

**MONOGRAPHIES
DE LA CNUCED
SUR LA
GESTION PORTUAIRE**

*Série de monographies établies pour la CNUCED en collaboration
avec l'Association internationale des ports (AIP)*

8

**Critères économiques pour le choix
et le remplacement du matériel**

par

*Michael Constantinides
B. Sc. (R.-U.), M. Sc. (Etats-Unis), C. Eng. MIMechE.,
Chef des services de mécanique, d'électricité et de marine
Direction des affaires portuaires chypriotes*



**NATIONS UNIES
New York, 1991**

NOTE

Les opinions exprimées dans le présent document sont celles de l'auteur et ne reflètent pas nécessairement les vues de l'Organisation des Nations Unies. Les appellations employées et la présentation des données n'impliquent, de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

*
* * *

Autres monographies de cette série

- N° 1 L'horaire de travail dans les ports : passage de la journée normale avec heures supplémentaires au travail à deux shifts
- N° 2 Plans d'occupation des sols et zones portuaires : comment tirer le meilleur parti de l'infrastructure portuaire
- N° 3 Pour une organisation efficace de la maintenance du matériel portuaire
- N° 4 Programmation des opérations portuaires
- N° 5 Gestion des revêtements de terminaux à conteneurs et Supplément
- N° 6 Mesure et évaluation du rendement et de la productivité des ports
- N° 7 Quelques conseils pour une gestion efficace des hangars

UNCTAD/SHIP/494(8)

INTRODUCTION A LA SERIE

Dans les ports des pays industrialisés, les systèmes d'exploitation et le perfectionnement du personnel résultent de l'expérience acquise, de la compétition avec d'autres secteurs et de l'innovation, facilitée par un environnement industriel avancé. Tel n'est pas le cas dans les pays en développement, où l'amélioration des ports fait l'objet de maintes délibérations et revêt souvent un caractère empirique. Il importe que les ports du tiers monde acquièrent l'efficacité de ceux des pays industrialisés, ou du moins qu'ils tirent profit de l'expérience récente de ces derniers.

La formation professionnelle est un des moyens d'y parvenir. La CNUCED fait des efforts considérables pour organiser des cours et séminaires de formation dans le domaine portuaire, à l'intention des cadres supérieurs, et pour fournir aux instructeurs locaux de cadres moyens un matériel d'enseignement approprié. Nous avons estimé utile de publier, à titre complémentaire, des documents techniques clairs et précis, consacrés à des problèmes généraux de gestion et d'exploitation des ports et propres à intéresser expressément les autorités portuaires des pays en développement. Il existe actuellement très peu de documents de ce type.

A la suite de l'adoption de la résolution 35 (IX) par la Commission des transports maritimes de la CNUCED, le secrétariat de la CNUCED a décidé de faire appel à la collaboration de l'Association internationale des ports, organisation non gouvernementale dotée du statut consultatif auprès de la CNUCED, pour la préparation de ces documents techniques. La présente série de monographies de la CNUCED sur la gestion portuaire est le résultat de cette collaboration. Nous espérons qu'elles contribueront à améliorer la gestion, dont dépend dans une large mesure l'efficacité des ports des pays en développement.

A. Bouayad
Directeur de la Division
des transports maritimes
de la CNUCED

AVANT-PROPOS

Lorsque la CNUCED a décidé de faire appel à la collaboration de l'Association internationale des ports pour établir des monographies sur la gestion portuaire, l'idée a été accueillie avec enthousiasme comme offrant un moyen supplémentaire d'informer les autorités portuaires des pays en développement. Pour ces monographies, la Commission du développement international des ports de l'AIP a utilisé les ressources des ports des pays industrialisés membres de l'Association, qui ont bien voulu partager ainsi une expérience qui leur a permis d'atteindre leur niveau actuel en matière de technologie et de gestion portuaires. Les cadres supérieurs des ports des pays en développement ont fourni une aide appréciable dans l'évaluation des monographies au stade de la rédaction.

Je suis persuadé que cette série de monographies de la CNUCED sera utile aux autorités portuaires des pays du tiers monde, en leur fournissant des indicateurs pour la prise de décisions en vue de l'amélioration, du progrès technique et de l'utilisation optimale des ressources des ports existants.

L'Association internationale des ports espère poursuivre sa collaboration avec la CNUCED pour la préparation de nombreuses autres monographies dans cette série, qui devrait combler une lacune dans la documentation dont disposent actuellement les autorités concernées.

C. Bert Kruk
Président de la Commission
du développement international
des ports de l'AIP

TABLE DES MATIERES

<u>Chapitre</u>	<u>Paragraphes</u>
APERCU GENERAL	i) - v)
I. COMPARAISON DE DIFFERENTES FORMULES : CONSIDERATIONS GENERALES	1 - 20
A. Introduction	1 - 3
B. Considérations d'ordre monétaire	4 - 5
C. Comparaison entre diverses solutions	6 - 7
D. Définition de l'horizon prévisionnel	8 - 11
E. Calcul des intérêts	12 - 18
1. Valeur temporelle de l'argent	12 - 14
2. Coefficient de la valeur future	15
3. Taux d'actualisation	16 - 18
F. Eléments d'analyse économique des projets dans le secteur public	19 - 20
II. ETUDE DE CAS	21 - 35
A. Introduction	21 - 22
B. Hypothèses	23 - 26
C. Calculs	27 - 30
D. Analyse de sensibilité	31 - 35
III. CALCUL DE LA LONGEVITE ECONOMIQUE	36 - 46
IV. CHOIX ENTRE LA REPARATION OU LE REMPLACEMENT DU MATERIEL	47 - 53
V. SYSTEME INTEGRE DE GESTION TECHNIQUE	54 - 64
ANNEXES	
1. Coefficients d'actualisation	
2. Exemples de ratios coût d'entretien/coût d'acquisition	

APERCU GENERAL

i) L'analyse économique en matière d'ingénierie porte généralement sur divers projets qui s'excluent les uns les autres et sont comparés selon certains critères économiques d'efficacité. Pour que les facteurs intangibles puissent être également quantifiés, les projets étudiés sont comparés principalement en termes monétaires. L'objectif du présent document est de présenter une méthode analytique permettant de comparer sur le plan monétaire les investissements correspondant à différents types de matériel de manutention des cargaisons.

ii) L'approche proposée est la seule qui soit largement reconnue; grâce à la méthode d'actualisation des flux financiers, elle fournit un résultat mathématique exact, à condition qu'il soit convenablement et correctement interprété. Son emploi ne se limite en aucun cas aux équipements portuaires et cette technique est appliquée dans d'autres domaines. Le chapitre II présente une étude de cas qui illustre la procédure en question et fait état d'une analyse de sensibilité.

iii) Le chapitre III montre comment calculer la longévité économique (ou la durée utile) du matériel, en s'appuyant sur des exemples chiffrés. Un graphique correspondant à certaines hypothèses a été établi pour mettre en évidence la corrélation existant entre la durée de service et les coûts de maintenance.

iv) Le chapitre IV porte sur les problèmes concernant les mesures à prendre lorsqu'il faut réparer ou remplacer du matériel endommagé. Un exemple est fourni à ce sujet.

v) Dans le chapitre V, sont décrits les éléments de base d'un système intégré de gestion du matériel, condition sine qua non pour l'évaluation de différents types d'engins de manutention des cargaisons.

Chapitre I

COMPARAISON DE DIFFERENTES FORMULES : CONSIDERATIONS GENERALES

A. Introduction

1. L'analyse économique en matière d'ingénierie porte surtout sur la comparaison de différents projets, sur la base d'une mesure économique de l'efficacité. Chaque projet comporte généralement un investissement initial non renouvelable, des dépenses de fonctionnement renouvelables, des bénéfices et/ou des recettes, ainsi qu'une valeur de mise à la ferraille ou de revente ultérieure. Il s'agit normalement de comparer les diverses formules possibles, en introduisant un grand nombre de critères différents, notamment en ce qui concerne l'efficacité soit du système lui-même, soit de ses implications économiques. Pour ce qui est de l'efficacité des systèmes, la qualité, la sécurité et le service rendu aux clients sont d'une importance primordiale. Les éléments d'efficacité économique normalement pris en compte sont, entre autres, la mise de fonds initiale, le revenu des investissements et le profil des flux financiers, y compris les avantages et les coûts. Vu que ces flux varient habituellement suivant les différentes formules, l'on doit, pour comparer leur performance économique respective, tenir compte de la manière dont ils se répartissent dans le temps. On introduit dès lors la notion de valeur temporelle de l'argent et l'on examine un certain nombre d'opérations mathématiques, en faisant une large place à la modélisation des profils de flux financiers.

2. Avant qu'un projet d'investissement portuaire puisse être approuvé, il faut généralement procéder à une évaluation aussi bien financière qu'économique. La première consiste essentiellement à calculer la rentabilité commerciale, mais elle n'est pas suffisante; c'est l'évaluation économique - ou, en d'autres termes, la comparaison entre les coûts et les avantages sociaux qui en résultent pour le pays - qui détermine si un projet peut être accepté ou non.

3. Ces deux types d'évaluation sont, à maints égards, identiques :

a) Il s'agit, dans l'un et l'autre cas, d'évaluer une suite de coûts et d'avantages durant toute la durée utile du projet;

b) L'un et l'autre tiennent compte de la valeur temporelle de l'argent, de sorte que les avantages et les coûts futurs doivent être ramenés à leur valeur actuelle;

c) Ils font appel, pour l'évaluation des investissements, à des critères communs, qui peuvent être un ou plusieurs des éléments suivants 1/ :

- i) Taux de rentabilité moyen;
- ii) Période d'amortissement;
- iii) Valeur actualisée nette;
- iv) Taux de rentabilité interne;
- v) Rapport avantages/coûts.

B. Considérations d'ordre monétaire

4. L'accent est mis principalement sur l'emploi d'une méthode logique permettant au décideur de choisir un plan d'investissement parmi plusieurs possibilités. Le critère de sélection sera l'efficacité économique. Cependant, le décideur doit prendre en compte un certain nombre de paramètres économiques. Par exemple, face à l'accroissement de la demande dont fait l'objet un service particulier, la direction d'une entreprise peut opter soit pour l'augmentation du nombre d'heures supplémentaires payées aux salariés, soit pour l'installation de nouveaux équipements permettant de répondre à la demande. De toute évidence, il faudra comparer les coûts de chacune de ces solutions pour une période ou un "horizon" prévisionnel déterminés, un des objectifs de l'entreprise étant de retenir la formule la moins onéreuse.

5. Les facteurs susceptibles d'influer sur une décision mais qui ne peuvent être exprimés en termes monétaires sont le plus souvent désigné sous le nom d'"éléments intangibles". La quasi-totalité des décisions concernant l'activité économique réelle met en jeu des facteurs aussi bien monétaires qu'incorporels. Cependant, moyennant des travaux et des études approfondis, bon nombre de facteurs non économiques qui interviennent dans une décision peuvent en fin de compte être exprimés en termes monétaires. Ainsi, dans l'exemple ci-dessus, les coûts supplémentaires de maintenance peuvent être exprimés comme le coût de formation du personnel d'entretien en vue de l'installation et de la réparation des nouvelles machines. Toutefois, tel n'est pas le cas pour d'autres facteurs qu'il n'est pas possible de réduire aussi facilement à des valeurs monétaires. Ainsi, le fait que le personnel doive faire des heures supplémentaires ou assurer un travail en shifts s'accompagne de coûts sociaux.

C. Comparaison entre diverses solutions

6. De multiples facteurs entrent en jeu dans l'évaluation des investissements. Pour comparer des solutions s'excluant l'une et l'autre, il faut donc convertir tous les coûts et avantages en termes monétaires. Voici brièvement exposée une méthode systématique qui permet d'évaluer différentes formules d'investissement :

- a) Définir d'abord l'ensemble des investissements réalisables, s'excluant réciproquement;
- b) Délimiter ensuite la période considérée, ou l'horizon prévisionnel à retenir pour l'étude économique;
- c) Calculer les profils financiers de chaque solution envisagée;
- d) Spécifier la valeur temporelle de l'argent;
- e) Mettre en parallèle les solutions reposant sur le critère de l'intérêt général ou de l'efficacité;
- f) Effectuer alors une analyse de sensibilité;
- g) Choisir enfin la solution la plus adéquate.

7. Ces procédures doivent permettre d'évaluer les aspects quantitatifs des diverses solutions. Menées par des cadres expérimentés, qui pèseront le pour et le contre de chacune d'entre elles, il conviendra également qu'elles tiennent compte des aspects non quantitatifs de chaque investissement, tels que la sécurité, les questions relatives au personnel et les effets sur l'environnement.

D. Définition de l'horizon prévisionnel

8. Pour comparer des formules d'investissement, il importe de se fonder sur une période commune, définie comme étant l'horizon prévisionnel. En un sens, cette période de planification détermine la largeur de la "fenêtre" par laquelle sont examinés les flux financiers générés par telle ou telle solution. Aux fins d'une évaluation objective, la même "fenêtre" doit être utilisée dans l'examen de chaque solution.

9. Dans certains cas, il est facile de déterminer cet horizon prévisionnel; mais parfois, la durée utile d'un ou de plusieurs aménagements est incertaine, ce qui complique le choix de la période à retenir. Voici quelques-uns des critères couramment employés pour déterminer l'horizon prévisionnel des études économiques :

a) Plus petit commun multiple des durées utiles de l'ensemble des solutions possibles s'excluant réciproquement;

b) Période la plus courte parmi les durées utiles des différents projets;

c) Période la plus longue parmi les durées utiles des projets envisagés.

10. Dans les textes relatifs à l'analyse économique, la méthode la plus souvent employée pour définir l'horizon prévisionnel consiste à calculer le plus petit commun multiple des durées de vie utiles. Si, par exemple, les durées de vie de deux solutions sont, respectivement, de 8 et de 6 ans, la période à retenir dans ce cas sera de 24 ans. Le premier élément d'équipement est remplacé trois fois (3×8) et le second quatre fois (4×6), ce qui donne un total de 24 ans.

11. Si l'on se fonde sur la durée utile la plus courte des projets pour définir l'horizon prévisionnel, il faut, pour les autres projets possibles de plus longue durée estimer la valeur qu'auront les actifs pendant le restant de leur vie. Si l'on retient la durée de vie la plus longue, des décisions difficiles devront être prises en ce qui concerne l'intervalle entre la plus brève et la plus longue des durées utiles des aménagements. Par conséquent, lorsque l'investissement ayant la durée utile la plus courte arrivera à son terme, il faudra le remplacer par un autre actif capable d'assurer le service requis.

E. Calcul des intérêts

1. Valeur temporelle de l'argent

12. Si l'on offre à quelqu'un de recevoir 100 dollars soit le jour même soit un an plus tard, il choisira sans aucun doute la première proposition. Un autre préférerait même recevoir 98 dollars aujourd'hui plutôt que 100 dollars

dans 12 mois. L'utilisation de l'argent est un actif précieux, à tel point que l'on accepte volontiers de payer un surplus pour jouir d'une certaine somme d'argent. En disposant d'argent dès à présent plutôt qu'une année plus tard, on peut l'utiliser plus longtemps.

13. Supposons deux ensembles de flux financiers ayant chacun la même somme arithmétique. Supposons en outre que ces flux se produisent à des intervalles différents, ou qu'ils évoluent différemment durant une même période, la question étant de savoir quelle est la meilleure option envisageable. Pour prendre une décision rationnelle, il convient de les transformer de manière à pouvoir les comparer correctement. On peut pour cela procéder à une manipulation mathématique, connue sous le nom d'actualisation : il s'agit de ramener les futurs flux de trésorerie à leur valeur actuelle dans chacun des cas envisagés. C'est ce qu'on appelle la méthode d'actualisation des flux financiers.

14. La relation entre la valeur courante, ou valeur actuelle, d'une somme d'argent et sa valeur future peut être exprimée sous forme mathématique. En admettant que le temps soit mesuré en années, si une somme d'argent déterminée a une valeur actuelle de P , sa valeur dans n années sera égale à $F_n = P + In$, où F_n est la valeur cumulative de P sur n années, ou la valeur future de P , et In est l'accroissement de la valeur de P pendant n années. In représente l'intérêt cumulé dans des opérations d'emprunt et de prêt et est fonction de P , de n et du taux d'intérêt annuel i . La valeur actuelle d'une future somme d'argent est $F_n - In$.

2. Coefficient de la valeur future

15. Pour illustrer les opérations mathématiques à effectuer pour modéliser les profils des flux financiers en tenant compte des intérêts composés, il convient tout d'abord de considérer l'investissement d'une somme d'argent P dans un compte d'épargne pendant n périodes de calcul des intérêts. Nous appellerons i le taux d'intérêt pour chaque période et F_n le total accumulé à terme dans le fonds pendant n périodes. Le montant inscrit au compte après n périodes équivaut alors à $P(1 + i)^n$. Pour plus de commodité, lorsqu'on calcule les valeurs de F (valeur future) en connaissant les valeurs de P (valeur actuelle), la quantité $(1 + i)^n$ est appelée coefficient de valeur future. L'analyse ci-dessus peut être résumée ainsi :

Si P = l'équivalent de la valeur d'une somme d'argent à la date zéro (ou valeur actuelle),

F_n = l'équivalent de la valeur d'une somme d'argent à la date n (ou valeur future),

i = le taux d'intérêt par période donnant droit au versement d'un intérêt,

n = le nombre de périodes donnant droit au versement d'un intérêt,

alors la relation entre la valeur future et la valeur actuelle s'exprimera comme suit :

$$F_n = P (1 + i)^n$$

ou

$$P = F_n / (1 + i)^n$$

3. Taux d'actualisation

16. En évaluant tel ou tel investissement, il importe de spécifier le taux d'intérêt ou le taux d'actualisation à utiliser. Même si un projet est financé entièrement au moyen de ressources internes, il est recommandé de se fonder sur un taux d'intérêt, de manière à tenir compte du coût de l'investissement engagé dans un projet particulier par rapport à celui d'un autre placement. Le coût que représente le fait de renoncer à d'autres possibilités d'investissement est appelé coût d'opportunité.

17. Sauf dans les cas où d'autres avantages intangibles entrent en jeu, il faut que le taux d'actualisation soit plus élevé que le coût afférent à la mobilisation de capitaux supplémentaires. La différence entre le taux d'actualisation et le coût du capital doit permettre de couvrir les investissements non rentables qu'une entreprise effectue pour des motifs non monétaires. C'est le cas, par exemple, lorsqu'il s'agit de dispositifs de sécurité, d'installations antipollution et d'équipements récréatifs pour les salariés.

18. Le taux d'actualisation spécifié détermine le taux de rentabilité minimal justifiant, pour une entreprise, la mise en oeuvre d'un projet. Si la valeur actuelle de ce dernier - c'est-à-dire l'ensemble des flux financiers actualisés correspondant à ses coûts et à ses avantages - est négative, le projet en question n'est pas à préconiser. Certains ports adoptent un taux d'actualisation standard dans leurs analyses économiques, tandis que d'autres suivent une politique plus souple.

F. Eléments d'analyse économique des projets dans le secteur public

19. Pour un ingénieur, il est au moins aussi important de savoir comment évaluer et choisir des projets destinés au secteur public que d'avoir des connaissances analogues concernant le secteur privé. Les méthodes analytiques applicables aux projets, qu'ils soient publics ou privés, sont - à quelques différences près - en tous points similaires. Les deux méthodes le plus fréquemment utilisées dans l'évaluation des projets relevant des administrations publiques nationales ou locales sont l'analyse coûts-avantages et l'analyse coût-efficacité. En ce qui concerne la première, les coûts et les avantages doivent être évalués sur une base monétaire.

20. Pour cela, chaque avantage et chaque coût doit être quantifié en termes monétaires. Les avantages, qui sont les effets positifs d'un investissement, correspondent aux conséquences souhaitables. Les coûts sont les effets négatifs. On détermine les avantages et les coûts annuels d'un aménagement pour toute sa durée de vie utile, après quoi l'on calcule la valeur actuelle de la somme des uns et des autres. Pour ce type d'analyse, on utilise souvent le rapport avantages/coûts ou, à un degré moindre, la mesure des avantages moins les coûts.

Chapitre II

ETUDE DE CAS

A. Introduction

21. Le bon fonctionnement d'un terminal à conteneurs dépend pour une bonne part, entre autres choses, du choix d'engins appropriés. Le matériel constitue non seulement la principale dépense d'équipement, mais détermine aussi, dans la pratique, les procédures et l'efficacité opérationnelles du terminal.

22. Ce matériel comprend les portiques de quai, les engins de transfert et les équipements de manutention sur les aires de gerbage. Il existe diverses formules possibles pour le matériel de transfert et de manutention à terre. Nous nous attacherons ici à présenter une méthode mathématique systématique permettant de faire un choix entre deux types d'équipement. Dans la présente étude de cas, une comparaison est établie entre les grues à portique montées sur pneus et les chariots cavaliers, les opérations de transfert entre le quai et l'aire de gerbage étant effectuées par des unités tracteur-remorque.

B. Hypothèses

23. Les hypothèses retenues aux fins de la présente étude sont les suivantes :

- a) Les avantages des deux systèmes de manutention sont les mêmes 2/;
- b) Les coûts de main-d'oeuvre sont exclus, étant entendu que les conducteurs de chariots cavaliers, plus nombreux, sont moins payés que les grutiers;
- c) Le coût du terrain n'est pas compris;
- d) Les sommes dues au titre de la maintenance annuelle sont versées au début de chaque année;
- e) Sauf indication contraire, les recettes correspondant à la valeur de récupération sont perçues en fin d'année et reportées au début de l'année suivante.

La monnaie utilisée dans l'analyse est la livre chypriote (£C). A titre indicatif, une livre chypriote équivaut approximativement à 2 dollars des Etats-Unis.

24. Pour donner une idée des calculs mathématiques effectués, imaginons l'exemple suivant :

Considérons un terminal à conteneurs susceptible de manutentionner environ 140 000 boîtes par an; deux solutions sont en lice pour les opérations de gerbage :

Matériel de type A : portiques sur pneus (durée de service : 15 ans)

Matériel de type B : chariots cavaliers (durée de service : 10 ans)

L'horizon prévisionnel calculé sur la base du plus petit commun multiple de la durée de service des engins sera de 30 ans. Le taux d'actualisation retenu pour l'évaluation des investissements destinés au terminal est de 10 %. Supposons également que, dans cet exemple, le coût du revêtement ou de la couche de surface soit le même pour les deux systèmes, qu'aucune des deux solutions ne nécessite d'équipements supplémentaires. Pour la plupart des équipements, le coût de la maintenance augmente généralement en fonction de la vétusté : ce taux d'accroissement sera appelé "facteur j".

25. Les coûts associés à l'acquisition et à l'utilisation de portiques sur pneus sont les suivants :

Nombre d'unités requises :	6
Dépenses d'investissement :	6 x 320 000 = FC 1 920 000
Valeur de récupération (20 % des dépenses d'investissement) :	FC 384 000
Maintenance annuelle/réparations/combustibles (10 % des dépenses d'investissement), y compris le coût des pièces détachées :	FC 192 000 par an, avec une hausse annuelle de 8 % (facteur j)

26. De même, pour les chariots cavaliers, les coûts se répartissent comme suit :

Nombre d'unités requises :	8
Dépenses d'investissement :	8 x 200 000 = FC 1 600 000
Valeur de récupération (20 % des dépenses d'investissement) :	FC 320 000
Maintenance annuelle/réparations/combustibles (18 % des dépenses d'investissement) :	FC 288 000 avec un facteur j = 8 %

C. Calculs

27. Les flux de trésorerie effectifs et actualisés correspondant à ces deux types de matériel sont indiqués sur le tableau 1. Ce tableau a été établi à l'aide d'un programme de calcul informatique, utilisé sur micro-ordinateur. Les coûts de maintenance sont à leur niveau le plus bas l'année qui suit l'acquisition du matériel et atteignent leur niveau maximal l'année où celui-ci est remplacé. On détermine la valeur actualisée en fonction du nombre d'années en multipliant les coûts par le coefficient d'actualisation, qui est calculé d'après la formule suivante :

$$1/(1 + \text{taux d'actualisation})^{\text{nombre d'années}} - 1$$

Un tableau de coefficients d'actualisation est reproduit à l'annexe 1. Les flux de trésorerie correspondant à chaque année sont exprimés en valeur réelle et en valeur actualisée. Par exemple, pour le matériel A, le coût de maintenance passe de FC 192 000 pour l'année 1 à FC 261 200 ($192\ 000 \times 1,08^4$) durant l'année 5. La valeur actualisée est de FC 178 400 ($261\ 200 \times 0,6830$ (coefficient d'actualisation correspondant à un taux de 10 % et à 5 années d'utilisations)). Le total des flux financiers actualisés (ou valeur actuelle), est la somme cumulée des valeurs actualisées.

28. La valeur actuelle est la somme requise, à l'heure actuelle, pour couvrir l'ensemble des coûts ultérieurs d'acquisition et de fonctionnement du matériel durant la période de planification. Aussi doit-on se fonder sur les flux financiers effectifs plutôt que sur les flux comptables. Si l'entreprise utilise ses fonds propres pour l'achat du matériel, tous les mouvements de trésorerie se produisent durant l'année d'acquisition. Dans le cas d'un financement extérieur, les coûts englobent l'acompte versé à l'achat et le remboursement ultérieur de l'emprunt et des intérêts les années suivantes. L'amortissement n'est qu'un facteur parmi d'autres dans l'analyse coûts-avantages, où il est utilisé pour réduire les charges fiscales et contribue ainsi à réduire les sorties de fonds au titre de l'impôt.

29. Entre les deux types d'équipements, l'option recommandée est celle dont le coût actualisé total est le plus bas, ce qui donne :

A. Pour les portiques à pneus : FC 5 414 800

B. Pour les chariots cavaliers : FC 6 339 400

Le coût total de la solution A étant moins élevé que celui de la solution B, c'est la première qui doit être retenue.

30. Une comparaison, quelle qu'elle soit, doit tenir compte de tous les éléments de coût. Par exemple, dans le choix entre différents systèmes de manutention des conteneurs, il faut envisager tous les coûts de chaque système, y compris les différences dans les équipements de transfert et les caractéristiques du revêtement. Les éléments communs aux différents systèmes peuvent être exclus aux fins de la comparaison. Enfin, les conditions locales et l'expérience acquise sur le plan opérationnel jouent un rôle important : aussi les cadres doivent-ils également les examiner de manière approfondie.

D. Analyse de sensibilité

31. Dans l'analyse ci-dessus, on a postulé que toutes les valeurs des paramètres des modèles économiques étaient connues avec certitude. En particulier, il a été admis que l'on disposait d'estimations correctes des valeurs, en ce qui concerne toute la durée de la période de planification, le taux d'actualisation et les coûts (c'est-à-dire pour chacun des flux de trésorerie). Or ces valeurs comportent souvent un élément d'incertitude, qui doit être analysé. Dans les investissements portuaires, les prévisions concernant la quantité et la composition des marchandises ainsi que la productivité ne sont pas précises. L'incertitude de la demande et de l'offre de services portuaires constitue ainsi un facteur de risque. L'effet d'une telle incertitude peut être étudié au moyen d'une analyse de sensibilité.

Tableau 1

Comparaison entre deux types d'équipements selon la méthode
de l'actualisation des flux financiers

(En milliers de livres chypriotes, dans l'hypothèse
d'un taux d'actualisation de 10 %)

MATERIEL A - Coût actualisé total : 5414,8										
Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investissement initial	1920.0									
Maintenance	192.0	207.4	223.9	241.9	261.2	282.1	304.7	329.1	355.4	383.8
Récupération										
Total	2112.0	207.4	223.9	241.9	261.2	282.1	304.7	329.1	355.4	383.8
Total actualisé	2112.0	188.5	185.1	181.7	178.4	175.2	172.0	168.9	165.8	162.8
Année (suite)										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investissement initial						1920.0				
Maintenance	414.5	447.7	483.5	522.2	563.9	192.0	207.4	223.9	241.9	261.2
Récupération						384.0				
Total	414.5	447.7	483.5	522.2	563.9	1728.0	207.4	223.9	241.9	261.2
Total actualisé	159.8	156.9	154.1	151.3	148.5	413.7	45.1	44.3	43.5	42.7
Année (suite)										
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Investissement initial										
Maintenance	282.1	304.7	329.1	355.4	383.8	414.5	447.7	483.5	522.2	563.9
Récupération										384.0*
Total	282.1	304.7	329.1	355.4	383.8	414.5	447.7	483.5	522.2	179.9
Total actualisé	41.9	41.2	40.4	39.7	39.0	38.3	37.6	36.9	36.2	13.5

MATERIEL B - Coût actualisé total : 6339,4										
Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Investissement initial	1600.0									
Maintenance	288.0	311.0	335.9	362.8	391.8	423.2	457.0	493.6	533.1	575.7
Récupération										
Total	1888.0	311.0	335.9	362.8	391.8	423.2	457.0	493.6	533.1	575.7
Total actualisé	1888.0	282.8	277.6	272.6	267.6	262.8	258.0	253.3	248.7	244.2
Année (suite)										
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investissement initial	1600.0									
Maintenance	288.0	311.0	335.9	362.8	391.8	423.2	457.0	493.6	533.1	575.7
Récupération	320.0									
Total	1568.0	311.0	335.9	362.8	391.8	423.2	457.0	493.6	533.1	575.7
Total actualisé	604.5	109.0	107.0	105.1	103.2	101.3	99.5	97.7	95.9	94.1
Année (suite)										
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Investissement initial	1600.0									
Maintenance	288.0	311.0	335.9	362.8	391.8	423.2	457.0	493.6	533.1	575.7
Récupération	320.0									320.0*
Total	1568.0	311.0	335.9	362.8	391.8	423.2	457.0	493.6	533.1	255.7
Total actualisé	233.1	42.0	41.3	40.5	39.8	39.1	38.3	37.6	37.0	18.0

* Valeur résiduelle, reçue en fin d'année.

32. Ce type d'analyse se présente essentiellement sous deux formes. La méthode la plus simple consiste à refaire l'analyse un certain nombre de fois, en attribuant à chaque fois à l'un des paramètres une valeur correspondant à une "situation de risque". Dans l'évaluation des équipements, on obtient ainsi un certain nombre de flux financiers actualisés pour différents cas.

33. Pour l'analyse coûts-avantages, une autre méthode consiste à calculer de combien chaque paramètre devra changer avant que la valeur actualisée nette du projet tombe à zéro. Si l'on utilise la méthode du taux de rentabilité interne (TRI), qui permet de déterminer le taux d'actualisation par lequel la valeur actualisée nette est ramenée à zéro, les calculs montrent de combien les paramètres devront changer avant que le TRI du projet tombe au-dessous du minimum admissible 3/.

34. Pour l'évaluation des équipements, on peut établir un modèle de calcul électronique, facile à utiliser pour l'analyse de divers scénarios. Ce système offre la possibilité de modifier à l'infini tout paramètre ou combinaison de paramètres influant sur une situation donnée et, ultérieurement, d'étudier les résultats obtenus. Pour évaluer le degré d'incertitude dans le choix des équipements, il est suggéré de faire varier le coût du matériel proprement dit, le coût annuel de l'entretien des réparations et des combustibles et l'accroissement annuel des coûts d'entretien/réparation, en vue de déterminer les conditions dans lesquelles tel ou tel type de matériel devient plus avantageux qu'un autre.

35. Dans la présente étude de cas, une augmentation de 17 % du prix du matériel A ou une réduction de 15 % du prix du matériel B rendraient ce dernier plus avantageux. De même, le second type de matériel devient une meilleure option si le coût des postes maintenance/réparation/combustibles du matériel A augmente de 30 % (passant ainsi de 10 à 13 % du coût initial) ou si ce même poste diminue de 25 % pour le matériel B (passant de 18 à 13,5 % de l'investissement initial). Si le nombre de chariots cavaliers (matériel B) a été surestimé, le nombre d'unités requises étant seulement de 6, le coût actualisé total de cette solution serait de £C 4 754 500, ce système étant alors la solution préconisée. Ces calculs aideront les décideurs à choisir le matériel à acquérir.

Chapitre III

CALCUL DE LA LONGEVITE ECONOMIQUE (OU DUREE UTILE)

36. Pour déterminer la longévité économique d'un élément d'équipement, il faut calculer la valeur actualisée de tous les coûts futurs associés à chaque politique de remplacement. En général, les coûts à prendre en considération sont tous ceux qui dépendent de l'âge de la machine. Ceux qui ne changent pas avec l'âge de la machine, comme le coût, de la main-d'oeuvre et celui de l'énergie, peuvent être laissés de côté. Les coûts sont étalés sur un certain laps de temps, si bien qu'il faut en calculer la valeur actuelle de la façon normale.

37. Pour le calcul de la longévité économique, on part de l'hypothèse que les coûts augmentent chaque année pour les éléments d'équipement qui se dégradent, parce que cet équipement nécessite alors un entretien accru. Les règles ci-après s'appliquent pour réduire les coûts au minimum :

Règle 1 : si le coût de remplacement toutes les $n + 1$ années est inférieur au coût de remplacement toutes les n années, il n'y a pas lieu de remplacer l'élément considéré.

Règle 2 : si le coût de remplacement toutes les $n + 1$ années est supérieur au coût de remplacement toutes les n années, il y a lieu de procéder au remplacement.

38. Nous pouvons considérer une période d'un an et la désigner par i ; les coûts supportés pendant cette période sont C_i . Nous pouvons supposer que chaque coût est financé au début de la période où il est assumé, que le coût initial de l'équipement neuf est A et que le loyer de l'argent (ou taux d'actualisation) est r .

39. La valeur actualisée K_n des coûts futurs pertinents liés à une politique de remplacement de l'équipement toutes les n années s'obtient par sommation de la valeur actualisée du premier élément d'équipement et de la valeur actualisée du deuxième élément, etc. D'après les manuels de recherche opérationnelle 4/, la valeur actualisée K_n est donnée par la formule suivante :

$$K_n = \frac{A + \sum_{i=1}^n C_i / (1+r)^{i-1}}{1 - 1 / (1+r)^n}$$

Si K_n est inférieur à K_{n+1} , il est alors préférable de remplacer l'équipement toutes les n années plutôt que toutes les $n + 1$ années. K_n est la somme d'argent requise à l'heure actuelle pour financer tous les coûts futurs d'acquisition et d'exploitation de l'équipement lorsqu'il est remplacé toutes les n années.

40. Le montant du financement annuel (ou coût moyen pondéré) pour différents délais de remplacement est calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Coût moyen pondéré} = \frac{A + \sum_{i=1}^n C_i (1+r)^{i-1}}{\sum_{i=1}^n 1 / (1+r)^{i-1}}$$

Le coût moyen pondéré minimal donne alors le délai de remplacement optimal, c'est-à-dire le délai qui permettra de réduire au minimum les flux de trésorerie actualisés nécessaires pour faire fonctionner la machine. La longévité économique (ou durée utile) peut être définie comme la période durant laquelle le coût moyen pondéré est le plus bas.

41. Le calcul de la longévité économique peut être illustré par un exemple. Le coût moyen pondéré minimal est le facteur qui détermine la durée utile de l'équipement. On table, pour les 15 prochaines années, sur des flux de trésorerie tels que présentés sur le tableau 2. L'accroissement annuel des coûts d'entretien de l'équipement est de 8 %. La dernière colonne du tableau donne le coût annuel moyen pour divers délais de remplacement : ainsi, le renouvellement du matériel tous les cinq ans se traduirait par un coût annuel moyen de £C 42 113. Dans ce cas, à condition que d'autres facteurs demeurent inchangés, la longévité économique de l'équipement est de 11 années (le coût moyen pondéré pour cette année-là, soit £C 36 150, étant alors le plus faible). L'équipement devra donc être remplacé à la fin de sa onzième année.

42. La figure 1 montre l'évolution du coût moyen pondéré d'un élément d'équipement d'un coût initial de 1 000 unités monétaires et dont le coût d'entretien représente 15 % du coût initial durant la première année d'utilisation. Cette figure comprend quatre courbes correspondant à divers taux d'accroissement des coûts d'entretien. Le taux d'actualisation utilisé est de 10 %. Les calculs sont fondés sur l'hypothèse que le matériel est remplacé par un équipement similaire. Dans la pratique, on enregistre souvent des améliorations techniques, de sorte que les améliorations de productivité qui en résultent justifient le remplacement anticipé du matériel.

Tableau 2

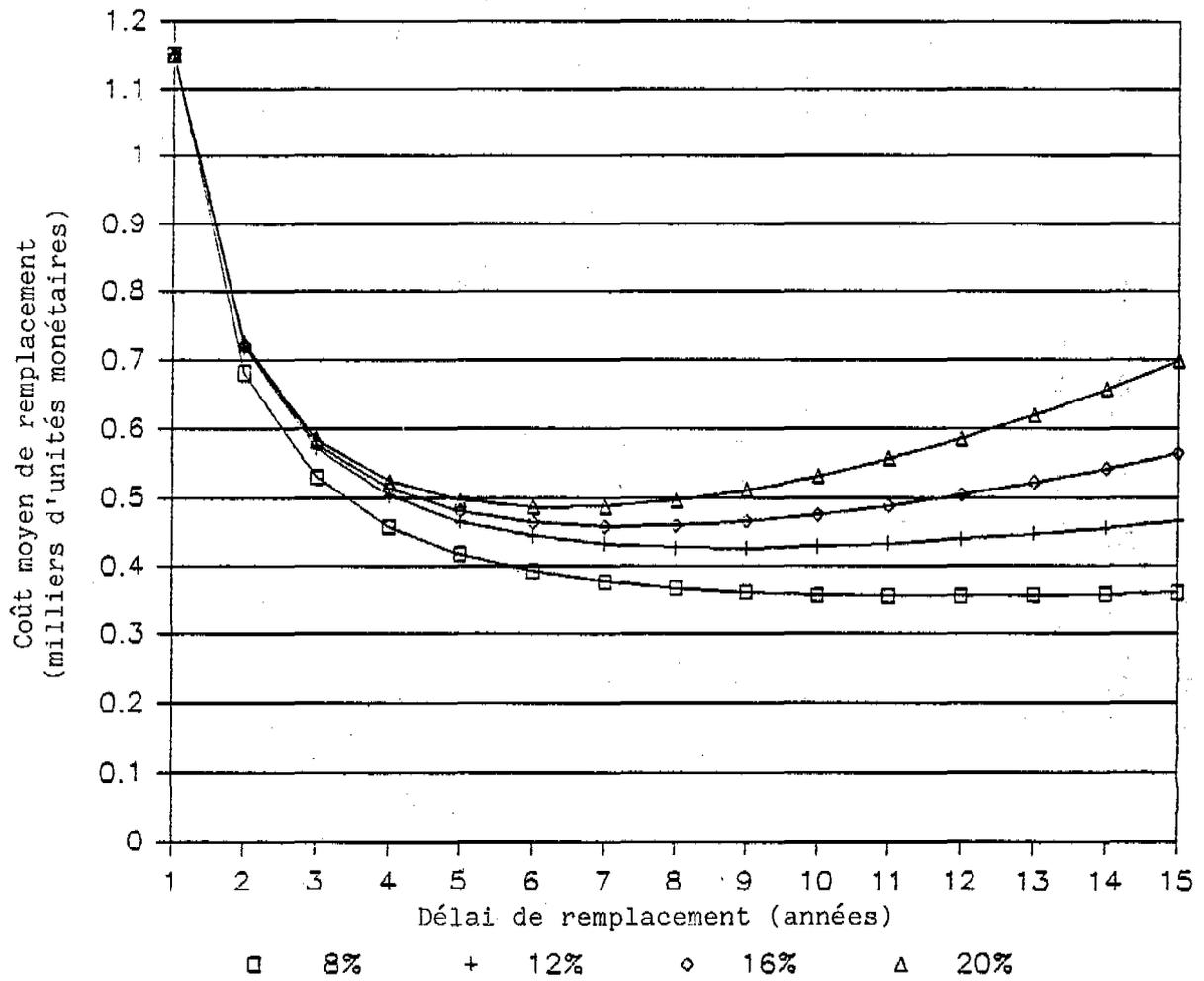
Calcul de la longévité économique d'un équipement neuf

(dans l'hypothèse d'une valeur résiduelle nulle et sur la base
d'un taux d'actualisation de 9 %)

Longé- vité	Investis- sment	Entretien	Total	Coefficient d'actuali- sation	Coût actualisé	Flux de trésorerie actualisés cumulés	Somme des coefficients	Coût moyen pondéré
1	100 000	16 000	116 000	1.000	116 000	116 000	1.000	116 000
2	0	17 280	17 280	0.917	15 853	131 853	1.917	68 766
3	0	18 662	18 662	0.842	15 708	147 561	2.759	53 481
4	0	20 155	20 155	0.772	15 564	163 125	3.531	46 194
5	0	21 768	21 768	0.708	15 421	178 546	4.240	42 113
6	0	23 509	23 509	0.650	15 279	193 825	4.890	39 640
7	0	25 390	25 390	0.596	15 139	208 964	5.486	38 091
8	0	27 421	27 421	0.547	15 000	223 964	6.033	37 124
9	0	29 615	29 615	0.502	14 863	238 827	6.535	36 547
10	0	31 984	31 984	0.460	14 726	253 554	6.995	36 247
11	0	34 543	34 543	0.422	14 591	268 145	7.418	36 150
12	0	37 306	37 306	0.388	14 457	282 602	7.805	36 207
13	0	40 291	40 291	0.356	14 325	296 927	8.161	36 385
14	0	43 514	43 514	0.326	14 193	311 120	8.487	36 659
15	0	46 995	46 995	0.299	14 063	325 183	8.786	37 011

Figure 1

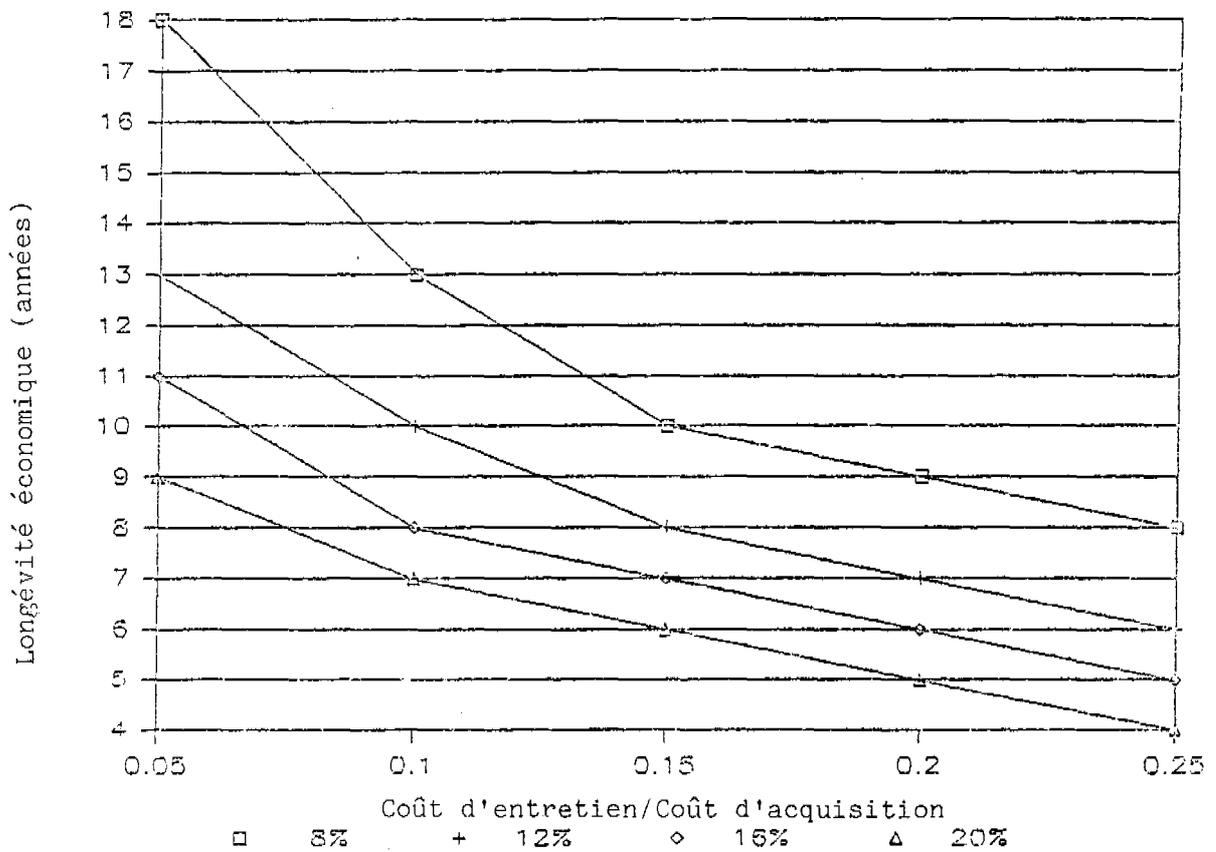
Evolution du coût de remplacement en fonction de l'âge



43. En retenant différents coûts d'entretien, exprimés en pourcentage du prix d'acquisition $\frac{5}{j}$, et différents facteurs j , on peut établir un ensemble de courbes pour déterminer la longévité économique du matériel. Le taux d'actualisation utilisé pour établir ces courbes est de 10 %. Celles-ci sont représentées sur la figure 2. On a supposé que le matériel n'avait aucune valeur résiduelle. Pour un ratio donné coût d'entretien/coût d'acquisition et un facteur j , la longévité économique du matériel peut être déterminée à partir de ce graphique. Prenons par exemple un élément d'équipement coûtant 350 000 dollars des Etats-Unis, et dont le coût d'entretien estimatif pour la première année est de 35 000 dollars. Le rapport du coût d'entretien au coût d'acquisition est de 0,1. A supposer que le coût d'entretien augmente de 12 % par an, la courbe représentée sur la figure 2 donne, pour l'équipement en question, une longévité économique de 10 ans.

Figure 2

Délai optimal de remplacement



44. Pour un équipement ayant une valeur de récupération, la valeur actualisée de tous les coûts futurs associés à son remplacement après n années est donnée par la formule suivante :

$$K_n = \frac{\Lambda + \sum_{i=1}^n C_i / (1+r)^{i-1} - S_n / (1+r)^n}{1 - 1 / (1+r)^n}$$

où S_n est la valeur de récupération de l'équipement à la fin de la n ème année.

45. Un exemple théorique est donné au tableau 3. La colonne "somme" indique la valeur du coût initial plus l'entretien actualisé cumulé moins la valeur de récupération actualisée. Dans cet exemple, la valeur actualisée minimale se situe à la dixième année, de sorte que la meilleure politique consiste à remplacer le matériel tous les 10 ans.

46. Cependant, dans la vie réelle, les autorités portuaires sont tenues d'analyser une situation dans laquelle les installations et les équipements existent et fonctionnent déjà et où la question est de savoir s'ils doivent être conservés ou remplacés. Pour calculer la durée de service restante des équipements existants, il faut se fonder sur le prix d'acquisition initial et les coûts d'entretien des années précédentes, ainsi que sur les coûts d'entretien futurs escomptés. On peut alors déterminer la longévité économique : la durée de service restante correspond à la longévité économique moins l'âge du matériel. Une fois ces calculs effectués, on constatera probablement que certains équipements ont atteint une durée de service qui dépasse leur longévité économique. Ceux-ci sont d'un fonctionnement plus onéreux que des équipements neufs et doivent être remplacés.

Tableau 3

Barème des coûts actualisés d'un équipement neuf

(dans l'hypothèse d'une valeur de liquidation et sur la base
d'un taux d'actualisation de 9 %)

Longé- vité	Investis- sment	Entre- tien	Récupé- ration	Coefficient d'actuali- sation	Entretien actualisé	Coût d'entretien actualisé cumulé	Valeur de récupé- ration actualisée	Somme	K_n
1	100 000	16 000	80 000	1.000	16 000	16 000	73 394	42 606	516 000
2	0	18 000	60 000	0.917	16 514	32 514	50 501	82 013	518 020
3	0	20 000	52 000	0.842	16 843	49 347	40 154	109 194	479 306
4	0	22 000	44 000	0.772	16 988	66 335	31 171	135 165	463 568
5	0	24 000	36 000	0.708	17 002	83 338	23 398	159 940	456 882
6	0	26 000	28 000	0.650	16 898	100 236	16 695	183 540	454 609
7	0	28 000	20 000	0.596	16 695	116 931	10 941	205 991	454 760
8	0	30 000	12 000	0.547	16 411	133 342	6 022	227 320	456 343
9	0	32 000	10 000	0.502	16 060	149 402	4 604	244 798	453 689
10	0	34 000	8 000	0.460	15 655	165 057	3 379	261 677	453 051
11	0	36 000	6 000	0.422	15 207	180 263	2 325	277 938	453 801
12	0	38 000	4 000	0.388	14 726	194 990	1 422	293 567	455 521
13	0	40 000	2 000	0.356	14 221	209 211	652	308 559	457 924
14	0	42 000	1 000	0.326	13 700	222 911	299	322 611	460 378
15	0	44 000	0	0.299	13 167	236 077	0	336 077	463 260

Chapitre IV

CHOIX ENTRE LA REPARATION OU LE REMPLACEMENT DU MATERIEL

47. Dans le présent chapitre, l'on traitera sommairement de la question de savoir s'il faut réparer le matériel ou le remplacer, problème auquel cadres et ingénieurs sont fréquemment confrontés. Il est assez courant dans les opérations portuaires, que les équipements soient endommagés. Eu égard aux exigences d'un service continu et au souci des autorités portuaires ou de l'entreprise exploitante de réduire les coûts au minimum, et compte tenu de l'étendue du dommage, il faut souvent décider rapidement si l'équipement abîmé doit être réparé ou remplacé.

48. Pour montrer quels sont les éléments à prendre en considération, imaginons l'exemple suivant. Un engin ayant cinq ans de service a été endommagé durant des opérations portuaires. Après l'accident, il ne vaut plus que £C 15 000, essentiellement sous la forme de pièces détachées. Parmi les offres reçues pour les travaux de réparation, la moins élevée se chiffre à £C 80 000. Après la réparation, la longévité économique restante de l'engin sera de six années.

49. En même temps, l'administrateur envisage de remplacer l'engin endommagé par un neuf coûtant £C 130 000. La longévité économique du nouvel équipement est estimée à 12 années. Bien que la productivité des deux options soit identique, on estime que le coût de maintenance de l'engin réparé sera plus élevé que celui du neuf, en raison de sa plus grande vétusté, le surcoût étant d'environ £C 1 000 par an.

50. Le délai de livraison du nouvel équipement est de 10 mois et la durée estimative de réparation de l'engin endommagé de 3 mois. Entre-temps, l'administrateur devra remplacer celui-ci en en louant un autre pour £C 2 000 par mois. Dans l'hypothèse d'un taux d'actualisation de 9 %, quelle est la meilleure politique à suivre ?

51. De toute évidence, les horizons prévisionnels des deux options ne sont pas identiques, à savoir six ans pour l'engin réparé et 12 ans pour le neuf. Pour les comparer, on peut employer une méthode consistant à estimer la valeur de récupération de l'équipement neuf, après six années (soit, disons, £C 50 000) et à calculer ensuite les flux financiers actualisés correspondants. Cette valeur de récupération est perçue à la fin de la sixième année (début de la septième année).

52. Là encore, on utilise une feuille de calcul électronique afin de déterminer les coûts à assumer pour chacune des six années, en vue de comparer les deux options, à savoir réparer le matériel endommagé ou le remplacer. Ces coûts sont présentés sur le tableau 4. Pour l'une et l'autre option, on a postulé que les coûts d'entretien augmentaient de 8 % par an. Les coûts de location (£C 6 000 pour l'option "réparation" et £C 20 000 pour l'option "remplacement") ont été actualisés.

53. Le total des flux financiers actualisés de l'option réparation est de £C 158 900 et, pour l'option remplacement, de £C 173 800. Dans ce cas, il est plus économique de réparer l'équipement endommagé que de le remplacer.

Cependant, il est fortement recommandé de procéder à une analyse de sensibilité en modifiant les valeurs des divers paramètres pour voir comment cela influe sur les résultats. Par exemple, si l'équipement neuf était disponible dans un délai de deux mois, la solution du remplacement deviendrait plus économique.

Tableau 4

Comparaison du coût de réparation et du coût de remplacement d'un équipement par la méthode de l'actualisation des flux financiers

(avec un taux d'actualisation de 9 %, en milliers de livres chypriotes)

REPARATION		Total des flux financiers actualisés : 162,7					
Année		1	2	3	4	5	6
Dépenses d'investissement	80.0						
Location a/	5.9						
Entretien	10.5	15.1	16.3	17.6	19.0	20.6	
Récupération							
Total	96.4	14.0	16.3	17.6	19.0	20.6	
Total actualisé	96.4	13.7	13.5	13.3	13.0	12.8	
REPLACEMENT		Total des flux financiers actualisés : 169,7					
Année		1	2	3	4	5	6
Dépenses d'investissement	130.0						
Location a/	19.3						
Entretien	2.2	14.0	15.2	16.4	17.7	19.1	
Récupération	15.0						50.0
Total	136.4	14.0	15.2	16.4	17.7	30.9	
Total actualisé	136.4	12.8	12.5	12.3	12.1	16.4	

a/ Les coûts ont été actualisés.

Chapitre V

SYSTEME INTEGRE DE GESTION TECHNIQUE

54. Il est essentiel de disposer de renseignements pertinents, exacts et complets pour déterminer la longévité économique du matériel et définir ainsi une politique de renouvellement des équipements. Une planification est pratiquement impossible dans ce domaine sans de tels renseignements. On trouvera ci-après une description d'un système intégré de gestion technique 6/.

55. L'élément de base de ce système d'information est la fiche de travaux. Sur cette fiche sont portés l'agrément et l'autorisation, par la direction du Service technique, d'un travail d'entretien ou de réparation. Elle décrit la tâche à exécuter et, en fin de compte, consigne les moyens mobilisés à cet effet.

56. La fiche de travaux est une carte imprimée sur laquelle un planificateur du service technique a porté les éléments suivants :

- numéro de référence et description de la machine ou de l'installation qui doit être révisée;
- date de réception de la demande de révision;
- date d'émission de la fiche;
- noms du responsable de l'émission de la fiche et de la personne désignée responsable pour l'exécution de la réparation;
- indication de la nature du travail à effectuer (par exemple, "révision mensuelle"; "réparation d'un projecteur endommagé");
- case destinée au technicien responsable pour accuser réception du travail et consigner sa réalisation;
- case dans laquelle le contrôleur signe son acceptation du travail effectué.

Pour rendre la carte plus complète, le technicien désigné doit, après avoir achevé sa tâche, ajouter les renseignements suivants :

- date de commencement du travail;
- date d'achèvement du travail;
- nombre et fonctions des personnes affectées à cette tâche, avec leurs heures de pointage à l'arrivée et au départ;
- pièces détachées et matières consommables utilisées.

Ces données permettront ensuite de calculer les coûts de la main-d'oeuvre et des matériaux.

57. Les travaux de maintenance préventive doivent faire l'objet d'instructions détaillées, clairement définies sur une feuille de programmation distincte, sous la forme d'annexes à la fiche de travaux ou d'un manuel. Ces instructions précisent toutes les étapes de la tâche à exécuter et un contrôle est effectué à la fin de chaque étape.

58. La fiche de travaux doit comporter un espace destiné à des rubriques supplémentaires, en vue de l'établissement ultérieur des coûts. Cela permettra de consigner le coût de tous les matériaux - qu'il s'agisse de matières consommables ou de pièces détachées - ainsi que les données concernant le coût de la main-d'oeuvre affectée au travail en question.

59. L'introduction des données dans le système se fait pour l'essentiel par la fiche de travaux. Celle-ci est utilisée par le personnel de l'atelier, des magasins, des finances et de l'administration du personnel (pour le calcul des salaires et de la rémunération des heures supplémentaires). Elle est ensuite renvoyée au Service technique, qui étudiera la fiabilité, les possibilités d'entretien et le fonctionnement ultérieur de l'équipement concerné.

60. Autre élément important du système intégré de gestion technique, le système de programmation, qui définit le calendrier d'entretien pour la semaine ou le mois suivant. Sous sa forme la plus simple, le programme d'entretien est inscrit à la craie sur un tableau noir ou affiché sur un calendrier préformaté. Les délais de révision programmée du matériel, tels que recommandés par le fabricant, constituent la base du programme, mais ils peuvent être modifiés avec le temps et en fonction de l'expérience acquise, de manière à tenir compte des besoins et des conditions du port. La section des programmes planifie de manière globale le travail de tel ou tel atelier ou groupe d'ateliers pour la semaine à venir, en émettant des fiches de travaux et en demandant les fournitures nécessaires. La veille, les responsables de la planification mettront la dernière main au calendrier de travaux, en modifiant si nécessaire le plan préliminaire, et transmettront les fiches de travaux, les feuilles de programmation et les manuels aux différents techniciens. Le calendrier d'entretien est, pour le planificateur, le principal moyen de répartir les ressources techniques et de veiller à ce que les travaux - qu'il s'agisse de l'entretien préventif ou de réparations d'urgence - soient exécutés suivant un ordre de priorité, afin de répondre aux besoins de l'exploitant.

61. Le système de gestion doit également comprendre une série d'archives, complètes et permanentes dans lesquelles sont rassemblés les renseignements concernant les différentes machines et groupes de machines, ainsi que leurs systèmes constitutifs et leurs éléments. L'ensemble de ces archives constitue la base de données du système de gestion, sur laquelle se fondent les plans et les décisions.

62. Ces archives consistent tout d'abord en un registre des actifs, à savoir un inventaire des installations, des équipements, des bâtiments et autres avoirs du port. Il contient la liste de chaque immobilisation, en l'identifiant par un numéro de référence et une description complète (type d'équipement, capacité, fabricant, date d'acquisition, emplacement ou position de stockage dans le port, etc.). Ce registre s'accompagne d'un ensemble de fiches concernant les antécédents de chaque actif, avec un bilan de sa durée de service (nombre d'heures d'utilisation d'un engin de manutention des marchandises, opérations d'entretien préventif, réparations effectuées

à la suite de pannes et de dommages, etc.). Chaque opération d'entretien doit être consignée sur la carte ou la fiche concernant l'actif en question, où seront spécifiées notamment toutes les pièces détachées utilisées, les articles consommables échangés, la quantité de carburant employée, etc.

63. Le dernier élément essentiel du système intégré de gestion réside dans une activité, ou une fonction, plutôt que dans un élément physique : il s'agit d'analyser et de présenter les données recueillies sous une forme se prêtant aux divers processus de prise de décision qui s'ensuivent. Cette activité consiste pour l'essentiel à assembler des données connexes et à les regrouper en catégories appropriées, puis à interpréter les éléments et les chiffres rassemblés et à communiquer ces interprétations aux cadres concernés. Les données analysées sont utilisées pour vérifier le travail d'entretien, modifier les calendriers et les procédures, recenser les problèmes, contrôler les coûts et déterminer la longévité économique du matériel.

64. En résumé, un système intégré de gestion technique de base peut être mis en place à partir des éléments ci-après : fiches de travaux (introduction des données), calendriers d'entretien (organisation des activités), archives (base de données détaillées et chiffrées constamment mises à jour) et analyse (interprétation et organisation des données, retour de l'information).

Notes

1/ Pour un examen plus détaillé des méthodes d'évaluation, voir les publications de la CNUCED intitulées Evaluation des investissements portuaires (TD/B/C.4/174) et L'aménagement des ports : Manuel à l'usage des planificateurs des pays en développement (TD/B/C.4/175/Rev.1).

2/ Les chariots cavaliers sont plus rapides et d'une plus grande souplesse d'emploi, tandis que les portiques à pneus permettent de mieux tirer parti de la superficie du terminal et d'utiliser des lits de gravier pour l'entreposage des conteneurs.

3/ Pour un examen plus détaillé de l'analyse de sensibilité, voir les publications de la CNUCED Evaluation des investissements portuaires (TD/B/C.4/174), par. 90 à 95, et L'aménagement des ports : Manuel à l'usage des planificateurs des pays en développement (TD/B/C.4/175/Rev.1), par. 193 à 196.

4/ Par exemple, voir Churchman, C.W., Ackoff, R.L. et Arnoff, E.W. Introduction to Operations Research, John Wiley & Sons, Inc., New York, 1964, p. 484 à 488.

5/ L'annexe 2 fournit des exemples de ratios correspondant à différents types de matériel, d'après la publication de la CNUCED intitulée Operating and Maintenance Features of Container Handling Systems (UNCTAD/SHIP/622), Nations Unies, Genève, mars 1988.

6/ Pour un traitement plus complet de cette question, voir le rapport Management of Port Maintenance - A review of current problems and practices, disponible auprès du HMSO Publication Centre, PO Box 276, Londres SW8 5DT, Royaume-Uni.

ANNEXE 1

Coefficients d'actualisation a/

Taux d'actualisation (en pourcentage)

Année	6	7	8	9	10	11	12
1	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
2	0.9434	0.9346	0.9259	0.9174	0.9091	0.9009	0.8929
3	0.8900	0.8734	0.8573	0.8417	0.8264	0.8116	0.7972
4	0.8396	0.8163	0.7938	0.7722	0.7513	0.7312	0.7118
5	0.7921	0.7629	0.7350	0.7084	0.6830	0.6587	0.6355
6	0.7473	0.7130	0.6806	0.6499	0.6209	0.5935	0.5674
7	0.7050	0.6663	0.6302	0.5963	0.5645	0.5346	0.5066
8	0.6651	0.6227	0.5835	0.5470	0.5132	0.4817	0.4523
9	0.6274	0.5820	0.5403	0.5019	0.4665	0.4339	0.4039
10	0.5919	0.5439	0.5002	0.4604	0.4241	0.3909	0.3606
11	0.5584	0.5083	0.4632	0.4224	0.3855	0.3522	0.3220
12	0.5268	0.4751	0.4289	0.3875	0.3505	0.3173	0.2875
13	0.4970	0.4440	0.3971	0.3555	0.3186	0.2858	0.2567
14	0.4688	0.4150	0.3677	0.3262	0.2897	0.2575	0.2292
15	0.4423	0.3878	0.3405	0.2992	0.2633	0.2320	0.2046
16	0.4173	0.3624	0.3152	0.2745	0.2394	0.2090	0.1827
17	0.3936	0.3387	0.2919	0.2519	0.2176	0.1883	0.1631
18	0.3714	0.3166	0.2703	0.2311	0.1978	0.1696	0.1456
19	0.3503	0.2959	0.2502	0.2120	0.1799	0.1528	0.1300
20	0.3305	0.2765	0.2317	0.1945	0.1635	0.1377	0.1161
21	0.3118	0.2584	0.2145	0.1784	0.1486	0.1240	0.1037
22	0.2942	0.2415	0.1987	0.1637	0.1351	0.1117	0.0926
23	0.2775	0.2257	0.1839	0.1502	0.1228	0.1007	0.0826
24	0.2618	0.2109	0.1703	0.1378	0.1117	0.0907	0.0738
25	0.2470	0.1971	0.1577	0.1264	0.1015	0.0817	0.0659
26	0.2330	0.1842	0.1460	0.1160	0.0923	0.0736	0.0588
27	0.2198	0.1722	0.1352	0.1064	0.0839	0.0663	0.0525
28	0.2074	0.1609	0.1252	0.0976	0.0763	0.0597	0.0469
29	0.1956	0.1504	0.1159	0.0895	0.0693	0.0538	0.0419
30	0.1846	0.1406	0.1073	0.0822	0.0630	0.0485	0.0374

a/ Coefficients à appliquer dans l'hypothèse où les flux financiers se produisent au début de la période et sont actualisés par rapport au début de l'année 1.

ANNEXE 2

Exemples de ratios coût d'entretien/coût d'acquisition

(En milliers de dollars des Etats-Unis)

	Coût d'entretien	Coût d'acquisition	Ratio
Portiques de quai	100.0	4 500.0	0.02
Chariots cavaliers	60.0	500.0	0.12
Portiques sur pneus	65.0	825.0	0.08
Petites grues à portique montées sur rail	80.0	1 000.0	0.08
Tracteurs de terminal	20.0	62.5	0.32
Chariots élévateurs à fourche (42 tonnes)	40.0	300.0	0.13
Engins de mise et de reprise au stock	35.0	425.0	0.08
Remorques de 40 pieds	2.5	12.5	0.20

Source : Operating and maintenance features of container handling systems
(UNCTAD/SHIP/622), mars 1988 (en anglais seulement).

كيفية الحصول على منشورات الأمم المتحدة

يمكن الحصول على منشورات الأمم المتحدة من المكتبات ودور التوزيع في جميع أنحاء العالم. استعلم عنها من المكتبة التي تتعامل معها أو اكتب إلى : الأمم المتحدة، قسم البيع في نيويورك أو في جنيف .

如何购取联合国出版物

联合国出版物在全世界各地的书店和经售处均有发售。请向书店询问或写信到纽约或日内瓦的联合国销售组。

HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

United Nations publications may be obtained from bookstores and distributors throughout the world. Consult your bookstore or write to: United Nations, Sales Section, New York or Geneva.

COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

Les publications des Nations Unies sont en vente dans les librairies et les agences dépositaires du monde entier. Informez-vous auprès de votre libraire ou adressez-vous à : Nations Unies, Section des ventes, New York ou Genève.

КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

Издания Организации Объединенных Наций можно купить в книжных магазинах и агентствах во всех районах мира. Наводите справки об изданиях в вашем книжном магазине или пишите по адресу: Организация Объединенных Наций, Секция по продаже изданий, Нью-Йорк или Женева.

COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

Las publicaciones de las Naciones Unidas están en venta en librerías y casas distribuidoras en todas partes del mundo. Consulte a su librero o dirijase a: Naciones Unidas, Sección de Ventas, Nueva York o Ginebra.
