

# Chapitre 4

Management de la durée de vie des  
équipements

# Quelques rappels

2

- **Le service maintenance est responsable de la « santé » des équipements qui lui sont confiés :**
  - **de leur acquisition**
  - **jusqu'à leur remplacement ou leur mise au rebut**
- **Il a également la responsabilité de la maîtrise des dépenses correspondant au maintien en « bonne santé » de ces équipements**

# Questions à se poser

3

1. **quelle doit être la durée de vie prévisionnelle de l'équipement ?**
2. **à quel moment l'équipement fournira t-il un gain d'exploitation maximum ?**
3. **faudra t-il le déclasser, le revendre ?**
4. **s'il n'est pas revendu, à quel moment faudra t-il arrêter raisonnablement les opérations de maintenance ou bien faudra t-il le rénover ?**
5. **s'il est revendu, faudra t-il le remplacer à l'identique ou alors par un matériel de nouvelle génération ?**

# 1 – Cycle de vie d'un équipement

## 1.1 - Définitions normalisées

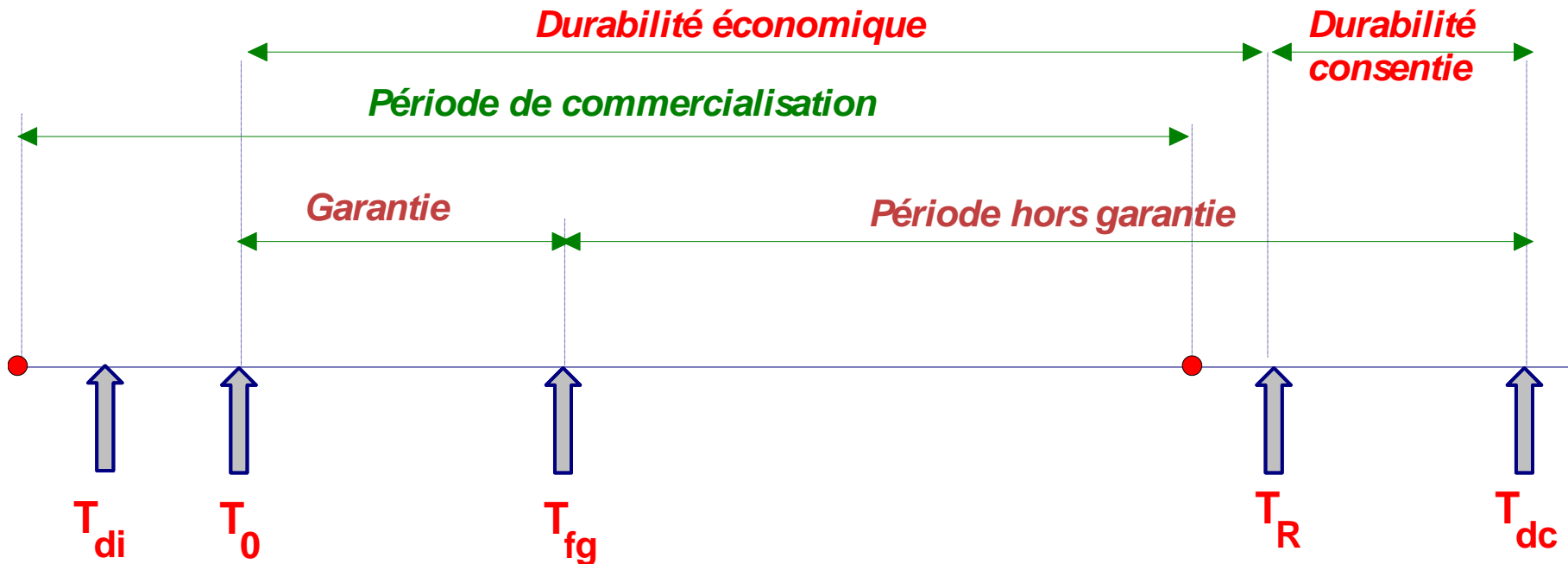
**Durabilité** : « aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise, dans des conditions données d'usage et de maintenance, jusqu'à ce qu'un état limite soit atteint »

- Un état limite d'un équipement peut être caractérisé par la fin de sa vie utile, par son inadaptation pour des raisons techniques ou économiques, ou pour d'autres raisons pertinentes

## 1.1 - Définitions normalisées

***Vie utile*** : « intervalle de temps qui, dans des conditions données, commence à un instant donné et 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 »

## 1.2 – Analyse de la durée de vie de l'équipement



- $T_{di}$  = date de décision d'investissement
- $T_0$  = date initiale d'exploitation après réception, installation, recette et essais
- $T_{fg}$  = date de fin de garantie
- $T_R$  = date optimale de remplacement
- $T_{dc}$  = date de déclassement pour revente, reconstruction ou rebut

## On appelle :

- ***durabilité économique***, la période économique optimale pendant laquelle l'équipement permet de créer des bénéfices, donc pendant laquelle le coût global de maintenance est minimal
- ***durabilité consentie***, la période où il est intéressant de maintenir un niveau de performance acceptable malgré des coûts de maintenance en augmentation
- ***période de commercialisation***, la période pendant laquelle on continue à vendre l'équipement, donc la période pendant laquelle on est sûr d'avoir des pièces détachées. Au-delà de cette période, il peut y avoir difficulté d'approvisionnement, ce qui signifie que les coûts de possession de stock seront en augmentation et influenceront donc sur le coût global de maintenance

# 1.3 – Coût de cycle de vie d'un équipement

## 1 - Définitions normalisées

- **Coût global de référence** : ensemble des coûts engendrés pendant le cycle de vie d'un bien. Pour l'utilisateur ou le propriétaire, le coût global de référence peut inclure les coûts relatifs à l'acquisition, à l'exploitation, à la maintenance et à l'élimination du bien
- **Coût moyen par unité d'usage** : c'est le rapport entre le coût global de référence et la durabilité estimé en unités d'usage
- **Remarque** : la définition du coût global de référence est entièrement compatible avec le concept anglo-saxon de LCC (Life Cycle Cost). Nous retiendrons cette abréviation couramment usitée par les gens de la maintenance



## 2 - Détermination du LCC

On appelle :

- $C_a$  le coût d'investissement initial de l'équipement (frais d'études, coût d'acquisition et coût de recette)
- $C_u$  les coûts cumulés de fonctionnement (matières premières, énergie et consommables, personnel)
- $C_M$  les coûts cumulés de maintenance
- $C_I$  les coûts cumulés d'indisponibilité

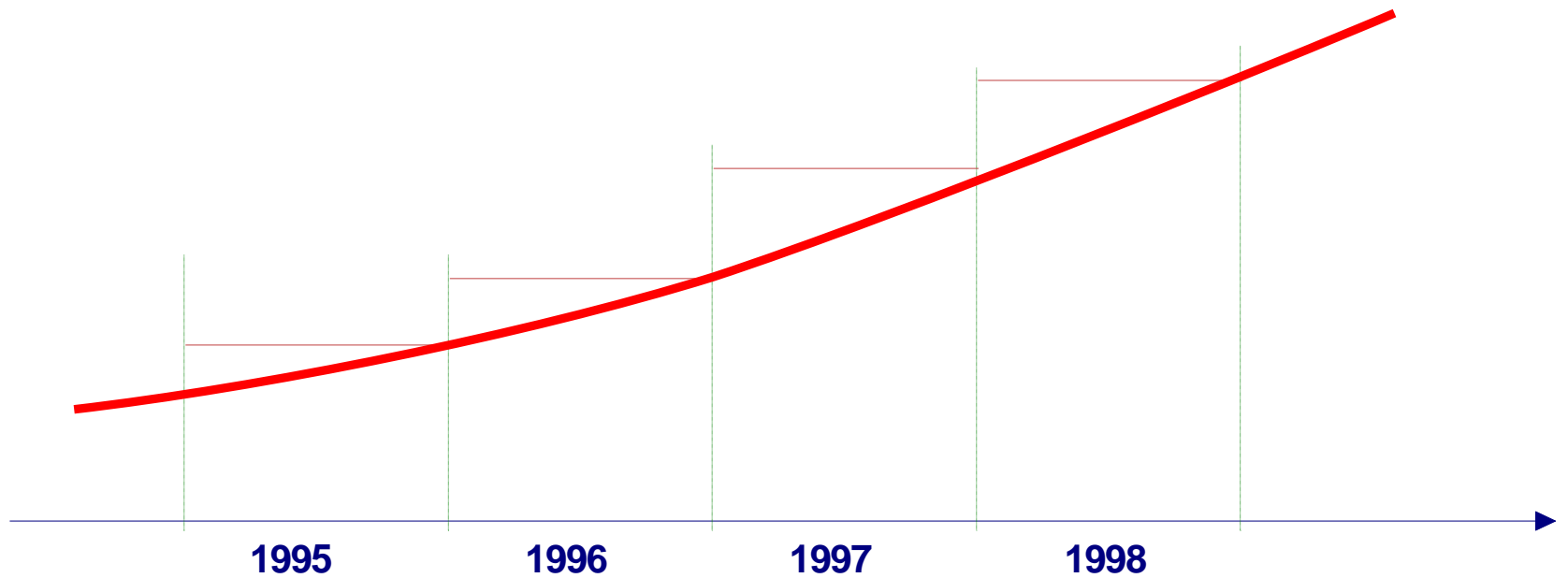
$$LCC = C_a + C_u + C_M + C_I$$

## 2 – Recherche de la durabilité économique optimale

**On fait les hypothèses suivantes :**

- **le taux d'utilisation de l'équipement est constant**
- **les coûts de fonctionnement et les recettes, lorsqu'on peut les estimer, restent stables dans le temps**
- **dépenses et recettes sont exprimées sur une année, donc leur cumul est une courbe en escalier**

- **Le « lissage » des courbes en escalier permet une meilleure lisibilité et donc une meilleure comparaison des courbes**

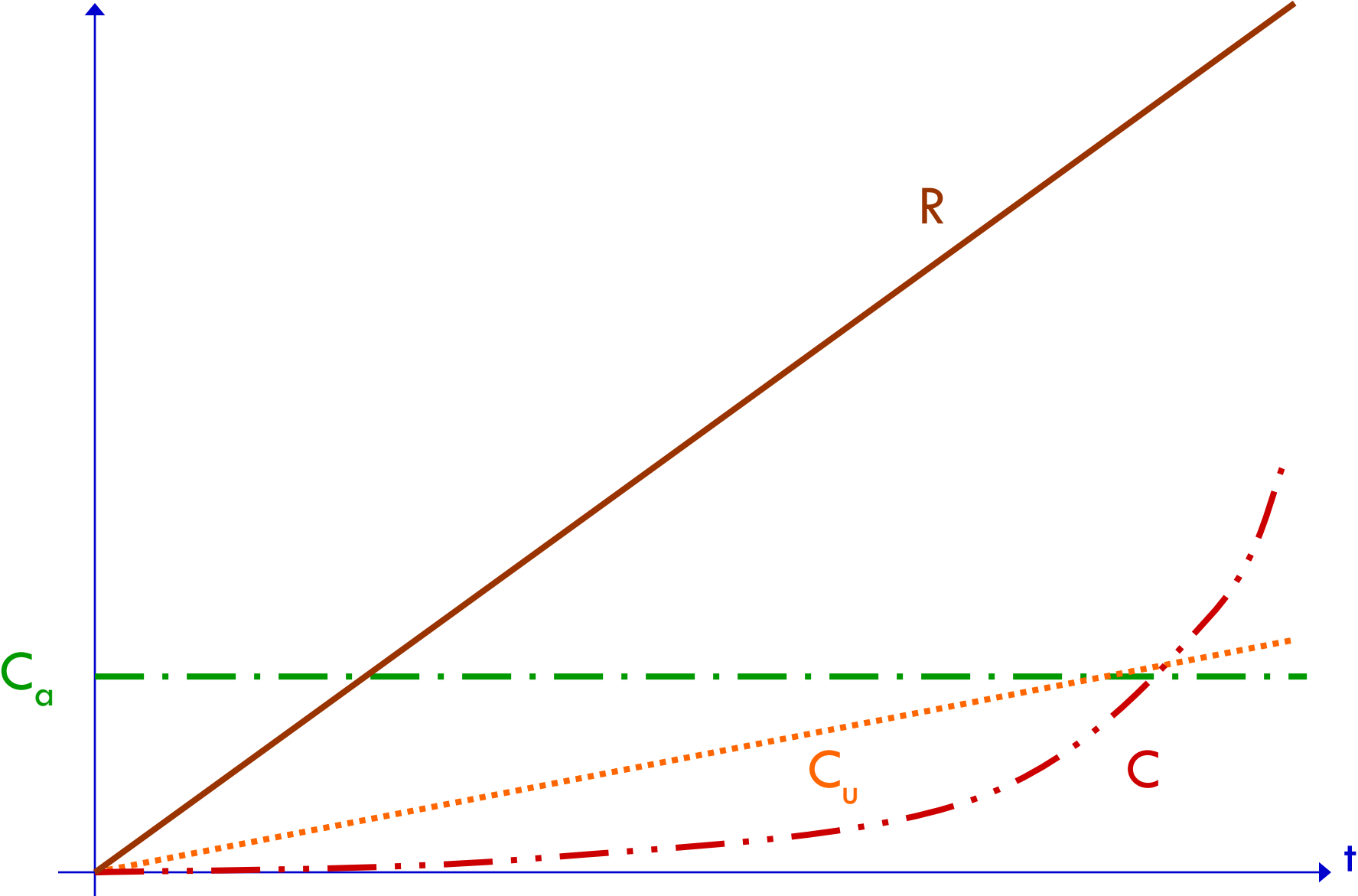


# Construction graphique du LCC

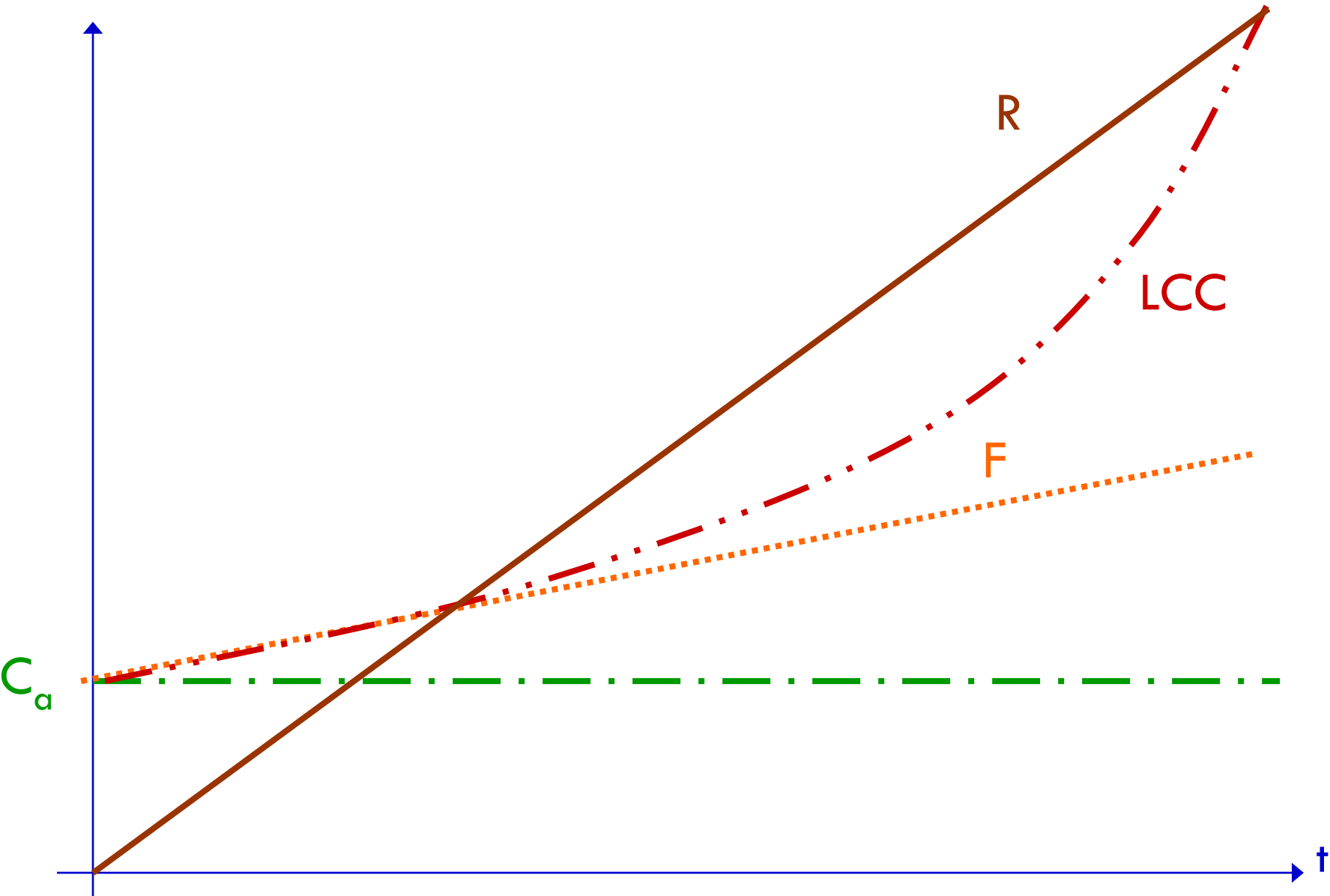
12

- **R est la droite des recettes cumulées (recettes stables dans le temps)**
- **$F = C_a + C_u$  est somme des coûts d'investissement et de fonctionnement cumulés : c'est aussi une droite**
- **C représente  $C_M + C_I$  ; cette somme augmente beaucoup plus vite en fin de vie du fait de la diminution de la fiabilité de l'équipement**

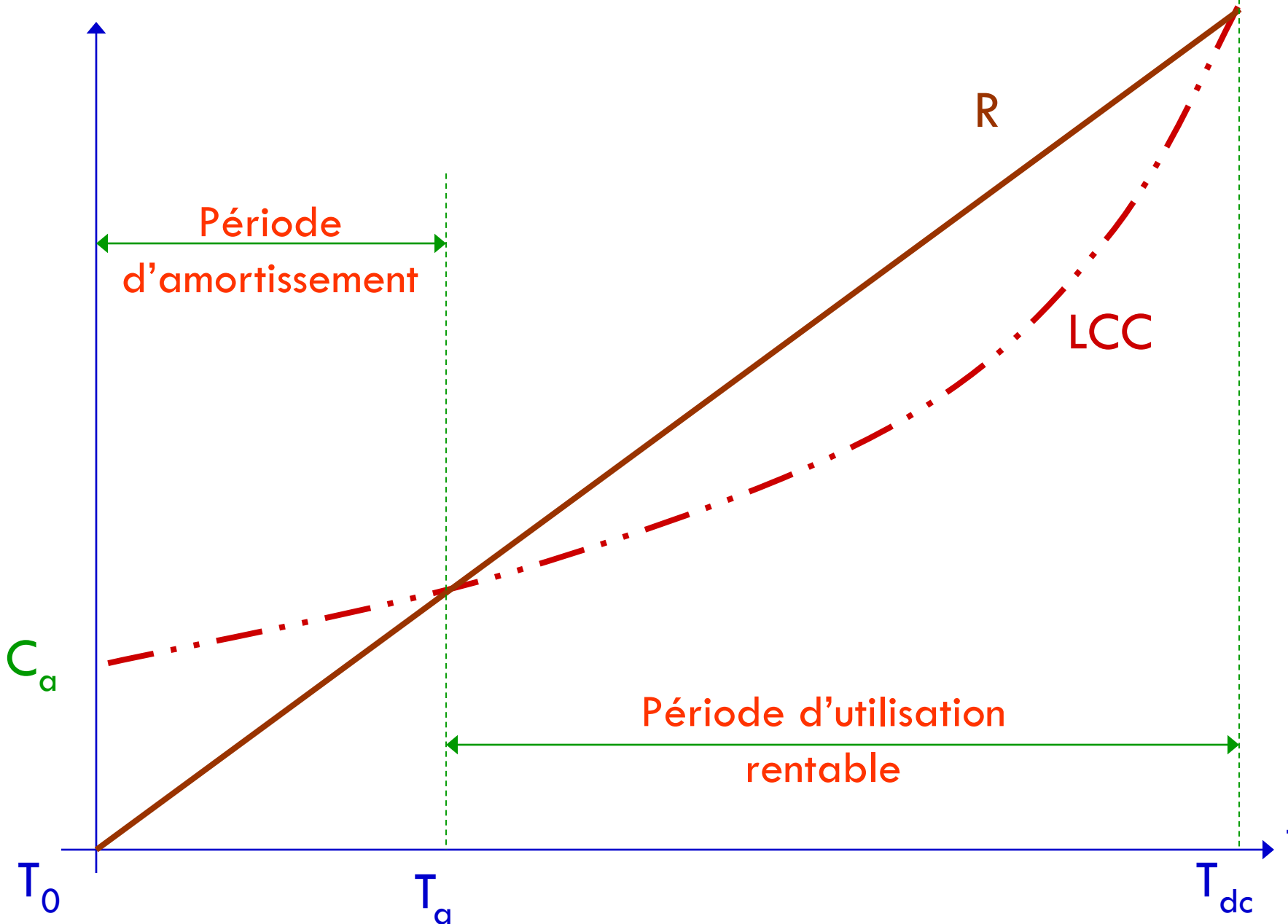
Coûts cumulés



Coûts cumulés



Coûts cumulés



# Commentaires

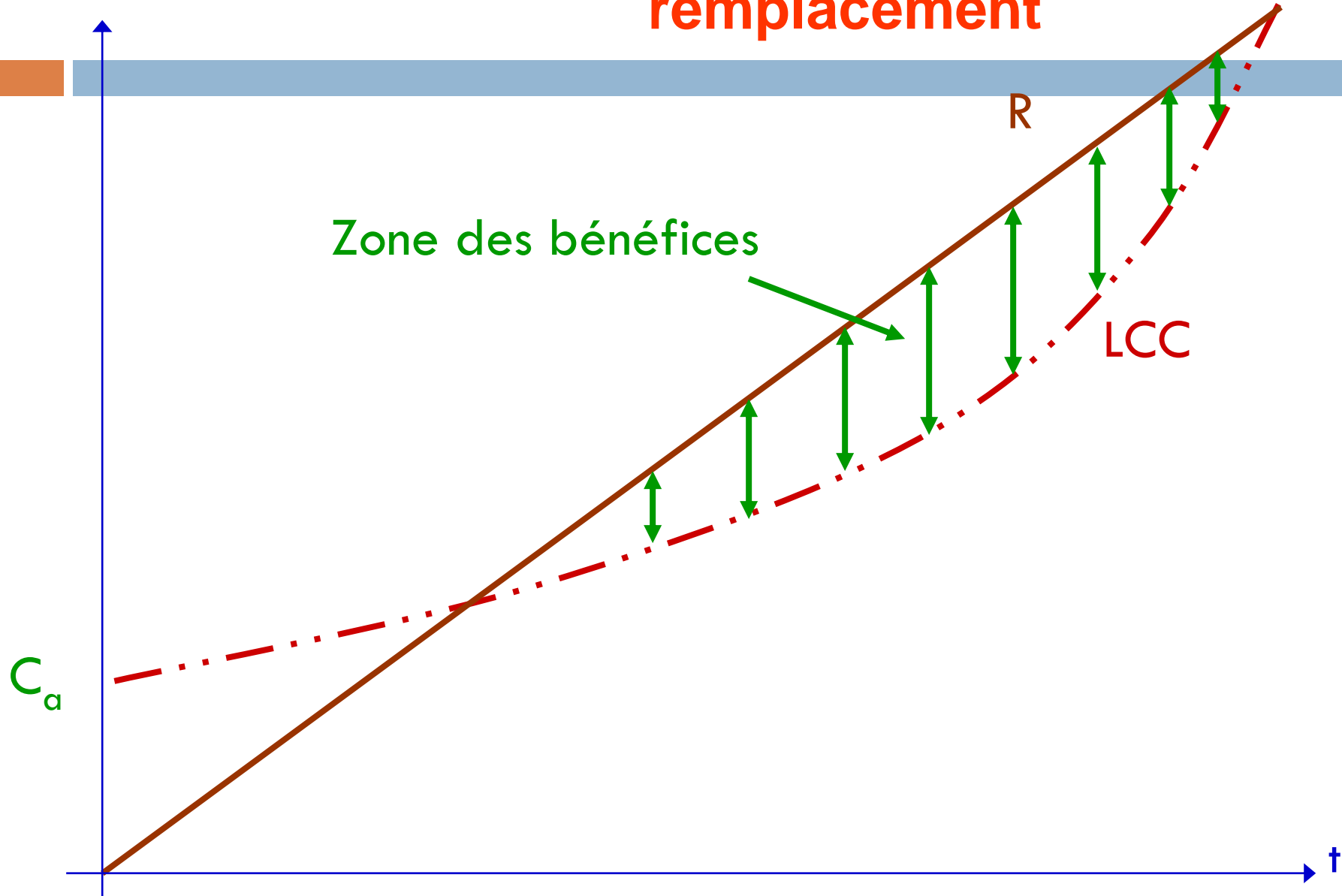
16

- **de la mise en service du matériel à  $T_a$ , on amortit l'investissement**
- **de  $T_a$  à  $T_{dc}$ , c'est la période pendant laquelle l'utilisation de l'équipement est rentable**

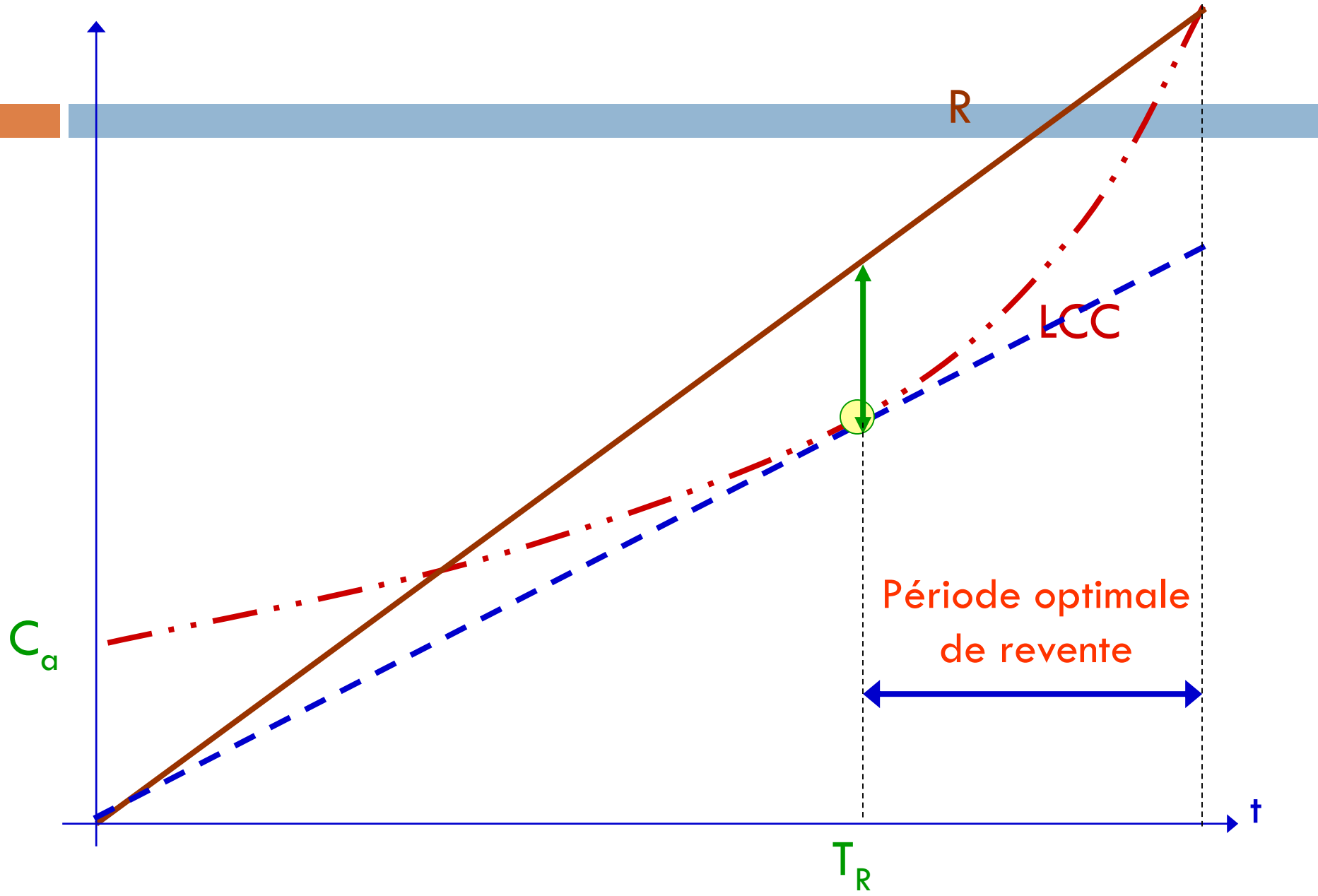


# Choix de la période de remplacement

Coûts cumulés



# Coûts cumulés



# Cas où on ne connaît pas les recettes

19

## Hypothèses:

- on ne connaît pas les recettes  $R$
- ou alors elles sont difficilement chiffrables
- La connaissance de la courbe  $C_a + C$ , c'est à dire le cumul des coûts de maintenance et du coût d'investissement, permet de s'en sortir

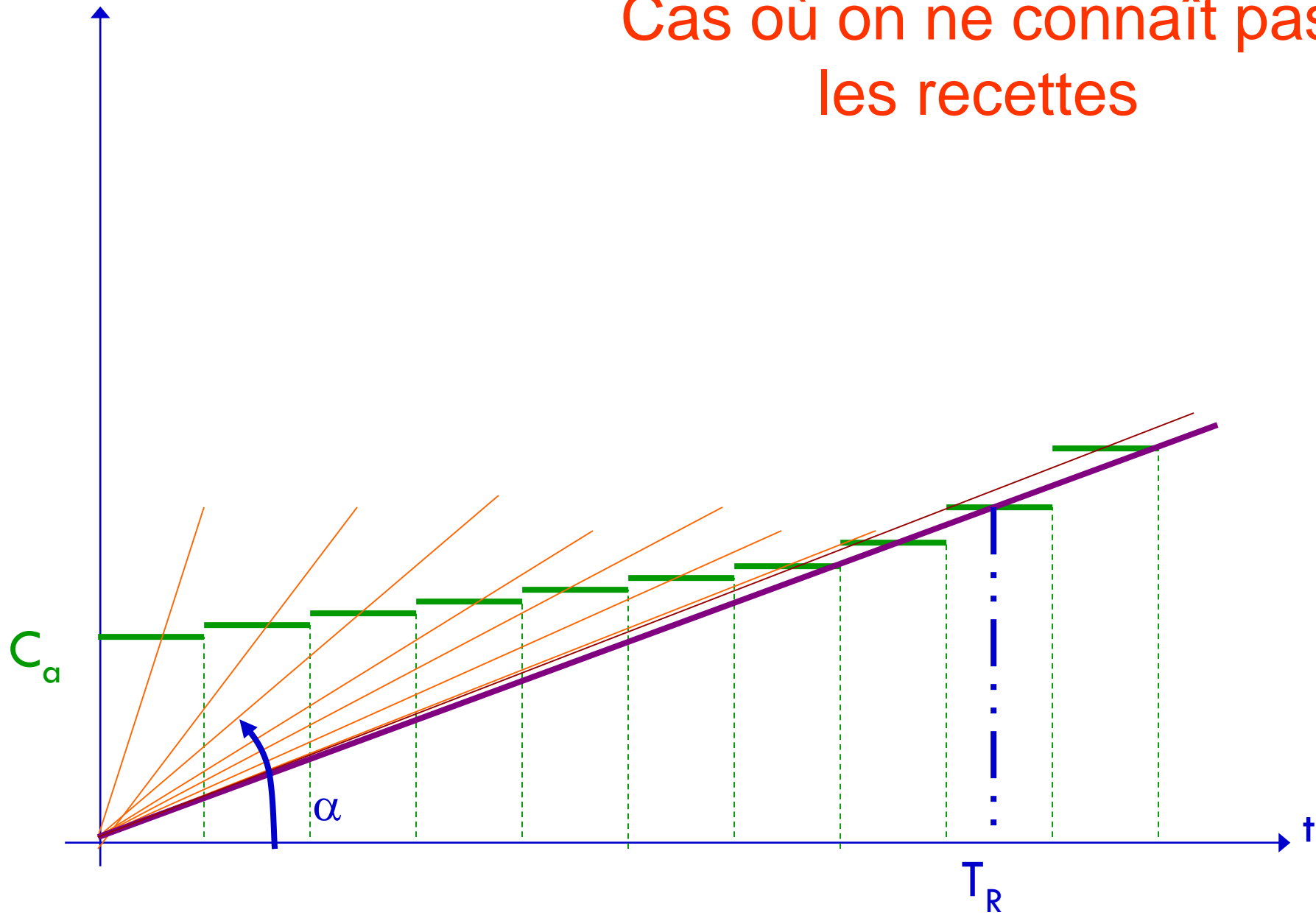
# Cas où on ne connaît pas les recettes

20

- **On garde la courbe en escalier**
- **On trace les droites d'origine  $T_0$  et passant par le milieu de chaque « marche »**
- **On constate que la pente  $\alpha$  de ces droites varie : tout d'abord elle diminue, puis elle augmente**
- **La pente minimum détermine la période économique optimale, puisque les coûts de maintenance sont au plus bas**

Coûts cumulés

Cas où on ne connaît pas les recettes



# Cas de revente de l'équipement

22

- **Le prix de revente d'un équipement est lié à l'amortissement de celui-ci**
  - **Amortissement = perte de valeur engendrée par la dépréciation économique du bien :**
    - ⇒ **usage plus ou moins intensif**
    - ⇒ **âge**
    - ⇒ **obsolescence technologique, etc..**
- c'est à dire toute cause dont les effets sont irréversibles**

# Cas de revente de l'équipement

23

- On appelle *taux d'amortissement* l'inverse de la durabilité prévisionnelle
- Par exemple, si la durabilité prévisionnelle de l'équipement est de 2 ans, le taux sera de 50%
- Inversement si la durabilité prévisionnelle est de 10 ans, le taux baisse à 10%

# Cas de revente de l'équipement

24

- Pour calculer l'amortissement annuel d'un équipement, il faut connaître :
  - ⇒ son coût d'acquisition  $C_a$
  - ⇒ son taux d'amortissement  $T_A$
  - ⇒ le temps  $t$  sur lequel on veut amortir au prorata des 12 mois
- La valeur de l'amortissement VA s'exprime par :

$$VA = C_a \times T_A \times t$$



# Cas de revente de l'équipement

25

## *Exemple :*

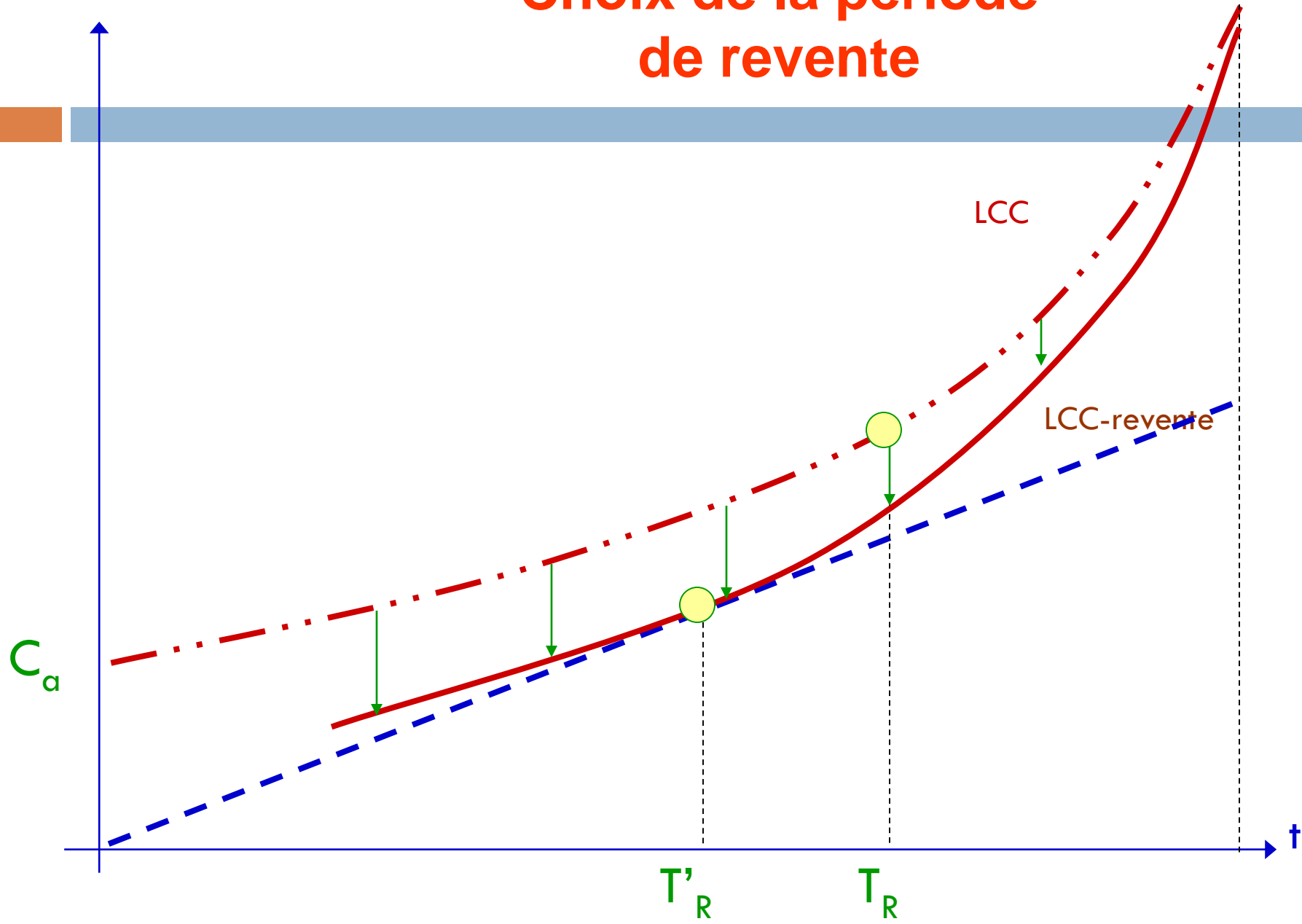
- un matériel a été acheté le 01/01/98 pour une valeur de 15 250 DT
- le taux d'amortissement est de 20% la première année
- il est de 10% les années suivantes

Quelle sera sa valeur de revente le  
01/02/03 ?

Année	Période	VA	Valeur de revente
1998	12 mois	$15\,250 \times 0,2 \times 12/12$ = 3050	$15\,250 - 3050$ = 12 200
1999	12 mois	$15\,250 \times 0,1 = 1525$	$12\,200 - 1525$ = 10 675
2000	12 mois	$15\,250 \times 0,1 = 1525$	9150
2001	12 mois	$15\,250 \times 0,1 = 1525$	7625
2002	12 mois	$15\,250 \times 0,1 = 1525$	6100
2003	1 mois	$15\,250 \times 0,1 \times 1/12$ = 127,08	5972,92

# Choix de la période de revente

Coûts cumulés



# 3 - Intérêt du LCC

- **Indicateur de criticité économique d'un équipement**

$$r = \frac{LCC}{C_a}$$

- **plus ce ratio est élevé, plus on dépense d'argent pour garder une bonne disponibilité opérationnelle de cet équipement**
- **inversement plus ce ratio est faible, moins on s'en occupe**

# 3 - Intérêt du LCC

- **L'expérience montre que 90% du LCC sont connus avant la mise en service**
- **Il suffit pour cela de faire une étude préalable sur le matériel type AMDEC, pour trouver les causes possibles de défaillance**
- **Les 10 autres % sont liés aux conditions de fonctionnement de l'équipement (contraintes d'environnement)**
- **Alors, pourquoi acheter du matériel si on sait déjà qu'il va dégager des charges récurrentes ?**

# 3 - Intérêt du LCC

- **Hormis les grandes entreprises ayant un service R&D, les autres entreprises (PME-PMI) passent obligatoirement par une entreprise tiers pour investir dans un équipement**
- **Cette entreprise tiers est en règle générale choisie sur appel d'offre**
- **Dans beaucoup de cas, on opte pour la moins-disante (cas des marchés publics)**
- **De plus, ce sont les « commerciaux » ou « financiers » qui effectuent le choix, économies obligent (ou alors « avantages en nature »!..)**

# 3 - Intérêt du LCC

- **L'équipement acheté sans regard technique provoque obligatoirement un ratio  $r$  élevé alors que le service maintenance aurait vu tout de suite les problèmes possibles de fiabilité**
- **La logique de progrès est donc de privilégier le « coût du service rendu » plutôt que le « coût d'acquisition »**
- **En d'autres termes, c'est le long terme qu'il faut privilégier, c'est à dire qu'il faut impérativement prendre en compte les contraintes de maintenance dès l'investissement**

***Le LCC permet de justifier ce qu'on peut appeler le « mieux investir »***

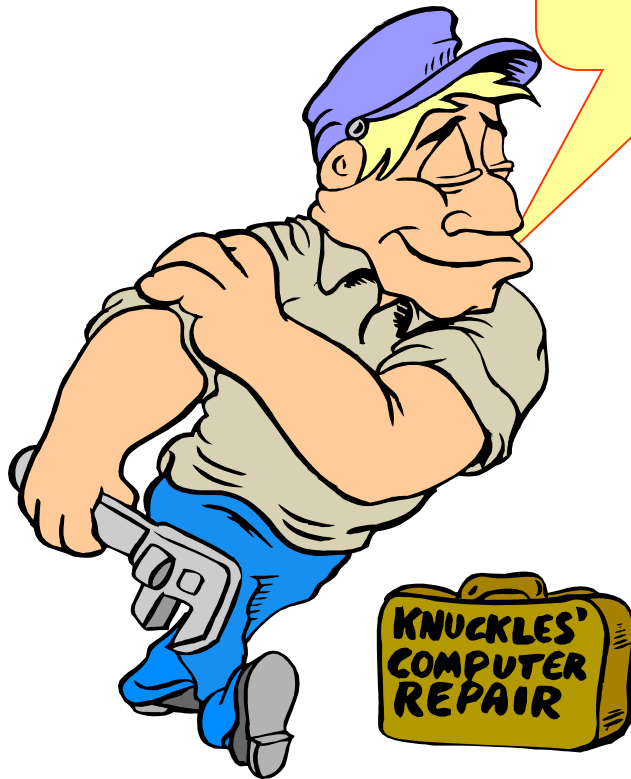
# 4 – Coût moyen annuel de maintenance

- **Le budget maintenance est annuel**
- **C'est le responsable maintenance qui le définit**
- **Il comprend deux parties:**
  - ⇒ **le fonctionnement**
  - ⇒ **les investissements**
- **Il s'établit le plus souvent par planification des besoins, compte tenu des dépenses antérieures et de la politique maintenance adoptée pour chaque équipement**



# Budget de fonctionnement

Envoyez les  
pièces  
détachées!



- Main d'œuvre interne**
- Encadrement**
- Pièces de rechange**
- Consommables**
- Prestations externes**
- Fluides**
- Formation**

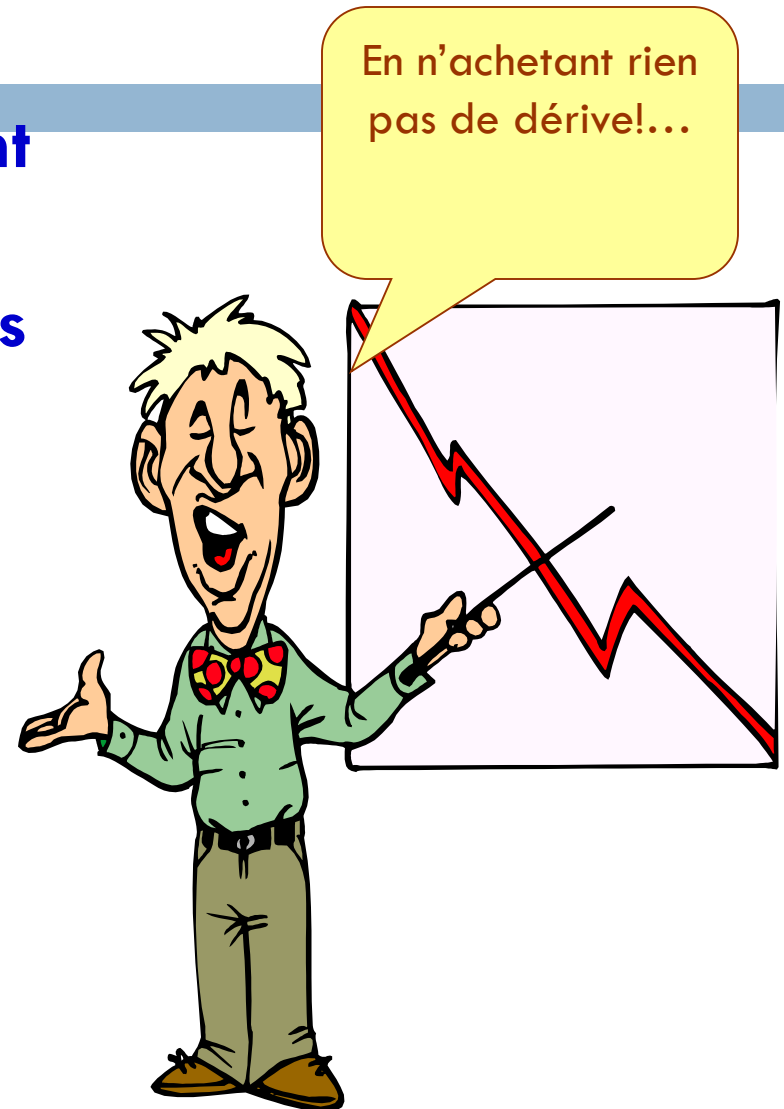
# Budget d'investissement



Poubelle!.. Patron  
des sous!

- **Modernisation des machines**
- **Amélioration**
- **Dépenses exceptionnelles**
- **Matériel maintenance inventorable**

- **le LCC va être un élément important dans la prise de décision des dépenses à planifier**
- **il évite en particulier les dérives de dépenses**



# Coût moyen annuel de maintenance

36

- **n** : année du calcul
- **C<sub>a</sub>** : valeur d'investissement
- **RV** : valeur de revente
- **C<sub>d</sub> = C<sub>M</sub> + C<sub>I</sub>** : coût de défaillance

Cumul des coûts de  
défaillance

$$C_{\text{ma}}(n) = \frac{C_a + \sum_{a=1}^n [C_M(a) + C_I(a)] - RV}{n}$$

# Coût moyen annuel de maintenance en cas de rénovation

37

□  $C_{\text{ren}}$  : coût de rénovation

Cumul des coûts de défaillance

$$C_{\text{ma}}(n) = \frac{C_a + \sum_{a=1}^n [C_M(a) + C_I(a)] + C_{\text{ren}} - RV}{n}$$

# Actualisation des coûts

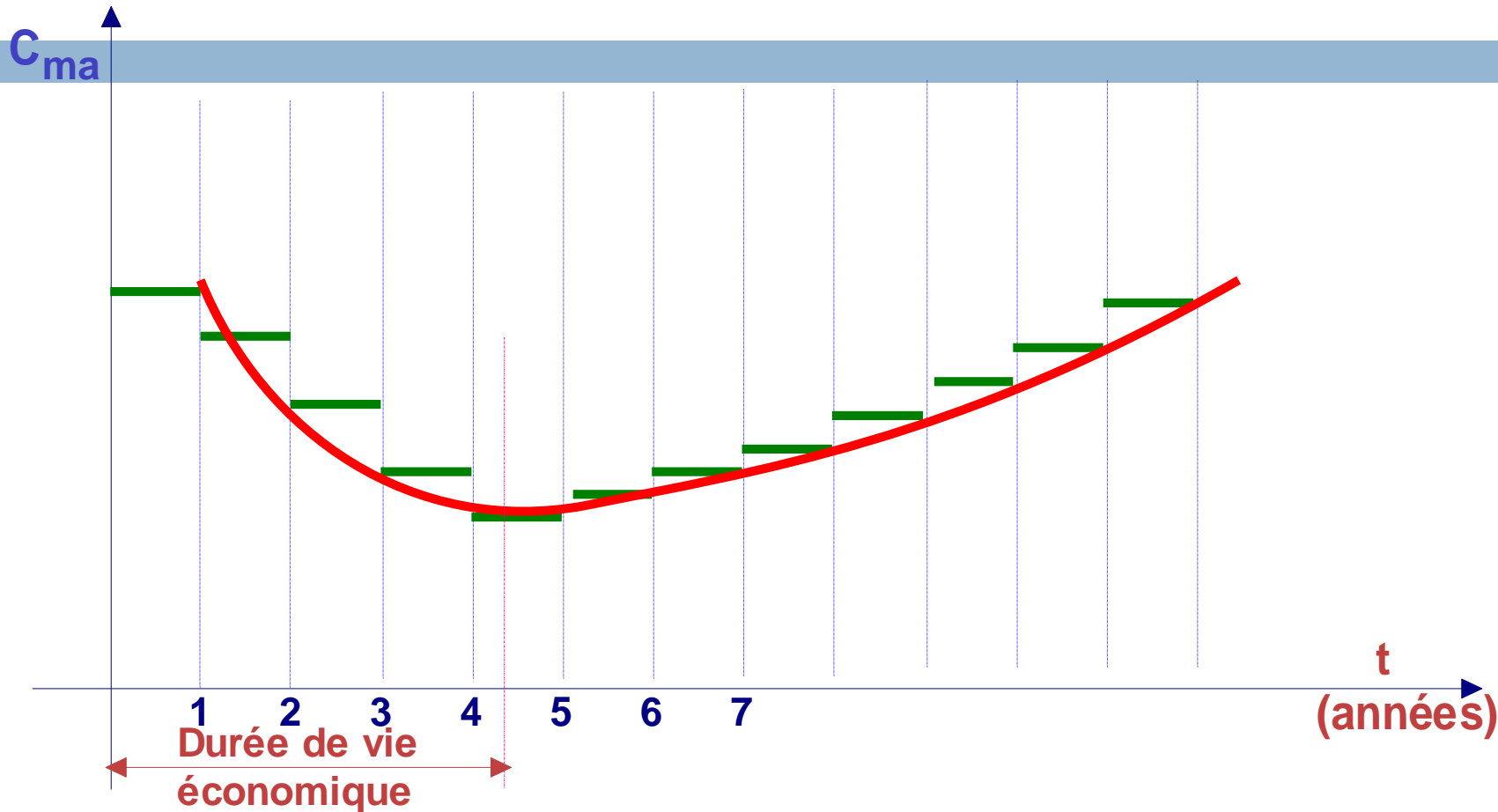
38

- les coûts doivent être exprimés en francs (ou euros) constants
- ils doivent donc être actualisés
- l'INSEE fournit tous les ans l'indice  $k$  à la consommation = taux d'intérêt de l'argent

$$C_{ma}(n) = \frac{C_a(1+k)^n + \sum_{a=1}^n [C_M(a) + C_I(a)](1+k)^{n-a} - RV}{n}$$

# Durée de vie économique

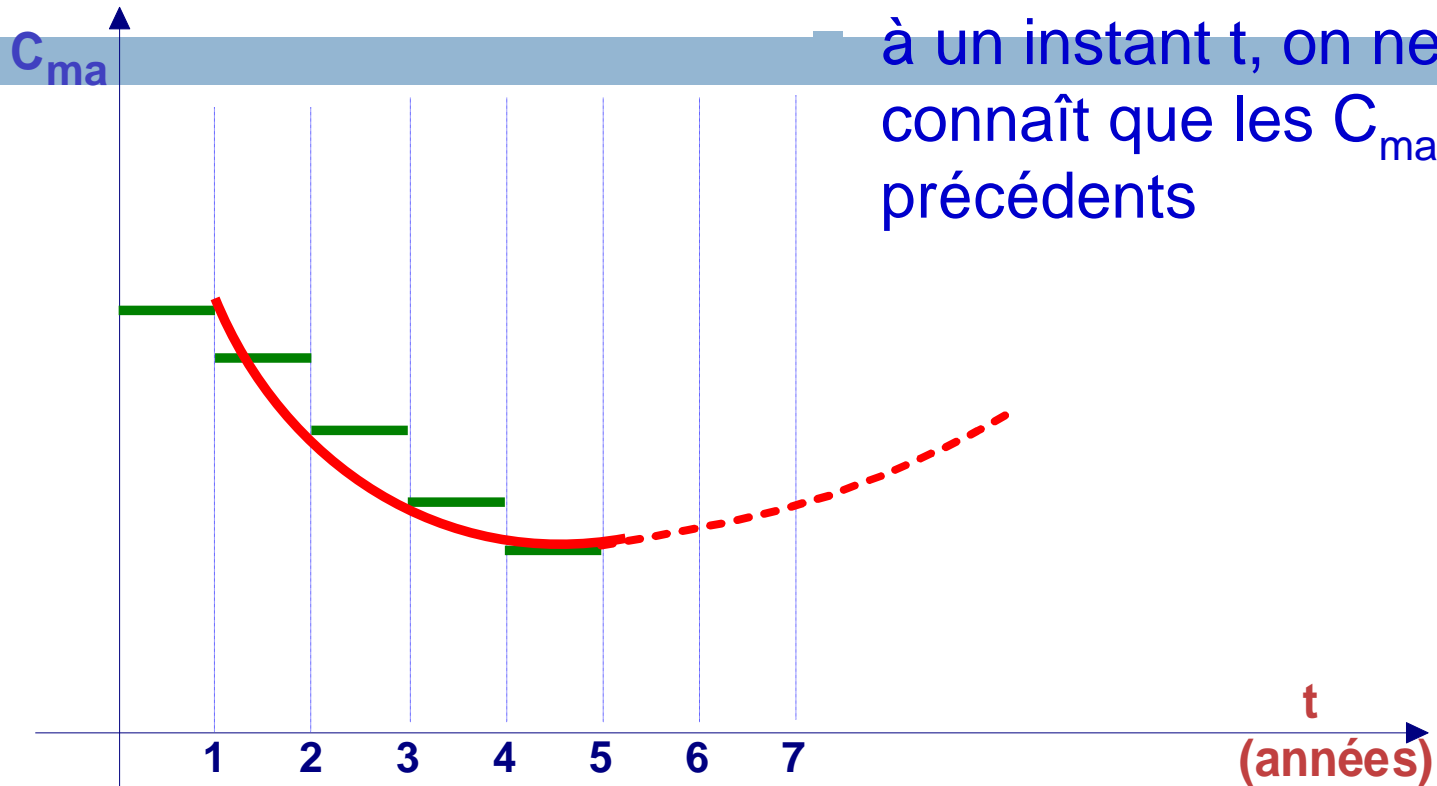
39



- La courbe d'évolution du coût moyen annuel de maintenance passe par un minimum

# Durée de vie économique

40



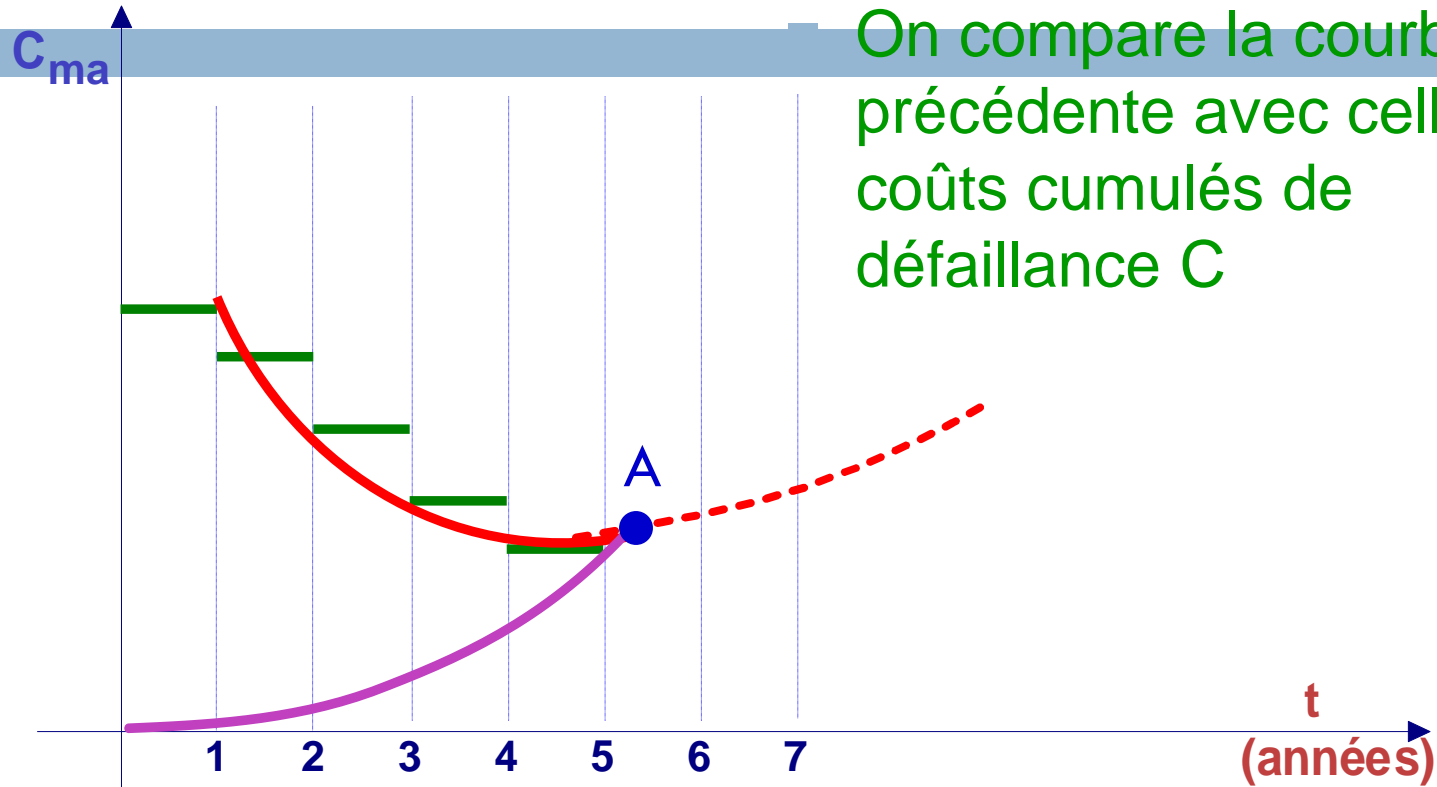
à un instant  $t$ , on ne connaît que les  $C_{ma}$  précédents

- si on veut envisager une politique de renouvellement, il va falloir extrapoler cette courbe



# Exploitation du $C_{ma}$

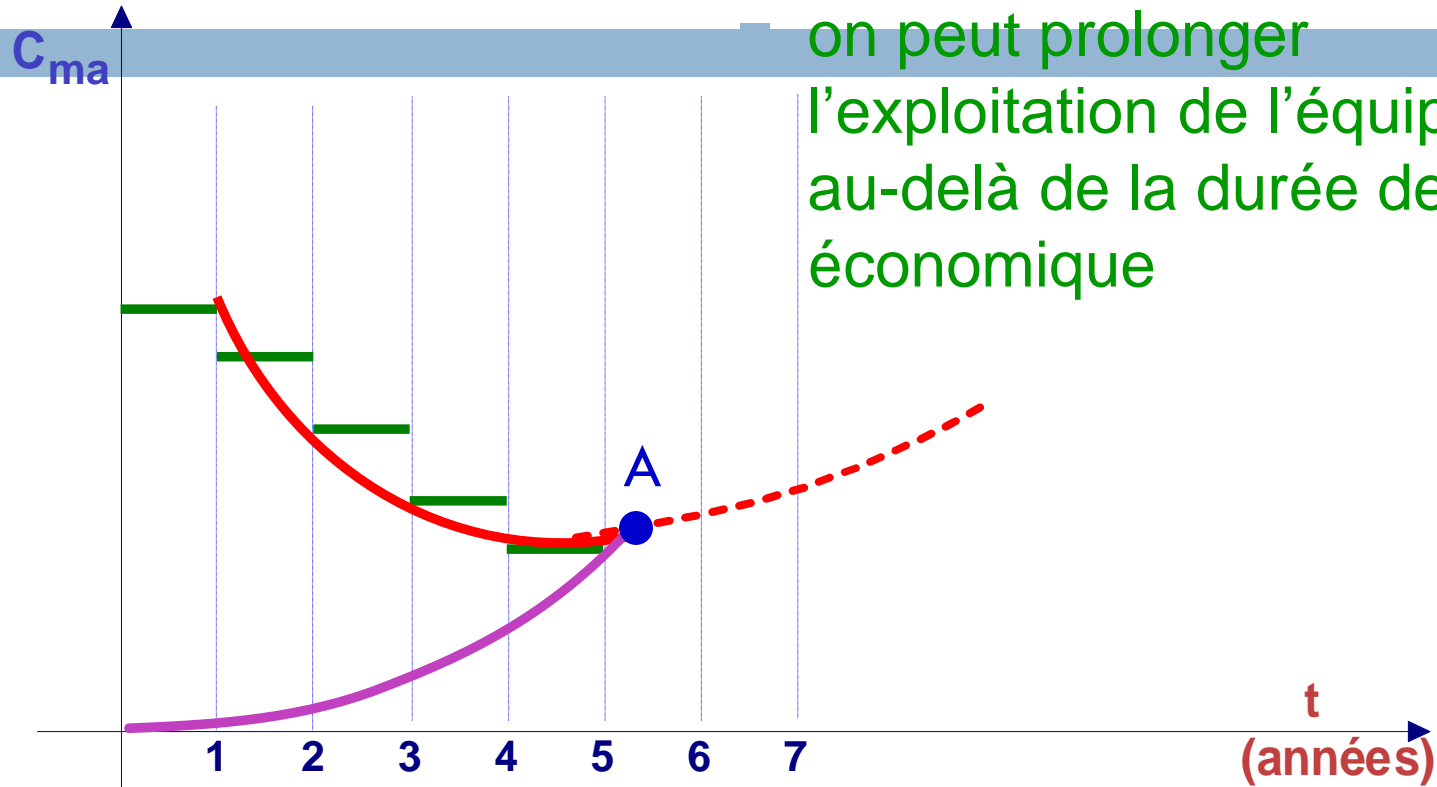
41



- l'intersection  $A$  des deux courbes a lieu plus loin que la durée de vie économique

# Exploitation du $C_{ma}$

42



- le  $C_{ma}$  constitue une bonne estimation du budget prévisionnel jusqu'au point A
- au-delà, les coûts de défaillance deviennent trop importants, il faut prendre des mesures

# Quelle politique vis à vis de l'équipement ?

- **prolonger sa vie?**
- **le rénover?**
- **le réformer et donc le renouveler?**



