

وزارة الجامعات والبحث العلمي
Ministère aux Universités et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

مدرسة وطنية لتكنولوجيا
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT GENE INDUSTRIEL

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

Analyse des performances d'un
système de poste d'accostage
par le biais de la simulation
quai 22 - port d'Alger

Proposé par : M^r Arezki

Etudié par : M^r BENSALAH
Ahmed

Dirigé par : LAMRAOUI
et HADDAD

et

M^r HACHEMI
Ali

PROMOTION

juillet 1992

للهدايا

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

رَبِّ أَوْزَعْنِي وَأَنْشِكِرْ
نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ
وَعَلَى وَالِدِي إِيَّاكَ
أَعْلَمُ ظَلَمًا تَرْضَاهَا

والسبب الكرميين أدام الله بقاءهما ...
أجودته والأحبة منهم جودته وف

REMERCIEMENTS

Tout d'abord nous tenons à remercier notre promoteur monsieur LAMRAOUI pour avoir bien voulu nous prendre en charge, pour la confiance qu'il nous a accordée et les conseils qu'il nous a donnés pour la finalisation de ce travail.

Un vif remerciement se doit à monsieur DAHMANI enseignant à l'Ecole Supérieure de Commerce pour son aide, ses conseils et sa disponibilité.

Nous remercions monsieur AREZKI, responsable à la (SNTM/CNAN) qui nous a proposé ce thème ainsi que tous les membres de l'EPAL pour leur aide.

Nous ne saurions oublier le grand mérite de tous les enseignants qui ont contribué à notre formation particulièrement ceux du département GENIE INDUSTRIEL.

Que l'ensemble des membres de jury : monsieur SARI, madame KERBOUA et monsieur HADDAD trouvent ici l'expression de notre profonde reconnaissance pour avoir bien voulu juger notre travail.

SOMMAIRE

INTRODUCTION..... 1

CHAPITRE 1 : DESCRIPTION SUCCINTE DU PORT D'ALGER
ET POSITION DU PROBLEME

I- DESCRIPTION SUCCINTE DU PORT D'ALGER..... 3

I-1 ROLE DU PORT D'ALGER..... 3

I-2 ACTIVITE DU PORT D'ALGER..... 5

II DESCRIPTION GENERALE D'UN POSTE D'ACCOSTAGE..... 11

II-1 GENERALITES..... 11

II-2 ELEMENTS DU SYSTEME DE POSTE D'ACCOSTAGE..... 12

III POSITION DU PROBLEME..... 15

IV CRITERES DE CHOIX DE LA ZONE ETUDIEE..... 17

V DESCRIPTION DE LA ZONE ETUDIEE..... 18

 1-Manutention des marchandises..... 18

 2-Conditions d'entreposage..... 18

 3-Organisation du travail..... 20

CHAPITRE 2 : APPROCHE DE RESOLUTION

I METHODES ANALYTIQUES ET RECOURS A LA SIMULATION.....	23
1-Méthodes analytiques.....	23
2-Recours à la simulation.....	24
II SIMULATION-LANGAGES DE SIMULATION.....	26
1-Simulation.....	26
Définition.....	26
1-1-Etapes de la simulation.....	27
1-2-Composantes du modèle.....	29
1-3-Modèles à événements discrets et modèles à événements continus.....	30
1-4-Différentes approches pour les modèles de simulation...	31
1-5-Simulation à événements discrets.....	34
2-Langages de simulation.....	36
2-1-Principaux langages de simulation.....	36
2-2-Choix du langage.....	37
2-2-1-Présentation du langage SLAM	37

CHAPITRE 3 : PROCESSUS DE MODELISATION

I MODELISATION SYSTEMIQUE.....	43
II COLLECTE ET PREPARATION DES DONNEES.....	43
II-1-Choix des catégories des navires.....	44
II-2-Echantillonnage des principales caractéristiques des navires et des marchandises.....	45
III CONSTRUCTION DE LA SIMULATION.....	65
III-1-Modélisation.....	65
III-1-1-Modèle de base.....	65
III-1-2-Modèle intermédiaire.....	66
III-1-3-Modèle final.....	70

III-1-3-1-Etendue et hypothèses du modèle final.....	70
III-1-3-2-Fonctionnement du modèle final.....	71
III-1-3-3-Transcription informatique.....	76

CHAPITRE 4 : VERIFICATION ET VALIDATION DU MODELE

I VERIFICATION DU MODELE.....	78
II REGIME PERMANENT.....	79
III VALIDATION DU MODELE.....	82

CHAPITRE 5 : PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

I PRESENTATION DES RESULTATS.....	86
II INTERPRETATION DES RESULTATS.....	87

CHAPITRE 6 : EXPERIENCES DE SIMULATION

Première expérience.....	91
Deuxième expérience.....	94
CONCLUSIONS ET RECOMMANDATION	
Suggestions et recommandations.....	97
Conclusion générale.....	98
ANNEXES.....	100

LEXIQUE

L'explication des mots énoncés dans ce mémoire et comportant des étoiles est donnée comme suit:

Affrètement : louage d'un navire.

Armateur : C'est le propriétaire d'un navire, qui l'affecte à un transport de marchandise ou qui le met à la disposition d'un affréteur.

Cabotage national : C'est le transport entre ports Algériens.

Silo : réservoir pour stocker le blé.

Consignataire : un négociant auquel on adresse un navire.

Gerbage : c'est empiler (des fûts, sacs, ...).

Sangle : une bande de cuir ou de toile large et plate qui sert à entourer

Elingues : câbles servant à accrocher (les fardeaux, palettes, ...).

Môle : ouvrage en maçonnerie pour protéger l'entrée d'un port ou pour diviser un bassin en darses.

Avarie : dommage survenu à un navire.

Armateur :

Temps de desserte : temps de séjours au poste.

INTRODUCTION

La Compagnie Nationale Algérienne de Navigation (SNTM/CNAN) assure 15% des échanges internationaux de l'Algérie. Ce faible taux est dû en grande partie aux grands délais de séjours que passent ses navires dans les ports Algériens. En effet, une étude [Annexe 3] sur un échantillon de bilans de voyage des navires de l'unité "ligne du nord" de la compagnie CNAN a révélé que les temps passés pour le déchargement des marchandises dans les ports Algériens dépassaient de loin les temps nécessaires pour les charger dans les ports étrangers (2 à 3 fois le temps de chargement) .

Pour honorer ses engagements vis à vis de ses clients, la compagnie CNAN fait recours à l'affrètement* au voyage ou à temps, de navires étrangers. Cette solution ne résout le problème que partiellement: elle offre un supplément de capacité à la compagnie mais le manque à gagner engendré est plus important, le même phénomène se reproduit avec les navires affrétés (les délais de séjours dans les ports Algériens sont très importants).

L'immobilisation d'un navire dans un port pèse lourd sur les dépenses de l'armateur*, du fait du daily cost (coût journalier) qui varie entre (3000 et 7000 \$) [7] sans compter le manque à gagner engendré, ainsi que sur l'entreprise portuaire qui verra son débit diminuer (immobilisation des postes à quai).

Toute procédure visant à augmenter le débit du port (minimiser la durée de séjour des navires au port) sera d'un apport considérable.

Une investigation dans les opérations portuaires nous paraît donc indispensable !

Notre tâche est alors :

-De construire un modèle décrivant les opérations portuaires afin de l'expérimenter pour déceler les éléments du système qui freinent l'augmentation du débit du port.

-De voir par la suite quels seraient en réalité les effets de certaines modifications concernant l'aménagement matériel ou le mode d'exploitation du port.

-Et enfin de proposer certaines améliorations à apporter pour augmenter le débit.

Pour parvenir à ce but, nous avons structuré ce travail de la manière suivante :

Le premier chapitre comportera une description du système étudié et la position du problème. Le second chapitre comportera une présentation de la méthode utilisée pour la résolution du problème. Le troisième chapitre est réservé à la construction du modèle du système. Le quatrième chapitre est réservé à la vérification et la validation du modèle. Le cinquième chapitre sera pour la présentation et l'interprétation des résultats. Le dernier chapitre est réservé à l'expérimentation de certaines modifications pour étudier leurs effets sur le débit du système. Et nous terminons cette étude par une conclusion et quelques recommandations.

CHAPITRE 1

CHAPITRE 1

DESCRIPTION SUCCINTE DU PORT D'ALGER ET POSITION DU PROBLEME

I-DESCRIPTION SUCCINTE DU PORT D'ALGER :

I-1 ROLE DU PORT D'ALGER :

Le port d'Alger remplit la fonction de pivot dans la distribution des marchandises destinées à la région centre du pays, la région métropolitaine incluse.

En 1990 le trafic du port était de 6.37 millions de tonnes dont 5.48 millions de tonnes déchargées et 0.88 millions de tonnes chargées. La part du cabotage national* est très faible avec 12% au déchargement et 15% au chargement.

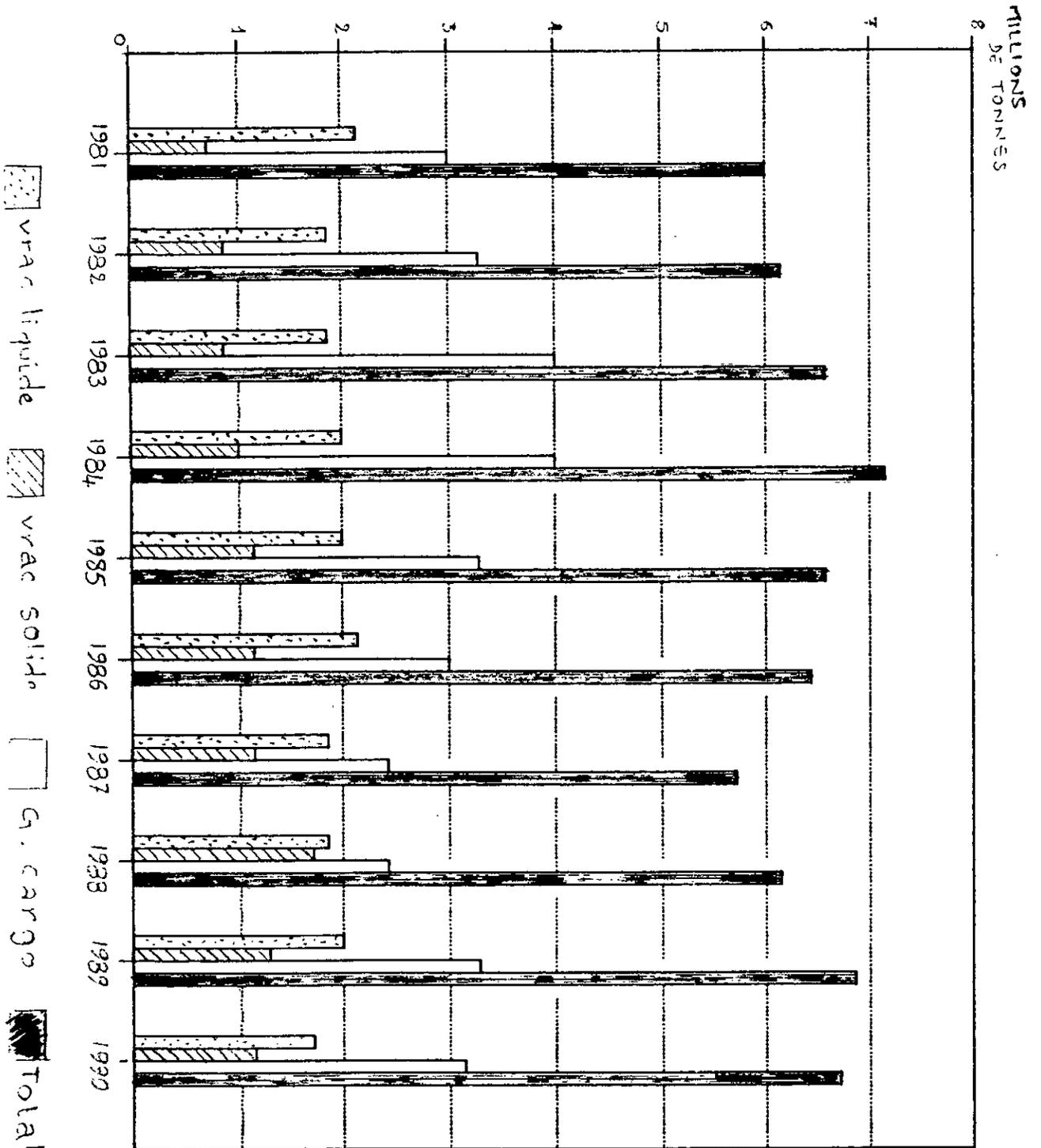
Le port d'Alger est le plus grand port commercial dans le pays avec un trafic général de 3.33 millions de tonnes représentant les 41% du trafic total de marchandises diverses du pays.

En dehors du trafic des marchandises diverses, le trafic de vracs liquides et de vracs solides s'élève respectivement à 1.72 millions de tonnes et à 1.33 millions de tonnes. Les vracs liquides comprennent les hydrocarbures liquifiés, le gaz liquifié, et les produits pétroliers raffinés (chargement et déchargement); les vracs solides concernent principalement les céréales (déchargement).

Le trafic marchandises du port a atteint son sommet en 1984 avec 7.26 millions de tonnes dont 5.9 millions de tonnes déchargées et 1.36 millions de tonnes chargées.

Avec les grandes restrictions des importations mises en place, le trafic du port a commencé à décliner entre 1985 et 1987. Cependant depuis 1988 le trafic portuaire a connu un redressement considérable et le niveau de 1990 était meilleur que celui de 1987 de près de 115% (fig.1).

Fig.1 mouvement du trafic marchandises



I-2 ACTIVITES DU PORT :

a) Navires accostant au port :

La classification des navires faite par l'EPAL retient cinq catégories de navires accostant au port d'Alger :

- GENERAL CARGOS
- ROLL-ON ROLL-OFF (RO/RO)
- CEREALIERES
- TANKERS
- CARS FERRIES

Selon les registres, le nombre moyen de navires accostant durant une année est de 1800 navires dont 45.4% est GENERAL CARGOS, 21.3% RO/RO, 16.1% TANKERS, 13.5% CARS FERRIES et 3.1% c'est des CEREALIERES.

En terme de volume de cargaisons déchargées, les marchandises transportées par les GENERAL CARGOS représentent 50.43% , suivent en suite les CEREALIERES et les TANKERS avec respectivement 24.8% et 15.8% .La part des RO/RO est faible (7.3%) par rapport au nombre de navires .

En terme de cargaisons chargées, exceptés les conteneurs vides, 83.8% du volume total sont transportés par les TANKERS car la majeure partie des exportations est constituée par du fuel-oil .

La durée moyenne d'attente en rade d'une même année des CEREALIERES est de 6.7 jours ce qui semble être assez long, celle des GENERAL CARGOS est 2.7 jours .Bien que cette période soit déjà longue, elle peut être plus longue selon les fluctuations saisonnières. Le temps d'attente en rade des RO/RO et des TANKERS est généralement faible grâce à l'existence de postes spécialisés qui leur sont affectés par priorité .

b) Ecoulement des marchandises dans le port [8,EPAL]

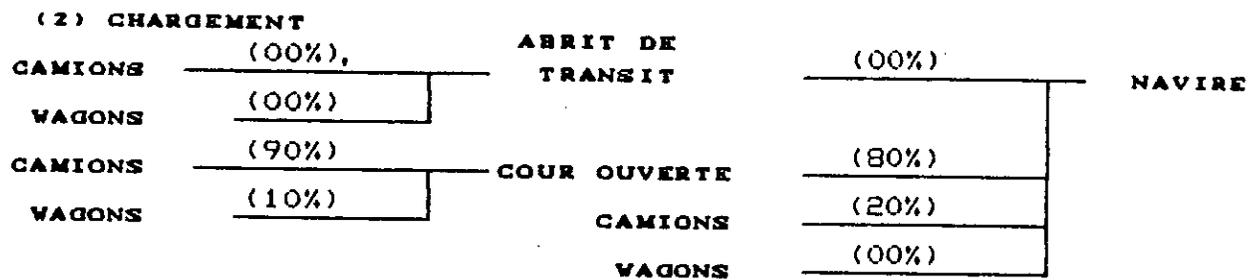
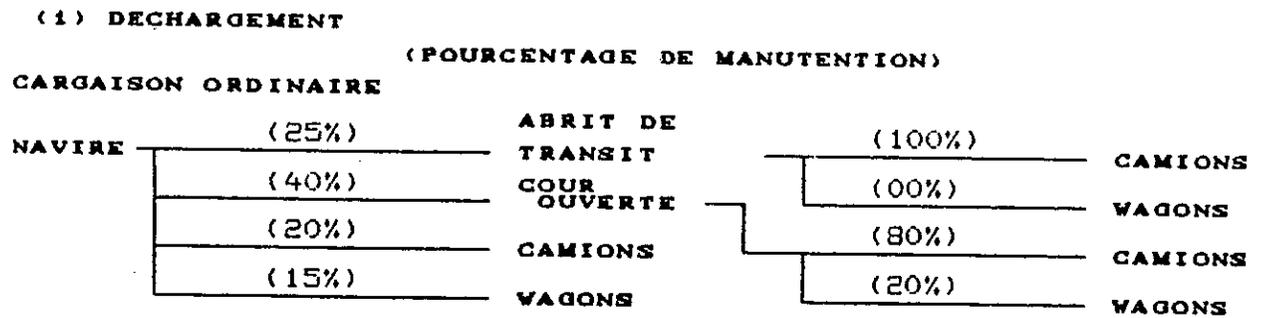
L'écoulement de la marchandise, importée ou destinée à l'exportation, dans le port d'Alger est représenté par la (fig.2).

Pour les cargaisons ordinaires importées, on voit que 65% de la marchandise sont destinés à l'entreposage et 35% seulement sont évacués par camions (20%) et par wagon (15%).

Les marchandises destinées à l'exportation sont ramenées au port par camions (90%) et wagon (10%). 80% de la marchandise sont entreposés sur terre-plein tandis que 20% seulement sont directement chargés à partir des camions.

Pour les vracs céréales; 60% des marchandises déchargées sont destinées à être entreposés dans des silos (OAIC), 25% sont déchargés directement sur wagon et 15% sont déchargés sur camions. La marchandise dans le silo sera évacuée par les wagons (70%) et par les camions (30%).

Fig. 2 Ecoulement des marchandises dans le port



VRAC CEREALES

1) DECHARGEMENT



c) Déroulement des opérations portuaires :

1) Opérations avant accostage :

Les opérations commencent par la communication, de la date probable d'arrivée du navire; par l'agent maritime* (consignataire* du navire) à la commission de placement [fig.3].

Cette dernière tient chaque jours à 10^h30 une réunion à la direction capitainerie pour l'affectation des postes aux navires .

La commission de placement est composé par :

1) Le commandant de bord représentant de la direction capitainerie qui connaît parfaitement les caractéristiques postes ainsi que celles des navires, chargé de faire entrer le navire au poste.

2) Le client : C'est l'agent du navire (CNAN,...) ou le client importateur de la marchandise.

3) Le représentant de la direction exploitation (commerciale) qui connaît l'état d'occupation des aires d'entreposage ainsi que leur capacité .

4) Le représentant de la direction manutention et qui connaît parfaitement l'état des moyens de manutention .

Le navire ne peut accéder à un poste qu'après l'accord de tous les membres de la commission.

2) Opérations à quai : ces opérations sont bien expliquées par la figure 7 (déchargement du navire).

d) Utilisation des postes [8] :

Il y a 49 postes, non compris ceux utilisés par les navires de pêche et les utilités du port tels que le remorquage..., utilisés pour le chargement et le déchargement des marchandises commerciales. En considérant les données de 1990, la moyenne d'occupation de chaque poste atteint le pourcentage de 76.2% ; compte tenu des fluctuations saisonnières des accostages de bateaux, il semble que les capacités du port sont saturées.

Au cours du premier semestre de l'année 1990, le taux d'occupation des postes excédait les 80%. Le taux d'occupation élevé est lié à la faible productivité de la manutention. Aux postes recevant des marchandises diverses y compris les marchandises transportées par les RO/ RO, la productivité individuelle est inférieure à 15 tonnes par heure et certains n'excèdent pas 10 tonnes par heure. Le résultat est qu'au contraire, le taux d'occupation individuelle de nombreux postes dépassent les 80%.

Il semble également que la raison apparente de la faible productivité des manutentions de marchandises diverses soit l'insuffisance des moyens actuels de stockage et le long séjour des marchandises dans le port (tableau 1).

Tab. 1

MARCHANDISES	DUREE DE TRANSIT
Marchandises diverses :	
-hangar	50js
-terre-plein	50js
Conteneurs	52js
Remorques	48js
Bois	16js
Céréales en silo	10js

SOURCE: EPAL

Dans le port d'Alger ,la durée moyenne de séjour de la marchandise en transit est 50 jours[8]. L'explication donnée par les responsables est que ce phénomène est dû aux :

- Retards liés aux formalités douanières
- Retards de la visite des marchandises lorsque la douane la juge nécessaire
- Retards imputables aux réceptionnaires qui ne prennent pas les marchandises rapidement:
Beaucoup de sociétés Nationales prennent les entrepôts portuaires comme stocks pour leurs marchandises et ne prennent que par acoup des petites quantités .

II-DESCRIPTION GENERALE D'UN POSTE D'ACCOSTAGE :

II-1 GENERALITES:

Certains ports peuvent se subdiviser en postes d'accostage distincts dont chacun ne s'occupe que d'un navire à la fois; dans d'autres, cette différenciation est impossible car l'interaction des opérations entre les postes est très grande; dans d'autres encore, on travaille sur autant de navires qu'on peut en faire accoster sur une longueur de quai, et il n'y a pas de poste d'accostage proprement dit.

Quoi qu'il en soit, il y a dans chaque port des secteurs où la marchandise est manutentionnée depuis le navire jusqu'au mode de transport terrestre, indépendamment d'autres secteurs. Chacun de ces secteurs est un système de poste d'accostage.

II-2 ELEMENTS DU SYSTEME DE POSTE D'ACCOSTAGE:[2]

Un tel système ne forme pas un tout homogène; il est composé de plusieurs éléments qui agissent les uns sur les autres. La figure 4 montre les divers éléments dans le cas d'un port capable d'effectuer chaque type d'opération. Beaucoup de ports n'utilisent qu'un nombre limité de ces éléments, et dans tout port, quel qu'il soit, chaque élément n'est appelé à traiter qu'une fraction donnée de la demande totale de trafic.

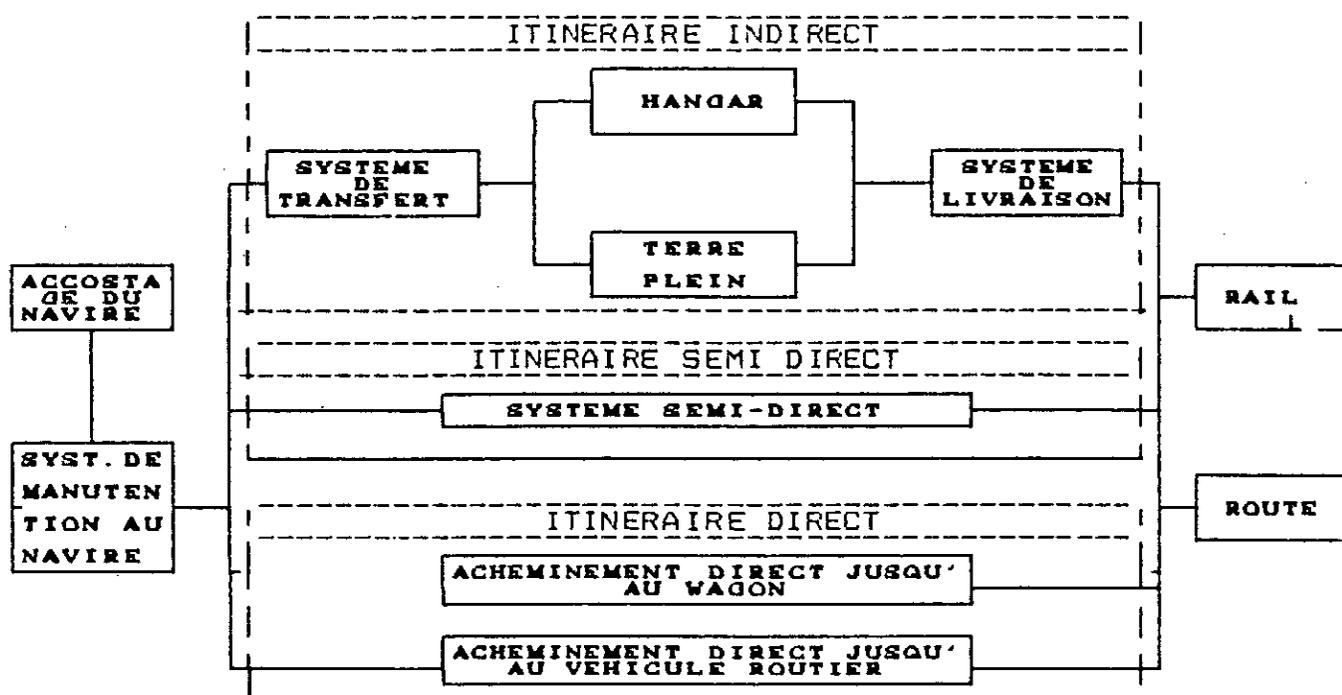


Fig.4 ELEMENTS DU SYSTEME DE POSTE D'ACCOSTAGE

a) MANUTENTION AU NAVIRE :

Toutes les marchandises doivent passer par le système de manutention au navire qui assure les opérations de déchargement des navires. C'est donc l'élément dominant du système. Si, parmi les autres éléments qui sont alimentés par le système de manutention au navire, il y en a dont la capacité ne permet pas d'assurer le débit qu'exigent d'eux les opérations à bord, celles-ci s'en trouveront freinées et la capacité du système tout entier en sera amoindrie.

b) SYSTEME TRANSFERT :

Une fois déchargée du navire, la marchandise d'importation peut prendre un des trois itinéraires ci-après:

1) L'itinéraire indirect: via le système de transfert jusqu'au hangar de quai ou au terre plein où elle est entreposée, en attendant la livraison aux modes de transport par route ou par rail.

2) L'itinéraire semi-direct: Le système routier ou ferroviaire ne pouvant pas la prendre en charge immédiatement, la marchandise est gardée pour un temps sur le tablier de quai.

3) L'itinéraire direct (sous-palan) Jusqu'au véhicule routier.

Le système de transfert et les systèmes de livraison directe doivent pouvoir suivre la cadence du système de manutention au navire d'heure en heure si l'en veut éviter que les palans soient immobilisés ou que la marchandise s'entasse sur le quai qui a une superficie limitée et qu'il est essentiellement une zone de travail et non pas une aire d'entreposage.

Chaque élément du système du poste d'accostage a une demande et une capacité propre . Mais certains éléments sont liés entre eux en

ce sens que chaque tonne de marchandises qui passe par l'un passe obligatoirement par les autres.

Les deux jonctions les plus importantes concernent le système de manutention au navire qui est lié au système de transfert (si la marchandise prend l'itinéraire indirect) ou à l'un des systèmes directs. Les opérations des éléments <<liés>> doivent être coordonnées d'heure en heure , sinon il faudra attendre pour commencer la deuxième opération que la première soit terminée , ou laisser les marchandises s'entasser sur le quai où elles provoquent un encombrement .

c) ENTREPOSAGE DES MARCHANDISES :

L'entreposage se fait sous hangar de quai ou simplement sur terre-plein à ciel ouvert, selon le degré de protection qu'exige la marchandise . En général , les marchandises de valeur et celles qui risquent de souffrir des intempéries doivent être mises sous hangar.

La capacité d'entreposage exprimée en tonnes dépend dans une très large mesure de la nature des marchandises . Le problème se complique du fait que les marchandises denses (c'est à dire ayant un faible volume par tonne) font souvent l'objet de gros envois et sont assez solides pour supporter une grande hauteur de gerbage , alors que les marchandises de moindre densité arrivent souvent par petits envois et sont de toute façon trop fragile pour pouvoir s'empiler sur une grande hauteur .

Un autre facteur dont dépend la capacité intrinsèque des aires d'entreposage est la durée de séjour des marchandises en transit .

III-POSITION DU PROBLEME :

D'après la description qui a été déjà faite du port d'Alger il

apparaît que ce dernier souffre d'importants problèmes :

- 1) Grandes attentes en rade;
- 2) Faible production;
- 3) Engorgement des aires d'entreposage.

Les analyses faites par l'EPAL ont montré que les principaux sources de ces problèmes sont :

- a) Faible cadence de manutention;
- b) insuffisance en capacité d'entreposage.

Ces analyses peuvent conduire à prendre des décisions ou à adopter certaines modifications dans les conditions d'exploitation ou à lancer des plans d'investissements.

Or on ne peut évaluer ces changements ou mesurer leurs rentabilité qu'une fois les changements faits.

Les résultats finaux peuvent révéler que ces changements ne sont pas efficaces ou ne sont pas les plus efficaces.

Exemple :

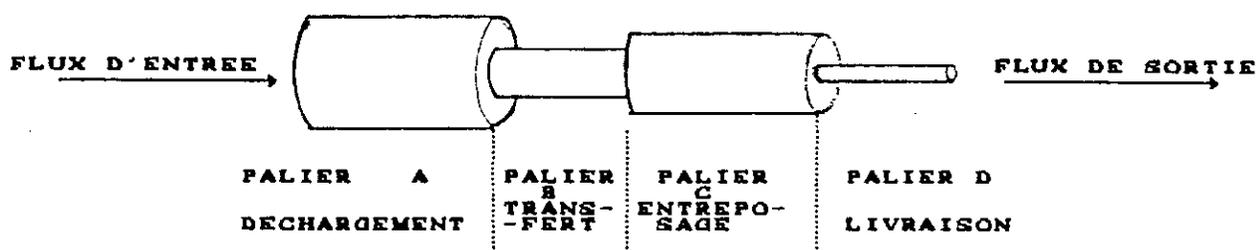


Fig 5 Représentation schématique du flux de marchandise d'importation.

La figure 5 représente l'un des «itinéraires» que la marchandise d'importation peut suivre lorsqu'elle passe par un poste d'accostage. Chacun des quatre paliers aura une capacité de

manutention qui différera de celle des trois autres .

Le cas est analogue à celui d'un liquide s'écoulant dans un tuyau de diamètre inégal puisque la cadence de manutention du poste tout entier est déterminée par le palier qui a la plus faible capacité de manutention (sur la figure 5 c'est le palier D : livraison).

De cette analogie , il ressort qu'il n'y a rien à gagner à essayer d'accroître la capacité de l'élément du poste qui a déjà la capacité la plus forte (palier A : déchargement). Ce n'est qu'en augmentant la capacité du segment le plus étroit qu'on pourra améliorer la capacité de l'ensemble - d'où le terme «goulet d'étranglement». On pourra continuer à améliorer la capacité globale en accroissant la capacité du palier D, mais cela , jusqu'au moment où celle-ci sera égale à celle du palier B : transfert. A partir de là seulement , il faudra , pour augmenter encore la capacité de l'ensemble , accroître la capacité non seulement du palier D mais aussi celle du palier B.

Pour mieux guider les investissements de l'entreprise et aider les responsables à mieux percevoir la réalité, notre étude consistera alors à :

- 1) Analyser l'ensemble des opérations qui se font dans le port ;
- 2) Localiser les goulots d'étranglement : les éléments du système qui freinent le débit;
- 3) Voir comment éliminer ces goulots;
- 4) expérimenter des changements et mesurer leurs effets .

Pour réaliser cet objectif nous avons opté pour la réduction de la taille du problème. Une réduction qui ne nuirait pas à la qualité de la solution obtenue.

Cette simplification consiste à passer du problème "port d'Alger" au

problème "partie du port d'Alger".

Cette simplification est encouragée par:

-- Le temps consacré à l'étude:

Pour analyser les opérations dans tout le port et déterminer toutes les interdépendances qui peuvent exister entre les différentes sections et pour pouvoir à la fin tirer des conclusions il faut une période très longue (des années).

-- L'analogie : le port d'Alger est réparti en secteurs (7 secteurs) chacun de ces secteurs possède une certaine indépendance et il est géré d'une façon autonome .

Donc l'étude d'un secteur sera une représentation réduite de ce qui se passerait effectivement dans tous les secteurs qui manutentionnent de la marchandise diverse.

IV- CRITERES DE CHOIX DE LA ZONE ETUDIEE

a) C'est une zone indépendante et les interactions avec les autres zones sont rares;

b) C'est une zone dans laquelle on manutentionne de la marchandise diverse:

Les responsables de la CNAN nous ont orientés vers la zone où on manutentionne de la marchandise diverse car c'est elle qui pose le plus de problèmes et que leur flotte est constituée en grande partie par des navires pour marchandises diverses.

c) C'est une zone recommandée par les responsables de l'EPAL car une certaine organisation de travail y règne (leurs statistiques mieux tenues que celles des autres secteurs).

V- DESCRIPTION DE LA ZONE ETUDIEE :

La zone étudiée est le quai 22 composée de quatre postes : 22/1, 22/2, 22/3 et 22/4.

Ces quatre postes d'accostage sont tous spécialisés dans la

manutention des marchandises diverses.

1- MANUTENTION DES MARCHANDISES :

Les marchandises y sont déchargées aussi bien par la grue de quai (la seule en état de fonctionnement) et/ou par les grues mobiles avec des sangles* et/ou élingues* que par les moyens de bord des navires (treuils).

La manutention des marchandises déchargées est assurée par des chariots élévateurs sur l'aire de manoeuvre sauf les produits directement chargés sur camions .

Le travail de manutention est souvent arrêté par manque de camions, saturation des aires d'entreposage ou pannes matériels et le trafic particulièrement engorgé sur les postes. Cet engorgement provoque une baisse du rendement de la manutention .

Les principales marchandises manutentionnées sont les : fardeaux de fer, de bois, palettes, caisses, fûts et colis lourds.

2- CONDITIONS D'ENTREPOSAGE :

Les marchandises destinées au mode direct (sous-palan) sont directement déchargées sur des camions aménagés par les consignataires et acheminés en dehors du port.

Les marchandises destinées à l'entreposage seront stockées sur terre-plein près du poste alloué et empilées par type de marchandise, par lot, et par navire.

Les hangars de quai seront uniquement utilisés pour stocker des produits de valeur (risque de vol) et les produits périssables

(cause des intempéries).

Le tableau 2 donne les caractéristiques de chaque poste ainsi que les surfaces des magasins et terres pleins :

postes	longueur (m)	tirant d'eau (m)	surface magasin(m ²)	surface terre plein
22/1	137.5	9	4336	2106
22/2	137.5	8.5	2928	2310
22/3	137.5	8.5	2928	2310
22/4	137.5	8	4336	2040

Tab. 2

La figure 6 présente Les éléments du système de poste d'accostage de la zone choisie pour l'étude .

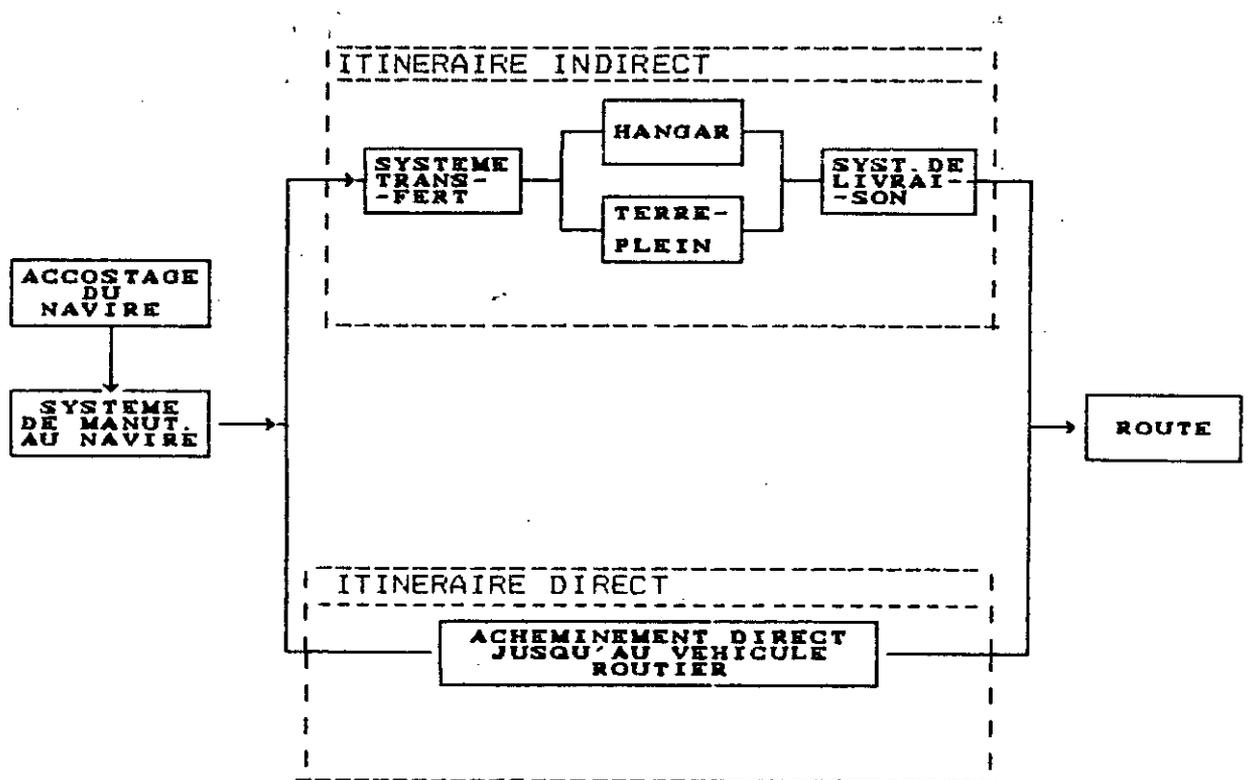


Fig. 6 ELEMENTS DU SYSTEME DE POSTE D'ACCOSTAGE DE LA ZONE A ETUDIER

Les marchandises manutentionnées prennent l'un des deux itinéraires :

Itinéraire direct (Sous-palan)

Itinéraire indirect (aires d'entreposage).

3- ORGANISATION DU TRAVAIL :

Les navires opèrent six jours par semaine ,à raison de deux vacations (shifts) par jour . La vacation du matin (shift matin) va de 7^h à 13^h, celle du soir va de 13^h à 19^h .

Chaque jour , le chef de môle établit un programme de travail pour les deux prochaines vacations . dans ce programme , il fixe le nombre d'équipes à mettre sur chaque navire ,ainsi que le type et le nombre de chaque moyen de manutention à utiliser .

L'effectif d'une équipe varie suivant le type de navire et le type de la marchandise à manutentionner.

Exemple :

CATEGORIE DE MARCHANDISES	COMPOSITION DE L'EQUIPE	
	HORD	TERRE
SACHERIE, CARTON	8	10
PALLETES ET GROS CAISSAGE	6	4
SOUS-PALAN	8	-
RO/RO	4 TRAVAIL- -LANT AVEC CLARCKE ↑ REMOQUES	-

L'opération de déchargement d'un navire transportant de la marchandise diverse destinée à être entreposée est détaillée par la figure 7.

Le nombre d'équipes travaillant en parallèle sur un même navire varie quant à lui, suivant l'urgence du bateau (le client peut demander à ce que le déchargement doit être accéléré pour libérer le navire le plutôt possible) et suivant les possibilités offertes par ce navire (nombre de cales,...).

A la demande du client (consignataire), le chef de môle engage des équipes pour opérer le navire au delà des heures de travail normal, en effectuant des heures supplémentaires (après 19^h ou pendant les jours fériers).

ARRIVEE NAVIRE ANNONCEE

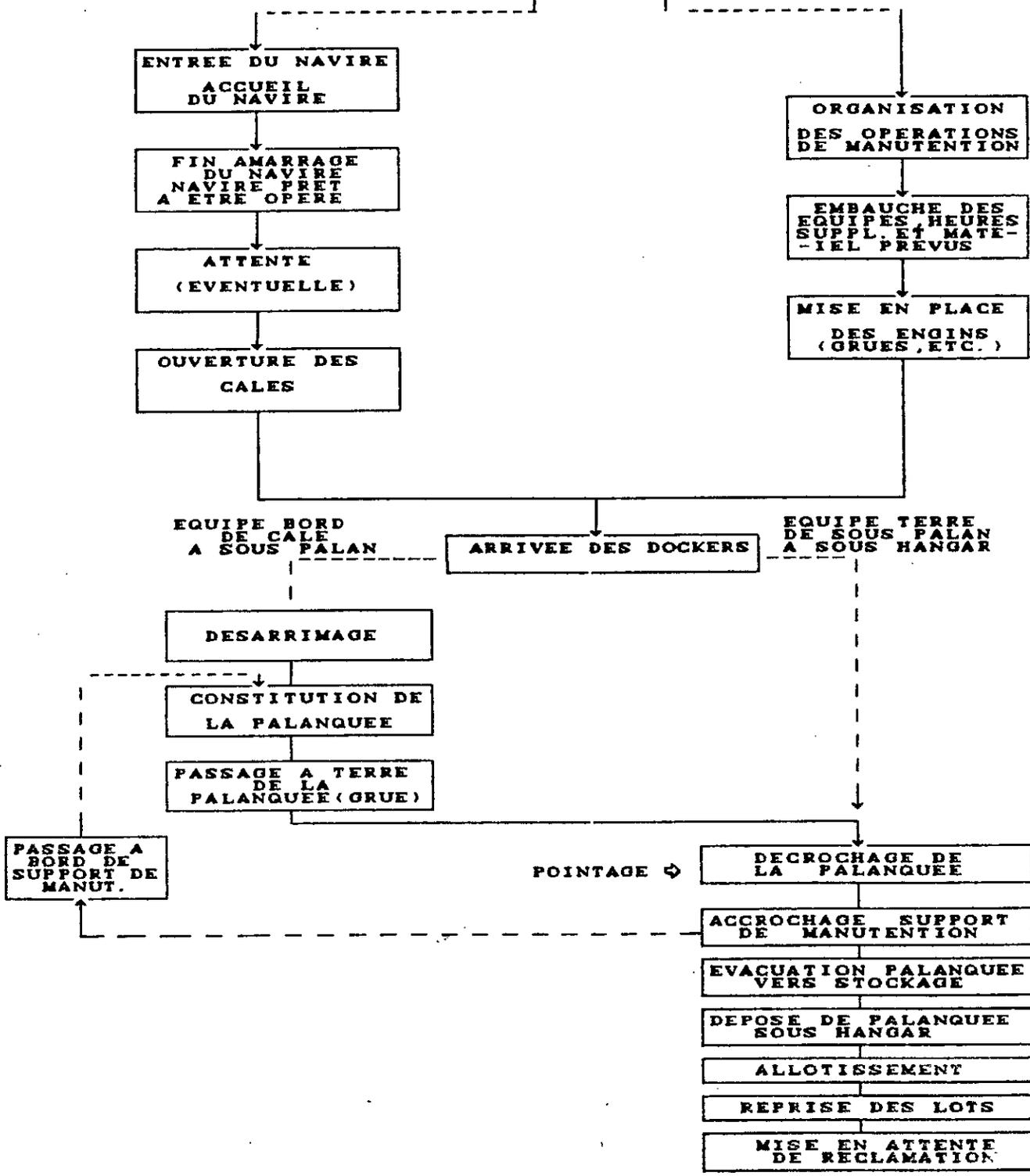


Fig. 7 DECHARGEMENT D'UN NAVIRE (MARCHANDISE DIVERSE)

CHAPITRE 2

CHAPITRE 2

APPROCHE DE RESOLUTION :

I-METHODES ANALYTIQUES ET RECOURS A LA SIMULATION :

1. METHODES ANALYTIQUES : [10]

La modélisation stochastique par réseau file d'attente se justifie par les systèmes ayant un fonctionnement stable. En effet ces modèles permettent de calculer des probabilités asymptotiques des états à partir desquelles on déduit des indices de performance moyennes valables sur une période de fonctionnement suffisamment longue. Ces modèles sont très robustes à la violation de l'hypothèse de loi exponentielle. Par contre, la capacité des files d'attentes étant infinie, le modèle n'est pas représentatif des phénomènes de blocage rencontrés dans un système.

L'intérêt des méthodes analytiques est qu'elles sont relativement simples; mais aussi cette simplicité leur donne leurs limites. Le fonctionnement d'un poste d'accostage est un processus complexe. C'est ainsi par exemple que la cadence de déchargement des navires n'est pas constante; elle varie selon la nature de la cargaison et la façon dont elle est arrimée, sans parler d'une multitude d'autres facteurs.

Les méthodes analytiques ne tiennent pas compte de ces sources de variation du rythme de manutention des marchandises que sont les fluctuations normales de cadence de travail et les modifications qu'on peut y apporter délibérément en fonction des conditions extérieures.

Notons aussi que ces méthodes ont l'avantage de fournir très rapidement des résultats car elles ne nécessitent pas le déroulement

de l'historique du système.

2-RECOURS A LA SIMULATION :[2]

Pour voir comment on peut améliorer actuellement l'efficience des postes d'accostage, ou pour discerner les problèmes qui pourraient se poser à l'avenir du fait de l'évolution du trafic, il n'est pas de meilleur moyen que de calculer l'effet de toute modification des conditions d'exploitation sur leur rendement. Mais c'est difficile par les méthodes simples, et ce pour plusieurs raisons :

a) Dans un port, les conditions changent continuellement, quelques unes lentement, d'autres rapidement, mais toutes se combinent de sorte que d'un jour à l'autre un navire donné transportant une cargaison donnée ne sera pas manutentionné tout à fait de la même façon;

b) Même si le trafic n'augmente pas ou n'est pas sujet à des fluctuations cycliques, les navires et les marchandises qui réclament les services du port ne sont jamais tout à fait les mêmes;

c) Il arrive souvent qu'un changement proposé doit être sanctionné par une décision et que l'on ne dispose d'aucune donnée exacte, même sur ses effets immédiats;

Exemple : L'application d'une nouvelle règle de priorité pour la mise à quai des navires.

C'est pourquoi, toute analyse du rendement des postes d'accostage fondée sur l'hypothèse que les configurations de comportement globales, exprimées en termes numériques, resteront inchangées et erronées.

Pour certaines applications, l'erreur n'est pas nécessairement importante et des conditions générales demeurent valables; mais pour d'autres, notamment pour toute appréciation précise, l'erreur est importante .

Pour évaluer les effets de changements apportés à un poste d'accostage, la méthode la plus sûre et la plus instructive serait d'expérimenter ces changements et d'en observer les effets.

Comme cela n'est généralement pas possible et exigerait certainement beaucoup de temps, il est préférable de construire un modèle de simulation où sont représentées toutes les caractéristiques importantes d'un poste d'accostage avec ce qui se passerait effectivement à ce poste, compte tenu des diverses cadences de travail et des divers trafics ainsi que des changements produits dans les configurations de comportement par des règles de décision différentes, on peut alors utiliser le modèle pour des expérimentations.

La simulation est fondée sur le principe que le rendement global d'un système est le résultat des modifications répétées qui sont apportées dans le système par un nombre limité d'activités indépendantes. Ces activités indépendantes prises séparément sont simples à décrire mais elles donnent naissance à des situations complexes du fait de la continuité, de la grande fréquence ou de la variabilité des interactions. En calculant les petites modifications apportées par chaque itération, on peut revoir l'évolution du système tout entier. [2]

Par exemple, la mise à quai et l'appareillage des navires sont des activités indépendantes, l'action de chaque navire étant fonction de la situation du navire et de celle du quai.

Mais dans un port utilisé à plein, la configuration des accostages est subordonnée à celle des appareillages parce que chaque navire qui arrive doit attendre qu'un autre s'en aille; pour déterminer combien de temps un navire doit attendre, il faut donc voir à quelle cadence ceux qui l'ont précédé quittent le port.

Les nombreux calculs répétitifs auxquels il faut procéder font de la simulation un processus très laborieux, qui pour être vraiment

rentable exige le plus souvent l'emploi d'un ordinateur.

Un modèle de simulation doit permettre en premier lieu de faire des mesures du rendement du port placé dans des conditions différentes; il sera ensuite facile de procéder à des expériences comme s'il s'agissait d'un port lui même pour étudier les incidences de différentes méthodes d'exploitation et de différents plans d'investissement.

On peut juger de l'efficacité du comportement du port sur n'importe quelle période de temps en examinant certaines mesures de rendement surveillées pendant la période considérée. En outre, quand on mesure le comportement du port, il est facile d'identifier les causes de tous les ralentissements ou pertes de rendement et de chiffrer leur importance relative.

II SIMULATION-LANGAGES DE SIMULATION:

1-LA SIMULATION :

1-1 DEFINITION :

"La simulation est l'utilisation d'un outil, généralement informatique, qui s'applique à un système donné.

Il permet d'évaluer les performances du système en terme de circulation du flux d'objets: historique de déplacement, évolution de l'état, taux d'engagement des ressources, longueur des files d'attente, ... Il utilise des techniques de modélisation qui permettent de décrire le fonctionnement du système avec le degré de détail nécessaire à la résolution du problème posé". [4]

1-1 ETAPES DE LA SIMULATION :

La simulation comporte trois étapes essentielles :

a) Analyse du problème ;

b) Construction de la simulation;

c) Exploitation de la simulation .

Chacune de ces trois étapes est répartie en plusieurs autres étapes (voir schéma ci-après).

a) Analyse du problème :

L'analyse de la situation peut révéler que la construction du modèle n'est pas la façon la plus efficace de traiter le problème posé. Il serait abérant de vouloir à tout prix réaliser un modèle, sans se soucier de son adéquation avec la réalité ou de sa rentabilité [9]. Une bonne analyse du problème évite la résolution d'un faux problème.

b) Construction de la simulation : elle comprend la modélisation du système étudié et l'identification des paramètres et enfin la programmation en utilisant le moyen informatique.

c) Exploitation de la simulation : C'est la phase lors de laquelle on tire des résultats permettant l'évaluation des performances du système étudié .

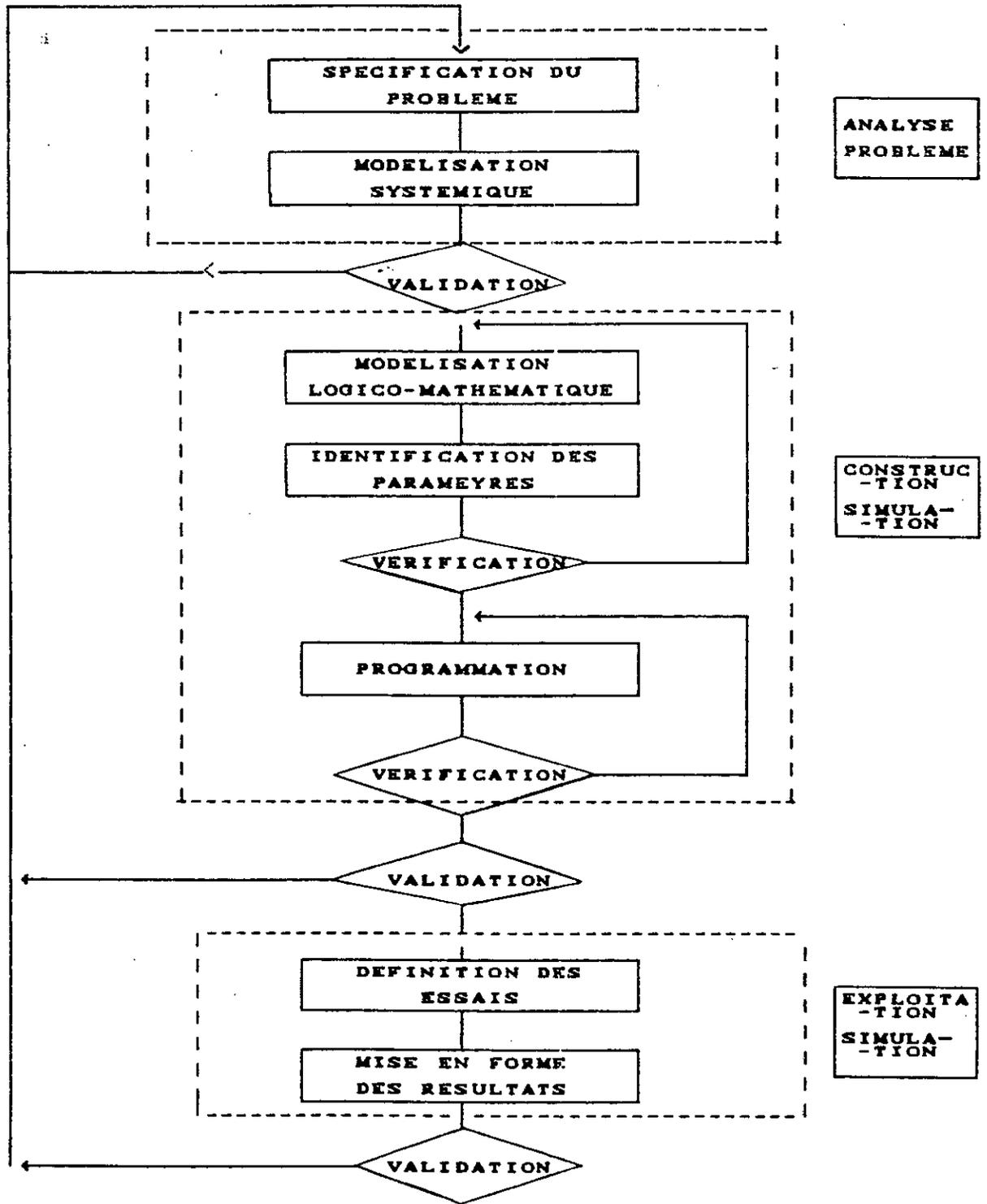


Fig. 17 ETAPES DE LA SIMULATION [4]

REMARQUE:

Une préoccupation doit être présente à chaque étape du processus de simulation et peut amener à tout instant à remonter aux étapes précédentes : C'est la validation .(Fig.18-a).

En effet avant d'exploiter le simulateur obtenu, il est important de se demander si le simulateur représente correctement la réalité qu'il est censé représenter.

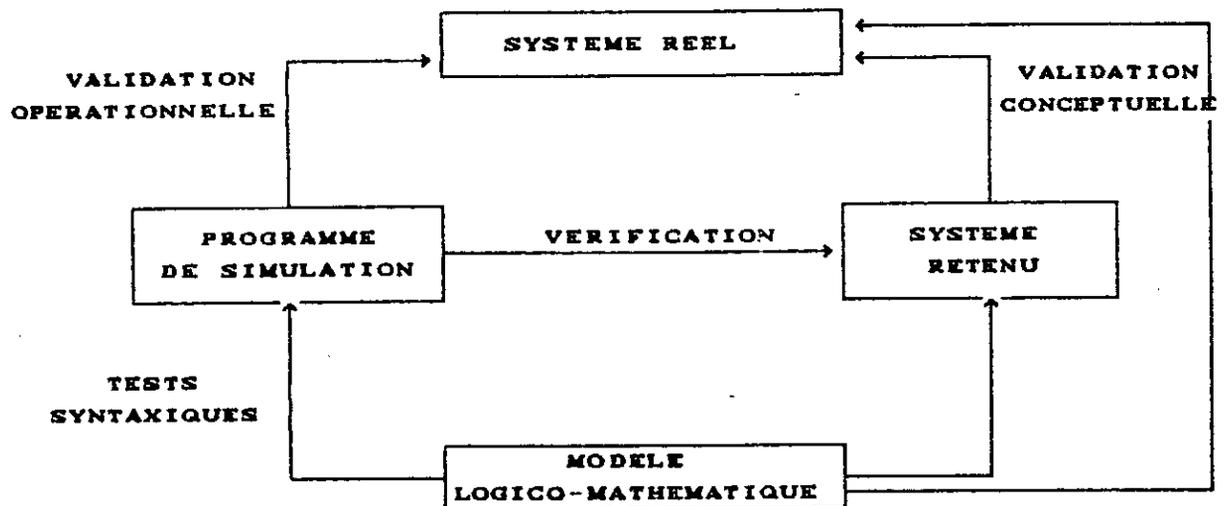


Fig. 18 -a PRICIPALES ETAPES DE LA VALIDATION [4]

1-2 COMPOSANTES DU MODELE :[5]

Selon la terminologie de la théorie des systèmes ,rappelons que le modèle d'un système est composé « d'objets » ou « entités »et de « relations » entre ces objets (possibilité pour un navire de passer à un poste ,...).

L'OBJET est caractérisé par un ou plusieurs « attributs » aux quels des valeurs peuvent être affectées. Ce sont ces attributs qui décriront les objets ; ils sont de deux types :

-ATTRIBUTS FIXES :qui définissent la nature de l'objet (type,...) et les caractéristiques de celui-ci (capacité,...).

-ATTRIBUTS VARIABLES :qui évoluent au cours du temps (état d'occupation d'un poste,...).On peut regrouper en classe les objets de même nature et préciser le nombre d'éléments de cette classe .

De la même façon les relations sont décrites à l'aide d'attributs fixes (dites relationnelles) qui précisent certaines caractéristiques de la relation (temps opératoire pour chaque navire dans chaque poste,...).Les relations n'ont que des attributs fixes si le système modélisé reste le même sur l'intervalle de temps considéré

1-3 MODELE A EVENEMENT DISCRET ET MODELE A EVENEMENT CONTINU :

Les concepts introduits ci-dessus ne permettent de décrire que l'ensemble des étapes possibles du système . Le modèle complet contient de plus les règles opératoires qui permettent au système d'évoluer d'état en état.

Si ces changements ont lieu de façon continue,on a un «modèle continu».

Si ces changements ne peuvent avoir lieu qu'à certains instants et de façon discontinue , on a « un modèle discret » .

C'est en particulier le cas des modèles dans lesquels on ne s'intéresse qu'aux dates de début et de fin d'un ensemble de tâches.

Dans les modèles continus,les attributs variables prennent leur valeurs sur une échelle continue ;alors que dans les modèles à événements discrets ces attributs variables prennent leur valeurs dans des ensembles dénombrables (généralement finis) . On notera que

ces deux types de modèles ne sont pas exclusifs .de plus un même système peut être modélisé avec des changements d'états continus ou des changements discrets suivant le but de modélisation .C'est le modèle et non le système qui est continu ou à événements discrets.

1-4 DIFFERENTES APPROCHES POUR LES MODELES DE SIMULATION :

a) EVENEMENT- ACTIVITE- PROCESSUS [6]:

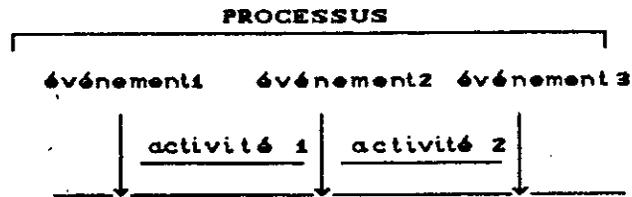
Pendant tout intervalle du temps où l'état d'un objet ne change pas, on dit que l'objet est engagé dans une certaine "activité" (qui peut être le repos ou l'attente !).

Dès que l'état d'un objet varie , on dit que l'on a affaire à un "événement". Un événement est donc un changement de l'état d'un objet qui initialise une activité qui n'était pas en cours auparavant .

Toute activité est limitée à son début et à sa fin par un événement, tout événement marque le début d'une activité (qui peut être de durée nulle).

Quand dans un modèle, on rencontre souvent des séquences d'événements ou d'activités similaires pour un type d'objet , on peut définir ce qu'on appelle un " processus " .Un processus est la succession d'un nombre fini d'états d'un objet ou , de façon équivalente , la succession d'une ou plusieurs activités qui concerne cet objet. Il permet de faciliter la description du système par des macro-représentations .

Schématiquement on a :



b) AVANCEMENT DU TEMPS :[4]

On distingue en général deux approches pour faire évoluer une simulation :

Par horloge : On choisit alors une unité de temps qui fait progresser l'horloge; à chaque incrémentation on cherche les événements qui peuvent se produire ou les activités qui peuvent démarrer et on les traite .

L'inconvénient de cette méthode est qu'elle risque de demander un nombre très important de tests (souvent négatifs) et donc correspondre à un temps de calcul très long.

Par contre, elle peut être intéressante pour des problèmes dans lesquels la durée des activités n'est pas définie à priori mais fonction de l'état du système .

Par événement (l'échancier) : Dans ce cas, seuls les instants d'occurrences d'événements sont accessibles et l'incrémentation du temps se fait d'une date à l'autre .

Les événements sont alors ordonnés dans un échancier mais cet ordre peut être remis en cause à chaque apparition et traitement d'un événement . La manipulation et l'entretien de l'échancier se font par un ensemble de programmes et de structures de données appelé noyau de synchronisation .

APPROOCHE RETENUE :

L'approche retenue est l'approche par processus car elle

permet de s'affranchir de la programmation d'événements non représentatifs du point de vue des processus représentés. Par exemple, quand on introduit une file d'attente dans le modèle, il suffit de la déclarer et de préciser ses propriétés (règle de gestion, capacité...); par contre, il n'est pas nécessaire de se préoccuper des événements élémentaires du "processus file d'attente" (entrées et sorties des entités).

L'utilisation de cette approche nécessite la prise en compte de la synchronisation entre processus. Cette synchronisation est prise en compte par l'utilisation de règles de type "attendre jusqu'à un autre événement extérieur au processus". Chaque processus peut ainsi être interrompu, peut avoir des sous-processus qui lui obéissent, peut se mettre en attente et peut faire attendre d'autres processus jusqu'à ce que certaines conditions soient remplies [4].

La figure 18-b représente une description de deux processus "poste + rade" et "navire".

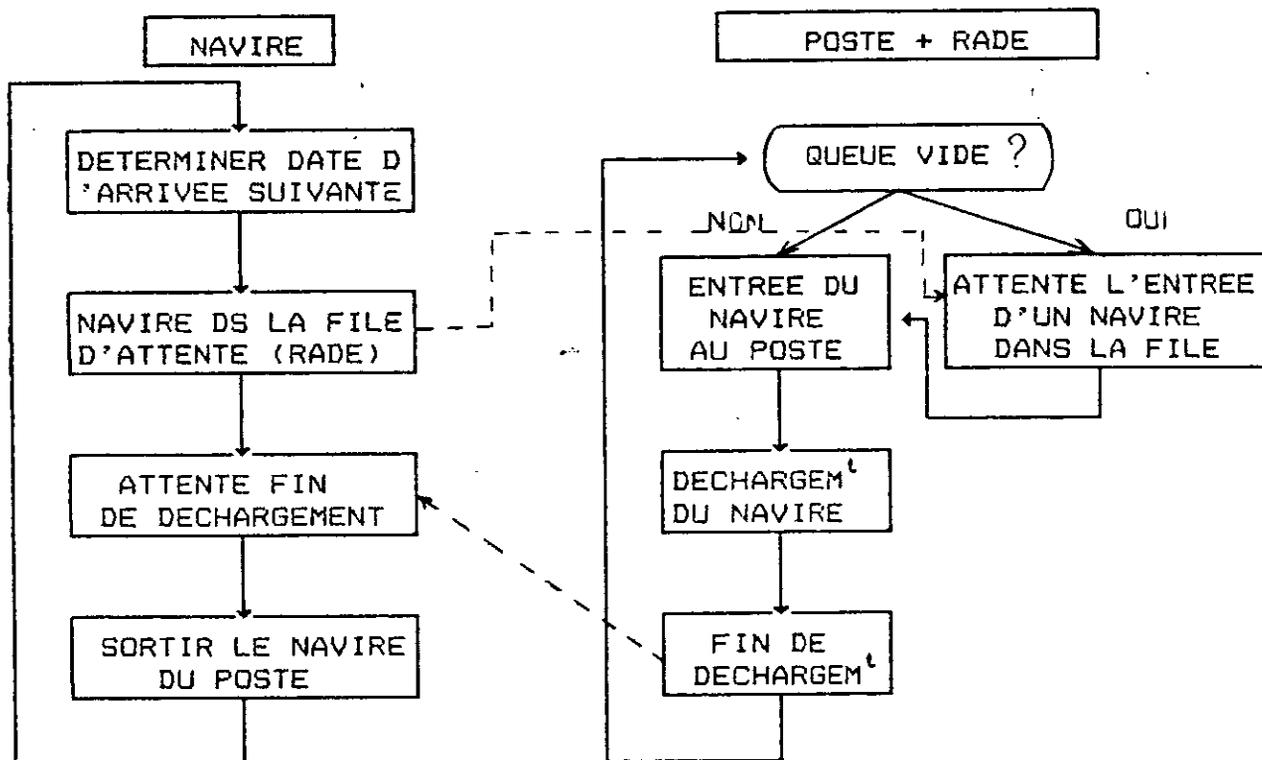
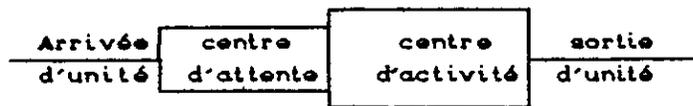


Fig. 18-b

1-5 SIMULATION A EVENEMENT DISCRET :[4]

chaque changement d'état ou "événement", se produit d'une manière discrète dans le temps, à des instants déterminés, appelés dates d'événement. L'ensemble s'appelle le calendrier des événements ou échancier. Celui-ci est ordonné par une relation d'ordre qui est l'occurrence chronologique des événements : La tête de liste est constituée par l'événement en cours de déroulement et la fin de liste par l'événement potentiel le plus éloigné dans le temps. L'évolution du système simulé se fait donc par incrémentation discrète du temps.



Un tel système, élément de base d'un réseau de service ou réseau de files d'attente peut être représenté par le schéma ci-dessus.

Le contexte et la problématique vont être précisés par :

1) Les données du problème concernant :

a) La durée de l'opération qui peut être constante, fonction de l'entité, obéissant à une loi aléatoire.

b) La capacité du centre d'attente (nombre de places limité ou non) et la discipline de son fonctionnement (par exemple FIFO, priorité, en fonction de l'entité).

c) L'arrivée des unités qui peut être à un intervalle de temps régulier ou bien à une loi aléatoire ou correspond à la sortie d'un système en amont.

2) L'objet de l'étude sera d'analyser le comportement dynamique du système durant un certain temps, c'est à dire de déterminer par exemple :

.Le nombre moyen ou maximum d'unités dans le centre d'activité et d'attente.

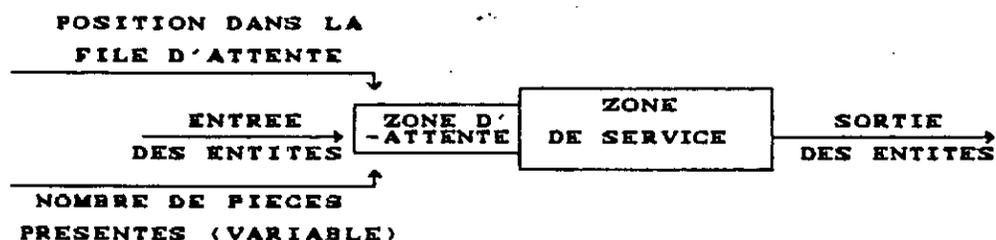
..Le temps moyen d'attente.

Cette analyse se fera dans un contexte donné et une étude paramétrique pourra permettre de choisir certaines données comme la capacité du stock ou les règles de priorité.

Un modèle tel que nous le considérons ici (modèle à événement

Un modèle tel que nous le considérons ici (modèle à événement discret) est composé d'OBJETS ou D'ENTITES avec les quels s'effectuent, dans le temps, des SERVICES qui peuvent être actifs (activités ou opérations) ou passif (attentes).

EXEMPLE:



2- LANGAGES DE SIMULATION :

2-1 LES PRINCIPAUX LANGAGES DE SIMULATION :[4]

Depuis le milieu des années 60, un certain nombre de langages adaptés spécialement aux simulations à événements discrets ont été développés. Ils ont été depuis améliorés, consolidés et étendus. Alors qu'au départ, ils étaient spécialement adaptés à un type d'approche, ils permettent maintenant d'envisager plusieurs approches avec le même langage. Les principaux de ces langages sont:

-- QNAP 2 (Queueing Network Analysis Package): conçu en 1978 par BULL et INRIA comme un outil logiciel de description et d'évaluation de performances pour les systèmes informatiques.

-- SLAM (Simulation Language for Alternative Modeling): diffusé par la société PRITSKER and Associates. (une description plus détaillée et donnée par la suite).

-- SIMAN (SIMulation LAnguage for modeling general systems): conçu en 1982 par la société Systems Modeling Corporation .

-- CAPS/ECSL c'est un ensemble de logiciels développés à partir de travaux universitaires (Université de BIRMINGHAM), et dont la forme initiale, CSL (Control and Simulation Language), date des années 60.

2-2 CHOIX DU LANGAGE :

Pour notre travail nous avons opté pour le langage **SLAM** pour les raisons suivantes :

-- Les possibilités qu'il offre (modélisation par processus, représentation graphique ,...).

-- Sa disponibilité à l'école .

-- La qualité de la documentation (Introduction to simulation and SLAM II).

2-2-1 PRESENTATION DU LANGAGE SLAM :

a) GENERALITES :

SLAM (Simulation Language for Alternative Modeling) est un logiciel de simulation développé initialement à l'université de PURDUE (U S A). C'est le premier logiciel de simulation diffusé par la société PRITSKER and Associates.

b) CARACTERISTIQUES :

Le SLAM est un langage de simulation orienté par processus c'est à dire que les primitives de modélisation (noeuds ou branches) permettent de s'affranchir de la programmation d'événements non significatifs du point de vue du processus représenté .

Le simulateur SLAM offre à l'utilisateur un langage graphique pour la représentation des processus dont on cherche à simuler le fonctionnement. Le modèle complet peut donc être représenté par un réseau SLAM .

L'intérêt de la représentation graphique est le support visuel qu'elle offre pour l'analyse et la validation des modèles. La majorité des systèmes peuvent être modélisés par réseau SLAM. Cependant, dans certains cas, l'explicitation graphique de certains processus conduit à une complication extrême du réseau qui perd beaucoup en lisibilité . Dans ce cas, la possibilité est laissée à l'utilisateur de créer des fonctions spécifiques qu'il programme lui même en fortran et qu'il peut intégrer dans le réseau .

Il faut également noter que le SLAM permet en plus de modéliser les systèmes continus ainsi que les systèmes combinant des changements d'état discret et continu.

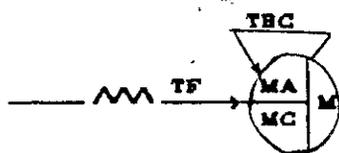
c) OUTILS DE MODELISATION PAR RESEAU SLAM : [1]

Un modèle SLAM est un réseau dans lequel circulent des entités. Les entités sont les objets qui vont être transformés au cours du fonctionnement.

Les noeuds sont des points de décision où est défini le routage des entités (accumulation, allocation des ressources, ...). Les branches définissent sur le réseau les chemins possibles pour les entités et permettent de fixer des temps de transit.

Pour définir un modèle, le logiciel met à la disposition de l'utilisateur quelques 25 primitives parmi lesquelles on va exposer celles utilisées dans l'élaboration de notre modèle.

1) NOEUD CREATE : permet la creation des entités



CREATE, TBC, TF, MA, MC, M;

TF : instant de création de la 1^{ère} entité

TBC : intervalle de temps séparant 2 entités consécutives.

MA : numéro de l'attribut contenant l'instant de création de chaque entité.

MC : nombre maximal d'entités à créer.

M : nombre de branchement émanant du noeud .

2) NOEUD GOON : spécifie le nombre de branchements que peut prendre une entité. Le branchement peut être probabiliste déterministe ou conditionnel.



GOON, M;

Si $M \geq 2$ et que le branchement est déterministe chaque entité qui passe à travers ce noeud sera multipliée en M autres entités identiques .

3) NOEUD QUEUE : c'est le lieu où les entités attendent le service.



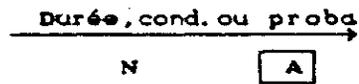
QUEUE (IFL), IQ, QC;

IQ : nombre d'entités initialement dans la queue .

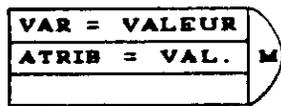
QC : capacité de la queue .

IFL : numéro de la queue .

4) BRANCHE ACTIVITE : elle permet le déplacement des entités d'un noeud origine de la branche au noeud extrémité de celle-ci.



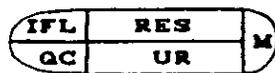
5) NOEUD ASSIGN : permet d'affecter des caractéristiques aux entités sous forme d'attributs et/ou de variables.



ASSIGN, Var = valeur, ATRIB = , ..., M;

M: nombre de branchements émanant du noeud.

6) NOEUD AWAIT : permet l'allocation de ressources aux entités qui le traversent et l'accumulation des entités attendant la ressource .



AWAIT(IFL/QC), RES/UR;

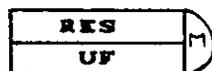
IFL : numéro de la queue associée au noeud AWAIT;

QC : capacité de la file;

RES : label de la ressource;

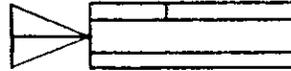
UR : capacité de la ressource.

7) NOEUD FREE : permet de libérer la ressource qui vient d'être utilisée. Chaque entité libère autant d'unités qu'elle avait immobilisées.



FREE, RES/UF, M;

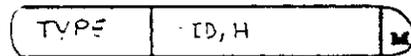
8) NOEUD BATCH : permet de fusionner plusieurs entités pour n'en donner qu'une seule .



9) NOEUD UNBATCH : permet l'éclatement de l'entité en un nombre spécifié d'autres entités identiques .



10) NOEUD COLCT : permet la collect des statistiques.



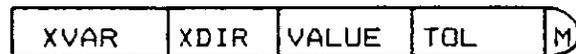
11) NOEUD TERMINATE : élimine l'entité du système .



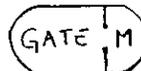
12) BLOCK RESSOURCES : caractérise les ressources utilisées .



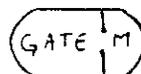
13) NOEUD DETECT : permet de détecter la réalisation d'un événement particulier.



14) OPEN GATE : permet d'ouvrir la porte aux entités qui attendent devant celle-ci.



15) CLOSE GATE : permet de fermer la porte aux entités.



CHAPITRE 3

CHAPITRE 3

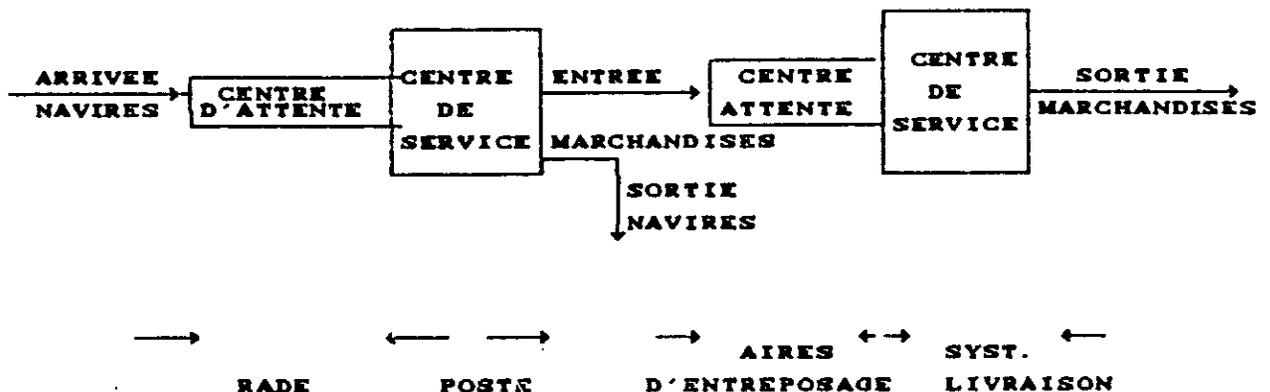
PROCESSUS DE MODELISATION

I-MODELISATION SYSTEMIQUE :

Cette première modélisation a pour but de :

- Préciser les frontières et fixer le contexte dans lequel on va opérer .
- Spécifier les données dont on aura besoin .

Le système se présente de la manière suivante :



Le système est alors composé de deux sous-systèmes à réseau file d'attente dont l'output du premier représente l'input du second.

II-COLLECTE ET PREPARATION DES DONNEES :

Le générateur de trafic qu'on désire construire doit pouvoir superposer dans la configuration appropriée , un certain nombre d'éléments-flux de navires et de marchandises.

Les principales données rassemblées dans le cadre de ce mémoire concernent les caractéristiques générales des navires (type, longueur,...).et le mouvement des marchandises vacation par vacation selon le mode d'acheminement et qui concernaient la période du premier semestre 1991.

II-1-CHOIX DES CATEGORIES DES NAVIRES :

Le générateur de trafic a pour rôle de produire des suites typiques de navires, chacun étant décrit par une masse de caractéristiques ou attributs ; les navires sont regroupés par catégorie afin que l'on puisse reproduire les corrélations appropriées entre leurs attributs .

Les navires qui constituent le trafic habituel du port et les marchandises qu'ils transportent peuvent être classés de bien des manières, cette classification dépend des objectifs de l'analyse.

Dans notre cas nous avons classé les navires selon le type , et nous avons ainsi dégagé deux types de navires qui fréquentent régulièrement les postes étudiés . Ces deux types sont :

-- GENERAL CARGO : qui sont des navires conventionnels possédant chacun un certain nombre de cales dans les quelles on transporte la marchandise , ces navires sont dotés de moyens de manutention à bord (Grues, treuils).

-- ROLL ON-ROLL OFF :(RO/RO) : C'est des navires garages spécialisés dans le transport du roulant (véhicules, remorques,...).

II-2- ECHANTILLONNAGE DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES NAVIRES ET DES MARCHANDISES :

Pour l'échantillonnage du tonnage manutentionné, cadence de manutention, inter-arrivées et enlèvement des marchandises nous avons utilisé le logiciel UNIFIT [description en annexe 4] qui permet d'ajuster une série d'observations à une loi de distribution.

II-2-1 RAPPEL :

a) L'AJUSTEMENT [13][11]

On considère une urne de boules, dans laquelle il y a des boules de r couleurs différentes.

On extrait au hasard un échantillon de taille n et on désigne par N_i le nombre de boules de couleur i . On a alors

$$\sum_{i=1}^r N_i = n$$

Soit P_i la proportion de boule de couleur i dans la population P . Alors le nombre théorique de boules de couleur i dans l'échantillon est np_i .

Considérons la variable aléatoire :

$$\sum_{i=1}^r \frac{(N_i - np_i)^2}{np_i} \rightsquigarrow \chi^2_\nu \quad \nu: \text{degré de liberté de la loi } \chi^2$$

REMARQUE: Loi applicable lorsque $np_i > 5; 8$.

• $\nu = r - 1$ si les fréquences théoriques peuvent être calculées sans estimation des paramètres de la population à l'aide des statistiques d'échantillonnage.

.. $\nu = r-1-m$ si les fréquences espérées ne peuvent être calculées qu'à l'aide de l'estimation par statistiques d'échantillonnage de m paramètres de la population. (pour la loi normale $m = 2$).

Le test d'ajustement permet de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse d'appartenance d'une distribution observée à une population suivant une loi particulière .

Si $\chi_{obs}^2 < \chi_{\alpha}^2$ l'hypothèse d'appartenance de la distribution observée à la distribution théorique fixée peut être retenue.

Si $\chi_{obs}^2 \geq \chi_{\alpha}^2$ l'hypothèse d'appartenance de la distribution observée à la distribution théorique doit être rejetée, sa réalisation étant trop improbable .

α : Risque d'erreur choisi.

REMARQUE:

En pratique, il est souhaitable pour conserver la validité du test de χ^2 d'avoir dans chaque classe $n_i > 5$.

b) REGRESSION [12]:

Pour l'échantillonnage des longueurs et tirant d'eau de chaque navire, Nous avons utilisé une regression simple pour reproduire les corrélations appropriées entre ses caractéristiques.

Le but de la regression est de trouver l'une des variables (variable dépendante ou expliquée) en fonction de l'autre (variable indépendante ou explicative).

Si Y peut être estimé en fonction de x par l'intermédiaire d'une équation quelconque, cette équation est dite de Y en x , et la courbe correspondante, la courbe de regression de Y en x .

L'équation de la regression simple est :

$$Y = \alpha + \beta x + \epsilon$$

L'hypothèse sur ϵ qui nous intéresse ici est l'hypothèse selon la quelle:

ϵ  NID $(0, \sigma^2)$ (théorème centrale limite)

où NID signifie : «lois normales indépendantes ». ϵ mesure la différence entre les valeurs réellement observées de Y et les valeurs qui auraient dûes être observées si la relation fonctionnelle avait été rigoureusement exacte.[12]

ϵ est appelé élément de perturbation ou erreur de l'équation .

II-2-2 ECHANTILLONNAGE DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES NAVIRES :

1) Intervalles entre arrivées :

Plusieurs analyses ont montré que dans bien des ports , la configuration globale des arrivées de navires est purement aléatoire (distribution de poisson).[3]

Ceci a été vérifié pour le port d'Alger pour le type de trafic considéré et le résultat était satisfaisant .Les intervalles entre arrivées suivaient une loi exponentielle de moyenne 325 mn = 5.4^h ce qui est équivalent à dire que les arrivés suivent la loi de poisson avec le même paramètre .

Les données ayant permis d'établir cette distribution sont réparties en classes et présentées dans le tableau (3).

La courbe cumulative de comparaison avec la distribution théorique est donnée par la figure 8.

Tab. 3

CLASSES	n_i	np_i
0 - 266	480	470
266 - 532	213	206
532 - 798	64	91
798 - 1064	41	40
1064 - 1330	19	17
1330 - 1596	11	8
1596 - 2850	10	6

RESULTATS DU TEST :

TAILLE ECHANTILLON	NOMBRE DE DEGRE DE LIBERTE	VALEUR χ^2 THEORIQUE	VALEUR χ^2 OBSERVEE	α
838	6	12.6	12.51	0.05

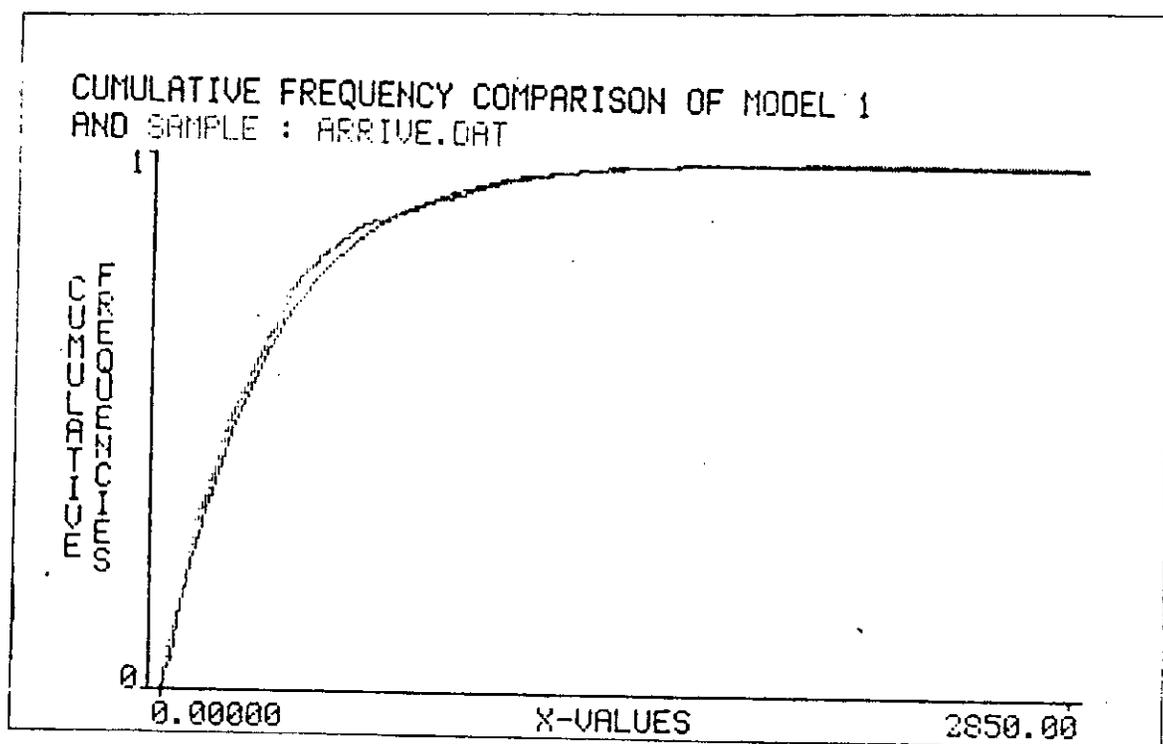


fig.8 inter-arrivées

2) Tonnage manutentionné

Le tonnage transporté par les navires de chaque catégorie est lui aussi aléatoire, nous avons utilisé pour l'échantillonnage les distributions de tonnage observées par navire dans chaque catégorie et le résultat était que le tonnage transporté par chacune des deux catégories de navires considérées suivait la loi normale avec des paramètres différents (tableau 4).

Les tableaux 5 et 6 donnent la répartition en classes des données observées pour chaque type de navire et les figures 9a et 9b leurs courbes cumulatives de comparaisons avec celle de la distribution théorique.

Tableau (4)

TYPE DE NAVIRE	μ	σ
CARGO	1810	1134
RO/RO	1365	707

REMARQUE: L'unité utilisée est la tonne.

Tableau (5)

GENERAL CARGO		
CLASSES	n_i	np_i
0 - 892.66	15	10
892.66 - 1685.32	10	8
1685.32 - 2477.98	3	9
2477.98 - 3270.60	7	7
3270.60 - 5154.00	6	6

n_i effectif observé

np_i effectif théorique

Tab. 6

RO/RO			n_i	np_i
CLASSES				
0	-	498	14	14
498	-	860	22	16
860	-	1222	28	24
1222	-	1584	19	26
1584	-	1946	13	22
1946	-	2308	19	15
2308	-	2670	8	8
2670	-	3049	6	6

RESULTATS DU TEST :

TYPE DE NAVIRE	TAILLE ECHANT.	D. D. L	χ^2_{the}	χ^2_{obs}	α
CARGO	41	2	5.99	5.85	0.05
RO/RO	129	6	11.75	11.60	0.05

Pour ne pas avoir des valeurs abérantes tel qu'un navire transportant une quantité négative de marchandise ou qu'un navire ne transportant pas de marchandise entre au poste , nous avons décidé de tronquer les lois normales du coté gauche par les valeurs minimales observées pour les utiliser ensuite dans le modèle.

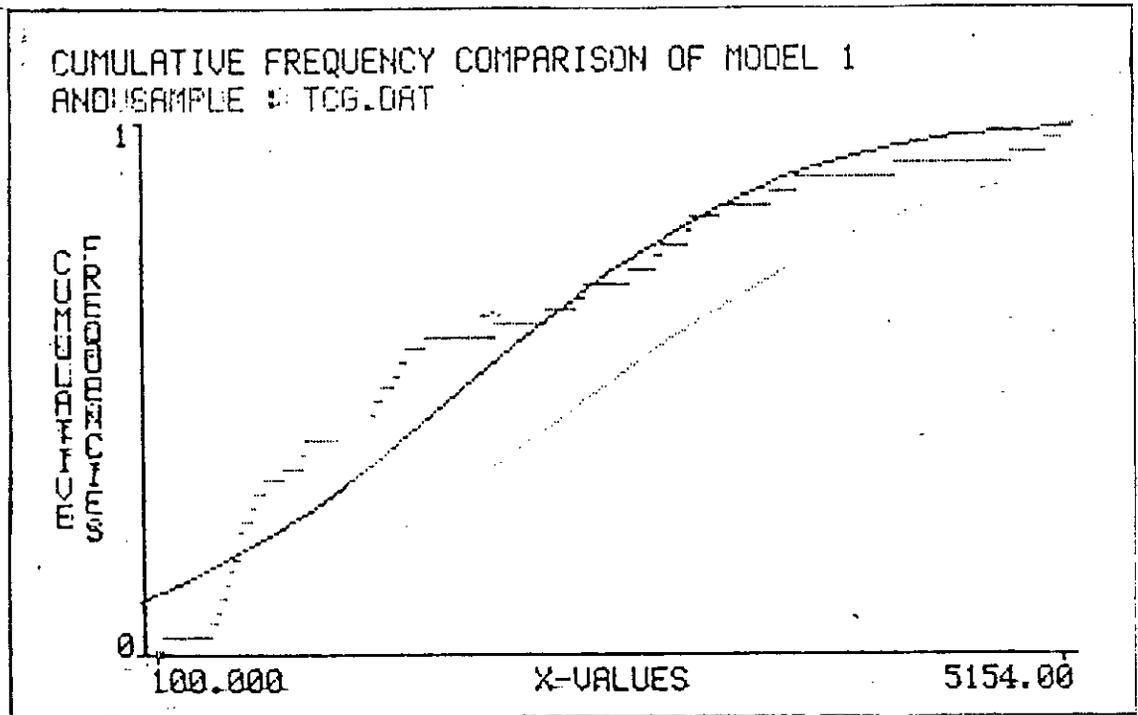


fig.9-a tonnage manutentionné U.C

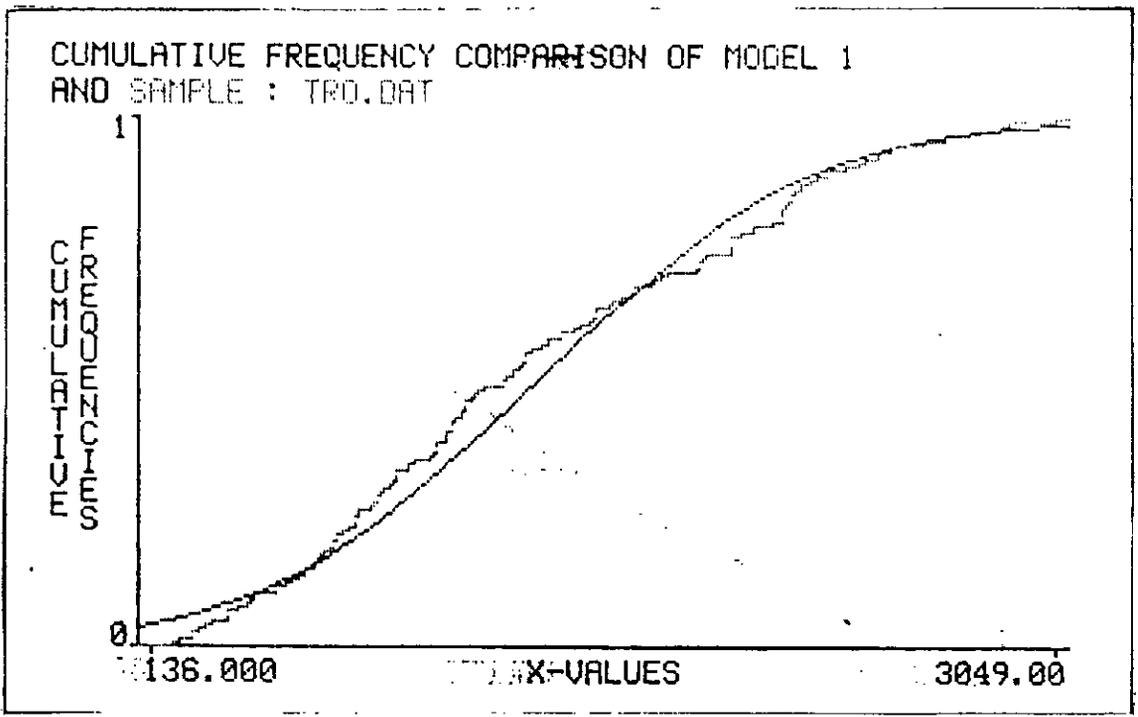


fig.9-b tonnage manutentionné RO/RO

3 Longueurs et tirants d'eau des navires :

La distribution des longueurs (tirant d'eau) est aussi aléatoire mais son caractère aléatoire n'est pas pur, car il existe une certaine corrélation ($r \approx 0.3$), même faible entre les différentes caractéristiques des navires .en effet s'il peut arriver qu'un grand navire transporte un petit tonnage , l'inverse n'est pas possible c'est à dire un petit navire ne peut transporter un grand tonnage .Pour éviter de tomber dans ces situations abérantes nous avons opté , pour l'échantillonnage des longueurs (tirant d'eau), pour construire une première droite de regression entre le tonnage manutentionné et la longueur et une autre entre le tonnage manutentionné et le tirant d'eau.

Les résultats pour les deux types de navires sont résumés dans le tableau (9)

$$\text{Longueur} = \alpha + \beta * \text{Tonnage} + \epsilon \quad \text{où } \epsilon \rightarrow \text{NID}(0, \sigma_\epsilon^2)$$

$$\text{Tirant d'eau} = \alpha_1 + \beta_1 * \text{Tonnage} + \epsilon_1 \quad \text{où } \epsilon_1 \rightarrow \text{NID}(0, \sigma_{\epsilon_1}^2)$$

Tableau (9)

TYPE DE NAVIRE	LONGUEUR			TIRANT D'EAU		
	α	β	σ_ϵ^2	α_1	β_1	$\sigma_{\epsilon_1}^2$
CARGO	82.5	1E-2	652.8	5.83	4E-4	2.40
RD RD	100.7	9.36E-3	363.8	5.09	5E-4	0.908

II-3 ECHANTILLONNAGE DES PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DES MARCHANDISES

1) Répartition des marchandises entre modes d'acheminement :

La marchandise d'importation peut être destinée au hangar, au terre plein ou au sous-palan comme elle peut être destinée à ces trois modes en même temps mais avec des pourcentages différents .

Dans le cas général , pour un certain tonnage nous avons :

100*P1 % dirigé vers le terre-plein

100*P2 % dirigé vers le hangar

100*P3 % déchargé sur camion (sous-palan)

P1, P2 et P3 , variant chacun entre [0;1] sous la condition :

$$P1+P2+P3 = 1$$

(1)

P1 est donnée par la loi normale de paramètres (μ, σ) présentés dans le tableau 7.

Tableau (7)

TYPE DE NAVIRE	μ	σ
cargo	.582	.344
RO RO	.67	.325

La répartition en classes des données observées est présentée dans les tableaux 8 et 9 et

Tab. (9)

CARGO		
CLASSES	n_i	np_i
0 - 0.171	5	3
0.171 - 0.342	3	4
0.342 - 0.513	3	5
0.513 - 0.684	5	5
0.684 - 1	12	11

Tab (10)

RO/RO		
CLASSES	n_i	np_i
0 - 0.3	4	3
0.3 - 0.6	4	7
0.6 - 0.9	10	9
0.9 - 1	7	6

RESULTATS DU TEST :

TYPE DE NAVIRE	TAILLE ECHANT.	D. D. L	χ_{the}^2	χ_{obs}^2	α
CARGO	28	2	5.97	2.89	0.05
P1					
RO/RO	25	1	3.84	1.98	0.05
P1					

les courbes cumulatives de comparaison avec la distribution théorique sont représentées par les figures 10.a et 10.b.

Les valeurs générées doivent être comprises entre 0 et 1. Pour réaliser cette condition les lois Normales sont tronquées (bornées par 0 et 1).

P2 est donnée par l'équation de regression :

$$P2 = \alpha + \beta P1 + \epsilon \quad \text{où} \quad \epsilon \rightarrow \text{NID}(0, \sigma_\epsilon)$$

TYPE DE NAVIRE	α	β	σ_μ
CARGO	0.256	-0.13	0.9
RO RO	0.30	-0.23	0.97

La valeur de P2 doit être comprise entre 0 et 1-P1.

P3 est déduit à partir de l'équation : $P3 = 1 - (P1 + P2)$.

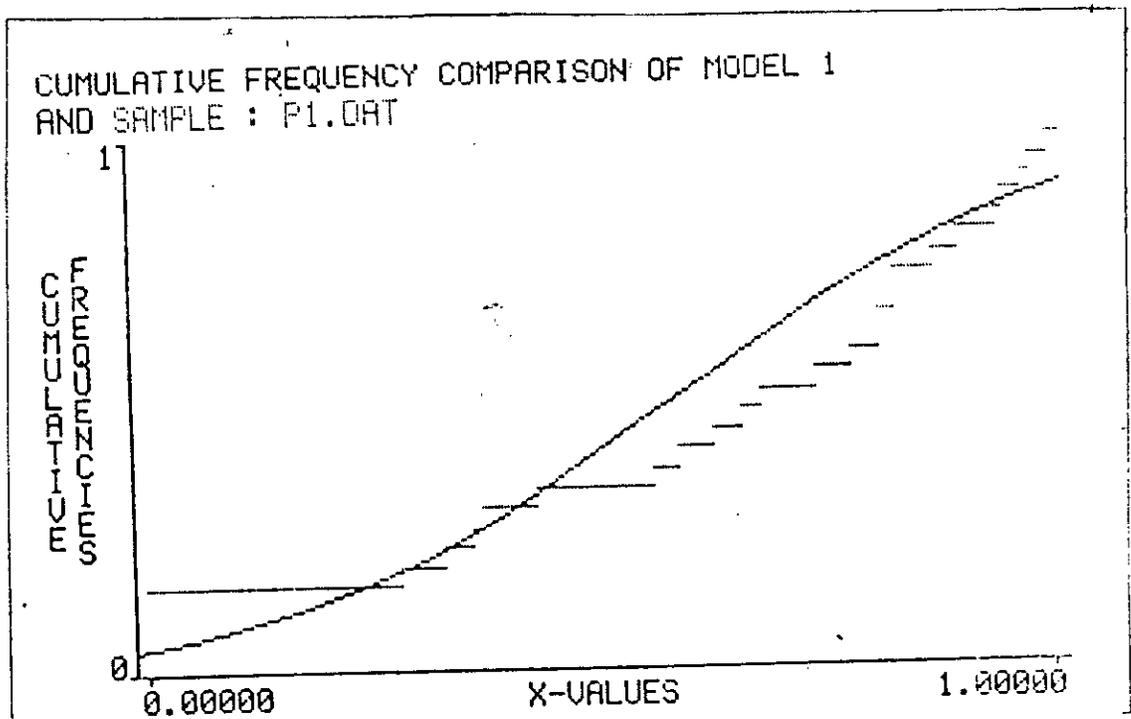


fig.I0-a PI pour G.C

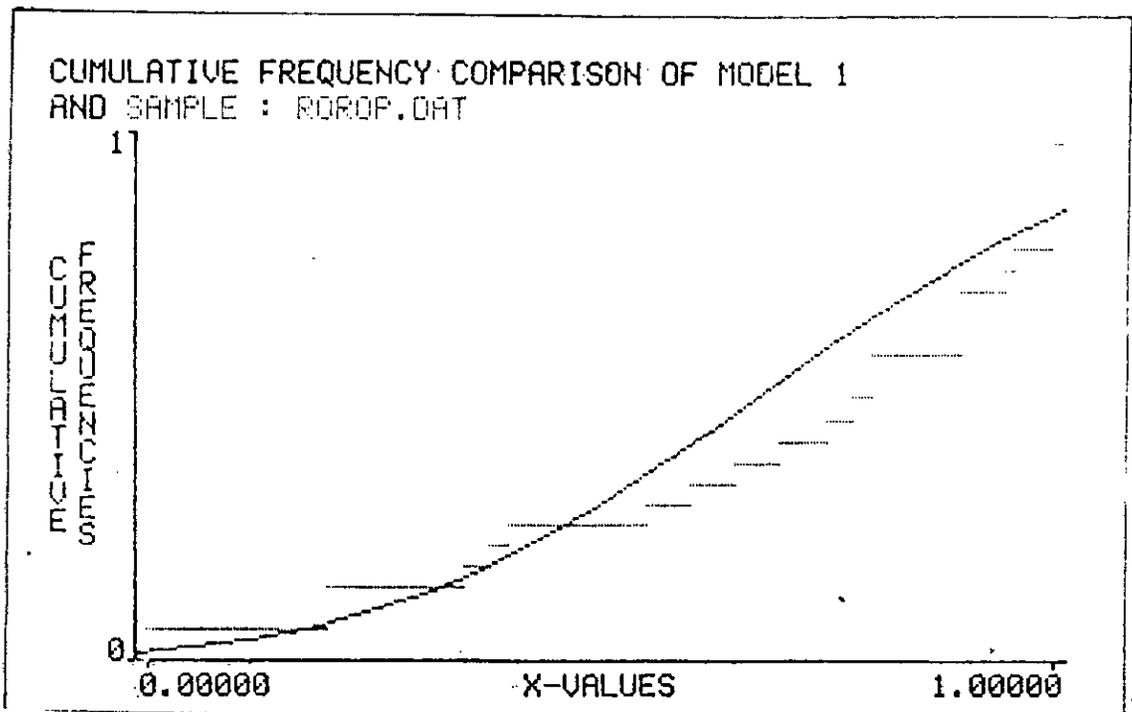


fig.I0-b PI pour RO/RO

2) Cadences des enlèvements :

Les données recueillies au port d'Alger concernant l'enlèvement des marchandises à partir des aires d'entreposage représentaient les cadences d'enlèvement par décade (dix jours), or dans le modèle qu'on a élaboré, la situation des aires d'entreposage est une variable importante car elle est souvent la source du prolongement des durées de séjours des navires dans le port. Ce qui nous intéresse c'est l'évolution de la situation des aires d'entreposage vacation par vacation.

Pour passer de la situation par décade à la situation par vacation on procède de la manière suivante :

- Générer la quantité Q à enlever de chaque aire d'entreposage chaque décade suivant les lois statistiques ajustées (lois normales) de paramètres indiqués dans le tableau 10 .
- Puis la quantité à enlever chaque vacation est obtenue à partir de l'équation suivante:

$$q_i = E \left[\left(Q - \sum_{j=0}^{i-1} q_j \right) / (21-i) \right] \quad \text{avec } q_0 = 0 \text{ et } i = 1, 20$$

Les données ayant permis d'établir ces distributions sont réparties en classes et présentées dans les tableaux (10,11) pour le poste 22/1, (12,13) pour les postes 22/2 et 22/3, (14,15) pour le poste 22/4. Leurs courbes cumulatives respectives sont représentées par les figures (11,12,13,14,15,16).

Tab. (10)

MAGASIN 22/1		
CLASSES	n_i	np_i
0 - 128	6	6
128 - 183	4	5
183 - 238	5	5
238 - 293	4	4
293 - 378.1	3	3

Tab. (11)

TERRE-PLEIN 22/1		
CLASSES	n_i	np_i
0 - 663.66	8	6
666.63 - 954.66	2	5
954.66 - 1245.66	5	5
1245.66 - 1536.66	5	4
1536.66 - 1966.1	2	2

RESULTATS DU TEST :

AIRES D'ENTREPOSAGE	TAILLE ECHANT- ILLON	D. D. L	χ^2 thé	χ^2 obs	α
MAGASIN 22/1	23	2	5.99	5.26	0.05
T.PLEIN 22/1	22	2	5.99	3.27	0.05

Tab. (12)

MAGASIN 22/3		
CLASSES	n_i	np_i
0 - 43.5	6	5
43.5 - 75.5	6	5
75.5 - 107.5	5	6
107.5 - 139.5	4	5
139.5 - 196.6	6	6

Tab. (13)

TERRE-PLEIN 22/3		
CLASSES	n_i	np_i
0 - 233	6	6
233 - 407	5	5
407 - 581	5	5
581 - 1022.3	4	4

RESULTATS DU TEST :

AIRES D'ENTREPOSAGE	TAILLE ECHANT	D. D. L	χ_{the}	χ_{obs}	α
MAGASIN 22/3	27	2	5.99	0.708	0.05
T-PLEIN 22/3	23	1	3.84	1.125	0.05

Tab. (14)

MAGASIN 22/4			
CLASSES	n_i	np_i	
0 - 131.63	5	5	
131.63 - 231.16	6	4	
231.16 , 320.69	3	5	
330.69 , 430.22	3	4	
430.22 , 577	5	4	

Tab (15)

TERRE-PLEIN 22/4			
CLASSES	n_i	np_i	
0 , 684.46	5	5	
684.46,1202.02	6	4	
1202.02,1719.58	3	5	
1719.58,2237.14	3	4	
2237.14,3000.40	5	4	

RESULTATS DU TEST :

AIRES D'ENTREPOSAGE	TAILLE ECHANT -YLLON	D. D. L	χ_{the}^2	χ_{obs}^2	α
MAGASIN 22/4	22	2	5.99	1.914	0.05
T-PLEIN 22/4	22	2	5.99	1.125	0.05

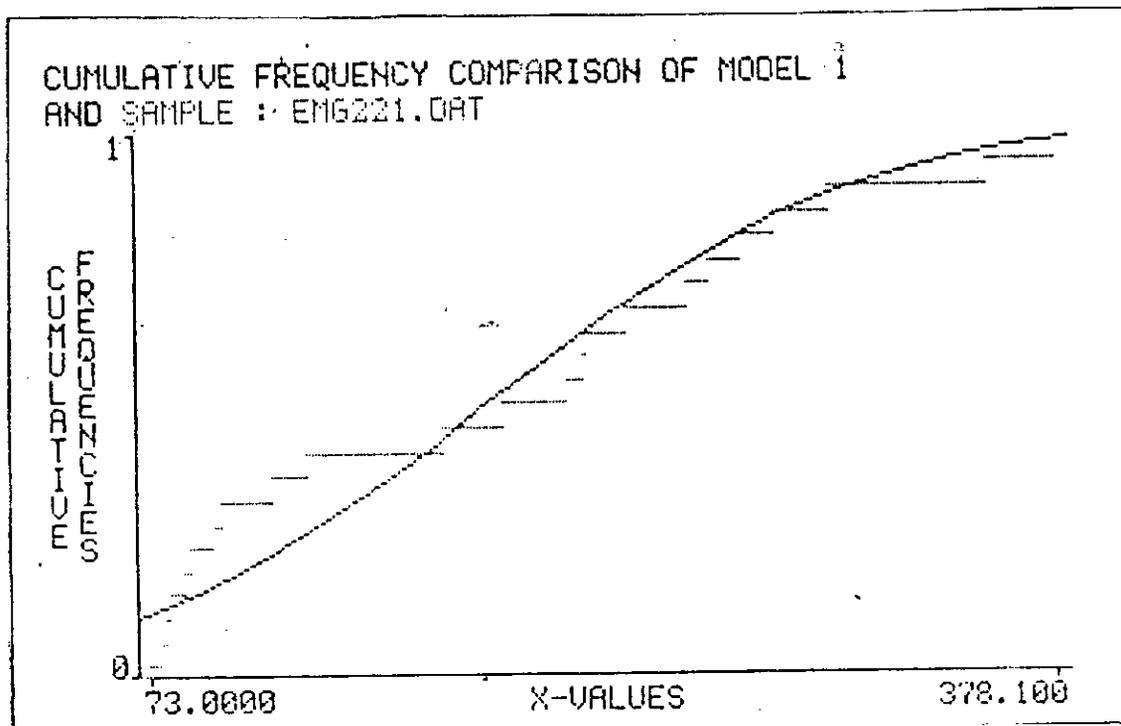


fig.II enlèvement MG 22/I

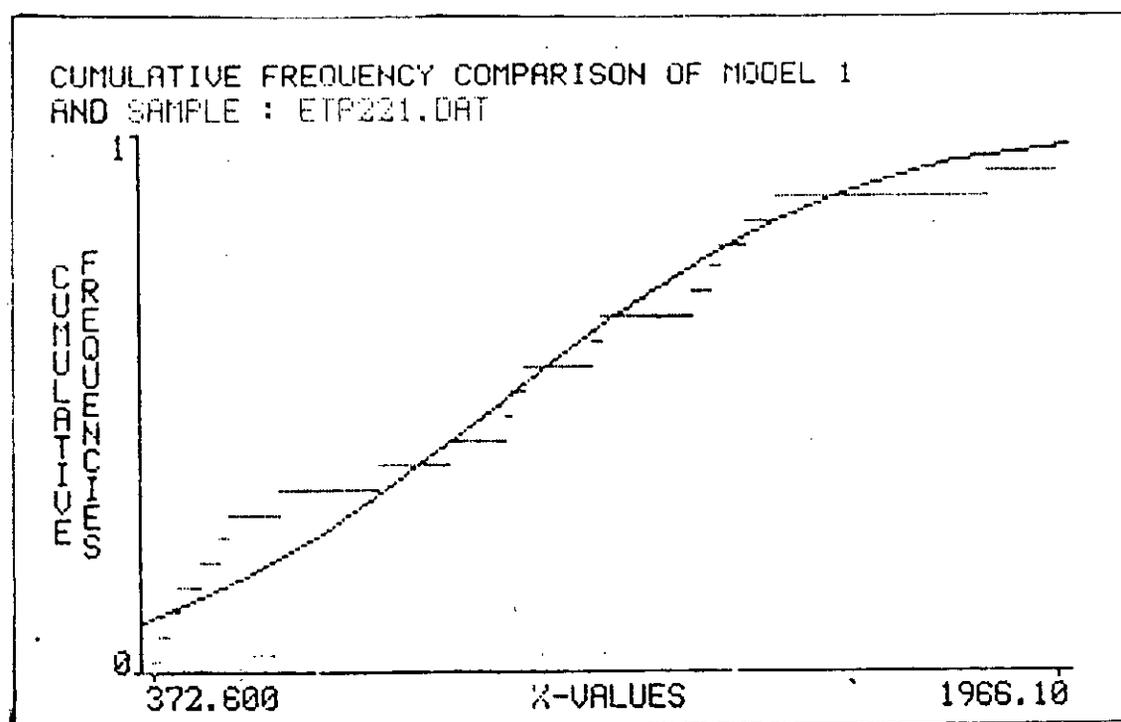


fig.I2 enlèvement tp 22/I

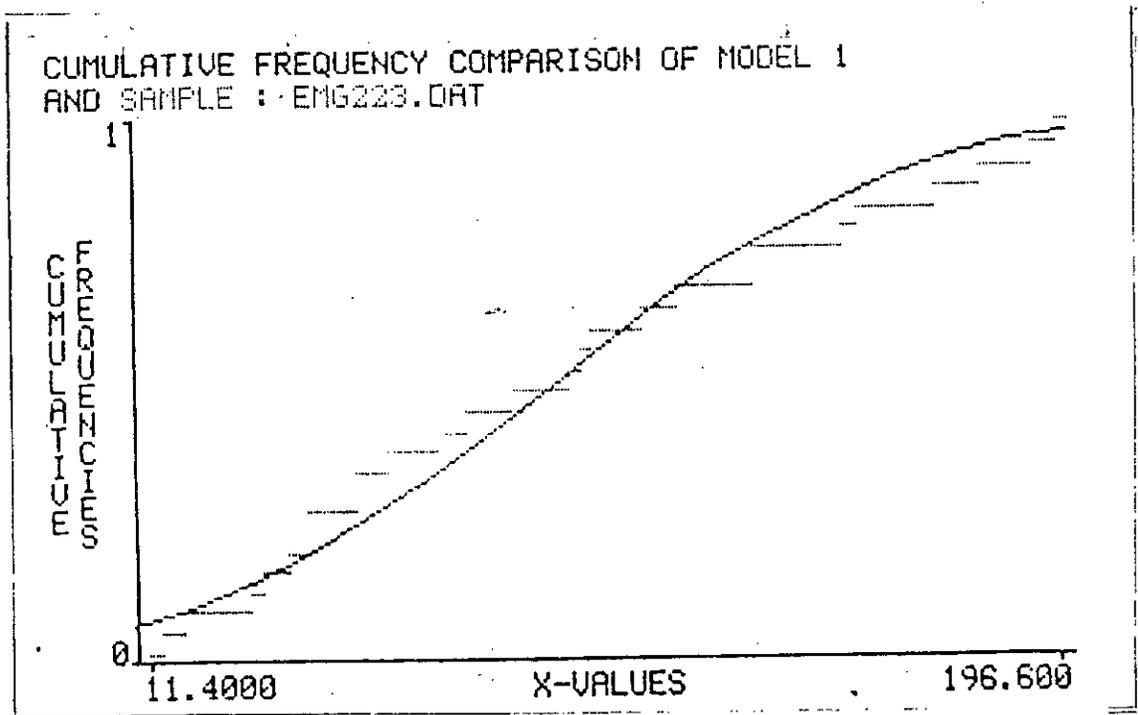


fig.I3 enlèvement MG 22/2,22/3

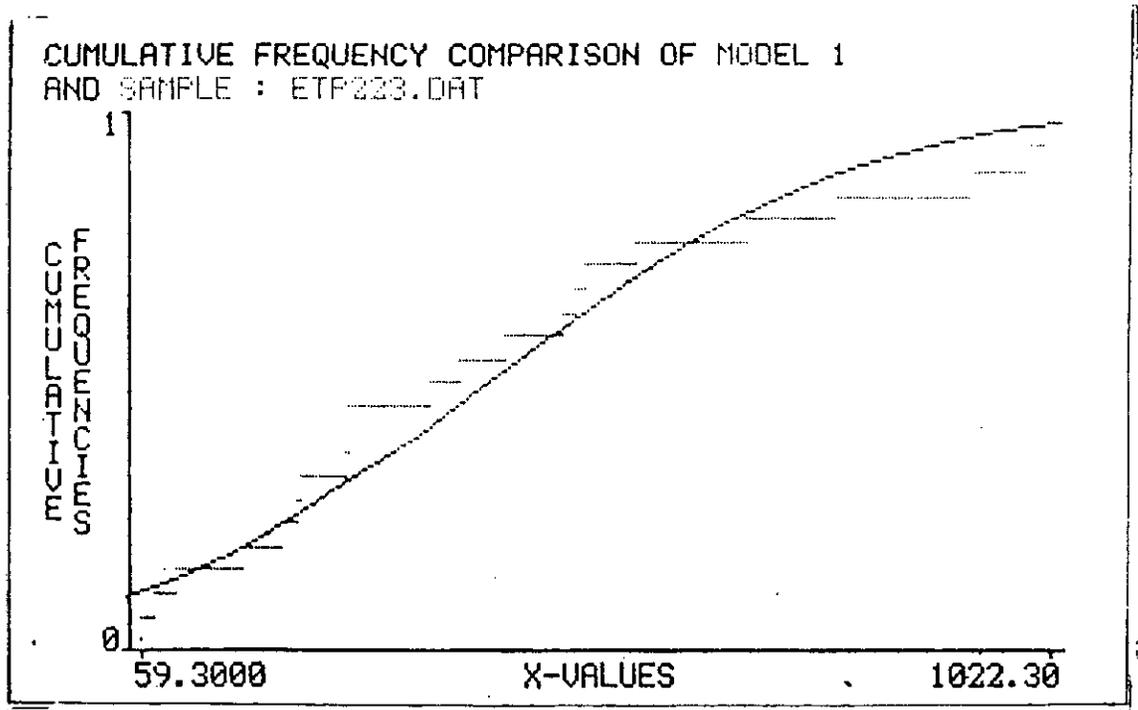


fig.I4 enlèvement tp 22/2,22/3

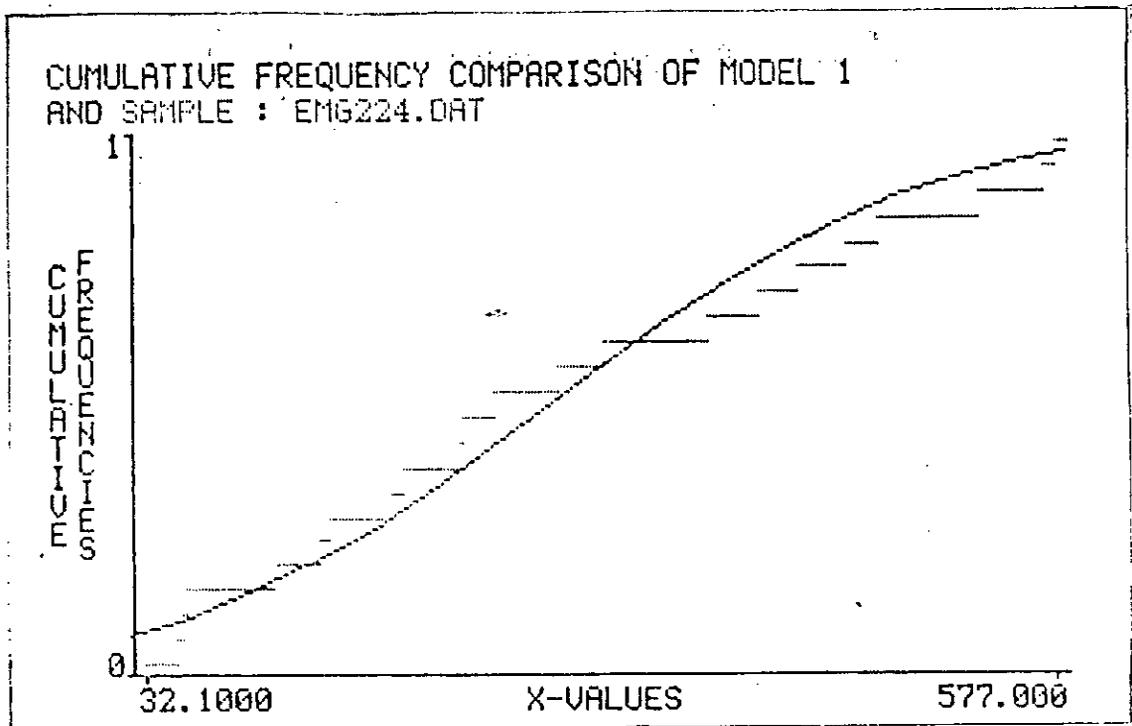


fig.I5 enlèvement NG 22/4

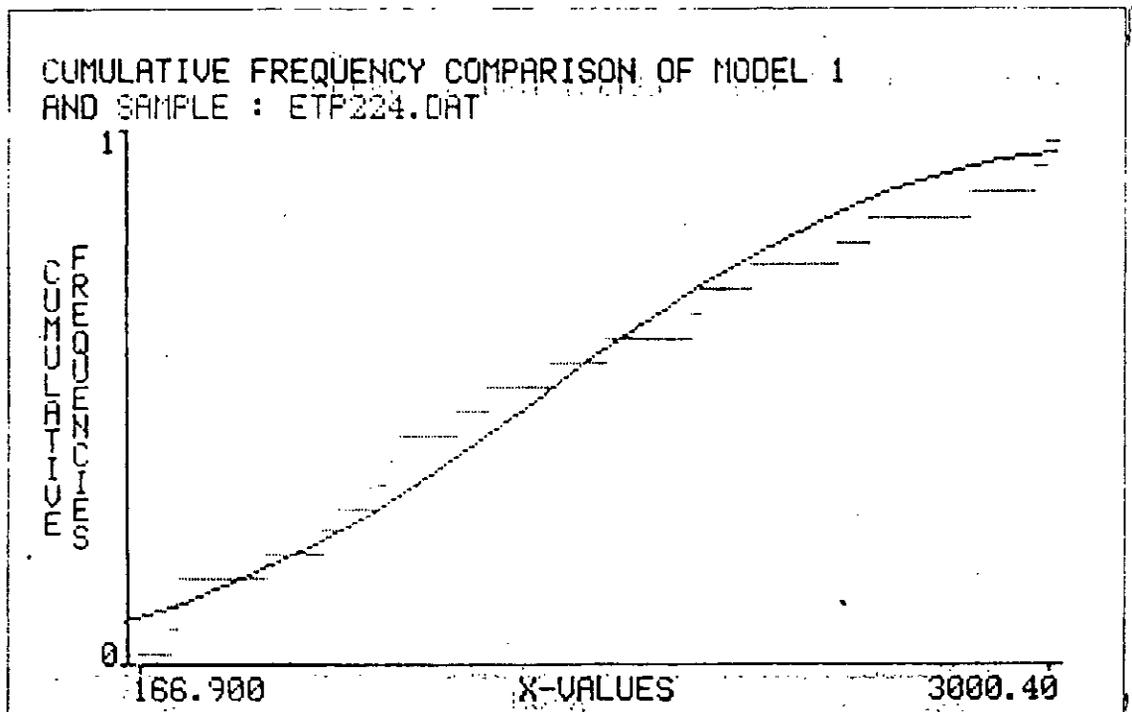


fig.I6 enlèvement tp 22/4

3) CAPACITE DES AIRES D'ENTREPOSAGE :

POSTE	MAGASIN	TERRE-PLEIN
22/1	4413 T	4106 T
22/2	1462 T	1171 T
22/3	1467 T	1171 T
22/4	2345 T	621 T

TAB 16 CAPACITE DES AIRES D'ENTREPOSAGE

REMARQUE: ces capacités ne nous ont pas été fournies par l'EPAL mais nous avons dû les estimer à partir des données disponibles. La méthode d'estimation est illustrée en [annexe 2].

4) Cadence de manutention :

C'est une variable aléatoire qui dépend de la nature de la marchandise et du mode d'acheminement suivi par celle ci .

Dans notre cas, nous n'avons pas considéré les différents types de marchandises (manque de données) mais nous avons confondu tous les modes d'acheminement car nous avons vu sur place que le mode d'acheminement n'avait pas d'influence sur la cadence de manutention: les hangars ainsi que les terres pleins sont très proches de la zone de travail et les camions viennent sur le quai pour charger la marchandise qui suit le mode direct. Donc l'impact du système transfert sur la cadence de manutention est négligeable.

La distribution des cadences observées suit une loi normale de paramètres indiqués dans le tableau (17). Ces cadences observées sont réparties en classes dans les tableaux (18) et (19).

Tab. (17)

TYPE DE NAVIRE	μ	σ
CARGO	117.54	62.76
RO RO	128.2	88.26

Tab. (18)

CARGO		
CLASSES	n_i	np_i
0 , 52	68	63
52 , 94	94	88
94 , 136	107	112
136 , 178	83	93
178 , 220	50	50
220 , 421	26	22

Tab. (19)

RO/RO		
CLASSES	n_i	np_i
0 , 60.37	20	15
60.37 , 109.74	17	13
109.74 , 159.11	9	15
159.11 , 208.48	10	12
208.48 , 257.85	5	8
257.85 , 362		

RESULTATS DU TEST :

TYPE DE NAVIRE	TAILLE ECHANT.	D. D. L	$\chi^2_{thé}$	χ^2_{obs}	α
CARGO	428	4	9.49	4.58	0.05
RO RO	68	3	7.81	7.28	0.05

Les courbes cumulatives de ces cadences sont représentées par les figures (17) et (18) .

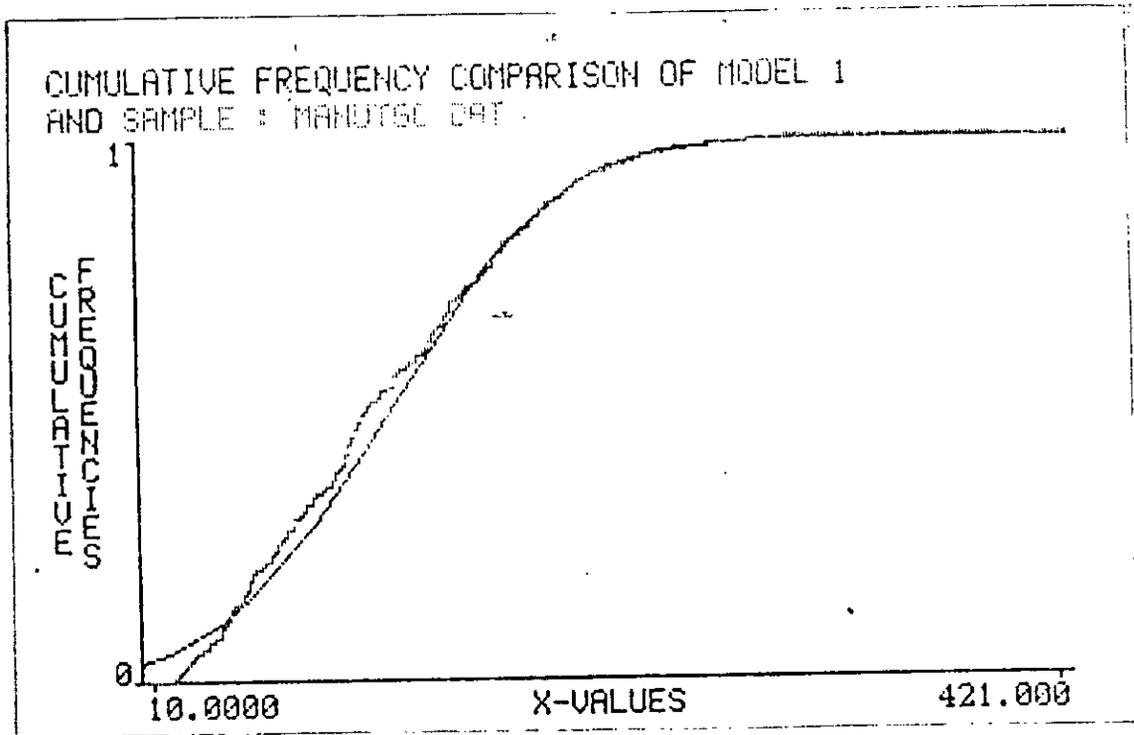


fig.I7 cadence de manutention CC

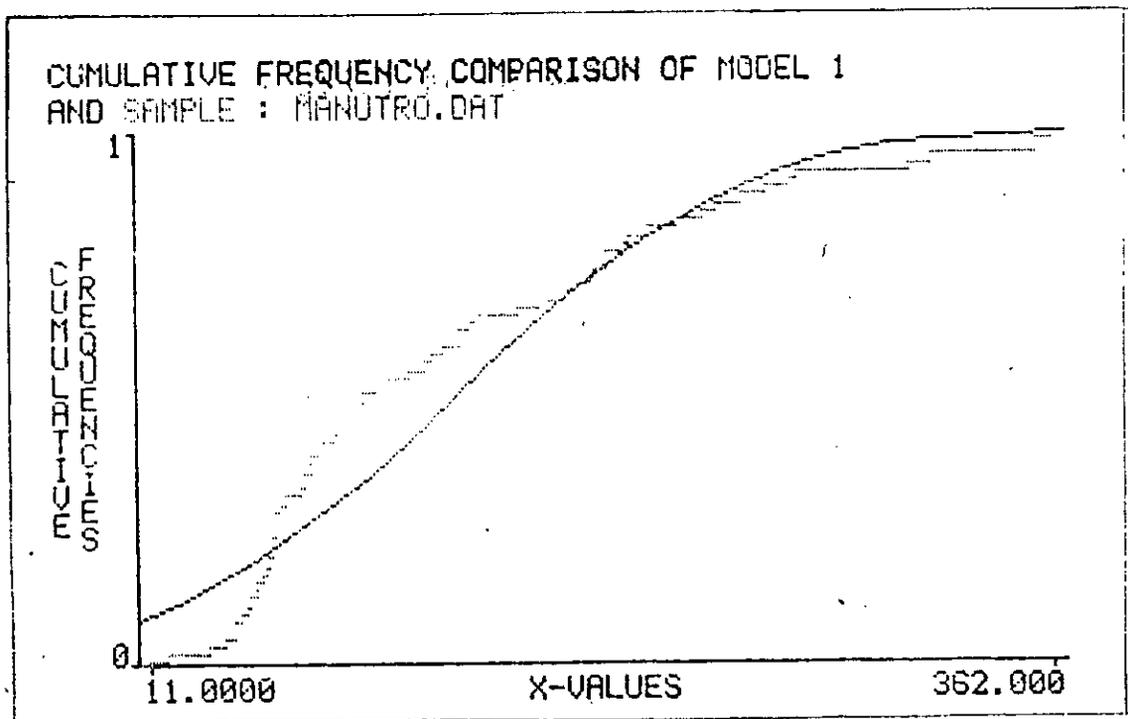


fig.I8 cadence de manutention RO/RO

III-CONSTRUCTION DE LA SIMULATION :

III-1 MODELISATION :

III-1-1 MODELE DE BASE :

a) DESCRIPTION :

C'est le modèle systémique réalisé dans le paragraphe I .Rappelons que:Le système est composé de deux sous-systèmes à réseau file d'attente dont l'output du premier représente l'input du second :

1^{er} SOUS SYSTEME :

-Composantes du modèle :

Les entités : sont les navires d'un même type.

L'activité :est la manutention au navire caractérisée par sa durée

2^{ème} SOUS SYSTEME :

-Composantes du modèle :

Les entités : sont les unités de marchandises

Activités : En amont de l'aire d'entreposage c'est le transfert et en aval de l'aire d'entreposage c'est la livraison .

b) FONCTIONNEMENT :

L'injection des entités (navires) dans le système se fait par le biais du noeud CREATE, le temps entre création suivant une loi exponentielle de paramètre $\mu = 5.4$.L'entité est ensuite acheminée vers le noeud ASSIGN dont le rôle est de permettre l'affectation d'attributs et/ou variables à l'entité qui y passe.Elle est ensuite dirigée vers le noeud AWAIT où elle attend le service:

Si le poste est occupé,l'entité attend dans la file qui est associée au noeud AWAIT;l'ordre dans la file est spécifié par la date d'entrée .

Quand le poste devient libre, le passage de l'entité en service se fait suivant la politique FIFO.

Si le poste est libre, l'entité passe directement en service.

Une fois l'entité (navire) est à quai, elle est routée vers le noeud UNBATCH dont le rôle est d'éclater l'entité en un nombre voulu d'entités ayant exactement les mêmes caractéristiques que l'entité mère (ce nombre représente le tonnage de la cargaison transportée). Ces entités sont routées le long d'une branche représentant l'activité de déchargement vers le noeud QUEUE représentant les aires d'entreposage. La QUEUE est suivie d'une activité de service représentant l'enlèvement de la marchandise des aires d'entreposage. Enfin l'entité rencontre le noeud TERMINATE dont le rôle est de l'éliminer du système .

III-1-2 MODELE INTERMEDIAIRE :

a) DESCRIPTION :

C'est une perfection du modèle de base. Le modèle considère:

- Un seul poste à quai
- Deux types de navires (CARGO et RO RO)
- Le tonnage transporté par chaque type de navire n'est plus déterministe, il est généré suivant une loi normale de paramètres fixés par l'utilisateur .
- La cadence de manutention au poste, la longueur et le tirant d'eau de chaque navire et la livraison à partir des aires d'entreposage sont aussi générés suivant des lois préétablies.

b) REMARQUE 1 :

L'introduction des données réelles (ajustées) dans le modèle a fait surgir un problème au quel on ne s'attendait pas: Le nombre d'entités dans le système était trop important et la version de SLAM II existante à l'école (version étudiant) ne pouvait le gérer du fait de sa capacité limitée.

Notre première tâche était de localiser la source du problème .
Ce dernier provient de la façon dont a été modélisée la génération
d'entités (tonnes de marchandises) dans l'entité navire.

Modélisation de la génération d'entités tonne de marchandise :

Avant que l'entité (navire) ne rentre au poste, elle passe à
travers un noeud GOON,2, dont le rôle est de la multiplier en deux
autres entités identiques ayant les mêmes caractéristiques que
l'entité mère qui est perdue après l'éclatement.

La première est acheminée par une branche vers le noeud "AWAIT(1) où
le navire attend le service (déchargement).

La seconde est dirigée vers la "QUEUE(2)".

Une fois le poste libre, les deux entités se déplacent simultanément:
Celle dans le "AWAIT node" entre dans une activité d'attente
REL(DST), durée de déchargement qui est inconnue, conditionnée par le
nombre d'entités présent dans la QUEUE(3).

L'entité présente dans la QUEUE(2) est acheminée vers le noeud
"UNBATCH" qui la multiplie en un nombre déterminé par la valeur
contenue dans l'attribut n°2 (tonnage transporté par le navire); les
entités émanant du UNBATCH node sont placées dans la queue n°3 dont
le nombre d'entités représente la charge du navire.

La queue n°3 est suivie d'un ensemble d'instructions permettant le
traitement des entités (tonnes) par le système de manutention et par
conséquent le déchargement du navire.

Une fois la queue n°3 vide (le navire est déchargé) l'entité navire
sort de l'activité d'attente, passe par les noeuds FREE, COLECT et
enfin le noeud TERMINATE où elle est éliminée.

c) REMARQUE 2 :

Le noeud FREE sert à libérer la ressource (poste).

Le noeud COLECT permet de collecter les statistiques concernant
la durée que passe un navire au poste et dans le système .

EXEMPLE:

Si un navire transportant une cargaison de 2000^T entre au poste alors l'entité navire se transforme une fois qu'elle rencontre le noeud UNBATCH en 2000 entités identiques. Le nombre d'entités dans le système est augmenté d'un seul coup par 2000-1 entités. Donc le problème peut résider dans le fait qu'un nombre important d'entités est injecté d'un seul coup dans le système.

SOLUTIONS PROPOSEES POUR LIMITER LE NOMBRE D'ENTITES :

1^{ère} Solution : C'est de procéder à la création progressive d'autres entités représentant le tonnage à bord du navire et les placer au fûr et à mesure dans une queue en attente du déchargement. Malheureusement, cette solution a été rejetée après déroulement du modèle. Le problème persiste!

Le problème peut provenir de la présence d'un nombre important d'entités à n'importe quel moment dans le système.

2^{ème} Solution : C'est d'unitariser le tonnage importé au lieu de dire qu'un navire transporte Q tonnes de marchandises on dira qu'il transporte K unités de marchandises.

EXEMPLE:

Un navire transportant 5000 tonnes ne transportera que 25 U.T si l'unité $K=200$ tonnes ($5000/200 = 25$) ce qui permet de réduire le nombre d'entités .

Cette procédure permet d'atténuer le problème !

C'est cette deuxième solution qui a été retenue, mais la résolution du problème de cette manière nous a posé un autre problème qui est moins grave . Le fait de diviser deux quantités ne donne pas nécessairement un nombre entier; or le simulateur gère des entités et non des portions d'entités; mais parfois cette fraction d'entités est très importante ($0.9 = 180^T$) et la négliger affectera

considérablement les résultats; nous avons alors, introduit une procédure d'approximation.

Si un navire transporte Q tonne de marchandises et que l'unité choisie est K , on écrit :

$$q = \frac{Q}{K} : \text{Le nombre d'unités}$$

$II = q$ où II : variable entière de SLAM II permettant de tronquer le nombre réel; elle agit de la même façon que $E [q]$.

On pose $P = \frac{Q}{K} - II$.

Si $P \geq 0.5$ on écrit $q = II+1$

Si $P < 0.5$ on écrit $q = II$

III-1-3 MODELE FINAL :

III-1-3-1 ETENDUE ET HYPOTHESES DU MODELE FINAL :

A) ETENDUE DU MODELE FINAL :

Ce modèle ne représente pas toutes les opérations qui se font dans le port. Il prend en compte tous les navires de commerce qui accostent aux postes pour marchandises diverses, mais les opérations à quai Il n'étudie que celles qui se font au quai 22 du port d'Alger.

Le modèle tient compte des :

- a) Différences entre catégories de navires sur le plan technique (General cargo et RO/RO).
- b) variations du tonnage transporté par chaque type de navire .
- c) Différents modes de transfert et d'entreposage des marchandises :
 - Enlèvement direct des importations par camions.
 - Entreposage sur terre plein.
 - Entreposage dans les magasins.
- d) Variation de la cadence de manutention d'une période à l'autre selon la nature de marchandises, disponibilité en matériel et pour des raisons indépendantes du système. En effet les cadences de manutention ajustées sont les cadences réellement observées donc elles contiennent implicitement tous ces phénomènes .
- e) Variation de la cadence d'enlèvement ou de livraison à partir des aires d'entreposage.

B) HYPOTHESES DU MODELE :

a) Le tonnage embarqué dans le port d'Alger ne représente pas plus de 5% du tonnage total manutentionné (embarqué+débarqué) ce qui nous a conduits à ne prendre en compte que l'opération de déchargement .

b) Nous avons supposé que les postes sont spécialisés dans la réception de tel ou tel type de navire. Mais ceci n'est pas parfaitement vrai, il peut arriver de voir un cargo occupant un poste RO/RO ou l'inverse, mais ces cas ne sont pas fréquents dans la zone étudiée, en effet, un RO/RO ne peut accoster à aucun des trois postes CARGO pour des raisons de faisabilité : la présence d'un RO/RO à l'un de ces postes implique la condamnation du quai entier ou d'une partie du fait que les RO/RO déchargent par derrière et non sur le coté (voir schéma du quai 22). [annexe 5]

Par contre, il arrive de voir mais rarement un CARGO dans la rampe RO/RO quand celle ci est libre et aucun navire RO/RO pouvant y accoster n'est en attente, car les navires RO/RO sont prioritaires dans leur rampe.

c) Nous avons supposé par souci de simplification de prendre les longueurs des postes comme étant fixes, or en réalité, quoi qu'en général il arrive, mais rarement, que le quai reçoit un navire très long qui occupera en plus de son poste une portion du poste voisin.

d) Nous avons supposé que les navires opèrent pendant tous les jours de la semaine.

III-1-3-2 FONCTIONNEMENT DU MODELE FINAL :

A) INJECTION DES NAVIRES DANS LE MODELE :

L'injection dans le modèle des entités correspondant aux navires se fait par l'intermédiaire du nœud CREATE. L'intervalle de temps séparant deux entités consécutives est distribué selon une loi exponentielle de moyenne 5.4 U.T.

L'instant de création de chaque entité est enregistré dans l'attribut n°4 que l'entité transporte avec elle.

L'identité du navire ainsi que le tonnage transporté sont précisés dans les noeuds d'affectation de labels (MR1,MR2).67%des entités vont traverser le noeud MR1 et correspondront à des navires de type CARGO ,33% traverseront le noeud MR2 et correspondront à des navires de type RO/RO.La répartition entre les deux types est définie par le paramètre de branchement probabiliste porté par les activités issues du noeud CREATE.

B) REPARTITION DES NAVIRES entrés navires entrant à la zone étudiée et navires ne rentrant pas :

Un navire entrant au port peut aller accoster à l'un quelconque des 21 postes CARGO s'il est de type CARGO et à l'un quelconque des 10 postes RO/RO s'il est de type RO/RO.Le libre choix entre les postes est un facteur important du fonctionnement du port et ne saurait être omis dans la simulation.

Toutefois,à maint égards les postes travaillent indépendamment les uns des autres;en particulier les postes étudiés sont administrés comme une seule unité indépendante et les interactions avec les autres postes sont rares.Pour limiter la taille du modèle de simulation sans omettre d'influences importantes,nous avons adopté un processus de modélisation à deux niveaux :

Nous avons modélisé tous les mouvements de navire,mais des activités à quai nous n'avons simulé que celles qui concernaient les postes du quai 22 .

Les navires accostant aux autres postes de marchandises générales sont simulés comme quittant le port après un certain temps,qui est calculé pour chacun d'après ses caractéristiques (type et tonnage) et d'après les cadences de travail simulées aux postes étudiés.Cette méthode ne diminue en rien l'exactitude de la simulation des postes étudiés et permet de tenir compte des autres postes .

Ceci est modélisé de la façon suivante :

L'entité sortant du noeud ASSIGN de label MR1 rencontre le noeud GOON,1 qui spécifie que l'entité doit prendre l'un seulement des itinéraires qui émanent. Chaque itinéraire constitue en fait un test sur le nombre d'entités présentes dans le système .Nous avons :
 $XX(19) = 1/3 * (NNQ(1) + NNQ(6) + NNQ(11))$

Si $XX(19) \cdot LE \cdot NNQ(21)$ l'entité GENERAL CARGO entre dans le système Sinon elle va dans la QUEUE 21 qui représente l'ensemble des postes CARGO non étudiés et qui est suivie d'une activité de durée $XX(5)/XX(7)$ où $XX(7)$: représente la cadence de manutention dans les postes étudiés et $XX(5)$: le tonnage transporté. Pour les entités sortant du noeud de label MR2 (entités RO/RO) le simulateur procède de la même manière .

Les entités sortant des QUEUES 21 et 22 sont détruites après l'activité (déchargement) par le noeud TERMINATE .

C) LE PASSAGE AUX POSTES :

Après que les entités subissent un test sur la longueur et le tirant d'eau, celles retenues sont orientées vers une procédure permettant la troncature de la loi normale générant le tonnage transporté .

Etant donné que les écarts-type des lois ajustées étaient trop importants, la génération peut nous donner des cas d'abération tel qu'un navire transportant un tonnage négatif ou nul, entre au poste .

En effet dans la réalité, de telles situations sont rares si ce n'est impossible. Nous avons opter pour le choix T_{min} et T_{max} égaux au tonnage observé réellement sur les données recueillies.

L'entité est en suite acheminée vers un noeud ASSIGN pour recevoir en ATRIB(2) le nombre d'unités de tonnage transporté. L'entité passe par un noeud GOON pour prendre l'une des branches conditionnées par

le nombre d'entités dans les files d'attente associées aux noeuds AWAIT, le passage de l'entité à travers un noeud GOON, la multiplie par 2 :

L'une se dirige vers le noeud AWAIT(1) et l'autre vers la QUEUE(2) s'il s'agit du poste n°1 (voir modèle intermédiaire).

D) ACTIVITES AUX POSTES : (exemple du poste 22/1)

a) NAVIRE :

L'entité navire attend dans la file 1 associée au noeud AWAIT(1) et sa jumelle dans la QUEUE(2) .

Une fois le poste libre, la première s'engage sans libérer le poste dans une activité d'attente de durée inconnue spécifiée par REL(DST), (DST:label du noeud DETECT).

En parallèle, l'entité jumelle est multipliée en un nombre d'entités spécifié dans l'ATTRIBUT n°2 et placée directement dans la QUEUE(3) qui représente la charge du navire; la diminution du nombre d'entités dans la QUEUE(3) (NNQ(3)) dénote le déchargement du navire séjournant au poste. Une fois $NNQ(3)=0$ l'entité navire sort de l'activité d'attente et libère le poste après son passage par le noeud FREE. Le poste est alors disponible pour d'autres navires. L'entité passe ensuite par les deux noeuds COLCT dont le rôle du premier est de calculer le temps que le navire a passé au poste et le second, le temps dans le système (le port) .

b) MARCHANDISE :

Les entités (unité de marchandise) ne sortent de la QUEUE(3) (navire) que si une place dans les aires d'entreposage est disponible . Si tel est le cas, chaque entité quittant la QUEUE(3) est éclatée après son passage par le noeud UNBATCH en dix autres entités; la nouvelle entité correspondra donc à 20 tonnes de marchandises .

A la sortie du noeud UNBATCH, les entités prennent l'une des deux branches issues du noeud GOON suivant le noeud UNBATCH . Si le nombre d'entités sortant de la QUEUE(3) (déchargement) est égale à ATRIB(5) (cadence de manutention) l'entité est acheminée vers le noeud ASSIGN de label DT où la cadence de manutention est générée pour chaque shift (6 h). Une autre procédure de transformation de la cadence de manutention en tonnes à une cadence en unités de 20 tonnes est faite. L'entité est enfin dirigée vers le noeud de label BA.

Lors du shift les entités s'orientent directement vers le noeud de label BA (la cadence de manutention n'est générée qu'au début du shift).

REMARQUE :

Le passage au noeud de label DT montre le début d'un shift; la cadence de manutention est alors générée suivant une loi normale.

Le passage au noeud de label BA montre que les opérations se déroulent en plein shift.

Au noeud de label BA qui est un BATCH node, les entités sont regroupées suivant la cadence de manutention (ATRIB(5)). Ce noeud est suivi d'une activité de durée 6 U.T (durée du shift).

Les entités sont ensuite dirigées vers le noeud de label ASJ qui est un UNBATCH node et dont le rôle est d'éclater l'entité sortant du noeud BA suivant la valeur de l'ATRIB(5) .

Les entités sont ensuite réparties suivant les trois modes d'acheminement grâce au branchement probabiliste issu du noeud GOON.

ATRIB(11): pourcentage de marchandise dirigée vers le magasin.

ATRIB(9): pourcentage de la marchandise dirigée vers le terre-plein.

ATRIB(13): pourcentage de la marchandise déchargée sous-palan.

Ces trois ATTRIBUTS sont générés pour chaque navire suivant des lois appropriées.

Les entités dirigées vers les aires d'entreposage (magasin, terre-plein) sont orientées vers les QUEUES de labels respectifs Q4, Q5.

Les entités déchargées sous-palan sont éliminées par le noeud TERMINATE .

E) ACTIVITES DE SORTIE DES MARCHANDISES :

Les entités sortant des aires d'entreposage passent au noeud BATCH qui les regroupe suivant la cadence d'enlèvement, l'entité résultante est éliminée à sa sortie du noeud BATCH par le noeud TERMINATE .

Les entités qui suivent l'itinéraire direct sont évacuées du système à la cadence de manutention .

F) OUVERTURE ET FERMETURE DES AIRES D'ENTREPOSAGE :

Les opérations d'ouverture et de fermeture des aires d'entreposage sont modélisées par l'utilisation des GATES :
OPEN GATE pour ouvrir les portes pendant les heures de travail;
CLOSE GATE pour les fermer hors des heures de travail.

REMARQUE:

Les activités dans les autres postes sont identiques à celles décrites dans ce poste .

III-1-3-3 TRANSCRIPTION INFORMATIQUE :

C'est la traduction du modèle construit par l'écriture d'une suite logique d'instructions informatiques reliées aux différentes données qui ont été collectées.

SLAM utilise les instructions du langage FORTRAN et le modèle prend alors la forme d'un programme FORTRAN .

Le programme de notre modèle est présenté en [annexe 1].

CHAPITRE 4

CHAPITRE.4

VERIFICATION ET VALIDATION DU MODELE

I-VERIFICATION DU MODELE :

Il s'agit de vérifier la logique du modèle et par conséquent déceler toutes les erreurs qu'il peut comporter et les corriger jusqu'à ce qu'elles soient toutes éliminées.

Cette procédure de vérification a été faite selon deux techniques :

1^{ère} technique de vérification :

Le principe est d'injecter dans le modèle des quantités déterministes et d'étudier la conformité des résultats obtenus (output) avec ceux normalement attendus .

Cette procédure est faite de la manière suivante :

Générer des valeurs constantes pour le tonnage et pour la cadence de manutention et comparer le flux d'entrée avec le flux de sortie (flux d'entrée = flux de sortie + les quantités dans les aires d'entreposage).

Cette procédure nous a permis de déceler certaines incohérences dues au fait qu'un certain nombre d'entités était perdu .C'est ce qui nous a orientés vers la deuxième technique.

2^{ème} technique de vérification :

Le principe consiste à utiliser les rapports de "TRACE" qui contiennent la liste exhaustive et ordonner des événements qui concernent, à partir d'un instant donné et sur une durée fixée, un ou plusieurs éléments du système ou l'ensemble du système .

On peut ainsi suivre dans un rapport de "TRACE" l'évolution des différentes entités dans le système noeud par noeud et branchement par branchement .

Ces rapports de "TRACE" sont fournis par le logiciel SLAM en spécifiant l'instruction :

MONTR,TRACE,TFRST,TSEC,variables;

II-REGIME PERMANENT:

Quelque soit le moment dans le temps, la situation dans le port résulte du comportement des navires qui sont arrivés précédemment: il y a toujours des navires à quai, des marchandises dans les aires de transit et des plans en cours. La façon dont un poste d'accostage fonctionne à partir de ce moment dépend de la situation qui était la sienne alors; ainsi, pour mesurer valablement le comportement par simulation, il faut partir d'une situation typique lorsque le trafic spécifié commence à arriver .

Pour un système aussi complexe que le système de poste d'accostage il est très difficile de définir une telle situation et ne pas tenir compte de l'effet du régime transitoire (période avant que le système ne trouve son fonctionnement normal) sur la qualité de la solution ne peut que la dégrader.

Pour atteindre cet effet nous avons procédé de la façon suivante :

-Commencer la simulation avec un port vide, c'est à dire sans navires ni marchandises.

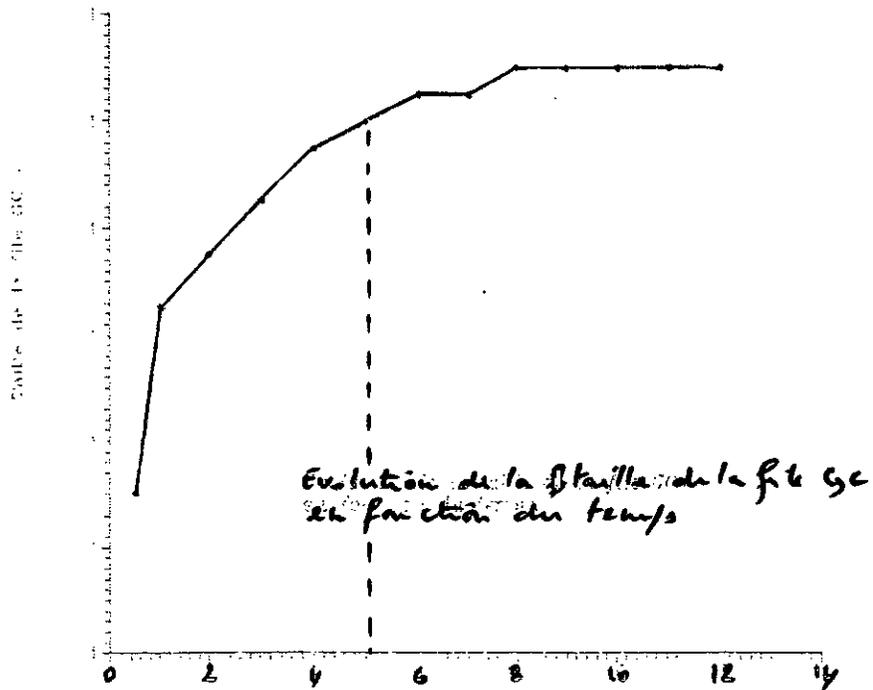
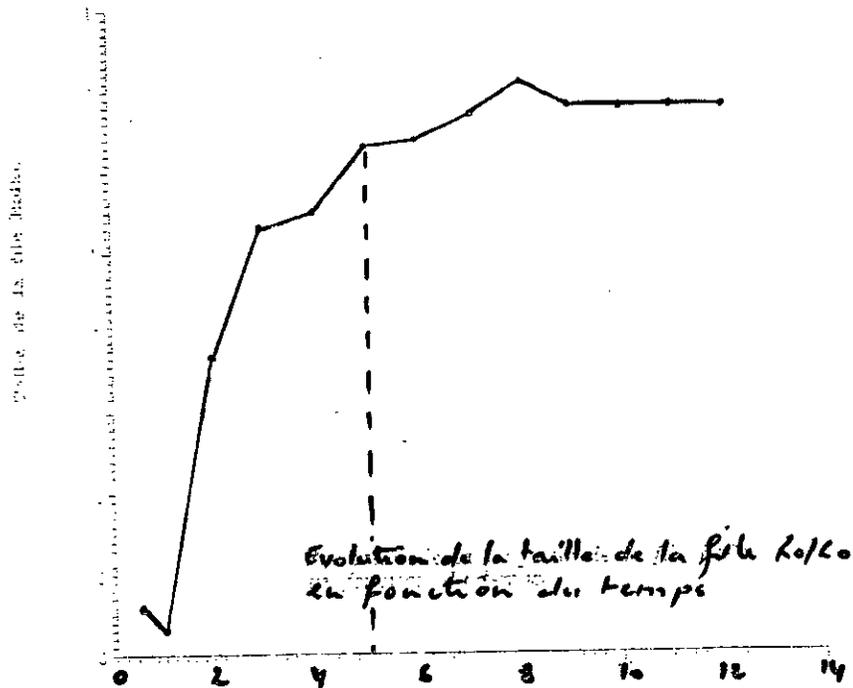
-Suivre l'évolution dans le temps d'une variable choisie et essayer de déterminer la date après laquelle le système trouve une certaine stabilité. Cette date est alors prise comme point de départ pour la simulation.

Les variables que nous avons choisi sont les tailles moyennes des files d'attente des deux types de navires (Général cargos et RO/RO).

Les résultats d'une simulation répétée sur plusieurs périodes avec le même générateur de nombres aléatoires sont fournis par le tableau 17 et les courbes correspondantes sont représentées par les figures 19 et 20 respectivement pour les navires de type Général cargo et ceux du type RO/RO. Ces courbes ont été tracées en utilisant le logiciel GRAPHER.

Tableau 17

periodes (mois)	G C	RO/RO
0.5	0.821	0.062
1	0.891	0.026
2	0.908	0.373
3	0.928	0.525
4	0.950	0.552
5	0.960	0.633
6	0.966	0.620
7	0.970	0.675
8	0.975	0.712
9	0.976	0.681
10	0.978	0.679
11	0.981	0.678
12	0.980	0.673



D'après ces deux courbes nous pouvons voir qu'après 5 mois de fonctionnement, les tailles des files deviennent stables. Cette date est alors prise comme date de début pour toutes les autres expériences de simulation.

III-VALIDATION DU MODELE :

Bien que la logique de la simulation ait été construite en général à partir des principes fondamentaux et que les données aient été tirées directement des données observées, il faut tester le comportement de la simulation en effectuant de nombreuses vérifications pour s'assurer que le modèle produit des résultats compatibles avec les caractéristiques connues du système réel qu'il est supposé représenter.

La validation consiste à s'assurer que le modèle réagit de la même façon que le système réel, ce qui veut dire qu'observer le comportement du modèle équivaut à observer celui du système réel.

Pour tester la validité de notre modèle, nous avons procédé à la comparaison d'un certain nombre de mesures de rendement observées réellement dans la zone étudiée avec celles produites par le modèle de simulation.

Les critères de validation choisis sont alors :

- Le nombre total de navires traités au port .
- Le nombre de navires type General cargo traités dans la zone étudiée .
- Le nombre de navires type RO/RO traités dans la zone étudiée .
- Le tonnage manutentionné aux postes général cargo étudiés .
- Le tonnage manutentionné au poste RO/RO étudié.

Nous avons alors effectué dix simulations indépendantes en utilisant les dix générateurs de nombres aléatoires offerts par **SLAM** et les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 18 .

Tableau 18

	TEMPS SIMULE heure	TONNAGE TOTAL MANUTENTIONNE AUX POSTES GC	TONNAGE TOTAL MANUTENTIONNE AU POSTE RORO	NOMBRE DE NAVIRES TRAITES AUX POSTES GC	NOMBRE DE NAVIRES TRAITES AU POSTE RO/RO	NOMBRE DE NAVIRES TRAITES AU PORT
1	4320	77600 T	20654 T	40	14	808
2	4320	82875 T	14159 T	39	11	795
3	4320	85258 T	21850 T	47	13	840
4	4320	102820 T	22540 T	48	12	804
5	4320	64720 T	15850 T	40	14	783
6	4320	84350 T	22157 T	45	13	831
7	4320	75200 T	16709 T	41	15	854
8	4320	75660 T	14405 T	39	13	820
9	4320	85500 T	20200 T	43	11	827
10	4320	88950 T	21050 T	45	12	870

Le problème est maintenant de savoir quelle confiance accorder à ces valeurs; pour cela on va procéder la construction d'intervalles de confiance pour ces différentes variables, mais avant on va faire un bref rappel sur la construction d'intervalles de confiance.

1) NOTION D'INTERVALLES DE CONFIANCE :

La qualité de l'estimation d'une variable pour le système va être directement liée aux deux facteurs suivants :

a) Nature de l'estimateur utilisé pour l'estimation : mode de calcul de la moyenne.

b) Condition de simulation : initialisation, horison, date de déclenchement de l'estimation, générateurs de nombres aléatoires utilisés .

Intervalle de confiance de l'estimateur :

Soit X une variable distribuée suivant une loi normale alors la variable aléatoire

$$\frac{\bar{X} - m}{S/\sqrt{n}} \quad \curvearrowright \quad t_{(n-1)}: \text{loi de student à } n-1 \text{ d.d.l}$$

où $\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$ moyenne de l'échantillon

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$
 écart-type échantillonné.

m : performance

n : taille de l'échantillon (nombre de simulations indépendantes).

L'intervalle de confiance à 95 % pour la performance m est alors :

$$\left[\bar{X} - t_{(n-1), \alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}} \quad ; \quad \bar{X} + t_{(n-1), \alpha/2} * \frac{S}{\sqrt{n}} \right] \quad \text{avec } \alpha = 0.05$$

Dans notre cas l'indépendance des variables aléatoires mesurées est assurée par les dix générateurs de nombres aléatoires offert par SLAM .

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau 19 .

Tableau 19

VARIABLES	REELLES	SIMULEES	INTERVALLES DE CONFIANCE
TONNAGE TOTAL MANUTENTIONNE AUX POSTES GC	81307	82293.3	[72213.28 ; 92373.32]
TONNAGE TOTAL MANUTENTIONNE AU POSTE RO/RO	18241	18958.4	[15648.4 ; 22268.4]
NOMBRE DE NAVIRES TRAITES AUX POSTES 22/1 22/2 22/3	42	42.7	[40.16 ; 45.24]
NOMBRE DE NAVIRES TRAITES AU POSTE 22/4	13	12.8	[11.81 ; 13.79]
NOMBRE DE NAVIRES TRAITES AU PORT	838	823	[802.75 ; 843.28]

D'après ces résultats on voit qu'entre les valeurs réelles et celles obtenues par le modèle la différence est très faible .

A l'issue de cette étape nous pouvons dire que le modèle que nous avons construit est valide et peut être utilisé pour analyser les performances du système de poste d'accostage étudié .

CHAPITRE 5

CHAPITRE 5

PRESENTATION ET INTERPRETATION DES RESULTATS

I-PRESENTATION DES RESULTATS :

PARAMETRES	MESURES
PERIODE SIMULEE	4320 ^h
NOMBRE DE NAVIRES GC TRAITES	39
NOMBRE DE NAVIRES RO/RO TRAITES	15
TONNAGE TOTAL MANUTENTIONNE (T)	105063
TEMPS DE SEJOURS MOYEN AU PORT DES GC	230 ^h
TEMPS DE SEJOURS MOYEN AU PORT RO/RO	150 ^{h.6}
TEMPS MOYEN DE DESSERTE DES GC	170 ^{h.8}
TEMPS MOYEN DE DESSERTE DES RO/RO	136 ^{h.8}
TAUX D'OCCUPATION DES POSTES	
22/1	59%
22/2	33%
22/3	26%
22/4	76%
TAUX D'OCCUPATION DES MAGASINS	
MAG 22/1	90%
MAG 22/2	81%
MAG 22/3	85%
MAG 22/4	30%
TAUX D'OCCUPATION DES TERRES--PLEINS	
T-P 22/1	93%
T-P 22/2	96%
T-P 22/3	99%
T-P 22/4	76%

II-INTERPRETATION DES RESULTATS :

1) PERFORMANCE DU SYSTEME :

Les performances du système quai 22 sur une période de six mois sont :

39 navires général cargo traités

15 navires RO/RO traités

105063 tonnes de marchandises diverses manutentionnées

Le temps moyen de desserte * d'un navire de type général cargo est de 170^h.8 alors que son temps de séjour moyen au port est de 230^h ce qui montre que le temps moyen d'attente d'un navire de type général cargo est d'environ 2.5 jours ce qui est très important.

Le temps moyen de desserte d'un navire de type RO/RO est de 136^h.8 alors que son temps de séjours au port est de 150^h.6 ce qui montre que les navires de ce type attendent moins que ceux du premier, environ 0.5 jours .

Il faut signaler que ces attentes sont la conséquence de la non disponibilité des ressources "postes d'accostage". En effet les temps de desserte importants des navires dans les postes font que les temps d'attente des autres navires arrivant au port sont très importants. Donc l'analyse du système doit obligatoirement passer par l'analyse des taux d'utilisation de ces ressources .

2) TAUX D'UTILISATION DES RESSOURCES :

a) Taux d'utilisation des postes d'accostage :

Le poste P1 est utilisé à 59 %

Le poste P2 est utilisé à 33 %

Le poste P3 est utilisé à 26 %

Le poste P4 est utilisé à 76 %

Pour les trois premiers postes on remarque que le taux d'utilisation ne dépasse pas les 59 % ce qui veut dire qu'ils sont disponible dans 41 % du temps et peuvent donc recevoir des navires .

La question est donc de savoir pourquoi les délais d'attente des navires de type général cargo sont très importants malgré la disponibilité apparente des postes où ils doivent être traités?

Le poste P4 paraît être bien utilisé avec une occupation de 76 % .

b) Taux d'utilisation des aires d'entreposage :

Le taux d'occupation moyen des aires d'entreposage des postes pour navires de type général cargo est de 91 % .

Le taux d'occupation moyen des aires d'entreposage du poste pour navires de type RO/RO est de 53 % .

Ces taux d'occupation montrent que les aires d'entreposage aux postes 22/1, 22/2 et 22/3 sont encombrées ce qui peut être la raison de la sous utilisation de ces postes : ces derniers seront immobilisés sans être réellement utilisés.

En effet, les nombreux arrêts de travail à cause de la saturation des aires d'entreposage font que les navires aux postes séjournent plus que le temps qui leur est nécessaire pour le déchargement de leurs cargaisons et par conséquent augmenter la durée d'attente des navires en rade .

A l'examen de ces résultats on remarque que les aires d'entreposage constituent un important goulot d'étranglement dont l'effet est très significatif sur le rendement du quai 22 et par conséquent sur les délais de séjours des navires au port.

L'expérimentation de l'effet qu'aura une capacité supplémentaire d'entreposage sur le rendement du quai nous paraît indispensable et fera donc l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE 6

CHAPITRE 6

EXPERIENCES DE SIMULATION

Les expériences de simulation ont été faites sur AMSTRAD PC 1640.

La simulation d'une période de six mois a duré sept minutes.

Les deux expériences de simulation ont porté sur l'étude de l'effet d'une variation dans la capacité d'entreposage sur le rendement du quai 22.

La zone utilisée pour l'entreposage temporaire des marchandises après leur déchargement ou avant leur chargement sur les navires est un élément capital dans le port. Pendant la période où les données ont été collectées, 70% environ du tonnage total débité par la zone étudiée empruntaient ce mode d'acheminement.

Le taux moyen d'occupation des aires d'entreposage des postes étudiés était de 90% .

Ce constat nous a orientés vers l'expérimentation des effets qu'aura une capacité supplémentaire sur le rendement du quai 22 .

1^{ère} EXPERIENCE :

Augmentation de la capacité d'entreposage :

Nous avons augmenté la capacité des aires d'entreposage de la zone étudiée de 25% donc la capacité effective d'entreposage est devenue 20951^T, contre 16761^T dans la réalité.

Cette augmentation peut être le résultat d'une plus grande efficacité dans l'utilisation de l'espace d'entreposage. C'est ainsi, par exemple, que diminuer les pertes d'espace utile et augmenter les hauteurs de gerbage* aurait le même effet qu'une augmentation effective de la capacité de stockage, bien que la surface totale d'entreposage ne change pas.

Les résultats de cette expérience sont présentés dans le tableau 20 .

Tab. 20

PARAMETRES	AVANT AUGMENTATION	APRES AUGMENTATION
PERIODE SIMULEE	4320 ^h	4320 ^h
NOMBRE DE NAVIRES GC TRAITES	39	52
NOMBRE DE NAVIRES RO/RO TRAITES	15	18
TONNAGE TOTAL MANUTENTIONNE (T)	105063	137292
TEMPS DE SEJOURS MOYEN AU PORT DES GC	230 ^h	225 ^h
TEMPS DE SEJOURS MOYEN AU PORT RO/RO	150 ^{h.6}	158 ^h
TEMPS MOYEN DE DESSERTE DES GC	170 ^{h.8}	165 ^{h.4}
TEMPS MOYEN DE DESSERTE DES RO/RO	136 ^{h.8}	138 ^h
TAUX D'OCCUPATION DES POSTES		
22/1	59%	59%
22/2	33%	33%
22/3	26%	26%
22/4	76%	76%
TAUX D'OCCUPATION DES MAGASINS		
MAG 22/1	90%	70%
MAG 22/2	81%	63%
MAG 22/3	85%	66%
MAG 22/4	30%	24%
TAUX D'OCCUPATION DES TERRES-PLEINS		
T-P 22/1	93%	74%
T-P 22/2	96%	96%
T-P 22/3	99%	99%
T-P 22/4	76%	76%

INTERPRETATION DES RESULTATS :

L'augmentation de la capacité d'entreposage a donné de bons résultats. En effet, le nombre de navires de type général cargo traités dans la zone étudiée est passé de 39 à 52 donc une augmentation de 13 navires, alors que le nombre de navires de type RO/RO n'a augmenté que de deux navires .

Cette variation du nombre de navires traités au quai 22 s'est traduite par une augmentation de 30% (32229 tonnes) du tonnage total manutentionné au quai 22 .

Le temps moyen de séjour au port a subi une légère variation: Une augmentation pour les RO/RO et une diminution pour les général cargos .

L'augmentation du temps moyen de séjours des navires de type RO/RO au port est peut être causée par l'augmentation du nombre de navires entrant au poste 22/4. Donc les trois navires supplémentaires ont nécessité un temps moyen de desserte supérieur à celui nécessaire par ceux d'avant.

Ce temps de desserte plus long est causé par une diminution dans la cadence de manutention au poste .

La diminution du temps moyen de séjours des navires de type général cargo est sans doute le résultat de la réduction du temps moyen de desserte de ce type de navire aux postes. Cette réduction du temps de desserte n'est que le fruit de l'augmentation de la capacité d'entreposage. En effet le taux d'occupation des aires d'entreposage a subi une diminution de 12.6% .

Les taux d'occupation des postes d'accostage n'ont pas changé ce qui veut dire que ces postes sont toujours sous-utilisés et que les navires supplémentaires n'ont nécessité pour leur déchargement que le supplément de temps découlant de la réduction du temps moyen de desserte des premiers navires.

L'augmentation de la capacité d'entreposage s'est traduite par une augmentation du débit du quai 22 ce qui veut dire que l'aire d'entreposage constitue un goulet d'étranglement pour l'augmentation du débit du quai 22.

2^{ème} EXPERIENCE :

Réduction du temps moyen de transit dans les aires d'entreposage :

L'utilisation des aires d'entreposage du quai dépend, non seulement de la quantité et de la nature des arrivages et de leur capacité, mais aussi du temps que passent les marchandises en transit.

Ce temps de transit correspond à la période qui s'écoule entre l'accostage du navire et la livraison des marchandises au consignataire ou à son agent.

Dans notre modèle, une diminution de P% du temps moyen de transit revient à augmenter de P% la cadence d'enlèvement des marchandises à partir des aires d'entreposage .

On a alors expérimenté l'effet de la réduction du temps moyen de transit de 50% c'est à dire au lieu qu'il soit de 50 jours [6] il ne devient que de 25 jours.

Les résultats de cette expérience sont présentés dans le tableau 21 .

Tab 21

PARAMETRES	AVANT AUGMENTATION	APRES AUGMENTATION
PERIODE SIMULEE	4320 ^h	4320 ^h
NOMBRE DE NAVIRES GC TRAITES	39	59
NOMBRE DE NAVIRES RO/RO TRAITES	15	18
TONNAGE TOTAL MANUTENTIONNE (T)	105063	151978
TEMPS DE SEJOURS MOYEN AU PORT DES GC	230 ^h	236 ^{h.4}
TEMPS DE SEJOURS MOYEN AU PORT RO/RO	150 ^{h.6}	158 ^h
TEMPS MOYEN DE DESSERTE DES GC	170 ^{h.8}	168 ^h
TEMPS MOYEN DE DESSERTE DES RO/RO	136 ^{h.8}	130 ^h
TAUX D'OCCUPATION DES POSTES		
22/1	59%	56%
22/2	33%	52%
22/3	26%	68%
22/4	76%	83%
TAUX D'OCCUPATION DES MAGASINS		
MAG 22/1	90%	96%
MAG 22/2	81%	68%
MAG 22/3	85%	92.3%
MAG 22/4	30%	00%
TAUX D'OCCUPATION DES TERRES-PLEINS		
T-P 22/1	93%	95.7%
T-P 22/2	96%	87%
T-P 22/3	99%	91%
T-P 22/4	76%	18%

INTERPRETATION DES RESULTATS :

La réduction du temps de transit des marchandises par les aires d'entreposage a eu pour effet de réduire les temps moyens de desserte pour les deux types de navires alors que leurs temps de séjours au port ont augmenté. Ces résultats ont sûrement été causés par la variation du flux d'arrivage des navires qui a augmenté de 51 % (+20 navires) pour les général cargos est de 20 % (+3 navires) pour les RO/RO .

Le taux d'occupation des postes général cargo est passé de 39.3% à 58.6% et de 76% à 83% pour le poste RO/RO ce qui montre qu'ils sont plus utilisés qu'avant le chargement.

La réduction du temps moyen de transit de 50% s'est accompagnée par une augmentation de 44.6% (+46915 tonnes) dans le tonnage total manutentionné aux postes étudiés.

Malgré l'augmentation du tonnage total manutentionné le taux d'occupation des aires d'entreposage a diminué de 15.6% ce qui montre que la réduction du temps moyen de transit des marchandises par les aires d'entreposage de 50% leur procure une capacité supplémentaire totale de 92557 tonnes .

Les résultats de cette deuxième expérience confirment ceux obtenus par la première : l'aire d'entreposage est un important goulet d'étranglement qui freine l'augmentation du débit du quai 22 et sans doute le débit de tout le port.

Quelques propositions pour l'augmentation de la capacité d'entreposage des aires du port sont exposées dans la conclusion .

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

1. SUGGESTIONS ET RECOMMANDATIONS :

Arrivés à la fin de ce travail, il nous semble utile et nécessaire d'énoncer quelques recommandations qui découlent des résultats obtenus. Ces derniers ont montré que le débit du port a de fortes incidences sur la rotation des navires. En effet des améliorations dans les conditions d'exploitation des aires d'entreposage ont permis de réduire les temps de desserte des navires et par conséquent réduire leurs durées de rotation.

Les deux expériences faites avec le modèle de simulation ont montré qu'en augmentant la capacité des aires d'entreposage on augmente le débit du port.

Souvent lorsqu'on parle d'augmentation des capacités des aires d'entreposage il nous vient à l'esprit de procéder à la construction de nouvelles aires ou l'augmentation de la capacité de celles existantes, mais les expériences nous ont montré que nous pouvons avoir le même résultat sans avoir à investir.

Parmi les dispositions qui peuvent conduire à l'augmentation de la capacité des aires d'entreposage nous pouvons citer :

1) L'augmentation des hauteurs de gerbage et veiller à ne pas gaspiller l'espace utile.

2) Procéder à un agencement méthodique des hangars, avec des aires de réception et de livraison et des passages bien délimités.

- 3) Réduire le délai de transit des marchandises par les aires le port en rationalisant les procédures administratives concernant le dédouanement, la noticification aux destinataires que la marchandise les attend, les modalités de paiement des frais du port,...
- 4) Majorer les droits de magasinage.

Ainsi en augmentant la capacité des postes existants on peut donc mettre au plustard l'obligation d'investir dans la construction de nouveaux postes.

Si ces dispositions s'avèrent non efficaces on peut penser à créer une zone sous-douane en dehors du port vers laquelle seront acheminées les marchandises dont le délai de séjours dépassent un seuil fixé par l'administration portuaire ou dès que le taux d'occupation des aires d'entreposage dans le port dépasse 90% (encombrement).

2 - CONCLUSION GENERALE :

L'objectif de ce travail était de localiser les sources du prolongement du délai de séjours des navires dans le port d'Alger. L'étude a été menée en deux étapes essentielles :

La première ayant consistée à construire un modèle de simulation où sont représentées toutes les caractéristiques importantes du système de poste d'accostage (quai 22): pour cela nous avons commencé par une modélisation systémique qui nous a permis de préciser les frontières et de spécifier les données nécessaires à l'étude.

Une fois le modèle final du quai 22 établi et l'avoir testé (vérifié et validé) son comportement et être assuré qu'il est une représentation fidèle du système réel nous avons procédé à la deuxième étape.

La seconde étape a consisté en l'expérimentation de certaines modifications dans les conditions d'exploitation du quai 22 afin d'étudier leurs effets sur son débit.

Cette seconde étape nous a permis de tirer conclusions et de faire certaines recommandations .

Enfin, il nous semble que l'objectif de l'étude a été atteint et que cette étude peut permettre de compléter utilement les efforts de l'administration portuaire et servir d'ébauche à d'autres études plus détaillées dans le domaine.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ALAN B. PRITSKER
Introduction to simulation and SLAM II
Edition Pritsker and Associates, 1984.
- [2] RAPPORT DU SECRETARIAT DE LA CNUCED
Débit des postes d'accostage
Méthodes systématiques pour améliorer les opérations sur
marchandises diverses
Conférence des nations unies sur le commerce et le
développement (New York, 1975)
- [3] RAPPORT DU SECRETARIAT DE LA CNUCED
Manuel de gestion portuaire
Nations Unies 1980
- [4] A. CERNAUT
Simulation des systèmes de production
Méthodes, langages et application
Cepadues-editions, 1988.
- [5] G. BEL, D. DUBOIS
Modélisation et simulation de systèmes automatisés de
production
RAIRO APII, Vol. 19, N°1, 1985
- [6] G. BEL
Modèle et langages de simulation
Bulletin de l'INRIA
N° 95, 1984.

- [7] Ports et navigation moderne
Edition Masson 1979
- [8] AGENCE JAPONAISE DE COOPERATION INTERNATIONALE
Rapport d'avancement pour l'étude sur le développement des
ports d'Alger, d'Oran et d'Annaba en Algérie, NOV.1991.
- [9] Hervé THIRIEZ
Comprendre et utiliser les modèles de gestion
Editions d'organisation, 1982
- [10] E.GELENBE, J.LABETOULIE, R.MARIE, M.METIVIER, G.PUJOLE, W.STEWART
Réseaux de files d'attente. Modélisation et traitement
numérique
Edition Homme et Techniques, 1980.
(Monographie d'informatique de l'AFCEP)
- [11] M.MOREAU et A.MATHIEU
Méthodes statistiques appliquées à l'expérimentation
Edition Eyrolles, 1979
- [12] J.JOHNSTON
Méthodes économétriques tome 1
Edition economica
- [13] M^{eur}OUABDESSLEM
Dpt Genie Industriel .ENP
Notes de cours de Fiabilité et Statistiques 3^{ème} année G.I
- [14] L.VILLENEUVE
Introduction à UNIFIT
Genie Industriel. Ecole Polytechniques de MONTREAL (Mars 1988)

ANNEXES

ANNEXE 1

```

GEN,QUAI22,PORTALGER,12/07/92,1;
LIMITS,42,14,320;
INTLC,XX(22)=0,XX(24)=21,XX(37)=1,XX(40)=1,XX(31)=800,XX(17)=1,
      XX(13)=1,XX(15)=1,XX(26)=0,XX(21)=20,XX(28)=1,XX(5)=0,XX(35)=1;

INTLC,XX(32)=20,XX(23)=14,XX(36)=0,XX(39)=1,XX(4)=422,XX(41)=0,
      XX(38)=1,XX(17)=1,XX(16)=1,XX(16)=270,XX(26)=1,XX(7)=1,XX(47)=0;

INTLC,XX(19)=1,XX(20)=1,XX(30)=205,XX(2)=92,XX(14)=272,XX(43)=0,
      XX(44)=0,XX(45)=0,XX(46)=1366,XX(17)=128,XX(26)=1810,XX(7)=117;

INTLC,XX(49)=48,XX(50)=48,XX(51)=48,XX(48)=48,XX(52)=0,XX(53)=0,
      XX(54)=0,XX(35)=0;

NETWORK;
RESOURCE/HAN1(22),35;
RESOURCE/TRP1(20),36;
RESOURCE/HAN2(7),37;
RESOURCE/TRP2(6),38;
RESOURCE/HAN3(7),39;
RESOURCE/TRP3(6),40;
RESOURCE/HAN4(12),41;
RESOURCE/TRP4(3),42;
RESOURCE/P1(1),1;
RESOURCE/P2(1),6;
RESOURCE/P3(1),11;
RESOURCE/P4(1),16;
GATES/CALAIS1,CLOSE,3/MAG1,CLOSE,4/TEP1,CLOSE,5;
GATES/CALAIS2,CLOSE,8/MAG2,CLOSE,9/TEP2,CLOSE,10;
GATES/CALAIS3,CLOSE,13/MAG3,CLOSE,14/TEP3,CLOSE,15;
GATES/CALAIS4,CLOSE,18/MAG4,CLOSE,19/TEP4,CLOSE,20;
CREATE,EXPON(5.4),,4,,1;
ACT,,.67,MR1;
ACT,,.33,MR2;
MR1 ASSIGN,ATRIB(1)=1,ATRIB(2)=RNORM(1810,1434),1;
ACT,,ATRIB(2).LT.130,NH1;
ACT,,NN1;
NH1 ASSIGN,ATRIB(2)=130;
ACT,,NN1;
MR2 ASSIGN,ATRIB(1)=3,ATRIB(2)=RNORM(1366,708),1;
ACT,,ATRIB(2).LT.100,NH2;
ACT,,NN2;
NH2 ASSIGN,ATRIB(2)=100,1;
ACT,,NN2;
NN1 ASSIGN,XX(18)=3*NNQ(21)/21,XX(19)=NNQ(1)+NNQ(6)+NNQ(11),1;
ACT,,XX(19).LE.XX(18),AR1;
ACT,,PH1;
NN2 ASSIGN,XX(20)=NNQ(22)/10,1;
ACT,,NNQ(16).LE.XX(20).AND.NNQ(19).LT.12,BR1;
ACT,,PH2;
PH1 ASSIGN,XX(9)=6*ATRIB(2)/XX(7);
ACT,,Q21;
Q21 QUEUE(21);
NOB TERM;
PH2 ASSIGN,XX(10)=6*ATRIB(2)/XX(17);
ACT,,Q22;
Q22 QUEUE(22);

```

```

ACT(9)/2,XX(10),,NOC;
NOC TERM;

AR1 ASSIGN,XX(1)=82.5+.001*ATRI(2)+RNORM(0,25.55),
      XX(3)=5.83+.0004*ATRI(2)+RNORM(0,1.55),
      ATRI(8)=RNORM(.582,.344),
      ATRI(11)=.256-.13*ATRI(8)+RNORM(0,.9);
ACT,,TX;
BR1 ASSIGN,XX(11)=100.7+.093*ATRI(2)+RNORM(0,19.07),
      XX(12)=5.087+.0005*ATRI(2)+RNORM(0,.91),
      ATRI(8)=RNORM(.67,.325),
      ATRI(11)=.3-.23*ATRI(8)+RNORM(0,.97);
ACT,,TX;
TX GOON,1;
ACT,,ATRI(8).LT.0,TX1;
ACT,,ATRI(8).GE.0.AND.ATRI(8).LT.1,TX2;
ACT,,TX3;
TX1 ASSIGN,ATRI(8)=0;
ACT,,TX2;
TX3 ASSIGN,ATRI(8)=1;
ACT,,TX2;
TX2 ASSIGN,XX(43)=1-ATRI(8),1;
ACT,,ATRI(11).LT.0,TX11;
ACT,,ATRI(11).GE.0.AND.ATRI(11).LT.XX(43),TX21;
ACT,,TX31;
TX11 ASSIGN,ATRI(11)=0;
ACT,,TX21;
TX31 ASSIGN,ATRI(11)=XX(43);
ACT,,TX21;
TX21 ASSIGN,ATRI(13)=XX(43)-ATRI(11),1;
ACT,,ATRI(1).EQ.1,G0;
ACT,,ATRI(1).EQ.3,H0;
G0 GOON,1;
ACT,,XX(1).LE.137.AND.XX(3).LT.9,G41;
ACT,,G21;
H0 GOON,1;
ACT,,XX(11).LE.137.AND.XX(12).LT.8,G42;
ACT,,G22;
G41 GOON,1;
ACT,,ATRI(2).GE.130.AND.ATRI(2).LE.5000,AR2;
ACT,,ATRI(2).LT.130,AF;
ACT,,ED;
AF ASSIGN,ATRI(2)=130;
ACT,,AR2;
ED ASSIGN,ATRI(2)=5000,1;
AR2 ASSIGN,I1=ATRI(2)/200,XX(6)=ATRI(2)/200-I1,XX(26)=ATRI(2),1;
ACT,,XX(6).GE..5,A1;
ACT,,A2;
A1 ASSIGN,ATRI(2)=I1+1,1;
ACT,,G8;
A2 ASSIGN,ATRI(2)=I1,1;
G8 GOON,1;
ACT,,.34,G11;
ACT,,.33,G12;
ACT,,.33,G13;
G11 GOON,2;

```

```

        ACT,.4,,P1;
        ACT,.5,,Q2;
G12    GOON,2;

        ACT,.4,,P2;
        ACT,.5,,Q7;
G13    GOON,2;
        ACT,.4,,P3;
        ACT,.5,,Q12;
G42    GOON,1;
        ACT,,ATRIB(2).GE.136.AND.ATRIB(2).LE.3050,BR2;
        ACT,,ATRIB(2).LT.136,AF1;
        ACT,,ED1;
AF1    ASSIGN,ATRIB(2)=136;
        ACT,,BR2;
ED1    ASSIGN,ATRIB(2)=3050;
        ACT,,BR2;
BR2    ASSIGN,II=ATRIB(2)/200,XX(6)=ATRIB(2)/200-II,XX(46)=ATRIB(2),1;
        ACT,,XX(6).GE..5,B11;
        ACT,,B21;
B11    ASSIGN,ATRIB(2)=II+1;
        ACT,,G81;
B21    ASSIGN,ATRIB(2)=II;
        ACT,,G81;
G81    GOON,2;
        ACT,.4,,P4;
        ACT,.5,,Q17;

```

le passage aux postes d'accostage pour le dechargement

le poste 221

```

P1    AWAIT(1),P1/1;
        ACT,XX(48);
        ASSIGN,ATRIB(3)=TNOW,1;
        ACT,REL(DST),NNQ(3).GT.0;
        ACT,0,NNQ(3).EQ.0,LIB;
LIB   FREE,P1/1;
DST   DETECT,NNQ(3),XN;0;
        ACT,,COL1;
COL1  ASSIGN,XX(48)=TNOW-ATRIB(3),1;
        COLCT,INT(4),TIME IN SYSTEM,0/20/.25,1;
        COLCT,INT(3),TIME IN P1,1;
KP1   TERM;
Q2    QUEUE(2);
        ACT,.6;
        GOON,1;
        ACT,,NNQ(3).GT.0,Q2;
        ACT,,RACK;
RACK  UNBATCH,2,1;
Q3    AWAIT(3),CALAIS1,,1;
        ACT,10,XX(44).LE.120.AND.NNQ(5).LT.20,TT;
        ACT,,TT1;
Q31   QUEUE(31);
        ACT,1,,EL1;

```

```

EL1  TERM;

TT1  ASSIGN, ATRIB(2)=200*NNQ(3), XX(44)=0, XX(47)=XX(47)+1,
      ATRIB(6)=1, 1;
      BATCH, , ATRIB(2), 6, FIRST/6, , 1;
      ACT, , , DEL;

TT   GOON, 1;
      ACT, , NNQ(4) .GE. 22 .OR. NNQ(5) .GE. 20, CONT;
      ACT, , , RZ;

CONT ASSIGN, XX(44)=XX(44)+1, 1;
      ACT, , , Q31;

RZ   ASSIGN, XX(36)=XX(36)+1, ATRIB(7)=10, 1;
TOR1 UNBATCH, 7, 1;
      ACT, , , BCL1;

BCL1 GOON, 1;
      ACT, , XX(36) .LE. ATRIB(5) .AND. XX(36) .NE. 1, BA;
      ACT, , , DT;

DT   ASSIGN, XX(36)=1, XX(7)=1.2*RNORM(117.5, 62.7), 1;
      ACT, , XX(7) .GE. 10, Y1;
      ACT, , , AG;

AG   ASSIGN, XX(7)=10, 1;
      ACT, , , Y1;

Y1   ASSIGN, II=XX(7)/20, XX(8)=XX(7)/20-II, 1;
      ACT, , XX(8) .LT. .5, B2;
      ACT, , , B1;

B1   ASSIGN, ATRIB(5)=II+1, ATRIB(6)=1;
      ACT, , , BA;

B2   ASSIGN, ATRIB(5)=II, ATRIB(6)=1;
      ACT, , , BA;

BA   BATCH, , ATRIB(5), 6, FIRST/6;
      ACT, 6, , ASJ;

ASJ  UNBATCH, 5, 1;
      ACT, , ATRIB(11), MG;
      ACT, , ATRIB(8), TP;
      ACT, , ATRIB(13), SF;

MG   ASSIGN, ATRIB(12)=1, 1;
      ACT, , NNQ(4) .GE. 22, BCL1;
      ACT, , , ASI;

ASI  ASSIGN, ATRIB(7)=10, 1;
REV  BATCH, , ATRIB(7), , , 1;
      ACT, , , RE1;

RE1  ASSIGN, ATRIB(14)=TNOW, 1;
Q35  AWAIT(35/22), HAN1/22, BALK(Q36), 1;
Q4   AWAIT(4/22), MAG1, , 1;
      ACT, 6;
      GOON, 1;
      ACT, , XX(35) .EQ. 0 .OR. NNQ(23) .GT. 0, Q35;
      ACT, , , FR;

FR   FREE, HAN1/1, 1;
      ASSIGN, XX(27)=5.9/XX(35);
      UNBATCH, 7, 1;
      QUEUE(23);
      ACT, XX(27), , PRO;

Z1   ASSIGN, XX(24)=21;
      ACT, , , Z2;

Z2   ASSIGN, XX(24)=XX(24)-1, 1;
      ACT, , XX(24) .NE. 0, S1;

```

```

ACT,,,Z1;
S1 GOON,1;
ACT,,XX(21).GE.20,X1;
ACT,,,X2;
X1 ASSIGN,XX(30)=RNORM(185.2,96.3),1;
ACT,,XX(30).LT.73,VA;
ACT,,,TE;
VA ASSIGN,XX(30)=73;
ACT,,,TE;
TE ASSIGN,XX(23)=XX(30)/20,II=0;
ACT,,,X2;
X2 ASSIGN,XX(23)=XX(23)-II,XX(25)=XX(23)/XX(24),
      II=XX(25),XX(33)=XX(25)-II,1;
ACT,,XX(33).LT..5,RD1;
ACT,,,RD2;
RD1 ASSIGN,TRIB(9)=II,XX(35)=TRIB(9);
ACT,,,G5;
RD2 ASSIGN,TRIB(9)=II+1,XX(35)=TRIB(9),1;
G5 GOON,1;
ACT,,TRIB(9).LE.0,REV;
ACT,,,UN1;
UN1 BATCH,,TRIB(9),6,FIRST/6,,1;
COLCT,INT(14),TTMmg221,1;
ACT,,,TR;
TP ASSIGN,TRIB(12)=2,1;
ACT,,NNQ(5).GE.20,BCL1;
ACT,,,EF;
EF ASSIGN,TRIB(7)=10,1;
RFV BATCH,,TRIB(7),,,1;
ACT,,,RE2;
RE2 ASSIGN,TRIB(14)=TNOW,1;
Q36 AWAIT(36/20),TRP1/20,BALK(Q31),1;
Q5 AWAIT(5/20),TEP1,BALK(Q31),1;
ACT,6;
GOON,1;
ACT,,XX(28).EQ.0.OR.NNQ(24).GT.0,Q36;
ACT,,,EG;
EG FREE,TRP1/1,1;
ASSIGN,XX(29)=5.9/XX(28),1;
UNBATCH,7,1;
QUEUE(24);
ACT,XX(29),,PRO;
W1 ASSIGN,XX(24)=21,1;
ACT,,,W2;
W2 ASSIGN,XX(24)=XX(24)-1,1;
ACT,,XX(24).NE.0,K1;
ACT,,,W1;
K1 GOON,1;
ACT,,XX(21).GE.20,X3;
ACT,,,X4;
X3 ASSIGN,XX(31)=.8*RNORM(990,451),1;
ACT,,XX(31).LT.19,VB;
ACT,,,TF;
VB ASSIGN,XX(31)=19,1;
ACT,,,TF;

```

```

TF      ASSIGN,XX(32)=XX(31)/20,II=0,1;
        ACT,,,X4;
X4      ASSIGN,XX(32)=XX(32)-II,XX(22)=XX(32)/XX(24),
        II=XX(22),XX(34)=XX(22)-II,1;
        ACT,,,XX(34).LT..5,RD3;
        ACT,,,RD4;

RD3     ASSIGN,ATRIB(10)=II,XX(28)=ATRIB(10);
        ACT,,,G6;
RD4     ASSIGN,ATRIB(10)=II+1,XX(28)=ATRIB(10),1;
G6      GOON,1;
        ACT,,,ATRIB(10).LE.0,RFV;
        ACT,,,UN2;
UN2     BATCH,,,ATRIB(10),6,FIRST/6,,,1;
        ACT,,,TPR;
TPR     COLCT,INT(4),TPS TRA P1,,,1;
        TERM;
SP      ASSIGN,ATRIB(12)=3,1;
        BATCH,,,ATRIB(5),6,FIRST/6;
        ACT/16,6;
TR      TERM;

```

1e poste 222

```

P2      AWAIT(6),P2/1;
        ACT,XX(49);
        ASSIGN,ATRIB(3)=TNOW,1;
        ACT,REL(EST),NNQ(8).GT.0;
        ACT,0,NNQ(8).EQ.0,MIB;
MIB     FREE,P2/1;
EST     DETECT,NNQ(8),XN,0;
        ACT,,,DOL1;
DOL1    ASSIGN,XX(49)=TNOW-ATRIB(3),1;
        COLCT,INT(4),TIME IN SYSTEM,,,1;
        COLCT,INT(3),TIME IN P2,1;
KP3     TERM;
Q7      QUEUE(7);
        ACT,.6;
        GOON,1;
        ACT,,,NNQ(8).GT.0,Q7;
        ACT,,,SACK;
SACK    UNBATCH,2,1;
Q8      AWAIT(8),CALAIS2,,,1;
        ACT,10,XX(45).LE.120.AND.NNQ(10).LT.6,T1T;
        ACT,,,T1T1;
Q32     QUEUE(32);
        ACT,6,,EL2;
EL2     TERM;
T1T1    ASSIGN,ATRIB(2)=20*NNQ(8),XX(45)=0,ATRIB(6)=1,1;
        BATCH,,,ATRIB(2),6,FIRST/6,,,1;
        ACT,,,DEL;
T1T     GOON,1;
        ACT,,,NNQ(9).GE.7.OR.NNQ(10).GE.6,DONT;
        ACT,,,SZ;
DONT    ASSIGN,XX(45)=XX(45)+1,1;

```

ACT,,Q32;

SZ ASSIGN,XX(36)=XX(36)+1,ATRIB(7)=10,1;
TOR2 UNBATCH,7,1;
ACT,,BCL2;
BCL2 GOON,1;
ACT,,XX(36).GT.ATRIB(5).OR.XX(36).EQ.1,ET;
ACT,,CA;
ET ASSIGN,XX(36)=1,XX(7)=1.2*RNORM(117.5,52.7),1;
ACT,,XX(7).GE.10,Y2;
ACT,,BG;
BG ASSIGN,XX(7)=10,1;
ACT,,Y2;
Y2 ASSIGN,II=XX(7)/20,XX(8)=XX(7)/20-II,1;
ACT,,XX(8).GE..5,C1;
ACT,,C2;
C1 ASSIGN,ATRIB(5)=II+1,ATRIB(6)=1,1;
ACT,,CA;
C2 ASSIGN,ATRIB(5)=II,ATRIB(6)=1,1;
CA BATCH,,ATRIB(5),6,FIRST/6;
ACT,6,,BSJ;
BSJ UNBATCH,5,1;
ACT,,ATRIB(11),MG2;
ACT,,ATRIB(8),TP2;
ACT,,ATRIB(10),SP2;
MG2 ASSIGN,ATRIB(12)=4,1;
ACT,,NND(9).GE.7,BCL2;
ACT,,BSI;
BSI ASSIGN,ATRIB(7)=10,1;
SEV BATCH,,ATRIB(7),,,1;
ACT,,Q37;
Q37 AWAIT(37/7),HAN2/7,BALK(Q38),1;
Q9 AWAIT(9/7),MAG2,BALK(Q10),1;
ACT,6;
GOON,1;
ACT,,XX(37).EQ.0.OR.NND(25).GT.0,Q37;
ACT,,FR4;
FR4 FREE,HAN2/1,1;
ASSIGN,XX(27)=5.9/XX(37),1;
UNBATCH,7,1;
QUEUE(25);
ACT,XX(27),,FRD;
Z3 ASSIGN,XX(24)=21,1;
Z4 ASSIGN,XX(24)=XX(24)-1,1;
ACT,,XX(24).NE.0,T1;
ACT,,Z3;
T1 GOON,1;
ACT,,XX(21).GE.20.OR.XX(21).EQ.1,X1A;
ACT,,X2A;
X1A ASSIGN,XX(2)=RNORM(92,57),1;
ACT,,XX(2).LT.11.4,VBA;
ACT,,UE;
VBA ASSIGN,XX(2)=11.4,1;
UE ASSIGN,XX(23)=XX(2)/20,II=0,1;
X2A ASSIGN,XX(23)=XX(23)-II,XX(25)=XX(23)/XX(24),
II=XX(25),XX(33)=XX(25)-II,1;
ACT,,XX(33).LT..5,SD1;

```

ACT,,,SD2;
SD1 ASSIGN,ATRIB(9)=II,XX(37)=ATRIB(9),1;
ACT,,,H5;
SD2 ASSIGN,ATRIB(9)=II+1,XX(37)=ATRIB(9),1;
H5 GOON,1;
ACT,,,ATRIB(9).LE.0,SEV;
ACT,,,VN1;
VN1 BATCH,,,ATRIB(9),6,FIRST/6;

ACT,,,UR;
TP2 ASSIGN,ATRIB(12)=5,1;
ACT,,,NNQ(10).GE.6,BCL2;
ACT,,,FF;
FF ASSIGN,ATRIB(7)=10,1;
SFV BATCH,,,ATRIB(7),,,,1;
ACT,,,Q38;
Q38 AWAIT(38/6),TRP2/6,BALK(Q32),1;
Q10 AWAIT(10/6),TEP2,BALK(Q32),1;
ACT,6;
GOON,1;
ACT,,,XX(38).EQ.0.OR.NNQ(26).GT.0,Q38;
ACT,,,FG;
FG FREE,TRP2/1,1;
ASSIGN,XX(29)=5.9/XX(38);
UNBATCH,7,1;
QUEUE(26);
ACT,XX(29),,PRO;
W1A ASSIGN,XX(24)=21,1;
W2A ASSIGN,XX(24)=XX(24)-1,1;
ACT,,,XX(24).NE.0,L1;
ACT,,,W1A;
L1 GOON,1;
ACT,,,XX(21).GE.20,X3A;
ACT,,,X4A;
X3A ASSIGN,XX(4)=RNORM(422,299),1;
ACT,,,XX(4).LT.59.3,VB1;
ACT,,,UF;
VB1 ASSIGN,XX(4)=59.3,1;
UF ASSIGN,XX(32)=XX(4)/20,II=0,1;
X4A ASSIGN,XX(32)=XX(32)-II,XX(22)=XX(32)/XX(24),
      II=XX(22),XX(34)=XX(22)-II,1;
ACT,,,XX(34).LT..5,SD3;
ACT,,,SD4;
SD3 ASSIGN,ATRIB(10)=II,XX(38)=ATRIB(10),1;
ACT,,,H6;
SD4 ASSIGN,ATRIB(10)=II+1,XX(38)=ATRIB(10),1;
H6 GOON,1;
ACT,,,ATRIB(10).LE.0,SFV;
ACT,,,VN2;
VN2 BATCH,,,ATRIB(10),6,FIRST/6;
ACT,,,UR;
UR COLCT,INT(4),TPS TRAP2,,,1;
TERM;
SP2 ASSIGN,ATRIB(12)=6,1;
BATCH,,,ATRIB(5),6,FIRST/6;
ACT,6;

```

TERM;

le poste 223

```
P3  AWAIT(11),P3/1;
    ACT,XX(50);
    ASSIGN,ATRI(3)=TNOW,1;
    ACT,REL(FST),NNO(13).GT.0;
    ACT,0,NNO(13).EQ.0,NIB;

NIB  FREE,P3/1;
FST  DETECT,NNO(13),XN,0;
    ACT,,EOL1;
EOL1 ASSIGN,XX(50)=TNOW-ATRI(3),1;
    COLCT,INT(4),TIME IN SYSTEM,,1;
    COLCT,INT(3),TIME IN P3,1;
KPS  TERM;
Q12  QUEUE(12);
    ACT,.6;
    GOON,1;
    ACT,,NNO(13).GT.0,Q12;
    ACT,,TACK;
TACK UNBATCH,2,1;
Q13  AWAIT(13),CALAIS3,,1;
    ACT,10,XX(5).LE.120.AND.NNO(15).LT.6,T2T;
    ACT,,T2T2;
Q33  QUEUE(33);
    ACT,6,,EL3;
EL3  TERM;
T2T2 ASSIGN,ATRI(2)=20*NNO(13),XX(5)=0,ATRI(6)=1,1;
    BATCH,,ATRI(2),6,FIRST/6,,1;
    ACT,,DEL;
T2T  GOON,1;
    ACT,,NNO(14).GE.7.OR.NNO(15).GE.6,EONT;
    ACT,,TZ;
EONT ASSIGN,XX(5)=XX(5)+1,1;
    ACT,,Q33;
TZ   ASSIGN,XX(36)=XX(36)+1,ATRI(7)=10,1;
TOR3 UNBATCH,7,1;
    ACT,,BCL3;
BCL3 GOON,1;
    ACT,,XX(36).GT.ATRI(5).OR.XX(36).EQ.1,FT;
    ACT,,DA;
FT   ASSIGN,XX(36)=1,XX(7)=1.2*RNORM(117.5,62.7),1;
    ACT,,XX(7).GE.10,Y1B;
    ACT,,CG;
CG   ASSIGN,XX(7)=10,1;
Y1B  ASSIGN,II=XX(7)/20,XX(8)=XX(7)/20-II,1;
    ACT,,XX(8).GE..5,D1A;
    ACT,,D2A;
D1A  ASSIGN,ATRI(5)=II+1,ATRI(6)=1,1;
    ACT,,DA;
D2A  ASSIGN,ATRI(5)=II,ATRI(6)=1,1;
DA   BATCH,,ATRI(5),6,FIRST/6;
    ACT,6,,CSJ;
CSJ  UNBATCH,5,1;
```

```

ACT,, ATRIB(11),MG3;
ACT,, ATRIB(8),TP3;
ACT,, ATRIB(13),SP3;
MG3 ASSIGN, ATRIB(12)=7,1;
ACT,, NNO(14).GE.7, BCL3;
ACT,, ,CSI;
CSI ASSIGN, ATRIB(7)=10,1;
TEV BATCH,, ATRIB(7),,,1;
ACT,, ,Q39;
Q39 AWAIT(39/7), HAN3/7, BALK(Q40),1;
Q14 AWAIT(14/7), MAG3, BALK(Q15),1;
ACT,6;
GOON,1;
ACT,, XX(39).EQ.0, OR.NNO(27).GT.0, Q39;
ACT,, ,FR3;
FR3 FREE, HAN3/1,1;
ASSIGN, XX(27)=5.9/XX(39),1;
UNBATCH,7,1;
QUEUE(27);
ACT,XX(27),,PRO;
Z1B ASSIGN, XX(24)=21,1;
Z2B ASSIGN, XX(24)=XX(24)-1,1;
ACT,, XX(24).NE.0, U1;
ACT,, ,Z1B;
U1 GOON,1;
ACT,, XX(21).GE.20, X1B;
ACT,, ,X2B;
X1B ASSIGN, XX(2)=RNORM(92,57),1;
ACT,, ,F2;
F2 GOON,1;
ACT,, XX(2).LT.11.4, VC;
ACT,, ,VE;
VC ASSIGN, XX(2)=11.4,1;
VE ASSIGN, XX(23)=XX(2)/20, II=0,1;
X2B ASSIGN, XX(23)=XX(23)-II, XX(25)=XX(23)/XX(24),
      II=XX(25), XX(33)=XX(25)-II,1;
ACT,, XX(33).LT..5, TD1;
ACT,, ,TD2;
TD1 ASSIGN, ATRIB(9)=II, XX(39)=ATRI(9),1;
ACT,, ,I5;
TD2 ASSIGN, ATRIB(9)=II+1, XX(39)=ATRI(9),1;
I5 GOON,1;
ACT,, ATRIB(9).LE.0, TEV;
ACT,, ,WN1;
WN1 BATCH,, ATRIB(9),6, FIRST/6;
ACT,, ,VR;
TP3 ASSIGN, ATRIB(12)=8,1;
ACT,, NNO(15).GE.6, BCL3;
ACT,, ,GF;
GF ASSIGN, ATRIB(7)=10,1;
TEV BATCH,, ATRIB(7),,,1;
ACT,, ,Q40;
Q40 AWAIT(40/6), TRP3/6, BALK(Q33),1;
Q15 AWAIT(15/6), TEP3, BALK(Q33),1;
ACT,6;

```

```

GOON,1;
ACT,,XX(40).EQ.0.OR.NNQ(28).GT.0,Q40;
ACT,,,GG;
GG FREE,TRP3/1,1;
ASSIGN,XX(29)=5.9/XX(40),1;
UNBATCH,7,1;
QUEUE(28);
ACT,XX(29),,PRO;
W1B ASSIGN,XX(24)=21,1;
W2B ASSIGN,XX(24)=XX(24)-1,1;
ACT,,XX(24).NE.0,M1;

ACT,,,W1B;
M1 GOON,1;
ACT,,XX(21).GE.20,X3B;
ACT,,,X4B;
X3B ASSIGN,XX(4)=RNORM(422,299),1;
ACT,,XX(4).LT.59.3,VBB;
ACT,,,VF;
VBB ASSIGN,XX(4)=59.3,1;
VF ASSIGN,XX(32)=XX(4)/20,II=0,1;
X4B ASSIGN,XX(32)=XX(32)-II,XX(22)=XX(32)/XX(24),
      II=XX(22),XX(34)=XX(22)-II,1;
ACT,,XX(34).LT..5,TD3;
ACT,,,TD4;
TD3 ASSIGN,ATRIB(10)=II,XX(40)=ATRIB(10),1;
ACT,,,I6;
TD4 ASSIGN,ATRIB(10)=II+1,XX(40)=ATRIB(10),1;
I6 GOON,1;
ACT,,ATRIB(10).LE.0,TFV;
ACT,,,WN2;
WN2 BATCH,,ATRIB(10),6,FIRST/6;
ACT,,,VR;
VR COLCT,INT(4),TPS TRA P3,,1;
TERM;
SP3 ASSIGN,ATRIB(12)=9,1;
BATCH,,ATRIB(5),6,FIRST/6;
ACT,6;
TERM;

```

LE POSTE 224

```

P4 AWAIT(16),P4/1;
ACT,XX(51);
ASSIGN,ATRIB(3)=TNOW,1;
ACT,REL(FST1),NNQ(18).GT.0;
ACT,0,NNQ(18).EQ.0,NIB1;
NIB1 FREE,P4/1;
FST1 DETECT,NNQ(18),XN,0;
ACT,,,FOL1;
FOL1 ASSIGN,XX(51)=TNOW-ATRIB(3),1;
COLCT,INT(4),TIME IN SYSTEM,,1;
COLCT,INT(3),TIME IN P4,1;
KP7 TERM;

```

```

Q17  QUEUE(17);
      ACT,6;

      GOON,1;
      ACT,,NNO(18).GT.0,Q17;
      ACT,,,TBCK;
TBCK  UNBATCH,2,1;
Q18  AWAIT(10),CALA154,,1;
      ACT,10,XX(41).LE.120.AND.NNO(20).LT.3,T3T;
      ACT,,,T3T3;
Q34  QUEUE(34);
      ACT,6,,EL4;
EL4   TERM;
T3T3  ASSIGN,ATRIB(2)=20*NNO(18),XX(41)=0,ATRIB(6)=1,1;
      BATCH,,ATRIB(2),6,FIRST/6,,1;

      ACT,,,DEL;
T3T   GOON,1;
      ACT,,NNO(19).GE.12.OR.NNO(20).GE.3,FOUNT;
      ACT,,,TZ1;
FOUNT ASSIGN,XX(41)=XX(41)+1,1;
      ACT,,,Q34;
TZ1   ASSIGN,XX(36)=XX(36)+1,ATRIB(7)=10,1;
TOR4  UNBATCH,7,1;
      ACT,,,BCL4;
BCL4  GOON,1;
      ACT,,XX(36).GT.ATRIB(5).OR.XX(36).EQ.1,FT11;
      ACT,,,DA1;
FT11  ASSIGN,XX(36)=1,XX(17)=1.2*RNORM(128.2,88.3),1;
      ACT,,XX(17).GE.10,Y2B;
      ACT,,,CG1;
CG1   ASSIGN,XX(17)=10,1;
Y2B   ASSIGN,II=XX(17)/20,XX(8)=XX(17)/20-II,1;
      ACT,,XX(8).GE..5,D3A;
      ACT,,,D4A;
D3A   ASSIGN,ATRIB(5)=II+1,ATRIB(6)=1,1;
      ACT,,,DA1;
D4A   ASSIGN,ATRIB(5)=II,ATRIB(6)=1,1;
DA1   BATCH,,ATRIB(5),6,FIRST/6;
      ACT,6,,CSJ1;
CSJ1  UNBATCH,5,1;
      ACT,,ATRIB(11),MG4;
      ACT,,ATRIB(8),TP4;
      ACT,,ATRIB(13),SP4;
MG4   ASSIGN,ATRIB(12)=10,1;
      ACT,,NNO(19).GE.12,BCL4;
      ACT,,,CS11;
CS11  ASSIGN,ATRIB(7)=10,1;
TEV1  BATCH,,ATRIB(7),,,1;
      ACT,,,Q41;
Q41   AWAIT(41/12),HAN4/12,BALK(Q42),1;
Q19   AWAIT(19/12),MAG4,BALK(Q20),1;
      ACT,6;
      GOON,1;
      ACT,,XX(13).EQ.0.OR.NNO(29).GT.0,Q41;
      ACT,,,FR2;
FR2   FREE,HAN4/1,1;
      ASSIGN,XX(27)=5.9/XX(13),1;
      UNBATCH,7,1;

```

```

        QUEUE(29);
        ACT,XX(27),,PRO;
Z3B  ASSIGN,XX(24)=21,1;
Z4B  ASSIGN,XX(24)=XX(24)-1,1;
        ACT,,XX(24).NE.0,U2;
        ACT,,,Z3B;
U2   GOON,1;
        ACT,,XX(21).GE.20,X1B1;
        ACT,,,X2B1;
X1B1 ASSIGN,XX(14)=RNORM(272,176),1;
        ACT,,XX(14).LT.32.1,VC1;
        ACT,,,VE1;
VC1  ASSIGN,XX(14)=32.1,1;
VE1  ASSIGN,XX(23)=XX(14)/20,II=0,1;
X2B1 ASSIGN,XX(23)=XX(23)-II,XX(25)=XX(23)/XX(24),
        II=XX(25),XX(33)=XX(25)-II,1;
        ACT,,XX(33).LT..5,TD11;
        ACT,,,TD21;
TD11 ASSIGN,ATRI(9)=II,XX(13)=ATRI(9),1;
        ACT,,,I51;
TD21 ASSIGN,ATRI(9)=II+1,XX(13)=ATRI(9),1;
I51  GOON,1;
        ACT,,ATRI(9).LE.0,TEV1;
        ACT,,,WN11;
WN11 BATCH,,ATRI(9),6,FIRST/6;
        ACT,,,VR1;
TP4  ASSIGN,ATRI(12)=11,1;
        ACT,,NNQ(20).GE.3,BCL4;
        ACT,,,GF1;
GF1  ASSIGN,ATRI(7)=10,1;
TFV1 BATCH,,ATRI(7),,,1;
        ACT,,,Q42;
Q42  AWAIT(42/3),TRP4/3,BALK(Q34),1;
Q20  AWAIT(20/3),TEP4,BALK(Q34),1;
        ACT,6;
        GOON,1;
        ACT,,XX(15).EQ.0.OR.NNQ(30).GT.0,Q42;
        ACT,,,GG1;
GG1  FREE,TRP4/1,1;
        ASSIGN,XX(29)=5.9/XX(15),1;
        UNBATCH,7,1;
        QUEUE(30);
        ACT,XX(29),,PRO;
W3B1 ASSIGN,XX(24)=21,1;
W4B1 ASSIGN,XX(24)=XX(24)-1,1;
        ACT,,XX(24).NE.0,M11;
        ACT,,,W3B1;
M11  GOON,1;
        ACT,,XX(21).GE.20,X3B1;
        ACT,,,X4B1;
X3B1 ASSIGN,XX(16)=.19*RNORM(1393,908),1;
        ACT,,XX(16).LT.166.9,VBB1;
        ACT,,,VF1;
VBB1 ASSIGN,XX(16)=166.9,1;
VF1  ASSIGN,XX(32)=XX(16)/20,II=0,1;

```

```

X4B1  ASSIGN,XX(32)=XX(32)-II,XX(22)=XX(32)/XX(24),
      II=XX(22), XX(34)=XX(22)-II,1;
      ACT,,XX(34).LT..5,TD31;
      ACT,,TD41;
TD31  ASSIGN,ATRIB(10)=II,XX(15)=ATRIB(10),1;
      ACT,,I61;
TD41  ASSIGN,ATRIB(10)=II+1,XX(15)=ATRIB(10),1;
I61   GOON,1;
      ACT,,ATRIB(10).LE.0,TFV1;
      ACT,,WN21;
WN21  BATCH,,ATRIB(10),6,FIRST/6;
      ACT,,VR1;
VR1   COLLECT,INT(4),TPS TRAP4,,1;
      TERM;

SP4   ASSIGN,ATRIB(12)=12,1;
      BATCH,,ATRIB(5),6,FIRST/6;
      ACT,6;
      TERM;

PRO   GOON,1;
      ACT,,XX(21).GT.20,LO1;
      ACT,,LO2;
LO1   ASSIGN,XX(21)=0,1;
      ACT,,LO2;
LO2   ASSIGN,XX(21)=XX(21)+1,1;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.1.AND.XX(21).GE.20,Z1;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.1.AND.XX(21).LT.20,Z2;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.2.AND.XX(21).GE.20,W1;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.2.AND.XX(21).LT.20,W2;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.4.AND.XX(21).GE.20,Z3;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.4.AND.XX(21).LT.20,Z4;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.5.AND.XX(21).GE.20,W1A;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.5.AND.XX(21).LT.20,W2A;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.7.AND.XX(21).GE.20,Z1B;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.7.AND.XX(21).LT.20,Z2B;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.8.AND.XX(21).GE.20,W1B;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.8.AND.XX(21).LT.20,W2B;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.10.AND.XX(21).GE.20,Z3B;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.10.AND.XX(21).LT.20,Z4B;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.11.AND.XX(21).GE.20,W3B1;
      ACT,,ATRIB(12).EQ.11.AND.XX(21).LT.20,W4B1;
DEL   TERM;
      CREATE,,,1;
      ACT,12;
CAB1  OPEN,CALAIS1;
      ACT,12;
      CLOSE,CALAIS1;
      ACT,12,,CAB1;
      CREATE,,,1;
      ACT,12;
BAB1  OPEN,MAG1;
      ACT,12;
      CLOSE,MAG1;
      ACT,12,,BAB1;
      CREATE,,,1;
      ACT,12;

```

```
EAB1 OPEN,TEP1;
    ACT,12;
    CLOSE,TEP1;
    ACT,12,,EAB1;
    CREATE,,,,1;
    ACT,12;
CAB2 OPEN,CALAIS2;
    ACT,12;
    CLOSE,CALAIS2;
    ACT,12,,CAB2;
    CREATE,,,,1;
    ACT,12;
DAB2 OPEN,MAG2;
    ACT,12;
    CLOSE,MAG2;

    ACT,12,,DAB2;
    CREATE,,,,1;
    ACT,12;
EAB2 OPEN,TEP2;
    ACT,12;
    CLOSE,TEP2;
    ACT,12,,EAB2;
    CREATE,,,,1;
    ACT,12;
CAB3 OPEN,CALAIS3;
    ACT,12;
    CLOSE,CALAIS3;
    ACT,12,,CAB3;
    CREATE,,,,1;
    ACT,12;
DAB3 OPEN,MAG3;
    ACT,12;
    CLOSE,MAG3;
    ACT,12,,DAB3;
    CREATE,,,,1;
    ACT,12;
EAB3 OPEN,TEP3;
    ACT,12;
    CLOSE,TEP3;
    ACT,12,,EAB3;
    CREATE,,,,1;
    ACT,12;
CAB4 OPEN,CALAIS4;
    ACT,12;
    CLOSE,CALAIS4;
    ACT,12,,CAB4;
    CREATE,,,,1;
    ACT,12;
DAB4 OPEN,MAG4;
    ACT,12;
    CLOSE,MAG4;
    ACT,12,,DAB4;
    CREATE,,,,1;
    ACT,12;
EAB4 OPEN,TEP4;
```

```
ACT,12;  
CLOSE,TEP4;  
ACT,12,,EAB4;  
ENDNETWORK;  
TIMST,XX(26),TGE TRANS GC;  
TIMST,XX(7),CAD MANUT GC;  
TIMST,XX(46),TGE TRANS RO;  
TIMST,XX(17),CAD MANUT RO;  
TIMST,XX(30),ENLEV DECMG1;  
TIMST,XX(31),ENLEV DEC TP1;  
TIMST,XX(2),ENLEVDEC MG23;  
TIMST,XX(4),ENLEVDEC TP2;  
TIMST,XX(14),ENLEVDEC MG4;  
  
TIMST,XX(16),ENLEVDECTP4;  
MONTR,CLEAR,3600,7920;  
INIT,0,7920;  
  
FIN;
```

DETERMINATION DE LA CAPACITÉ MOYENNE DES AIRES D'ENTREPOSAGE

Pour la détermination de la capacité moyenne de chaque aire d'entreposage (magasin ou terre plein), nous avons procédé au calcul suivant :

Nous avons pu collecté pour toute l'année de 1991 le tonnage à quai (tonnage au magasin et terre-plein) à partir des rapports de souffrances donnant la situation des aires d'entreposage chaque dix jours .

38.5% de la marchandise déchargée étaient destinées aux magasins et 61.5% aux terres-plein .

Soient : τ_i (respectivement τ_{ii}) le taux d'occupation du magasin (respectivement du terre-plein),

Q_i le tonnage à quai pour la décade i d'un poste .

La quantité de marchandise dans l'aire d'entreposage est donnée par :

$$\begin{aligned} E_i &= 38.5 * Q_i && \text{pour le magasin} \\ E_{ii} &= 61.5 * Q_i && \text{pour le terre-plein.} \end{aligned}$$

La capacité moyenne du magasin (terre-plein) :

Si τ_i (respectivement τ_{ii}) le taux correspond à la quantité E_i (respectivement E_{ii}), la quantité X_i correspondante à un taux de 100 % est:

$$X_i = \frac{100 * E_i}{\tau_i} \quad \text{pour le magasin}$$

$$X_{ii} = \frac{100 * E_{ii}}{\tau_{ii}} \quad \text{pour le terre-plein}$$

La capacité moyenne du magasin (terre-plein) sera alors :

$$C_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad \text{où } n \text{ est le nombre de décades .}$$

Résultats :

	MAGASIN	T-PLEIN
CAPACITE MOYENNE DES AIRES 22/1	4413 T	4100 T
CAPACITE MOY. DES AIRES 22/2,3	1457 T	1171 T
CAPACITE MOYENNE DES AIRES 22/4	2345 T	521 T

Les données ayant permis de trouver ces résultats sont resumées dans les tableaux suivants :

POSTE 22/1

TONNAGE A QUAI	% MG	% T-F	ENCOMBRE- -MENT MAG	%	ENCOMBRE- -MENT T-F	%	CAPACI- -TE MAG	CAPACITE T-F
7815	65	50	2931.775	65	4883.225	50	4510	9366
2360	92.5	60	908.6	92.5	1451.4	60	582	2419
9631	75	40	3707.935	75	5923.065	40	4944	14808
4925	80	10	1896.125	80	3028.875	10	2570	30289
2759	45	75	1062.215	45	1696.785	75	2360	2262
4273	40	65	1645.105	40	2627.895	65	4113	4043
4273	30	70	1645.105	30	2627.895	70	5484	5754
3217	47.5	80	1238.545	47.5	1978.455	80	2607	2473
4827	55	85	1858.395	55	2968.605	85	3379	3492
3860	45	80	1486.1	45	2373.9	80	3302	2967
6108	52.5	100	2351.58	52.5	3756.42	100	4479	3756
4690	40	85	1805.65	40	2884.35	85	4514	3393
5534	40	90	2130.59	40	3403.41	90	5336	3782
5826	30	30	2243.01	30	3582.99	30	7477	4479
3625	15	75	1395.625	15	2229.375	75	9304	2973
5081	45	75	1956.185	45	3124.815	75	4347	4186
9307	47.5	100	3583.195	47.5	5723.805	100	7544	5724
4700	45	80	1809.5	45	2890.5	80	4021	3613
4576	52.5	70	1761.76	52.5	2814.24	70	3356	4020
3773	85	80	1452.605	85	2320.395	80	1709	2900
6024	65	80	2319.24	65	3704.76	80	3568	4631
10136	75	80	3902.36	75	6233.64	80	5203	7792
11628	57.5	85	4476.78	57.5	7151.22	85	7786	8413
11676	75	65	4495.26	75	7180.74	65	5994	11047
3671	62.5	50	1413.335	62.5	2257.665	50	2281	4515
3502	47.5	60	1348.27	47.5	2153.73	60	2836	3590
4894	35	35	1884.19	35	3009.81	35	5383	3541

POSTE 22/2.3

TONNAGE A QUAI	% MG	% T-P	ENCOMBRE- -MENT MAG	%	ENCOMBRE- -MENT T-P	%	CAPACI- -TE MAG	CAPACITE T-P
196	50	80	75.46	50	120.54	80	150.92	150.675
650	72.5	65	250.25	72.5	399.75	65	150.92	615
2379	77.5	90	915.915	77.5	1463.085	90	345.172	1625.85
1784	50	90	686.84	50	1097.16	90	1181.82	1219.07
2200	42.5	85	847	42.5	1353	85	1373.66	1591.76
1799	35	70	692.615	35	1106.385	70	1978.9	1580.55
1685	45	75	648.725	45	1036.275	75	1441.61	1381.7
1147	40	65	441.595	40	705.405	65	1103.98	1085.23
707	30	70	272.195	30	434.805	70	907.31	621.15
2379	45	80	915.915	45	1463.085	80	2055.36	1828.85
2642	47.5	70	1017.17	47.5	1624.83	70	2141.41	2321.16
2560	47.5	100	985.6	47.5	1574.4	100	2074.94	1574.4
1693	45	75	651.805	45	1041.195	75	1448.45	1388.26
2354	15	75	906.29	15	1447.71	75	6041.93	1930.28
1781	30	80	685.685	30	1095.315	80	2285.61	1369.14
1966	40	90	756.91	40	1209.09	90	1892.27	1343.46
860	40	85	331.1	40	528.9	85	872.75	822.28
1389	55	100	534.765	55	854.235	100	972.8	854.235
1001	60	100	385.385	60	615.615	100	642.5	615.615
545	52.5	100	209.825	52.5	335.175	100	399.77	335.175
1240	45	80	477.4	45	762.6	80	1060.89	953.25
1564	55	85	602.14	55	961.86	85	1094.8	1131.6
1604	47.5	80	617.54	47.5	986.46	80	1300.08	1233.075
1147	40	65	441.595	40	705.405	65	1103.98	1085.23
707	30	70	272.195	30	434.805	70	907.31	621.15
1685	45	75	648.725	45	1036.275	75	1141.61	1181.7

POSTE 22/4

TONNAGE A QUAI	% MG	% T-P	ENCOMBRE- -MENT MAG	%	ENCOMBRE- -MENT T-P	%	CAPACI- -TE MAG	CAPACITE T-P
2455	80	70	945.175	80	1509.825	70	1181.47	2156.9
4890	90	90	1882.65	90	3007.35	90	2091.34	3341.5
4030	75	90	1555.55	75	2478.45	90	2068.73	2753.83
4229	65	60	1628.155	65	2600.835	60	2504.87	4334.725
3450	55	30	1328.25	55	2121.75	30	1554.88	7072.5
3029	75	80	1166.165	75	1862.835	80	1554.88	2328.54
3418	60	70	1315.93	60	2102.07	70	2193.21	3002.95
511	50	70	196.735	50	314.265	70	2393.47	448.95
7109	80	100	2736.965	80	4372.035	100	3421.20	4372.035
6290	90	100	2421.65	90	3868.35	100	2690.72	3868.35
4217	75	70	1623.545	75	2593.455	70	2164.72	3704.93
2552	70	80	982.52	70	1569.48	80	1403.62	1961.85
1738	45	30	669.13	45	1068.87	30	1486.95	3562.9
3821	60	85	1471.085	60	2349.915	85	2451.81	2764.6
3500	60	100	1347.5	60	2152.5	100	2245.83	2152.5
3782	35	100	1456.07	35	2325.93	100	4160.23	2325.93
3821	45	85	1471.085	45	2349.915	85	3269.07	2764.60
5448	75	80	2097.48	75	3350.52	80	2796.64	4188.15
5656	52.5	70	2177.56	52.5	3478.44	70	4147.73	4969.2
3880	55	50	1493.8	55	2386.2	50	2714.54	4772.4
2495	57.5	85	960.575	57.5	1534.425	85	1670.56	1805.2
5842	75	100	2249.17	75	3592.83	100	2998.9	3592.83
3247	65	50	1250.095	65	1996.905	50	1923.22	3993.81

DESCRIPTION DU LOGICIEL UNIFIT

UNIFIT est un logiciel en mode inter-actif qui permet d'adapter un échantillon de données qu'on a collecté expérimentalement à une distribution de probabilité théorique (ex: Normale, exponentielle, ...). Son avantage est qu'il permet de trouver la meilleure représentation qui s'adapte à un cas, et ceci en peu de temps chose qui est souvent négligée à cause du temps requis.

On se contente souvent de prendre une distribution bien connue par exemple : Normale, sans être certain qu'elle s'adapte réellement au cas, ou on ne prend aucune distribution. Il est capable d'adapter un échantillon à l'une des 13 distributions continues ou des 5 distributions discrètes.

I-POCEDURE D'AJUSTEMENT :

Après avoir créer un fichier, et une fois ce fichier rappelé, un sommaire statistique de l'échantillon est affiché. Ce dernier donne les valeurs minimum, maximum, moyenne, variance, ... de l'échantillon

II-CALCUL DU NOMBRE DE CLASSE ET L'AMPLITUDE :

Elles sont déterminées par l'utilisateur, on utilise souvent pour les déterminer les formules de STURGE suivantes:

$$K \geq 1 + \frac{10}{3} \log_{10}(n) ; \quad K : \text{nombre de classes}$$

n : taille de l'échantillon

$$A = \frac{w}{1 + \log_{10}(n) / \log_{10}(2)} ; \quad A : \text{amplitude de la classe}$$

w : étendu = max(n) - min(n)

III-CHOIX DU TYPE DE DISTRIBUTION :

Pour choisir le type de distribution que peut avoir notre échantillon, le logiciel nous permet d'avoir une idée sur l'allure de l'histogramme des données observées, ce qui nous aide à éliminer certains cas, et d'y arriver plus rapidement à trouver leur distribution. Notons que les paramètres des lois de distribution sont estimés par ce logiciel ou fixées par l'utilisateur.

IV-PROCEDURE DE TEST :

L'utilisateur a le choix entre trois tests : Chicarré, Kolmogorov smirnov, Anderson-Darling .

Pour notre cas, nous avons choisi le test de Chi carré qui est le plus puissant .

V-ACCEPTATION ET REFUS DE L'HYPOTHESE:

Si le niveau du test α fixé par l'opérateur est inférieur à la probabilité d'excéder les statistiques observées on accepte l'hypothèse que le modèle est bon, et on la rejette dans le cas contraire . Cependant il ya des cas critiques où on ne peut affirmer le rejet ou le non rejet de l'hypothèse (quand le niveau α fixé par l'opérateur est sensiblement égale à la probabilité d'excéder les statistiques observées) dans ce cas, on dit que la distribution s'adapte marginalement à l'échantillon , il est alors suggéré d'essayer d'autres distributions.

VI CHOIX D'UN MODELE FINAL :

Souvent on ne se contente pas d'essayer une seule distribution mais on essaye plusieurs, donc il ya de forte chance qu'il y ait plusieurs distributions qui s'adapte à l'échantillon étudié. Il s'agit donc de trouver le meilleur modèle. Le logiciel permet alors de faire un test de comparaison entre les différents modèles.

BILANS GLOBAUX DE VOYAGE DES NAVIRES

DUREE (js) DE VOYAGE	TEMPS (JS EN MER	TEMPS EN RADE AUX PORTS ETRANG- -ERS	TEMPS EN RADE AUX PORTS ALGER- -ENS	TEMPS (js DE CHARGE P. ETRAN	TEMPS DE DECH. P. ALG.	AUTRES (jours)
88	37	-	2	18	31	
30	14	-	-	6	10	
110	39	-	8	24	39	
54	11	-	-	8	35	
45	15	-	-	12	18	
47	14	-	-	9	24	
22	10	-	-	3	9	
44	15	-	-	6	18	5. Avorte
44	13	-	-	7	24	
117	35	-	3	15	45	17 autres
14	7	-	1	2	4	
18	9	-	-	4	5	
11	7	-	-	2	2	
13	5	-	-	3	5	
83	14	-	6	9	54	
70	14	-	7	15	34	
52	20.5	-	13	5	10	3.5 A. Tec
85	18	-	8	14	38.5	
81	22.5	-	10	15	33.5	
82	10	-	19	6	47	
76	7	-	14	6	49	
70	10	-	11	12	37	
99	57	-	10	11	21	
115	41	-	5	22	49	
96	11	3	5	7	71	42. A. Tec.
37	13	-	15	3	6	
21	13	-	-	3	5	
52	15	-	9	7	21	
59	11	9	2	11	26	
63	27	-	7	7	19	3. A. Tec.
70	19	-	2	12	35	2. A. Tec.
64	23	-	4	10	24	3. A. Tec.
70	17	-	4	8	38	3 A. Tec.
33	11	-	1	5	16	
27	13	-	1	6	7	
53	17	-	-	11	25	
39	12	-	-	10	17	
43	16	-	-	5	22	
69	15	10	6	9	29	
61	15	-	2	8	36	
54	15	-	-	9	30	
Σ x= 2381	708	22	169	356	1069	78.5
\bar{x} = 58.07	17.7	0.56	4.12	8.9	26.03	1.9
	29.7 %	0.9 %	7 %	14.9 %	44.9 %	2.6 %

Ces nombres sont tirés des bilans globaux de voyage des navire de l'unité "ligne du nord" un prototype de ces bilans est donné ci-après

L'analyse de ces chiffres montre que la rotation d'un navire est composée comme suit:

- 29.7 % du temps de la rotation est passé en mer ;
- 0.9 % du temps de la rotation en rade aux ports étrangers;
- 07 % du temps de la rotation en rade aux ports Algériens;
- 14.9 % du temps de la rotation passé aux ports étrangers pour le chargement;
- 44.9 % du temps de la rotation passé aux ports Algériens pour le déchargement.
- 2.6 % autres (avarie, arrêt technique, ...).

On voit que le temps passé dans les ports Algériens pour décharger la marchandise est très important (≈ 3 fois) le temps passé dans les ports étrangers pour la charger.

Il est connu dans le milieu maritime que le chargement d'une cargaison est plus difficile que son déchargement.

Ce diagnostic nous a insisté à s'approcher du port d'Alger et mener un travail de recherche dans les opérations portuaires qui se font sur la marchandise diverse pour déceler les causes de ces ralentissements.

on peut représenter la composition de la rotation d'un navire comme suit :

EN MER	PORTS E		PORTS ALGERIENS	AVARIE
29.7 %	7 %	14.9 %	44.9 %	2.6
	R. P. A			
	RADE P. E			

Table 5.1.1-a IMPLANTATION ACTUELLE DES ABRIS ET AIRES A CIEL OUVERT DANS LE PORT D'ALGER

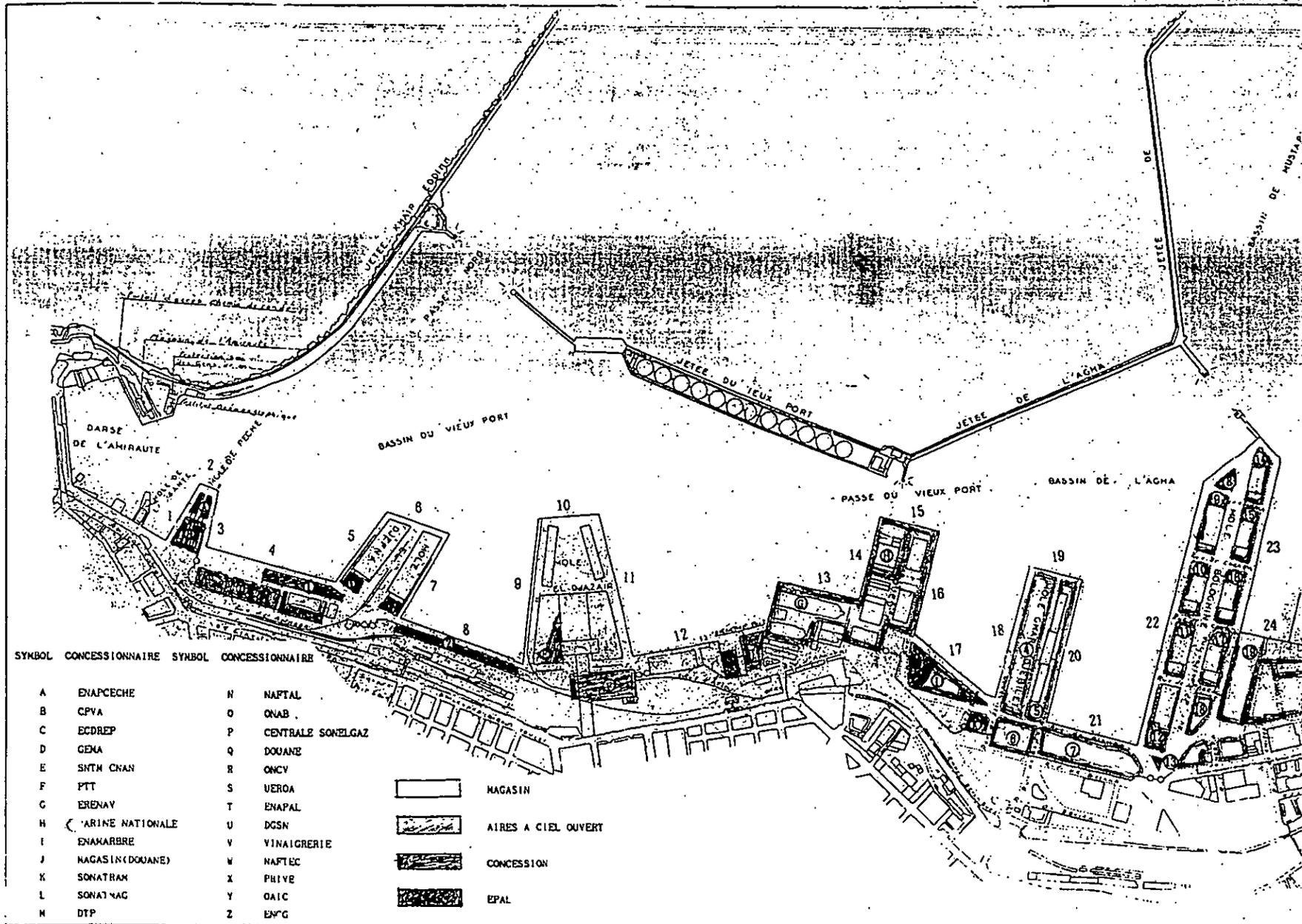


Table 5.1.1-b IMPLANTATION ACTUELLE DES ABRIS EL APRES A CIEL OUVERT DANS LE PORT DE ...

