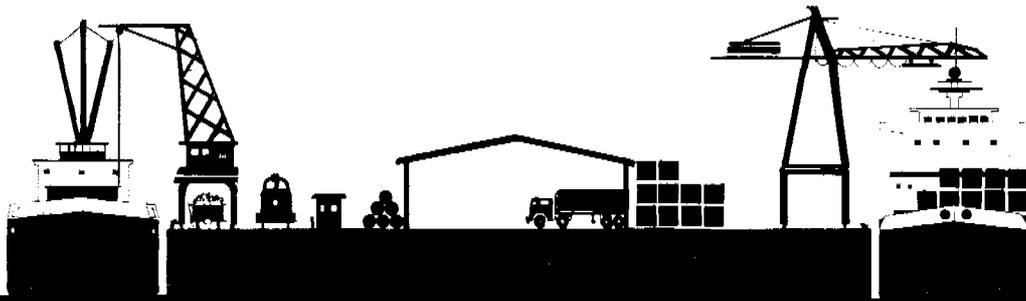


# CNUCED MONOGRAPHIES SUR LA GESTION PORTUAIRE



NATIONS UNIES

# CNUCED MONOGRAPHIES SUR LA GESTION PORTUAIRE

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

## 9

### **Recommandations concernant la planification et la gestion des terminaux portuaires polyvalents**

*par*

*Francisco Enriquez Agós*

*Ingénieur des ponts et chaussées*

*Direction générale des ports et des côtes*

*Ministère des travaux publics et de l'urbanisme (Madrid, Espagne)*

*Conseiller technique auprès de l'Association ibéro-américaine des ports  
et des côtes*



**NATIONS UNIES  
New York, 1991**

## NOTE

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

\*

\* \*

### Autres monographies de cette série

- N° 1 L'horaire de travail dans les ports : passage de la journée normale avec heures supplémentaires au travail à deux shifts
- N° 2 Plans d'occupation des sols et zones portuaires : comment tirer le meilleur parti de l'infrastructure portuaire
- N° 3 Pour une organisation efficace de la maintenance du matériel portuaire
- N° 4 Programmation des opérations portuaires
- N° 5 Gestion des revêtements de terminaux à conteneurs et Supplément
- N° 6 Mesure et évaluation du rendement et de la productivité des ports
- N° 7 Quelques conseils pour une gestion efficace des hangars
- N° 8 Critères économiques pour le choix et le remplacement du matériel

UNCTAD/SHIP/494(9)

## INTRODUCTION A LA SERIE

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

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

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

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

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

TABLE DES MATIERES

<u>Chapitre</u>	<u>Paragraphes</u>	<u>Page</u>
I. INTRODUCTION .....	1 - 4	1
II. LES TERMINAUX POLYVALENTS .....		
1. Raison d'être des terminaux polyvalents	5 - 8	2
2. Qu'est-ce qu'un terminal polyvalent ?	9 - 11	3
III. RECOMMANDATIONS RELATIVES A LA PLANIFICATION		
1. Planification .....	12 - 18	4
2. Dimensionnement .....	19 - 29	6
3. Agencement du terminal .....	30 - 33	12
4. Matériel .....	34 - 41	16
5. Choix du matériel .....	42 - 52	39
6. Terre-pleins .....	53 - 59	43
7. Entrepôts couverts .....	60 - 61	49
8. Accès au terminal .....	62	50
9. Autres installations .....	63	50
IV. QUELQUES RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA GESTION		
1. Critères de flexibilité et de polyvalence	64 - 69	51
2. Sécurité .....	70 - 74	52
3. Réaménagement des infrastructures existantes	75 - 79	54
V. LE TERMINAL POLYVALENT DU PORT DE VALENCE (ESPAGNE)		
1. Historique .....	80	59
2. Critères de dimensionnement .....	81	59
3. Conception du terminal .....	82	60
4. Réaménagement du quai .....	83 - 84	63

## I. INTRODUCTION

1. La notion de terminal portuaire polyvalent n'est pas nouvelle dans la terminologie portuaire : elle est apparue il y a déjà plusieurs années 1/. Cependant, ce n'est que récemment qu'elle a commencé à revêtir des formes concrètes dans divers ports européens.

2. Les observations faites par l'auteur dans de nombreux ports espagnols, au fur et à mesure de l'apparition et de la progression du trafic intermodal 2/, l'ont incité à étudier les conditions de nature à favoriser l'éclosion de la notion de polyvalence appliquée aux installations classiques pour marchandises diverses, sujet sur lequel il a présenté une communication au Congrès de l'AIPCN 3/ tenu à Edimbourg, en 1981. Par la suite, l'auteur s'est employé à rédiger quelques recommandations exposant la raison d'être des terminaux polyvalents et les principaux paramètres de leur planification et de leur gestion, comme suite à un projet de la Direction générale des ports et des côtes du Ministère espagnol des travaux publics et de l'urbanisme.

3. Vu leur intérêt pour d'autres pays et notamment pour les pays en développement, et eu égard aux relations de coopération qu'entretiennent la CNUCED et l'Association ibéro-américaine des ports et des côtes (AIPYC), dont l'auteur est conseiller technique, il a été décidé d'inclure ces recommandations dans la série de monographies sur la gestion portuaire au titre de la collaboration entre les deux organisations.

4. La présente monographie comporte quatre parties. La première définit ce qu'il faut entendre par terminal polyvalent et la fonction que celui-ci remplit dans le transport moderne de marchandises. La deuxième contient une série de recommandations pratiques pour la planification et la conception de l'infrastructure des terminaux de ce type, sur la base des observations recueillies dans les ports espagnols. La troisième porte sur les recommandations ayant une importance particulière pour la gestion d'un terminal. Enfin, la quatrième décrit le cas précis du terminal polyvalent du port de Valence.

## II. LES TERMINAUX POLYVALENTS

### 1. Raison d'être des terminaux polyvalents

5. Depuis quelques années, et à un rythme de plus en plus rapide, la technologie des transports maritimes connaît de profonds changements, qui influent tant sur sa conception générale que sur divers secteurs spécifiques.

6. D'une part, la proportion des navires de charge classiques dans le trafic maritime a progressivement diminué, en même temps qu'apparaissaient d'autres types de navires, spécialisés ou polyvalents, tels que :

- Navires porte-conteneurs
- Navires rouliers
- Minivraquiers destinés à des trafics spécialisés
- Vraquiers aménagés pour le transport du "semi-vrac" (produits forestiers, produits sidérurgiques, fruits)
- Navires combinés, desservant des lignes traditionnellement déséquilibrées (conteneurs/vrac, conteneurs/semi-vrac, conteneurs/fret roulier)
- Navires classiques aménagés de façon à pouvoir transporter quelques conteneurs.

7. D'autre part, le conditionnement des marchandises évolue, avec l'apparition de nouveaux types de cargaisons ou la transformation des anciens types de fret, à savoir :

- Conteneurs
- Cargaisons unitarisées, avec ou sans palettes
- Fret roulant
- Marchandises solides en vrac, à la place de sacs
- Marchandises transportées en unités de charge et non plus en vrac (pâte à papier, par exemple)
- Marchandises unitarisées d'un plus grand poids unitaire.

8. Cette évolution suppose un profond changement de la demande de services portuaires non spécifiques, qui ne peut être satisfaite, sur les plans tant technique qu'économique, ni par les anciens terminaux pour marchandises diverses ni par les terminaux spécialisés. C'est ici qu'apparaît la notion de terminal polyvalent.

2. Qu'est-ce qu'un terminal polyvalent ?

9. Au départ, on entend par terminal polyvalent un ensemble d'infrastructures, d'équipements et de services qui, sous une forme combinée et souple, répond à la demande de manutention découlant de certains types de navires et de marchandises, avec une utilisation optimale de la main-d'oeuvre et du matériel.

10. Même s'ils sont polyvalents, ces terminaux n'en sont pas moins spécialisés quant à leur souplesse d'exploitation; par ailleurs, la notion de "combinaison" indique que cette souplesse doit s'exercer sur une gamme déterminée de trafics qui présentent des caractéristiques génériques identiques. Cela suppose :

- d'une part, que les terminaux polyvalents soient conçus de manière à pouvoir recevoir des cargaisons hétérogènes, depuis le divers de type classique jusqu'aux conteneurs, sans pour autant avoir à desservir n'importe quel type de trafic;
- d'autre part, que les divers types de trafics à combiner n'exigent pas, de par leur volume, un terminal spécifique ou un traitement individualisé à l'intérieur du terminal polyvalent.

11. On peut donc dire que la notion de terminal polyvalent repose sur l'idée que la nature des opérations de ce type de terminal doit être telle que ces opérations, sans atteindre le degré correspondant aux terminaux spécialisés, puissent faire l'objet d'une certaine organisation rationnelle de type industriel. Que le terminal soit utilisé par un ou par plusieurs usagers, armateurs ou propriétaires de marchandises, il importe que la direction de l'exploitation soit unique et réponde à des critères de gestion d'entreprise.

### III. RECOMMANDATIONS RELATIVES A LA PLANIFICATION

#### 1. Planification

12. Deux cas sont possibles pour l'étude d'un projet de terminal polyvalent :

- Adaptation d'installations existantes;
- Mise en place d'une nouvelle infrastructure.

Dans l'un et l'autre cas, on suppose établi un plan général du port, également appelé plan directeur, sur lequel est prévu - aussi bien physiquement que d'un point de vue opérationnel - l'emplacement d'un terminal possédant les caractéristiques indiquées au chapitre II. Ainsi, seuls les points devant être pris en considération pour déterminer les dimensions du terminal sont abordés ci-après.

13. Il convient tout d'abord de procéder à un examen qualitatif et quantitatif des types de trafic qu'accueillera le terminal, étant bien entendu que des études de trafic de caractère plus général auront été préalablement effectuées afin de déterminer, dans le cadre du schéma de planification d'ensemble du port, s'il existe une demande sectorielle justifiant, sur le plan directeur, la localisation du terminal à tel ou tel emplacement.

14. D'un point de vue qualitatif, voici quelques types de marchandises qui, dans des proportions diverses, peuvent constituer le trafic d'un terminal polyvalent :

- Produits forestiers;
- Ouvrages en bois et en liège;
- Pâte à papier, papier en rouleaux, cartons;
- Produits sidérurgiques;
- Conteneurs et palettes;
- Fret roulant;
- Marchandises lourdes;
- Graisses manufacturées, huiles, engrais.

De manière plus générale, on peut également y ajouter :

- Les chargements programmés;
- Le trafic assuré par des navires de ligne modernes;
- Le fret unitarisé en chargements complets.

15. Du point de vue quantitatif, et pour quelques-unes des marchandises énumérées ci-dessus, le chiffre correspondant au trafic prévisible d'un terminal polyvalent se situe entre :

- Le volume supérieur, à partir duquel il est techniquement et économiquement nécessaire d'exploiter un terminal spécialisé; et
- Le volume inférieur, qui marque la limite de l'exploitation efficace d'un terminal classique pour marchandises diverses.

L'estimation de ces deux volumes repose sur un calcul d'économies d'échelle, associé aux critères d'efficacité et de rentabilité des terminaux spécialisés pour différents types de marchandises.

Ainsi, si le niveau critique d'efficacité d'un terminal à conteneurs à un seul poste d'accostage peut s'établir aux alentours de 60 000 conteneurs par an, le plafond pour un terminal polyvalent serait d'environ 40 000 conteneurs.

Pour d'autres types de marchandises, la fourchette n'est pas aussi étroite : pour des produits forestiers, le niveau critique de spécialisation peut être établi à 500 000 tonnes par an, tandis qu'un terminal polyvalent pourrait manutentionner efficacement des volumes nettement moins élevés.

16. Au paragraphe 14 ci-dessus sont mentionnées deux grandes catégories de marchandises : les cargaisons unitarisées sous une forme ou une autre et celles qui sont considérées à l'heure actuelle comme du semi- ou du néo-vrac. Il faut donc étudier l'opportunité d'inclure ou non les marchandises en vrac dans le trafic d'un terminal polyvalent. En principe, on peut exclure les types de vrac qui donnent lieu à :

- Une manutention directe entre le navire et des moyens de transport terrestres, avec ou sans utilisation de trémies ou de tapis roulants amovibles;
- Une desserte directe entre le navire et un entrepôt de quai;
- Des opérations de manutention entre le navire et un système de tapis roulants à poste fixe sur le quai.

Toutes ces opérations et d'autres similaires sont considérées comme incompatibles avec la raison d'être et l'efficacité d'un terminal polyvalent.

Tel n'est pas le cas des opérations de manutention des vracs liquides ou semi-liquides (par exemple, le ciment en vrac), à condition :

- De représenter un trafic réduit et marginal par rapport au total;
- De représenter un trafic régulier et non pas sporadique;
- D'utiliser des conduites souterraines et des circuits étanches;
- De situer les lieux d'entreposage dans des zones du terminal éloignées de la ligne d'accostage, sans empiéter sur le reste des terre-pleins.

Il s'agit en l'occurrence d'obtenir un bénéfice marginal sans gêner l'efficacité générale du terminal.

17. La question de l'évolution des trafics d'un terminal polyvalent est étroitement liée à la motivation fondamentale qui inspire la conception de celui-ci et qui, en principe, correspond à l'un des deux cas suivants :

- Terminal destiné ultérieurement à desservir uniquement un trafic spécifique, mais qui n'atteindra pas suffisamment vite le niveau critique d'efficacité en tant que terminal spécialisé (tel pourrait être le cas d'un port commençant à recevoir un trafic de conteneurs);
- Terminal destiné d'emblée à accueillir des trafics déterminés, dont les parts s'équilibrent les unes les autres, y compris pour le trafic conteneurisé. Tel serait le cas d'un port ayant déjà un trafic régulier de conteneurs, desservi par des terminaux spécifiques, mais qui serait marginal et dont les caractéristiques (type des navires, fréquence des arrivées, volume des chargements) ne se prêteraient pas à une prise en charge et à une manutention efficaces sur lesdits terminaux.

18. Ces deux cas de figure sont d'une importance primordiale pour la localisation, l'agencement et le dimensionnement du terminal :

- Pour sa localisation, dans la mesure où son emplacement sur le plan directeur du port sera conditionné par l'évolution future de son trafic, à fortiori si, à terme, il est destiné à être converti partiellement (un poste d'accostage sur deux, par exemple) ou totalement en terminal spécialisé;
- Pour son agencement puisque la localisation du poste roulier (le cas échéant), la répartition des aires d'entreposage, ou l'emplacement même des hangars ou des entrepôts dépendent de l'évolution possible de tel ou tel trafic, notamment celui des conteneurs;
- Pour son dimensionnement, car les divers modules initiaux doivent pouvoir être regroupés sans modifications majeures et sans qu'à aucun moment, le développement du terminal ne soit entravé par un manque d'espace ou une répartition inefficace de celui-ci.

## 2. Dimensionnement

19. Les considérations qui suivent, de même que les formules et les chiffres indiqués, sont fondés pour l'essentiel sur l'expérience fournie par les ports espagnols : il ne s'agit, par conséquent, que de critères indicatifs, utiles en principe pour des études initiales de prédimensionnement. Les résultats obtenus doivent être confrontés à l'expérience et aux caractéristiques de chaque port, ainsi qu'à l'application des critères énoncés dans les diverses publications de la CNUCED sur le sujet.

20. Les éléments déterminants à prendre en compte dans le calcul des dimensions d'un projet de terminal polyvalent sont essentiellement les suivants :

- 1) Longueur et caractéristiques de la zone d'accostage, adaptées à la desserte des différents types de navires envisagés;
- 2) Postes d'accostage pour navires rouliers, le cas échéant;
- 3) Aires d'entreposage couvertes, découvertes ou fermées, pour les marchandises diverses et le groupage/dégroupage des cargaisons unitarisées, avec les systèmes correspondants de réception et d'expédition des marchandises;
- 4) Terre-pleins d'entreposage de conteneurs, y compris de conteneurs frigorifiques, de marchandises de roulage et de marchandises diverses supportant les intempéries;
- 5) Aire de manutention pour l'entreposage provisoire et le tri des marchandises;
- 6) Aire de prise en charge et de livraison des marchandises acheminées par les modes de transport horizontaux du terminal;
- 7) Centre de contrôle des entrées et des sorties du terminal;
- 8) Aire de stationnement des véhicules de transport routier;
- 9) Aires destinées aux services complémentaires ou auxiliaires : bureaux, ateliers, pesage et voies générales de circulation à l'intérieur du terminal;
- 10) Zone réservée aux marchandises dangereuses.

Pour l'emplacement de chacune de ces zones et leurs dimensions respectives, il faudra tenir compte, de manière générale, des considérations énoncées au paragraphe 17 plus haut.

21. Le matériel de levage et/ou de transport des marchandises à l'intérieur du terminal comprendra les équipements suivants :

- Engins de chargement et de déchargement des marchandises entre le navire et le quai, pour les opérations de manutention verticale;
- Engins de chargement et de déchargement des marchandises entre le navire et le quai, pour les opérations de manutention horizontale;
- Matériel de convoyage et de gerbage des marchandises sur les aires d'entreposage;
- Equipements de livraison et de prise en charge des marchandises transportées par la route et le rail;
- Engins auxiliaires divers.

22. Les rendements caractéristiques des différentes catégories de marchandises dépendent pour l'essentiel de la nature de celles-ci et du système de manutention employé. En gros, on peut distinguer trois types de marchandises; les rendements moyens de chargement et de déchargement des navires pour chacun, exprimés en tonnes métriques par navire et par vacation (en admettant que celle-ci soit de 7 heures), sont les suivants :

- 1) Marchandises donnant lieu à un rendement faible - en général, marchandises diverses, en palettes et préélinguées .. 400-500 t/vacation
- 2) Marchandises à rendement moyen - notamment, produits forestiers et sidérurgiques ..... 800-1 000 t/vacation
- 3) Marchandises à rendement élevé - telles que conteneurs et marchandises de roulage ..... 1 200-1 500 t/vacation

Même si, mathématiquement, l'on peut obtenir des valeurs de rendement moyen par vacation pour la totalité du trafic annuel en fonction de la part en pourcentage de chacun des types de marchandises susmentionnés, ces chiffres ne seraient pas représentatifs dans la mesure où les opérations de chargement ou de déchargement concerneraient des navires de types différents, dont la taille et les caractéristiques influent largement sur les temps de service correspondants.

23. Quant au coefficient d'occupation des divers postes d'accostage, il est également difficile de le calculer, vu l'hétérogénéité des éléments mentionnés ci-dessus; cependant, on peut en principe recommander les valeurs suivantes :

Nombre de postes d'accostage	Coefficient d'occupation en pourcentage
1	30
2	50
3	65

Envisager un nombre plus élevé de postes d'accostage signifierait probablement que l'un des trafics atteigne le niveau critique correspondant à la demande d'un terminal spécialisé, ce qui pourrait d'ailleurs se produire dès la saturation des deux premiers.

24. On trouvera exposées ci-après différentes méthodes permettant d'évaluer la capacité potentielle de trafic d'un terminal polyvalent, le processus opérationnel étant décomposé en quatre phases :

- Phase I : capacité annuelle du terminal en fonction de la ligne d'accostage;
- Phase II : rendement des opérations de chargement et de déchargement entre le navire et la terre;
- Phase III : capacité des allées de circulation et des voies ferrées du terminal;
- Phase IV : capacité annuelle d'entreposage de marchandises du terminal.

25. Pour étudier la phase I, on peut notamment employer les méthodes suivantes :

1) Méthode empirique, représentée par la formule

$$C = R \times \Theta \times N \times T$$

où

C = capacité potentielle en tonnes par an

R = rendement moyen par navire (tonnes/navire/vacation)

$\Theta$  = coefficient d'occupation du poste d'accostage

N = nombre de jours de travail par an

T = nombre de vacations par jour.

Sans perdre de vue les réserves formulées aux paragraphes 22 et 23 ci-dessus à propos des valeurs R et  $\Theta$ , qui conduiraient à appliquer la formule de manière sectorielle pour différents types de navires et de marchandises, et en retenant schématiquement un rendement moyen (souvent cité dans la documentation technique), de R = 1 000 t/vacation, pour le volume total de marchandises traitées par le terminal, avec

$$N = 300 \text{ jours}$$

$$T = 2$$

on obtient les valeurs suivantes :

$$C \text{ (pour un poste d'accostage)} = 180\,000 \text{ t/an/poste}$$

$$C \text{ (pour deux postes d'accostage)} = 300\,000 \text{ t/an/poste}$$

2) Méthode semi-analytique, comprenant pour l'essentiel les étapes suivantes :

- Détermination de la capacité ( $C_i$ ) du terminal pour chacun des trois types de marchandises mentionnés au paragraphe 22, en supposant qu'un seul type de marchandises soit déplacé à la fois. Dans ce cas, on pourrait même utiliser la théorie des files d'attente du fait qu'il s'agit de navires et de marchandises homogènes, en se fondant bien entendu sur les hypothèses correspondantes pour :

- le tonnage moyen à manutentionner par navire
- le tonnage moyen à manutentionner par vacation entre le navire et la terre
- la fréquence typique des arrivées de navires
- le temps typique de desserte des navires
- le rapport admissible entre le délai d'attente et le temps de desserte.

- Etablissement du pourcentage  $p_i$  de chacun des trois types de trafic dans la capacité globale C du terminal;
- Calcul du rapport  $r_i = p_i \times C/C_i$ , qui donne le temps proportionnel relatif correspondant à chacun des types de trafic;
- Calcul du pourcentage de temps d'utilisation  $t_i = r_i / \sum r_i$ ; qui, multiplié par  $C_i$ , donnera le trafic partiel pour chaque catégorie de marchandises, leur somme permettant d'obtenir le total (C).

En réalité, la valeur ainsi obtenue correspond à un maximum. L'optimum sera donné par un coefficient de réduction prévoyant la présence simultanée de navires de divers types d'où une diminution du temps d'utilisation  $t_i$  ou un taux d'attente plus élevé.

- 3) Méthode de simulation sur ordinateur : elle paraît la plus indiquée vu l'hétérogénéité des navires, des marchandises et des temps de desserte dans un terminal de ce type.

26. Le calcul des éléments de la phase II se fonde sur la capacité des équipements utilisés et de leurs combinaisons possibles.

Comme rendements moyens pour les engins et les types de marchandises les plus représentatifs, on peut adopter les valeurs suivantes en t/h :

	Marchandises	Marchandises diverses	Produits forestiers et sidérurgiques	Conteneurs
Matériel				
Grue de 12/16 t		60/80	80/120	...
Grue de 30/40 t		...	120/150	180/200
Portique à conteneurs		...	...	250

27. L'évaluation de la phase III fait intervenir les capacités des voies de passage et des voies ferrées.

- 1) Dans le cas des voies de circulation, il faut calculer tout d'abord le volume du trafic terrestre, exprimé en véhicules/heure, selon la formule

$$V = (0,130 CC + 0,625 CG)/1\ 000$$

qui tient compte de la différence entre le transport de marchandises conteneurisées (CC = tonnage annuel de conteneurs) et celui de marchandises diverses (CG = tonnage annuel de marchandises diverses).

Le volume de trafic ainsi obtenu doit être comparé aux résultats du calcul de la capacité des voies de passage, avec ou sans encombrement 4/.

a) Capacité d'une voie en cas d'encombres.

C'est elle qui peut être atteinte dans l'hypothèse où des arrêts obligatoires se produiront du fait d'encombres ou d'une saturation. En véhicules/heure par voie, elle correspond à :

$$V = 2\ 000 \times f_1 \times f_2$$

où  $f_1$  est un facteur de correction qui dépend de la largeur de l'accotement et de la voie. Dans le cas particulier des ports, où les valeurs correspondantes sont de 0 et 3,5 m, respectivement, ce facteur est égal à 0,70.

$f_2$  est un facteur de correction qui dépend du pourcentage de véhicules lourds et de la déclivité. Avec des valeurs équivalant à 100 % et à zéro dans le cas des ports, il peut être considéré comme égal à 0,40.

Avec ces valeurs,  $V = 560$  véhicules/heure.

b) Capacité d'une voie en l'absence d'encombres.

Celle-ci suppose qu'il n'existe aucun engorgement. Elle peut être calculée selon la formule  $V = 1\ 200 \times f_1 \times f_2$

qui, avec les valeurs susmentionnées, donne :  $V = 336$  véhicules/heure.

2) Pour obtenir la capacité de circulation des lignes ferroviaires et, partant, la capacité d'évacuation du port, il faut tenir compte des variables suivantes :

- Nombre d'heures durant lesquelles la ligne est ouverte à la circulation (normalement, vingt-quatre heures sur vingt-quatre);
- Valeur de la capacité U.I.C. de circulation  $\bar{S}$ , qui sera égale à la capacité nominale en l'absence de tronçons critiques;
- En cas de nécessité, il sera possible d'utiliser la capacité réduite du tronçon critique en faveur du trafic portuaire, soit en donnant la préférence à celui-ci soit en détournant les autres trafics.

28. Dans l'évaluation de la phase IV, et pour déterminer le nombre T de tonnes de marchandises par an qui transitent par les aires d'entreposage, on utilise, pour chaque catégorie de trafic, la formule :

$$T = n \times q \times S \times K_1 \times K_2$$

où

n = nombre de cycles d'occupation par an (en fonction du temps de transit des marchandises)

q = charge au sol exprimée en  $t/m^2$  de superficie réellement occupée par les marchandises

- S = superficie totale d'entreposage, y compris la superficie nécessaire pour la manutention, mais non les voies générales de circulation
- K<sub>1</sub> = facteur de réduction de la superficie totale en raison d'impératifs d'exploitation
- K<sub>2</sub> = facteur de réduction de la superficie totale du fait d'un déséquilibre des charges dans le cas des conteneurs et des remorques.

Les valeurs n et q qui peuvent être adoptées pour les trois catégories de marchandises sont les suivantes :

Type de marchandises	Temps de transit en jours	n Nombre de cycles	q Tonnes/m <sup>2</sup>
Marchandises diverses	12	30	1,25/1,50
Produits forestiers et sidérurgiques	14 1/2	25	1,50/1,75
Conteneurs et fret roulant	9 - 4 1/2	40/80	2,0

On attribuera une valeur de 0,5 à K<sub>1</sub> et de 0,75 à K<sub>2</sub>. Pour les valeurs de K<sub>2</sub>, n et q, il est indispensable de tenir compte des conteneurs et des remorques vides.

29. Une fois déterminées les valeurs correspondant aux phases II, III et IV, on suivra la méthode indiquée au point 2 du paragraphe 25 pour obtenir la capacité globale en tonnes/an pour chaque phase et suivant la composition du trafic prévu. La capacité globale du terminal correspondra à la valeur minimale obtenue dans les quatre phases, après sommation des secteurs considérés dans chacune d'elles. Pour un calcul détaillé, on aura intérêt à utiliser les diagrammes de planification recommandés par la CNUCED 6/, qui permettent un calcul rapide et simplifié, utile pour une première approximation.

### 3. Agencement du terminal

30. Pour mettre au point la configuration géométrique d'un terminal polyvalent, il faut tout d'abord établir les caractéristiques initiales de sa ligne d'accostage.

Concernant la longueur requise pour un poste d'accostage unique, on peut se baser sur une valeur optimale de 225 à 250 m, ce qui permet de réserver :

- 25 à 50 m à l'emplacement d'une rampe pour navires rouliers
- 200 m à l'accostage d'un navire de charge moderne de 15 000 tpi et de 165 m de long, ou d'un porte-conteneurs de 500 EVP.

Dans le cas de deux postes d'accostage, la longueur peut être de 375 à 400 m, soit :

- 25 à 50 m pour l'emplacement d'une rampe
- 350 m pour l'accostage simultané d'un porte-conteneurs de 1 500 EVP de 215 m de long) et d'un navire de charge de 6 000 tpl (de 115 m de long); ou bien d'un cargo de 15 000 tpl et d'un porte-conteneurs de 500 EVP.

Dans les deux cas, la profondeur est imposée par la taille du plus gros navire, qu'il s'agisse d'un cargo de 15 000 tpl ou d'un porte-conteneurs de 1 500 EVP, calant l'un et l'autre 11 m, ce qui détermine une hauteur d'eau pour le quai de 11,30 à 12 m, selon qu'on adopte une marge de 0,30 m (fond vaseux) ou de 1 m (fond rocheux).

Bien entendu, si le projet prévoit (voir par. 17) la transformation future du terminal en terminal spécialisé à conteneurs, il convient de reconsidérer la hauteur et de se réserver la possibilité de la porter à 13 m pour la desserte de navires porte-conteneurs de la troisième génération (environ 2 500 EVP).

31. La meilleure configuration pour un terminal étant celle d'un rectangle, il est nécessaire d'établir, en principe, un critère initial de largeur. Indépendamment des impératifs de superficie déterminés par les critères de dimensionnement indiqués plus haut, et vu que :

- un terminal classique pour marchandises diverses nécessite une largeur optimale de 125 à 150 m, et que
- la largeur optimale d'un terminal à conteneurs est d'au moins 300 m, on peut envisager une largeur de 200 à 300 m pour un terminal polyvalent, avec la possibilité de l'élargir ultérieurement si le projet final est d'en faire un terminal spécialisé à conteneurs.

32. Conformément à ces critères généraux, on a représenté sur les figures 1 et 2 les plans respectifs d'un terminal polyvalent à un poste d'accostage (250 x 300 m) et à deux postes d'accostage (400 x 300 m).

Ces deux types de terminal sont agencés comme suit :

Zones	Terminal à un poste d'accostage (pourcentage)	Terminal à deux postes d'accostage (pourcentage)
Aires de manutention	16	16
Terre-pleins d'entreposage	30	28
Aires d'entreposage sous abri	8	11
Voies de circulation	36	35
Accès et livraison	5	5
Aires de stationnement	5	5

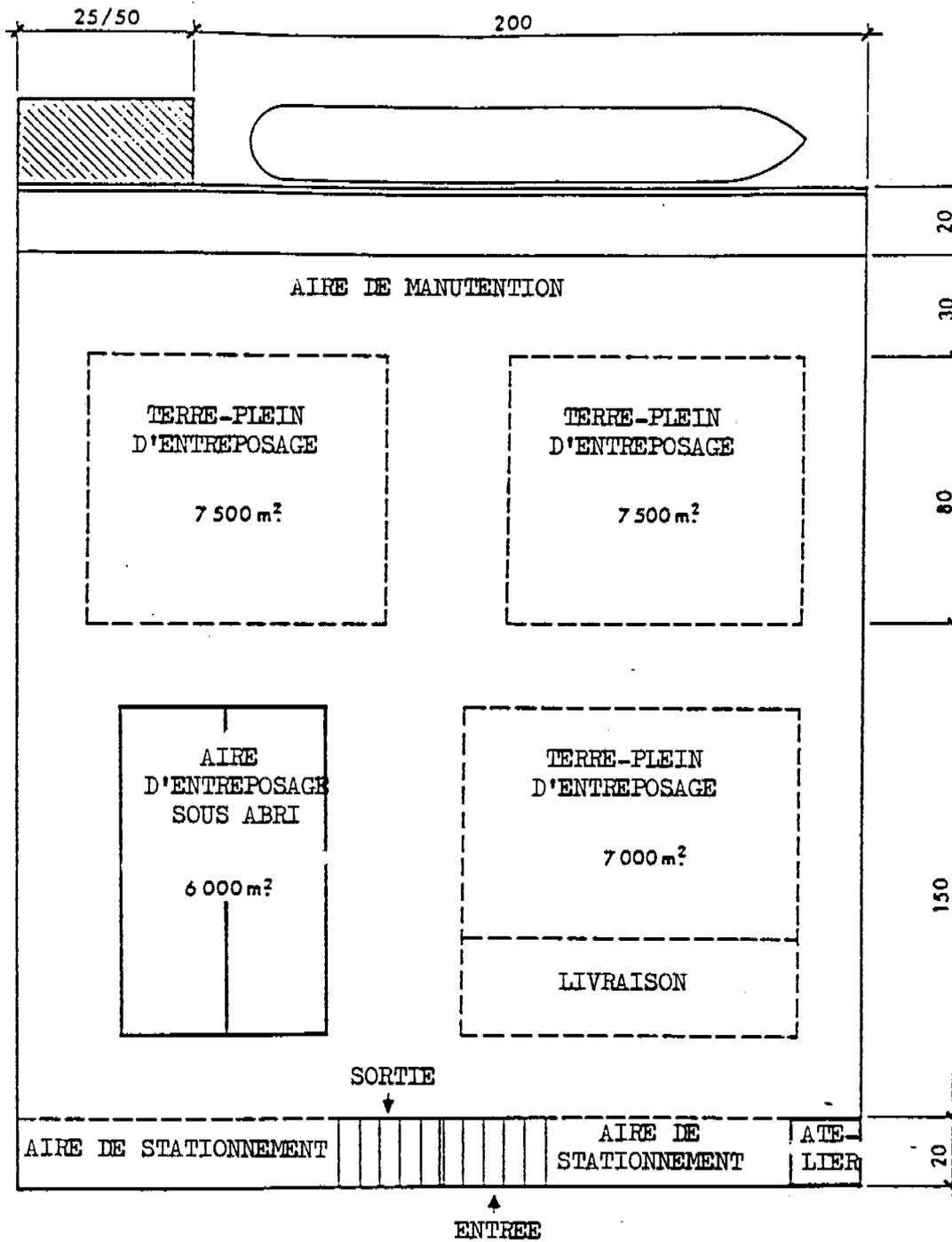


Figure 1 : Terminal polyvalent à un poste d'accostage

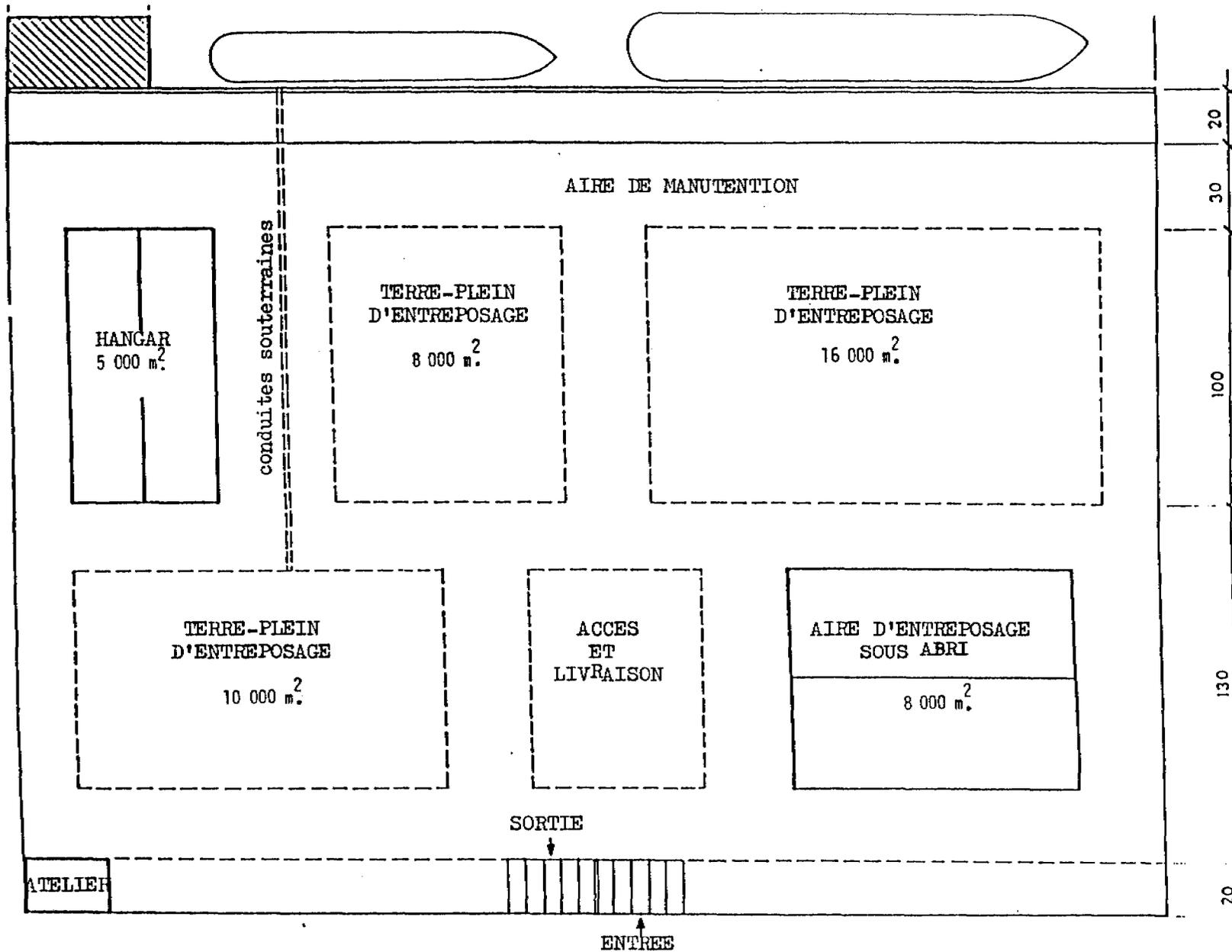


Figure 2 : Terminal polyvalent à deux postes d'accostage

Comme on peut le constater, la superficie des voies de circulation est presque égale à celle des aires d'entreposage (soit, plus précisément, 95 % dans le cas d'un terminal à un poste d'accostage et 90 % dans le cas d'un terminal à deux postes).

Sur les deux schémas, on a supposé que, en cas d'extension du terminal ou de spécialisation d'un poste d'accostage pour la manutention de conteneurs, l'aménagement serait effectué du côté droit de la figure. Ainsi, sur la figure 1, l'aire d'entreposage sous abri continuerait, dans le cas d'une extension du terminal, d'être utilisée pour les marchandises de roulage et les cargaisons non conteneurisées; sur la figure 2, au cas où le poste de droite serait réservé aux conteneurs, l'aire d'entreposage sous abri occuperait une position favorable en deuxième ligne. Sur les deux terminaux, le poste roulier (partie hachurée sur les deux figures) se situe à une extrémité, à proximité d'une aire d'entreposage sous abri en première ou en deuxième ligne et d'une voie d'accès directe. Il est possible de prévoir un accès ferroviaire aussi bien aux postes d'accostage qu'aux aires de livraison moyennant de légères modifications de l'agencement.

33. La figure 3 représente un terminal avec un trafic élevé de conteneurs, mais pouvant traiter d'autres types de marchandises. La figure 4 est une vue en perspective d'un terminal polyvalent de 17,5 ha de superficie et dont l'aménagement est analogue à celui de la figure 2.

#### 4. Matériel

34. On trouvera ci-après une liste d'équipements, avec leurs principales caractéristiques d'emploi. Pour une présentation plus complète des engins adaptés à la manutention des conteneurs, qui constituent une catégorie importante de l'outillage d'un terminal polyvalent, on pourra consulter le matériel de formation établi conjointement par la Banque mondiale et la CNUCED //.

35. Grues classiques pour marchandises diverses, unitarisées ou non, ayant une gamme de puissances de 6 à 16 tonnes.

Elles se présentent sous deux configurations : grue à flèche en quadrilatère (fig. 5 A) et grue à flèche simple (fig. 5 B). La première est plus volumineuse et représente un investissement plus élevé (de l'ordre de 10 %), mais elle offre un net avantage pour la manutention rapide de colis lourds (bobines d'acier); en effet, non seulement la charge, mais aussi l'avant de la flèche, effectuent un parcours horizontal, ce qui suppose de maintenir constante la longueur du câble de levage et de réduire les oscillations de la charge. En principe, les opérations d'un terminal polyvalent n'obligent pas à munir ces grues d'une benne preneuse; cependant, les équiper de ce dispositif en vue d'un éventuel transfert vers d'autres installations entraîne un surcoût n'excédant pas 10 % de l'investissement.

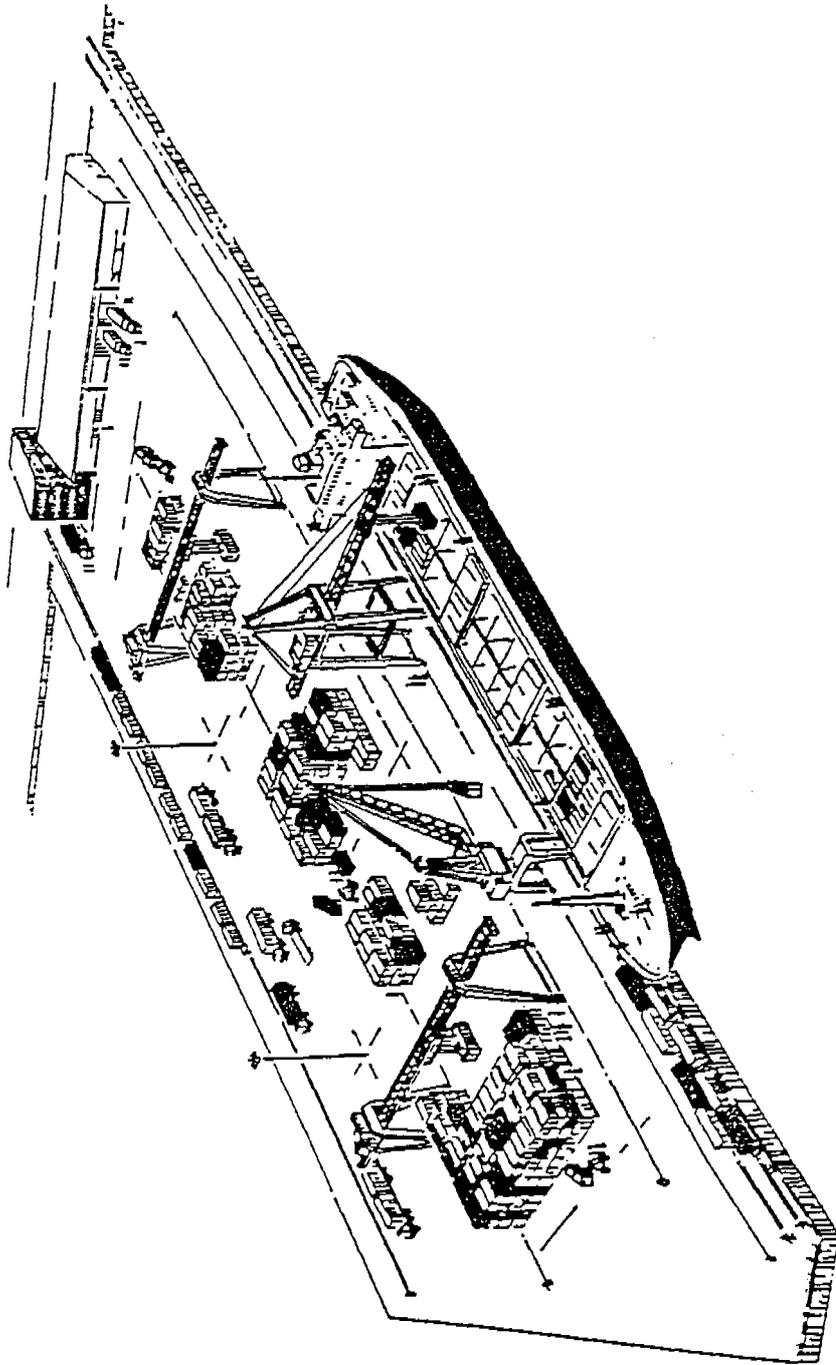


Figure 3 : Terminal polyvalent à fort trafic de conteneurs

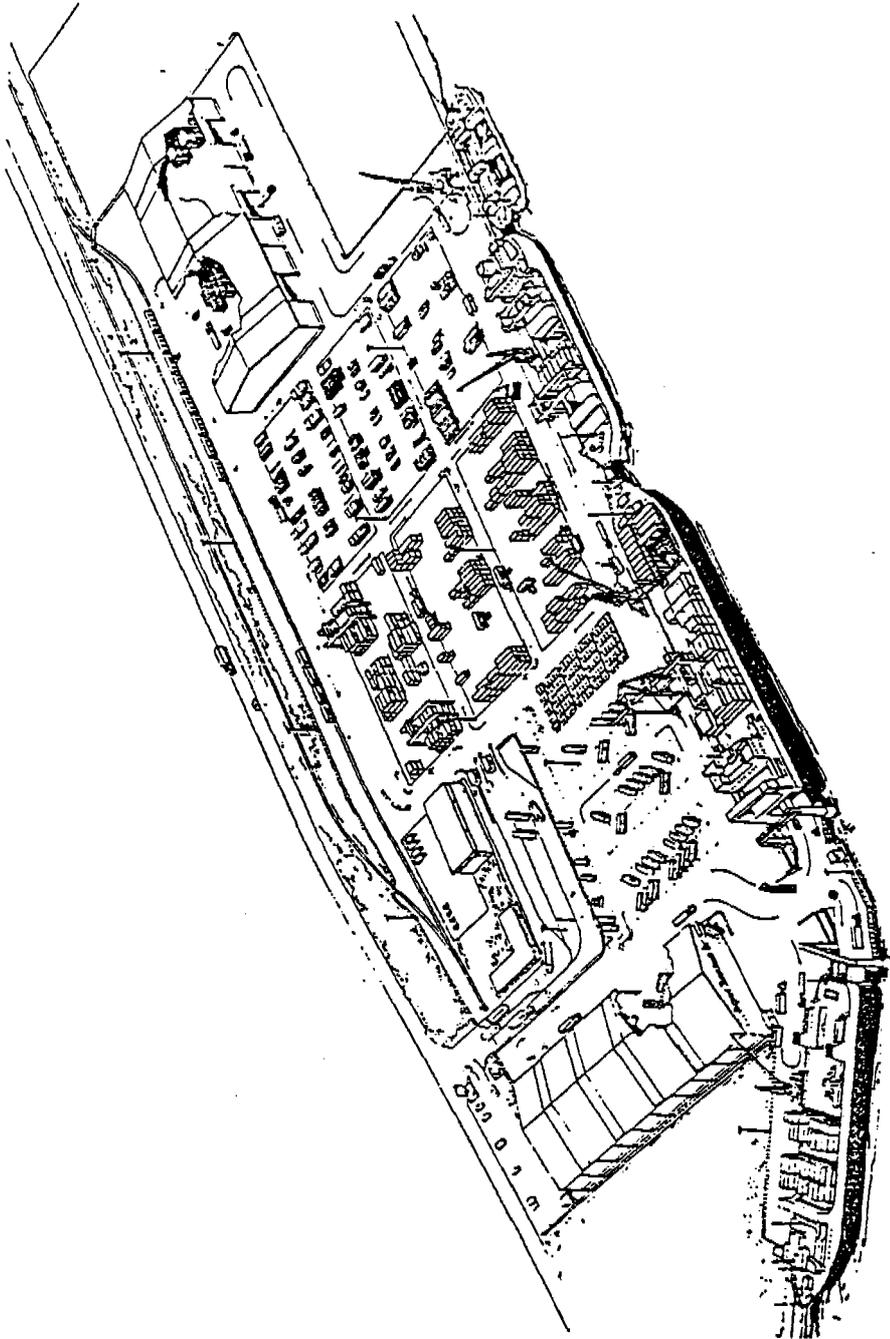


Figure 4 : Exemple de terminal polyvalent à deux postes d'accostage

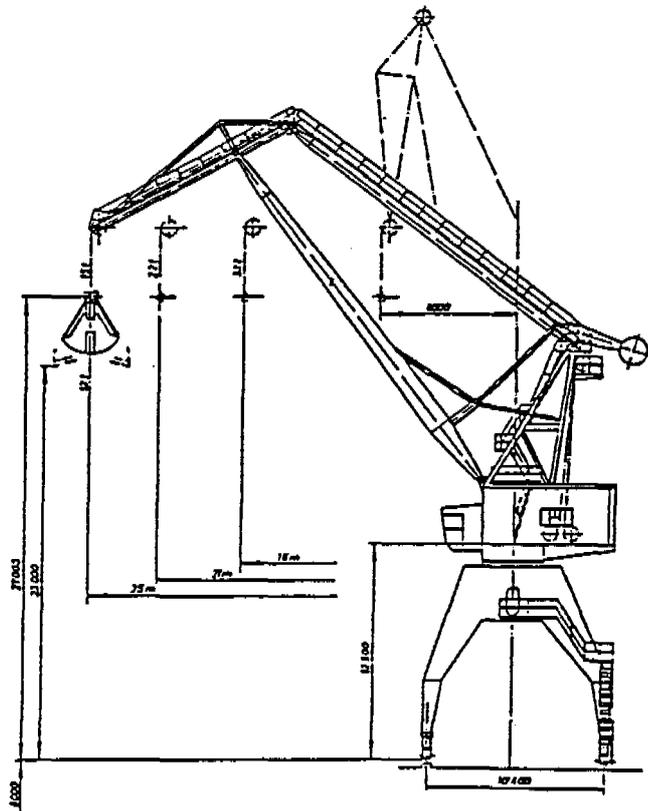


Figure 5 A : Grue à flèche en quadrilatère

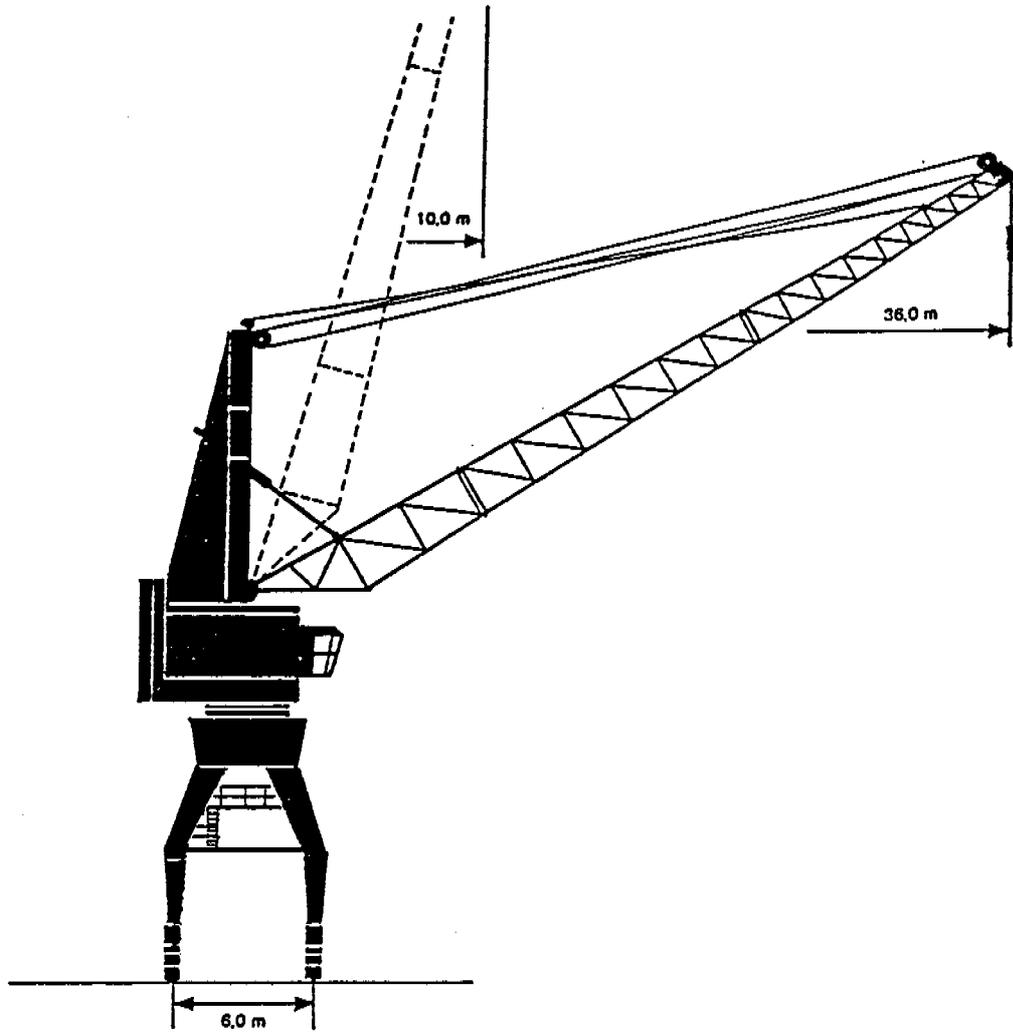


Figure 5 B : Grue à flèche simple

36. Grues polyvalentes à forte puissance de levage - de 25 et 40 tonnes (fig. 6). Elles sont généralement équipées pour manutentionner : des charges lourdes et des conteneurs avec un crochet principal; des charges unitarisées légères à l'aide d'un crochet auxiliaire; du vrac à l'aide d'une benne preneuse; des tôles et autres charges similaires à l'aide d'un électro-aimant, encore que l'emploi de celui-ci puisse provoquer des perturbations magnétiques sur le navire et dans l'équipement électrique de la grue elle-même.

Pour la manutention de conteneurs, leurs caractéristiques principales doivent être les suivantes :

- Puissance à portée maximale : 30 tonnes pour un conteneur de 40 pieds, plus 10 tonnes pour le palonnier, soit 40 tonnes au minimum;
- Portée maximale : même si un porte-conteneurs de 1 500 EVP fait à peine 31 m de large, il faut prévoir une légère marge et doter les grues d'une portée suffisante pour 13 rangées de conteneurs (largeur Panamax), soit 32,5 m de portée depuis le bord du quai.

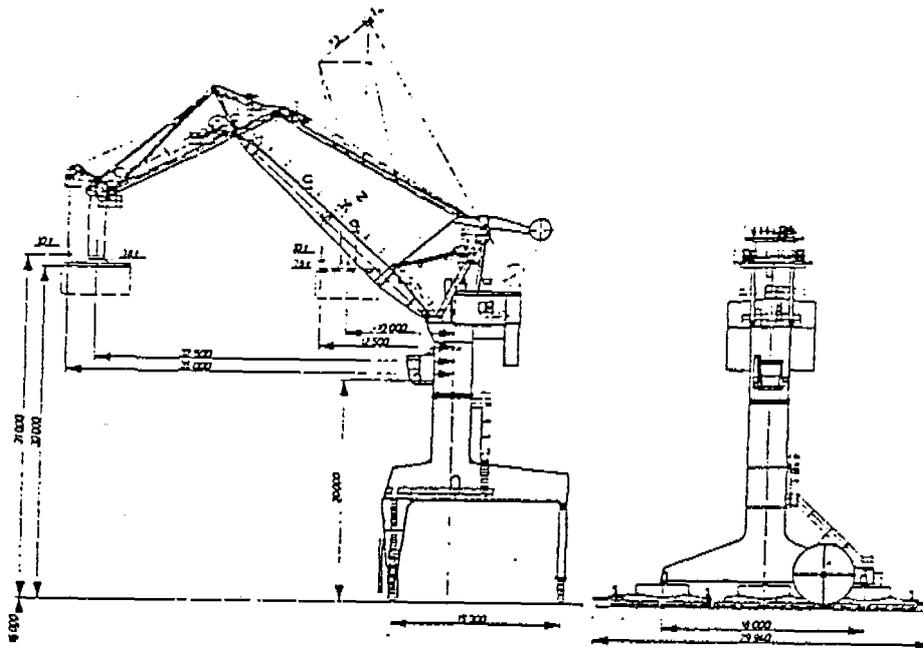


Figure 6 : Grue polyvalente

37. Grue mobile (fig. 7 A) : il s'agit là d'un outillage propre aux installations portuaires et distinct de la grue automotrice ou montée sur un châssis routier. Cet engin est très utile sur les terminaux polyvalents, car sa mobilité lui permet d'effectuer des opérations de chargement/déchargement des navires et de manutentionner des charges lourdes sur les terre-pleins du terminal. Il faut néanmoins signaler que son coût d'acquisition et de maintenance est deux fois plus élevé que celui des grues classiques et que son positionnement est long à réaliser.

Quant à ses caractéristiques de puissance et de portée, elles sont équivalentes à celles des grues mentionnées antérieurement. On notera simplement, à propos de sa configuration, que l'articulation de la flèche doit être en position suffisamment haute pour pouvoir enjamber (fig. 7 B) la pile de conteneurs chargés en pontée et manutentionner toutes les rangées sans nécessiter le déplacement du navire.

38. Grue à portique pour conteneurs (fig. 8) : ses caractéristiques fondamentales pour un terminal polyvalent qui, à tout moment, peut être partiellement ou entièrement converti en terminal spécialisé à conteneurs sont les suivantes :

- Puissance de levage : 40 tonnes au minimum
- Portée maximale depuis le bord du quai : 32,5 m
- Hauteur de levage sous le palonnier : 25 m au minimum
- Largeur de la voie : à partir de 15/18 m
- Portée jusqu'au sol : 15 m
- Gabarit en hauteur sous le portique : 12 m

Ces cotes sont prévues pour la desserte de navires porte-conteneurs de largeur Panamax, moyennant un léger accroissement du coût de la grue. Pour la manutention de conteneurs de plus de 40 pieds, la largeur hors tout entre les pieds avant du portique de la grue doit être au moins égale à la longueur du conteneur le plus long prévu, augmentée de 2 mètres.

39. Châssis, pour le transport horizontal de charges unitarisées et de conteneurs à l'intérieur du terminal. Ils sont de trois types :

- à plate-forme surbaissée (fig. 9 A), avec attelage au tracteur au moyen d'un dispositif à col de cygne. Les châssis de ce type sont utilisés de préférence pour les opérations de manutention horizontale en raison de leur gabarit peu élevé mais, sur de longues distances, ils ont pour inconvénient une faible vitesse de transport due au diamètre réduit des roues et à la nécessité d'assujettir le col de cygne à l'aide de chaînes. Ils offrent l'avantage de pouvoir être gerbés à vide.
- à plate-forme normale (fig. 9 B) : leurs caractéristiques sont similaires à celles des châssis routiers, mais ils sont d'une construction plus simple et plus robuste, sans suspension ni raccords supplémentaires.
- de levage et de transport : ce type (fig. 10 A et 10 B) présente, par rapport aux châssis précédents (fig. 9 A et 9 B), l'avantage de ne nécessiter aucun autre engin pour le chargement ou le déchargement, étant lui-même muni d'un dispositif hydraulique de levage; toutefois, il n'offre aucune capacité de gerbage.

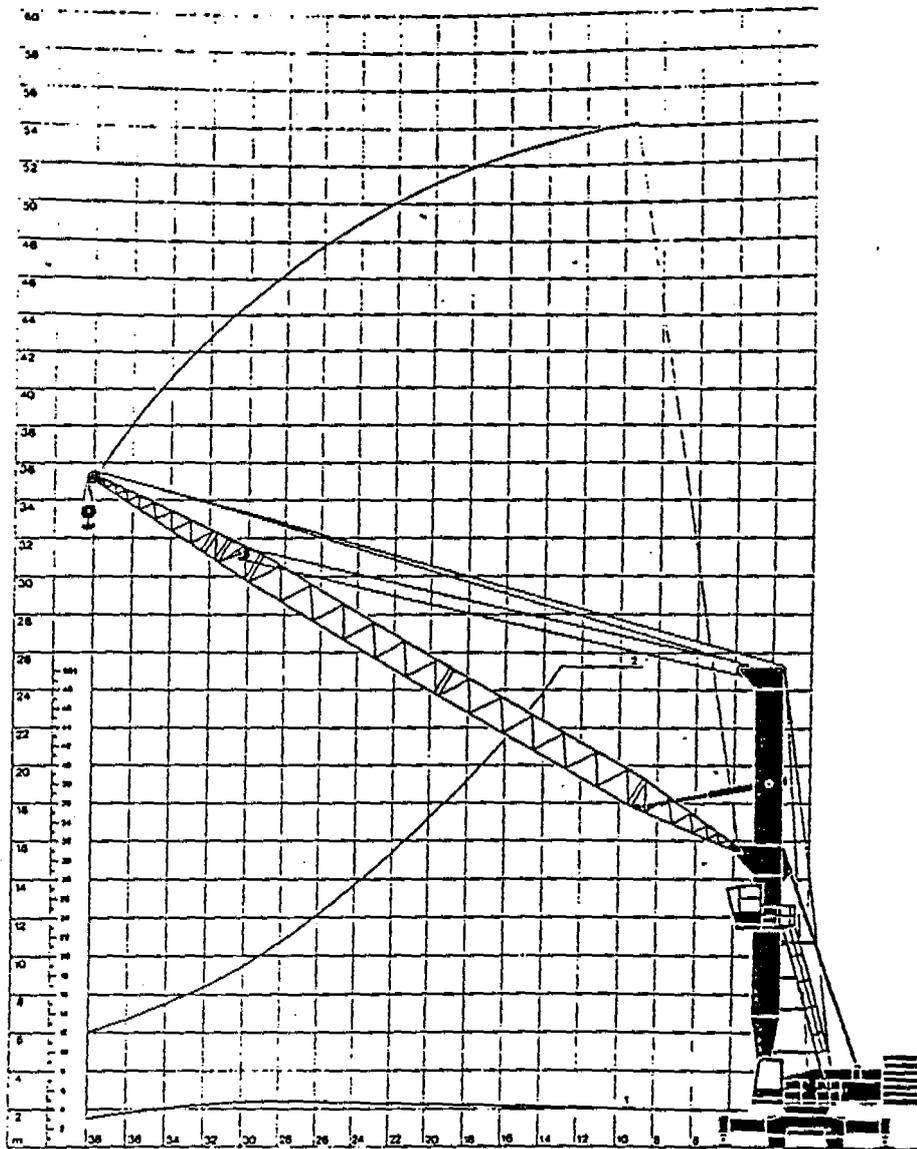


Figure 7 A : Caractéristiques de la grue mobile

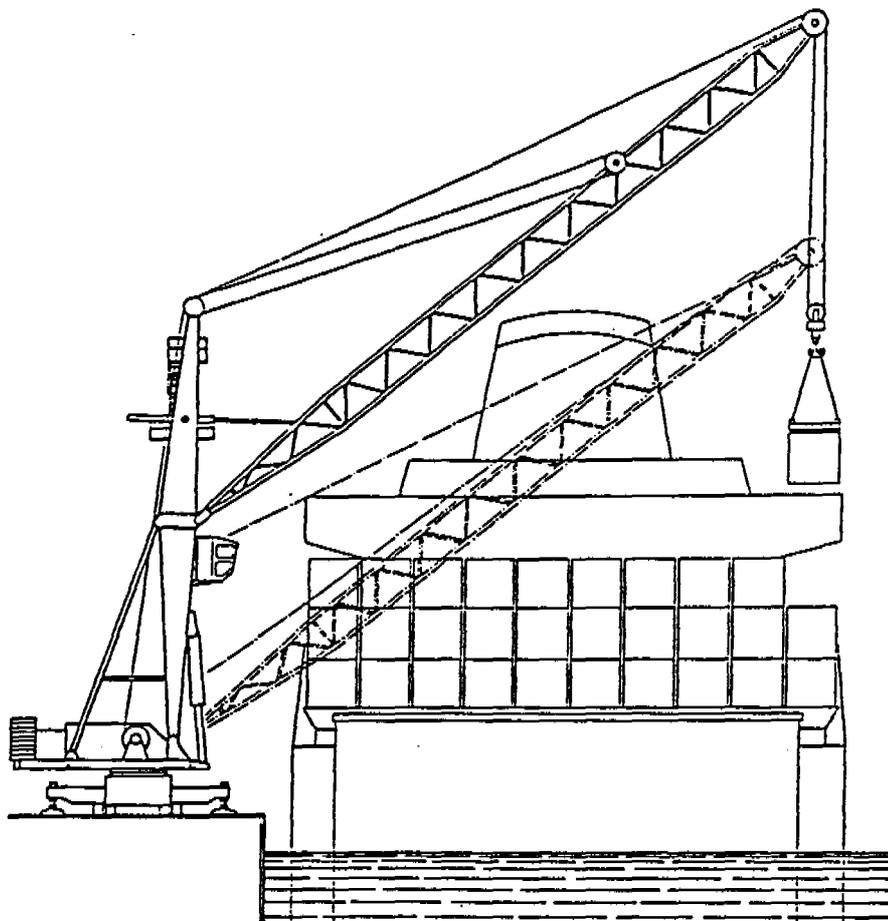


Figure 7 B : Souplesse d'emploi de la grue mobile

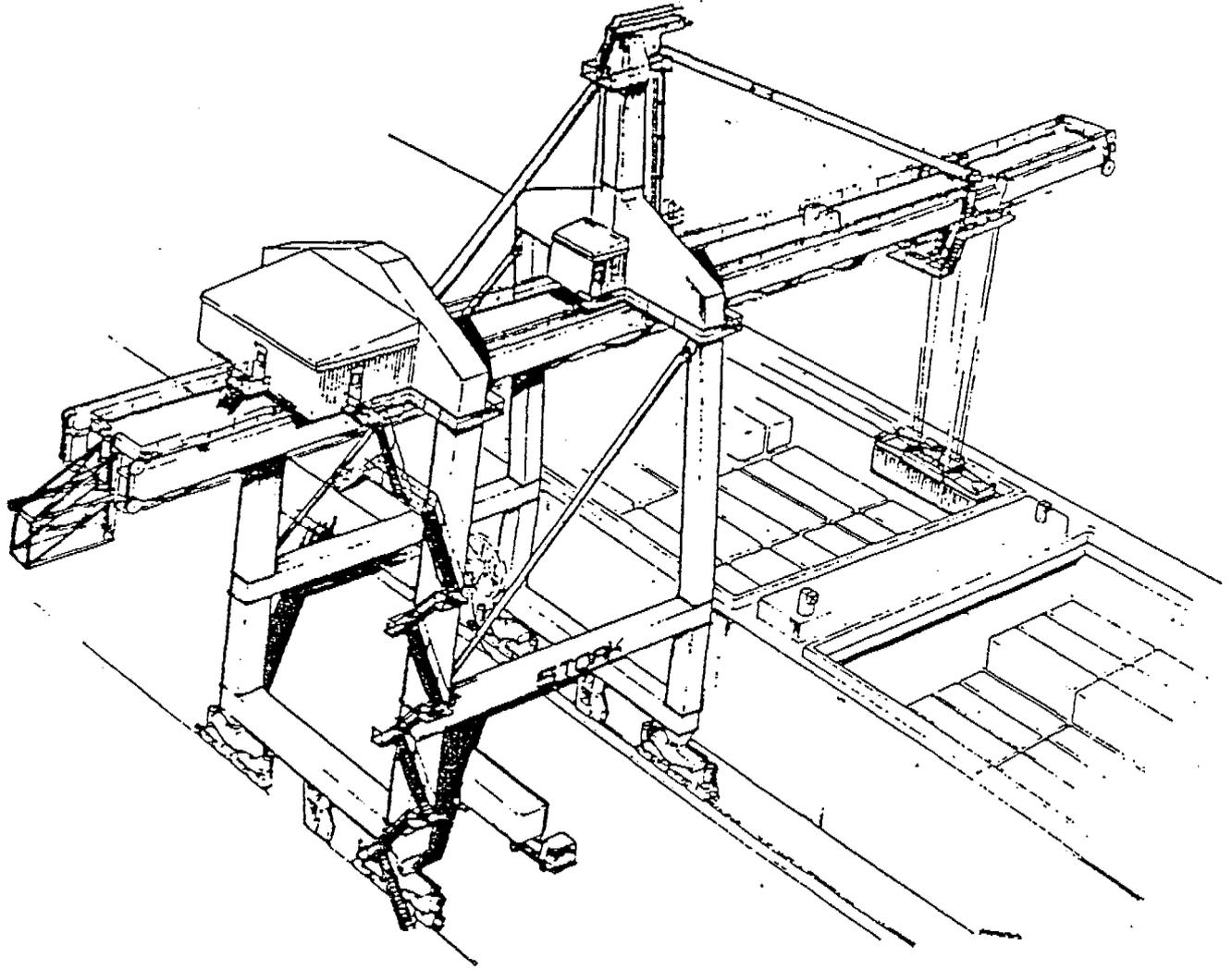
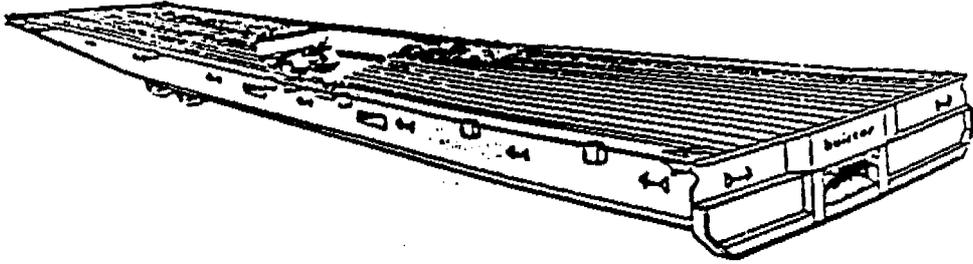
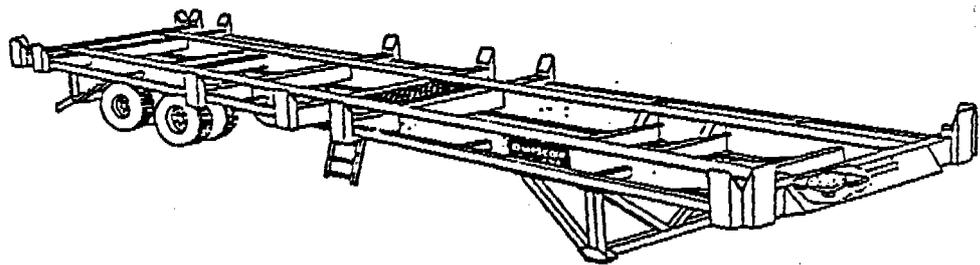


Figure 8 : Grue à portique pour la manutention des conteneurs à quai

A



B

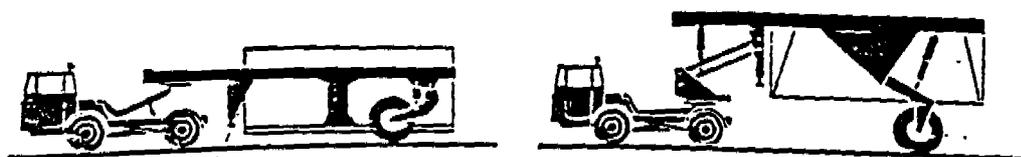


Figures 9 A et 9 B : Châssis à plate-forme surbaissée et à plate-forme normale

A

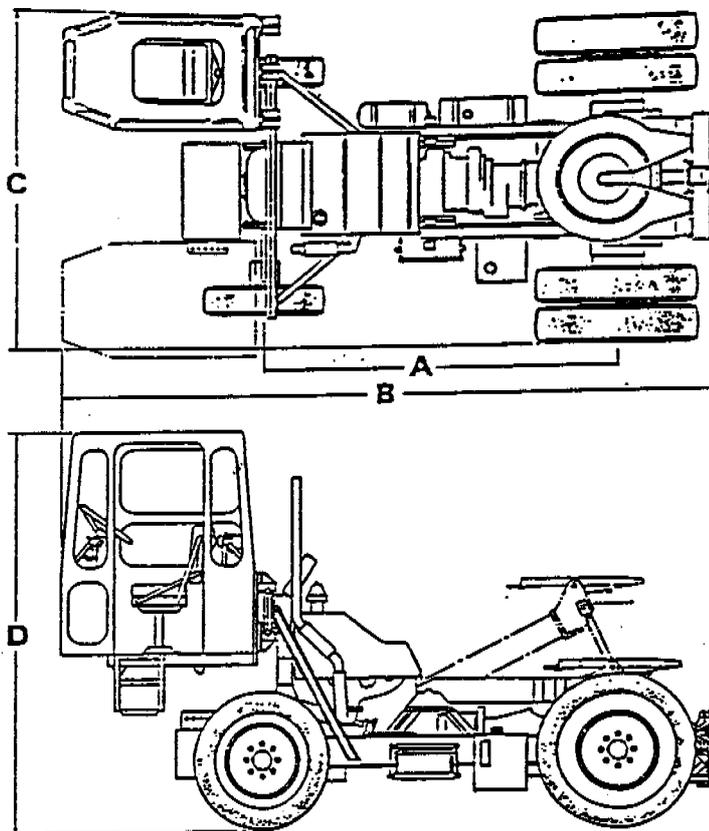


B



Figures 10A et 10B : Châssis de levage et de transport

Ces trois types de châssis sont remorqués par des tracteurs de terminal (fig. 11) pourvus de dispositifs appropriés d'attelage et de dételage. Dans le cas d'opérations de chargement-déchargement par roulage, on emploie des tracteurs à gabarit réduit (d'une valeur D minimale).



Dimensions de base */		
Description	Symbole	Dimension (mètres)
Empattement	A	2,60
Longueur hors tout	B	4,70
Largeur hors tout	C	2,30
Hauteur hors tout	D	2,70

\*/ Correspondent seulement à des données de référence.

Figure 11 : Tracteur destiné au remorquage de châssis

40. Engins de levage et de transport à capacité de gerbage, qui se présentent sous diverses formes et font appel à divers modes opératoires. Les plus couramment employés sont les suivants :

- 1) Chariot élévateur frontal. Il s'agit d'un engin indispensable pour les terminaux polyvalents en raison de sa grande souplesse d'utilisation pour la manutention de diverses catégories de marchandises et de ses possibilités aussi bien de levage que de transport, même si pour cette dernière opération, son efficacité diminue proportionnellement à la distance de déplacement. Ces engins se prêtent à la manutention de marchandises de poids variables et vont des modèles les plus petits d'une capacité de 2 à 3 tonnes, utilisés dans les hangars de transit ou pour l'emportage et le dépotage des conteneurs, à des modèles de grande capacité (40 tonnes) servant à la manutention de conteneurs, y compris dans les terminaux spécialisés.

La caractéristique fondamentale réside dans le dispositif de manutention des charges. Dans sa version la plus simple, il s'agit d'une fourche, dont sont équipés les modèles les plus petits utilisés pour la manutention de palettes, mais aussi ceux de plus grande capacité employés pour la manutention de conteneurs dans les trafics peu spécialisés, où l'on peut encore trouver des conteneurs dotés des passages de fourches correspondants. Dans les trafics conteneurisés, on utilise couramment des palonniers, que l'on peut classer, d'une manière générale, en modèles pour conteneurs pleins, conteneurs vides et modèles mixtes. Entre ces deux extrêmes, il existe tout un éventail d'accessoires spécialisés pour la manutention de diverses marchandises.

Une autre caractéristique importante de ces engins est la hauteur du mât qui peut être d'un modèle standard ou d'un modèle plus court, ce dernier équipant aussi bien des petits chariots servant à l'emportage et au dépotage des conteneurs que des chariots de grande capacité utilisés pour le chargement et le déchargement par roulage et permettant ainsi de travailler à l'intérieur du navire dans des entreponts de hauteur réduite.

Les figures 12 A et 12 B, de même que le tableau des caractéristiques dimensionnelles de base présenté ci-après à titre indicatif, correspondent respectivement à des chariots de grande capacité à mât standard et à mât court. Ces modèles sont d'un emploi souple, d'un coût et d'un entretien réduits, mais ils exercent de fortes contraintes sur les revêtements et nécessitent un vaste espace de manoeuvre. Les accessoires de manutention des marchandises sont reproduits sur la figure 13.

Dimensions de base des chariots élévateurs à prise frontale,  
à mât standard ou court (en mètres)

Description	Symbole	Mât standard	Mât court
Largeur de la partie antérieure	U	2,30-2,70	1,75-2,68
Largeur maximale de la partie antérieure	L	3,15-3,85	2,60-3,75
Hauteur totale de la cabine	P	3,70-4,10	2,90-3,75
Hauteur, mât déployé	C	6,40	4,45-5,40
Hauteur de levée maximale	A	4,10	3,00-3,20
Hauteur du mât	B	4,18	2,90-3,70
Longueur totale (sans les bras de fourche)	E	5,90-7,85	4,83-7,10
Porte-à-faux arrière	F	0,85-1,00	0,65-0,85
Empattement	G	3,95-5,50	3,20-5,00
Porte-à-faux avant	H	1,10-1,35	0,98-1,25
Longueur des bras de fourche	I	2,45	2,45
Distance du centre de gravité de la charge (capacité maximale)	S	1,22	1,22
Garde au sol sous le mât	T	0,35	0,25-0,35
Largeur de la partie postérieure	V	3,10-3,20	2,50-3,10
Ecartement des roues arrière	O	2,73-2,70	2,15-2,58
Ecartement extérieur maximal des bras de fourche	M	2,40	2,35-2,90
Ecartement extérieur minimal des bras de fourche	N	1,45	0,75-1,30
Rayon de giration	R	5,80-7,80	4,45-7,00
Largeur minimale d'allée pour virage à angle droit (avant)	X1 <sup>h</sup>	5,10-6,70	4,05-6,55
Rayon intérieur de giration	r	1,05-1,80	0,75-0,95
Largeur minimale d'allée pour virage à angle droit (arrière)	X2	4,50-5,00	4,10-4,95
Capacité maximale en tonnes métriques	Q	16-42	10-35

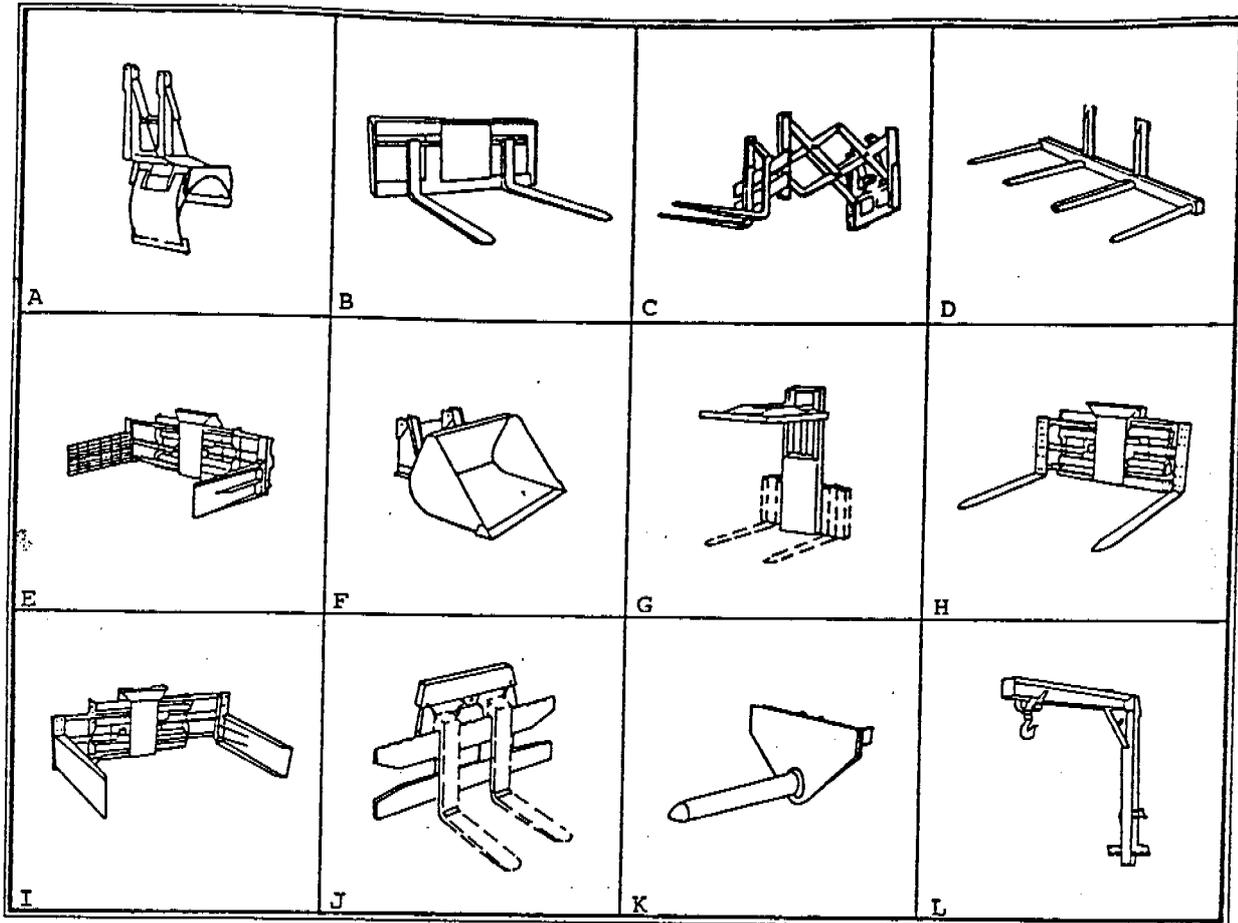


Figure 13 : Accessoires 8/

- A. PINCES POUR ROULEAUX DE PAPIER : une paire de pinces, conçue pour lever et retourner les rouleaux de papier.
- B. FOURCHES A PALETTE : à multiples possibilités d'utilisation. Les fourches peuvent être ajustées manuellement pour s'adapter à diverses charges palettisées.
- C. EXTENSIONS DE FOURCHE : Permet le gerbage des marchandises en profondeur et le chargement des camions et des wagons par un seul côté.
- D. RATEAU A FUTS : permet de manutentionner et de gerber des fûts de 40 gallons (182 litres) en position horizontale.
- E. PINCES POUR CHARGES : modèle classique ou rotatif pour manutentionner des caisses, des boîtes et autres charges rigides. Les bras sont dotés généralement de garnitures de caoutchouc remplaçables pour éviter des avaries. Il y a beaucoup d'autres pinces plus spécialisées : pinces à fûts, pinces à carton, etc.
- F. BENNE HYDRAULIQUE : conçue pour manutentionner des marchandises en vrac.
- G. STABILISATEUR DE CHARGE : pour assurer la manutention sans danger de charges volumineuses qui ne sont pas convenablement amarrées.
- H. POSITIONNEURS HYDRAULIQUES DE FOURCHE : conçus pour permettre l'adaptation rapide de la fourche à des marchandises différentes.
- I. PINCES A BALLES : pour la manutention des balles de pâte à papier, de coton, de chanvre, etc.
- J. APPAREIL A LEVAGE LATERAL : essentiel pour le positionnement rapide et précis des charges.
- K. BOME : conçue pour manutentionner les charges cylindriques telles que les bobines d'acier, les tuyaux, les tapis, etc.
- L. POTENCE AMOVIBLE : prévue pour la manutention de charges nécessitant l'emploi de crochets et d'élingues.

- 2) Chariot élévateur latéral, ayant des caractéristiques analogues à celles du chariot élévateur frontal, mais d'une moins grande souplesse d'emploi (fig. 14).

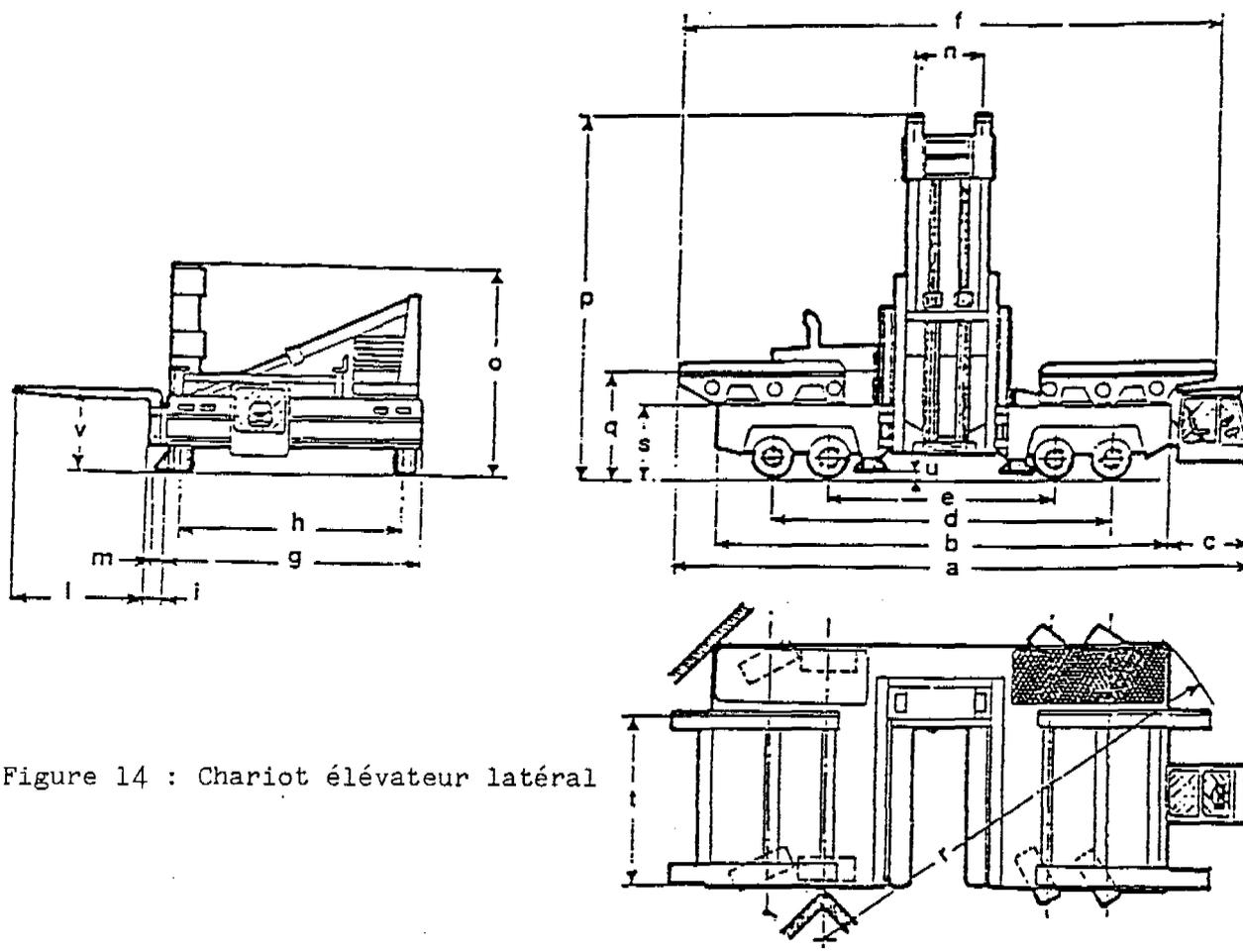


Figure 14 : Chariot élévateur latéral

Dimensions de base des chariots élévateurs à prise latérale (en mètres)

Description	Symbole	Dimension
Longueur totale	a	10,86-11,70
Longueur du châssis	b	8,91
Longueur de la cabine	c	1,95
Empattement (essieux extérieurs)	d	7,11
Empattement (essieux intérieurs)	e	4,41
Longueur de la plate-forme	f	9,00-10,40
Largeur du mât	n	1,16
Hauteur, mât déployé	p	6,00-8,50
Hauteur, mât replié	o	4,20-5,45
Hauteur de la plate-forme	q	2,48
Hauteur du châssis	s	1,78
Garde au sol du stabilisateur	u	0,30
Garde au sol de la fourche	v	1,84-1,94
Largeur du chariot	h	3,43
Largeur du chariot hors tout	g	3,90
Débordement du stabilisateur	m	0,16
Débordement du mât	i	0,15
Débordement de la fourche	l	2,50
Largeur de la plate-forme	t	2,50
Rayon de giration	r	8,83

- 3) Chariot transporteur du type indiqué sur la figure 10B, mais automoteur et doté d'une capacité de gerbage sur trois hauteurs. Il s'agit d'un engin simple et économique, qui se prête à des opérations peu spécialisées (fig. 15).

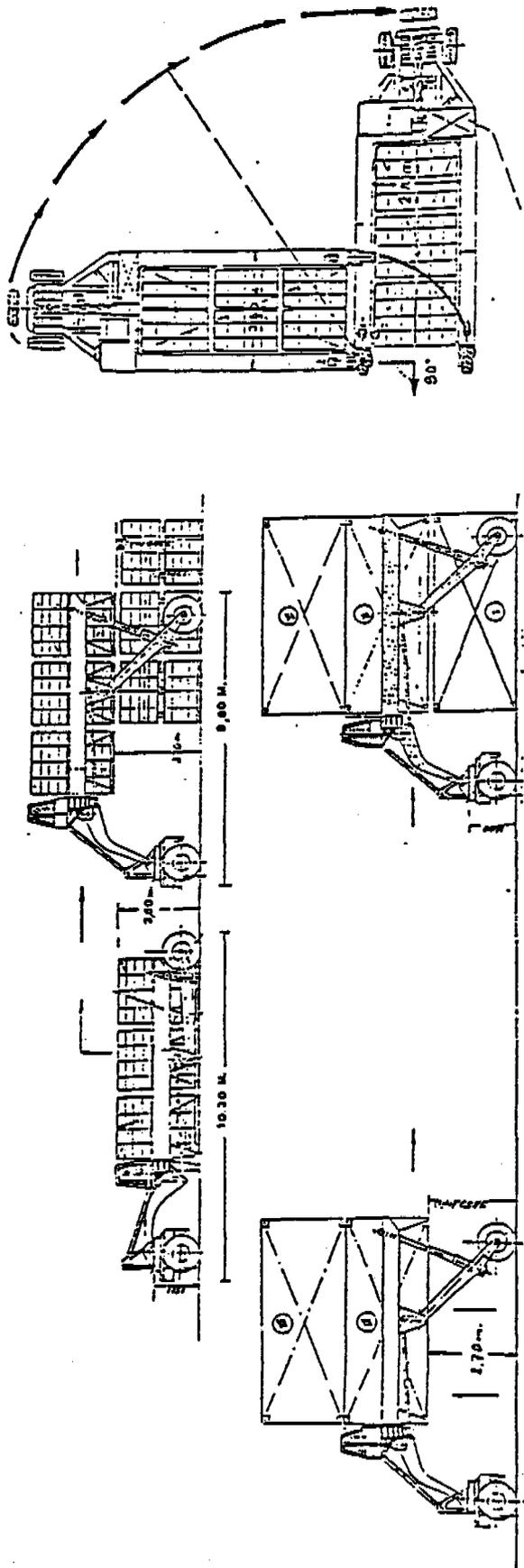


Figure 15 : Chariot transporteur

- 4) Chariot gerbeur à flèche télescopique : cet engin, qui assure des fonctions analogues à celles des chariots élévateurs à prise frontale ou latérale, permet (fig.16) d'empiler des conteneurs sur quatre hauteurs tout en formant des blocs pouvant atteindre quatre rangées, au lieu de trois hauteurs et de deux rangées avec les engins précédents. Le rendement de la superficie occupée est ainsi doublé tandis que les charges imposées aux revêtements par l'engin diminuent. Le dispositif de pivotement à 90° du palonnier permet de réduire davantage encore la largeur de la voie de circulation entre les rangées.

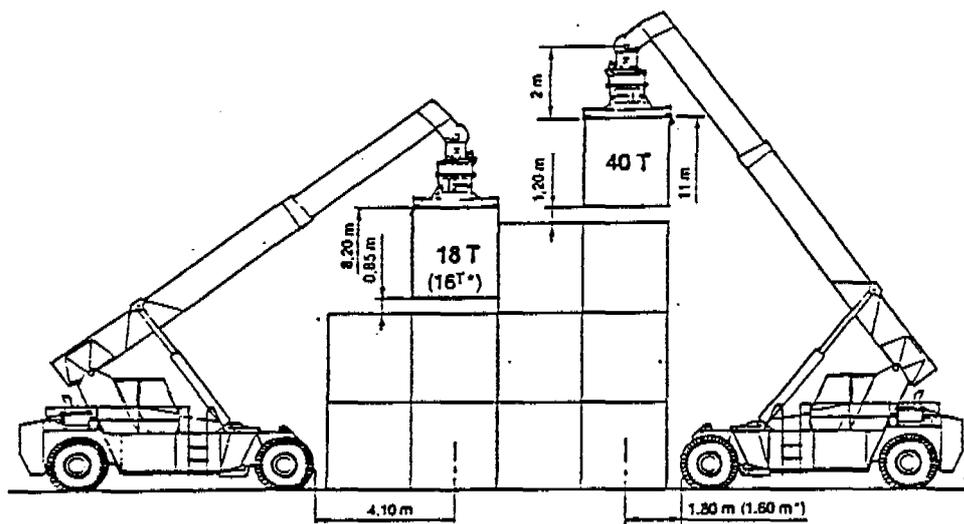


Figure 16 : Chariot gerbeur à flèche télescopique

5) Grue mobile à portique : elle peut remplir les fonctions d'un chariot élévateur frontal, d'un chariot gerbeur à flèche télescopique et d'un chariot cavalier, en combinant leur souplesse d'emploi, nécessaire même sur des terminaux très spécialisés, pour des coûts d'investissement et de maintenance qui se situent à mi-chemin entre ceux d'un chariot élévateur frontal et ceux d'un chariot cavalier (fig. 17).

1. Pivotement d'un conteneur de 40 pieds à pleine charge.
2. Gerbage sur deux hauteurs en troisième rangée.
3. Position de transport, flèche repliée.
4. Opération avec chariot cavalier en 3 + 1.
5. Gerbage transversal en première rangée.
6. Gerbage au premier niveau en troisième rangée.
7. Extension verticale du palonnier (1,35 m).

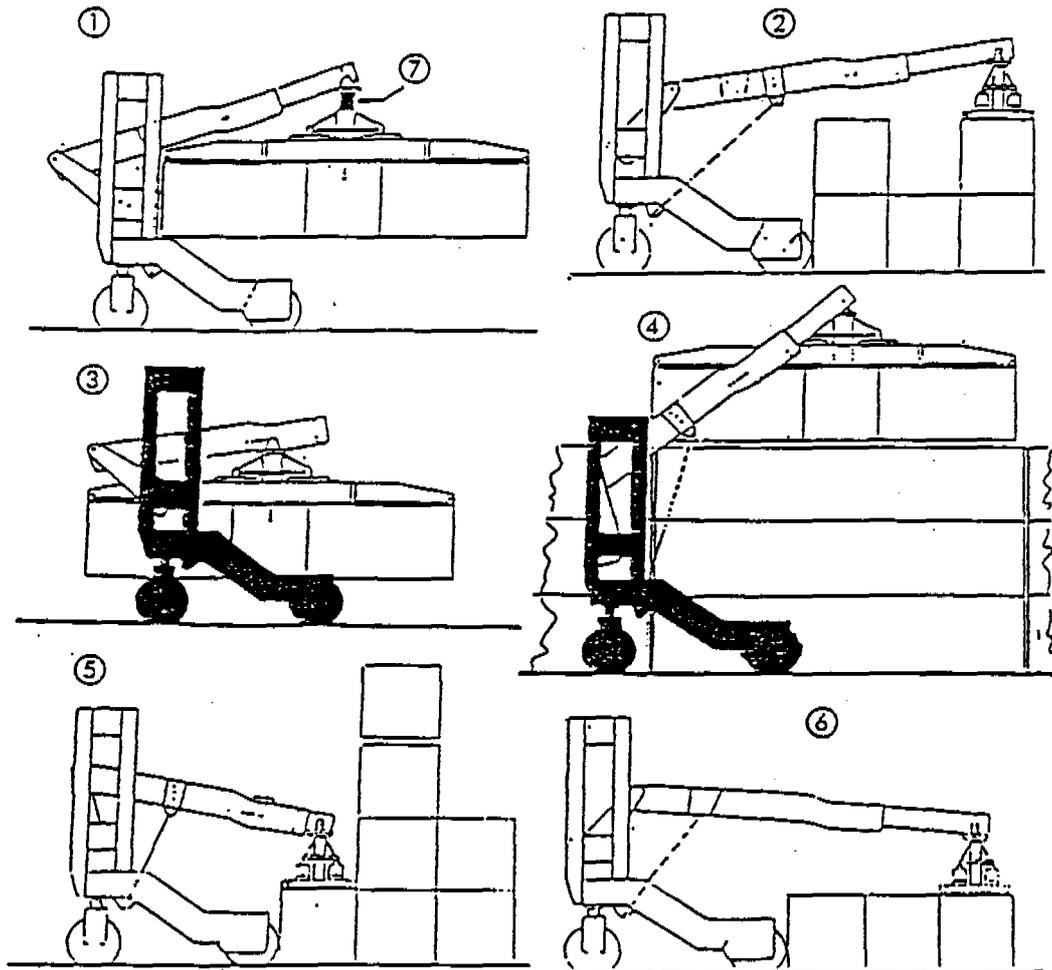


Figure 17 : Grue mobile à portique

- 6) Chariot cavalier : engin typique des terminaux à conteneurs, d'une grande souplesse d'utilisation mais d'un coût d'investissement et de maintenance élevé, et exerçant de fortes contraintes sur les revêtements. Sa capacité de gerbage de conteneurs varie entre deux et quatre hauteurs, la formule la plus courante étant de trois hauteurs (fig. 18).

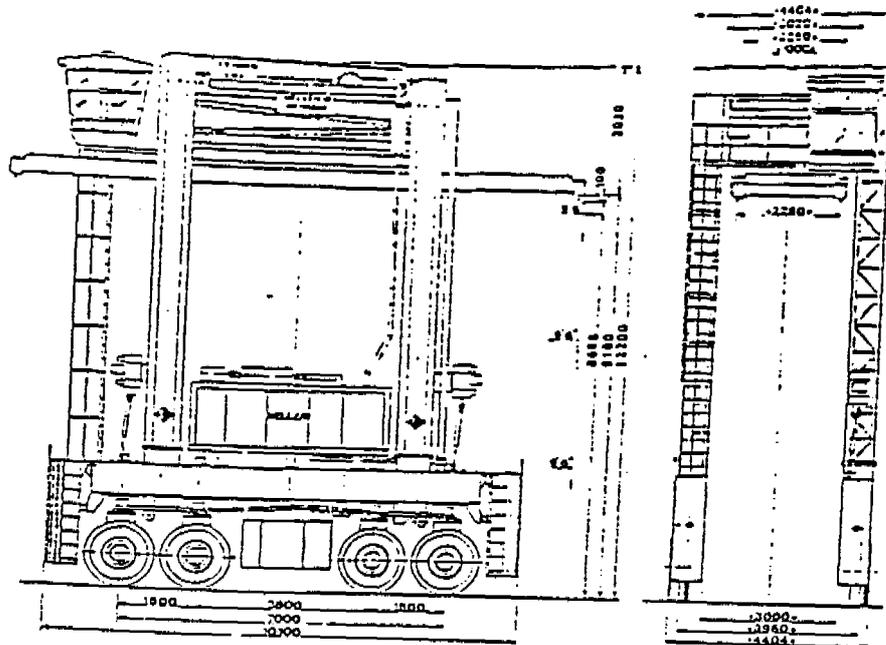


Figure 18 : Chariot cavalier

- 7) Portiques mobiles à plusieurs voies, soit sur pneus, soit sur rails : ce sont des engins très spécialisés, d'une grande capacité de gerbage, conçus pour des systèmes d'exploitation complexes (fig. 19). Ils ne sont guère fréquents dans les terminaux polyvalents.

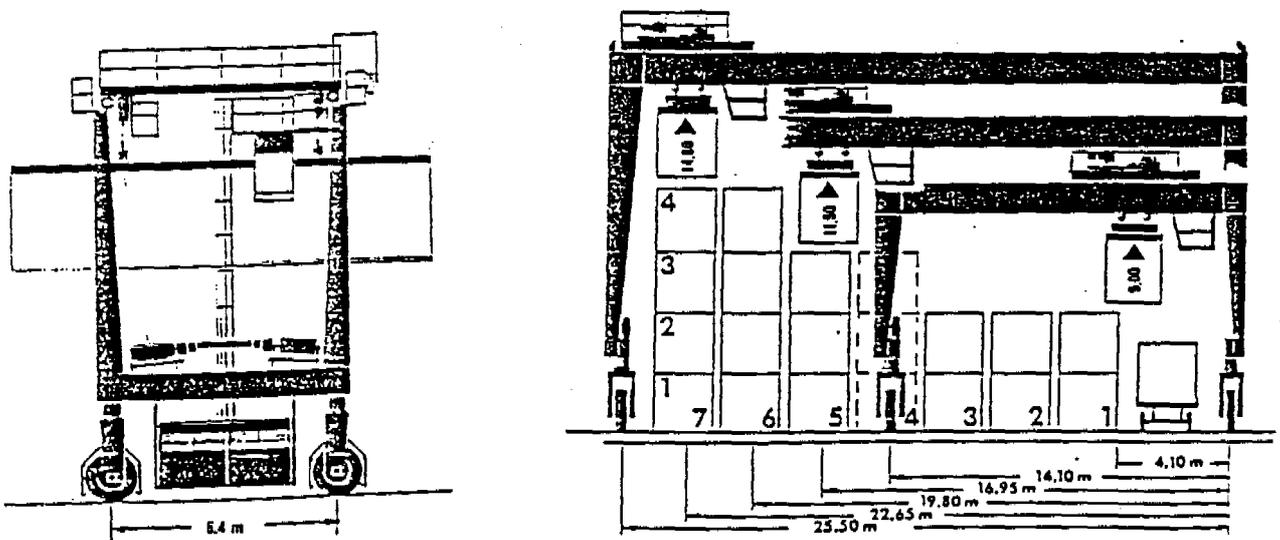
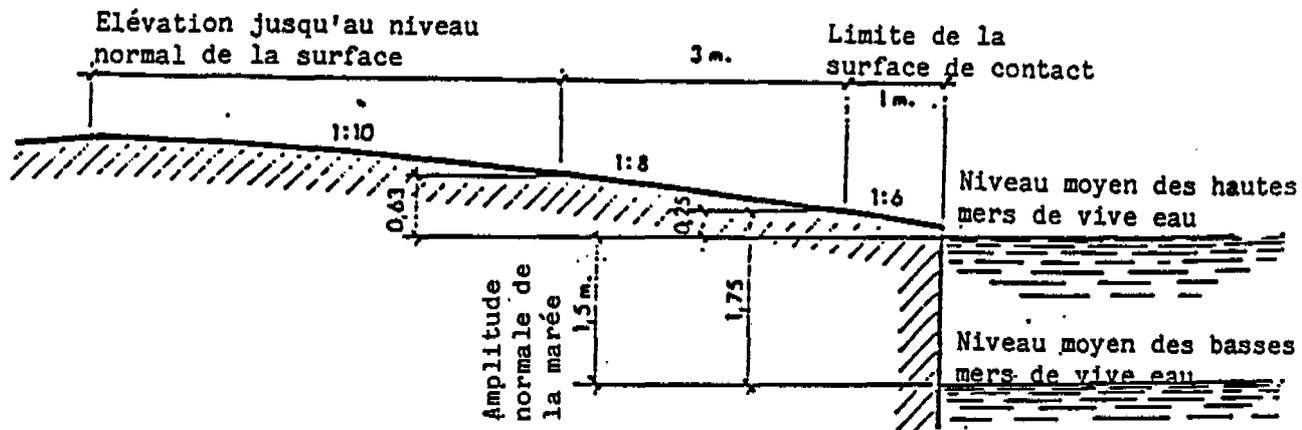


Figure 19 : Portiques mobiles à plusieurs voies

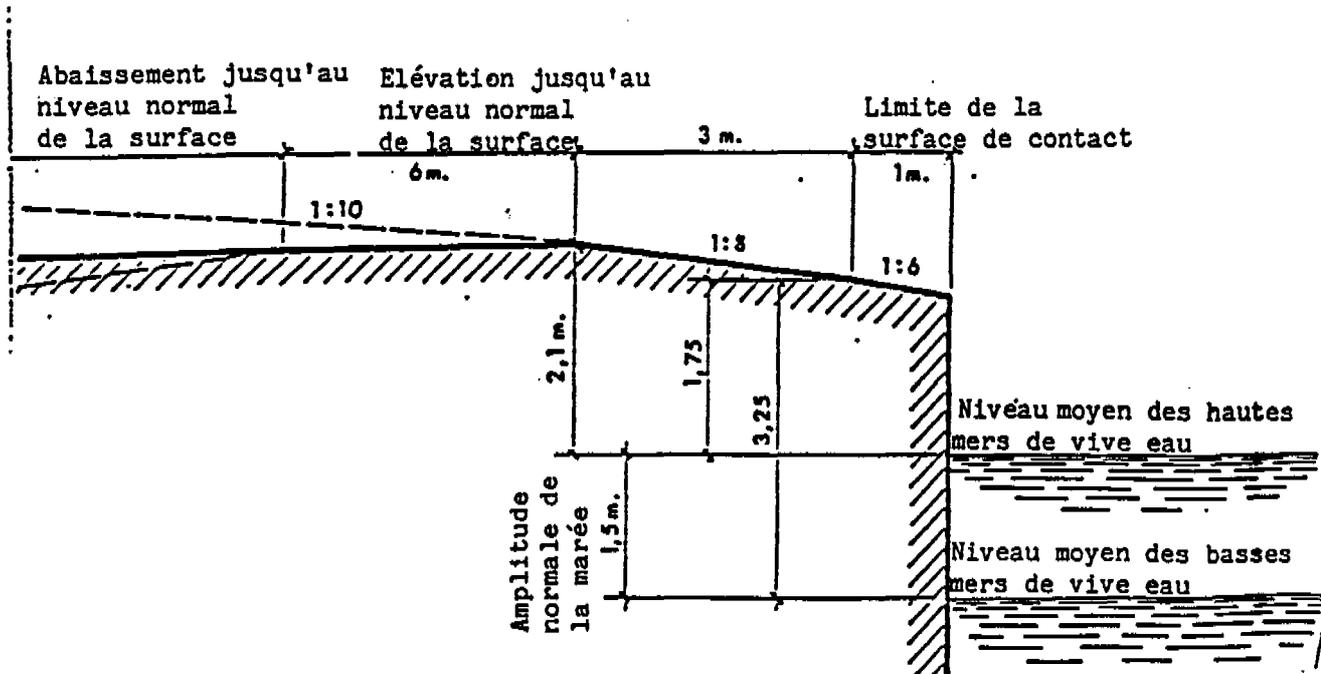
41. Rampes destinées aux opérations de chargement-déchargement des navires rouliers. Elles peuvent être de trois types :

- A poste fixe à terre, entièrement en dur et consistant en un simple support (eau sans marée) ou en une véritable rampe (zones de marée), également en dur (fig. 20).

Figure 20 : Types de rampes à poste fixe à terre



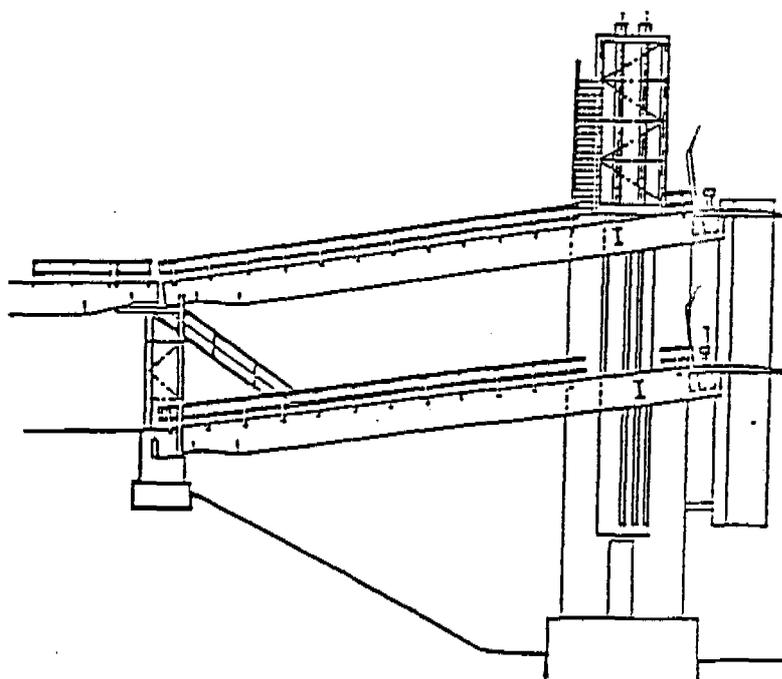
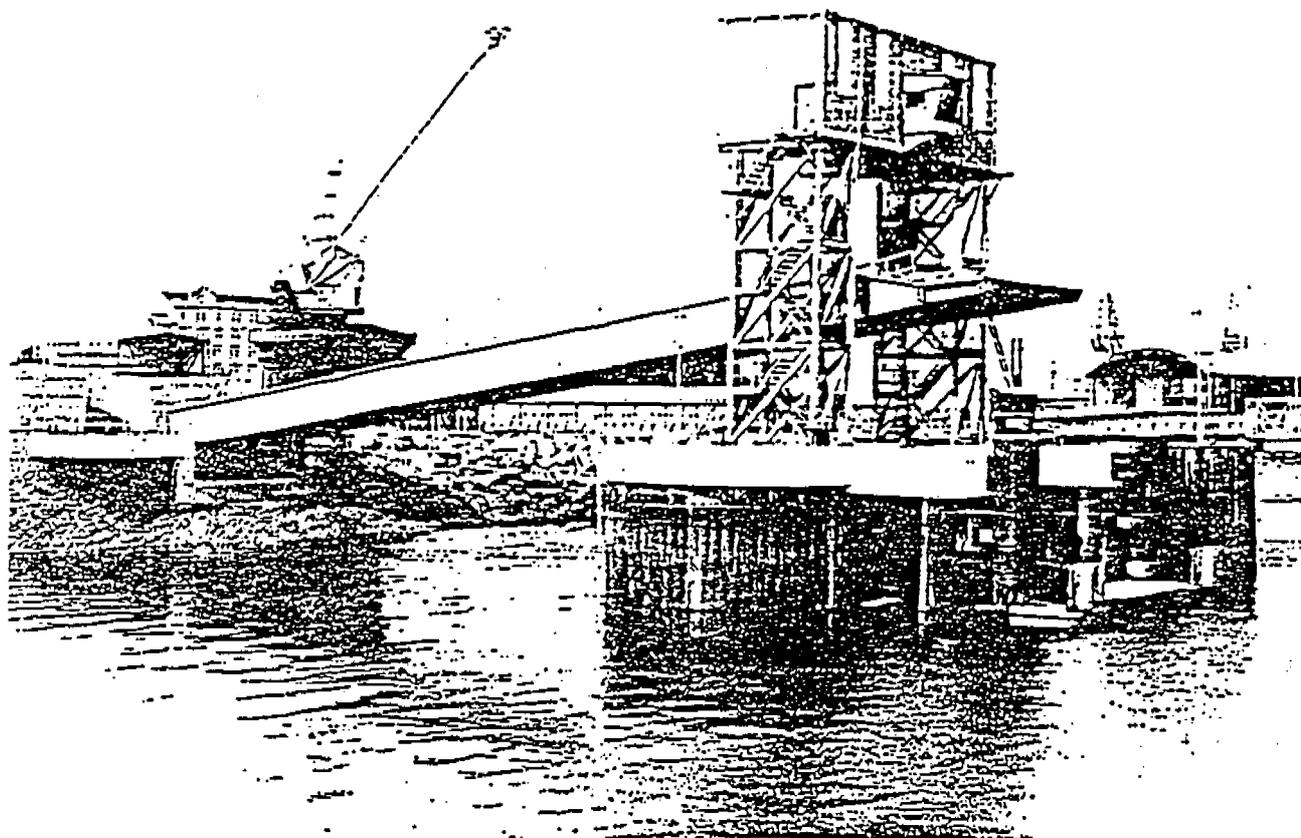
RAMPES FIXES A TERRE DE TYPE BAS



RAMPES FIXES A TERRE DE TYPE ELEVE

- Rampes suspendues s'appuyant sur la terre ferme, normalement constituées d'une structure métallique, à commande mécanique ou hydraulique et permettant l'accès à un (fig. 21A) ou deux (fig. 21B) ponts du navire.

Figures 21A et 21B : Exemples de rampes suspendues



- Rampes flottantes, caractérisées par une grande souplesse d'utilisation qui leur permet de s'adapter à différentes configurations de la zone d'accostage et à des amplitudes variables de marée. Leur emploi est tout à fait indiqué lorsque la demande est difficile à prévoir ou fluctue rapidement, et que les infrastructures à poste fixe risquent de constituer à court terme un obstacle au développement des opérations. Ce sont les plus coûteuses à l'installation (fig. 22).

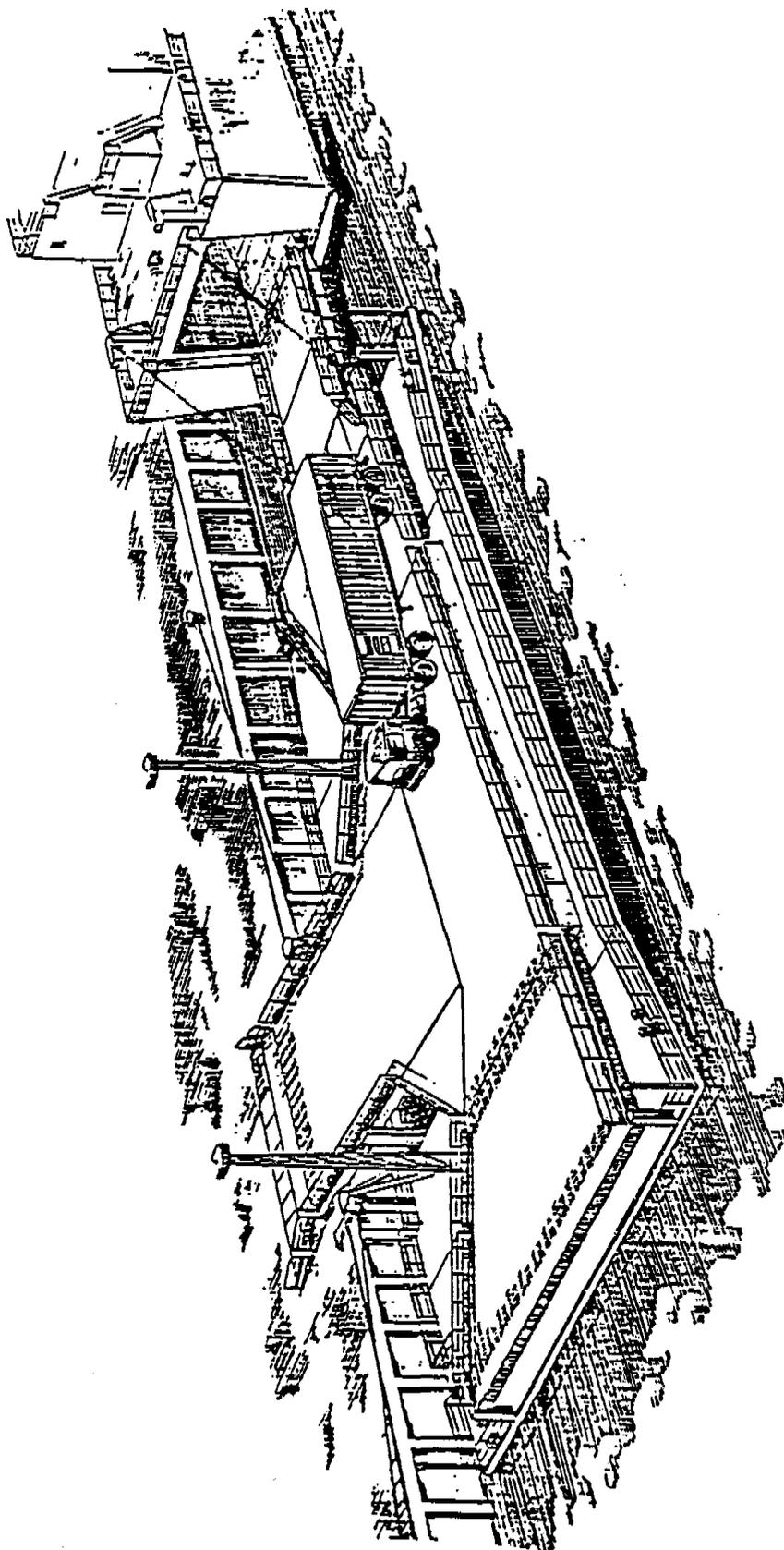


Figure 22 : Rampe flottante

Divers essais de normalisation des caractéristiques géométriques des rampes pour postes rouliers ont été effectués, dont une étude de l'AIPCN intitulée "Rapport de la Commission internationale d'étude de la normalisation des navires et des postes rouliers (Bruxelles, 1978)".

#### 5. Choix du matériel

42. Pour sélectionner le matériel de manutention, l'exploitant d'un terminal polyvalent doit retenir la solution optimale, c'est-à-dire celle qui permet d'effectuer les opérations le plus rapidement possible et au moindre coût. Il devra prendre en considération les éléments suivants :

- Caractéristiques du trafic escompté;
- Caractéristiques et fonctions de chaque engin et de l'ensemble des équipements;
- Configuration du terminal proprement dit et évolution fonctionnelle envisagée;
- Investissements à effectuer, ainsi que leur échelonnement.

43. D'un point de vue fonctionnel, il s'agit de concilier deux conceptions opposées - la spécialisation et la flexibilité - sans oublier :

- Qu'il n'est pas absolument certain qu'un engin ait un rendement d'autant plus élevé qu'il sera plus spécialisé si l'on ne tient pas compte de la diversité des conditions dans lesquelles il est exploité;
- Que les engins pouvant réaliser de nombreuses fonctions n'ont souvent qu'un rendement insuffisant dans chacune d'elles.

La liste descriptive d'engins donnée plus haut part de la notion de flexibilité pour aboutir, par étapes, à celle de spécialisation avec des engins hautement spécialisés tels que la grue à portique pour conteneurs et le portique à plusieurs voies.

44. Du point de vue de la configuration du terminal, il faut tenir compte du fait qu'un trop large éventail de marchandises conduit à une prolifération d'engins (qu'il s'agisse de leur type et/ou de leur nombre), se traduisant par un faible rendement de l'occupation des terre-pleins; par ailleurs, le manque d'espace oblige à réaliser des empilements élevés et donc à recourir à des systèmes opérationnels extrêmement complexes nécessitant l'acquisition d'engins très spécialisés.

Pour ce qui est de l'évolution envisagée pour le terminal, la manière optimale de procéder consisterait à acquérir au départ des engins d'un emploi flexible, qui seraient peu à peu remplacés, pour une partie de leurs fonctions, par des engins plus spécialisés, en vue de l'aménagement d'un terminal spécialisé doté d'un matériel mixte adéquat. A cet égard, il est essentiel lors de l'achat de matériel neuf, de tenir compte de cette évolution

de la vocation du terminal, afin que le développement ultérieur de celui-ci ne soit pas tributaire d'un outillage qui conditionnerait en quelque sorte son système opérationnel.

45. La première décision à prendre concerne les caractéristiques qualitatives du matériel pour les opérations entre le navire et la terre. Il faut ainsi prévoir :

- Des grues classiques pour les cargaisons légères et semi-lourdes;
- Des grues polyvalentes pour les conteneurs et les marchandises lourdes;
- Des grues mobiles pour combiner le travail à quai avec des opérations sur les terre-pleins.

En ce qui concerne leur nombre, on peut envisager, selon le trafic,

Pour un poste :

- 2 grues de 12 à 20 tonnes;
- 1 grue polyvalente de 30 à 40 tonnes;
- 1 grue mobile de puissance analogue.

Pour deux postes :

- 3 grues de 12 à 20 tonnes;
- 2 grues polyvalentes de 30 à 40 tonnes;
- 1 grue mobile de puissance analogue.

Dans ce dernier cas, une autre solution consiste à remplacer la seconde grue polyvalente par un portique à conteneurs. La limite de trafic se situe à environ 25 000/30 000 EVP par an et l'objectif à moyen terme est de parvenir, pour la grue spécialisée, à un temps de travail minimal de 2 000 heures par an avec un débit de 50 000 EVP.

46. La deuxième décision concerne le choix des engins pour le travail sur les terre-pleins du terminal, qui peut se décomposer en trois parties :

- Transport horizontal;
- Gerbage et reprise des marchandises stockées;
- Livraison et réception des marchandises acheminées par les moyens de transport terrestres.

47. Tous les engins décrits aux paragraphes 39 et 40, à l'exception du portique roulant à plusieurs voies, permettent le convoyage horizontal des marchandises, les plus simples et les plus économiques étant en toute logique ceux qui ne possèdent pas de capacité de gerbage; parmi ces derniers, le plus universel est le châssis à gabarit normal, l'équipement moyen pouvant être constitué d'un tracteur et de trois châssis par grue, plus les engins supplémentaires nécessaires, le cas échéant, pour le transport entre l'aire d'entreposage et l'aire d'arrivée et de livraison des marchandises prises en charge par des moyens de transport terrestres.

48. Pour le gerbage et la reprise au stock, il faut tenir compte du cycle complet constitué par :

- a) La manutention entre le navire et la terre;
- b) Le transport horizontal sur le terminal;
- c) Les opérations de gerbage sur les aires d'entreposage.

Il s'agira donc d'optimiser, sur les plans technique et économique, les équipements et leur rendement. A cet égard, la capacité de gerbage peut être fournie par deux types d'engins :

- Ceux qui peuvent également assurer un convoyage horizontal : chariots élévateurs à prise frontale ou latérale, chariots gerbeurs à flèche télescopique, chariots cavaliers et grues mobiles à portique;
- Ceux qui effectuent uniquement des opérations de gerbage, comme les portiques à plusieurs voies.

Il faut en outre tenir compte des différentes densités de stockage selon les engins, comme il est indiqué dans le tableau ci-dessous dans le cas des conteneurs (chiffres en m<sup>2</sup> par EVP) :

Engins	Capacité en m <sup>2</sup> /EVP
Chariots élévateurs à prise frontale ou latérale	60
Chariots gerbeurs à flèche télescopique	30
Chariots cavaliers et grues à portique mobiles	25
Portiques à plusieurs voies	25

Les trois premiers types d'engins étant toutefois capables d'effectuer deux fois plus de mouvements par heure que le dernier.

Pour ce qui est des engins mixtes de transport et de levage, on veillera à les employer à bon escient en évaluant dans chaque cas, par exemple à l'aide d'une étude des temps et des mouvements effectués, la distance économique de transport, qui ne devrait théoriquement pas dépasser 100 à 150 mètres.

Les différentes combinaisons qu'il est possible d'adopter avec les engins constituent autant de systèmes de manutention des cargaisons. A signaler en particulier, celui du châssis associé à un portique à plusieurs voies, qui est très utilisé dans les terminaux à conteneurs. A propos d'autres systèmes de manutention des marchandises utilisables dans un terminal polyvalent, on peut formuler les observations suivantes :

- Châssis + chariot élévateur frontal : combinaison la plus utilisée dans une première étape;
- Châssis + chariot élévateur latéral : combinaison moins courante;
- Châssis + chariot gerbeur à flèche télescopique : combinaison de plus en plus utilisée;
- Châssis + chariot cavalier : combinaison la plus élaborée et la plus coûteuse, mais la moins souple d'emploi pour les cargaisons non conteneurisées.

49. Les engins décrits au paragraphe 40 peuvent effectuer aussi bien l'entreposage que la livraison/réception. L'aptitude au transport horizontal est plus grande avec les chariots élévateurs à prise latérale et les chariots cavaliers, ces derniers étant les plus employés comme engins universels sur les terminaux à conteneurs, même si les plus flexibles, dans le cas de cargaisons non conteneurisées, sont les chariots élévateurs à prise frontale ou latérale et les chariots gerbeurs à flèche télescopique. Pour une utilisation en combinaison avec des grues, on compte en moyenne trois engins par grue.

50. Les coûts d'acquisition de ces équipements sont considérables. Pour les grues de quai, ils peuvent être estimés comme suit :

- |                         |                               |
|-------------------------|-------------------------------|
| - Grue de 12 t          | 0,6 million de dollars        |
| - Grue de 16 à 20 t     | 0,9 million de dollars        |
| - Grue polyvalente      | 1,5 à 2,0 millions de dollars |
| - Grue mobile           | 2,0 à 2,5 millions de dollars |
| - Portique à conteneurs | 3,5 à 4,0 millions de dollars |

Parmi les engins qui composent les différents systèmes de manutention des marchandises sur les terre-pleins, le chariot cavalier est le plus onéreux et coûte 600 000 dollars. Viennent ensuite la grue mobile à portique, dont le coût s'élève à 75 % de ce chiffre, puis les autres engins (50/60 %). Un ensemble composé d'un tracteur et de trois châssis peut représenter un investissement de 100 000 dollars.

51. En tout état de cause, il ne faut pas se contenter de comparer les coûts d'achat des différents engins. Il est recommandé de sélectionner quelques systèmes de manutention et de procéder pour chacun d'eux à une analyse coûts-avantages, portant non seulement sur les prix d'acquisition, mais aussi sur les frais d'exploitation et de maintenance 2/.

52. Pour ce qui est de la progressivité des investissements, les engins peuvent être achetés dans l'ordre établi d'après l'analyse précitée. En outre, à mesure que tel ou tel trafic (en l'occurrence, celui des conteneurs) devient prédominant, les premiers sont affectés à des opérations auxiliaires ou marginales, et le système opérationnel finit par reposer sur l'emploi de chariots cavaliers, d'un portique à plusieurs voies, ou d'une combinaison des deux.

## 6. Terre-pleins

### Planification et exploitation

53. En ce qui concerne les terre-pleins, il faudra rechercher une configuration permettant de s'adapter, moyennant un coût raisonnable, aux différents systèmes de manutention des marchandises. En principe, la forme géométrique la plus appropriée est le rectangle, disposé entre les ouvrages fixes existants, de façon à pouvoir mettre en place ces différents systèmes sans avoir à restructurer l'ensemble de la superficie. Les terre-pleins d'entreposage doivent être largement dimensionnés et offrir une grande souplesse d'utilisation. La première zone adjacente au quai (aire de manutention), est essentiellement destinée à la circulation et à l'entreposage provisoire des marchandises durant les opérations de chargement et de déchargement, ainsi qu'au stockage des panneaux de cale des navires porte-conteneurs. La deuxième est l'aire d'entreposage proprement dite : elle doit communiquer parfaitement avec l'aire de manutention, d'un côté, et avec les installations d'entrée et de livraison/réception, de l'autre. Celles-ci doivent comprendre des aires de stationnement suffisantes pour les véhicules en attente, être dotées d'une signalisation spécifique et disposer d'installations de pesage, de bureaux de contrôle et d'ateliers de réparation et d'entretien des engins. Dans cette zone, les superficies nécessaires pour le stockage sont délimitées en fonction des exigences imposées par les divers systèmes de manutention. En principe, il faut distinguer, d'une part, les conteneurs, d'autre part, le reste des unités de charge.

54. En général, le stockage des conteneurs se fait en rangées ou en blocs, en fonction de l'engin utilisé, mais aussi selon qu'il s'agit de conteneurs pleins ou vides. Le stockage en rangées requiert plus d'espace, mais facilite l'accès direct à la majorité des conteneurs; c'est donc la formule préférée pour l'entreposage des conteneurs pleins. Par contre, le gerbage en bloc réduit notablement l'espace nécessaire, mais au détriment de l'accessibilité : cette formule est utilisée pour les conteneurs vides ou lorsqu'il existe un système opérationnel complexe avec portiques mobiles à plusieurs voies.

La figure 23 montre les modalités de stockage des conteneurs sur les terre-pleins, selon trois types d'engins relativement répandus : chariots éleveurs à prise frontale, chariots cavaliers et chariots gerbeurs à flèche télescopique. La figure indique les superficies occupées par un conteneur de 20 pieds (c'est-à-dire un EVP), quand on utilise chacun des engins

en question. Les chiffres doivent être considérés uniquement comme des données de référence, car dans la réalité, ils doivent être calculés pour l'ensemble de l'aire de gerbage, et non pas pour une section limitée - dans le cas considéré, d'environ 60 m x 62 m - n'incluant pas la totalité des voies de circulation nécessaires. De toute évidence, le calcul exact de l'aire de gerbage permettra d'affiner l'estimation dont il est question au paragraphe 28 et tiendra donc compte des mouvements annuels de conteneurs, de leur temps de transit et de la hauteur de gerbage.

Pour clarifier pleinement les indications schématiques de la figure, il convient de fournir les explications suivantes :

- FLT (front lift truck) = gerbage à l'aide d'un chariot élévateur frontal
- RSC (reach stacker crane) = gerbage à l'aide d'une grue à flèche télescopique
- STC (straddle carrier) = gerbage à l'aide d'un chariot cavalier
- Pa = surface de positionnement du conteneur
- Ma = surface nécessaire pour que l'engin puisse manoeuvrer
- Ta = surface totale (somme des précédentes)

55. Pour les autres types de marchandises, qui ne peuvent, en tout état de cause, que présenter une homogénéité relative sur le plan des dimensions, il est recommandé ce qui suit :

- Pour l'entreposage de véhicules utilisables sur route, suivre les normes applicables aux chaussées;
- Répartir entre terre-pleins et aires sous abri les produits sidérurgiques, selon qu'ils séjourneront au terminal seulement quelques jours ou au contraire plus longtemps;
- Quant aux autres produits, il convient de les classer selon qu'ils peuvent séjourner à l'air libre, ou qu'ils doivent être mis sous abri ou être entreposés en magasin.

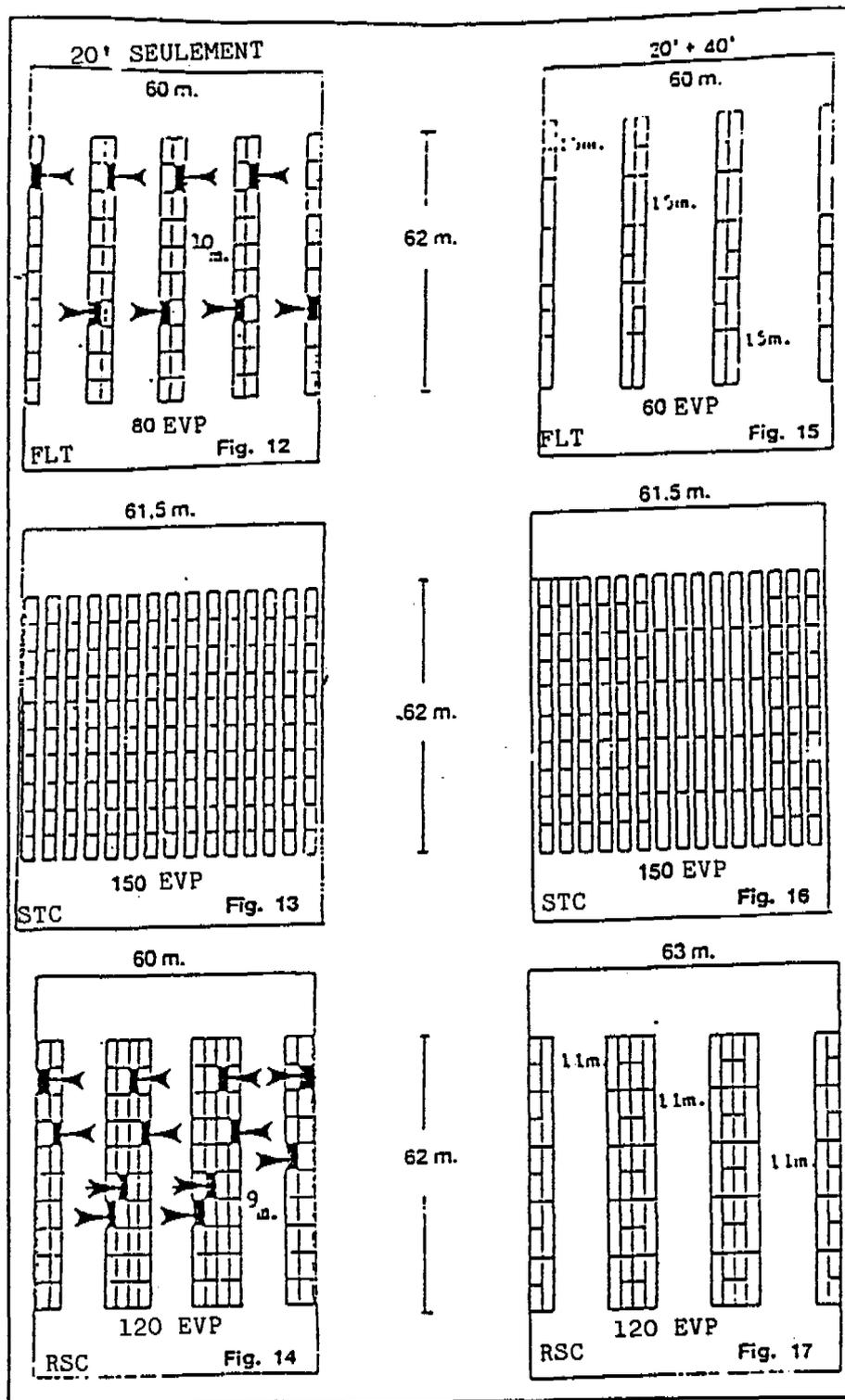
On calculera la surface des terre-pleins en prenant en considération les modalités de gerbage des marchandises, leur coefficient d'arrimage, la hauteur de gerbage et le débit annuel, en complétant ainsi les indications données au paragraphe 28. A titre indicatif, on trouvera ci-après les coefficients d'arrimage de quelques marchandises 10/.

Marchandises	Coefficient d'arrimage en mètres cubes/tonne
Fonte	0.30
Barres de fer	0.40
Billettes	0.30
Lingots de zinc	0.40
Rouleaux de papier	2.5
Panneaux de particules	2.3
Traverses de chemin de fer en bois	1.3
Véhicules	4.0 - 8.0
Farine en sacs	1.3
Cacao en sacs	1.9
Riz en sacs	1.5

### Construction

56. Le système de drainage doit avoir une capacité suffisante pour prévenir les inondations. Tous les réseaux seront enterrés, à l'exception du système de protection contre les incendies, qui peut être intégré dans les poteaux d'éclairage. Le système souterrain de câbles et de connexions doit être conçu de telle façon qu'aucun point du terminal ne se trouve au-delà d'un rayon déterminé et que la tranchée prévue pour les câbles soit accessible.

57. En ce qui concerne le type de revêtement, qui, dans la quasi-totalité des cas, doit reposer sur des terrains partiellement remblayés, il est recommandé d'adopter des normes spécifiques de résistance aux charges lourdes imposées par les engins, sauf pour les zones non accessibles aux véhicules ou aux engins de manutention décrits plus haut.



	FLT	STC	RSC
Ma	$45 \times 62 = 2790 \text{ m}^2$	$24,0 \times 62 = 1488 \text{ m}^2$	$33,0 \times 62 = 2046 \text{ m}^2$
Pa	$15 \times 62 = 930 \text{ m}^2$	$37,5 \times 62 = 2325 \text{ m}^2$	$30,0 \times 62 = 1260 \text{ m}^2$
Ta	$60 \times 62 = 3720 \text{ m}^2$	$61,5 \times 62 = 3813 \text{ m}^2$	$63,0 \times 62 = 3906 \text{ m}^2$
Pa/Ta	= 0,25	0,62	0,48
Pa/Ma	= 0,34	1,56	0,91
Ta/EVP	= $62,0 \text{ m}^2$	$25,4 \text{ m}^2$	$32,55 \text{ m}^2$
	EVP	EVP	EVP

Figure 23

Modalités de gerbage des conteneurs sur les terre-pleins

De manière générale, on peut distinguer les catégories suivantes de revêtement :

- L'asphalte, facile à poser, mais d'un coût élevé et sensible à l'action des huiles. C'est un matériau très souple, inadéquat lorsqu'à de fortes charges s'ajoutent des températures élevées.
- Les dalles de béton, qui ne sont guère adaptées aux sols peu compactés, et se fissurent facilement sous l'effet des tassements;
- Les pavés de béton, qui conviennent très bien aux sols peu compactés et se prêtent aisément à des travaux de réfection;
- Le gravier, utilisable seulement dans les zones situées sous les portiques à plusieurs voies, réservées à un gerbage programmé, comme dans le cas d'un parc à conteneurs.

La figure 24 montre la structure en coupe de divers types de revêtement recommandés pour les charges lourdes. Les lits de gravier n'y figurent pas en raison de l'intérêt limité qu'ils présentent pour les terminaux polyvalents. Avant de fixer son choix concernant cet élément important, il est recommandé de consulter les publications disponibles 11/.

58. Pour que le terminal soit opérationnel de jour comme de nuit, les installations doivent satisfaire aux exigences suivantes :

- Fournir un éclairage d'une intensité uniforme, avec un coefficient d'uniformité 12/ de l'ordre de 1/3;
- Permettre aux conducteurs et aux pointeurs d'accomplir leur travail, en évitant tout risque d'éblouissement;
- Utiliser un nombre minimal de pylônes d'éclairage, suffisamment hauts pour éviter des limites de gabarit. Ils pourront avoir de 20/25 mètres à 45 mètres de haut, avec une distance de séparation égale à quatre fois leur hauteur, l'objectif étant d'assurer un éclairage uniforme et un entretien facile.

59. Comme niveaux d'éclairement, il convient d'adopter les valeurs minimales ci-après :

- |  |              |
|--|--------------|
| - Terre-pleins en service                          | 80 à 100 lux |
| - Aires de contrôle                                | 50 à 60 lux  |
| - Autres aires et zones extérieures aux opérations | 5 lux        |

Par ailleurs, il faudra tenir compte des éléments suivants :

- Au niveau du sol, l'éclairage doit être d'au moins 25 lux;
- Pour faciliter les manoeuvres nocturnes d'accostage et de départ des navires, l'arête du quai doit avoir un éclairage de 10 lux;

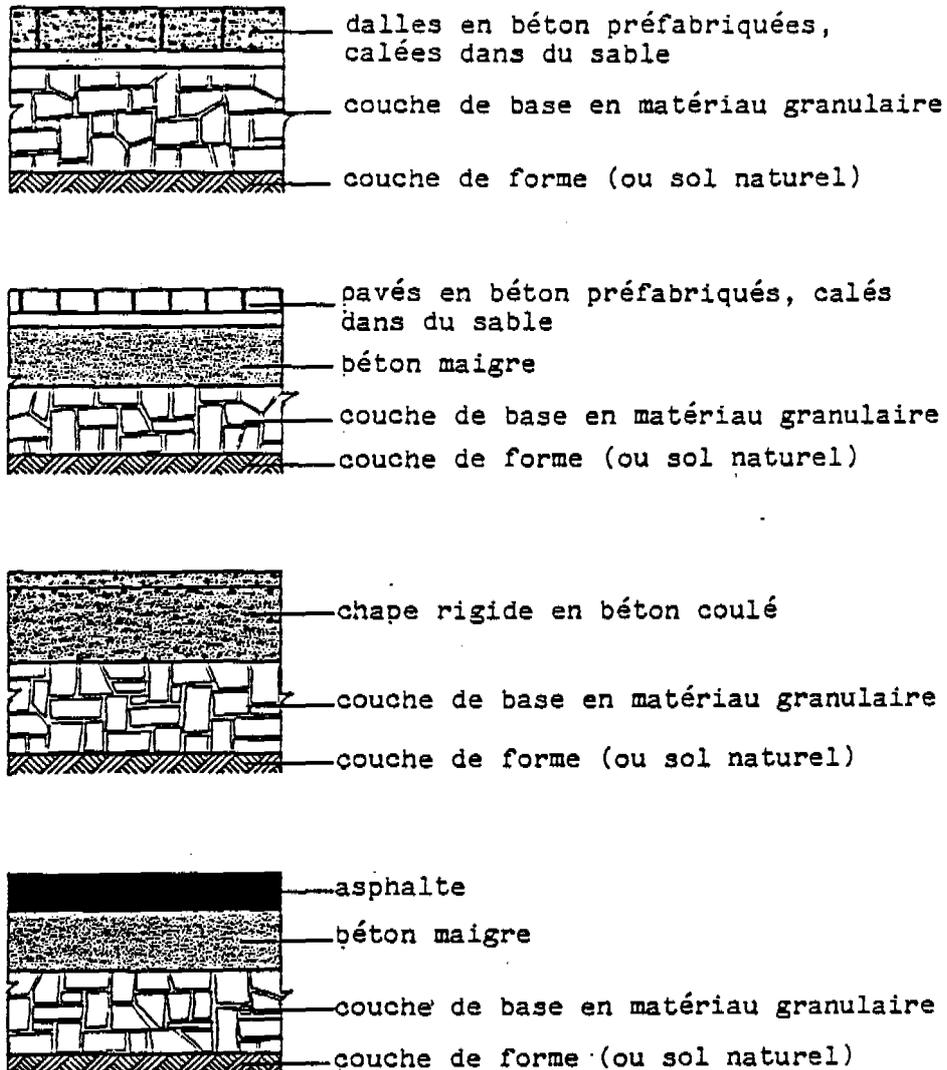


Figure 24

Exemples de revêtement des terre-pleins

- Les rampes pour postes rouliers nécessitent un éclairage de 100 lux dans les zones à fort trafic;
- Là où des raisons de sécurité concernant les opérations et les marchandises sont à prendre en considération, l'éclairage moyen devra être de 50 lux.

## 7. Entrepôts couverts

60. De manière générale, et ainsi qu'il est indiqué dans la section 3 concernant l'agencement du terminal, la planification des magasins répond actuellement aux deux critères qui sont que ces magasins :

- Aient une superficie totale inférieure à celle qui est affectée aux terre-pleins;
- Soient suffisamment éloignés de l'aire de manutention pour ne pas gêner les opérations.

Ils doivent, en outre, remplir les conditions ci-après ;

- Avoir un revêtement de plain-pied avec les terre-pleins du terminal;
- Offrir le plus large espace libre possible, moyennant un coût raisonnable par mètre carré de superficie couverte. Si des poteaux de soutènement sont nécessaires, il est préférable de les placer sur deux files équidistantes de l'axe plutôt que sur une seule file le long de celui-ci;
- Etre équipés de portes tous les 20 à 25 m sur l'ensemble du périmètre, d'au moins 7 m de haut et 9 m de large;
- Avoir une hauteur libre intérieure d'au moins 7 m;
- Posséder une intensité d'éclairage d'au moins 200 lux et un éclairage zénithal sur 10 à 12 % au moins de leur couverture;
- Etre équipés de protections métalliques antichocs sur les murs et les piliers;
- Etre équipés d'extincteurs, de bouches d'incendie, de prises d'eau et d'un système d'alarme incendie, avec possibilité d'installer des coupe-feu; disposer d'un passage libre de 0,60 m de large le long de leur périmètre.

61. Les recommandations sont les mêmes pour les magasins destinés à l'emportage et au dépotage des conteneurs, si ce n'est qu'ils peuvent être pourvus d'un accès permettant à un chariot élévateur frontal d'y faire entrer un conteneur de 40 pieds (largeur minimale : 12,5 m). On peut aussi prévoir des ponts roulants. Si des locaux tels que bureaux ou ateliers sont accolés aux magasins, on veillera à ce que les activités qui s'y déroulent n'entraient pas les opérations de manutention des marchandises. Pour plus de détails concernant la conception de l'infrastructure et les recommandations relatives à la gestion de ces entrepôts, on peut se reporter à la monographie intitulée Quelques conseils pour une gestion efficace des hangars 14/.

8. Accès au terminal

62. Pour assurer une circulation fluide et un rendement approprié des opérations, il faudra :

- Effectuer une étude de trafic permettant de déterminer les superficies nécessaires aux heures d'affluence maximale des camions;
- Prévoir une plate-forme d'inspection des marchandises, d'une hauteur suffisante;
- Réserver des espaces pour les tâches administratives, communiquant aisément avec les portails d'accès et de sortie;
- Prévoir des installations de distribution de carburant à proximité des ateliers de réparation et d'entretien;
- Prévoir un emplacement approprié pour les installations de pesage.

9. Autres installations

63. Il est, notamment, recommandé de prévoir :

- Des installations d'eau potable et/ou sanitaire, avec un débit minimal de 50 l/s et une pression minimale de 2,5 kg/cm<sup>2</sup>. Si ces installations sont également destinées au système de lutte contre l'incendie, leur capacité devra être de 80 l/s et 7 kg/cm<sup>2</sup>, les bouches d'incendie étant disposées au-dessus du sol et à moins de 100 m les unes des autres;
- Un système d'alarme incendie, comportant au minimum un circuit à commande manuelle relié au centre de contrôle du terminal et un système acoustique et optique automatisé;
- Un système de communication entre les zones de manutention et les accès, et entre ceux-ci et le centre de contrôle;
- Des prises de courant pour les conteneurs frigorifiques, surélevées par rapport au niveau du sol, bien protégées contre les chocs et comportant des sorties pour divers voltages.

#### IV. QUELQUES RECOMMANDATIONS CONCERNANT LA GESTION

##### 1. Critères de flexibilité et de polyvalence

64. Sans que l'adoption de ces critères doive entraîner des exigences superflues en ce qui concerne les caractéristiques essentielles des terminaux polyvalents, il convient néanmoins de les prendre en considération dans l'objectif de surdimensionner qualitativement le terminal de manière à :

- Garantir dans le temps sa polyvalence;
- Prendre en compte l'évolution de la demande pour qu'elle puisse être satisfaite sans modifications majeures.

Il est nécessaire de tenir compte, dans la mesure du possible, de ces deux impératifs, qu'il s'agisse des aspects structurels du terminal ou de ceux qui touchent à son exploitation.

65. Pour éviter la rigidité propre aux infrastructures, deux de leurs caractéristiques principales devront pouvoir être modulées :

- La profondeur des quais, dont l'augmentation est l'un des obstacles majeurs à la transformation d'un terminal classique en terminal polyvalent. Il faudra donc, dans le cas de nouvelles infrastructures, surdimensionner le tirant d'eau (d'au moins 1 m) ou prévoir la possibilité d'un approfondissement ultérieur par dragage, sans perte de stabilité. A cet égard, si cette possibilité n'a pas été prévue au départ, les murs de quai pleins (blocs, caissons) posent les plus gros problèmes;
- Les charges exercées par les grues, qui peuvent varier sensiblement si des grues classiques (pesant environ 200 t) sont remplacées par des portiques à conteneurs (de 400 t et plus). Il importe de tenir compte de cet élément à la fois si les trains de roulement s'appuient sur la structure du quai et si une fondation distincte doit être construite pour la voie côté terre.

66. Les dimensions des terre-pleins peuvent constituer un goulet d'étranglement lors de la conversion d'un poste polyvalent en poste à conteneurs. Si tout surdimensionnement est absolument impossible, il faudra prévoir les transformations ultérieures à apporter au système opérationnel (engins, organisation) pour pallier, par une complexité accrue de celui-ci, le manque d'espace.

67. L'évolution de la technologie des navires rouliers, avec l'utilisation de rampes obliques et de grande longueur (50 m), permet à ceux-ci de ne plus être tributaires des installations spécifiques du terminal. Il faut en contrepartie prévoir le long de la ligne d'accostage une zone libre d'obstacles, soit en espaçant davantage les bollards, soit en les plaçant dans des niches permettant d'obtenir une surface de quai entièrement dégagée.

68. Les transformations qu'entraîne la conversion en terminal spécialisé ont généralement d'importantes incidences sur la répartition des installations auxiliaires (réseaux électriques, distribution d'eau, communications). Si le quai est doté d'une superstructure en béton sur une partie de sa largeur, on veillera à ce que les canalisations appropriées restent accessibles ou on construira la dalle en forme de berceau, afin de disposer d'un remblai d'au moins 1 m à 1,5 m d'épaisseur à travers lequel de telles installations pourront facilement être réalisées.

69. Pour ce qui est de l'exploitation, il faudra tenir compte des recommandations suivantes :

- Les installations doivent être conçues pour une utilisation intensive, permettant d'optimiser le rendement.
- Par conséquent, le matériel doit être géré suivant les principes d'un entretien préventif approprié 15/.
- L'organisation administrative doit être en mesure de disposer de données sur le trafic suffisamment à l'avance pour que les opérations puissent être planifiées.
- Un contrôle unifié doit être exercé sur les opérations et sur le rendement, de manière à optimiser l'exploitation.
- Le terminal doit être séparé mais non isolé d'autres terminaux contigus, de manière à permettre, si nécessaire, l'échange d'équipements.
- La collaboration des usagers, de préférence sous forme associative, est essentielle à une bonne exploitation.
- Il est indispensable d'établir des relations sociales avec la main-d'oeuvre concernée et de respecter à son égard des critères objectifs et justes en matière de travail et de rémunération.
- Enfin, il faut s'efforcer d'exploiter le terminal selon des critères aussi proches que possible de ceux de l'unité de contrôle, en appliquant des normes de gestion d'entreprise.

## 2. Sécurité

70. La sécurité d'un terminal polyvalent peut être envisagée sous trois angles :

- Sécurité opérationnelle des navires, des infrastructures et des installations quant aux risques d'accidents, de collisions ou même d'actes de sabotage;
- Sécurité du personnel d'exploitation, que ce soit à bord ou à quai;
- Sécurité des marchandises, tant contre le vol que contre les erreurs et les négligences dans les opérations de manutention ou de gerbage, surtout dans le cas des marchandises dangereuses.

71. En ce qui concerne le premier point, rien n'est à signaler en particulier qui ne fasse partie des éléments de sécurité communs à toutes les installations portuaires. On peut simplement faire remarquer que les navires porte-conteneurs modernes, avec leurs étraves élancées, sont la cause de nombreux accidents résultant de collisions avec les installations de chargement et de déchargement de première ligne. C'est pourquoi il est recommandé de ne pas situer la voie de circulation côté quai à moins de 3 mètres de l'arête de celui-ci et de prendre des précautions quant à l'emplacement des grues durant les opérations de mise à quai et de départ

des navires. De même, il faut tenir compte de l'incidence du bulbe de l'étrave sur des structures fragiles telles que pieux et palplanches.

72. La sécurité du personnel ne présente pas non plus de caractéristiques particulières. Cependant, eu égard aux différentes marchandises spécialisées manutentionnées sur le terminal, il est recommandé d'actualiser la législation conformément aux dispositions de la dernière convention de l'Organisation internationale du Travail (OIT) en la matière 16/. On peut ajouter qu'il est nécessaire de prendre les plus grandes précautions dans le cas spécifique de la manutention de marchandises ayant des caractéristiques parfois très différentes, ce qui suppose des efforts particuliers de formation professionnelle du personnel.

73. S'agissant des marchandises, notamment des marchandises dangereuses, conteneurisées ou non, certaines précautions doivent être prises. Indépendamment du respect des normes existant dans ce domaine, on retiendra les éléments suivants :

- La prise en charge et la manutention de marchandises dangereuses doivent être effectuées sous la responsabilité directe de la personne compétente, qui doit être parfaitement identifiée;
- Il faut tenir à jour un registre de toutes les marchandises dangereuses entreposées dans le terminal, notamment celles qui sont conteneurisées;
- Les marchandises dangereuses seront prises en charge et manutentionnées uniquement si elles sont conformes aux spécifications relatives à leur identification;
- Il est nécessaire d'entreposer soigneusement les marchandises de ce type sur des emplacements adéquats, en se conformant aux spécifications commerciales et aux normes de sécurité pour leur gerbage. L'aire d'entreposage de ces marchandises fera l'objet d'une signalisation appropriée;
- Il faut éviter que les marchandises elles-mêmes ou leur empilement, ou encore les opérations menées à proximité ne fassent courir des risques d'incendie, d'explosion ou de fuite;
- L'arrimage des marchandises dangereuses dans les conteneurs doit être effectué selon des règles particulières. Ainsi, dans les conteneurs de groupage (c'est-à-dire ceux utilisés pour le transport de chargements qui ne sont pas complets), les diverses marchandises ne doivent pas être incompatibles; les liquides ou les chargements les plus lourds ne seront pas arrimés au-dessus des autres; la cargaison sera arrimée de manière à ne pas bouger à l'intérieur du conteneur;
- Lorsque des marchandises dangereuses, conteneurisées ou non, sont déchargées et entreposées sur le terminal, il faut veiller à les isoler correctement des autres marchandises.

Dans tous les cas, la manutention des marchandises dangereuses doit être conforme aux prescriptions du Code maritime international des marchandises dangereuses (Code IMDG) 17/.

74. Enfin, il est important de souligner l'utilité d'une analyse et d'une gestion appropriées des risques encourus dans l'exécution des activités susmentionnées, compte tenu des sommes considérables qui peuvent être mises en jeu en cas de réparation de dommages 18/.

### 3. Réaménagement des infrastructures existantes

75. Un des facteurs clés entrant en ligne de compte dans la mise en service d'un terminal polyvalent est la possibilité de tirer parti de certaines infrastructures existantes pour les affecter au trafic envisagé. L'objectif est de mettre en service un terminal polyvalent suffisamment efficace, moyennant une mise de fonds initiale minimale dans l'infrastructure. Ce facteur est important car, si l'on part de zéro, sans songer à exploiter les ressources existantes, l'investissement engagé dans l'infrastructure risque d'entraîner des charges insupportables pour la rentabilité de l'installation.

76. Le réaménagement d'une infrastructure de ce type concerne, en règle générale, trois éléments fondamentaux :

- La profondeur du quai,
- La superficie des terre-pleins,
- La résistance du sol aux charges,

étant entendu que l'extension de la ligne d'accostage, au cas où elle s'avérerait nécessaire, ne présente pas de difficultés.

77. En ce qui concerne l'augmentation de la profondeur, on part de l'hypothèse initiale selon laquelle sont résolus tous les problèmes inhérents à l'accueil de navires plus grands dans le port considéré, qu'il s'agisse de l'accès ou des manoeuvres à l'intérieur du plan d'eau. Cela étant, augmenter la profondeur d'un quai qui n'a pas été conçu en fonction d'une telle éventualité (voir le paragraphe 65) n'est pas, dans certains cas, un mince défi pour l'ingénieur responsable du projet.

Il faut tout d'abord trouver la solution optimale entre deux orientations opposées, à savoir augmenter la surface terrestre du quai, normalement limitée, et maintenir la superficie de la darse aux dimensions requises pour permettre à des navires plus grands de manoeuvrer. Ce dilemme, conjugué à la nécessité - généralement fréquente - de ne pas perturber excessivement les opérations portuaires courantes durant les travaux, fait que cet aspect du réaménagement devient un problème complexe à résoudre.

Ensuite, il faut tenir compte du fait que, bien souvent, les infrastructures existantes se trouvent - à des degrés divers - dans un tel état de vétusté que leur stabilité risque d'en être compromise durant les travaux de construction. En outre, il faut éviter que la transformation de la géométrie interne du port, avec le remodelage de certains alignements de quais, ne produise des effets résiduels de réflexion ou de résonance des vagues ou des houles de longue période ou que, le cas échéant, les effets existants ne s'aggravent.

Dans la pratique, le problème peut être résolu de deux façons distinctes :

- 1) Draguer depuis le pied du quai à la profondeur requise et compenser l'instabilité ainsi provoquée, à l'aide de procédés tels que :
  - Consolidation du terrain, par injection ou par d'autres procédés;
  - Ancrage de l'infrastructure existante;
  - Mise en place de palplanches ou d'écrans de pieux pour renforcer la base du quai;
  - Construction de contreforts;
  - Raccord à l'aide de "micropieux" 19/.
  
- 2) Aménager la nouvelle profondeur requise à la distance nécessaire, à l'aide d'un ouvrage neuf s'appuyant ou non sur celui en place, qui sera renforcé (par des ancrages, des micropieux, etc.) pour préserver l'équilibre existant à la base de l'ancienne infrastructure.

Les figures 25 et 26 montrent des exemples caractéristiques de procédés de ce type, utilisés récemment dans des ports espagnols. Bien évidemment, il n'existe pas de règles générales et chaque cas devra faire l'objet d'une étude et d'une solution particulières.

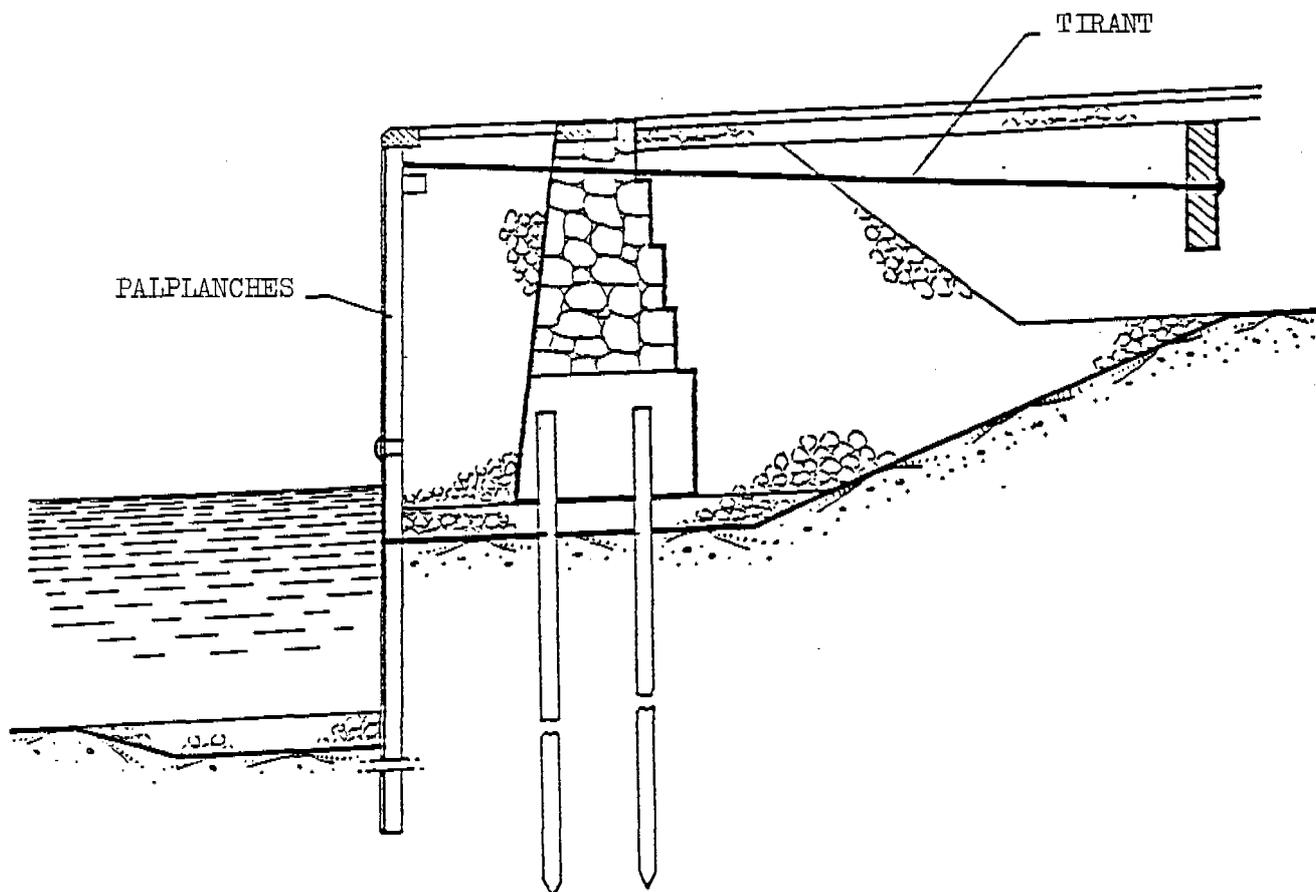


Figure 25  
Augmentation de la profondeur du quai selon la formule  
indiquée au paragraphe 77 1)

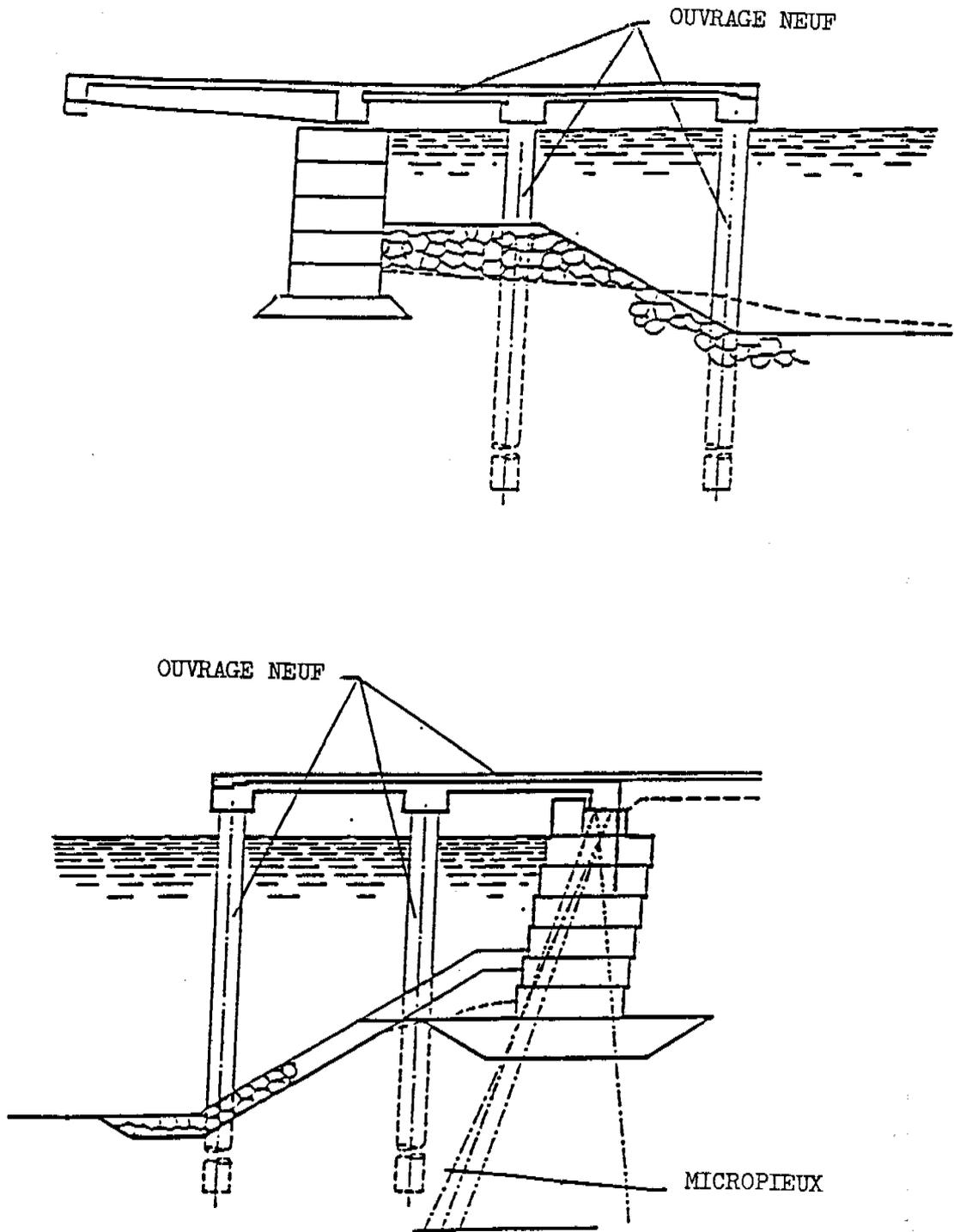


Figure 26  
Augmentation de la profondeur du quai selon la formule  
indiquée au paragraphe 77 2)

78. Pour obtenir une extension de la superficie au sol, c'est-à-dire pour disposer d'une plus grande surface opérationnelle, deux méthodes peuvent être employées :

- L'adjonction, là où cela est possible, d'une aire, contiguë à la superficie existante ou située à une distance suffisamment faible pour ne pas entraîner de coûts excessifs de transfert horizontal sur le terminal;
- Le "nettoyage" de la superficie existante - élimination des hangars, magasins ou édifices vétustes, suppression des voies ferrées superflues, réagencement des aires d'entreposage, création de voies de circulation appropriées.

A cet égard, on ne saurait trop insister sur la nécessité d'adapter et de coordonner en fonction des besoins les trois paramètres essentiels à l'efficacité du terminal :

- La superficie disponible;
- Le matériel de manutention, dans ses aspects tant qualitatifs que quantitatifs;
- Le plan d'organisation de la gestion des opérations.

79. Quant aux contraintes nouvelles qu'impose à l'infrastructure existante une utilisation en terminal polyvalent, il convient de mentionner trois problèmes majeurs :

- 1) Pour faire face aux nouveaux schémas de charge imposés par les grues polyvalentes ou les portiques à conteneurs, les deux méthodes suivantes sont préconisées :
  - Si la solution adoptée est celle qui est mentionnée au point 1) du paragraphe 77, la voie de devant pourrait s'appuyer sur l'infrastructure existante, renforcée par de nouveaux pieux (dans le cas d'un quai sur pilotis) ou par un raccord composé de micropieux, la voie côté terre reposant sur une nouvelle fondation (poutre flottante ou pieux), sur le remblai;
  - Si la solution retenue est celle du point 2) du paragraphe 77, deux cas peuvent être envisagés : soit la partie nouvelle est suffisamment large pour supporter les deux voies de roulement, soit la voie côté terre s'appuie sur l'ancienne infrastructure, renforcée par de nouveaux pieux ou par un raccord de micropieux.

Dans tous les cas, la solution qui sera adoptée devra avoir été étudiée conjointement avec celle qui aura été retenue pour augmenter la profondeur du quai.

- 2) Il existe de nombreuses infrastructures constituées normalement d'un tablier reposant sur des pieux, d'une capacité portante limitée : il ne faudrait pas céder à la tentation d'empiéter sur le coefficient de sécurité pour faire face à de nouvelles charges. C'est là un problème difficile à résoudre : si, dans certains cas, on peut augmenter le nombre de pieux porteurs, il est plus difficile

de trouver des solutions permettant de renforcer le tablier existant; on peut en tout cas le renouveler soit en le rehaussant, soit en construisant un nouveau tablier, non solidaire, au-dessus de l'ancien en relevant la cote du quai.

- 3) Dans la majorité des cas, le revêtement d'un terminal traditionnel n'est pas à même de supporter les nouvelles charges imposées par son utilisation en tant que terminal polyvalent. Ce problème est relativement facile à résoudre, compte tenu bien entendu des contraintes économiques. La solution à employer peut être une de celles qui sont mentionnées au paragraphe 57.

## V. LE TERMINAL POLYVALENT DU PORT DE VALENCE (ESPAGNE)

### 1. Historique

80. L'objectif constant du port autonome de Valence (PAV) est d'améliorer l'efficacité de ses infrastructures en répartissant rationnellement les différents trafics entre ses unités d'exploitation, de façon que les navires et les marchandises reçoivent le traitement le plus adéquat et le plus homogène pour un rapport coût/service le plus bas possible. Durant la première moitié des années 80, cet effort s'est concrétisé par la mise en service d'un poste vraquier et d'un terminal à conteneurs. L'étape suivante concernait les marchandises diverses.

Il convient de signaler que les opérations de chargement/déchargement sont effectuées par des entreprises de manutention dont l'activité, dans le cas des marchandises diverses, ne se limite pas à un mode d'opération, mais englobe toutes les formules possibles : conteneurs, palettes, cargaisons non unitarisées en manutention verticale, opérations de roulage. L'objectif mentionné plus haut d'une gestion rationnelle du port se traduit par l'affectation d'une zone de manutention à une entreprise unique qui en assure l'exploitation. Cette concentration permet une utilisation plus efficace des équipements et des superficies, ainsi qu'une meilleure maîtrise des activités. Elle répond au principe de l'unité de gestion.

Dans cette perspective, le port autonome de Valence a décidé de mettre en service un terminal pour marchandises diverses dont la gestion serait confiée à un exploitant portuaire unique.

### 2. Critères de dimensionnement

81. Le nouveau terminal devait permettre d'effectuer n'importe quel type d'opération de chargement/déchargement de marchandises diverses, compte tenu des paramètres ci-après :

- Modes de transport
  - porte-conteneurs intégraux
  - porte-conteneurs mixtes
  - navires de charge classiques
  - navires rouliers
- Moyens de transport
  - conteneurs
  - palettes
  - marchandises diverses non unitarisées.

Il s'agit par conséquent d'un terminal polyvalent, où il n'est pas prévu de manutentionner du vrac, étant donné que ce type d'activité entrave généralement la manutention des marchandises diverses et doit donc être réservé à des quais spécialisés.

Le volume de marchandises à traiter a été établi en fonction du trafic effectif du port de Valence et de son activité future escomptée, ainsi que du potentiel d'expansion d'une entreprise de manutention de premier ordre installée dans le complexe portuaire et capable d'opérer sur le terminal. Ce volume a été fixé à 750 000 tonnes métriques, dont 40 % pour les conteneurs à manutention verticale, 25 % pour les opérations de roulage et 35 % pour le reste des marchandises diverses. Cette répartition ne correspond pas à celle de l'ensemble du port, où la part du trafic de conteneurs est de l'ordre de 66 %, vu que l'existence d'un terminal à conteneurs doté de moyens de manutention spécialisés permet de concentrer la majeure partie des opérations de ce type. En tout état de cause, la conception du terminal devrait autoriser n'importe quelle variation de ces proportions et lui permettre de s'adapter, à terme, à l'évolution du trafic.

S'agissant de la taille des navires, une limite supérieure a été établie uniquement dans le cas des porte-conteneurs intégraux, pour lesquels il a été décidé de s'en tenir à ceux de la deuxième génération, vu que les plus gros seraient logiquement desservis au terminal à conteneurs.

Sur la base des conditions établies et de l'expérience acquise en matière de coefficients d'exploitation, on a défini les caractéristiques générales ci-après pour le terminal :

- Ligne d'accostage : 2 à 3 postes, en fonction de la taille des navires, un de ces postes étant nécessairement réservé au trafic roulier;
- Profondeur : 12 m au-dessus de la B.M.V.E. 20/ (le marnage étant presque inexistant);
- Superficie totale : 10 ha.

### 3. Conception du terminal

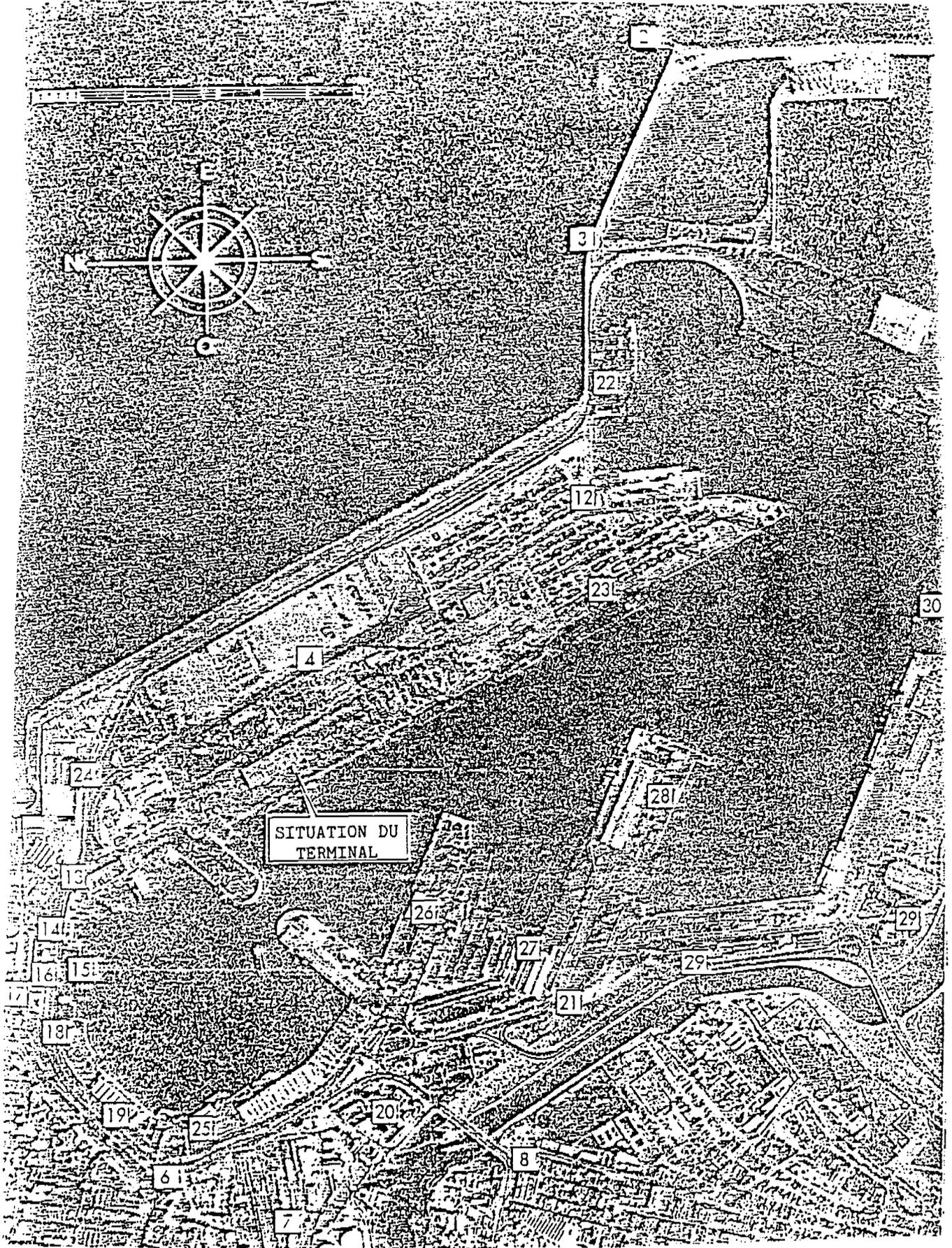
82. La figure 27 montre la situation du terminal polyvalent dans le port de Valence. Son emplacement a été choisi en fonction des impératifs de superficie et de la possibilité de disposer d'un support approprié pour les opérations de roulage. Son tirant d'eau (9 m) étant insuffisant, il a fallu remodeler le quai pour porter sa profondeur à 12 m.

Le plan d'aménagement du terminal est indiqué sur la figure 28. Ses caractéristiques de base sont les suivantes :

#### 1) Quai

La longueur du quai est de 430 m, pour une profondeur de 12 m. A l'une des extrémités se trouve un poste roulier à rampe fixe, d'une largeur de 25 m. La situation du terminal permet l'utilisation - non exclusive - d'un second poste roulier contigu au précédent, d'une longueur de 110 m et d'une profondeur de 8 m.

Figure 27 : Emplacement du terminal dans le port



## 2) Matériel

La ligne d'accostage comprend quatre grues classiques sur portique pour les opérations de chargement/déchargement :

- 2 grues de 12 tonnes à 25 m;
- 2 grues de 16/30 tonnes à 35/22 m.

Ces dernières sont identiques aux grues de 16 tonnes pour la manutention du vrac qui existent dans le port, si ce n'est qu'elles comportent des éléments de levage dimensionnés pour 30 tonnes et un système de sécurité limitant leur portée lorsqu'elles fonctionnent avec de telles charges.

## 3) Superficie

La superficie totale est de 110 000 m<sup>2</sup>, sous la forme d'un rectangle de 510 m de long et de 220 m de profondeur. Cette dernière dimension est considérée comme proche de la limite économique maximale pour une manutention faisant appel à des moyens traditionnels.

La superficie destinée à l'entreposage des marchandises, une fois déduites les aires de manutention à quai et les voies de circulation, est de 81 500 m<sup>2</sup>, y compris un magasin de 6 000 m<sup>2</sup> pour les marchandises diverses non unitarisées ou en palettes.

L'implantation du magasin a été étudiée en fonction des considérations suivantes :

- Distance de 60 m par rapport à l'arête du quai, suffisamment courte pour le chargement/déchargement des marchandises non unitarisées ou en palettes, tout en laissant libre une aire de manutention suffisante quel que soit le cas de figure;
- Emplacement permettant de desservir deux postes d'accostage, afin de réduire au minimum les coûts de chargement/déchargement. Sa position légèrement décentrée vers le poste roulier laisse un large espace libre pour l'entreposage des conteneurs à une extrémité du terminal, et la superficie nécessaire pour les plates-formes destinées aux opérations de roulage, à l'autre extrémité.

Le revêtement du terminal consiste en une chape de béton prévue pour supporter les charges maximales produites par un chariot élévateur frontal pour conteneurs.

## 4) Accès terrestres

Le terminal comporte un seul point d'accès pour les camions, où sont effectués les contrôles à l'entrée et à la sortie. Il existe également deux accès de secours.

Le terminal dispose en outre d'une liaison ferroviaire à deux lignes. L'une passe le long du quai et permet une manutention directe wagon/navire, tandis que l'autre, à double voie, passe à l'intérieur du terminal et est destinée aux opérations wagon/entreposage.

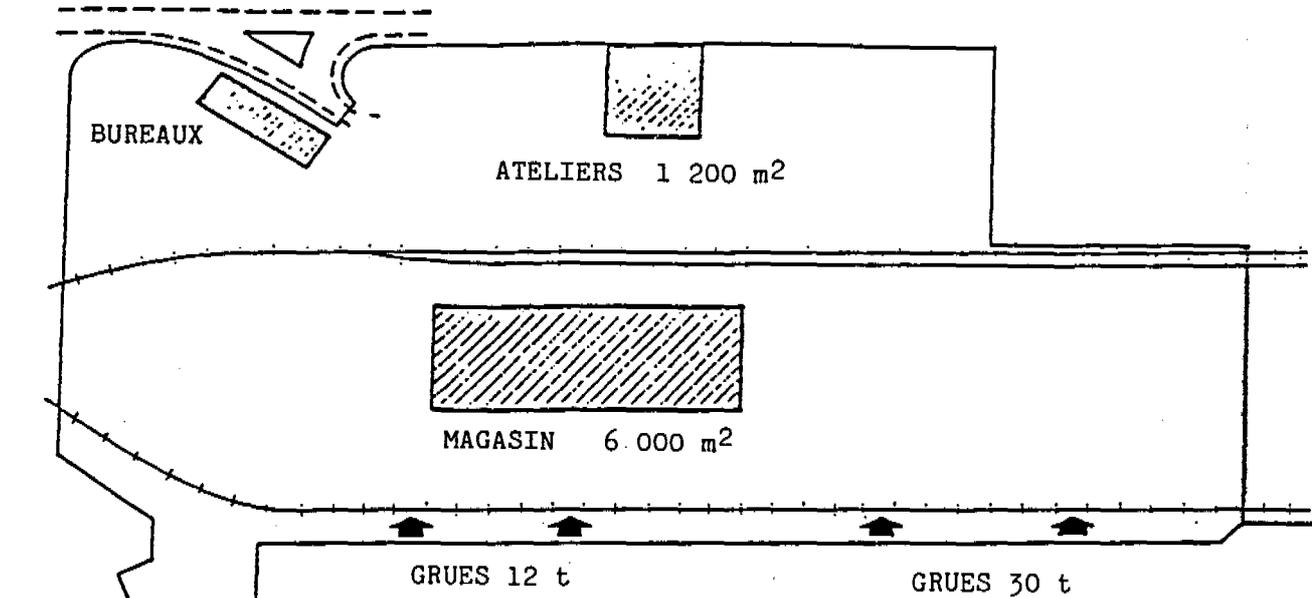
#### 4. Réaménagement du quai

83. Le quai existant était, en profondeur, constitué de blocs de béton reposant sur une assise d'enrochements (fig. 29). Porter sa profondeur à plus de 9 m aurait entraîné son déchaussement, puis son effondrement.

Les premières solutions envisagées pour une plus grande profondeur tendaient à maintenir l'alignement existant. Deux formules ont été étudiées, la première consistant à mettre en place un rideau de palplanches pour retenir la masse d'enrochements, la seconde à consolider le quai à l'aide de micropieux perforés dans les blocs de béton. L'une et l'autre ont été abandonnées en raison de la difficulté technique que posait la percée de la carapace de protection de l'assise, qui aurait notablement accru les coûts de construction et la durée des travaux.

Restait uniquement la solution d'avancer le tablier en construisant une nouvelle ligne d'accostage. Parmi les diverses possibilités, on a adopté, selon des critères de coût et de délai d'exécution, une solution (fig. 29) faisant appel à des piliers de blocs de béton, unis par des poutres de rive précontraintes. S'appuyant sur celles-ci et sur le quai original (par l'intermédiaire d'un bloc de béton servant d'étrier), un tablier de béton armé a été mis en place, ses dimensions étant conçues pour supporter les charges de travail verticales existantes. Pour résister aux efforts horizontaux s'exerçant vers la mer, plusieurs tirants ont été disposés pour assujettir depuis la terre la tête des piliers (tirants doubles pour ceux qui portaient des bollards, tirants simples pour les autres). Les efforts horizontaux d'accostage sont transmis, par l'intermédiaire du tablier, au bloc étrier postérieur.

84. La figure 30 présente une vue panoramique du terminal en service.



Superficie : 110 000 m<sup>2</sup>

Ligne d'accostage : 430 m

Profondeur : 12 m

Rampe d'accostage pour navires rouliers

Magasin : 6 000 m<sup>2</sup>

Atelier de réparation des conteneurs : 1 200 m<sup>2</sup>

Aire d'entreposage des conteneurs frigorifiques

Aire d'entreposage des marchandises dangereuses

2 grues de 12 tonnes

2 grues de 30 tonnes

Chariots élévateurs de 30, 12 et 5 tonnes

Manutention de vrac, de marchandises classiques  
et de cargaisons conteneurisées

Surveillance assurée vingt-quatre heures sur vingt-quatre

Figure 28 : Caractéristiques fondamentales du terminal

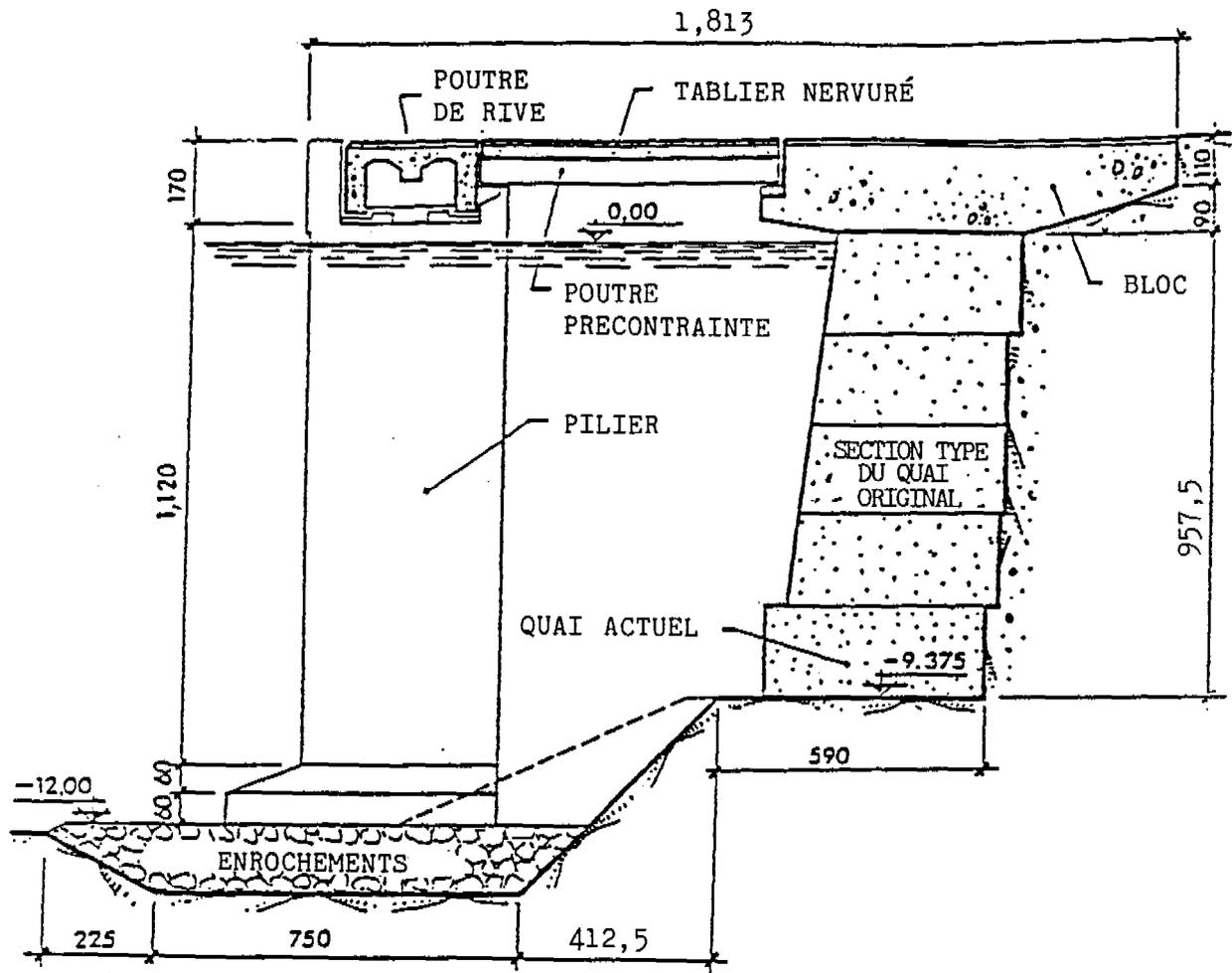


Figure 29 : Réaménagement du quai

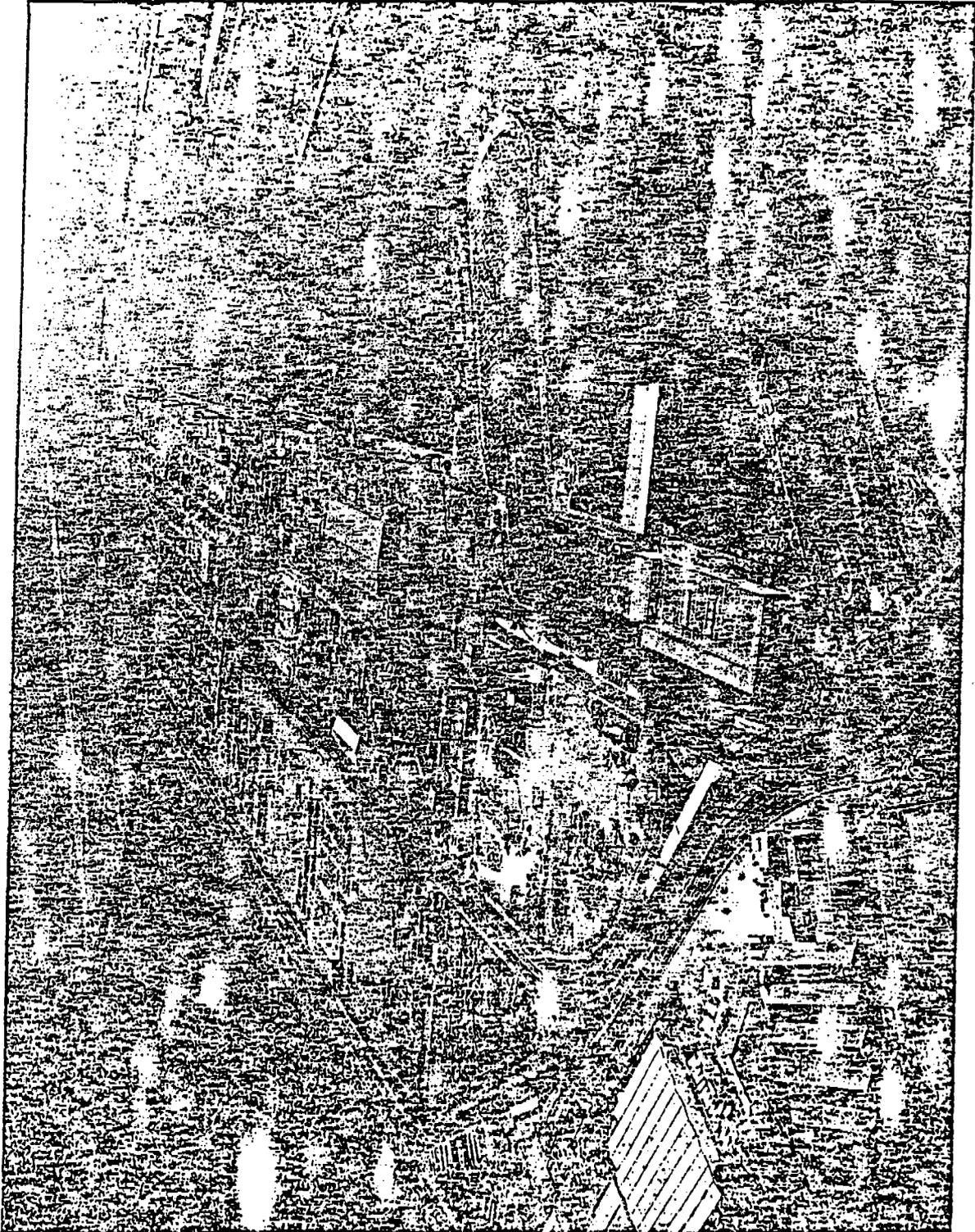


Figure 30 : Vue générale du terminal

NOTES

1/ Voir par exemple El terminal multipropósito, p. 205 à 228 de la troisième partie du Manual de Administración Portuaria (publication UNCTAD/SHIP/188 (Part III), 1979, en espagnol seulement); ainsi que le chapitre IV, Le terminal polyvalent pour marchandises diverses, de la deuxième partie de L'aménagement des ports (publication de la CNUCED, TD/B/C.4/175/Rev.1, 1985).

2/ C'est-à-dire le transport de marchandises effectué par plusieurs modes de transport, d'un point ou port d'origine à un point ou port final via une ou plusieurs interfaces, la totalité du transport étant organisée par l'un des transporteurs. Cette définition est tirée de la publication de la CNUCED, TD/B/C.4/315 (Part II), du 10 novembre 1989.

3/ Association internationale permanente des congrès de navigation (AIPCN).

4/ La capacité d'une voie de circulation, avec ou sans encombrement, est calquée sur celle d'un poste d'accostage. Rappelons qu'un poste pour lequel tout encombrement est exclu et qui, de ce fait, a un coefficient d'occupation nettement moins élevé, desservira moins de navires que celui pour lequel on admet un encombrement.

5/ L'Union internationale des chemins de fer (UIC), dont le siège est à Paris et à laquelle appartiennent toutes les administrations ferroviaires, publie, sous forme de barème, les capacités nominales des voies. Dans le cas des tronçons critiques (goulets d'étranglement), cette capacité nominale se réduit à celle du tronçon critique.

6/ Voir L'aménagement des ports. Manuel à l'usage des planificateurs des pays en développement (publication de la CNUCED, TD/B/C.4/175/Rev.1, New York, 1984). Les chapitres II et III de la deuxième partie fournissent les diagrammes correspondant aux trafics de marchandises diverses et de conteneurs, respectivement.

7/ "Operating and Maintenance Features of Container Handling Systems", comprenant un manuel de 90 pages et une cassette vidéo d'une durée de deux heures et demie. Disponible en anglais. La Fundación Argentina de Estudios Marítimos en a établi une version en espagnol.

8/ Tiré du cours de la CNUCED "Améliorer le rendement portuaire : Gestion des opérations sur marchandises diverses" (IPP-1) - Manuel de travail pour le stagiaire, chapitre 4, p. 36.

9/ Pour un examen complet, voir le chapitre 2 ("Planning the Port Inventory") de Port Equipment : Policy, Management and Maintenance (publication UNCTAD/SHIP/631, New York, 1990). Voir également la publication INU 57, "The Management of Port Equipment Maintenance", de la Banque mondiale.

10/ Tiré du tableau I, p. 217 à 221, de L'aménagement des ports. Manuel à l'usage des planificateurs des pays en développement (publication de la CNUCED, TD/B/C.4/175/Rev.1, New York, 1984).

11/ Pour une introduction générale, voir la monographie No 5, Gestion des revêtements de terminaux à conteneurs (UNCTAD/SHIP/494(5), New York, 1987), et son supplément (UNCTAD/SHIP/494(5)/Supp.1, New York, 1990). Pour des normes plus spécifiques, voir The Structural Design of Heavy Duty Pavements for Ports and Other Industries, publié par la British Ports Federation, Londres, 1989.

12/ Il s'agit du rapport entre l'intensité minimale (1) et l'intensité moyenne (3).

13/ Tiré de la monographie Gestion des revêtements des terminaux à conteneurs (UNCTAD/SHIP/494(5), New York, 1987).

14/ Publication UNCTAD/SHIP/494(7), New York, 1987.

15/ Pour un examen de la question de l'entretien préventif, voir "Port Equipment : Policy, Management and Maintenance" (publication UNCTAD/SHIP/631, New York, 1990) et "The Management of Port Equipment Maintenance" (publication INU 57 de la Banque mondiale).

16/ Convention 152 et Recommandation 160 concernant la sécurité et l'hygiène du travail dans les manutentions portuaires, Genève, 1979.

17/ Bien que les dispositions de ce code soient destinées principalement aux navigants, elles intéressent également l'industrie (depuis les fabricants jusqu'aux consommateurs en passant par les spécialistes du conditionnement et les expéditeurs) et les services de manutention et de transport terrestre.

18/ Voir le chapitre VI de "Droits et obligations des exploitants et des usagers de terminaux à conteneurs" (publication UNCTAD/ST/SHIP/6, du 1er octobre 1986).

19/ Les micropieux sont des pieux coulés sur place, d'environ 10 cm de diamètre, dont on excave la section en perforant l'ouvrage en dur ou le terrain pour y introduire ensuite une armature et remplir la cavité de béton à grain fin. Le terme de raccord se réfère au fait qu'on en utilise un grand nombre pour "coudre" littéralement les diverses parties d'une structure monolithique, puis pour "raccorder" celle-ci au terrain de fondation.

20/ Basse mer de vive eau d'équinoxe.

---

### كيفية الحصول على منشورات الأمم المتحدة

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

#### 如何获取联合国出版物

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

#### HOW TO OBTAIN UNITED NATIONS PUBLICATIONS

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

#### COMMENT SE PROCURER LES PUBLICATIONS DES NATIONS UNIES

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

#### КАК ПОЛУЧИТЬ ИЗДАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБЪЕДИНЕННЫХ НАЦИЙ

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

#### COMO CONSEGUIR PUBLICACIONES DE LAS NACIONES UNIDAS

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

---