



Chapitre 3



Les budgets de maintenance



Plan du chapitre

- 
- 1. Coûts directs de maintenance**
 - 2. Coûts d'indisponibilité**
 - 3. Coût d'une défaillance**
 - 4. Optimisation des coûts de maintenance**
 - 5. Coût d'une intervention préventive**
 - 6. Quelques ratios économiques**

1 – Analyse des coûts de maintenance

Deux coûts essentiels :

- les coûts directs liés directement au service
- les coûts indirects liés à l'indisponibilité des équipements

1 - Coûts directs de maintenance (norme X60-020)

Définition normalisée :

Les coûts directs de maintenance correspondent aux coûts directement imputables à la maintenance, à l'exclusion des coûts résultant de l'indisponibilité et des dégradations de fonction des équipements

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

Dépenses de main d'œuvre C_{mo}



- **salaires du personnel du service maintenance**
- **charges sociales correspondantes**

Dépenses de fournitures C_c



- **Pièces de rechange attachées au bien**
- **Consommables de maintenance**

Dépenses de sous-traitance C_E



- **Coûts de maintenance externalisée**
- **Coûts d'écêtement de pointe**

Frais fixes C_F



- **Charges financières** correspondant à la valeur des équipements de maintenance (amortissement outillage, véhicule)
- **Frais de fonctionnement ou frais généraux** (chauffage, etc..)



Un peu de comptabilité analytique

- 
- Au sens comptable des termes, les coûts directs peuvent s'analyser par :
 - ⇒ nature
 - ⇒ destination
 - ⇒ type d'intervention
 - Ils pourront être imputés soit en exploitation, soit en investissement



Imputation par nature

- 
- **Outillages et équipements de maintenance**
 - **Produits et matières consommés (pièces de rechange, huile, graisse, ..)**
 - **Personnel maintenance**
 - **Maintenance externalisée**



Imputation par destination

- 
- **Préparation (études, méthodes, ordonnancement, etc..)**
 - **Documentation technique**
 - **Interventions**
 - **Suivi et gestion**
 - **Magasinage et stockage**
 - **Formation**



Imputation par type d'intervention

- 
- **Maintenance préventive systématique et/ou conditionnelle**
 - **Maintenance corrective**
 - **Maintenance améliorative**
 - **Travaux neufs**

Analyse des coûts directs

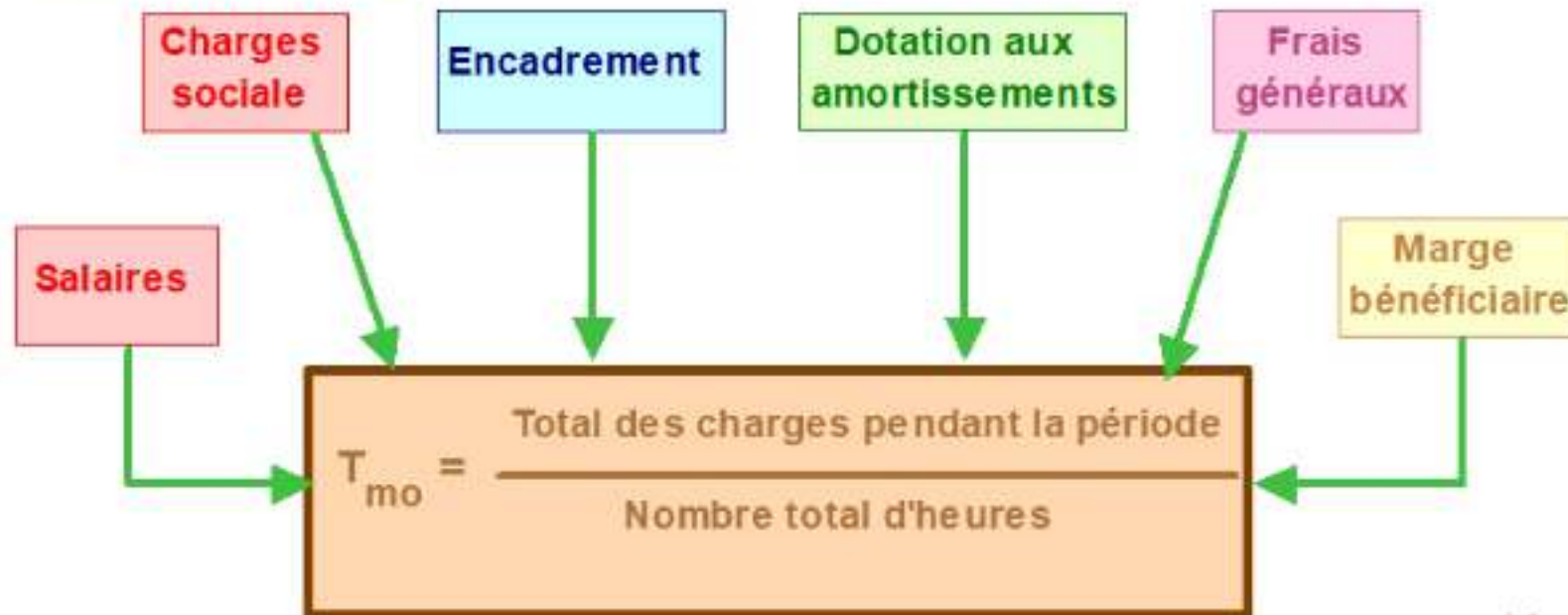
1. Coût de main d'œuvre C_{mo}

$$C_{mo} = TTR \times T_{mo}$$

- T_{mo} est le taux horaire de main d'œuvre
- le TTR est saisi sur le BT par l'intervenant

Calcul du taux horaire de main d'œuvre

- On tient compte de toutes les charges pendant une période donnée (exemple 1 an) et on divise par le nombre total d'heures ouvrées pendant cette période



2 - Coûts des consommables C_c

Coût des pièces de rechange lors de l'intervention

- il est saisi sur le BT
- ce coût est régulièrement réactualisé à partir des factures d'achat et corrigé par la prise en compte des coûts de passation de commande, des frais de magasinage et de la dépréciation
- on obtient le PUMP (prix unitaire moyen pondéré)

Coût des consommables et produits utilisés

- visserie, graisse, chiffons, etc ..
- le prix de ces fournitures est connu sur factures



3. Coûts de la maintenance externalisée C_e



Coût des contrats de maintenance

- ce coût est généralement négocié à l'année

Coût des travaux sous-traités

La facture du prestataire comprend :

- les pièces et la main d'œuvre
- l'assistance technique (hot line téléphonique, etc..)
- le prêt de matériel spécifique (nacelle, monte-charge, etc..), etc..

Frais fixes C_F

Frais généraux du service maintenance :

- salaires des cadres et employés de bureau autres que ceux du service maintenance mais en relation directe avec celui-ci
- loyers et assurances des locaux maintenance
- frais de chauffage, d'éclairage, de téléphone, de reprographie, etc..

Coûts de possession des outillages, machines et stock du service maintenance (amortissement, pertes par dépréciation)

Ces frais fixes sont estimés à l'année puis ramenés à l'heure d'activité

2 - Coûts indirects de maintenance (norme X60-020)

Définition normalisée :

- Les coûts indirects intègrent toutes les conséquences économiques induites par un arrêt propre d'un équipement de production
- On les appelle encore *coûts d'indisponibilité*, coûts de pertes de production ou coûts de non-maintenance
- Ils prennent en compte plusieurs critères

1. Les coûts de perte de production

- c'est le manque à gagner de production
- correspond à la mévente, donc à la baisse du chiffre d'affaires
- si l'arrêt se produit en fin de ligne de production, les produits ne sont pas vendus par l'entreprise, mais sont vendus par la concurrence
- si T_i = temps d'indisponibilité exprimé en heures et T_h = taux horaire exprimé en dinarscs/heure

$$C_p = T_i \times T_h$$

Le taux horaire est lié à la criticité de l'équipement

Autres coûts indirects

Les coûts de perte de production constituent un des postes essentiels de ces coûts indirects

2. Les coûts de non-production

Dépenses fixes non couvertes et dépenses variables non incorporées :

- ***coûts d'amortissement (non réalisé) du matériel arrêté***
- ***coût du matériel excédentaire***



Autres coûts indirects



3. Coûts de la main d'œuvre inoccupée
pendant le temps T_i

4. Coût des arrêts induits : lorsqu'on travaille en flux tendu sur une ligne, faute de stock tampon, l'arrêt d'un équipement perturbe rapidement tout le reste (saturation en amont, pénurie en aval)



Autres coûts indirects

- 
- 5. Coût de non-qualité :*** non-qualité de production provoquée par la défaillance des équipements de production (coûts des rebuts et/ou retouches)
 - 6. Frais de redémarrage de la production :*** le redémarrage induit une perte de matière et une non-qualité (rebut)



Autres coûts indirects



7. Pénalités commerciales ou coûts induits pour délais non tenus : elles sont généralement incluses dans le contrat de vente et se chiffrent en francs par jour de retard

8. Coûts induits en cas d'accidents corporels : un accident du travail est toujours possible si on n'a pas mis en sécurité l'opérateur ou le technicien de maintenance intervenant sur panne

9. Conséquences sur l'image de marque : elles génèrent les pertes de clients mais ne sont pas chiffrables directement



Autres coûts indirects dans certains cas

Surcoût de production dans le cas où l'on trouverait une solution de rattrapage à l'indisponibilité:

- heures supplémentaires personnel
- coût des moyens de remplacement mis en œuvre
- stock supplémentaire en attente en cas de défaillance ou *encours de précaution* de fabrication

Démotivation du personnel : trop d'arrêts génèrent un manque de crédibilité envers les cadres



Autres coûts indirects

- 
- **Beaucoup de ces coûts indirects sont difficilement chiffrables**
 - **Ils sont très variables selon l'entreprise (car liés au parc machine) mais ils n'en sont pas moins réels**
 - **L'évolution des technologies, celle des méthodes de production font que les coûts d'indisponibilité deviennent importants**
 - **C'est là que la maintenance prend toute son importance**

Autres coûts indirects

- **Tout le problème est de savoir chiffrer ces coûts indirects : on sait chiffrer facilement chiffrer les coûts directs mais moins les coûts indirects**
- **Alors imaginons que, grâce à la maintenance, il n'y a pas d'arrêts dus à l'indisponibilité d'un équipement : combien le service maintenance a-t-il fait gagner à l'entreprise ?**
- **Le patron ou le financier de l'entreprise pourront-ils un jour le comprendre ?**

3 - Coût d'une défaillance

- Il intègre les coûts de maintenance corrective et les coûts d'indisponibilité consécutifs à la défaillance des biens d'équipement

$$C_d = C_{mc} + C_i$$

- L'estimation de ce coût n'a d'intérêt que pour les équipements critiques, c'est à dire ceux dont les répercussions sur l'indisponibilité d'une ligne de production sont sensibles d'un point de vue économique



Coût d'une intervention corrective

- **L'intervention corrective peut être réalisée en interne ou être externalisée**
- **Les coûts sont souvent comme les temps : on les prévoit mais ils sont souvent différents de ce qu'on a prévu**
- **Il faudra donc bien faire la différence entre coûts prévus et coûts réalisés**



Coût d'une intervention corrective



Coûts prévus :

- estimation d'engagement de dépenses liées à une activité de maintenance
- les devis sont de la responsabilité du préparateur maintenance
- ils n'ont pas d'intérêt comptable hormis le fait qu'ils doivent cerner au mieux la réalité

Coûts réalisés :

- coûts obtenus après acquisition du contenu des BT (retour d'activité)
- l'acquisition s'effectue maintenant sur GMAO



Coût d'une intervention corrective

- 
- L'analyse des coûts permet a posteriori :
- d'effectuer l'analyse des travaux réalisés et de leurs coûts
 - de cumuler ces derniers par équipement
 - de diagnostiquer les équipements critiques et donc de les améliorer (fiabilisation)



Optimisation des coûts de maintenance

● ● ● ●

On peut voir le problème sous deux aspects:

■ **d'un point de vue macroscopique**

⇒ **c'est le coût global de maintenance**

■ **d'un point de vue microscopique**

⇒ **c'est le coût de défaillance**

On peut chercher à optimiser ces deux coûts



Coût global de maintenance

- L'objectif principal de la maintenance est d'améliorer la disponibilité des équipements
- Cela ne doit pas toutefois se faire à n'importe quel prix
- On peut améliorer la disponibilité par un plus grand investissement:
 - ⇒ en *personnel* (plus de présence sur le terrain)
 - ⇒ en *matériel* (maintenance préventive systématique et conditionnelle)

Coût global de maintenance

- Ce plus grand investissement a pour conséquences directes :

⇒ de diminuer les coûts d'indisponibilité C_i

⇒ d'augmenter les coûts de maintenance C_m

$$C_m = C_{mc} + C_{mp}$$

- On va donc examiner les coûts dans leur globalité

Coût global de maintenance

- On appelle coût global de maintenance, la somme de trois coûts à évolution souvent contradictoire

⇒ coût des activités de maintenance C_m

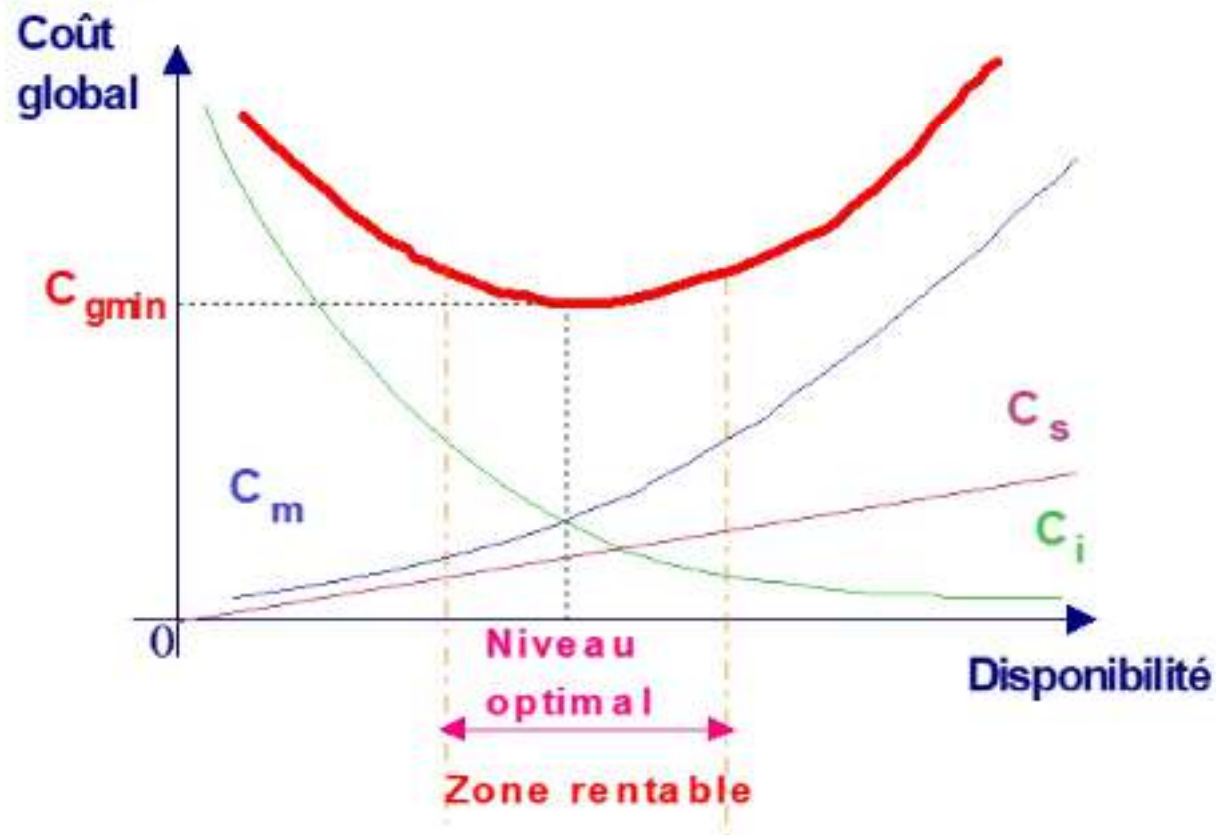
⇒ coût de possession des stocks de maintenance (dépenses engendrées par l'existence des stocks) C_s

⇒ coûts d'indisponibilité C_i

$$C_g = C_m + C_s + C_i$$

Coût global de maintenance

- Pour optimiser ce coût global, il suffit d'en chercher le minimum





Coût global de maintenance

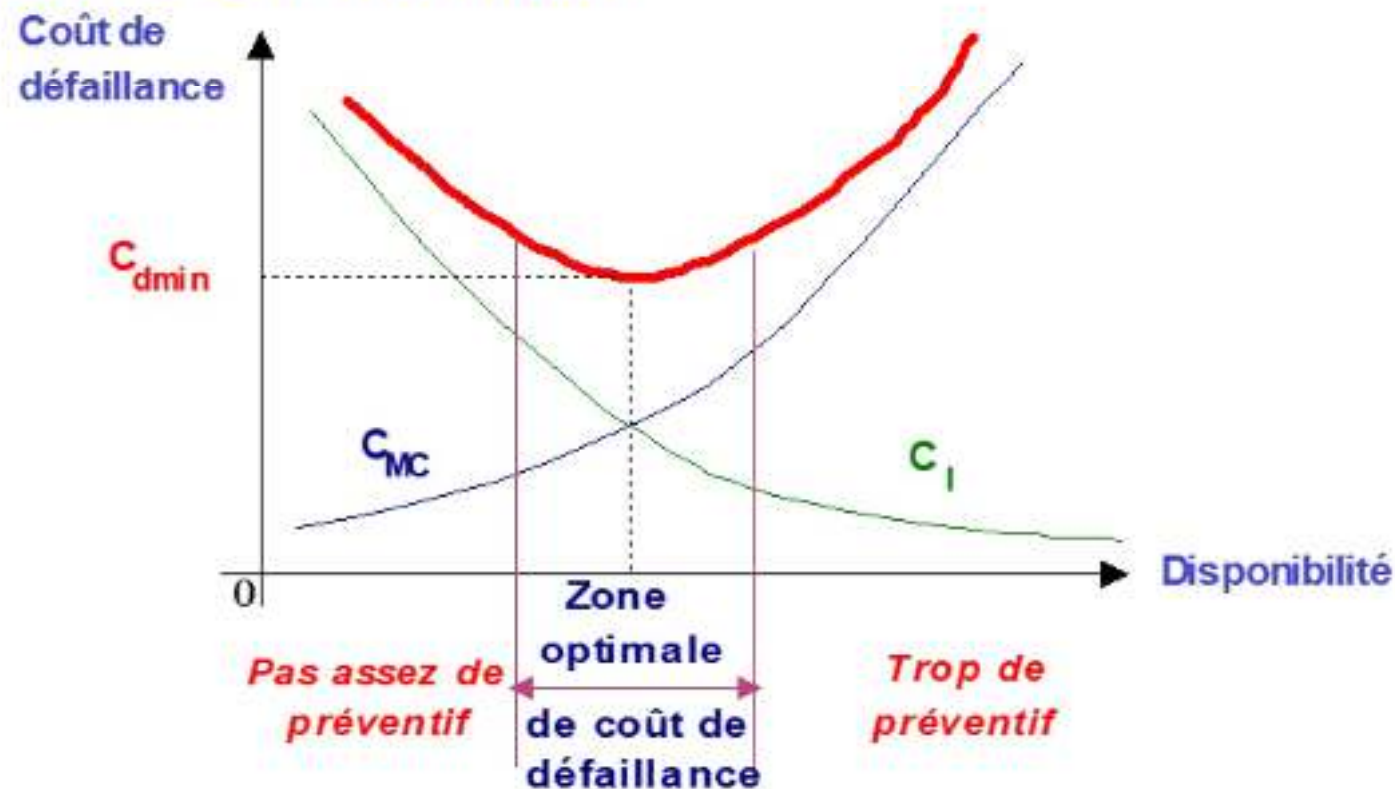
- La figure précédente montre qu'il faut trouver un compromis entre la maintenance corrective et la maintenance préventive
- Les coûts directs de maintenance préventive (C_{mp}) varient à l'inverse des coûts directs de maintenance corrective (C_{mc})
- Les coûts de possession de stock sont liés au taux de maintenance préventive mais aussi au taux de maintenance corrective (pièces stratégiques)
- Toute la stratégie va être de choisir la part de préventif par rapport à celle de correctif

Optimisation des coûts de défaillance

- Malgré la tendance à développer le préventif, il reste toujours une part de maintenance corrective entraînant des coûts d'indisponibilité avec des arrêts pour réparation
- C'est le correctif résiduel
- Les coûts de défaillance peuvent être diminués par l'amélioration de la maintenabilité et l'augmentation des moyens logistiques
- En contrepartie, ceux-ci vont augmenter les coûts de maintenance corrective C_{mc}

Optimisation des coûts de défaillance

- Optimiser le coût de défaillance $C_d = C_{mc} + C_i$ c'est chercher son minimum



Optimisation des coûts de défaillance

Le responsable maintenance devra donc orienter sa politique de maintenance en fonction de la criticité de ses équipements :

- une faible criticité est synonyme de C_i faibles, donc faire du préventif peut coûter cher
- une forte criticité génère des C_i importants et il est alors intéressant d'appliquer une méthode de maintenance préventive



Coût d'une intervention préventive



On distingue :

- **l'intervention préventive systématique**
- **l'intervention préventive conditionnelle**

Coût de maintenance systématique

- On travaille sur une période donnée t , appelée *période de référence* (3 mois, 1 an, etc..)
- Le risque zéro n'existant pas, le coût total de la maintenance d'un équipement sera :

Coût total = Coût du systématique + Coût correctif résiduel

Coût de maintenance systématique

$$C_{psys} = \frac{t}{T} \cdot C_{mp}$$

- C_{mp} est le coût direct de l'intervention préventive
- T la période d'intervention systématique
- Le rapport t/T représente donc le nombre d'interventions systématiques durant la période de référence t

Coût du correctif résiduel

$$C_{mcr} = C_d \cdot \lambda \cdot t$$

- **C_d est le coût de la défaillance résiduelle ($C_d = C_{mc} + C_i$)**
- **λ le taux de défaillances résiduelles exprimé en pannes/heure**

Coût du correctif résiduel

- Pour ne pas introduire d'indisponibilité supplémentaire, le préparateur maintenance cherche à programmer les interventions préventives systématiques en dehors du temps requis :
 - en profitant des arrêts programmés
 - en utilisant les plages horaires « hors production »
- Dans ces conditions, les coûts de maintenance préventive systématique ne seront associés à aucun C_i et seront constitués de la même manière que les C_{mc}



Coût de maintenance conditionnelle

- Faire de la maintenance conditionnelle signifie qu'on va encore mieux prévenir les risques que la maintenance systématique
- La formule précédente (C_{psys}) s'applique encore, puisque les visites conditionnelles sont périodiques
- La maintenance conditionnelle va toutefois engendrer un investissement important (appareils de mesures, chaînes d'acquisition de données, etc..) ce qui impliquera une formation spécifique du personnel de maintenance



Coût de maintenance conditionnelle

- 
- **Le coût d'une intervention de maintenance conditionnelle doit tenir compte de tout cela et il faudra donc majorer le C_{psys} défini ci-dessus**
 - **Les entreprises, qui n'ont pas les moyens de se payer le matériel nécessaire, externalisent ce type de maintenance**

Quelques ratios économiques



Appelés indicateurs, ils servent à :

- mesurer avec clarté une réalité
- contrôler la réalisation d'objectifs fixés a priori
- prendre des décisions adaptées en termes de politique de maintenance

Ils sont normalisés (NF X 60-020)

Indicateur d'efficacité de la maintenance

$$R1 = \frac{C_m}{\text{Valeur ajoutée produite}}$$

- C_m = Coût total de maintenance
- A priori, le plus judicieux pour les comparaisons interentreprises dans des secteurs identiques

Indicateur d'efficacité technique de la maintenance

$$R2 = \frac{C_d}{C_m + C_d}$$

- Permet de mieux optimiser les coûts de défaillance

Ratio de comparaison

$$R3 = \frac{C_{mp}}{C_{mc} + C_{mp}}$$

- Importance relative des coûts de maintenance préventive

Ratio d'externalisation

$$R4 = \frac{\text{Coûts de sous-traitance}}{C_m}$$

- A suivre avec le taux d'activité (par exemple : période de grande activité et recours à la sous-traitance)

Indicateur de décision de remplacement d'un équipement

$$R5 = \frac{C_m}{\text{Coût de remplacement}}$$

- Les coûts sont évalués sur une même période (période de référence, 1 an par exemple)

Indicateur de coût de stockage

$$R6 = \frac{\text{Valeur du stock maintenance}}{\text{Valeur des biens à maintenir}}$$

- Plus le coût de stockage des pièces détachées augmente, plus le taux d'intervention augmente
- Lié à l'évolution du taux de rotation du stock :

$$\frac{\text{Coût des consommés}}{\text{Valeur du stock maintenance}}$$