



---

Université  
Internationale  
de Casablanca

# MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Préparé et présenté par : **Mr. Mohammed BOUAICHA**

## Sommaire

- 1- Introduction à la maintenance
- 2- Définition des principaux concepts de la maintenance
- 3- Organisation de la fonction maintenance
- 4- Politiques maintenance
- 5- Les coûts en maintenance**
- 6- Méthodes et outils mathématiques pour la mise en œuvre des actions de maintenance
- 7- Outils méthodologiques pour l'analyse des comportements.
- 8- La TPM

## Chapitre 4

# Les Coûts en maintenance

# Notion de coût de revient

---

## I - NOTION DE COUT DE REVIENT :

### 1 - Chiffre d'affaire et bénéfices :

Le chiffre d'affaire est la somme totale de toutes les rentrées d'argent d'une entreprise.

CHIFFRE D'AFFAIRE = RECETTES DES VENTES DE PRODUITS  
MANUFACTURES + RECETTES DUES AUX PLACEMENTS BOURSIERS ET  
IMMOBILIERS

Le bénéfice est ce qui reste (en plus ou en moins) à l'entreprise une fois qu'elle a payée ses charges (salaires, fournisseurs, etc) et ses impôts. Le bénéfice (s'il est positif) peut être réinvesti et / ou distribué aux actionnaires.

BENEFICE = CHIFFRE D'AFFAIRE - CHARGES FIXES ET VARIABLES

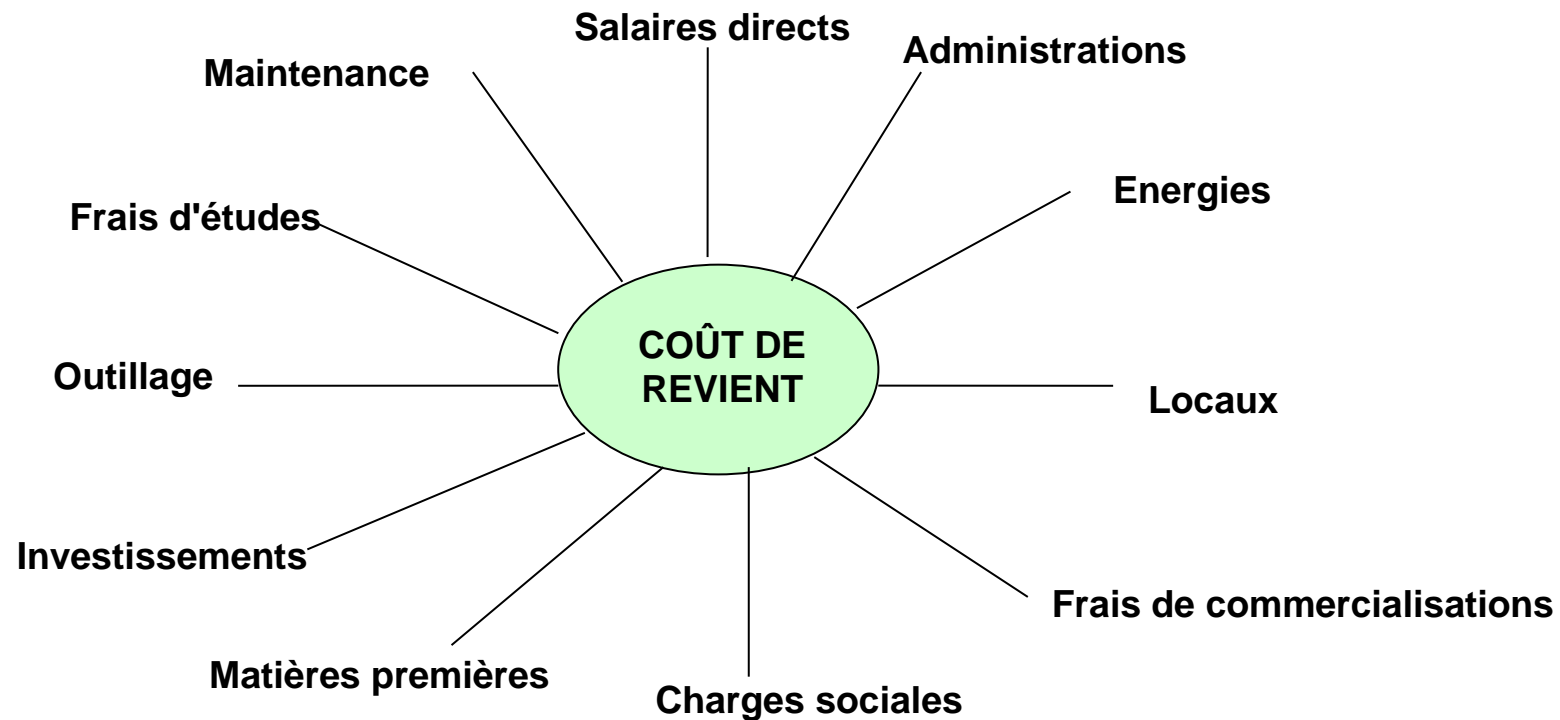
# Notion de coût de revient

---

## 2 - Composantes du coût de revient d'un produit :

Les coûts, comme toutes les charges de l'entreprise, sont à prendre en compte dans le calcul du **prix de revient** ou **coût de revient** du produit fabriqué et vendu.

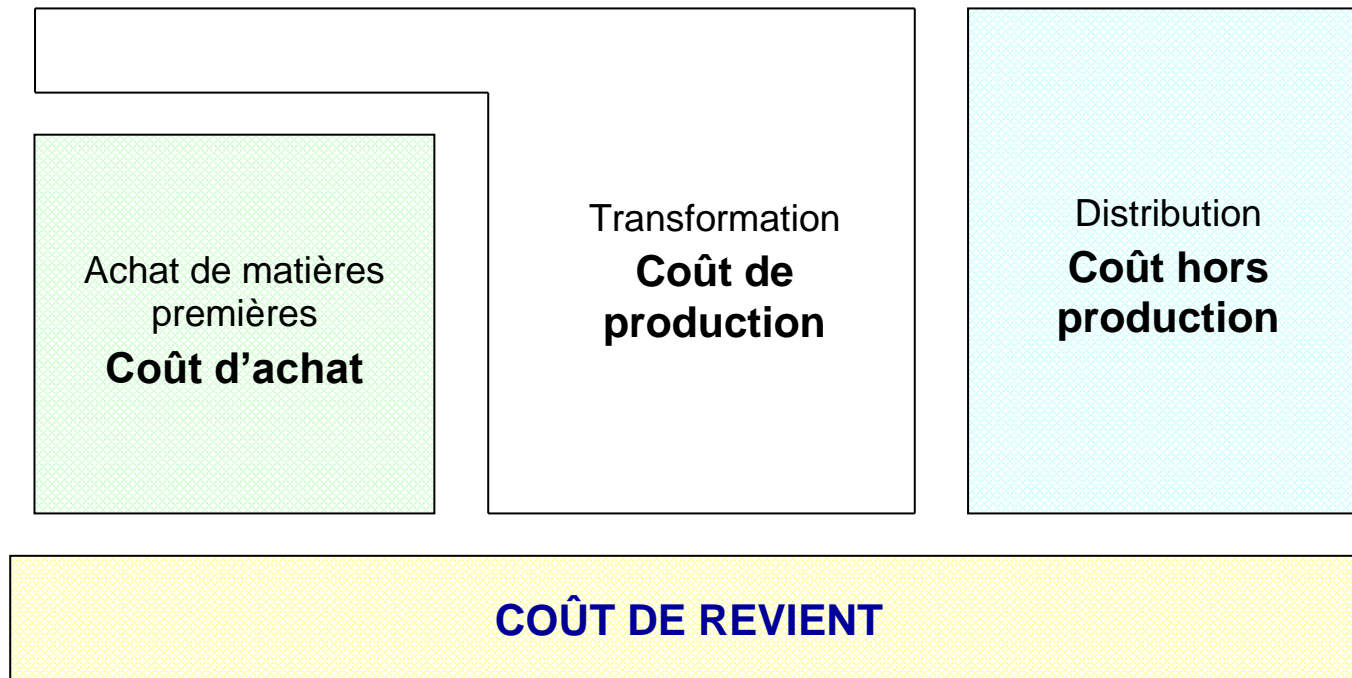
Le coût de revient peut se décomposer de la manière suivante :



# Notion de coût de revient

---

Au niveau de la production d'un produit, le coût de revient s'architecture de la manière suivante :



- **Coût d'achat : montant des achats, des matières premières + frais d'approvisionnement (gestion magasin, transport, etc)**

# Analyse des coûts en maintenance

---

- Coût de production : **coût d'achat des matières utilisées + les coûts de fabrication (salaires, coût de l'usinage, etc) + coûts liés à la maintenance (coûts de maintenance et d'indisponibilité)**
- Coût hors production : **coût de la distribution essentiellement (stage, transport, publicités, etc)**
- Coût de revient : **coût d'achat + coût de production + coût hors production**

## II - L'ANALYSE DES COUTS EN MAINTENANCE :

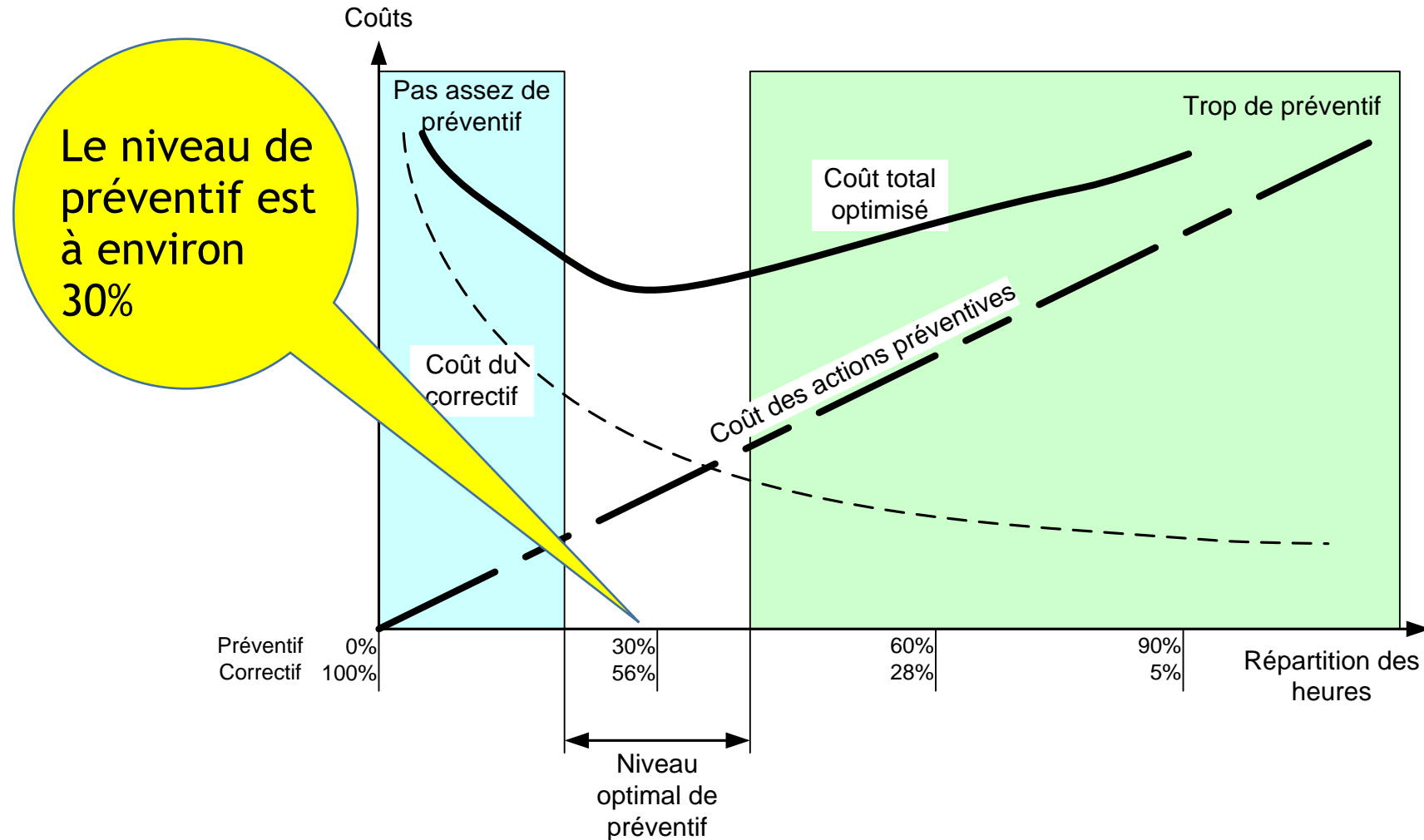
### 1 – Aspects économiques de la maintenance :

La maintenance est un champ d'action privilégié de recherche d'amélioration des coûts de production, et c'est la seule source significative de compétitivité ***indépendante des conditions extérieures*** : elle ne repose que sur le professionnalisme de l'entreprise relativement à la maîtrise de l'ensemble de son système de production.

**Le maintien de la production en quantité et en qualité passe obligatoirement par l'efficacité de la maintenance de l'outil de production.**

# Analyse des coûts en maintenance

## 2 - Problématique des coûts de maintenance :





# Analyse des coûts en maintenance

---

La problématique des coûts de maintenance est donc celle de la justification du coût des conséquences d'une panne puis celle de la justification du coût des mesures préventives.



# Analyse des coûts en maintenance

---

## 3 – Bases élémentaires de comptabilité :

Légalement, toute entreprise doit tenir une comptabilité générale obligatoire, et facultativement une comptabilité analytique.

Le plan comptable (règlement fourni par l'administration fiscale) exige la tenue d'une comptabilité générale, dans laquelle tout mouvement financier crédite (recette) ou débite (dépense) des comptes regroupés en classes codifiées.

Pour la maintenance, ce sont principalement les comptes de la classe 3 « stocks et en cours » et de la classe 6 « charges ».

**Immobilisation : biens ou valeurs destinées à rester durablement dans l'entreprise. Les équipements à maintenir sont des immobilisations corporelles et amortissables.**

**Amortissement : constat comptable d'une perte de valeur d'un équipement résultant de l'usage, d'une obsolescence technique ou de toute autre cause dont les effets sont irréversibles.**

# Analyse des coûts en maintenance

---

**Pour être amortissable, une immobilisation doit être inscrite dans le bilan comptable de la société et doit se déprécier dans le temps.**

Le plan d'amortissement s'établit à partir de la durée de vie probable du bien. Le tableau ci-dessous donne les taux les plus couramment utilisés.

<b>Immobilisation</b>	<b>Taux</b>
Maisons d'habitation ordinaires	1 à 2 %
Maisons ouvrières	3 à 4 %
Bâtiments commerciaux	2 à 5 %
Bâtiments industriels	5%
Matériel	10 à 15 %
Outillage	10 à 20 %
Matériel de bureau	10 à 20 %
Matériel informatique	20 à 50 %
Matériel de transport cas général	20 à 25 %
destiné à des tournées commerciales	33 %
Mobilier	10 %
Brevets...	20 %

# Analyse des coûts en maintenance

---

**Le taux d'amortissement est donné par l'inverse de la durabilité prévisionnelle.**

**Exemple** : pour 5 ans, il sera de  $1/5 = 20\%$  ; pour 10 ans, il sera de  $1/10 = 10\%$  ; pour 15 ans, il sera de  $1/15 = 6,67\%$ .

Dans le cas d'un amortissement linéaire, l'amortissement annuel est obtenu par :

**Amortissement annuel = valeur du bien x taux d'amortissement x temps au prorata des 12 mois**

**Exemple** : un bien d'une valeur de 80000€ acheté en juillet et amortissable sur 5 ans sera amorti selon le tableau ci-contre

Année	Période	Valeur de l'amortissement	Valeur résiduelle
N	6 mois	$80000 \times 0,2 \times 6/12 = 8000$	$80000 - 8000 = 72000$
N + 1	12 mois	$80000 \times 0,2 \times 12/12 = 16000$	$72000 - 16000 = 56000$
N + 2	12 mois	$80000 \times 0,2 \times 12/12 = 16000$	$56000 - 16000 = 40000$
N + 3	12 mois	$80000 \times 0,2 \times 12/12 = 16000$	$40000 - 16000 = 24000$
N + 4	12 mois	$80000 \times 0,2 \times 12/12 = 16000$	$24000 - 16000 = 8000$
N + 5	6 mois	$80000 \times 0,2 \times 6/12 = 8000$	$8000 - 8000 = 0$

# Coût de la maintenance corrective

---

## III - COUT DE LA MAINTENANCE CORRECTIVE :

### 1 - Notations :

**Cd : coûts de défaillance :** résultant des coûts directs et indirects d'une ou un cumul de défaillances relatives à un équipement.

**Cm : coûts directs de maintenance :** de manière simple, ce sont les pièces de rechange et la main d'œuvre.

**Ci : coûts d'indisponibilité :** c'est le cumul de toutes les conséquences indirectes induites par l'indisponibilité propre d'un équipement.

$$Cd = Cm + Ci$$

### 2 - Coûts directs de maintenance :

Ils peuvent se rapporter à une intervention corrective (**Cmc**), préventive (**Cmp**) ou externalisée (**Cme**). Dans ce dernier cas, la facture du sous-traitant permet la valorisation directe de l'intervention.

# Coût de la maintenance corrective

---

Comme c'est le cas pour les temps, les coûts directs ont le double aspect « prévision » et « réalisation » :

- Les coûts prévus sont des estimations d'engagement de dépenses liées à une activité. Les « devis » établis sont de la responsabilité des méthodes maintenance. Ils n'ont pas de précision comptable, mais ils doivent cerner la réalité au plus juste.
- Les coûts réalisés sont obtenus par valorisation des BT (bons de travaux comportant les paramètres d'une intervention).

Les coûts directs de maintenance (**Cmc** ou **Cmp**) sont constitués des éléments suivants :

- **Coûts de main d'œuvre** : c'est le produit « **temps relevé x taux horaire de maintenance** ».
- **Frais généraux du service maintenance** : ce sont les frais fixes du service, estimés à l'année et ramenés à l'heure d'activité.
- **Coûts de possession des stocks, des outillages et des machines** : ils donnent une évaluation des pertes et dépréciations dues au stockage. Ils intègrent également les frais de magasinage.

# Coût de la maintenance corrective

---

- **Consommation de matières, de fournitures, de produits utilisés** : l'exécution des tâches de maintenance exige de nombreuses fournitures dont le coût est connu par les factures rédigées par les fournisseurs.
- **Consommation des pièces de rechange** : c'est un poste important en maintenance, évalué à partir des factures d'achat qu'il faut actualiser (pièce dormante pendant plusieurs années mais stratégique) et corriger par la prise en compte des frais de transport, du coût de passation de commande, des frais de magasinage et de l'éventuelle dépréciation.
- **Coûts des contrats de maintenance** : la maintenance de certains matériels spécifiques est parfois externalisée (sous-traitance). Le montant du contrat de maintenance est négocié, généralement à l'année.
- **Coûts des travaux sous-traités** : ils sont connus par les factures des prestataires de service, puis éventuellement majorés par un « taux de participation du service » sous forme de prêt de matériel, renseignements et assistance, contrôle, etc.

# Coût de la maintenance corrective

---

Il est alors possible de regrouper les coûts de maintenance en 4 rubriques :

- **C<sub>mo</sub>** : dépenses de main d'œuvre
- **C<sub>f</sub>** : dépenses fixes du service maintenance
- **C<sub>c</sub>** : dépenses de consommables
- **C<sub>e</sub>** : dépenses externalisées

$$C_m = C_{mo} + C_f + C_c + C_e$$

## 3 - Coûts indirects d'indisponibilité :

Ces coûts peuvent aussi être nommés coûts indirects d'arrêt de production. Ces conséquences peuvent porter sur les éléments suivants :

- **La perte de production C<sub>p</sub>**. Il est évident que, pendant un arrêt en fin de ligne de production (montage ou emballage), les produits non fabriqués ne sont donc pas vendus, mais vendus par la concurrence. C'est le poste principale qu'il est possible d'estimer par « **temps d'indisponibilité x taux horaire de non production** » ou par la formule «  $T_i \times \tau^2$  ».



# Coût de la maintenance corrective

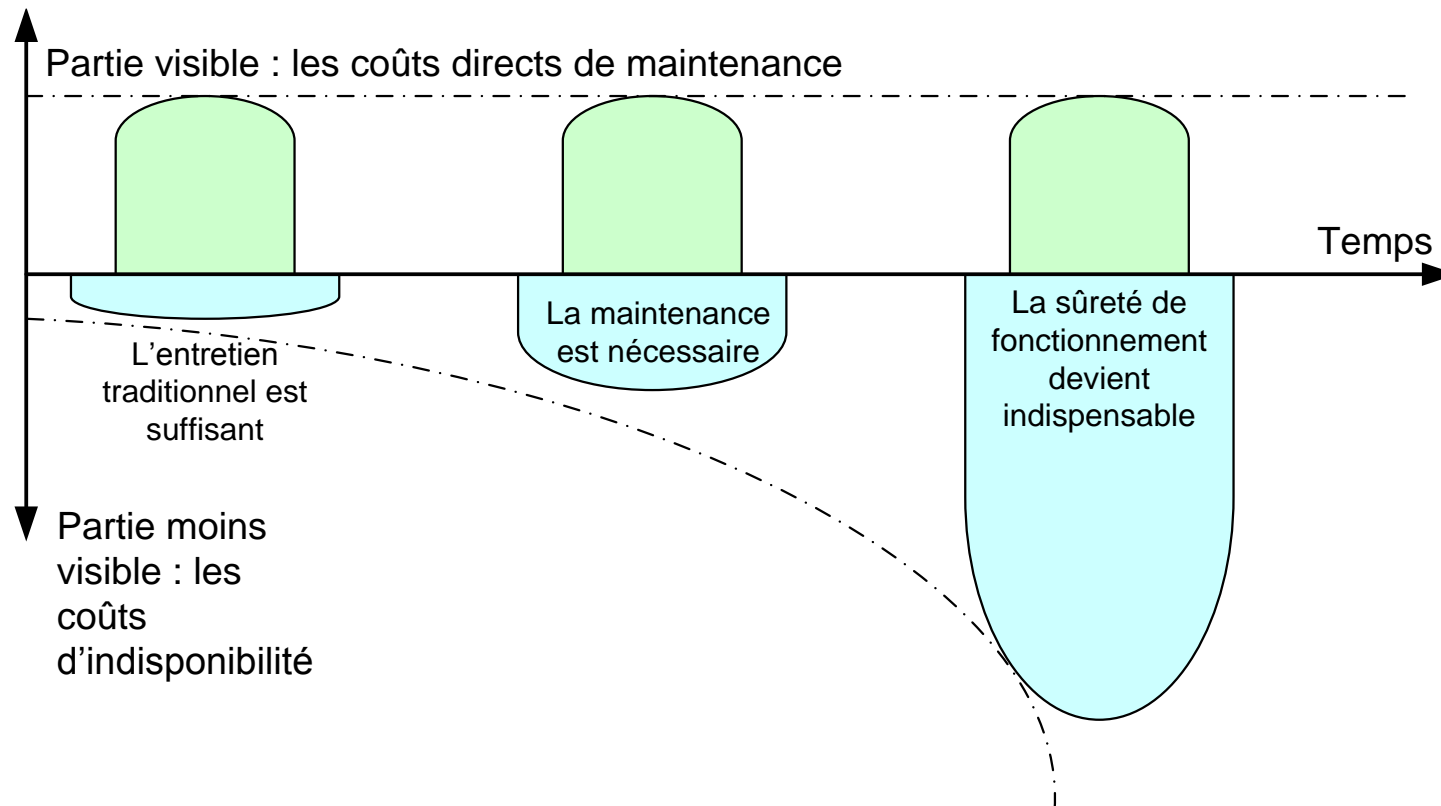
---

- **Les coûts de la main d'œuvre de production.** En effet, celle-ci est inoccupée pendant Ti.
- **Les coûts d'amortissement (non réalisé) du matériel arrêté.** Pendant l'arrêt, le matériel ne travaille pas. Donc la durée d'amortissement augmente.
- **Les coûts des arrêts induits.** Particulièrement en flux tendus, faute de stocks tampon, l'arrêt d'une unité d'une ligne de production perturbe rapidement les unités amont (saturation) et aval (pénurie). Les systèmes actuels et leur organisation sont à la fois très performants et très sensibles à la panne.
- **Les coûts des rebuts, de la non qualité et des délais non tenus.** Ils sont souvent difficilement chiffrables car on ne peut définir le coût d'une perte d'image de marque. Cependant, il est possible d'estimer les pénalités de retard et les coûts des pièces fabriquées mais rebutées.
- **Les frais de redémarrage de production.** Souvent, le redémarrage d'un process (hors Ti) induit une période de perte de matière ou de qualité qui oblige à éliminer des produits fabriqués.

# Coût de la maintenance corrective

- **Les coûts induits en cas d'accident corporel.** Une panne fortuite traitée dans l'urgence est malheureusement parfois génératrice d'accidents du travail en interne ou de dommages corporels au niveau des usagers.

## 4 - Evolution des Cd et du besoin maintenance :



# Coût de la maintenance corrective

---

Cette évolution va se faire en étudiant le rapport ou ratio  **$C_i / C_m$** . Ce ratio peut varier entre 0 et 100 (ou plus). Cette variation traduit le besoin de maîtriser le comportement des systèmes par la maintenance et, au-delà, d'utiliser les outils de la sûreté de fonctionnement pour assurer une bonne disponibilité de l'équipement.

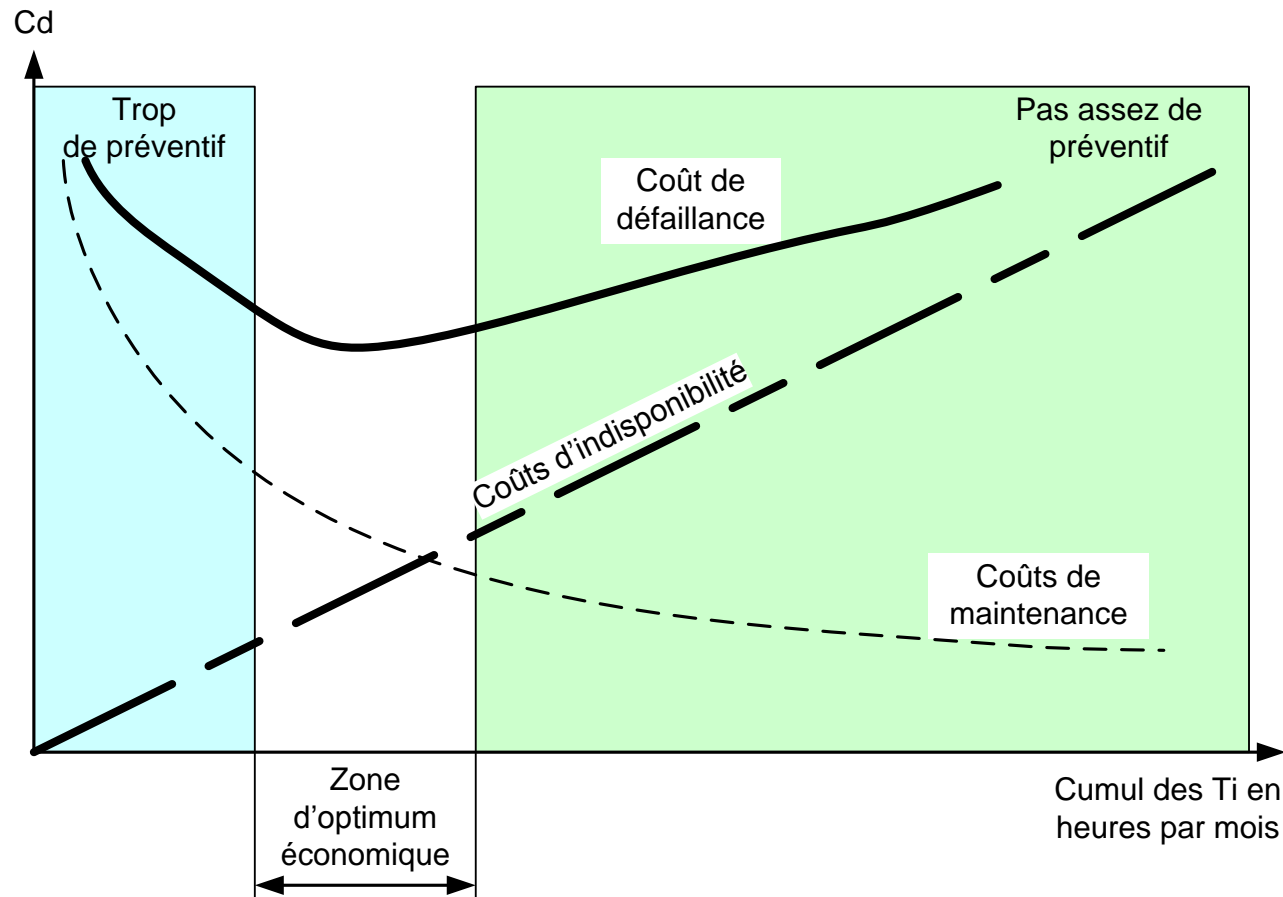
L'image traditionnelle de « l'iceberg des coûts » de la figure ci-dessus montre que les coûts directs  $C_m$  liés aux défaillances sont d'une part bien visibles et d'autre part sensiblement constants.

Par contre, les coûts  $C_i$  des conséquences des défaillances subissent une forte croissance sur les équipements sensibles utilisés en « série » et gérés en flux tendus.

## **5 - Optimisation des coûts de défaillance :**

$C_m$  et  $C_i$  varient en sens inverse, dans la mesure où la réduction des temps d'indisponibilité est le résultat d'une maintenance préventive plus efficace.

# Coût de la maintenance corrective



La figure ci-dessus met en évidence la linéarité des coûts d'indisponibilité :  $C_i = T_i \times \tau_2$ . Les coûts directs de maintenance sont dans ce cas surtout préventifs. L'analyse montre aussi qu'il existe un optimum au niveau des coûts de défaillance.

# Coût de la maintenance préventive

---

## IV - COÛTS DE LA MAINTENANCE PREVENTIVE :

Les coûts  $C_{mp}$  de maintenance préventive varient logiquement à l'inverse des coûts directs de maintenance corrective  $C_{mc}$ . En fait, la stratégie de maintenance permet de choisir librement le niveau de préventif à organiser sur un équipement. Dans le cas d'un niveau élevé de préventif, les coûts correctifs deviennent résiduels.

### 1 – Maintenance préventive systématique :

Le coût de la maintenance préventive d'un équipement (sur une période donnée) peut s'exprimer ainsi :

**Coût total = Coût du préventif systématique + Coût des défaillances résiduelles**

$$C_{total} = \frac{t}{T} C_{mp} + Cd.\lambda.t$$

- $t$  : période de référence (1 an par exemple) exprimée en heures
- $T$  : périodicité d'intervention systématique

# Coût de la maintenance préventive

---

- $t / T$  : nombre d'Ips (intervention préventives systématique) pendant la période de référence
- $\lambda$  : taux de défaillance résiduelle, en panne / heure
- $C_{mp}$  : coût d'une Ips
- $C_d = C_{mc} + C_i$  : coût d'une défaillance résiduelle

En règle générale, il appartient aux méthodes maintenance de programmer des Ips sans perturber la production. Les interventions seront donc réalisées en dehors du temps requis ou en profitant d'un arrêt programmé (voire fortuit) de production ou d'une révision, soit en utilisant des plages d'intervention en dehors de l'horaire de production.

Les coûts de maintenance préventive systématique ne seront donc associés à aucun  $C_i$ . Ils sont constitués de la même façon que les coûts de maintenance corrective : soient les pièces et la main d'œuvre.

# Coût de la maintenance préventive

---

## 2 - Maintenance préventive conditionnelle :

Dans le cas de ce type de maintenance :

- Le temps de réaction après alarme ne permet pas forcément de prendre des dispositions pour ne pas subir de temps d'indisponibilité en temps requis, donc les Ci correspondants. Dans ce cas existera un « coût résiduel de défaillance prévenue » bien inférieur cependant au coût de la défaillance non prévenue.
- La mise en œuvre initiale passe par un investissement sous forme de chaînes d'acquisition de données ou d'appareils de mesure ou de monitoring parfois coûteux.