

Centre de Recherches SAEI - BCEOM

Paris.

# **Le TRANSPORT par GRANDS CONTAINERS :** **économie, organisation, et coûts**

( TRADUCTION DU SUÉDOIS DE DEUX CHAPITRES DE :  
" CONTAINERTRANSPORTER " STOCKHOLM. 1965 )

Février 1966.

SOMMAIRE

- I. Analyse des avantages et inconvénients du transport par containers  
(chapitre 8 du rapport suédois).
  
- II. Le coût du transport par containers : exemple numérique  
(chapitre 9 du rapport suédois).

Dans le cadre des études entreprises par le Centre de Recherche SAEI BCEOM sur les transports par grands containers, il a paru intéressant de reproduire après traduction, une partie du rapport publié en Suède et traitant du même sujet, abordé surtout sous l'angle maritime.

Le titre et les références exactes du rapport suédois sont les suivants :

Ingeniörsvetenskapsakademien (Académie des ingénieurs),  
Transportforskningskommissionen : Containertransporter, Tekniska förutsättningar, ekonomi och organisation - Stockholm 1965, 1 volume imprimé, 184 pages.

## ANALYSE DES AVANTAGES ET INCONVENIENTS

### DU TRANSPORT PAR CONTAINERS

#### 1. GENERALITES

Le prix de revient d'un système intégré de transport par containers est une fonction complexe d'une série de variables dont l'influence respective sur le coût global peut être favorable ou défavorable. L'objectif d'un tel système de transport est d'aboutir à une réduction du coût global, même si certains éléments de ce coût sont incontestablement plus élevés que les coûts correspondants dans un système de transport conventionnel.

La notion de coût global peut néanmoins être interprétée de différentes manières. En matière de containers, le coût total d'un transport isolé peut difficilement être considéré comme représentatif de cette notion. Etant donné l'extension d'un système de transport intégré, l'objectif global mérite d'être fixé plus haut. En fait, c'est sur la base d'un raisonnement macroéconomique, c'est-à-dire la recherche du coût de transport minimal pour l'économie nationale, que doit être jugée l'introduction d'un large système intégré de transport par containers.

Cet objectif risque toutefois en pratique de se révéler trop vaste, ce qui conduit à le diviser en objectifs partiels, plus faciles à appréhender pour les parties en cause. Il importe que ces objectifs partiels ne soient pas fixés de telle manière qu'ils puissent avoir une influence défavorable sur l'objectif global.

Ce point de vue est dans une large mesure dicté par le fait qu'un système de containers au sens large concerne nécessairement un très grand nombre de partenaires, d'une manière qui nécessite une étroite coordination entre eux. Cette coordination est indispensable non seulement pour la conception et la standardisation des containers, les méthodes et l'outillage de manutention, et les moyens de transport, mais aussi en matière de programmation et de réalisation du transport lui-même. Sans elle, les possibilités de tirer profit des avantages du transport par containers risquent d'être restreintes. La question de coordination est donc un facteur d'importance capitale.

Il convient de souligner à ce propos qu'un système de transport par containers ne peut satisfaire tous les besoins éventuels de transport. Même si les critères des marchandises "containerisables" étaient révisés peu à peu en faveur du transport par containers, il subsiste un grand nombre de catégories de biens qui par leur nature physique ou pour des raisons économiques doivent être considérés comme peu adaptés à cette forme de transport. La part relative du volume de transport qui peut être regardé comme apte au container est difficile à déterminer et cela sort du cadre de cet article, mais les essais d'évaluation entrepris en ce domaine conduisent à des chiffres étonnamment élevés.

Parmi les nombreux facteurs sur lesquels peut être fondée l'appréciation de l'utilité du transport par containers, il est possible d'en isoler quelques uns qui peuvent être qualifiés de primordiaux par leur importance. Ces facteurs peuvent être divisés en deux groupes : d'une part, les facteurs favorables au transport par containers, d'autre part, ceux dont le jeu contrarie de manière directe ou indirecte l'introduction de ce mode de transport. Ils sont énumérés ci-dessous :

#### Facteurs favorables

- . Rationalisation du travail de manutention,
- . temps d'immobilisation des moyens de transport,
- . coordination des transports,
- . protection des marchandises,
- . qualité du service,
- . simplification des documents,
- . règles de responsabilité et d'assurances.

#### Facteurs défavorables

- . Frais généraux, d'amortissement et d'entretien,
- . retour à vide,
- . pertes de capacité,
- . nécessité d'un outillage de manutention spécialisé,
- . nécessité d'adaptation des moyens de transport,
- . questions de tarification,
- . questions de propriété,
- . autres problèmes de coordination.

Les facteurs positifs et négatifs énumérés ci-dessus doivent être examinés dans le cadre général de l'organisation et de l'économie du transport par containers. Leur influence respective varie toutefois en fonction des conditions spécifiques au besoin de transport considéré. Une analyse globale des interrelations complexes entre ces facteurs et de leurs influences variables apparaît trop vaste. C'est pourquoi nous nous limiterons à des remarques d'ordre général, complétées par un exemple de calcul simple relatif à un système intégré de transport par containers défini à titre d'hypothèse.

## 2. FACTEURS FAVORABLES

### 2.1. Rationalisation du travail de manutention

Toute marchandise transportée subit en cours de transport un certain nombre de manutentions. Le nombre de manutentions ou ruptures de charge dépend du nombre de moyens de transport utilisés et de stockages intermédiaires. Le cas le plus favorable au point de vue manutention est celui du transport porte à porte, c'est-à-dire celui qui ne nécessite que deux manutentions, chargement chez l'expéditeur et déchargement chez le destinataire.

Le travail de manutention global pour une quantité donnée de marchandises est d'autre part directement fonction du nombre d'unités transportées. Le groupement de marchandises en charges unitaires conduit à une réduction du nombre d'opérations de manutention. Sous condition que ces charges unitaires soient standardisées, le recours à la manutention mécanisée devient possible.

Ces remarques élémentaires ont conduit à la création de la palette, qui est utilisée principalement pour les transports intérieurs. L'introduction de la palette a permis d'obtenir de notables réductions de coûts en matière de transports et de manutention. C'est sur le même raisonnement que repose l'idée du transport par containers. A la différence de la palette, celui-ci est toutefois destiné avant tout à permettre une rationalisation semblable en matière de transports internationaux.

La charge unitaire est dans ce dernier cas d'un tout autre ordre de grandeur, de même qu'elle constitue généralement une unité close. Cela entraîne une réduction appréciable du nombre de manutentions requises pour chaque transport et favorise également une mécanisation poussée du travail de manutention. La valeur de cette rationalisation et de cette mécanisation est directement fonction du nombre de ruptures de charge. Il convient cependant de souligner que l'on ne peut négliger les opérations de remplissage et de vidage du container qui devraient dans de nombreux cas pouvoir être comparées au chargement et au déchargement des moyens de transport par les méthodes conventionnelles. Dans certains cas, ces opérations de remplissage et de vidage peuvent être plus difficiles à réaliser que lorsqu'il s'agit de transport conventionnel, avant tout parce qu'habituellement le container ne peut être rempli et vidé que par les panneaux frontaux.

Parmi les facteurs liés à la rationalisation du travail de manutention, il convient de mentionner les avantages dus à l'autonomie du container par rapport au moyen de transport, qui permet une grande souplesse lors de la programmation des opérations de remplissage et de vidage. Les mesures de temps données aux chapitres 3 et 4 (1) pour les différents appareils de manutention donnent une idée des capacités de manutention considérables qui peuvent être atteintes avec le transport par con-

---

(1) Chapitres, non traduits, du même rapport.

ainers. En matière de chargement et de déchargement de navires par exemple, qui représente le cas où les capacités les plus élevées peuvent être atteintes, les chiffres de 400 à 500 t/h par équipe se comparent au chiffre courant de 30 t/h par équipe pour l'arrimage traditionnel. Le chiffre correspondant pour le transbordement de marchandises en containers du chemin de fer au camion par exemple atteint environ 200 t/h dans l'hypothèse où chaque container contient environ 10 t de marchandises.

Les avantages offerts par le container aux points de vue exposés ci-dessus ont une grande influence sur la part du coût total de transport constituée par les manutentions. L'équipement de manutention hautement mécanisé conduit à une inversion du rapport entre frais fixes et frais variables dans le coût de manutention, en ce sens que les frais fixes augmentent alors que les frais variables diminuent. Le coût réel unitaire de manutention calculé par container, tonne de marchandises, mètre cube ou autre dépend en conséquence très étroitement du taux d'utilisation de l'équipement. Cette constatation est d'autant plus importante que l'outillage dans sa forme la plus évoluée n'est utilisable que pour la manutention des containers. Le volume de trafic de containers aux lieux de transbordements a donc une influence décisive sur le prix de revient.

## 2.2. Temps d'immobilisation des moyens de transport

Le second facteur dont l'influence sur le prix de revient est capitale est la réduction des temps d'immobilisation des moyens de transport entraînée par l'adoption des containers. Ces temps sont souvent très élevés et représentent une réduction inévitable de l'activité productive de transport. Là aussi, le cas extrême est celui du navire pour lequel un rapport égal à l'unité entre le temps passé à quai dans l'année et le temps à la mer n'a rien d'exceptionnel. Pour des navires porte-containers spécialisés ce temps à quai a pu être réduit de 50 % à 20 %, ce qui correspond à une augmentation de 60 % du temps de navigation utile. Cela entraîne en principe que trois navires porte-containers ont la même capacité de transport que cinq navires traditionnels. Des gains semblables, quoique d'un ordre de grandeur moindre, sont réalisables pour les moyens de transport terrestres.

Il est toutefois relativement délicat de préciser d'une manière générale l'estimation de la baisse de coût due à cet accroissement de productivité des moyens de transport, d'une part du fait du fonctionnement intermittent du transport et des inégalités qui en résultent, d'autre part du fait de certains problèmes de politique de l'emploi. Il est néanmoins évident que la réduction des temps d'arrêt des moyens de transport et l'augmentation corrélative de la capacité de transport ont une influence favorable et importante sur le prix de revient global.

## 2.3. Coordination des transports

La rationalisation et l'efficacité accrue du travail de manutention rendues possibles par le container, modifient dans une large mesure les éléments fondamentaux des décisions relatives au mode d'exécution du transport valables pour le transport

traditionnel. Du fait des longs délais nécessités par les opérations de manutention et de la part du coût total qu'elles représentent en matière de transport traditionnel, les choix relatifs à la réalisation du transport sont avant tout fondés sur la réduction dans la mesure du possible du nombre d'opérations de manutention. Les moyens de transport sont en conséquence choisis si possible de manière à diminuer au maximum les ruptures de charge entre expéditeur et destinataire, c'est-à-dire par l'intermédiaire d'un seul moyen de transport. L'adoption du container ouvre des voies nouvelles en ce domaine, puisque l'utilisation combinée de plusieurs moyens de transport peut devenir économiquement défendable, sans que soit abandonnée pour autant l'exigence d'élimination des ruptures de charge entre expéditeur et destinataire.

Il n'y a guère de doute que le transport à longue distance par chemin de fer soit nettement préférable au transport par la route au point de vue économique, si la comparaison est limitée au coût réel de trajet. La limite, en termes de distance parcourue, à partir de laquelle le coût de trajet de l'un de ces moyens de transport devient inférieur à l'autre, ne peut être fixée de manière générale car un grand nombre de facteurs externes interviennent. Des chiffres voisins de 250 km ont néanmoins été publiés, tant en Suède qu'aux Etats-Unis. La connaissance de ce chiffre en lui-même est d'un intérêt limité, puisqu'il convient en pratique de procéder à une analyse dans chaque cas. Cette analyse doit, par delà les coûts de trajet et de manutention proprement dits, inclure une estimation des caractéristiques des moyens de transport sur d'autres plans tels que sécurité, efficacité et facilité d'accès.

La croissance très rapide du mode de transport Piggy-back aux Etats-Unis ces dernières années résulte d'une modification des conditions de coordination entre transports. Si le même phénomène n'a pas eu lieu en Europe, c'est avant tout du fait du gabarit libre relativement réduit en usage dans les chemins de fer européens, qui ne permet le transport par chemin de fer de semi-remorques de taille normale que sur des wagons tout à fait spéciaux. Cette difficulté n'existe pas en matière de transport par containers, puisque les containers placés sur des wagons standards ne dépassent pas le gabarit. (1)

Ainsi, du fait de l'adoption du container comme accessoire de transport, diverses solutions précédemment non rentables deviennent accessibles. Même si un transport coordonné de ce type entraîne dans certains cas un nombre de transbordements accru, la réduction des frais de parcours combinée à la manutention de charges unitaires élevées peut conduire à un abaissement du prix de revient global du transport.

#### 2.4. Protection des marchandises

La notion de protection des marchandises acquiert un sens très large avec le transport par containers : nous entendons par là d'une part la protection offerte par

---

(1) Cette remarque ne vaut pas pour la France où les grands containers (8 de hauteur exigeront des wagons surbaissés (N. du T.).

le container à la marchandise contre les chocs et les agents atmosphériques durant le transport, d'autre part, la protection sous forme d'une diminution du nombre d'expositions de la marchandise, d'où réduction des risques de vol et de coulage en cours de transport. Le fait que le container constitue de par sa nature même une unité fermée, protectrice de la marchandise transportée, rend possible dans certains cas l'utilisation d'emballages simplifiés. Ainsi, avec le transport par containers, il s'est révélé possible d'utiliser dans une très large mesure pour l'exportation le même type d'emballage que pour le marché intérieur, d'où l'élimination des coûts supplémentaires dus aux emballages spéciaux pour l'exportation. La valeur de cet argument ne doit pas être sous-estimée, car le coût d'emballage constitue souvent une part importante du prix de revient de la marchandise. Il convient néanmoins de souligner également que l'emballage ne peut jamais être simplifié au-delà des exigences de ce qui constitue le maillon le plus faible de la chaîne de transport. Cela sous-entend que, si en un point ou un autre du trajet entre expéditeur et destinataire la marchandise doit être transportée et manipulée de manière traditionnelle, l'emballage doit être dimensionné en conséquence, même si l'essentiel du transport a lieu en container.

La capacité de protection du container entraîne également une réduction de l'ampleur des réclamations motivées par les détériorations, le coulage, le vol ou l'action des agents atmosphériques subis en cours de transport, d'où une réduction corrélative des coûts correspondants. Les coûts de l'emballage et des réclamations dépendent largement de la qualité de la marchandise et sont très variables à l'intérieur d'une catégorie donnée ou entre diverses catégories de marchandises. Il y a en même temps une relation directe entre ces deux coûts. Une simplification poussée de l'emballage entraîne sans aucun doute un coût de réclamations anormalement élevé, coût direct aussi bien qu'indirect. Le coût indirect comprend les primes d'assurances-transport, mais aussi les coûts résultant de la perte de confiance. Les primes d'assurances sont calculées avant tout en fonction de la probabilité estimée de pertes en marchandises. On peut donc s'attendre dans ce cas à une forte élévation des primes. En sens inverse, un effort accru en matière d'emballage tendant à réduire à zéro le pourcentage de réclamations observé conduit sans aucun doute à des coûts d'emballage plus que proportionnels. La liaison entre les coûts d'emballage et de réclamations pose donc un problème d'optimisation, même en matière de transport par containers. Il reste que le transport par containers conduit indubitablement dans ce processus d'optimisation à un coût total inférieur à celui obtenu en transport traditionnel.

Il convient de noter à ce propos que l'étendue des dommages subis par les marchandises en container dépend directement du degré d'implantation et de mise au point du système de containers. Les exigences fondamentales concernent le soin consacré au remplissage du container d'une part, la sécurité de fonctionnement et la précaution lors de la manutention du container d'autre part. Les risques de détérioration de la marchandise sont relativement réduits dans un système fermé et bien installé dans lequel le remplissage et la manutention des containers sont confiés à un personnel entraîné. Ils sont beaucoup plus élevés dans un système ouvert où les conditions ci-dessus ne sont pas toujours remplies.

Chez un armateur américain qui a pratiqué le transport par containers durant plusieurs années selon un système que l'on peut assimiler à un système fermé, les pertes résultant d'avaries aux marchandises en container sont estimées à 100 dollars

pour 9 000 t de marchandises, soit des frais d'avaries voisins de 5 centimes à la tonne transportée, c'est-à-dire des frais pratiquement négligeables. Comme les conditions de fonctionnement de ce système sont à considérer comme idéales, il est probable que les frais d'avaries sont nettement supérieurs à cette valeur dans un système ouvert, tout en restant nettement inférieurs aux valeurs rencontrées à l'heure actuelle dans les transports traditionnels.

## 2.5. Qualité du service

En plus des facteurs examinés jusqu'ici, dont l'influence sur le prix de revient peut être mesurée, éventuellement avec difficulté, il existe un grand nombre d'autres facteurs favorables au transport par containers dont il est très difficile de préciser l'incidence comptable, même si toutes les données relatives au transport considéré sont connues. Mentionnons parmi ces facteurs la sécurité de livraison, qui signifie pour l'expéditeur une élévation de son capital de confiance et apporte entre autres au destinataire une simplification de ses techniques de prévision, ainsi qu'une diminution de ses besoins en stockage, d'où une possibilité d'économies. La rapidité et la sécurité de livraison qui peuvent être obtenues avec un système intégré de transport par containers augmentent ainsi la qualité du service de transport.

## 2.6. Simplification des documents

Un problème important en matière de transport, et sans doute avant tout pour les transports internationaux, est celui des documents. L'établissement du nombre souvent élevé de pièces requises pour l'exécution du transport exige un travail considérable. Notons par exemple que pour une expédition de marchandises à l'exportation au départ des Etats-Unis le nombre de documents de transport requis est voisin de 46, tandis que le chiffre correspondant pour l'importation aux Etats-Unis atteint 76. Il est donc naturel qu'un peu partout on étudie à fond les questions liées au problème des documents pour réduire dans la mesure du possible le nombre de pièces requises et les standardiser. Ces efforts ont abouti entre autres à la présentation par la Commission Economique pour l'Europe d'un plan de standardisation des documents d'exportation. Un plan analogue a également été publié aux Etats-Unis. Il subsiste toutefois pour faire accepter ces propositions de manière unanime de grandes difficultés dues avant tout aux règles et clauses de responsabilité en vigueur, qui ne répondent plus aux exigences du moment.

Les remarques ci-dessus sont également valables en grande partie pour le problème des documents en matière de transport par containers. On peut noter dans ce cas une sorte de double effet, en ce sens qu'une exploitation rationnelle du transport par containers exige une simplification et une standardisation des documents de transport et que les containers, par le fait même qu'ils constituent des charges unitaires closes, facilitent dans de nombreux cas cette rationalisation. La première exigence en matière de transport par containers est celle d'un titre de transport valable sur le parcours complet : un "Through Bill of Lading". Il est indispensable que puisse être établi un document unique couvrant l'ensemble des maillons de la

chaîne de transport au lieu d'un grand nombre de titres de transport couvrant chacun un type de trajet. L'avantage commercial que comporte un tel système est évident.

Le double effet décrit ci-dessus en matière de simplification des documents liée à l'adoption du container, fonctionne également pour les formalités douanières. Au fur et à mesure de la prise en considération des économies potentielles réalisables du fait du groupement des marchandises en container, on peut s'attendre à une adaptation des formalités en douane aux exigences du transport par containers. A l'heure actuelle les progrès en ce domaine apparaissent certes bien timides, mais un changement radical sur ce point ne manquera pas de s'imposer. Ces améliorations faciliteront les transports par containers scellés entre un expéditeur et un destinataire installés dans des pays différents, sans visite de douane lors de la traversée de pays intermédiaires par les containers en transit, selon des règles analogues à celles en vigueur actuellement du fait de la convention TIR. Il doit de plus devenir possible d'introduire hors taxes dans un pays donné les containers servant aux transports internationaux, même s'ils sont immatriculés à l'étranger. A l'heure actuelle les règles varient d'un pays à l'autre en ce domaine, mais les avantages du transport par containers n'apparaîtront jamais pleinement si cet obstacle n'est pas éliminé.

Il convient également de noter à ce propos que le transport par containers a été l'un des éléments moteurs de la tendance à une modification de l'implantation géographique des services de douane observée à l'heure actuelle. Ces services, naguère installés essentiellement dans les ports, sont transférés en grande partie dans les grands entrepôts proches des villes portuaires, mais aussi vers certains entrepôts de l'intérieur. En ce qui concerne la Suède, des efforts sont également entrepris pour mettre en application dans les grandes entreprises industrielles une sorte de déclaration individuelle en matière de formalités douanières, évolution qui répond pleinement aux exigences du transport par containers.

## 2.7. Règles de responsabilité et d'assurance

On peut dire, sans qu'il soit possible d'entrer ici dans les détails, que le transport par containers offre de nombreux avantages, tant en ce qui concerne les règles de responsabilité qu'en matière d'assurance. Les règles de responsabilité recèlent à coup sûr de nombreuses difficultés en ce sens que, loin d'être en aucune manière les mêmes pour tous les moyens de transport, elles révèlent au contraire des divergences fondamentales. Malgré cela, il semble exister de bonnes possibilités juridiques pour une solution telle qu'un seul des transporteurs participant au transport combiné soit considéré comme le transporteur pour l'ensemble du trajet au regard du client. La manière dont ce transporteur règle ses rapports avec les autres professionnels concernés n'intéresse plus le client. Le transport par containers offre tout simplement certaines possibilités particulièrement favorables d'établissement de règles de responsabilité valables pour l'ensemble du transport, donnant au client une couverture beaucoup plus complète des risques d'avaries que les règles traditionnelles du droit maritime par exemple. Ces règles de droit maritime, fondées sur la convention de La Haye, présentent toutefois, du fait du principe fondamental de responsabilité par colis qui limite à 1 800 F par colis le droit à remboursement du fait

d'avaries, de graves inconvénients en matière de transport par containers. La diversité des définitions de la notion de colis en est la cause essentielle. Si le container en tant que tel est considéré comme un colis, cela entraîne que le remboursement d'avaries survenues aux marchandises chargées en container est limité à 1 800 F par containers, somme qui ne couvre dans de nombreux cas qu'une faible fraction du coût réel. Une telle application de la convention de La Haye est évidemment en contradiction avec les exigences du transport, et il est évident que cette convention n'a pas été mise au point en vue de l'intégration des transports terrestre et maritime.

La question de responsabilité se trouve encore compliquée du fait que, si les containers sont chargés chez le producteur et transportés au port pour expédition ultérieure par voie maritime, le transporteur n'a aucun contrôle direct sur le remplissage des containers, ni par conséquent sur les risques d'avaries. Cela implique qu'il y a dans ce cas une importante responsabilité de l'expéditeur.

Comme noté plus haut, un "Through Bill of Lading" peut être utilisé au lieu du connaissement. Alors que le transporteur terrestre et la compagnie de chemins de fer peuvent dans certains cas délivrer un titre de transport global, valable pour l'ensemble du parcours y compris le trajet maritime, l'armateur n'a en principe pas le droit de délivrer un tel document si une partie du trajet est ferroviaire. Si le transport terrestre est uniquement routier, l'armateur peut néanmoins délivrer un titre de transport global, à condition que les règles du droit maritime s'appliquent au transport maritime et que le transport terrestre soit régi par la convention CMR. Une autre possibilité, qui pourrait peut-être constituer la solution au problème de responsabilité, consiste à appliquer uniquement les règles du transport terrestre en matière de responsabilité. Ces règles sont dès lors applicables au transport maritime. Les règles fixées par la convention CMR pour le transport terrestre sont toutefois à l'heure actuelle applicables seulement aux semi-remorques.

Ainsi, il est évident qu'il n'existe pour l'instant aucune solution univoque à la question de responsabilité. Il reste beaucoup à faire avant de parvenir à une solution adaptée aux exigences du transport par containers. Les difficultés mentionnées plus haut peuvent être illustrées simplement par un exemple.

Supposons qu'à l'issue d'une opération de transport intégré d'un container par voie terrestre et maritime le destinataire constate que la marchandise a été détériorée en cours de transport, sans qu'il soit possible de déterminer si l'avarie est survenue au cours de la phase terrestre ou maritime du transport. Si des règles de responsabilité différentes s'appliquent aux transports terrestre et maritime, il peut y avoir conflit dans la mesure où le transporteur peut réclamer l'application de la convention de La Haye, préférable du point de vue du transporteur, alors que l'expéditeur souhaite que la responsabilité soit fondée sur la convention CMR.

Les problèmes d'assurance sont intimement liés à la question de responsabilité. Un argument de poids, favorable à l'adoption du transport par containers et souvent évoqué, est l'économie réalisable du fait des caractéristiques protectrices du container, sous forme de primes d'assurance réduites. Ce point a été évoqué plus haut. Les assureurs se voient offrir également d'intéressantes possibilités de rationalisation en matière de formes d'assurance d'une part, de recours d'autre part, ce

qui pourra aussi conduire à d'importantes réductions de frais généraux.

### 3. FACTEURS DEFAVORABLES

Les facteurs favorables présentés jusqu'ici et les économies auxquelles ils contribuent doivent être étudiés parallèlement aux charges supérieures sur d'autres plans qu'entraîne le transport par containers. Ces charges, appelées ici facteurs défavorables, sont examinées ci-dessous.

#### 3.1. Frais généraux, frais d'amortissement et frais d'entretien des containers

Les frais généraux, d'amortissement et d'entretien des containers représentent une part importante des frais de transport, comparés aux frais correspondants pour d'autres types moyens de groupage, tels que les palettes. Les frais d'amortissement et d'entretien, ainsi que les frais généraux dans une large mesure, doivent être considérés comme des frais fixes et sont sans doute la cause de l'inversion du rapport entre coûts de transport fixes et variables, caractéristique du transport par containers. Cela signifie également que le coût réel d'utilisation du container pour un transport donné est fonction du taux d'utilisation du container. L'utilisation du container n'est pas toutefois une notion définie de manière univoque, puisqu'elle peut correspondre par exemple à des utilisations diverses de la capacité de charge du container, en poids ou en volume, à l'emploi du container en cours de transport, c'est-à-dire son déplacement physique à vide ou en charge, mais également à l'emploi du container pour stockage de courte durée. La base de répartition est donc variable.

Pour le calcul de prix de revient ci-dessous, la répartition a été effectuée en fonction du nombre de journées d'utilisation du container à l'un ou l'autre des usages définis ci-dessus. Le calcul est conduit pour deux sortes de containers, d'une part un container standard de 20 pieds, comportant en plus de l'équipement standard un soubassement spécial pour manutention sur fourche, d'autre part le même type de container comportant de surcroît un équipement spécial pour fixation directe d'un train de roues sans châssis intermédiaire. Les containers sont fabriqués en acier et aluminium. Le soubassement, poutres longitudinales équipées d'orifices d'introduction des fourches de manutention et poutres transversales, ainsi que les cadres frontaux sont en acier, tandis que les autres poutres longitudinales et transversales sont en aluminium. L'habillage est réalisé en plaques d'aluminium.

#### Hypothèse A.

Container standard équipé pour manutention sur fourche.

#### Hypothèse B.

Container standard équipé pour manutention sur fourche et pour manutention

selon la technique Swing-on-Swing-off, (1) avec dispositif d'accouplement. Cet équipement comporte des poutres longitudinales inférieures spéciales pour montage d'essieux, dispositif de fixation de pieds démontables, pivot central de fixation, équipement électrique et conduites de freins.

Calcul de prix de revient des containers (2)

	Hypothèse A (francs)	Hypothèse B (francs)
Prix d'achat	F. 9 000	9 000
Supplément pour équipement de manutention sur fourche	F. 400	400
Equipement supplémentaire	F. -	2 500
Taxes	F. 474	624
Prix d'achat total	F. 9 874	12 524
Valeur résiduelle 5 %	F. 494	626
A amortir Francs	<u>9 380</u>	<u>11 898</u>
Taux d'actualisation %	10	10
Durée de vie en années	10	10
Frais d'entretien	F. 400	500
Assurance	F. 180	216
Provision pour risques %	3	3
Frais de gestion %	5	5
Annuité d'amortissement	F. 1 530	1 940
Frais d'entretien	F. 400	500
Assurance	F. 180	216
Provision pour risques	F. 60	75
Frais de gestion	F. 100	124
Prix de revient annuel total par containers	<u>F. 2 270</u>	<u>2 855</u>

(1) Décrite dans une partie non traduite du rapport (N. du T.).

(2) Unité : franc français (N. du T.).

Prix de revient journalier par container

Nombre annuel de jours d'utilisation	Taux % d'utilisation	Prix de revient journalier	
		HYP. A	HYP. B
100	27	23	29
200	55	12	15
300	82	8	10

Le prix d'achat retenu correspond à une série de containers assez importante. La durée de vie retenue est de 10 ans, ce qui peut être discuté. L'expérience acquise indique toutefois qu'une durée de vie de 10 ans au sens technique est tout à fait dans le domaine du raisonnable pour le type de containers décrit ci-dessus, à condition que les containers soient utilisés dans un système de transport bien conçu. La durée de vie économique du container dépend d'une part du rythme de progrès en matière de construction de containers, d'autre part de l'importance des frais d'entretien. Le poste "Frais d'entretien" introduit dans le calcul correspond avant tout aux frais de peinture et d'entretien des parties du container réalisées en acier et aux réparations courantes correspondant à l'usure normale. Dans ce calcul, les coûts correspondant à des avaries graves sont supposés couverts par les primes d'assurance.

Les postes "Provision pour risques" et "Frais de gestion", représentant au total 8 % du prix d'achat, dépendent du type de système dans lequel sont utilisés les containers. L'estimation retenue correspond à l'hypothèse que les containers sont utilisés dans un système intégré de transport terrestre et maritime, assimilable à un système fermé.

Les frais de gestion ou frais généraux dépendent non seulement de la conception du système, mais aussi dans une large mesure de la question de propriété. Il est néanmoins vraisemblable que si les containers doivent être utilisés dans un système ouvert le poste "Frais généraux" augmentera.

Comme le nombre de containers nécessaires à un fonctionnement efficace du système est obligatoirement élevé, le coût du parc de containers est élevé. Son importance mérite d'être soulignée avec une vigueur particulière du fait qu'il y a une certaine tendance à sous-évaluer le besoin en containers. Ce besoin croît en fonction de la dispersion comme le développement des moyens. Les estimations du rapport entre le parc de containers et la capacité de charge d'un navire porte-containers par exemple, généralement voisines de trois jeux de containers par navire, sont sans doute peu réalistes s'il s'agit d'utiliser ces containers dans un système de transport intégré. Dans l'exemple donné ci-dessus, un parc de containers de cette importance limite dans une large mesure l'utilisation des containers au transport maritime, c'est-à-dire que les containers font seulement l'aller et retour d'un entrepôt portuaire à l'autre et servent avant tout à réduire le temps à quai du navire. Il convient cependant de noter également que le besoin en containers ne croît pas linéairement en fonction de la capacité du moyen de transport, à condition que la programmation dans le temps soit rationnellement effectuée.

### 3.2. Retour à vide

Le problème du retour des containers vides peut être considéré comme une partie de la diminution de capacité statique du moyen de transport entraînée par l'adoption du container. Etant donné la place prépondérante accordée à la question du transport à vide des containers, nous avons choisi de consacrer un paragraphe à l'examen de ce problème.

Même dans le cas d'un système de containers fermé fonctionnant entre deux points, on ne peut pas supposer que les flux de marchandises dans les deux sens s'équilibrent exactement. Même si l'équilibre à long terme est voisin de l'idéal, les fluctuations dans le temps du flux de marchandises entraîneront un besoin de transports à vide, fonction du nombre d'unités composant le parc de containers. Le besoin de transport de containers vides croît en fonction de l'extension du système de transport à de nouveaux points de desserte et en fonction du degré d'ouverture du système.

Les problèmes de retour à vide ne sont évidemment pas spécifiques au transport par containers, puisqu'on les retrouve partout en matière de transport, aussi bien pour d'autres types de charges unitaires telles que palettes, élingues, plateaux et autres, que pour les moyens de transport eux-mêmes. L'importance particulière du problème en matière de transport par containers tient au fait que le container occupe le même volume à vide que plein, ce qui n'est pas le cas pour les autres types d'accessoires de groupage.

Ainsi, il est évidemment nécessaire d'accepter une certaine dose de retours à vide. Jusqu'à quel point ? C'est une question qui doit être résolue sur la base des conditions de fonctionnement du système de transport en cause. Il y a cependant une certaine tendance à surestimer les problèmes liés au retour des containers vides. Un bon exemple en est le fait qu'il existe aujourd'hui en plusieurs endroits des systèmes de containers fonctionnant dans des conditions d'équilibre des flux de marchandises très proches du cas le plus défavorable, à savoir les flux à sens unique, ce qui entraîne que le volume de transports à vide est pratiquement équivalent au volume de transports productifs. En dépit de cela, d'excellents résultats ont été obtenus avec ces systèmes. (1)

Le coût du retour à vide pèse toutefois en définitive sur la marchandise transportée. Il est donc important de chercher à minimiser la part de ces transports à vide. Même s'il ne s'agit pas d'un objectif essentiel, mais plutôt d'un des objectifs secondaires mentionnés plus haut, méritant d'être pris en considération dans une optique d'optimisation totale du système de containers, il y a beaucoup à gagner du fait d'une programmation minutieuse et d'une coordination poussée entre les partenaires intéressés.

---

(1) Un transport régulier de containers, à sens unique, existe par exemple en Suède entre deux usines de la firme Volvo ; il entraîne de grandes économies (N. du T.)

Notons surtout que les difficultés de recherche de fret de retour pour les containers et de réduction subséquente des retours à vide varient sans doute dans une large mesure en fonction des questions de propriété qui seront examinées au paragraphe 3.7.

### 3.3. Pertes de capacité

La capacité de charge utile des divers véhicules et navires de transport se trouve réduite dans des proportions variables, aussi bien en matière de poids que de volume, lorsqu'ils sont affectés au transport par containers. Les causes essentielles de cet état de fait peuvent être résumées en trois points :

- . Difficultés d'utilisation complète de la capacité de charge du container,
- . Poids à vide du container et rapport entre ses volumes interne et externe,
- . Equipements spéciaux coûteux en volume sur les véhicules et les navires.

L'influence de chacun de ces facteurs sur la capacité de divers moyens de transport a été examinée à divers points de vue au cours des chapitres précédents. Les difficultés d'utilisation de la capacité du container, spécialement en cas de remplissage avec des marchandises sur palette, ont été exposées au chapitre 5 : "Remplissage et vidage des containers". Il a été également mis en évidence que la perte de volume moyenne pour la marchandise transportée est telle que la capacité en volume du container est le facteur limitatif dans la grande majorité des cas. Un taux de remplissage de 76 % a été retenu dans l'exemple traité au chapitre 5, le container étant rempli de marchandises sur palette. Même s'il est possible d'atteindre un taux de remplissage supérieur lorsque les marchandises chargées dans le container ne sont pas sur palette, l'utilisation à 100 % du volume interne du container n'est pas réalisable.

Il est intéressant de rappeler à ce propos que les pertes de volume dans les containers chargés autrement qu'avec des marchandises sur palette sont relativement indépendantes de la taille du container, ce qui est confirmé par deux enquêtes indépendantes l'une de l'autre effectuées aux Etats-Unis. Dans la première de ces enquêtes, couvrant cinq tailles différentes de containers, les pertes de volume trouvées sont voisines de 15 % en moyenne. Des résultats équivalents ont été obtenus dans la seconde enquête, couvrant toutes les catégories de marchandises transportées, au cours de huit trajets maritimes consécutifs, par le service de containers d'un armateur américain. Le chiffre de 85 % peut donc être retenu comme repère pour le taux de remplissage des containers, en cas de chargement de marchandises en vrac, le chiffre correspondant pour les marchandises sur palette étant voisin de 70 à 75 %. En tenant compte des pertes de volume assez élevées qui apparaissent dans ce dernier cas, il peut être justifié de procéder à un chargement mixte en vrac et sur palette, conduisant à un taux de remplissage compris entre 70 et 85 %.

Les remarques ci-dessus concernent la liaison entre le volume interne du container et le volume réel de la charge utile. Il convient d'y ajouter les pertes

de volume dues au rapport entre le volume externe et le volume interne du container. La perte causée de ce fait est voisine de 14 % pour un container standard de 20 pieds. Si l'on en tient compte et que l'on calcule le rapport entre le volume de la charge utile et le volume externe du container, les taux de remplissage ci-dessus se trouvent ramenés à 60 - 65 % pour les marchandises sur palette et 73 % pour les marchandises en vrac.

Le taux de remplissage en volume ci-dessus a une grande importance pour la rentabilité du système de containers. Même si ce taux est important quel que soit le moyen de transport utilisé, il revêt une importance particulière en matière de transport maritime puisque, comme souligne plus haut, le navire représente un volume de transport limité, alors que les véhicules de transport terrestre représentent plutôt une surface limitée. Pour les transports terrestres de containers, c'est la perte de capacité due au poids à vide du container qui influe sur le prix de revient, en particulier dans le cas de tarifs fondés sur le coût du fret, c'est-à-dire au cas où le coût du fret est calculé sur la base du poids brut de l'unité transportée. Pour un container de 20 pieds, de 20 tonnes de poids total en charge, le poids à vide du container est de 2 tonnes, soit 10 - 12 % de la charge utile maximale. Si, compte tenu des pertes de volume mentionnées plus haut pour la marchandise transportée, on calcule le rapport entre le poids à vide du container et la charge utile, celui-là atteint 15 à 17 % de celle-ci, ce qui doit être considéré comme une valeur assez élevée, surtout pour les transports routiers dont la capacité est très sensible aux considérations de poids.

En plus des pertes de capacité mentionnées ci-dessus, qui sont directement liées aux caractéristiques du container en tant que tel, il existe des pertes supplémentaires. Celles-ci sont liées aux équipements spéciaux requis sur les véhicules et surtout sur les navires pour permettre un transport rationnel des containers. Alors que ces pertes de capacité peuvent en général être regardées comme négligeables pour les véhicules terrestres, leur influence sur la capacité de charge des navires porte-containers est très marquée. Il s'agit uniquement ici de pertes en volume, puisque la capacité du navire porte-containers en matière de poids n'est jamais utilisée pleinement, même si le navire est chargé du nombre maximum de containers remplis de marchandises de poids spécifique normal. Ces pertes résultent avant tout du compartimentage de la cale, servant en quelque sorte de guide aux containers chargés sous le pont. Il convient d'ajouter aux pertes causées par cet équipement spécial celles qui résultent des écarts entre la forme de la cale (flancs bombés et obliques, etc.) et la forme parallélépipédique des containers. Des enquêtes ont montré que ces pertes en volume peuvent atteindre 15 % pour des navires porte-containers spécialisés construits pour la manutention selon la méthode Lo-Lo (Load-on-Load-off).

En additionnant toutes les pertes en volume décrites plus haut, une perte en volume totale voisine de 35 % est obtenue pour le navire porte-containers. Il convient d'observer que ce chiffre se rapporte au volume total de charge du navire. Pour une comparaison avec les navires conventionnels, ce chiffre doit donc être mis en regard du taux de remplissage obtenu par l'autre méthode. On peut sans doute retenir en général un taux de 85 % dans ce cas. C'est donc à ce chiffre qu'il convient de comparer le taux de remplissage de la charge utile pour le navire porte-containers, voisin de 65 %. Les valeurs indiquées ci-dessus sont données compte tenu de l'accroissement du fret de pont autorisé par l'emploi des containers.

Il résulte de ce qui précède que d'un point de vue statique les pertes de capacité résultant de l'adoption des containers peuvent être relativement élevées. L'augmentation de coût correspondante doit cependant être comparée aux gains obtenus du fait que la capacité dynamique des véhicules et des navires est puissamment accrue par l'adoption du container. Nous entendons par là l'augmentation de la capacité de transport résultant de la réduction des temps d'arrêt terminaux des moyens de transport.

#### 3.4. Nécessité d'un outillage spécial de manutention

Une condition nécessaire pour tirer profit des avantages économiques du transport par containers est que les opérations de manutention qui interviennent entre les divers trajets constitutifs du transport soient effectuées avec efficacité et un degré élevé de rationalisation. De ce fait, et compte tenu du volume et du poids des containers, un outillage de manutention spécialisé est généralement requis. L'emploi de cet outillage est dans de nombreux cas limité à la seule manutention des containers. Une utilisation complémentaire peut dans certains cas être totalement exclue. L'essentiel de cet outillage présente de plus la caractéristique commune d'exiger d'importants investissements en capital. Cela entraîne que les frais fixes représentent une part très grande des frais de manutention. De plus, comme indiqué ci-dessus, il ne faut pas compter couvrir les frais fixes, essentiellement composés de frais financiers et d'amortissement du capital investi, par le produit d'une activité autre que la manutention de containers. Il convient en conséquence d'obtenir un taux élevé d'utilisation de l'outillage de manutention des containers, pour maintenir à un faible niveau le coût unitaire de manutention. La capacité technique à divers points de vue, requise à cette fin, est suffisante pour la plupart des équipements. On peut dire que les frais fixes correspondent dans une large mesure à la capacité technique de l'outillage. La question la plus importante en ce domaine est donc pour une installation donnée la détermination du seuil de trafic de containers conduisant à un coût unitaire de manutention économiquement rentable, du fait de la répartition des frais fixes sur l'ensemble des opérations.

La notion d'outillage de manutention spécialisé pose d'ailleurs un autre problème, qui peut avoir certaines conséquences économiques liées aux remarques ci-dessus. Deux méthodes de manutention ont été distinguées plus haut, à savoir les méthodes Lo-Lo et Ro-Ro (Load-on-Load-off et Roll-on-Roll-off). Les appareils de manutention nécessaires à leur usage respectif sont conçus selon ces principes. Il existe toutefois à l'intérieur de chaque catégorie un grand nombre de procédés et de caractéristiques variables. Il est évident qu'une standardisation assez poussée des méthodes de manutention est nécessaire dans un système intégré de containers, ce qui peut conduire à des choix considérés par l'un ou l'autre des partenaires comme économiquement désavantageux comparés à d'autres options possibles.

Considérons par exemple le système de levage employé sur le portique roulant. Le portique peut être conçu pour le levage par dessous ou par dessus. Dans le premier cas, c'est le cadre inférieur du container qui est soulevé au moyen des fourches de levage dont est équipé le portique. Dans le second cas au contraire, le container est soulevé par les quatre coins supérieurs au moyen d'un système spécial de fixation.

Ce système est standard sur les containers I.O.S. (International Organization for Standardization), alors que les encoches pour fourches de levage ne sont pas prévues par le standard I.O.S.. Si l'utilisateur du portique roulant a besoin de manipuler également d'autres charges que les containers, par exemple des plateaux, pour lesquels il n'existe pas de possibilité de levage par dessus, cela requiert l'emploi d'un outillage diversifié, sous peine de devoir vider les containers.

### 3.5. Nécessité d'aménagement spécial des moyens de transport

Les exigences du container en matière d'aménagement des véhicules et des navires ont été examinées au chapitre 7. Dans ce cas comme dans d'autres le choix est possible entre la spécialisation des moyens de transport dans le domaine des containers et la recherche d'une solution de compromis permettant à la fois le transport des containers et le transport par les méthodes conventionnelles. Même si le choix se porte sur une solution de compromis, entraînant une réduction d'efficacité du transport par containers, les exigences de ce type de transport en matière d'aménagement des véhicules et des navires sont telles que le mode de construction traditionnel est dans une large mesure inapplicable. Mentionnons seulement à titre d'exemple les pressions très élevées créées par le container lorsqu'il repose sur ses quatre coins inférieurs, dont il convient de tenir compte pour l'aménagement des véhicules comme des navires.

Cette adaptation aux exigences du transport par containers est particulièrement sensible en matière de transport maritime, alors que les efforts d'aménagement adaptés sont restés bien timides sur terre. On peut toutefois s'attendre, au fur et à mesure du développement des transports par containers, à une extension rapide aux véhicules de transport terrestre du rythme élevé d'adaptation au transport par containers observé dans le domaine maritime.

### 3.6. Tarification

La tarification va avoir un rôle important à jouer lorsque chaque chargeur aura le choix entre le transport par containers et le transport conventionnel. A l'heure actuelle, la tarification du transport par container repose sur des principes nombreux. Ainsi, la base de tarification peut être soit le container en tant que tel, soit la quantité de marchandise transportée dans le container, mesurée en unités de poids ou de volume. Dans le premier cas, la base de tarification peut être soit le poids total du container, à savoir charge nette plus poids à vide du container, soit le poids net de la cargaison. Les tarifs sont encore compliqués du fait des différences de tarification selon la valeur de la marchandise transportée. S'il n'est pas question de déterminer ici quel est le mode de tarification le plus approprié aux besoins du transport par containers, c'est-à-dire à la fois justifié sur le plan de la rentabilité et capable d'inciter à un usage accru de ce type de transport, on peut néanmoins affirmer qu'une unification des modes de tarification est hautement souhaitable. Cela est d'autant plus vrai que les raisons d'adopter des tarifs globaux, couvrant l'ensemble des phases du transport, quel que soit le nombre de moyens de

transport utilisés, deviennent très puissantes en matière de transport par containers.

La partie du tarif qui couvre seulement les frais de manutention et de parcours et ne couvre donc aucun coût lié au risque, tel que les assurances par exemple, peut en cas de transport par containers reposer sur le "principe de responsabilité des coûts" puisque le container en tant qu'unité de charge fournit une base fixe pour le calcul des coûts. En conséquence la tarification doit dans la mesure du possible retenir le container comme unité de base et être relativement indépendante de la quantité de marchandises chargées dans le container.

Certains efforts en ce sens sont entrepris, mais ces principes n'ont jusqu'à présent été appliqués que dans des systèmes assez proches par leur caractère du système fermé et dont l'ensemble des éléments sont sous contrôle unique. Il reste beaucoup à faire avant que ces principes ne commencent à faire l'objet d'une application généralisée. Le problème de l'adoption de ce type de tarification est encore compliqué du fait que dans une large mesure le transport par containers a un caractère international.

### 3.7. Questions de propriété juridique

La propriété des containers est une question qui a soulevé un intérêt considérable, qui s'explique par l'importance des investissements requis par la création d'un parc de containers et les risques liés à ces investissements. Il est hors de doute qu'avant tout investissement en containers, des efforts considérables sont entrepris pour en garantir un taux d'utilisation élevé. On peut en principe distinguer quatre types de liens de propriété : chargeurs, entreprises de transport terrestre, armateurs et pools ou sociétés de leasing. Ces quatre catégories de propriétaires coexistent à l'heure actuelle, mais le propriétaire de containers de beaucoup le plus important est pour l'instant l'armateur. C'est une phase normale du développement, puisque le container est considéré avant tout comme un moyen de charger et décharger les navires de manière rapide et rationnelle. Un nombre croissant de sociétés de leasing apparaissent toutefois, dont l'activité se concentre néanmoins essentiellement sur le leasing à long terme.

Comme les divers types de propriété offrent des possibilités diverses de satisfaire au besoin de fret de retour, cela entraîne que les containers ont des taux d'utilisation plus ou moins élevés suivant le cas, ce qui influe d'une part sur le coût de transport, d'autre part sur sa répartition entre les divers partenaires. En général le chargeur est sans doute le plus mal placé pour satisfaire au besoin de fret de retour, alors que la société de leasing liée à un pool en tant que fournisseur de containers, a les meilleures possibilités de réduction des retours à vide ; l'organisation liée à la société de leasing peut s'occuper de la répartition souvent délicate des containers vides entre les divers endroits où se manifeste une demande de containers. Il peut cependant se révéler également avantageux que d'autres sociétés intéressées au transport telles que les armateurs ou les entreprises de transports terrestres conservent des containers par devers elles, aussi bien en cas de système ouvert, c'est-à-dire de système dans lequel les divers maillons de la chaîne

de transport sont contrôlés par des partenaires différents, que de système fermé, c'est-à-dire de système où l'ensemble est contrôlé par un responsable unique, car les difficultés de recherche du fret de retour peuvent être grandes, même dans les systèmes fermés. Une condition nécessaire au fonctionnement satisfaisant de ces systèmes sur le plan de la rentabilité et de l'organisation est la création, sous une forme ou sous une autre, d'un pool de containers. A cette condition, les possibilités d'investissement rentable en containers de la part du chargeur lui-même devraient croître également. Le schéma figurant à la page suivante montre l'influence du lien de propriété sur le coût de transport dans un système de containers selon une étude américaine.

La réduction des retours de containers vides, due au fonctionnement du pool de containers, doit être comparée aux frais d'administration et d'organisation pesant sur l'ensemble du système du fait de l'existence de ce pool. Il y a néanmoins peu de doute qu'à long terme ces frais soient largement contrebalancés par les économies réalisées du fait de la réduction des retours à vide.

### 3.8. Autres problèmes de coordination

Le problème évoqué plus haut du partenaire contraint à un choix contraire à son intérêt propre, en matière d'outillage de manutention, est une petite partie des problèmes de coordination. Le degré de coordination a une grande influence sur la rentabilité globale du système de containers. Mais les questions de coordination sont sans doute les plus délicates de toutes celles posées par l'adoption d'un système intégré de transport par containers. Le problème de coordination est essentiellement du ressort de l'organisation administrative, mais ses aspects économiques ne peuvent être négligés pour autant.

L'objectif de la coordination doit être l'obtention d'une rentabilité optimale du transport sur le plan global. Le raisonnement individuel habituel, selon lequel chacun des partenaires intéressés à la réalisation du transport cherche dans la mesure du possible à réduire sa part du coût total, est insuffisant dans ce contexte. La rentabilité optimale du système ne peut être jugée qu'après étude du système dans son ensemble. Elle résulte des actions et réactions des divers facteurs les uns sur les autres. Une description complète du système de transport requiert de ce fait une analyse poussée de ces facteurs et de leur interaction. Néanmoins le fait est qu'il faut déployer de grands efforts pour vaincre le raisonnement en termes de coûts individuels.

Nous nous contenterons d'examiner brièvement quelques aspects importants des questions de coordination ou d'intégration.

Le premier point à examiner peut être la coordination technique. Celle-ci vise à l'unification des modes de construction des containers, des méthodes de manutention et autres détails purement techniques qui peuvent presque se résumer à la mise au point de standards acceptés de tous. Les projets de standards présentés à ce jour ont été examinés au chapitre 2. Il en résulte que le travail de standardisa-

tion est concentré pour l'instant sur la conception elle-même des containers. Même si l'on ne peut s'attendre à la mise au point détaillée d'un standard en matière d'outillage de manutention, la standardisation des containers pousse à une certaine unification de ces outillages.

Le second facteur essentiel en matière de coordination a été examiné plus haut au paragraphe consacré aux rapports juridiques de propriété. Le pool de containers mentionné à ce propos représente une solution partielle à l'important complexe de problèmes posés et devrait pousser à un resserrement de la coordination entre les partenaires intéressés. Les conditions nécessaires au fonctionnement d'un pool de containers ne sont cependant pas limitées aux questions de propriété mais requièrent une collaboration étroite entre l'ensemble des intéressés.

Un troisième facteur correspond à l'existence d'un besoin de groupage.

Comme indiqué plus haut, les possibilités d'utilisation d'un grand nombre de containers par un seul chargeur sont sans doute réduites. Il convient donc de disposer de centres de groupage où des charges MCL puissent être rassemblées et "dispatchées".

La coordination internationale en matière de formalités en douane est indispensable pour les transports internationaux de containers. Des efforts en ce sens ont déjà produit des résultats sous forme de cargaisons traversant d'une seule traite les pays de transit sans visite de douane. Il subsiste encore de grandes difficultés avant de parvenir à une administration internationale unifiée des douanes, adaptée aux exigences du transport par containers.

Un problème dont il convient de ne pas sous-estimer l'importance et qui s'est en pratique révélé avoir de sérieuses conséquences est l'ensemble des questions de politique de l'emploi. Ces difficultés ont pu être éliminées en Suède dans d'autres domaines et rien ne dit que les problèmes liés en ce domaine à l'introduction du système de transport par containers soient insolubles. Les conditions sont cependant différentes ailleurs dans le monde et d'éventuelles difficultés en ces endroits se transmettront de manière directe ou indirecte et diminueront les possibilités de transports efficaces par containers sur le plan international.

Mentionnons par exemple l'attitude du syndicat des arrimeurs, qui considère très justement avec des sentiments mitigés les efforts de rationalisation et de mécanisation, de crainte de licenciements de personnel. Cette attitude a également pu être observée en matière de containers. De même aux Etats-Unis, cela a conduit à des solutions peu satisfaisantes du point de vue de l'efficacité et du prix de revient, qu'il convient toutefois de regarder comme temporaires. Sur la côte ouest des Etats-Unis un accord est intervenu entre armateurs et syndicat des arrimeurs aux termes duquel un armateur qui pratique le transport par containers effectue un versement annuel important et fixé à l'avance, directement dans la caisse du syndicat, moyennant quoi celui-ci a accepté l'adaptation de la taille des équipes aux nécessités de la manutention des containers. Sur la côte est un tel accord n'est pas intervenu, c'est pourquoi la taille des équipes va jusqu'à 19 hommes alors que l'effectif réellement nécessaire à la manutention est de 6 hommes environ. De plus une équipe de

19 hommes est exigée à chaque panneau de cale. Les conséquences de ces solutions sur la rentabilité du transport par containers sont évidentes.

Les nécessités de coordination exposées ci-dessus, ainsi, que d'autres non mentionnées ici ne conditionnent pas seulement le fonctionnement rationnel d'un système intégré de transport par containers. Ces efforts d'intégration doivent être étendus à l'ensemble du secteur transports pour que s'instaure une activité de transport puissamment concurrentielle.

LE COUT DU TRANSPORT PAR CONTAINERS : EXEMPLE NUMERIQUE

(chapitre 9 du rapport suédois)

1. HYPOTHESES DE BASE

Nous allons illustrer à l'aide d'un exemple simple de calcul de prix de revient les remarques faites plus haut sur les aspects techniques, économiques et organisationnels du transport par containers. Le calcul ne prétend pas à l'exactitude, ce qui est sans doute un objectif inaccessible en l'état actuel des choses, mais vise à décrire à grands traits la structure du prix de revient d'un transport intégré par containers du type décrit ci-dessous. Le calcul comporte donc quelques hypothèses simplificatrices et certains éléments du prix de revient, dont l'ordre de grandeur et l'incidence sont d'évaluation difficile, sont laissés de côté. Ainsi n'a-t-il pas été tenu compte dans le calcul, de l'accroissement de qualité du service, résultant d'une livraison plus rapide et plus sûre, facteur dont l'importance croît en fonction de la valeur spécifique de la marchandise transportée. De même ont été exclues du cadre adopté l'évaluation des économies en matière d'emballage et (ou) d'assurance, qui peuvent être escomptées du fait de l'adoption du système de transport par containers, ainsi que l'incidence des simplifications de documents et de formalités en douane. L'ensemble de ces facteurs jouent toutefois en faveur du système de containers par rapport aux systèmes de transport conventionnels.

Il a au contraire été tenu le plus grand compte des facteurs qui risquent d'obérer le prix de revient d'un système de transport par container en comparaison du transport traditionnel en vrac. Il convient néanmoins de souligner que le système de containers retenu repose sur le transport de containers entiers, c'est-à-dire que chaque container transporté dans ce système contient des marchandises allant d'un expéditeur à un destinataire. Le groupage n'est donc pas inclus dans le système.

L'exemple de calcul de prix de revient a trait à un transport combiné par voie terrestre et maritime entre deux agglomérations importantes situées dans des pays différents. Ces pays sont dénommés "pays A" et "pays B" dans la suite de l'exposé. La chaîne de transport se compose d'un transport terrestre de 300 km dans le pays A, d'un transport maritime intermédiaire de 500 milles marins et d'un transport terrestre de 200 km dans le pays B. La balance des flux de marchandises est supposée être de 100 contre 70, c'est-à-dire que le flux de marchandises de B vers A est supposé représenter 70 % du flux de A vers B. Cela entraîne en principe que 30 % des containers allant de B vers A sont vides.

La seconde hypothèse de base concerne le choix de la taille du navire, qui détermine en principe le flux de containers dans le système. En tenant compte en particulier de la longueur du trajet maritime, la capacité de charge du navire a été fixée à 80 containers de 8 x 8 x 20 pieds, gerbables sur 6 épaisseurs. Le navire est spécialement construit pour le transport des containers et les opérations de chargement et de déchargement sont effectuées par la méthode Lo-Lo (Load-on-Load-Off) à l'aide de grues à quai dans les ports A et B.

Le navire est supposé effectuer trois allers simples par semaine entre les ports A et B, et être en service 47 semaines sur 52 dans l'année, les cinq semaines restantes étant consacrées au rangement, aux réparations, à l'entretien, etc. Cela correspond à 70 escales par an dans chaque port. Le nombre de containers transportés annuellement est donc de 5 800 dans chaque sens. Si la masse moyenne de marchandises transportées par container est supposée être de dix tonnes, cela entraîne que la capacité de transport du navire est de 56 000 t/an dans le sens AB et de 40 000 t/an dans le sens BA. Il aurait été souhaitable d'éviter d'introduire le tonnage transporté comme hypothèse de base. C'était malheureusement inévitable, du fait que certains coûts, portuaires avant tout, ne peuvent être calculés sans référence au tonnage de la cargaison. Les éléments de prix de revient qui y sont directement liés sont néanmoins notés à part dans le calcul.

Une troisième hypothèse de base est que le système de containers décrit dans notre exemple, qui comporte un navire de la capacité donnée ci-dessus, ne supporte que 50 % des coûts annuels de l'outillage de manutention, grues, portiques roulants et chariots à fourche, utilisé dans les ports. Cette hypothèse suppose que d'autres navires porte-containers que celui qui est introduit dans notre calcul font escale dans les ports A et B. Les autres éléments du prix de revient du système sont au contraire supportés intégralement par le transport intégré de containers entre les agglomérations A et B étudié ici.

La partie terrestre du transport est effectuée par voie routière dans notre exemple. Un calcul portant sur un transport coordonné par voie routière et ferroviaire dans le pays A est toutefois présenté à titre de complément après le calcul du prix de revient global. Le transport ferroviaire intervient alors entre l'entrepôt portuaire et l'entrepôt de la grande ville, depuis lequel la distribution locale dans l'agglomération s'effectue par camions.

Le coût de la main d'oeuvre dans le pays B est supposé égal à 80 % de ce coût dans le pays A.

Les éléments de prix de revient étudiés dans notre exemple sont rassemblés ci-dessous :

Frais transport maritime.

- . amortissement et frais d'exploitation du navire,
- . frais d'escale,
- . frais d'arrimage.

Frais de manutention portuaire.

- . grues,
- . chariots.

Frais de transport terrestre.

Frais de remplissage et de vidage des containers.

Amortissement et entretien des containers.

Les hypothèses de base, de caractère général ou technique, sont décrites ci-dessous selon le plan indiqué ci-dessus. Le véritable détail des frais est donné plus bas selon le même plan.

1.1. BASES DE CALCUL DES FRAIS DE TRANSPORT MARITIME.

Caractéristiques du navire.

Longueur .....	82,3	m
Largeur .....	12,8	m
Tirant d'eau .....	7,0	m
Tonnage (Nettoregistration)....	1 400	t
Port en lourd (Deadweight)....	1 600	t
Vitesse .....	12,5	noeuds
Puissance .....	1 350	CV
Consommation .....	160	g/CVh
Période d'utilisation .....	47	semaines/an
Temps à la mer .....	5 100	h/an

Equipage.

1 commandant de bord,  
1 second,  
1 lieutenant,  
1 timonier,  
1 chef mécanicien,

2 mécaniciens,  
3 aide-mécaniciens,  
6 matelots et mousses,  
1 chef cuisinier,  
1 cuisinier,  
6 hommes d'équipage (2<sup>e</sup> quart).  
Total ..... 24 hommes.

Prix d'achat ..... 5 000 000 F  
Valeur résiduelle (après amor-  
tissement) ..... 600 000 F  
Durée d'amortissement ..... 12 ans

Aux frais annuels calculés en fonction des caractéristiques ci-dessus s'ajoute un supplément de 50 % qui se décompose comme suit :

- acquisition 15 %
  - commission 10 %
  - pertes et profits exceptionnels 25 %
- (N.D.T. : c.a.d. les frais commerciaux).

#### 1.2. BASES DE CALCUL DES FRAIS D'ESCALE.

Sont pris en compte dans les frais d'escale :

- .. droits de phares et bouées,
- .. droits de pilotage,
- .. droits de remorquage,
- .. taxes portuaires,
- .. courtages,
- .. taxes sur marchandises.

Les frais ont été calculés sur la base des tarifs actuels, à l'exception des taxes portuaires, majorées de 50 % pour tenir compte des frais supplémentaires causés aux autorités portuaires par la nécessité de fournir des emplacements à quai particuliers pour les navires porte-containers.

Le calcul des frais repose, comme indiqué ci-dessus, sur les hypothèses de 70 escales par an et de 10 tonnes de marchandises par container plein.

Pour les droits sur les marchandises, la valeur moyenne de 5 F/t est retenue pour les deux ports A et B. Ces droits sont débités à la fois sur les cargaisons débarquées et embarquées.

Les différents postes du prix de revient sont indiqués séparément pour les deux ports A et B dans le tableau de calcul du prix de revient global.

### 1.3. BASES DE CALCUL DES FRAIS DE DEBARDAGE ET DE GRUES.

La vitesse de chargement et de déchargement dépend uniquement de la capacité de la grue sur quai. Une fréquence de 20 manutentions à l'heure, soit une manoeuvre toutes les trois minutes, a été retenue dans notre exemple.

Cela entraîne que le temps total de déchargement et de chargement du navire est de 8 heures. Il est jugé nécessaire de prévoir une durée supplémentaire de 20 % pour obtenir le temps à quai du navire. Le temps total à quai par escale est donc voisin de 10 heures. L'effectif de l'équipe employée se monte à 5 hommes dans chaque port, dont un conducteur de grue, 2 hommes sur le pont et 2 sur le quai.

Le coût de la main-d'oeuvre de débardage, mesuré à l'heure de travail, est supposé égal dans le port B à 80 % du coût correspondant dans le port A.

Le coût horaire de la main-d'oeuvre est de 60 F pour une équipe de 5 hommes dans le port A. Lessalaires versés sont majorés de 100 % pour tenir compte des charges sociales et des frais généraux.

Les deux grues utilisées dans le système sont des grues sur quai ayant une force de levage de 23 tonnes.

Prix d'achat, installation comprise, par grue ..	1 200 000 F
Durée de vie .....	20 ans
Valeur résiduelle .....	50 000 F

Puisque le système supporte 50 % des frais annuels calculés pour chaque grue et qu'il comporte deux grues identiques dans les ports A et B, il suffit d'introduire dans le calcul de prix de revient les frais annuels correspondant à une grue. Cette simplification est possible puisque les salaires des grutiers, qui sont différents dans les deux ports, sont inclus dans les frais de main-d'oeuvre de débardage.

#### 1.4. BASES DE CALCUL DES FRAIS DE MANUTENTION DANS L'ENTREPOT PORTUAIRE.

L'entrepôt portuaire est supposé dans les deux cas situé à 200 m environ du poste à quai du navire. Chaque entrepôt est supposé équipé d'un portique automoteur à petite levée (pour les déplacements horizontaux d'une certaine longueur) et d'un chariot à fourche (pour le chargement et le déchargement des véhicules de transport terrestre), tous deux d'une force de 20 t.

L'outillage est exclusivement affecté à la manutention de containers. De la même manière que pour les frais de grue, 50 % des frais annuels d'utilisation du chariot à portique et du chariot à fourche sont supportés par le système. Du fait des différences de salaires en particulier, les frais de manutention sont différents dans les deux entrepôts portuaires et sont donc introduits séparément dans le calcul du prix de revient global.

Les prix d'achat des chariots à portique et à fourche sont supposés égaux et estimés à 270 000 F par appareil. Leur durée de vie est de 6 ans.

Les frais variables sont calculés sur la base de 2 000 h d'utilisation par an.

#### 1.5. BASES DE CALCUL DES FRAIS DE TRANSPORT TERRESTRE.

Le transport terrestre est effectué par véhicules routiers, (1) composés d'un tracteur et d'une semi-remorque de 12,4 m de long capable de recevoir deux containers de 20 pieds. La capacité de charge de l'ensemble est de 26 t, ce qui correspond à deux containers de 13 t. La traction est diesel.

Les distances entre l'entrepôt portuaire et l'agglomération sont respectivement de 300 et 200 km dans les deux pays. La vitesse moyenne sur le parcours est de 50 km/h.

Pour le calcul des besoins en véhicules, il convient également de tenir compte des transports à vide nécessaires à l'intérieur de l'agglomération, puisque le cas où le destinataire d'un certain nombre de containers est en même temps expéditeur d'une quantité équivalente de marchandises, est exceptionnel. Le parcours à vide est supposé être de 20 km chaque fois qu'un véhicule arrive dans l'agglomération. Il est effectué à la vitesse moyenne de 30 km/h, ce qui correspond à un temps de parcours de 40 minutes. Il convient d'ajouter au temps de parcours à vide les temps d'arrêt terminaux et le temps de parcours routier. La somme de ces éléments constitue la période de rotation d'un ensemble routier. Dans ce qui suit les hypothèses suivantes ont été retenues pour les véhicules :

Temps d'arrêt dans l'entrepôt portuaire.....	15 minutes
Temps d'arrêt pour attelage ou décrochage de la semi-remorque...	10 minutes

---

(1) Un calcul séparé relatif à un transport combiné rail-route dans le pays A est présenté à la fin de ce chapitre.

Dans 10 % des cas le destinataire est supposé être en mesure de décharger directement le container de la remorque.

Dans 20 % des cas la semi-remorque est décrochée du tracteur et reste une journée chez le destinataire et une journée chez l'expéditeur.

Dans les autres cas l'ensemble routier est immobilisé 2 h pour le vidage des containers et 4 h pour leur remplissage.

Le temps d'arrêt moyen dans l'agglomération est donc :

$$\frac{10 \cdot 0,25 + 20 \cdot 0,33 + 70 (4 + 0,72)}{100} = 4,15 \text{ h}$$

Pour le transport terrestre dans le pays A, la décomposition du temps total correspondant à une rotation est donc la suivante :

Transport routier 600 km .....	12,00 h
Trajet à vide dans l'agglomération 20 km...	0,60 h
Temps d'arrêt dans l'agglomération .....	4,15 h
Temps d'arrêt dans l'entrepôt portuaire ...	<u>0,25 h</u>
Durée d'une rotation .....	17,00 h

Le tracteur est utilisé 2 000 h/an.

Le nombre de rotations par train routier est donc  $\frac{2\ 000}{17} = 117$

Le nombre de rotations nécessaires est de  $\frac{70 \cdot 80}{2} = 2\ 800$

Le nombre de véhicules tracteurs nécessaires est de  $\frac{2\ 800}{117} = 24$

Trois tracteurs de réserve sont de plus supposés nécessaires, ce qui porte à 27 le nombre de véhicules tracteurs dans le pays A.

Comme les semi-remorques sont dans 20 % des cas immobilisées deux jours chez le destinataire et l'expéditeur, le nombre de remorques nécessaires est supérieur à celui des tracteurs. Les deux jours correspondent à 16 h de temps de travail disponible pour les tracteurs.

Le nombre annuel de rotations par semi-remorques est donc :

$$\frac{2\ 000}{0,8 \cdot 17 + 0,2 (17 + 16)} = 99 \text{ rotations/an}$$

Le nombre de semi-remorques nécessaires est de  $\frac{2\ 800}{99} = 28$

En comptant les remorques de réserve, le nombre total de semi-remorques nécessaires se monte à 32.

Avec les mêmes hypothèses que ci-dessus, sauf la distance qui est de 200 km seulement, et un coefficient correcteur tenant compte d'une réduction de 30 % du nombre de containers pleins dans le pays B, on obtient les chiffres correspondants pour l'effectif de véhicules tracteurs et de semi-remorques nécessaires dans le pays B.

Les résultats sont résumés au tableau ci-dessous :

	Pays A	Pays B
Véhicules tracteurs (nombre)	27 (24)	20 (18)
Semi-remorques (nombre)	32 (29)	24 (22)
Nombre de rotations annuel pour chaque véhicule tracteur.	117	160

Nombre annuel de rotations pour chaque semi-remorque.	99	127
Nombre de km par rotation.	614	414
Nombre de km par véhicule et par an :		
. véhicules tracteurs	7 200	6 600
. semi-remorques	6 100	5 300

Les chiffres entre parenthèses correspondent au nombre de tracteurs et de semi-remorques nécessaires sans compter les véhicules de réserve.

Les prix d'achat et les durées de vie ci-dessous pour les tracteurs routiers et les semi-remorques ont été retenus comme bases pour le calcul du coût de transport terrestre. Les tracteurs sont à 3 essieux, compte tenu de la charge utile élevée.

	Pays A	Pays B
Prix d'achat par tracteur routier.	96 000 F	88 000 F
Dont pneumatiques.	10 500 F	9 000 F
Durée de vie.	6 ans	6 ans
Prix d'achat par semi-remorque.	30 000 F	28 000 F
Dont pneumatiques.	7 100 F	6 500 F
Durée de vie.	7 ans	7 ans

#### 1.6 BASES DE CALCUL DES FRAIS DE REMPLISSAGE ET DE VIDAGE DES CONTAINERS

Le temps nécessaire au remplissage et au vidage des containers dépend dans une large mesure de la méthode utilisée pour ces opérations et du type de marchandise et d'emballage. Le coût de ces opérations dépend donc également de ces facteurs. De même les frais de vidage d'une quantité donnée de marchandises sont inférieurs aux frais de remplissage de la même quantité, ce qui résulte en particulier du travail d'arrimage nécessaire lors du remplissage.

En plus de ces coûts directs de remplissage et de vidage, il convient également de tenir compte des frais de nettoyage intérieur des containers, puisque des marchandises très différentes les unes des autres y sont transportées.

Les valeurs retenues dans notre exemple pour ces trois postes sont les suivantes :

Frais de remplissage .....	4 F/t
Frais de vidage .....	2 F/t
Frais de nettoyage .....	0,50 F/t

Il a été tenu compte pour le calcul des frais annuels de remplissage, vidage et nettoyage des containers, retenus pour le calcul du prix de revient global, de la différence entre les flux de marchandises dans les deux sens. Les frais sont calculés sur la base d'une charge de 10 tonnes par container plein.

#### 1.7 BASES DE CALCUL DES FRAIS D'AMORTISSEMENT ET D'ENTRETIEN DES CONTAINERS.

Les frais de container sont calculés sur la base de l'effectif total de containers utilisés dans le système. Le besoin en containers a été déterminé sur la base de la capacité de charge du navire et du nombre annuel de trajets maritimes, en comparant comme suit la période de rotation d'un container à la période de rotation du navire :

##### Période de rotation du container.

	Nombre de jours
Séjour chez le client A .....	2
Transport du client A à l'entrepôt portuaire A .....	1
Séjour en entrepôt portuaire A .....	2
Transport maritime A B .....	2
Séjour en entrepôt B .....	2

Transport de l'entrepôt portuaire B au client B .....	1
Séjour chez le client B .....	2
Transport du client B à l'entrepôt portuaire B .....	1
Séjour en entrepôt portuaire B .....	2
Transport maritime B A .....	2
Séjour en entrepôt portuaire A .....	2
Transport de l'entrepôt portuaire A au client A .....	1
	<hr/>
Total .....	20
Réserve .....	5
	<hr/>
Période de rotation du container.	25
Période de rotation du navire ...	5

D'où l'on tire que l'effectif de containers dans le système doit se monter à cinq fois la capacité du navire, soit 400 containers.

Le prix de revient annuel de ce parc de containers a été estimé sur la base du calcul effectué au paragraphe 31 du chapitre précédent pour les containers aménagés selon l'hypothèse A.

## 2. CALCUL DU PRIX DE REVIENT ANNUEL DU SYSTEME DE CONTAINERS.

Les différents postes du prix de revient sont passés en revue ci-dessous selon la division en 5 groupes indiquée plus haut. Il convient d'ajouter aux informations déjà données que les frais d'amortissement sont calculés sur la base d'annuités constantes, avec usage systématique d'un taux d'intérêt arbitraire de 10 %.

Les postes de coût marqués x) dans le tableau correspondant aux coûts liés de manière directe à la charge transportée par container.

L'hypothèse selon laquelle la charge moyenne par container plein est de 10 t a été introduite plus haut. C'est sur cette base qu'ont été calculés les chiffres du tableau.

Dans cette hypothèse la quantité totale de marchandises transportées dans l'année s'élève à 96 000 t . Si le prix de revient du système est rapporté à cette quantité de marchandises, on obtient un coût de transport moyen de 130 F/t pour le transport combiné terrestre et maritime de l'agglomération A jusqu'à l'agglomération B, ou vice versa.

Indiquons à titre de comparaison avec les résultats du calcul ci-dessus les cours du fret actuellement en vigueur pour les pièces de mécanique. Le cours pour les expéditions de 10 t est à l'heure actuelle de 250 F/t.

TABLEAU DE CALCUL DU PRIX DE REVIENT ANNUEL DU SYSTEME

Poste de coût	Coût unitaire	Nombre d'unités	Coût annuel	Prix de revient par groupe de coûts.	Prix de revient par élément du système.
<u>1.1 Frais de transport maritime</u>					
Amortissement et frais financiers. ....			714 000		
Assurance (2,2 % du prix d'achat) .....			110 000		
Réparations et entretien, Rangement, Fournitures pour la machine et le pont .....			80 000		

Poste de coût	Coût unitaire	Nombre d'unités	Coût annuel	Prix de revient par groupe de coûts.	Prix de revient par élément du système.
Combustible pour la propulsion .....	32 F/h	5 100 h	164 000		
Combustible pour la machine auxiliaire, etc. ....			36 000		
Heures supplémentaires, Charges sociales, P et T, etc.			52 000		
Salaires .....	24 000 F/hommes	24 hommes	576 000	1 732 000	
Acquisition .....			260 000		
Commission .....			174 000		
Pertes et profits .....			433 000	867 000	2 599 000
<b>1.2 Frais d'escale.</b>					
Port A					
Phares et bouées .....			8 000		
Pilotage .....			34 000		
Remorquage .....			3 000		
Taxes portuaires .....			60 000		
Courtages .....			40 000		
Taxes sur marchandises .....			480 000	625 000	
Port B					
Phares et bouées .....			7 000		
Pilotage .....			27 000		
Remorquage .....			5 000		
Taxes portuaires .....			45 000		
Courtages .....			26 000		
Taxes sur marchandises .....			480 000	590 000	1 215 000

Poste de coût	Coût unitaire	Nombre d'unités	Coût annuel	Prix de revient par groupe de coûts.	Prix de revient par élément du système
<u>1.3 Frais de manutention</u>					
A	Main d'œuvre .....	60 F/h	560 h	33 500	
	Majoration 100 % .....			33 500	67 000
B	Main d'œuvre .....	48 F/h	560 h	27 000	
	Majoration 100 % .....			27 000	54 000
Grues	Amortissement et frais financiers .....			136 000	
	Entretien .....			15 000	
	Electricité .....			7 000	
	Administration .....			4 000	162 000
<u>2. Manutention en entrepôt portuaire</u>					
chariots	Amortissement et frais financiers .....			124 000	
	Entretien .....			26 000	
	Carburant .....			9 000	159 000
Conducteurs.	Salaires, pays A .....			30 000	30 000
	Salaires, pays B .....			24 000	24 000
	Frais généraux 60 % .....			95 000	95 000

Poste de coût		Coût unitaire	Nombre d'unités	Coût annuel	Prix de revient par groupe de coûts.	Prix de revient par élément du système.
<b>3. Transport terrestre.</b>						
Trac-teurs	Amortissement et frais financiers .....	22 000	27	595 000		
	Impôts .....	5 490	27	148 000		
	Assurance .....	9 180	27	248 000		
	Garage .....	1 200	27	32 400		
	Carburant et huile .....	23 000	24	553 000		
	Pneumatiques .....	9 400	24	226 000		
	Réparations et entretien..	7 200	27	195 000		
	Salaires conducteurs ....	25 000	24	600 000	2 597 400	
Remor-ques	Amortissement et frais financiers .....	6 000	32	192 000		
	Impôts .....	1 200	32	38 400		
	Assurance .....	410	32	13 100		
	Pneumatiques .....	6 500	29	189 000		
	Réparations et entretien.	1 200	32	38 400	470 900	
Pays A Frais généraux 35 % .....				1 073 700	1 073 700	4 142 000
Trac-teurs	Amortissement et frais financiers .....	20 000	20	400 000		
	Impôts .....	1 600	20	32 000		
	Droits de licence .....	2 000	20	40 000		
	Assurance .....	3 000	20	60 000		

Poste de coût		Coût unitaire	Nombre d'unités	Coût annuel	Prix de revient par groupe de coûts.	Prix de revient par élément du système.
Trac-teurs	Garage .....	1 000	20	20 000		
	Carburant et huile .....	17 500	18	315 000		
	Pneumatiques .....	7 200	18	130 000		
	Réparations et entretien	6 500	20	130 000		
	Salaires conducteurs ...	20 000	18	360 000	1 487 000	
Remor-ques	Amortissement et frais financiers .....	5 000	24	120 000		
	Impôts .....	400	24	9 600		
	Droits de licence .....	500	24	12 000		
	Assurance .....	300	24	7 200		
	Pneumatiques .....	4 700	22	103 500		
	Réparations et entretien	1 000	24	24 000	276 300	
Pays B Frais généraux 35 % .....				616 700	616 700	2 380 000
<u>4. Remplissage et vidage</u>						
	Remplissage x) .....	4 F/t	96 000 t	384 000		
	Vidage x) .....	2 F/t	96 000 t	192 000		
	Nettoyage x) .....	0,50 F/t	96 000 t	48 000	624 000	624 000

Poste de coût	Coût unitaire	Nombre d'unités	Coût annuel	Prix de revient par groupe de coûts.	Prix de revient par élément du système.
<u>5. Parc de containers</u>					
Amortissement et frais financiers .....	1 530	400	612 000		
Entretien .....	400	400	160 000		
Assurance .....	180	400	72 000		
Provisions pour risques ..	60	400	24 000		
Frais généraux .....	100	400	40 000	908 000	908 000
Prix de revien global annuel pour le système de containers.....				12 500 000	

2.1. PART DES COUTS DE MAIN-D'OEUVRE.

Comme les salaires directs représentent une part importante du coût total de transport dans un système de transport conventionnel et comme ces coûts peuvent être notablement réduits par l'adoption d'un système de transport par containers, la part du coût total correspondant aux salaires directs est examinée ci-dessous.

Les salaires indirects sont d'estimation délicate ; c'est pourquoi les seuls salaires indirects retenus sont ceux qui résultent comme suit de l'application aux salaires directs des coefficients de majoration indiqués plus haut.

Certains coûts de main-d'oeuvre, directs et indirects, se trouvent également au paragraphe 12 "frais d'escale". Ils sont toutefois d'estimation difficile et il n'en a en conséquence pas été tenu compte.

	<u>Salaires directs.</u>	<u>Salaires indirects.</u>
1.1. {	Équipage du navire. ....	576 000
	Heures supplémentaires à bord	22 000
	majoration 50 % .....	288 000
1.3. {	Débardage A .....	33 000
	Débardage B .....	27 000
	Majoration 100 %.....	60 000
2. {	Conducteurs d'engins A .....	30 000
	Conducteurs d'engins B .....	24 000
	Majoration 60 % .....	32 000
3. {	Chauffeurs de camions A .....	600 000
	Chauffeurs de camions B .....	360 000
	Majoration 35 % .....	336 000
	Coût en francs par an .....	1 672 000
		716 000
	Pourcentage du prix de revient.	13,4 %
		5,7 %

3. HYPOTHESES COMPLEMENTAIRES RELATIVES AU TRANSPORT COORDONNE RAIL-ROUTE DANS LE PAYS A.

Le calcul de prix de revient du transport intégré par containers entre deux agglomérations importantes dans les pays A et B, présenté plus haut, repose sur l'hypothèse que la totalité des transports terrestres, de l'expéditeur à l'entrepôt portuaire et de l'entrepôt portuaire au destinataire, sont effectués par voie routière. Si au contraire le transport terrestre est supposé effectué par voie ferrée, un transbordement des containers est nécessaire des wagons de chemin de fer aux

véhicules routiers ou vice versa, pour la distribution locale dans l'agglomération. Le calcul de prix de revient qui suit, relatif à la distribution locale, repose sur les hypothèses ci-dessous. Ce calcul concerne seulement la distribution dans le paysA.

La zone couverte est une zone urbaine de 30 km de rayon centrée sur l'entrepôt qui sert de point de départ à la distribution. Les expéditeurs et les destinataires sont supposés uniformément répartis en fonction de leur distance à l'entrepôt.

### 3.1. OUTILLAGE DANS L'ENTREPOT.

L'entrepôt est un entrepôt mixte routier et ferroviaire dans lequel a lieu le transbordement entre wagons de chemin de fer et véhicules routiers. Les containers utilisés dans le système sont supposés conçus pour la manutention selon la technique Swing-on-Swing-off décrite plus haut et peuvent être accouplés. Lors du transport routier, les containers reposent sur des trains de roues démontables. Le stockage des containers peut-être réalisé sur trains de roues, mais également sur pieds démontables.

Les véhicules tracteurs utilisés pour la distribution des containers sont équipés de systèmes d'attelage de type standard et ne peuvent donc être utilisés pour le transbordement des containers sur les wagons de chemin de fer. C'est donc un tracteur spécial, muni d'un système d'accrochage réglable en hauteur et d'un treuil ou d'un équipement équivalent (chariot de transbordement par exemple qui est utilisé pour l'opération de transbordement.

Le prix d'achat du tracteur est de 150 000 F et sa durée de vie est supposée être de 6 ans avec la fréquence de manutention correspondant à l'exemple traité, soit 11 200 transbordements par an. La durée d'un transbordement du wagon de chemin de fer au train de roues ou vice versa est de 7 minutes. Cela correspond à 1 300 heures environ avec 11 200 transbordements par an. Le temps d'utilisation disponible

est supposé être de 2 000 h/an, ce qui laisse une marge confortable pour les opérations de rangement dans l'entrepôt et le temps libre nécessaire.

La durée d'un transbordement dépend dans une large mesure de l'aménagement de l'entrepôt et du système employé pour le stockage temporaire de containers dans l'entrepôt. Plus la distance entre le lieu de transbordement et le lieu de stockage est grande, plus la durée de transbordement est élevée.

Dans ce système, lorsque les containers sont laissés chez le destinataire ou chez l'expéditeur, ils sont dans toute la mesure du possible placés sur pieds à l'aide de la suspension pneumatique du train de roues. Ce système de stockage est également utilisé dans une certaine mesure dans l'entrepôt. Le montage sur pieds ou l'opération inverse est supposé requérir environ 6 minutes. Grâce à lui le nombre de trains de roues nécessaires dans le système est diminué par rapport au nombre de containers qui se trouvent dans l'agglomération à un moment donné.

Le chargement et le déchargement des wagons de chemin de fer dans l'entrepôt portuaire A sont effectués selon le système décrit plus haut à l'aide du chariot élévateur basé dans cet entrepôt.

### 3.2. OUTILLAGE DE DISTRIBUTION LOCALE.

Les véhicules de distribution se composent, comme indiqué plus haut, de véhicules tracteurs et de trains de roues. Le véhicule tracteur est à 2 essieux et traction diesel, et destiné au transport d'un container de 20 pieds par voyage.

Une rotation comprend le transport d'un container plein de l'entrepôt au destinataire, d'un container vide du destinataire à l'expéditeur et d'un container plein de l'expéditeur à l'entrepôt. Ce cycle est valable dans 70 % des cas (cycle 1). En tenant compte du déséquilibre des flux de marchandises dans le sens A B et le sens B A, le cycle est réduit dans 30 % des cas à un transport à vide de l'entrepôt à l'expéditeur, suivi du transport d'un container plein de l'expéditeur à l'entrepôt (cycle 2).

Le trajet moyen entre l'expéditeur et l'entrepôt d'une part, le destinataire et l'entrepôt d'autre part, est de 15 km dans l'hypothèse décrite plus haut. Le trajet moyen à vide est supposé être de 10 km, vu l'emplacement de l'entrepôt. Le trajet total par rotation est donc :

Cycle 1 ..... 40 km  
Cycle 2 ..... 30 km

La vitesse moyenne du véhicule de livraison est de 30 km/h.

Le temps d'arrêt en chaque point de transbordement, y compris l'entrepôt ferroviaire, est supposé être de 20 minutes. Ce temps comprend le passage nécessaire du train de roues aux supports et vice versa.

a) Tracteur routier.

La synthèse des données ci-dessus conduit à une période de rotation moyenne par tracteur de :

$$\frac{70 \left( \frac{60}{60} + \frac{40}{30} \right) + 30 \left( \frac{40}{60} + \frac{30}{30} \right)}{100} = 1 \text{ h } 50 \text{ mn, soit } 2 \text{ h}$$

Nombre d'heures d'utilisation par an ..... 2 000 h  
Nombre de rotations par tracteur et par an ... 1 000  
Nombre de rotations nécessaires par an ..... 5 800  
Nombre de tracteurs nécessaires ..... 6

Le par cours moyen annuel par tracteur est donc de :  
 $(0,7 \cdot 40 + 0,3 \cdot 30) \cdot 1\ 000 = 37\ 000 \text{ km}$

Prix d'achat d'un tracteur .....	75 000 F
Dont pneumatiques .....	4 200 F
Durée de vie, compte tenu du parcours moyen annuel ci-dessus .....	12 ans

b) Trains de roues.

Le nombre des trains de roues nécessaires est supérieur à celui des tracteurs, compte tenu des stockages intermédiaires - surtout dans l'entrepôt. Si 30 % environ des stockages dans l'entrepôt ferroviaire ont lieu sur roues, le besoin total en trains de roues pour le système de livraison atteint 30 unités, soit 5 par tracteur. 24 de ces 30 trains de roues sont donc utilisés pour le stockage temporaire.

Ces chiffres ont été calculés sur la base de l'hypothèse selon laquelle au maximum 1/5 du parc total de containers du système se trouve à la fois dans l'agglomération A.

Les chiffres suivants sont valables pour les trains de roues :

Parcours moyen annuel .....	7 500 km
Prix d'achat .....	11 000 F
Dont pneumatiques .....	2 800 F
Durée de vie, compte tenu du parcours annuel.	12 ans

c) Supports

Un certain nombre de jeux de pieds démontables sont utilisés dans le système. Compte tenu du nombre de trains de roues utilisés, le besoin en supports est estimé à 50 jeux.

Prix d'achat par jeu .....	1 200 F
Durée de vie .....	12 ans

### 3.3. PARC DE CONTAINERS.

Le type de containers utilisé pour le calcul précédent est inutilisable dans ce système du fait de la méthode de manutention en usage dans l'entrepôt ferroviaire. Au lieu du type de container A (correspondant au tableau de prix de revient des containers du paragraphe 3.1. du chapitre précédent) c'est le type B qui est utilisé ici, ce qui entraîne une augmentation du prix de revient annuel par container voisine de 585 F .

### 3.4. AUTRES HYPOTHESES.

Pour pouvoir comparer les deux systèmes de transport terrestre examinés, à savoir le transport purement routier et le transport combiné rail-route, il convient d'estimer les frais de parcours du transport ferroviaire.

Comme il était difficile d'effectuer ce calcul selon les mêmes principes que ceux utilisés pour les autres moyens de transport, il s'est révélé nécessaire de recourir à une hypothèse complémentaire. Elle consiste à supposer que les frais réels de parcours pour le transport ferroviaire entre l'entrepôt portuaire et celui de la grande ville s'élèvent à 80 % des frais correspondants pour le transport routier. Puisque dans le précédent calcul du coût de transport terrestre dans l'hypothèse purement routière, les coûts de livraison locale et de trajet à vide dans le périmètre de l'agglomération étaient inclus, et comme ces derniers coûts sont examinés séparément dans le présent calcul, il convient d'isoler les frais de parcours pour le système de transport routier de containers entre l'entrepôt portuaire et celui de la grande ville. Sur la base des chiffres donnés plus haut, et dans l'hypothèse où le même type de véhicules, à savoir tracteur à 3 essieux et remorque à 2 essieux avec une capacité de charge de 2 containers de 20 pieds, serait utilisé pour ce transport entre les entrepôts, le besoin en véhicules, y compris les véhicules de réserve, serait de 20 tracteurs et de 22 remorques. Le parcours total annuel serait de 81 000 km pour les tracteurs et de 74 000 km pour les semi-remorques. Avec ce nombre de véhicules et les parcours annuels indiqués ci-dessus, le prix de revient annuel

du système de transport, y compris les majorations s'élèverait à 3 150 000 francs. 80 % de ce prix, ce qui est l'hypothèse retenue pour le prix de revient du transport ferroviaire, représentent 2 520 000 francs.

Tous les éléments du système sont repris dans le tableau de calcul de prix de revient ci-dessous. Pour tous les éléments communs aux deux hypothèses examinées, seuls sont repris ici les coûts globaux par grands groupes.

Si le prix de revient global du système est réparti sur les 96 000 t de marchandises transportées annuellement, le coût de transport depuis un expéditeur de l'agglomération A vers un destinataire dans l'agglomération B s'élève à 121 F/t, soit une réduction de 9 F/t environ.

Il est impossible de juger du rapport entre coûts de main d'oeuvre dans les deux cas, du fait des difficultés d'estimation de ces coûts en matière de transport ferroviaire, dues à l'importance des coûts de main-d'oeuvre indirects en ce domaine.

TABLEAU DE CALCUL DU PRIX DE REVIENT D'UN SYSTEME DE CONTAINERS  
AVEC TRANSPORT COORDONNE RAIL-ROUTE DANS LE PAYS A

Postes de coût	Coût unitaire	Nombre d'unités	Coût annuel	Prix de revient par groupe de coûts.	Prix de revient par élément du système.
1.1. Navire .....					2 599 000
1.2. Escales .....					1 215 000
1.3. Chargement et déchargement du navire .....					283 000

Postes de coût.	Coût unitaire	Nombre d'unités	Coût annuel	Prix de revient par groupe de coûts.	Prix de revient par élément du système.
<u>2. Manutention dans l'entrepôt port</u>					308 000
Transport ferroviaire .....				2 520 000	
<u>3. Transport terrestre pays A.</u>					
{ Amortissement et frais					
financiers.....	13 200	6	79 200		
Distrib { Impôts .....	2 200	6	13 200		
locale { Assurance .....	1 800	6	10 800		
trac- { Carburant et huile .....	7 200	6	43 200		
teurs { Pneumatiques .....	2 000	6	12 000		
Réparations et entretien ...	3 000	6	18 000		
Salaires conducteurs .....	22 000	6	132 000	308 400	
{ Amortissement et frais					
Trains financiers .....	1 300	30	39 000		
de Impôts .....	1 200	30	36 000		
roues { Graissage .....	10	30	300		
Pneumatiques .....	220	30	6 600		
Réparations et entretien ..	220	30	6 600	88 500	
sup- { Amortissement et frais					
ports financiers .....	160	50	8 000		
Réparations et entretien ..	10	50	500	8 500	

Postes de coût	Coût unitaire	Nombre d'unités	Coût annuel	Prix de revient par groupe de coûts.	Prix de revient par élément du système.
Direction du trafic et autres frais généraux....			120 000	120 000	
Amortissement et frais financiers .....			34 200		
Manut. dans l'ent. ferroviaire			4 000		
Carburant et huile .....			10 000		
Réparations et entretien.			25 000	73 200	
Salaires conducteurs ....			36 000	36 000	3 035 000
Frais généraux .....					
<u>3.b Transport terrestre pays B</u>					2 380 000
<u>4. Remplissage et vidage containers</u>					624 000
<u>5. Parc de containers</u>					
Amortissement et frais financiers .....	1 940	400	776 000		
Entretien .....	500	400	200 000		
Assurance .....	216	400	86 400		
Provisions pour risques..	75	400	30 000		
Frais généraux	125	400	50 000	1 142 400	1 143 000
Prix de revient global du système de containers par an					11 600 000