chaque série
Mettre à jour le tableau de bord	Hebdomadaire
Planifier maintenance préventive	Mensuel

### Astuce terrain :

Commence par 3 indicateurs clairs et actionnables, déploie ensuite. Trop de KPIs tue l'action, j'ai appris ça en stage où 12 KPIs rendaient l'équipe aveugle.

## Ce qu'il faut retenir

Tu choisis des **indicateurs SMART et actionnables**, compris par l'atelier, pour suivre ce qui compte vraiment. Limite-toi souvent à 6 à 8, répartis en **quatre familles de KPIs** : performance, qualité, délai, maintenance.

- Maîtrise la **formule de l'OEE** (disponibilité × performance × qualité) pour interpréter les résultats.
- Mesure au bon rythme (horaire, quotidien, mensuel) et sécurise les données avec 2 à 3 vérifications.
- Pilote avec des **seuils d'alerte clairs** et améliore via PDCA, actions datées et responsables.

Affiche un tableau de bord visuel et fais des points courts pour décider vite. Commence par 3 indicateurs simples, puis élargis : trop de KPIs ralentit l'action et brouille les priorités.

# Énergie, environnement et conformité

## Ce qu'il faut savoir :

En **industrie & technologies**, ce thème relie la consommation d'énergie, les **impacts environnementaux** et le respect des règles sur le terrain. L'idée, c'est de produire efficacement, en limitant les pertes, les rejets et les risques de pollution.

Tu retrouves souvent 3 réflexes: Mesurer, réduire, prouver. Côté déchets, on cherche d'abord à éviter, puis réemployer et recycler, et on garde des **preuves de conformité** quand c'est nécessaire.

- Suivre les kWh et dérives
- Réduire les gaspillages simples
- Faire le **tri et traçabilité**
- Noter les actions correctives

Exemple concret: Sur un réseau d'air comprimé, des fuites peuvent représenter 20 à 30% de pertes, ce qui plombe vite la facture.

## Conseil :

Travaille en séances de 20 minutes, 2 fois par semaine, avec 1 mini-fiche par notion. Je te conseille de toujours lier une définition à une action, par exemple relever un compteur, repérer une fuite, ou vérifier un tri.

Fais un **petit audit terrain** dès que tu peux: 5 points à observer, énergie, eau, déchets, produits, bruit. L'un de mes amis s'était senti perdu au début, puis ça a cliqué en notant 3 écarts et 3 solutions possibles sur son carnet, sans chercher la perfection.

## Table des matières

<b>Chapitre 1 :</b> Consommations d'énergie .....	<a href="#">Aller</a>
1. Principes de la consommation énergétique .....	<a href="#">Aller</a>
2. Mesurer et réduire la consommation .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 2 :</b> Efficacité énergétique .....	<a href="#">Aller</a>
1. Diagnostic énergétique .....	<a href="#">Aller</a>
2. Pilotage et indicateurs .....	<a href="#">Aller</a>
3. Mesures techniques et organisationnelles .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 3 :</b> Déchets et recyclage .....	<a href="#">Aller</a>
1. Tri et flux de déchets .....	<a href="#">Aller</a>
2. Recyclage et valorisation matière .....	<a href="#">Aller</a>
3. Gestion sur site et conformité .....	<a href="#">Aller</a>
<b>Chapitre 4 :</b> Normes et marquage CE .....	<a href="#">Aller</a>

1. Comprendre le cadre et les obligations ..... [Aller](#)
2. Démontrer la conformité avec les normes ..... [Aller](#)
3. Mettre en pratique sur site et erreurs fréquentes ..... [Aller](#)

**Chapitre 5 : Substances et rejets** ..... [Aller](#)

1. Identifier et classer les substances ..... [Aller](#)
2. Maîtriser les rejets atmosphériques et liquides ..... [Aller](#)
3. Suivi, conformité et réduction continue ..... [Aller](#)



# Chapitre 1 : Consommations d'énergie

## 1. Principes de la consommation énergétique :

### Définitions clés :

Tu dois distinguer puissance et énergie pour bien lire une facture et analyser un poste. La puissance se mesure en watt, l'énergie en kilowattheure, ce qui permet de calculer la consommation réelle d'un équipement.

### Unités et mesures :

Un kilowatt correspond à 1000 watt, un kilowattheure vaut 3.6 mégajoules. Sur le terrain, on lit surtout kW pour la puissance et kWh pour l'énergie consommée sur une période donnée.

### Profil de consommation :

La consommation varie selon les cycles de production, les jours et les saisons. Il faut distinguer la charge de base des pics de puissance pour prioriser les actions d'économie et éviter les surcoûts.

### Exemple d'analyse simple :

Tu mesures une machine de 5 kW qui tourne 8 heures par jour, sa consommation est de 40 kWh par jour, soit environ 12 000 kWh par an si cet usage reste constant.

Équipement	Puissance moyenne	Usage type	Consommation journalière estimée
Compresseur	15 kW	Production intermittente	60 kWh
Moteur de convoyeur	5 kW	Usage continu	40 kWh
Chauffe-eau industriel	3 kW	Heures creuses	6 kWh

## 2. Mesurer et réduire la consommation :

### Mesure sur le terrain :

Commence par poser un compteur électronique sur l'alimentation générale ou sur le circuit machine. Enregistre des mesures toutes les 15 minutes pendant 2 à 4 semaines pour capter les variations réelles d'usage.

### Actions de réduction :

Priorise les actions rapides à retour sur investissement court, comme l'arrêt des équipements en veille et la maintenance. Ensuite envisage des investissements plus lourds, variable speed drive ou récupération chaleur.

### Mini cas concret :

Mini cas concret: audit d'un atelier de 10 machines, mesures 4 semaines, installation de timers et variateurs sur 4 postes. Résultat: économie 15% soit 10 000 kWh/an et 1 500 € annuels. Livrable: rapport chiffré et plan d'action.

### Indicateurs et suivi :

Choisis des KPI simples: kWh par produit, intensité énergétique et facteur de puissance. Fixe un objectif mesurable, par exemple 10% d'économie en 12 mois, et reporte les valeurs chaque mois pour suivre la tendance.

### Astuce terrain :

Commence par un suivi de 4 semaines pour établir ta baseline, c'est le meilleur moyen d'évaluer l'impact. En stage, j'ai vu une usine réduire sa consommation de 12% simplement en optimisant les cycles de mise en route.

Étape	Action	Outil	Durée estimée
Mesure baseline	Installer compteur et logger	Compteur télé-relevé	2 à 4 semaines
Identification	Repérer postes gourmands	Analyse de courbe	1 semaine
Mise en œuvre	Installer réglages et équipements	Timers, variateurs	1 à 4 semaines
Suivi	Vérifier économies et ajuster	Tableau de bord mensuel	3 à 12 mois

## Ce qu'il faut retenir

Pour analyser une facture et tes postes, distingue **puissance et énergie** : kW pour l'instantané, kWh pour la consommation sur une période. Repère aussi la **charge de base** et les pics, souvent responsables de surcoûts.

- Calcule vite : consommation = puissance (kW) x durée (h) (ex. 5 kW x 8 h = 40 kWh/j).
- Mesure sur site avec un compteur et un logger, **mesure toutes les 15 minutes** pendant 2 à 4 semaines pour établir ta baseline.
- Agis d'abord sur le **retour sur investissement** court : arrêt des veilles, maintenance, timers, puis variateurs et récupération de chaleur.

Suis quelques KPI (kWh par produit, intensité énergétique, facteur de puissance) et fixe un objectif clair, par exemple 10% en 12 mois. Un suivi mensuel te permet de vérifier les gains et d'ajuster ton plan d'action.



## Chapitre 2 : Efficacité énergétique

### 1. Diagnostic énergétique :

#### Objectif et portée :

Le diagnostic identifie où l'énergie est gaspillée dans l'usine et quelles actions ont le meilleur rapport coût bénéfice. Tu dois cibler les gros postes comme la chaleur, les moteurs et la ventilation.

#### Méthode et outils :

Utilise des relevés ciblés de 1 à 4 semaines, des enregistreurs de puissance, et l'analyse des factures. Regroupe données, heures de fonctionnement et charges pour trouver les pics inefficaces.

#### Astuce méthode :

Commence par 2 à 3 points de mesure sur la machine la plus consommatrice, cela suffit souvent pour révéler 50% des économies possibles.

### 2. Pilotage et indicateurs :

#### Indicateurs clés :

Choisis des KPI simples et actionnables, par exemple kWh par pièce, puissance moyenne en marche et rendement d'équipement. Mets à jour ces KPI chaque semaine pour suivre les progrès.

#### Système de management :

Installe un tableau de bord et un plan d'actions révisé trimestriellement. Selon l'ADEME, un système structuré permet souvent des économies de 5 à 20% sur plusieurs années.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Après relevés, une ligne d'assemblage a réduit son arrêt-moteur inutile, passant de 16 heures de non production à 10 heures, économisant 12% d'énergie électrique sur la ligne.

### 3. Mesures techniques et organisationnelles :

#### Technologies prioritaires :

Privilégie l'éclairage LED, la variation de vitesse sur moteurs, la récupération de chaleur et la correction du facteur de puissance. Ces actions ont souvent un retour rapide et mesurable.

#### Retour sur investissement :

Évalue coût, économies annuelles et temps de retour. Par exemple, un retrofit LED coûte 5 000 € pour une petite unité, et peut rapporter 1 800 € par an soit un retour en 3 ans.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Sur une ligne de cuisson, l'installation d'un récupérateur de chaleur a réduit la consommation de gaz de 18%, soit 12 000 € économisés par an, pour un investissement de 30 000 €, retour en 2 ans et demi.

Mesure	Coût estimé	Économies annuelles	Temps de retour
Remplacement éclairage par LED	5 000 €	1 800 €	3 ans
Variateur de vitesse pour moteurs	8 000 €	2 500 €	3 ans
Récupération de chaleur	30 000 €	12 000 €	2,5 ans

### Mini cas concret :

Contexte : petite usine de transformation alimentaire avec forte consommation de vapeur. Étapes : diagnostic 2 semaines, dimensionnement récupérateur, installation 3 mois, mise en service et suivi 6 mois.

Résultat : réduction de 18% de la consommation de combustible, économie annuelle de 12 000 €, et baisse des émissions liées. Livrable attendu : rapport de performance chiffré avec courbe de consommation et calcul de ROI.

### Erreurs fréquentes :

Ignorer les heures creuses, négliger la mesure de base, ou viser trop de changements simultanés. Ces erreurs prolongent souvent le retour sur investissement de plusieurs années.

### Check-list opérationnelle :

Action	Fréquence	Responsable
Vérifier consommation par poste	Hebdomadaire	Technicien maintenance
Contrôler pressures et fuites d'air	Mensuelle	Équipe production
Suivre KPI et anomalies	Hebdomadaire	Responsable énergie
Planifier maintenance préventive	Trimestrielle	Technicien maintenance

### Conseils terrain :

Commence toujours par actions peu coûteuses et visibles, comme réglages, fuites et réglage horaires. Ces petits gains te donnent crédit pour projets plus lourds et financements.

### Exemple de financement :

Utilise un audit subventionné 50% par un programme régional, puis un lease pour l'équipement si le cash de l'entreprise est limité.

Petit souvenir personnel, lors d'un stage j'ai vu une vanne mal réglée coûter 6 000 € par an sans que personne ne le remarque, c'était assez frappant.

## Ce qu'il faut retenir

Pour gagner en efficacité énergétique, commence par un **diagnostic énergétique ciblé** : 1 à 4 semaines de mesures (puissance, horaires, factures) sur les plus gros postes (chaleur, moteurs, ventilation). Mets ensuite des **KPI simples et actionnables** (kWh par pièce, puissance moyenne) et un tableau de bord suivi chaque semaine.

- Mesure d'abord 2 à 3 points sur la machine la plus consommatrice pour révéler vite une grosse part des économies.
- Priorise des actions à **retour sur investissement** rapide : LED, variateurs, récupération de chaleur, correction du facteur de puissance.
- Évite les erreurs : pas de référence de base, heures creuses ignorées, trop de changements à la fois.

Structure un plan d'actions révisé trimestriellement : sur la durée, tu peux viser 5 à 20% d'économies. Commence par les réglages, fuites et horaires, puis finance les projets lourds (audit subventionné, lease) avec des résultats chiffrés.

## Chapitre 3 : Déchets et recyclage

### 1. Tri et flux de déchets :

#### Objectif et enjeux :

L'objectif majeur est de réduire les volumes envoyés en élimination, diminuer les coûts de traitement et limiter les risques réglementaires. Vise une réduction progressive, par exemple 20% en 12 mois, mesurable et partagée.

#### Typologie des déchets :

Tu dois distinguer les flux pour agir efficacement, déchets métalliques, plastiques, bois, carton, déchets dangereux. Cette classification guide le tri, le stockage et le choix des filières de recyclage.

- Déchets métalliques
- Déchets plastiques
- Déchets organiques et cartons

#### Organisation du tri sur site :

Installe des zones de tri proches des postes, des bacs étiquetés et des procédures simples. Forme le personnel 30 à 60 minutes par session pour garantir l'application quotidienne des règles.

#### Exemple d'optimisation du tri en atelier :

Un atelier a déplacé les bacs près des postes de coupe et réduit les erreurs de tri de 40% en 3 mois, grâce à un rappel visuel et une formation de 45 minutes.

### 2. Recyclage et valorisation matière :

#### Principes de recyclage :

Le recyclage conserve la valeur matière, économise des ressources et réduit l'empreinte carbone. Concentre-toi d'abord sur la séparation en source pour éviter la contamination des filières recyclables.

#### Valorisation organique et énergétique :

Pour les déchets organiques, privilégie le compostage ou la méthanisation si volumes supérieurs à 200 kg par semaine. Pour les déchets non recyclables, évalue la valorisation énergétique quand c'est pertinent.

#### Choix des filières et partenariats :

Sélectionne des partenaires locaux pour réduire les transports et sécuriser la traçabilité. Privilégie des prestataires certifiés et demande des attestations de prise en charge systématiques.

Catégorie	Action recommandée	Commentaire
-----------	--------------------	-------------

Métaux	Collecte séparée pour ferraille	Bonne valeur commerciale, tri par alliage si possible
Plastiques	Tri par famille puis recyclage	Éviter contamination par huiles ou solvants
Organique	Compostage local ou méthanisation	Sans produits dangereux pour garantir valorisation
Déchets dangereux	Collecte par filières agréées	Respect strict des règles de stockage

### 3. Gestion sur site et conformité :

#### Obligations réglementaires :

Tu dois connaître les règles de stockage, d'étiquetage et de traçabilité. Les bons documents sont le bordereau de suivi des déchets et les fiches de sécurité pour les déchets dangereux.

#### Procédures opérationnelles :

Mets en place des procédures simples, écrites et visibles, pour le dépôt, la pesée et la sortie des déchets. Vérifie les bordereaux à chaque enlèvement et archive-les pendant au moins 3 ans.

#### Mini cas concret :

Contexte : un atelier de mécanique génère 1 200 kg de déchets mixtes par mois, coût d'élimination 450 € mensuels. Étapes : diagnostic 1 journée, tri source, installation de 6 bacs, formation 2 sessions de 1 heure.

Résultat : réduction du volume envoyé en élimination de 30% en 6 mois, économie de 135 € par mois. Livrable attendu : rapport d'audit de 8 pages, plan d'action 6 points et tableau mensuel de suivi des masses.

#### Astuce stage :

Commence par un audit rapide de 2 heures pour repérer les 3 flux prioritaires, c'est souvent suffisant pour générer 20 à 30% d'amélioration facile.

Étape	Action	Fréquence	Responsable
Tri quotidien	Vérifier et remettre en place les bacs	Quotidien	Opérateur d'atelier
Pesée	Peser les bennes avant enlèvement	À chaque enlèvement	Référent déchets
Bordereaux	Contrôler et archiver les documents	Mensuel	Responsable QHSE



Formation	Sessions de rappel pour l'équipe	Trimestriel	Manager d'atelier
-----------	----------------------------------	-------------	-------------------

Vérification	Critère	Fréquence
Présence des étiquettes	Toutes les bennes identifiées	Hebdomadaire
Conformité bordereau	Bordereau signé et archivé	À chaque enlèvement
Stockage sécurisé	Zones verrouillables pour dangereux	Mensuel

Je me rappelle qu'une simple étiquette visuelle a souvent résolu plus de problèmes que des procédures longues.

## Ce qu'il faut retenir

Ton but est de réduire ce qui part en élimination, les coûts et les risques, en fixant un objectif mesurable (ex. -20% en 12 mois). Pour y arriver, tu dois séparer les flux dès la source et organiser un tri simple sur site.

- Classe tes déchets par flux (métaux, plastiques, organique/carton, dangereux) pour un **tri à la source** efficace.
- Installe des bacs étiquetés près des postes et fais une **formation courte sur site** pour limiter les erreurs.
- Choisis des **filières de recyclage** locales et certifiées, avec attestations et bordereaux.
- Assure la **traçabilité réglementaire** : stockage, étiquetage, bordereaux signés et archivés 3 ans.

Commence par un audit rapide (2 heures) pour cibler 3 flux prioritaires, puis suis les masses chaque mois. Souvent, un rappel visuel et des procédures courtes suffisent à gagner 20 à 30% d'amélioration.

## Chapitre 4 : Normes et marquage CE

### 1. Comprendre le cadre et les obligations :

#### **Objectif et public :**

Ce point t'explique pourquoi le marquage CE est obligatoire pour certains équipements, qui est concerné, et quels risques tu évites en respectant les règles. Utile pour techniciens et responsables qualité.

#### **Cadres réglementaires clés :**

Le marquage CE découle de directives et règlements européens, par exemple la directive machines ou la réglementation basse tension. Comprendre quelle règle s'applique évite des non conformités coûteuses en temps et en argent.

#### **Obligations principales :**

Le fabricant ou l'importateur doit évaluer la conformité, rédiger un dossier technique, établir une déclaration de conformité et apposer le marquage CE avant mise sur le marché.

#### **Exemple d'interprétation d'une directive :**

Une pompe électrique classée selon la directive machines nécessite une analyse des risques et une documentation technique de 10 à 20 pages, selon la complexité et les composants sécuritaires intégrés.

### 2. Démontrer la conformité avec les normes :

#### **Normes harmonisées et autres normes :**

Les normes harmonisées donnent une présomption de conformité aux exigences essentielles. D'autres normes techniques peuvent être pertinentes pour les performances, l'environnement ou la sécurité électrique.

#### **Constitution du dossier technique :**

Le dossier doit contenir plans, calculs, rapports d'essais, analyse de risques et notices d'utilisation. Il doit rester disponible pendant 10 ans après la mise sur le marché ou la dernière unité fabriquée.

#### **Essais et organismes notifiés :**

Pour certains équipements, des essais en laboratoire ou l'intervention d'un organisme notifié sont obligatoires. Ces essais prennent souvent entre 2 et 8 semaines, selon la complexité.

#### **Exemple d'essai et délai :**

Pour un convertisseur industriel, un essai EMC a coûté 3 200 euros et duré 3 semaines, résultat indispensable pour compléter le dossier technique et obtenir la déclaration de conformité.

Élément	Question à se poser
Dossier technique	Contient-il plans, calculs, essais, analyse de risques et notices ?
Déclaration de conformité	Est-elle signée, datée, et mentionne-t-elle les normes applicables ?
Marquage CE	Est-il visible, indélébile, et positionné selon les règles ?
Essais et rapports	Les essais sont-ils traçables et signés par le laboratoire compétent ?

### 3. Mettre en pratique sur site et erreurs fréquentes :

#### Intégration dans le processus qualité :

Implique les achats, le bureau d'études et la production dès la conception pour éviter des modifications tardives. Anticiper réduit les coûts, souvent de l'ordre de 10 à 30% sur la conformité finale.

#### Erreurs fréquentes et comment les éviter :

Oublier une norme harmonisée, ne pas documenter un test, ou apposer un marquage incorrect sont courants. Garde un checklist, des modèles de rapport et des responsables désignés pour chaque étape.

#### Mini cas concret :

Contexte :

Une PME de 12 salariés assemble des panneaux de commande, elle doit marquer CE un nouveau tableau électrique pour un client industriel sous 8 semaines.

#### Étapes :

1. Identifier les normes applicables, 2. Réaliser une analyse de risques en 3 jours, 3. Lancer un essai EMC externe (coût 2 500 euros, délai 2 semaines), 4. Rédiger le dossier technique.

#### Résultat et livrable attendu :

Livrable : dossier technique complet de 25 pages, déclaration de conformité signée, marquage CE apposé et notice utilisateur. Délai respecté : 6 semaines, coût total conformité estimé : 3 200 euros.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

En centralisant les fiches essais et les modèles de déclaration, l'équipe a réduit de 40% le temps de préparation du dossier technique sur 12 projets pilotes, une économie réelle en stage que j'ai vue fonctionner.

Vérification opérationnelle	Action rapide
-----------------------------	---------------

Norme applicable identifiée	Faire la liste des normes avant tout développement
Essais planifiés	Réserver le laboratoire 4 à 6 semaines avant besoin
Dossier technique complet	Utiliser un gabarit et vérifier toutes les rubriques
Marquage et notice	Vérifier lisibilité du marquage et clarté de la notice
Archivage	Conserver le dossier 10 ans et faire des sauvegardes

## Ce qu'il faut retenir

Le **marquage CE obligatoire** dépend du cadre européen applicable (machines, basse tension, etc.). En tant que fabricant ou importateur, tu dois prouver la conformité avant mise sur le marché.

- Appuie-toi sur les **normes harmonisées clés** pour une présomption de conformité, et complète si besoin avec d'autres normes.
- Constitue un **dossier technique complet** (plans, calculs, essais, analyse de risques, notices) et conserve-le 10 ans.
- Prévois essais et, parfois, organisme notifié (délais et coûts), puis signe la **déclaration de conformité** et appose un CE lisible.

Intègre achats, bureau d'études et production dès la conception pour éviter des retouches coûteuses. Utilise une checklist, des modèles et des responsables par étape pour limiter les oublis (normes, tests, marquage, archivage).

## Chapitre 5 : Substances et rejets

### 1. Identifier et classer les substances :

#### Objectif et public :

Ce point t'aide à reconnaître les substances dangereuses présentes sur ton site et à comprendre pourquoi les classer, c'est essentiel pour gérer les risques et respecter la réglementation environnementale et santé au travail.

#### Méthodes d'inventaire :

Fais une fiche par produit, note la référence, la quantité stockée, la fiche de données de sécurité et l'usage. Cible d'abord les 10 produits les plus utilisés, puis complète au fil des visites.

#### Critères de classification :

Classe selon la dangerosité, l'état physique, la réactivité et le potentiel de rejet. Priorise les substances inflammables, toxiques et persistantes pour définir des actions immédiates de prévention.

#### Exemple d'optimisation d'un processus de production :

Sur une ligne de peinture, on a réduit l'utilisation de solvant de 30 pour cent en remplaçant un pulvérisateur et en recyclant 20 litres par semaine, ce qui a abaissé les rejets organiques.

### 2. Maîtriser les rejets atmosphériques et liquides :

#### Principes généraux :

Les rejets atmosphériques et liquides doivent être surveillés, caractérisés et comparés à des seuils pertinents. Mesure avant et après traitement pour vérifier l'efficacité des dispositifs installés.

#### Moyens de réduction :

Utilise captage à la source, filtres, traitement physico-chimique ou biologique selon la nature du rejet. Vise une réduction mesurable, par exemple 50 pour cent de coma diminué après installation d'un filtre adapté.

#### Contrôles et suivi :

Organise des prélèvements hebdomadaires au départ puis mensuels pour les rejets stables. Garde les rapports pendant 5 ans pour traçabilité et audits éventuels.

#### Exemple de surveillance :

Un atelier a mis en place des prises d'air localisées et a constaté une baisse de 40 pour cent des composés organiques volatils mesurés en trois mois.

Substance	Type	Ordre de grandeur de rejet	Mesure courante
Solvant organique	Liquide volatil	0,1 à 10 g/j	Chromatographie ou PID
Huile usée	Liquide hydrophobe	10 à 200 L/an	Analyse DCO et séparation
Poussières métalliques	Particulats	0,01 à 1 g/h	Pesée et instrumentation

### 3. Suivi, conformité et réduction continue :

#### Organisation documentaire :

Maintiens un registre des substances, des fiches de données de sécurité et des rapports d'émission. Classe les documents par priorité et assure une mise à jour annuelle minimum.

#### Indicateurs et objectifs :

Choisis 3 indicateurs clés, par exemple réduction de 20 pour cent des rejets organiques en 12 mois, nombre d'incidents zéro fuite et conformité aux limites locales démontrée à 100 pour cent.

#### Amélioration et retours d'expérience :

Planifie des revues trimestrielles avec l'équipe pour identifier améliorations. Implémente 1 action corrective à la fois et mesure l'impact sur 3 mois pour valider l'efficacité.

#### Exemple de démarche d'amélioration :

Après une fuite d'huile, l'équipe a installé un bac de rétention, formé 6 personnes et réduit les pertes de 95 pour cent en 2 semaines.

#### Mini cas concret :

Contexte :

Petite entreprise de métallurgie produisant 1 tonne de pièces par jour, rejetant des solvants et poussières métalliques non caractérisés depuis la phase de ponçage.

#### Étapes :

Réalisation d'un inventaire en 2 semaines, prélèvements sur 5 jours, installation d'un captage local et d'un filtre à manches en 8 semaines, formation de 4 opérateurs.

#### Résultat :

Réduction mesurée de 60 pour cent des poussières à la source et diminution de 35 pour cent des solvants émis, conformité atteinte aux limites locales après 3 mois de suivi.

#### Livrable attendu :

Un rapport de 12 pages incluant inventaire, analyses chiffrées des rejets avant et après intervention, plan d'action et attestation de conformité, disponible sous 10 jours après la fin du projet.

#### Checklist opérationnelle sur le terrain :

Action	Fréquence	Responsable
Vérifier l'inventaire des substances	Mensuelle	Responsable QSE
Prélèvements et analyses ciblées	Hebdomadaire au démarrage	Technicien environnement
Contrôler captages et filtres	Hebdomadaire	Chef d'atelier
Former le personnel aux gestes d'urgence	Trimestrielle	Formateur interne

#### Astuces de terrain et erreurs fréquentes :

Ne sous-estime pas les petites fuites, elles représentent souvent 70 pour cent des pertes visibles. Note les quantités effectivement stockées, évite les listes approximatives et fais des mesures réelles.

#### Exemple d'erreur fréquente :

Une entreprise a classé un produit comme non dangereux sans lire la fiche, ce qui a retardé la mise en place d'un captage et entraîné un rejet évitable pendant 2 semaines.

### Ce qu'il faut retenir

Tu dois repérer et classer les substances dangereuses pour piloter les risques et la conformité. Commence par un inventaire simple (fiche par produit, FDS, quantités) et priorise les plus critiques selon **dangereusité et réactivité** et **potentiel de rejet**.

- Surveille et caractérise les rejets air et eau, avec mesures avant/après traitement.
- Réduis par **captage à la source**, filtres et traitements adaptés, puis vérifie l'efficacité.
- Assure la traçabilité : registre, rapports conservés 5 ans, mise à jour annuelle.
- Pilote l'amélioration via **3 indicateurs clés** et des revues trimestrielles.

Évite les estimations : mesure réellement, y compris les petites fuites. Avance étape par étape (1 action corrective, 3 mois de mesure) pour prouver la baisse des rejets et rester conforme.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.