

ASPECTS ECONOMIQUES DE LA MAINTENANCE**I – NOTION DE COÛT DE REVIENT :****11 – 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

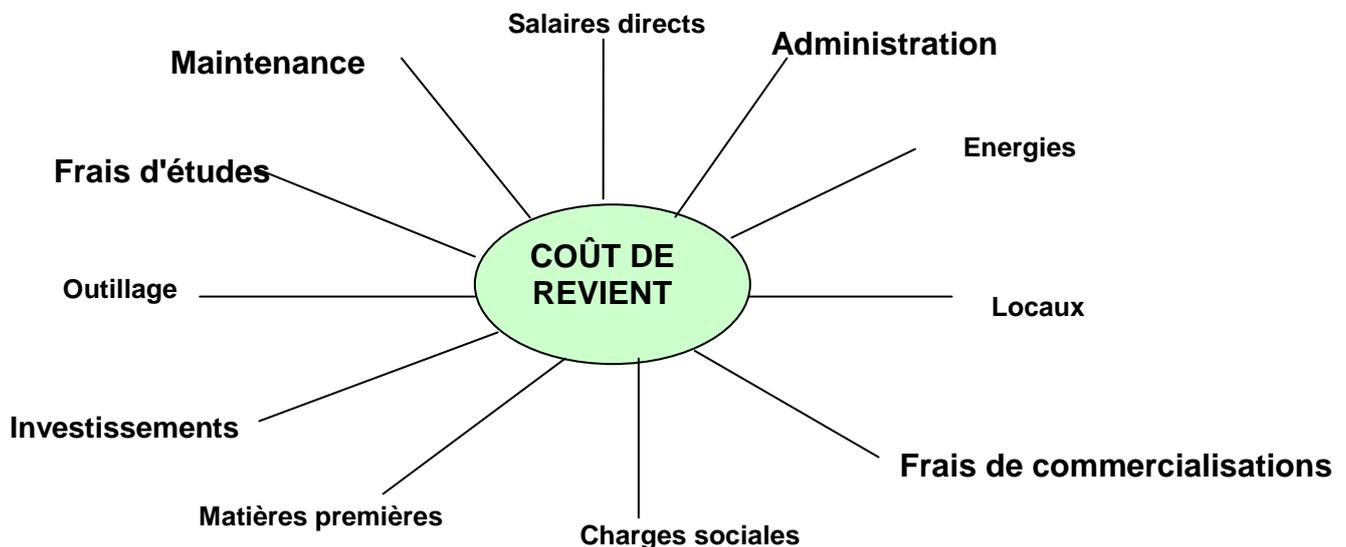
Le bénéfice est ce qui reste (en plus ou en moins) à l'entreprise une fois qu'elle a payée ses charges (salaires, fournisseurs, etc) et ses impôts. Le bénéfice (s'il est positif) peut être réinvesti et / ou distribué aux actionnaires.

BENEFICE = CHIFFRE D'AFFAIRE – CHARGES FIXES ET VARIABLES

12 – 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. Ils doivent être les **plus faibles possibles**.

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



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)
- Coût de production : coût d'achat des matières utilisées + les coûts de fabrication (salaires, coût de l'usage, 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

ASPECTS ECONOMIQUES DE LA MAINTENANCE

II – L'ANALYSE DES COÛTS EN MAINTENANCE :

21 – Aspects économiques de la maintenance :

Le chef d'entreprise, confronté à ses échéances financières, sait que les coûts de maintenance représentent un poste de dépenses important et bien visible. Le fait que la maintenance, bien que génératrice de dépenses, soit en même temps un gisement de productivité devient de plus en plus un fait établi, mais moins visible.

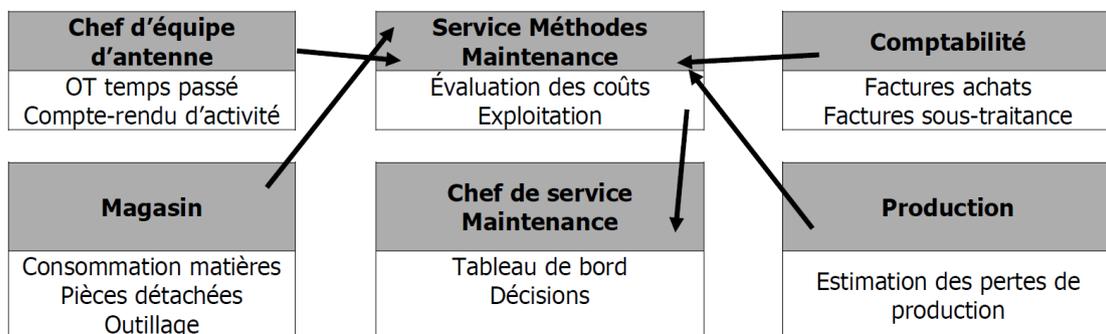
En effet, certains coûts, conséquences d'une maintenance insuffisamment performante, s'évaporent de la comptabilité analytique, mais se retrouvent inexorablement dans les coûts de production.

La maintenance est donc 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.

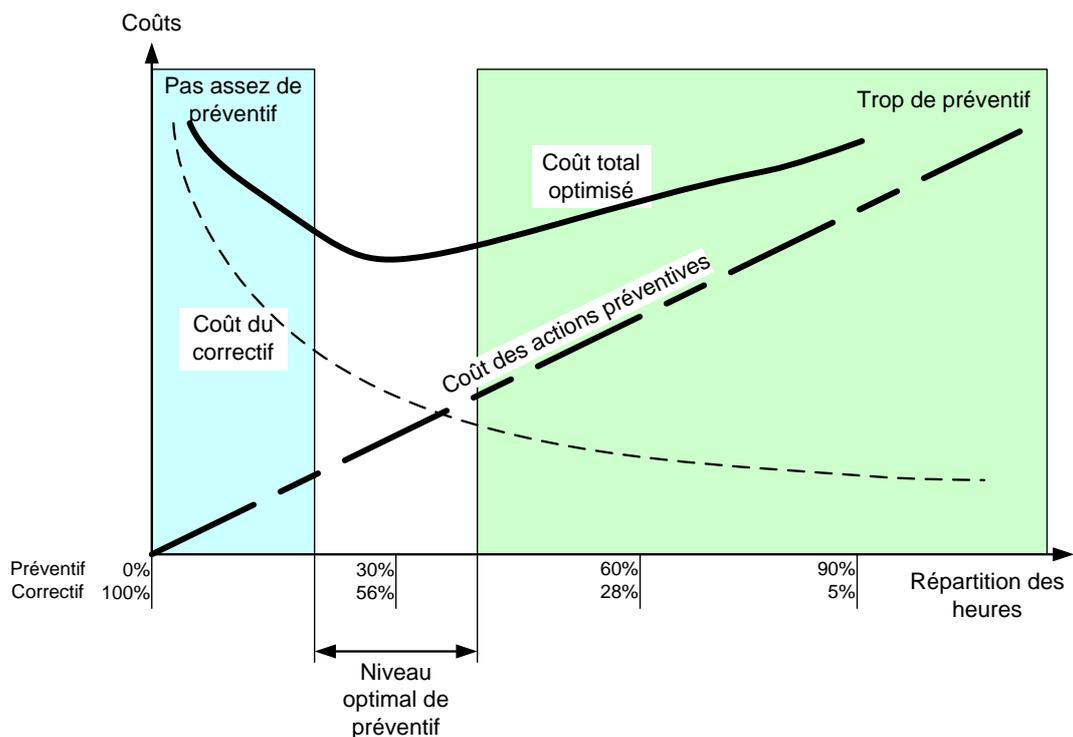
L'analyse des coûts permet de :

- Suivre les dépenses et de respecter le budget,
- Vérifier l'efficacité de la maintenance (suivi de ratios),
- Renouveler le matériel.



22 – Problématique des coûts de maintenance :

Le niveau de préventif à appliquer sur un équipement relève d'un certain nombre de critères mais le graphique ci-dessous montre qu'il existe, au niveau des coûts, un optimum qui se situe à environ 30% de préventif et de correctif.



ASPECTS ECONOMIQUES DE LA MAINTENANCE

Le problème majeur est celui de la justification a priori d'une politique de maintenance préventive ; ce qui suppose au préalable de pouvoir apporter une réponse à cette question : « que coûte la défaillance d'un équipement à l'entreprise ? ». L'objectif du préventif est alors de transformer cette défaillance réelle en défaillance virtuelle.

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.



III – COUT DE LA MAINTENANCE CORRECTIVE :

31 – 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.

$$Cd = Cm + Ci$$

32 – 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.

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) papier ou obtenus par GMAO. Le cumul de ces coûts après imputation et ventilation permet de réaliser des analyses et des diagnostics dans des buts d'améliorations.

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 » ou « $TTR \times \tau 1$ ». Les temps relevés doivent coïncider avec les temps passés TTR. Ils sont saisis sur le BT après vérification du chef d'équipe. Le taux horaire, exprimé en € / heure est fourni par la comptabilité. Ce taux est évidemment fonction de la qualification de l'intervenant, mais également de la politique sociale de l'entreprise ; ce qui explique sa dispersion importante, allant de 15€ à 45€ par heure pour un même technicien employé dans des structures différentes. Attention, ne pas confondre taux horaire et salaire horaire.
- **Frais généraux du service maintenance** : ce sont les frais fixes du service, estimés à l'année et ramenés à l'heure d'activité. Ils sont parfois estimés en pourcentage du budget du service ou intégrés au taux horaire. Ils comprennent les appointements des cadres, des employés de bureau, les loyers, les assurances, les frais de chauffage, d'éclairage, de reprographie, de communication, etc.
- **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.
- **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.

ASPECTS ECONOMIQUES DE LA MAINTENANCE

- **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.

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

- **C_{mo}** : dépenses de main d'œuvre
- **C_f** : dépenses fixes du service maintenance
- **C_c** : dépenses de consommables
- **C_e** : dépenses externalisées

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

33 – Coûts indirects d'indisponibilité :

Ces coûts peuvent aussi être nommés coûts indirects d'arrêt de production. Ils intègrent toutes les conséquences économiques induites par un arrêt propre d'un équipement requis. Ces conséquences peuvent porter sur les éléments suivants :

- **La perte de production C_p**. 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 « $T_i \times \tau_2$ ». **T_i** est le temps de l'indisponibilité propre relevé pendant une période où l'équipement défaillant est requis. A défaut, le temps d'arrêt de production **T_a** peut être utilisé. Mais dans ce cas existent des coûts de perte de production pendant **T_a** non imputables à l'équipement (temps d'attente et temps d'indisponibilité pour causes externes). Le taux horaire, exprimé en € / heure, est déterminé pour l'équipement considéré. Il dépend majoritairement de la criticité de l'équipement à l'intérieur de l'ensemble du système de production.
- **Les coûts de la main d'œuvre de production**. En effet, celle-ci est inoccupée pendant **T_i**.
- **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 **T_i**) induit une période de perte de matière ou de qualité qui oblige à éliminer des produits fabriqués.
- **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.

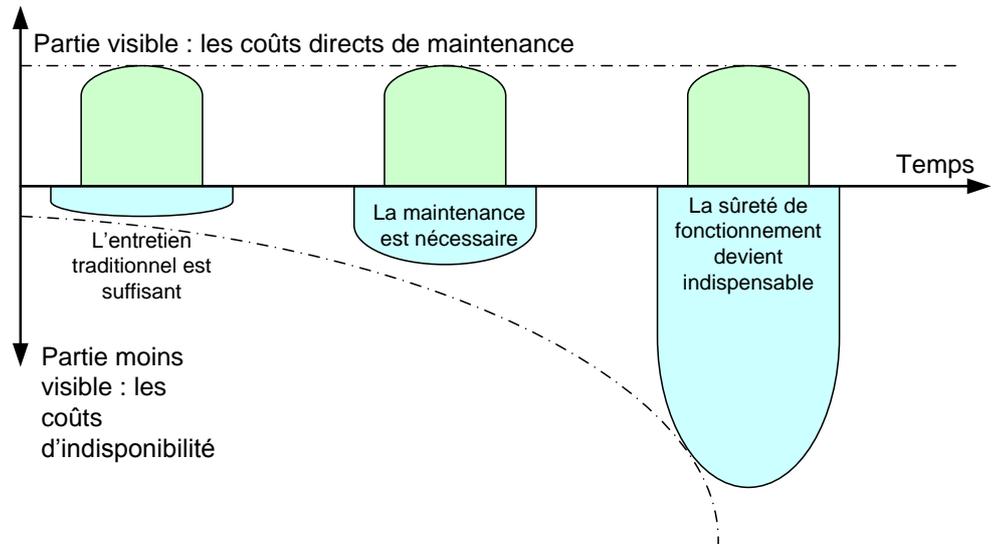
ASPECTS ECONOMIQUES DE LA MAINTENANCE

34 – Evolution des Cd et du besoin maintenance :

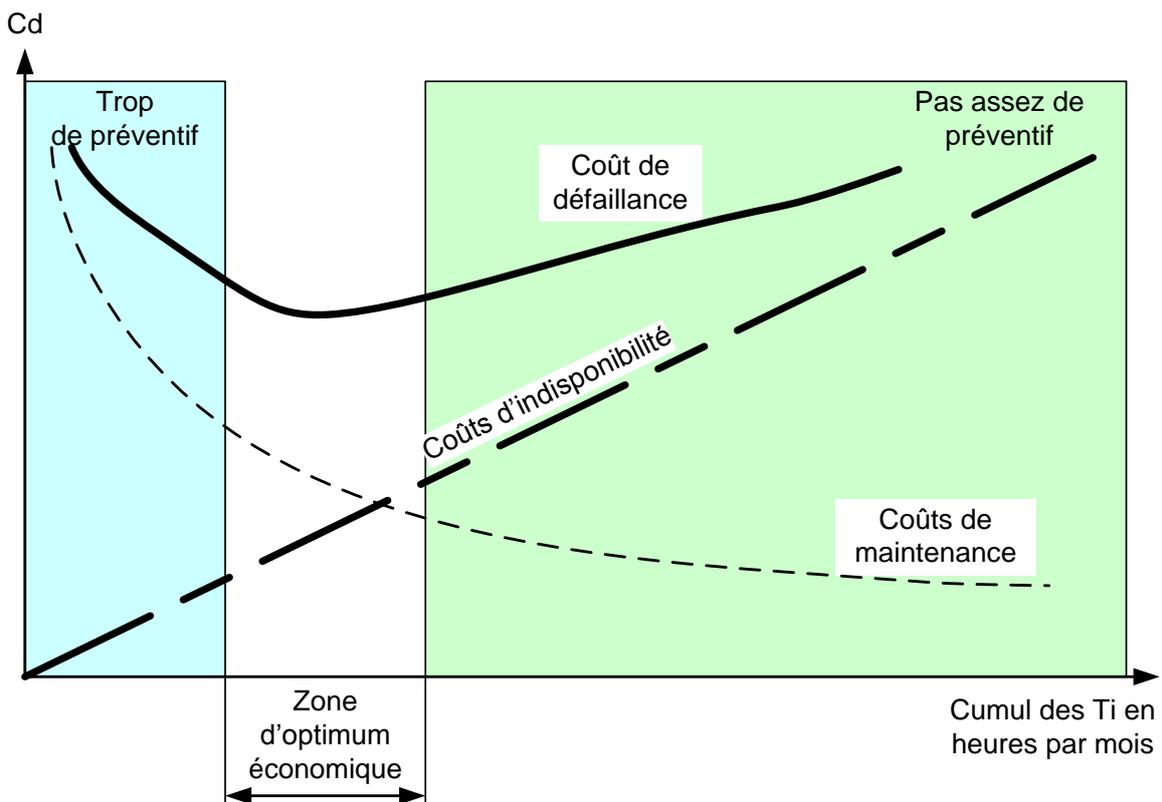
Cette évolution va se faire en étudiant le rapport ou ratio C_i / C_m . Ce ratio peut varier entre 0 et 100 (ou plus). Cette variation traduit le besoin de maîtriser le comportement des systèmes par la maintenance et, au-delà, d'utiliser les outils de la sûreté de fonctionnement pour assurer une bonne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

L'image traditionnelle de « l'iceberg des coûts » de la figure ci-contre 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.

**35 – 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.



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.

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.

41 – 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

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

- t : période de référence (1 an par exemple) exprimée en heures
- T : périodicité d'intervention systématique
- t / T : nombre d'ips (intervention préventives systématique) pendant la période de référence
- λ : taux de défaillance résiduelle, en panne / heure
- C_{mp} : coût d'une Ips
- $Cd = C_{mc} + C_i$: 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.

C'est le cas par exemple des équipes VSD (vendredi, samedi, dimanche). Sauf exception, 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.

42 – 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 C_i 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.

ASPECTS ECONOMIQUES DE LA MAINTENANCE**V – PROBLEME DE L'ACTUALISATION DES COUTS :**

C'est le calcul de la valeur d'un bien à une date donnée. Le responsable dans une entreprise qui doit effectuer un investissement portant sur plusieurs années doit prendre en compte des éléments de coût et de bénéfice intervenant à des moments différents.

Pour ce faire, il utilise une méthode d'actualisation qui consiste à ramener le coût d'un acte réalisé dans X années à sa valeur actuelle.

Soit 1€ à l'origine. Sa valeur va évoluer les années suivantes suivant le modèle suivant :

Date	Montant		Valeur à la fin de l'année
0	1€		1€
1 an	1 + i	Si i = 8%	1,08
2 ans	(1 + i) ²		1,17
3 ans	(1 + i) ³		1,26
...
n années	(1 + i) ⁿ		1,58 avec n = 6

On peut alors définir un coefficient d'actualisation k par :

$$k = \frac{1}{(1+i)^n}$$

La valeur à attribuer au coefficient « i », appelé taux d'actualisation, représente le choix entre la consommation (présent) et l'investissement (futur). Ce taux d'actualisation est déterminé par le Commissariat Général du Plan. Par exemple, pour le 6^{ème} plan, le taux d'actualisation retenu a été de 8%. Il est donc évident que plus l'investissement est lointain, plus le calcul de sa valeur actualisée est difficile.

Il est donc aisé de connaître dans « n » années la valeur Sn d'une somme So d'aujourd'hui :

$$S_n = S_o \cdot \prod_{k=1}^n (1 + i_k)$$

VI – RENTABILITE D'UN INVESTISSEMENT :**61 – Les besoins de financement de l'entreprise :**

Une entreprise au cours de son existence doit :

- Acquérir des immobilisations, soit pour développer sa capacité de production, ou pour renouveler ces équipements hors d'usage ou dépassés techniquement.
- Augmenter son fonds de roulement dans la mesure où une augmentation du chiffre d'affaires est prévue.

Ces acquisitions et cette augmentation du fonds de roulement doivent être financées.

Les ressources monétaires dont dispose l'entreprise peuvent avoir :

- Une origine externe : augmentation de capital par apport numéraire, les emprunts, etc.
- Une origine interne : constituée par les recettes provenant essentiellement des ventes, diminuées des dépenses entraînées par les charges.

Le financement réalisé par les ressources internes est appelé **autofinancement** ; c'est à dire le financement par les propres moyens de l'entreprise. La capacité d'autofinancement ou CAF est l'ensemble des ressources propres que l'entreprise pourrait consacrer à l'autofinancement. Elle peut être définie comme la différence entre les produits créateurs de recettes moins Les charges entraînant des dépenses.

Lorsque l'autofinancement ne suffit pas à couvrir les besoins de l'entreprise, celle-ci doit envisager un financement externe. Les principales sources de financement sont alors :

ASPECTS ECONOMIQUES DE LA MAINTENANCE

- **L'augmentation de capital** : le capital d'une entreprise peut être augmenté par incorporation de réserves, par apports en nature, par apports de numéraire.
- **Le crédit-bail** : c'est un contrat de location d'une durée déterminée assorti d'une promesse de vente. Ce contrat est passé entre une banque ou une entreprise spécialisée qui est le propriétaire du bien et une entreprise industrielle ou commerciale, qui est le locataire.
- **L'emprunt** : le financement par l'emprunt peut prendre diverses formes parmi lesquelles les emprunts auprès des établissements de crédits et les emprunts obligataires. Les établissements de crédits proposent aux entreprises une gamme variée de prêts dont la durée peut aller de deux à cinq ans et plus, le taux peut être fixe ou variable et les remboursements échelonnés ou in fine. L'emprunt a des conséquences sur la situation financière de l'entreprise :
 - L'augmentation des capitaux empruntés par rapport aux capitaux propres entraîne la dégradation de l'autonomie financière ;
 - La trésorerie diminue par le versement des annuités ;
 - Le résultat baisse du fait de l'augmentation des dettes financières.

62 – Délai de retour d'un investissement :

Il est nécessaire d'argumenter toute proposition de modification amenant la réalisation d'un investissement :

- Changement de méthode de maintenance
- Changement de politique de maintenance

En effet, à tout investissement correspond un espoir de recette sous forme de service rendu.

Pour pouvoir argumenter, il faut être capable de mettre en évidence les aspects techniques et économiques du problème :

- Aspects techniques :
 - Amélioration des conditions de travail
 - Meilleure productivité
 - Amélioration de la sécurité
 - Meilleure fiabilité
 - Meilleure qualité
 - Etc.
- Aspects économiques :
 - Coût de l'investissement et délai de récupération de l'investissement
 - Délai de récupération (période au bout de laquelle l'investissement est récupéré)

VII – MAITRISE ECONOMIQUE DU CYCLE DE VIE DES EQUIPEMENTS :**71 – Terminologies comptables :**

Les immobilisations sont des biens enregistrés en comptabilité et destinés à rester sous une forme constante dans le parc matériel. Les équipements sont donc des immobilisations corporelles et amortissables, puisque de nature à perdre de la valeur dans le temps.

Durabilité : aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise, dans des conditions données d'usage et de maintenance, jusqu'à ce qu'un état limite soit atteint. Cet état est caractérisé par la fin de vie utile d'un bien ou par son inadaptation pour des raisons techniques ou économiques.

Vie utile : c'est l'intervalle de temps qui se termine quand le taux de défaillance devient inacceptable ou quand le bien est considéré comme irréparable à la suite d'une panne ou pour d'autres raisons pertinentes.

Coût global de référence (NF X 60-010) : ensemble des dépenses induites pour l'utilisateur par l'acquisition d'un bien, pour un usage de référence et une durabilité donnée.

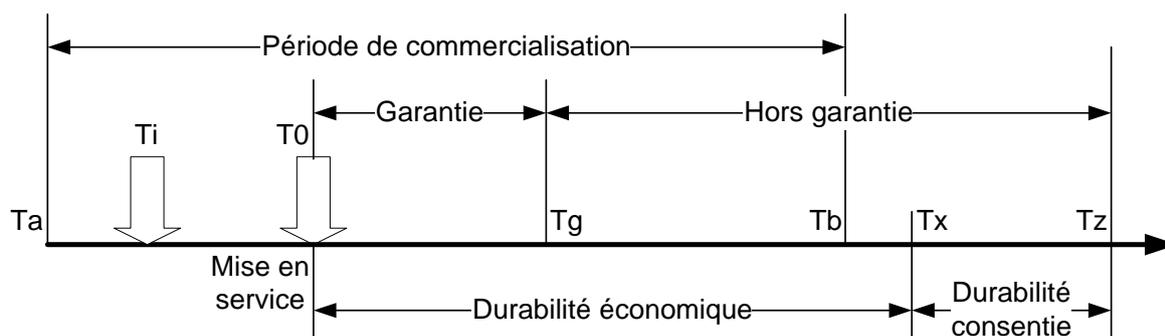
Coût moyen par unité d'usage : rapport entre le coût global de référence et la durabilité estimée en nombre d'unités d'usage.

ASPECTS ECONOMIQUES DE LA MAINTENANCE**72 – Situation du problème :**

Le service maintenance a la charge de la santé de chaque équipement tout au long de son cycle de vie utile, de la réception jusqu'à la période de vieillesse et au déclassement. Il a également la responsabilité de la maîtrise des dépenses afférentes à la possession de chaque « immobilisation corporelle ».

- En fait, c'est en amont que débutent la prise de responsabilité de la maintenance et les dépenses de possession induites, hors valeur VA d'acquisition du bien.
- Il est fréquent que le responsable de maintenance participe à l'élaboration du cahier des charges d'un nouvel équipement. Il va alors se poser les questions suivantes :
- Quelle est la durabilité prévisionnelle de l'équipement ? Il pourra en déduire le plan d'amortissement, mais aussi les éléments stratégiques relatifs à la maintenance du bien.
- Quel est le moment où le matériel fournit un gain d'exploitation maximal ?
- A quel moment doit-on cesser les opérations de maintenance ? Est-on obligé de pratiquer un « acharnement thérapeutique » sur le bien ?
- Quel est le moment pour déclasser le bien ?
- Le bien a-t-il une valeur de revente ? Ou au contraire, que va coûter son rebut ou son démantèlement ?
- Faut-il le remplacer par un matériel identique ou par un matériel de nouvelle génération ?
- Faut-il le rénover ou le reconstruire ?

Ces questions incontournables doivent être abordées avec des outils économiques permettant de rassembler de manière objective les données nécessaires (mais par forcément suffisantes) pour prendre une décision.

73 – La durabilité ou l'analyse prévisionnelle de la vie d'un matériel :

Le schéma précédent permet de mettre en évidence :

- 3 périodes « commerciales » :
 - La période de garantie [T_0 , T_g]
 - La période hors garantie [T_g , T_z]
 - La période de commercialisation [T_a , T_b]
- 2 périodes de maintenance :
 - A durabilité économique [T_0 , T_x]
 - A durabilité consentie [T_x , T_z]

T_i est la date de décision initiale de réaliser l'investissement d'un équipement. [T_i , T_0] est la période d'études préliminaires à l'intégration et au démarrage.

T_0 est la date de début d'exploitation après installation et essais contradictoires.

T_x est le terme de la période optimale économique d'utilisation du matériel (environ 15 ans pour les biens de production). C'est par analogie avec des matériels connus et équivalents que T_x est fixé a priori. Ce seuil est atteint lorsque le cumul des coûts de défaillance n'excède pas $x\%$ de VA actualisée. On parle alors de « durée de vie utile ».

T_z est la date de déclassement du matériel pour revente, rebut ou reconstruction.

La durabilité consentie [T_x , T_z] est intéressante s'il est possible de maintenir un niveau de performance admissible associé à la réduction des coûts de maintenance en fin de vie du matériel amorti.

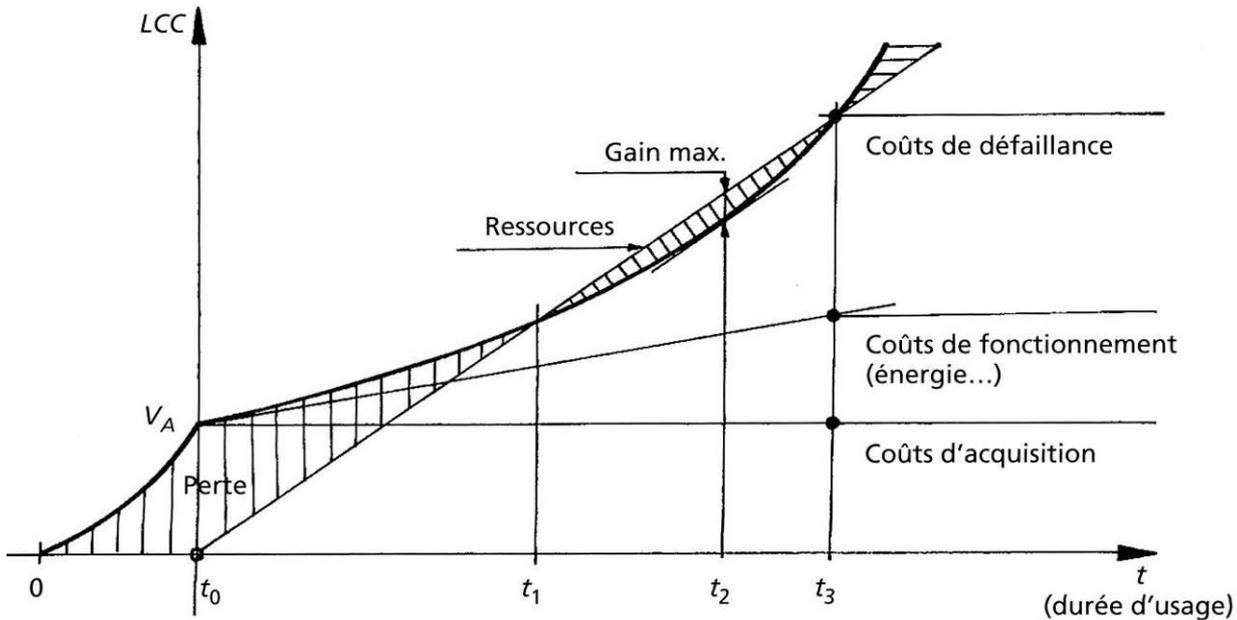
Il faut être aussi prudent aux difficultés d'approvisionnement des pièces détachées après T_b (date de fin de commercialisation du matériel).

ASPECTS ECONOMIQUES DE LA MAINTENANCE

74 – Le « Life Cycle Cost » ou LCC :

Le coût du cycle de vie d'un équipement (ou coût global de référence) est « le cumul, par années successives, de toutes les dépenses relatives à la possession d'un équipement ». Il est parfois possible d'y associer les recettes que l'équipement procure quand celles-ci sont chiffrables.

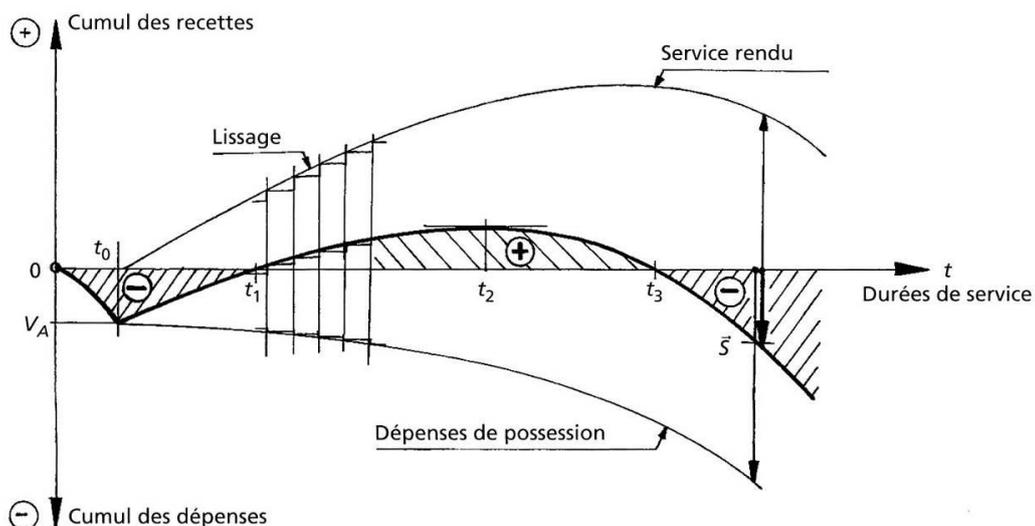
Le cumul des coûts sur des périodes longues (15 à 20 ans pour du matériel de production) implique une actualisation des valeurs pour que le cumul en euros constants soit significatif : 1€ de 2000 + 1€ de 2015 = ?



Quel que soit l'équipement, les courbes « lissées » représentatives du LCC ont toujours l'allure de la courbe de la figure ci-dessus.

- 0 : date de décision de l'investissement
- $[0, T_0]$: période d'études préliminaires à la mise en service T_0 . V_A est le cumul des coûts liés à l'investissement.
- $[T_0, T_1]$: période d'exploitation déficitaire, ainsi qu'au-delà de T_3 où les coûts de maintenance vont croître inexorablement
- $[T_1, T_3]$: zone d'exploitation rentable. T_2 représente la période d'optimisation économique de l'équipement.

Il existe une variante possible de la représentation du LCC. Elle se construit à partir d'axes différenciés pour les recettes et les dépenses. Cette forme est moins classique que la précédente mais plus lisible.



Constitution du LCC :

$$LCC = VA + D_F + C_D$$

- **VA** représente la valeur d'acquisition ou l'investissement initial. VA comprend les frais d'études préliminaires (rédaction du cahier des charges, choix du fournisseur, passation de commande, intégration de l'équipement à l'existant), les frais relatifs à la logistique associée, le coût de l'équipement. Ce coût sera supposé réalisé à la mise en service, et sera évalué en euros constants. Mais il est également possible de représenter l'échelonnement des versements dans le cas d'un emprunt. Il est possible de corriger VA en fin de vie d'un équipement en lui ajoutant le coût de son démantèlement ou en lui retranchant la valeur d'une éventuelle revente.
- **DF** représente les dépenses de fonctionnement (énergies et consommables), fixées souvent par unité de temps. Il est évident que les coûts de main d'œuvre liés à l'exploitation normale du matériel doivent être inclus. DF a une représentation linéaire, donc proportionnelle au temps d'utilisation.
- **CD** représente le cumul des coûts de maintenance augmentés des coûts indirects lorsque l'on peut les estimer. Ces coûts sont naturellement croissants, liés à l'usure et au vieillissement de l'équipement.

Les recettes, quand on peut les estimer, sont supposées constantes par unité de temps.

Le **ratio LCC / VA** est un **indicateur de criticité économique** du soin à apporter à la gestion du matériel :

- Si le ratio = 1,3 sur 15 ans, inutile de faire de la maintenance pointue
- Si le ratio = 20 sur 15 ans, mieux vaut optimiser la maintenance

75 – Le LCC : outil de détermination de la période de remplacement d'un équipement :

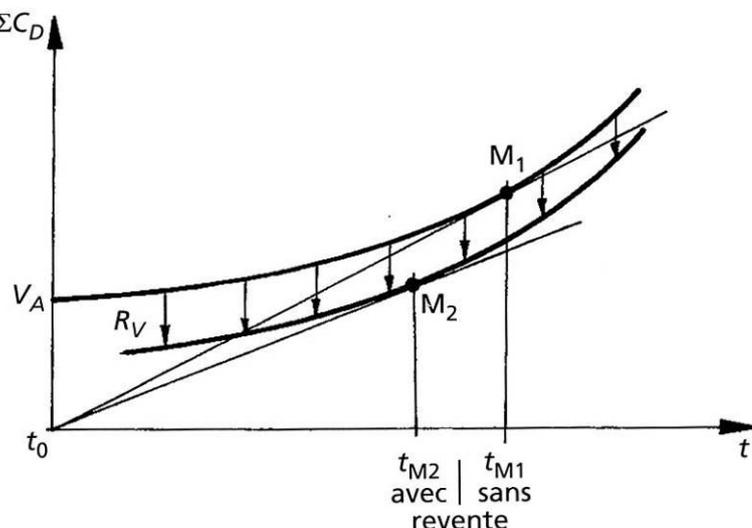
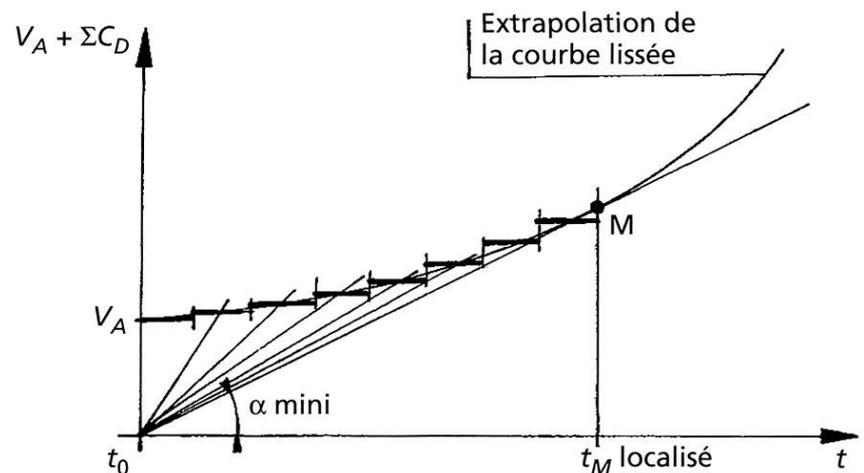
La figure ci-contre explique comment il est possible de localiser la période de diminution de la rentabilité d'exploitation, période où la question du remplacement du matériel doit être posée, sans connaître nécessairement les recettes.

Il suffit de porter le cumul annuel des dépenses de maintenance.

On constate que l'angle α décroît, puis se stabilise dans la zone du point M. Il augmentera si l'exploitation se poursuit.

La figure ci-dessous permet de résoudre le même problème en tenant compte d'une éventuelle valeur de revente R_V (qui décroît avec le temps d'usage).

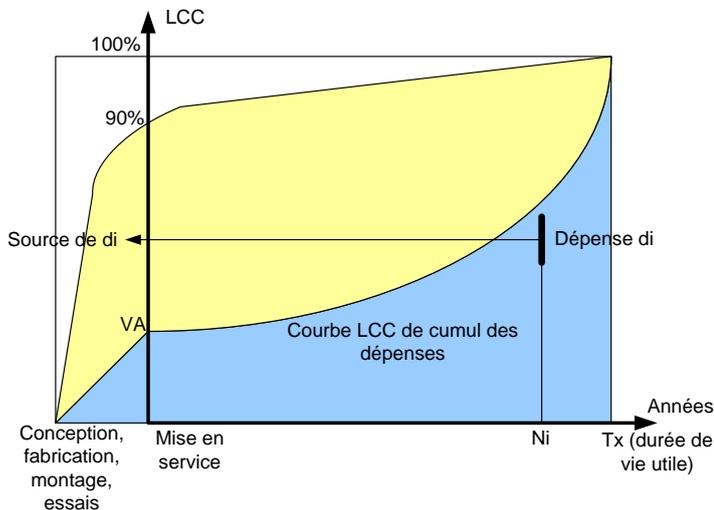
Cette situation amène à envisager un remplacement plus tôt.



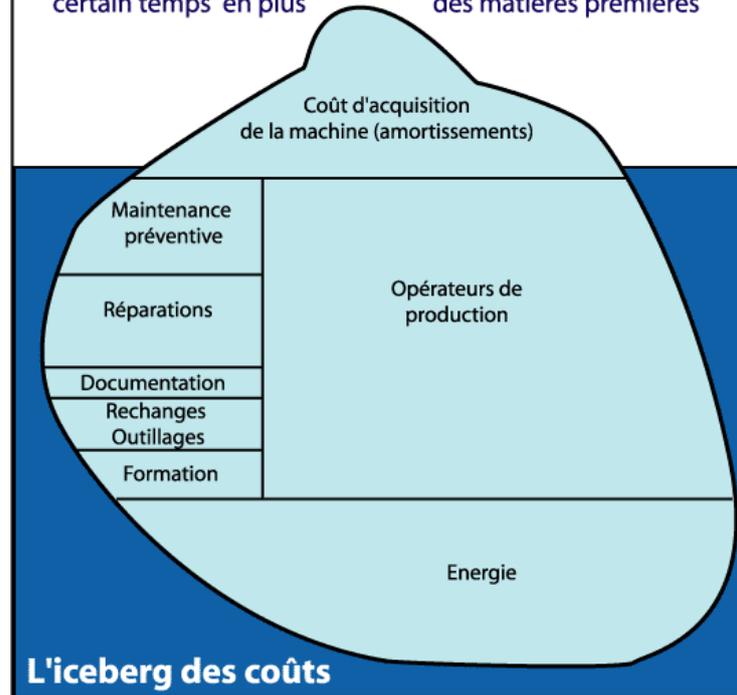
ASPECTS ECONOMIQUES DE LA MAINTENANCE

76 – Le LCC dans le choix des investissements :

On considère en général que 90% des coûts de fonctionnement et de maintenance générés par l'exploitation d'un équipement sont prédéterminés lors de sa mise en service. Ainsi, acheter une machine, c'est évidemment acheter un service attendu, mais aussi engager tous les coûts potentiels dus aux inévitables arrêts de ce service. La courbe suivante illustre cette situation souvent négligée.



Ce que coûte la production avec une machine pendant un certain temps en plus des matières premières



Interprétation : environ 90% des dépenses engagées pendant la durée de vie d'un équipement sont prédéterminées avant la mise en service. Ainsi, l'expertise relative à une défaillance entraînant une dépense d_i à $N_i^{\text{ème}}$ année montrera l'existence de niveaux de causes intrinsèques liées à la conception, à la santé matière, au mauvais choix de composants, au montage, etc. Il en est de même pour les dépenses de fonctionnement.

En phase d'investissement d'un équipement productif, il est donc important que la notion de « coût du service rendu » se substitue au « coût d'acquisition » de l'équipement, cela d'autant plus que la flexibilité mise dans l'équipement augmente sa durabilité, donc la valeur du ratio LCC / VA.

Penser coût global de possession, c'est donc mieux construire et mieux investir aujourd'hui pour moins dépenser demain.

77 – Le coût moyen annuel de maintenance C_{ma} et ses utilisations :

A tout instant, un équipement possède :

- Une valeur d'investissement VA
- Un cumul des coûts de défaillance ΣC_d
- Une éventuelle valeur de revente RV

Le coût moyen annuel pour la $n^{\text{ème}}$ année est donné par :

$$C_{ma}(n) = \frac{VA + \sum_{k=1}^n C_{Dk} - RV}{n}$$

Si une rénovation est effectuée avec un coût de Rénovation CR, l'expression devient :

$$C_{ma}(n) = \frac{VA + \sum_{k=1}^n C_{Dk} + CR - RV}{n}$$

ASPECTS ECONOMIQUES DE LA MAINTENANCE

Si « i » est le taux de l'argent, le C_{ma} peut être actualisé et devient :

$$C_{ma}(n) = \frac{VA.(1+i)^n - RV + \sum_{x=1}^n C_{Dx} \cdot (1+i)^{n-x}}{n}$$

La courbe $C_{ma} = f(t)$ est toujours une courbe en baignoire qui passe par un minimum marquant la durée de vie économique.

Le C_{ma} est aussi un indicateur économique qui peut être ramené à l'heure d'utilisation, soit **Cmh** : il permet de savoir combien coûte la possession d'un équipement chaque heure en moyenne annuelle. C'est le même indicateur que le prix de revient kilométrique pour une voiture.

Application du C_{ma} à la politique de renouvellement d'un matériel :

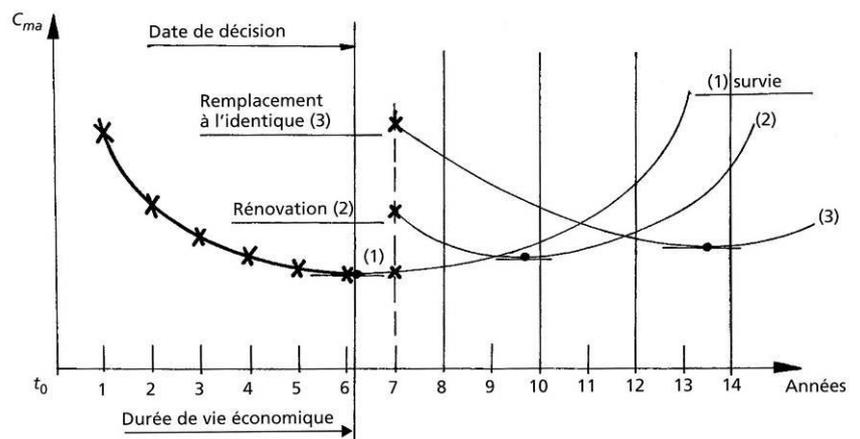
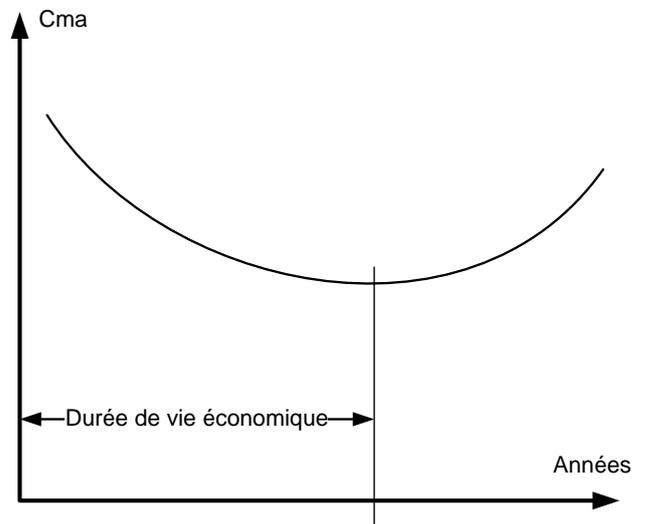
Soit un équipement mis en service à une date T_0 . On va envisager, à l'issue de la 6^{ème} année, 3 hypothèses de choix :

1. Prolongation de la vie de l'équipement
2. Rénovation
3. Remplacement à l'identique

Cas 1 : à court terme (années 7 et 8), c'est la solution la plus économique. A long terme, au-delà de l'année 11, c'est la plus onéreuse.

Cas 2 : une rénovation permet de limiter l'investissement, ce qui, à l'horizon 10 ans, est le plus intéressant. Par contre, la dépréciation est importante et RV très faible voire nul.

Cas 3 : l'investissement est important, mais c'est la meilleure solution à partir de la 12^{ème} année.



78 – Conclusion :

Le choix d'une politique de renouvellement est complexe et ne repose pas seulement sur des critères économiques. Il faut prendre en compte des critères de décision permettant de se projeter à moyen ou à long terme. Les critères techniques, et humains sont aussi très importants (activités futures, état du marché, capacité d'investissement de l'entreprise, position de la concurrence, etc.).