

La reconstruction et le développement des ports français de la Manche et de la Mer du Nord ⁽¹⁾

par

D. LAVAL ⁽²⁾

Lorsqu'il m'a été demandé de présenter devant vous les travaux de reconstruction et d'amélioration des ports français de la Manche et de la Mer du Nord, j'ai été à la fois très sensible à l'honneur qui m'était fait et très conscient de la difficulté de ma tâche.

Très sensible à l'honneur de prendre la parole à cette tribune du CERES où vous avez appelé jusqu'ici tant de techniciens distingués qui ont traité de tous les problèmes de la technique moderne. A la confusion que je pourrais ressentir de ce fait, s'ajoute celle de voir cette séance présidée par M. le Directeur Général des Ponts et Chaussées WILLEMS dont j'avais déjà pu apprécier la bienveillance au cours de visites dans mon service et qui a bien voulu aujourd'hui y ajouter une marque d'estime dont je le remercie très respectueusement. Je tiens également à remercier M. le Recteur CAMPUS qui a organisé cette réunion, dérochant ainsi un peu de temps à ses travaux que nous connaissons tous en France, et que j'ai eu l'occasion d'étudier et d'admirer particulièrement lors de l'étude et de l'exécution du pont Corneille de Rouen qui est un des plus grands ouvrages en acier entièrement soudé existants.

(1) Communication présentée à la 30^e séance d'études du C.E.R.E.S. le 31 mars 1952.

(2) Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Directeur du Port de Rouen, Directeur régional de la Navigation.

Mais j'ai aussi mesuré toute la difficulté de la tâche qui m'était proposée. Décrire la reconstruction de huit ports dont trois des plus grands de la France, indiquer les travaux d'amélioration qui s'y réalisent pour assurer leur développement, est là un programme bien vaste et bien ambitieux pour une courte conférence. D'autant plus ambitieux que les établissements maritimes dont j'aurai à vous parler présentent une telle variété de conditions géographiques, techniques et économiques, qu'il serait vain d'essayer de grouper leur étude en quelques chapitres bien ordonnés et autour de quelques idées conductrices. De la frontière belge à la pointe du Finistère, on passe de la côte plate et sablonneuse des Flandres aux falaises du Boulonnais et de la Normandie et à la côte rocheuse du Cotentin et de la Bretagne. L'amplitude de la marée qui est de 6 à 7 m. à Dunkerque, dépasse 9 m. à Boulogne, est presque aussi importante à Dieppe, diminue au Havre et à Cherbourg où elle est de l'ordre de 8 m., mais atteint près de 13 m. 50 à Saint-Malo. Presque tous les types de ports et d'ouvrages sont représentés sur cette côte, depuis le port à digues extérieures convergentes de Dunkerque et du Havre, jusqu'au port d'estuaire qu'est Rouen, en passant par les ports à jetées normales à la côte de Boulogne et de Calais et le port à digue parallèle au rivage de Cherbourg. Toutes les fonctions économiques que peut assurer un établissement maritime y sont réunies. Grands ports de transit comme Dunkerque, Le Havre et Rouen; port industriel comme Rouen; ports de voyageurs comme Dunkerque, Calais, Boulogne, Dieppe, Le Havre et Cherbourg; ports de pêche comme Boulogne, Dieppe, Fécamp et beaucoup d'autres.

C'est donc sur la variété des problèmes qui se sont posés pour la reconstruction et l'amélioration des ports de la Manche et de la Mer du Nord que j'insisterai tout d'abord. Je m'excuse à l'avance du caractère de monographies que pourront présenter certaines parties de mon exposé : je crois qu'il était inévitable et qu'il est dans la nature même des choses.

L'ordre que j'ai essayé, malgré tout, de mettre dans ma communication sera le suivant.

Je présenterai d'abord dans une courte introduction les ports échelonnés de Dunkerque à Saint-Malo, en indiquant rapidement leurs caractéristiques physiques et économiques. Je vous indiquerai sommairement les destructions qu'ils ont subies en faisant ressortir leur importance globale.

J'aborderai ensuite la description de l'œuvre de reconstruction. Je l'ai divisée en quelques chapitres d'importance inégale :

- le renflouement des épaves et le dégagement des accès;
- les plans généraux de reconstruction;
- la reconstruction des grandes écluses;
- la reconstruction des murs de quais;
- la reconstruction de l'outillage : hangars, grues et engins divers.

Je terminerai par l'étude du développement des ports de la Manche et de la Mer du Nord. A cette occasion, je vous parlerai des questions suivantes :

- tendances du trafic;
- installations pour la réception des hydrocarbures;
- programmes d'amélioration de quelques ports et notamment de Boulogne-sur-Mer et de Rouen.

J'essaierai enfin, en conclusion, de rattacher l'œuvre entreprise dans nos ports à l'effort de reconstruction et d'équipement dans lequel la France est engagée depuis 1944.

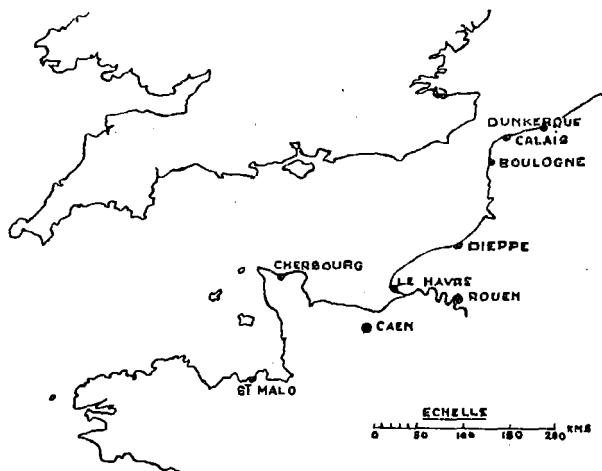
I — Les ports de la Manche et de la Mer du Nord.

La façade maritime Nord-Ouest de la France joue un grand rôle dans l'économie du pays. Elle dessert les deux régions les plus importantes du pays, du point de vue économique : la région industrielle du Nord à laquelle se rattache une partie de la région de l'Est et la région parisienne.

Comme le montre la carte qui est projetée maintenant, neuf ports d'une certaine importance s'y sont créés : trois qui comp-

tent parmi les plus grands ports français et qui sont par ordre du tonnage de marchandises qui s'y manutentionne Le Havre, Rouen et Dunkerque; six qui sont de moyenne importance et qui sont du Nord au Sud : Calais, Boulogne, Dieppe, Caen, Cherbourg et Saint-Malo.

Dunkerque et Calais se rattachent à la région économique du Nord, à laquelle ils sont reliés par le réseau de voies navigables le plus dense et le plus actif de France. Ce réseau, comme mon



1. — Carte des ports de la Manche et de la mer du Nord.

collègue M. DUMAS, Ingénieur en Chef de la Navigation à Lille l'a déjà indiqué devant vous, est en voie d'amélioration. Une liaison pour chalands de 1.300 T., au lieu de 300 T. actuellement, est en cours d'exécution entre Dunkerque et Lille. Il est également projeté de réunir cette voie principale à Calais par un canal de même section. Dunkerque et Calais jouent aussi un rôle important dans le trafic des voyageurs franco-anglais.

Boulogne a une situation un peu particulière. Du point de vue commercial, il a un hinterland limité à une partie de la Picardie. Mais c'est le plus grand port de pêche de France et aussi un port de voyageurs tant pour le trafic franco-anglais que pour le trafic transatlantique.

Avec des rôles divers et d'inégale importance, Dieppe, Le Havre et Rouen sont les ports d'entrée et de sortie de la région parisienne. Le Havre, second port de France après Marseille, est la tête de ligne du trafic transatlantique de marchandises et de voyageurs; il est devenu un grand port pétrolier. Rouen, troisième port français est le seul port d'estuaire de cette côte : il tire son importance de sa position qui en fait le port de transit de l'industrie parisienne. Rouen et Le Havre sont réunis à Paris par la Seine qui admet les plus grands chalands, jusqu'à 2.000 T. Dieppe présente quelque analogie avec Boulogne-sur-Mer : port de voyageurs franco-anglais, c'est aussi un port de pêche et il s'est spécialisé dans la réception des fruits et primeurs.

Cherbourg est à peu près exclusivement un port d'escales transatlantiques, position qu'il a pu prendre malgré le voisinage du Havre, grâce à sa position géographique et au développement de sa rade en eaux profondes. Caen et Saint-Malo sont des ports régionaux : Caen est l'exutoire de la métallurgie normande. Saint-Malo, port de grande pêche, assure l'expédition des primeurs de Bretagne et l'alimentation en charbon de l'industrie locale.

A ces ports jouant un rôle notable dans l'économie française, je pourrais ajouter une longue liste de ports secondaires : Gravelines, Etaples, Berck, Saint-Valery, Fécamp, Honfleur et tous les ports de la côte Nord de la Bretagne : Cancale, Morlaix, Paimpol, etc... Ces établissements sont surtout des ports de pêche, assez importants parfois comme Fécamp ou Paimpol : leur rôle dans l'économie générale est faible.

Le tableau qui va vous être projeté résume en quelques chiffres la place des ports de la Mer du Nord et de la Manche dans l'ensemble des ports français. Plus de la moitié du trafic maritime de la métropole passe par ces ports : 32.000.000 T. de marchandises sur 64.000.000 T., soit 50 %; 72.000.000 de tonneaux de jauge nette sur un mouvement général de 134.000.000 de tonneaux, soit 54 %; 2.000.000 de voyageurs de grande et moyenne navigation sur 3.500.000 soit 57 %.

**ROLES DES PORTS DE LA MANCHE
ET DE LA MER DU NORD DANS LE TRAFIC MARITIME FRANÇAIS.
ANNEE 1951**

Ports	Marchandises entrées et sorties	Tonnage de jauge des navires entrée et sortie	Voyageurs transatlantiques et européens.
	(en tonnes métriques)	(en tonneaux de jauge nette)	
Dunkerque	5.600.000	11.600.000	203.000
Calais	900.000	3.900.000	780.000
Boulogne	974.000	2.551.000	296.000
Dieppe	442.000	2.000.000	448.000
Le Havre	13.060.000	30.400.000	171.000
Rouen	8.850.000	10.200.000	.
Caen	1.650.000	1.140.000	
Cherbourg	560.000	10.400.000	54.000
Saint-Malo	197.000	555.400	89.000
Totaux :	32.233.000 T	72.746.400 tx	2.041.000 voy.
	Trafic total des ports français		
	63.800.000 T	134.000.000 tx	3.560.000 voy.

Part des ports de la Manche et de la Mer du Nord
50 % 54 % 57 %

2. — Tableau montrant le trafic des ports de la mer du Nord et de la Manche.

Ce tableau montre aussi que la presque totalité du trafic est concentrée au Nord de la Seine sur une longueur de côte d'environ 250 km. Les trois grands ports du Havre, de Rouen et de Dunkerque prennent à eux seuls près de 90 % du tonnage de marchandises manutentionnées de la frontière belge à la pointe de la Bretagne. Le trafic de voyageurs est plus réparti et se fait par 7 ports, dont 5 sont à cet égard d'importance presque égale.

III — Destructions subies par les ports de la Manche et de la Mer du Nord.

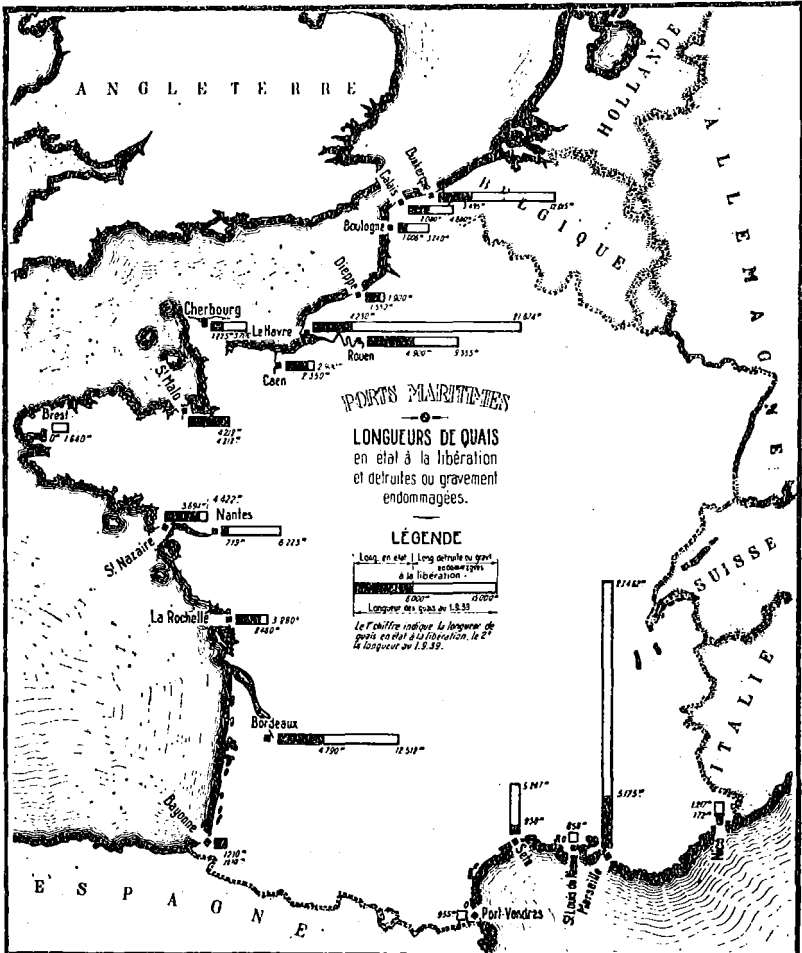
Les brèves indications que je viens de donner, montrent quelle est l'importance de la côte Nord-Ouest de la France et particulièrement de la région située au Nord de la Seine, dans l'économie générale du pays. La guerre et particulièrement la campagne de libération de juin à septembre 1944 devaient apporter aux ports de cette côte d'immenses dégâts et les transformer en chaos de ruines qu'on pouvait, lorsqu'il a été permis de se rendre compte de l'étendue du désastre, juger irréparables.

La campagne de 1940 avait bien causé quelques dégâts, notamment à Dunkerque, à Boulogne et à Dieppe. Mais ils étaient peu de chose à côté de ceux de 1944. La presque totalité des destructions furent des destructions volontaires, qui avaient été préparées généralement de longue date par l'armée d'occupation suivant un plan qui fut mis en œuvre, dans chaque port, quelques jours avant sa libération par les troupes alliées. Cherbourg fut le premier port libéré : il fut occupé par les Américains le 13 juillet 1944. Saint-Malo le fut un peu plus tard. Quant aux autres ports, ils furent libérés dans les premiers jours de septembre, sauf Dunkerque qui subit un siège de huit mois et ne fut reconquis que le 10 mai 1945.

Il serait fastidieux d'énumérer pour chaque port la longue liste des démolitions de quais, d'écluses, de hangars et d'outillages de toute nature.

La carte qui va vous être projetée vous permettra d'abord de vous rendre compte sous une forme schématique de l'importance des démolitions de quais. En face de chaque port on y voit une bande qui indique, à l'échelle, la longueur totale des quais existant avant-guerre. La partie noire de cette bande correspond à la longueur d'ouvrages restés intacts à la Libération; la partie blanche, la longueur d'ouvrages détruits. On peut ainsi juger, d'un coup d'œil, de l'ampleur du sinistre. Pour les ports dont nous nous occupons, 38 km. de quais sur 63 km. existants étaient

détruits, soit 60 %. Cette proportion rend mal compte d'ailleurs de l'importance économique des destructions, celles-ci ayant porté le plus souvent sur les ouvrages les plus utiles et certains ports moyens comme Dieppe, Caen et Saint-Malo étant sortis presque intacts, au moins en ce qui concerne les quais, de la tourmente. C'est probablement à un pourcentage de 75 à 80 % qu'il conviendrait de s'arrêter pour apprécier, en valeur réelle, la proportion des destructions subies.



3. — Carte des destructions.

A ces dégâts d'infrastructure s'ajoutaient ceux subis par les écluses d'accès aux bassins, dont toutes étaient détruites ou inutilisables, ceux des formes de radoub, notamment au Havre, où les 7 formes étaient atteintes, dont trois très gravement.

Les chenaux d'accès étaient embarrassés par de nombreuses épaves, coulées par les Allemands de manière à former barrages : leur nombre était d'environ un millier dans les ports de la Manche et de la Mer du Nord, sur un total de 2.120 coulées dans l'ensemble des ports français. Les profondeurs, non entretenues pendant plusieurs années, étaient partout devenues insuffisantes. A Dunkerque, par exemple, les fonds s'étaient relevés de 5 m. dans l'avant-port. A Boulogne, on chiffrait à 10 millions de m³, en 1950, l'importance des dragages nécessaires. Les travaux étaient rendus très difficiles par la présence de mines de toute nature.

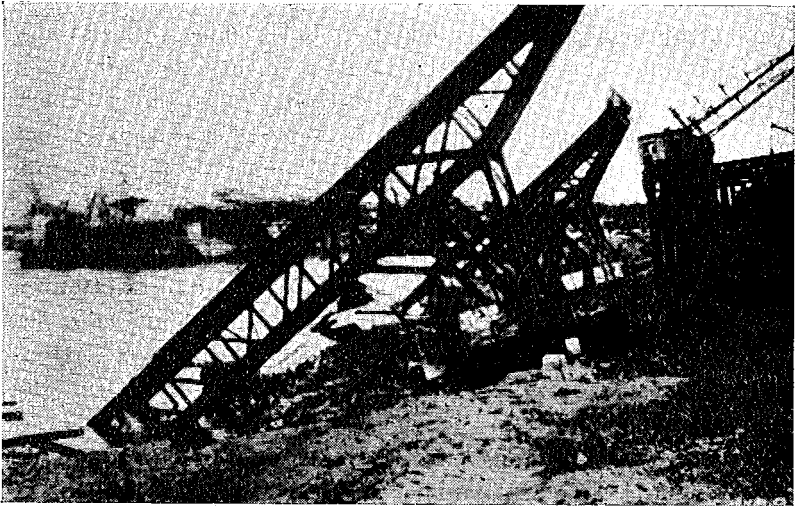
Quant aux installations portuaires de surface, hangars, magasins, outillages, elles avaient subi des dégâts encore beaucoup plus importants, en proportion, que les ouvrages d'infrastructure. L'outillage des grands ports qui avait été très développé entre les deux guerres, avait à peu près complètement disparu. A Dunkerque sur 185 grues, il n'en restait qu'une. A Rouen sur 180 grues, 21 grands portiques et 90 pontons-grues, il ne demeurait que 5 grues et 2 pontons. Au Havre la totalité des engins de levage qui ne comportaient pas moins de 280 grues de quais, avait disparu.

La surface de hangars détruits se chiffrait par centaines de milliers de m². 70.000 m² à Dunkerque, 20.000 environ à Boulogne, 40.000 à Rouen, 300.000 m² de hangars et 200.000 m² de magasins au Havre.

Enfin, tous les docks flottants à Dunkerque, au Havre, à Rouen, étaient coulés. La totalité du matériel de dragages, qui dans les ports français appartient à l'Etat, celui-ci exécutant l'entretien des profondeurs en régie, avait été sabordé ou détruit.

Il serait fort utile de donner à l'appui des indications sommaires précédentes une évaluation des destructions et des pertes

de matériel : elle est malheureusement fort difficile à effectuer en raison des variations de valeur de la monnaie depuis 1945. Je la chiffre très approximativement, y compris les travaux de renflouement d'épaves et de construction d'ouvrages provisoires, et tant pour l'infrastructure que pour l'équipement de superstructure, à quelques 250 milliards de nos francs actuels, soit à peu près 30 milliards de francs belges, pour les seuls ports de la Manche et de la Mer du Nord.



4. — Destructons caractéristiques dans le port de Rouen.

La Direction des ports maritimes français chiffrait en 1946, ce qui est une indication intéressante, la quantité de matériaux nécessaires à la reconstruction des ports à :

- 700.000 T. de métaux ferreux;
- 1.250.000 T. de ciment;
- 240.000 m³ de bois,

dont 60 % environ devaient correspondre aux ports de la côte Nord-Ouest.

Voici donc rappelé à grands traits l'état des ports français de la Manche et de la Mer du Nord, à la Libération. J'espère sans

être entré dans des détails impossibles à fournir ici, vous avoir donné au moins une idée de la désolation qu'offraient nos grands établissements maritimes en 1944. Ceux qui les ont alors visités n'oublieront pas les chaos de béton, de ferrailles, de débris de toutes sortes qui avaient été autrefois des ports. Je vais vous projeter quelques photos qui mieux qu'une longue description évoqueront cette dure période de notre histoire maritime.

III. — Les travaux de reconstruction.

A — Le dégagement des accès et des plans d'eau.

Lorsqu'on aborde l'exposé de la première phase des travaux de reconstruction, celle des déblaiements, des renflouements, de la mise en exploitation provisoire et qu'on l'a soi-même vécue, on s'aperçoit combien il est difficile d'en donner, après quelques années, une image approchant, même de loin, de la réalité. Comment décrire l'agitation presque désespérée de ces hommes livrés au milieu des ruines, sans aucun moyen ou à peu près, au pressant problème de rendre leur port utilisable. Ce qu'ils considéraient alors comme un triomphe : avoir découvert quelques nouveaux scaphandriers, renfloué un remorqueur, arraché aux services de réparation quelques centaines de tonnes d'acier, nous paraît aujourd'hui dérisoire. Et cependant c'est de la somme de ces efforts, dont l'efficacité a suivi heureusement comme celle de toute activité humaine, une loi rapidement croissante, qu'est sortie la reconstruction de nos ports. Quels ont alors été les problèmes principaux et comment ont ils été résolus.

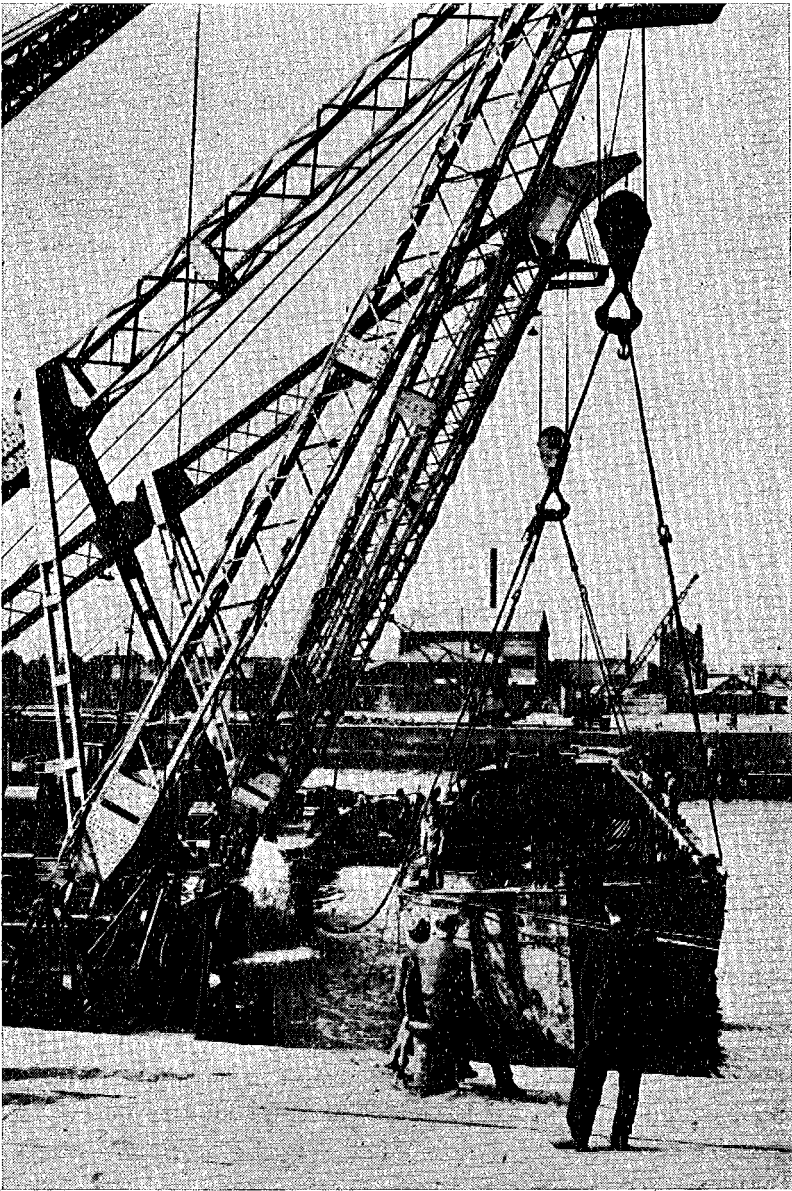
Renflouements.

Une des tâches les plus urgentes était celle du renflouement des épaves. Leur enlèvement conditionnait l'utilisation des chenaux d'accès et aussi celle des quelques quais restés debout qui avaient été rendus souvent inaccessibles par la présence d'obstacles à leur pied. L'importance du travail et la rareté des moyens dont disposait la France en ce domaine, a rapidement imposé une organisation nationale de coordination qui prit le nom de .

Commission interministérielle des renflouements. Elle était représentée dans chaque port par une commission locale des renflouements groupant sous la présidence du Directeur du Port les divers services intéressés. Ces commissions et notamment la Commission Nationale, jouèrent un rôle important par la centralisation des commandes de matériel spécialisé, scaphandres, chalumeaux de découpage sous l'eau, compresseurs, etc...; par la répartition des moyens entre les divers ports dans le sens de l'intérêt général et notamment des rares engins de levage, des flotteurs d'allègement, des explosifs, etc...

Il n'est pas possible de parler en détail des moyens très variés qui furent employés au cours des travaux. Outre les moyens classiques de renflouement par batardeaux et épuisements, nous signalerons seulement le développement de deux procédés, celui du soulèvement en force, surtout pour les épaves de moyenne importance, et celui de l'écrasement sur le fond à l'aide d'explosifs.

A Rouen on entrevit dès la Libération l'intérêt que pouvait présenter un puissant engin de levage. Aussi dès octobre 1944, la Direction du port, demanda-t-elle aux chantiers de construction navale locaux, de s'associer pour lui fournir dans les moindres délais et malgré les destructions qu'ils avaient subies, une bigue flottante de 200 T. de puissance à 8 m. de portée hors coque. Grâce à un remarquable effort cet engin put être réalisé en quelques mois et il fut employé dès le mois de mai 1945 au relevage des centaines d'épaves de moyenne importance qui embarrassaient le port et ses chenaux : remorqueurs, pontons-grues, chalands et péniches. D'un emploi beaucoup plus commode que les navires releveurs tels que les lifting-crafts britanniques qui doivent pouvoir se placer au-dessus des épaves ou qui ne peuvent les soulever latéralement que d'une faible quantité, les bigues de grande puissance peuvent exécuter très rapidement des travaux considérables. La hardiesse venant avec l'expérience, on a pour des travaux plus importants, employé plusieurs bigues sur la même épave ou même réalisé des opérations mixtes en combinant l'action des bigues et celle des épuisements. Plu-



5. — Opération de renflouement par bigues dans le Port de Rouen.

sieurs des dragues du Port de Rouen pesant 1.500 T. ont été ainsi relevées par l'action conjuguée de trois bigues et l'épuisement d'une partie des capacités récupérables du navire. On va vous projeter une photographie montrant la bigue de 200 T. du Port de Rouen.

Le second procédé que je vais signaler est celui de l'enfoncement des épaves dans le sol à l'aide d'explosifs. Ce procédé fut employé à Dieppe pour l'enlèvement des trois navires remplis de ciment que l'Amirauté Britannique avait coulés dans le chenal d'accès, au mois de juin 1940, afin de bloquer l'entrée du port. Il fut également employé en Seine pour faire disparaître un Liberty-ship coulé en 1945 par explosion d'une mine sous-marine. Le procédé en cause fut découvert et mis au point en Gironde, en 1945, pour le déblaiement d'un grand barrage de navires établi par les Allemands à Lagrange. Etant donné son intérêt, je donnerai quelques indications à ce sujet.

Etant données l'énormité des dégâts subis par les navires coulés en Gironde et l'urgence des travaux de dégagement, on dut très rapidement abandonner l'idée de les renflouer. On s'orienta donc vers l'emploi d'explosifs. On écarta le procédé classique de dispersion des épaves à l'aide de fortes charges qui a été employé avec succès dans certains ports en eaux profondes : il aurait fallu, étant donnée la faible profondeur en Gironde, relever tous les morceaux de ferrailles, de quelque importance qu'ils soient, projetés par les explosions. On chercha donc à découper transversalement les coques à l'aide de boudins d'explosifs; on comptait obtenir des morceaux assez réguliers d'environ 500 T. qu'on aurait enlevé successivement avec un chaland releveur. Mais on s'aperçut rapidement que le procédé présentait de grandes difficultés et était très lent : le découpage ne pouvait se faire avec la netteté voulue; la fixation des explosifs sur les coques déchiquetées et leur tenue dans le courant étaient des plus aléatoires. Mais cet insuccès mit sur la voie d'une autre solution qui s'avéra excellente.

Il s'agissait, par l'explosion de boudins verticaux et horizontaux sur les bordés du navire, de désarticuler l'ossature de la

coque qui perdait ainsi toute rigidité. Des charges placées sur le pont écrasèrent ensuite le navire sur le fond, pendant que d'autres charges placées autour de la coque ameublissaient le terrain et permettaient l'enfouissement des ferrailles dans le sol. Ce procédé se révéla d'une extraordinaire efficacité dans des terrains d'alluvions suffisamment meubles et d'épaisseur convenable au-dessus des couches de fondation résistantes. On arrive ainsi à enfoncer des cargos ou des paquebots de 150 m. de longueur de telle manière que toute la masse métallique soit à 3 m. au-dessous des profondeurs normales du chenal.

L'enfouissement par explosifs fut appliqué avec un plein succès à une épave de Liberty-ship coulée dans l'estuaire de la Seine. L'épave put être enfouie sans difficulté jusqu'à la cote (—6.00), c'est-à-dire à 3 m. au-dessous du plafond normal du futur chenal. La mobilité de sables très fins était, il est vrai, particulièrement favorable.

A Dieppe les circonstances étaient en apparence beaucoup plus difficiles. Les trois navires constituant le dispositif d'obstruction étaient pleins de ciment; d'autre part, les Allemands qui s'étaient efforcés pendant la guerre de débloquer le port avaient travaillé sans grande méthode avec des quantités importantes d'explosifs et avaient déchiré et projeté sur une grande surface les tôles de coque et des blocs de ciment. Enfin le sol est constitué par du sable contenant une proportion notable de galets et l'on pouvait redouter qu'il offre une grande résistance à toute tentative d'ameublissement. Les travaux purent cependant être menés à bonne fin par une recherche attentive et méthodique des éléments dispersés qui furent enfouis sans difficulté à un mètre au-dessous du plafond du chenal, en dépit de la consistance du sol. Les mêmes résultats furent atteints pour les parties principales des épaves dont l'écrasement et l'enfouissement fut réalisé par des méthodes analogues à celles que nous avons décrites.

Le procédé mis au point en Gironde paraît donc du plus haut intérêt pour assurer rapidement et économiquement la disparition d'épaves irrécupérables ou d'autres obstacles en terrain

meuble, même si celui-ci contient une certaine proportion de galets.

Dragages et déminages.

Aussitôt achevé le dégagement des chenaux et des bassins des épaves qui les embarrassaient, résultat qui fut assez rapidement atteint puisque dès la fin de 1946, 80 % des épaves étaient relevées ou dégagées, il fallut procéder à la remise en état des profondeurs par dragages.

Cette phase du travail posa immédiatement un très difficile problème de matériel. Celui-ci qui appartenait généralement à l'Etat avait presque entièrement disparu.

A la veille de la guerre, les Services maritimes des Ponts et Chaussées géraient un important parc de dragages, comportant près de quarante dragues à godets, une vingtaine de dragues aspiratrices, dix refouleurs à déblais et la flotille correspondante de porteurs à déblais, remorqueurs et chalands.

A la Libération 80 % de ce matériel était coulé. Les ports du Nord et de la Manche avaient été particulièrement éprouvés : Dunkerque, Boulogne, Le Havre n'avaient plus aucun matériel. Rouen put récupérer une drague à godets et une drague aspiratrice en marche qui avaient été évacuées en Angleterre en 1940 et y étaient demeurées.

On commença d'abord par acheter en Grande-Bretagne et au Canada quelques engins d'occasion : 4 dragues à godets anglaises furent affectées à Boulogne, à Dunkerque et au Havre ; 2 dragues à godets canadiennes à Calais et au Havre. Quelques porteurs et chalands furent également acquis, ainsi qu'une quinzaine de remorqueurs des troupes de débarquement en dépit de leurs inconvénients.

Mais la reconstruction de la flotte de dragages ne devint effective que plusieurs années après la Libération lorsque put être achevée la remise en état des engins coulés et renfloués et lorsque les commandes passées à l'industrie privée furent exécutées.

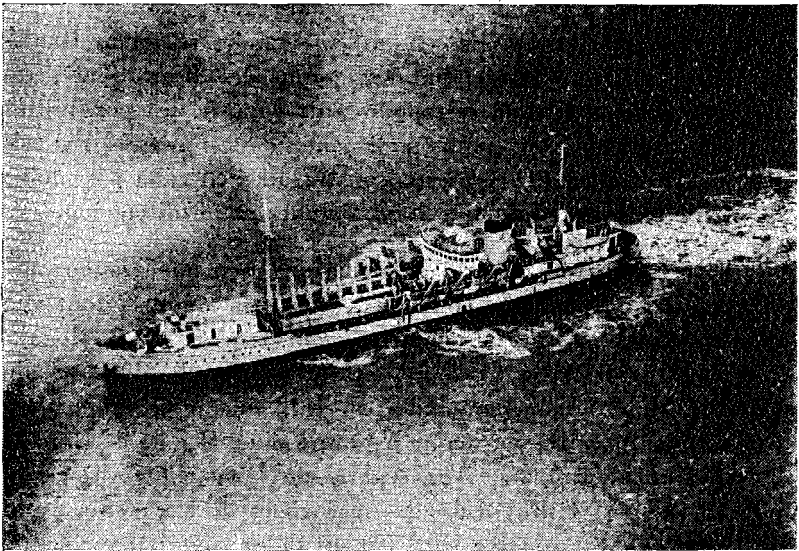
Ces commandes avaient été préparées en pleine guerre par la Direction des Ports Maritimes, du Ministère des Travaux Publics. Celle-ci en prévision des destructions probables avait constitué une Commission de Normalisation des Engins de Dragages qui prépara en 1943 et en 1944, toute une série de spécifications, portant sur 6 types de dragues à godets automotrices et stationnaires, de 2 types de refouleurs, d'un type de drague aspiratrice en marche, d'un type de drague à bennes preneuses, de porteurs et de chalands à déblais. Bien que, comme on devait s'y attendre, les caractéristiques des engins commandés se soient finalement écartées sur d'assez nombreux points des dispositions arrêtées par la Commission, soit pour tenir compte des possibilités des constructeurs, soit pour tenir compte des progrès réalisés par les Alliés pendant la guerre, son travail n'en resta pas moins fort utile en fournissant une base d'études et de discussion.

Les ports du Nord et de la Manche ont reçu une grande part du matériel neuf ainsi commandé : 6 dragues à godets dont une grande drague marine automotrice pour le port de Boulogne; 2 dragues aspiratrices porteuses et refouleuses de 1.000 m³ de capacité, dont l'une commandée en Hollande pour le port de Dunkerque et l'autre construite à Nantes pour le port de Rouen; 2 refouleurs, l'un 1.000 CV et l'autre de 1.500 CV, destinés au port de Rouen; 1 dipper-dredge avec godet de 8,5 m³ de capacité; 10 porteurs canadiens de 400 m³ de capacité; une dizaine de remorqueurs de 500 à 800 CV et une vingtaine de chalands. On mesure à ces chiffres l'importance de l'effort qui a été consenti pour donner aux ports du Nord-Ouest des moyens de travail convenables.

Mon intention n'est pas de vous donner beaucoup de détails sur tous ces engins. Je vais seulement commenter les photographies de quelques-uns d'entre eux que j'ai choisis parmi les plus importants ou les plus originaux.

La drague « Charles Belleville » est une drague aspiratrice en marche, de 1.000 m³ de capacité, construite pour l'entretien de l'Estuaire de la Seine. C'est un engin qui, comme vous le voyez,

a des formes très marines, une longueur de 88 m. 75 entre perpendiculaires, une largeur de 15 m. au fort, et un tirant d'eau de 4 m. 17 en charge avec 2.000 T. de déblais. Elle est capable de draguer en marche, jusqu'à 15 m. de profondeur au moyen de deux élinges souples latérales, dirigées vers l'arrière. Une fois chargée la drague peut aller vider ses puits en mer ou en refouler le contenu à terre dans une conduite fixe.



6. — Drague « Charles Belleville ».

Les principales questions qui se sont posées pour la construction de cet engin sont la recherche du tirant d'eau minimum et celle des meilleurs dispositifs de décantation du sable très fin de l'Estuaire de la Seine. Le problème du tirant d'eau était très important, le rendement d'un engin qui doit travailler selon les profondeurs de marée sur les bancs découvrant parfois à bassemer, en dépendant étroitement. Les études des divers systèmes de propulsion possibles, ont conduit à confirmer la disposition déjà adoptée avant-guerre sur la drague « Victor Guilloux » également en service dans l'Estuaire de la Seine, à savoir l'utilisation

de 4 moteurs Diesel, dont 2 de 1.500 CV pour la propulsion et 2 de 650 CV pour les deux pompes de dragages. Hélices et pompes sont liées à leurs moteurs respectifs par des accouplements hydrauliques « Vulcan », dont l'efficacité a été maintes fois éprouvée. La comparaison particulièrement instructive entre la drague « Charles Belleville » et la drague « Henry Watier », construite en Hollande, de mêmes caractéristiques générales, mais du type Diesel-électrique, fait ressortir un avantage d'au moins 0 m. 20 pour la première.

Le second problème était celui de la décantation du sable dans les puits de l'engin. Le sable est d'une finesse extrême puisque le diamètre moyen de ses grains est de l'ordre de 0 mm. 2 et qu'il est souvent mélangé de 20 à 30 % de vase. La drague « Victor Guilloux » qui comportait la disposition classique de deux conduites longitudinales courant au-dessus des puits et distribuant le mélange d'eau et de sable par des vannes débitant en chute libre, se remplissait en 60 minutes dans le sable fin et en 80 minutes dans le sable vaseux. Les études entreprises par l'Administration, puis poussées par les Ateliers et Chantiers de Bretagne, à l'aide de modèles réduits, ont abouti à une disposition très différente qui a été brevetée par le constructeur. La mixture est amenée en conduite forcée, dans des nids d'abeille tranquillisateurs, au milieu de la longueur des puits. Elle ressort après s'être décantée par des nids d'abeille déversants, situés aux extrémités des puits. Ce dispositif a procuré une amélioration de 25 à 30 % de la décantation, le remplissage se faisant couramment en 40 à 45 minutes dans le sable fin et en moins de 60 minutes dans le sable vasard. Ce résultat obtenu sans dispositifs coûteux est important si l'on pense au prix de revient d'exploitation d'un tel engin qui est voisin de 100 millions de francs français par an.

Le refouleur de 1.000 CV, dont la photographie est projetée se distingue par l'emploi d'une pompe entraînée directement par une machine à vapeur rapide à soupapes du type « Lenz », par l'intermédiaire d'un simple accouplement semi-élastique. Cette disposition inspirée de celle en usage sur les dragues suceuses

américaines paraît satisfaisante : elle évite l'emploi jusqu'ici traditionnel en France des accouplements par courroies qui embarrassent les salles de machine et présentent surtout pour les grandes puissances de sérieuses difficultés de réglage. Le débit garanti du refouleur est de 800 m³ de sable en Seine à l'heure pour une pression de refoulement de 30 m. d'eau.

Le dipper-dredge Kala-Nag, du Port du Havre, que vous voyez au travail sur cette photographie, est le premier engin de ce genre acquis par l'Etat français, bien qu'il soit d'un usage courant aux Etats-Unis. Plus spécialement destiné au déblaiement des quais détruits, il comporte un godet de 8 m³ 5 de capacité sur lequel l'effort de traction peut atteindre 75 T. Ce godet peut draguer à 16 m. de profondeur et dégager une hauteur au-dessus du plan d'eau de 5 m. 50. Cet engin a donné d'excellents résultats pour le dégagement des déblais de quais en maçonnerie.

La drague « LIANE » destinée au port de BOULOGNE est une drague à bennes preneuses exceptionnellement perfectionnée. D'une longueur hors tout de 47 m. 70 et d'une largeur au fort de 11 m., cette drague porteuse automotrice comporte des puits de 250 m³ et est pourvue de 3 grues de 6 T. munies de bennes preneuses, permettant un dragage à 10 m. de profondeur. Son rendement horaire est 390 T. avec des produits de dragage de densité 1,3, soit 300 m³ de vase. L'appareil moteur est du type Diesel électrique, la puissance installée étant de 1.250 CVX environ. L'appareil propulsif se distingue par l'emploi de 2 propulseurs VOITH-SCHNEIDER de 350 CVX chacun. Ces appareils ont été adoptés en raison des facilités de manœuvre bien connues qu'ils procurent et qui étaient spécialement utiles pour un engin destiné à travailler dans des bassins étroits.

Les quelques indications que je viens de vous donner vous permettront je l'espère, de vous rendre compte de l'importance des études poursuivies depuis la Libération pour le renouvellement et l'amélioration du matériel de dragages.

Je ne dirai que quelques mots des conditions dans lesquelles les travaux de remise en état des profondeurs se sont poursuivis

depuis la guerre. Les principales difficultés et les plus grands risques ont été provoqués par la présence de mines de toute nature mouillées par les Allemands avant leur départ, et plus spécialement des mines magnétiques.

A CHERBOURG, où les troupes d'occupation avaient mouillé près de 300 mines, le déminage fut une opération particulièrement difficile et coûteuse en personnel et en matériel. Ce travail, qui fut exécuté par les unités de la Marine « The salvage and fire fighting group of the naval Task Force », dès la prise de CHERBOURG en juillet 1944, dura plus de trois mois et entraîna la perte de 40 engins flottants de toute nature. 270 mines furent détruites. Certaines du type « Katie » étaient particulièrement dangereuses et éclataient quand on les retirait du fond.

A DUNKERQUE, la présence de mines magnétiques mouillées dans les chenaux faillit compromettre la remise en service du port en gênant l'exécution des dragages. Les Allemands avaient remis, à la reddition en mai 1945, un plan de mouillage des mines, qui s'avéra d'ailleurs exact par la suite. Mais les mines s'étaient enfoncées dans la vase et bien qu'elles restassent dangereuses comme plusieurs accidents devaient le démontrer, il fut impossible de les repérer. Une première campagne de contre-mines fut sans grand résultat : un seul engin éclata. On eut alors recours à une équipe spécialisée de 40 scaphandriers anglais, munis d'appareils autonomes, qui explorèrent systématiquement le port par bandes de 1 m. de large, avec un bâton de bronze phosphoreux à la main. En 4 mois, deux mines seulement furent repérées et détruites.

On eut alors recours à une disposition qui paraissait dans son principe fort ingénieuse. La zone dangereuse était délimitée par deux câbles électriques dans lesquels on envoyait trois fois par jour des impulsions pouvant agir sur le dispositif d'amorçage des bombes. En même temps on draguait à l'extérieur de cette zone des fosses profondes avec l'espoir que la vase s'écoulerait vers elle et découvrirait les mines qui sauteraient alors sous l'effet du courant envoyé dans les câbles. Mais ces espoirs s'avérèrent

vains, la vase tenant sous des talus beaucoup plus raides que ceux escomptés. Les seules mines détruites furent au nombre de deux relevées par les dragues dans leurs godets, heureusement sans incident.

On se résigna finalement, malgré les risques de l'opération, à une combinaison de dragage et de contre-mines qui s'avéra assez efficace. Le dragage effectué par couches régulière de 1 m. d'épaisseur était précédé et suivi d'une opération de contre-mines. On put faire ainsi sauter quelques engins.

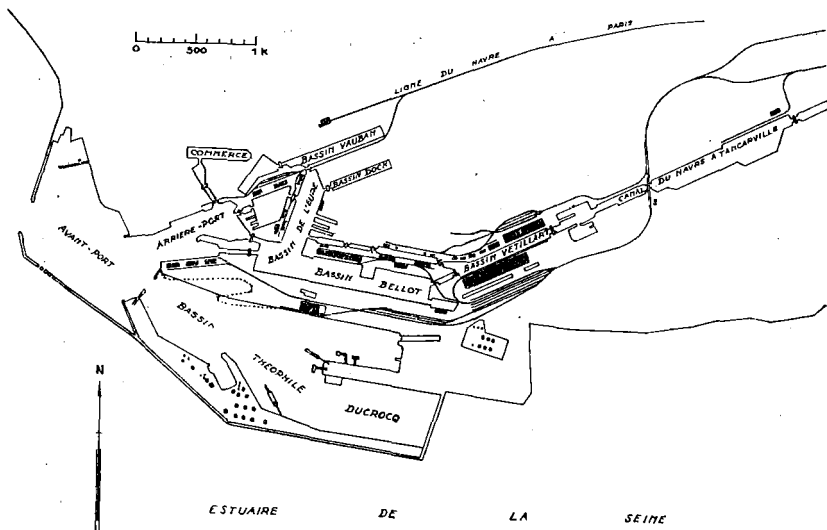
Un certain nombre de mines signalées à l'extérieur du port ont échappé à toute investigation : elles ont heureusement cessé de présenter aucun danger.

B — Plans généraux de reconstruction des ports.

On ne peut manquer d'être frappé en général, en examinant les plans de reconstruction des ports, par la faible importance des modifications apportées au tracé des ouvrages détruits, spécialement en ce qui concerne l'infrastructure. On peut, selon nous, donner à cette stabilité deux explications : la première, c'est que le tracé des ouvrages est conditionné, d'une manière souvent étroite, par la disposition des chenaux et des bassins, par les limites du domaine terrestre qui lui est attribué et qu'il est généralement impossible de modifier, et enfin par le réseau de communications de tous ordres qui le dessert. La seconde, c'est que les principaux ports français de la Manche et de la Mer du Nord ont bénéficié entre les deux guerres d'un important effort d'amélioration, sous l'impulsion d'un grand Directeur des Voies Navigables et des Ports Maritimes, M. WATIER. De 1919 à 1939, on avait consacré à l'amélioration des ports français près de 7 milliards de francs, valant à peu près 300 milliards de nos francs actuels. Les ports de la Manche et de la Mer du Nord ont certainement absorbé beaucoup plus de la moitié de cette somme, DUNKERQUE, BOULOGNE, LE HAVRE, ROUEN, CHERBOURG et SAINT-MALO ayant subi dans le même temps d'importantes améliorations qui ont surtout porté, à DUNKERQUE, au HAVRE et à CHERBOURG, sur les conditions d'accès des

grands navires. On s'explique qu'après la guerre il n'ait pas été nécessaire d'apporter à des travaux de conception encore récente de profonds bouleversements.

Je signalerai seulement deux aménagements, l'un de caractère vraiment maritime au HAVRE, et l'autre intéressant plutôt les liaisons du port avec sa ville et son hinterland, à ROUEN.



7. — Plan du port du Havre (en pointillé, l'ancien quai d'Escale).

Le plan du HAVRE montre en pointillé fin l'ancien tracé des ouvrages, et en tireté ou en traits pleins le nouveau tracé. On voit que les modifications sont importantes, d'une part, au quai de marée Johannès Couvert, qui est réservé aux grands transatlantiques et, d'autre part, dans le Bassin à flot Bellot, affecté aux navires de commerce.

Le quai Johannès Couvert était terminé vers l'Ouest par deux môles inclinés délimitant une darse, le quai de Floride et le môle oblique. Ces deux ouvrages qui étaient constitués par des appontements en béton armé sur pieux, défendus contre les efforts d'accostage par des piles massives, ont été totalement détruits. Leur déblaiement s'avérait des plus difficiles et des plus coûteux.

D'autre part, le tracé d'avant-guerre, s'il avait été étudié pour augmenter la longueur de quais utilisables par les paquebots et les grands longs-courriers mixtes, ne laissait que des surfaces de terre-pleins très faibles pour l'établissement de gares maritimes et de hangars convenables. On a donc décidé de remplacer les anciens ouvrages par un nouveau quai de 900 m. de longueur, figuré en tireté sur le plan, et presque dans l'alignement du quai Johannès Couvert. On passait ainsi en avant des appontements anciens et l'on évitait la dépense considérable qu'aurait occasionnée leur enlèvement, en même temps que l'on créait une surface importante de nouveaux terre-pleins. Il est certain que l'amélioration des conditions de déchargement des navires qui sera obtenue peut compenser la diminution des longueurs accostables. Par contre, le nouveau tracé présente l'inconvénient de supprimer un poste plus rapproché du lit du vent dominant qui souffle du Sud-Ouest que ne l'est le quai Johannès Couvert qui se trouve en travers de ce vent. Mais les retards d'appareillage qui peuvent en résulter pour les navires à grand fardage sont tellement rares — on en cite 4 ou 5 en quinze ans — et tellement courts car les bourrasques du Sud-Ouest ne durent que quelques heures, que l'objection n'a pas paru devoir être retenue.

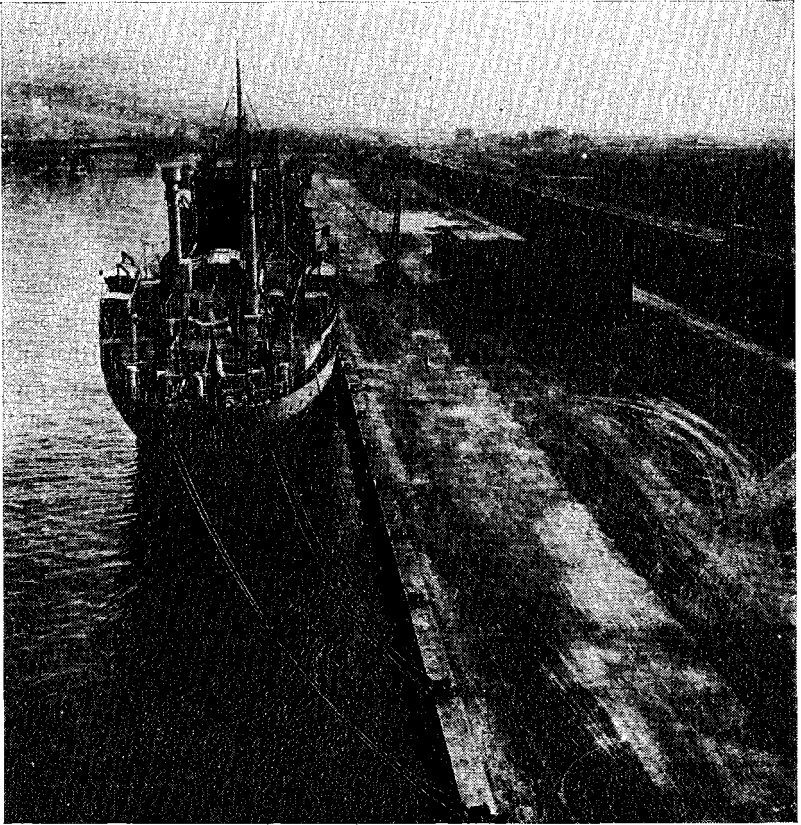
Le nouveau tracé a été également étudié du point de vue de la modification qu'il pouvait apporter à la propagation de la houle dans le bassin de marée. Un modèle réduit de l'avant-port au 1/150 a été construit à cette fin au Laboratoire Central d'Hydraulique. On a étudié sur ce modèle l'emplacement et les dispositions du brise-lames à reconstruire dans l'avant-port, et également l'opportunité de réparer la brèche ouverte par les destructions dans la digue Sud. Cette brèche présente, en effet, l'avantage de diminuer les courants de remplissage et de vidange dans la passe d'entrée et de faciliter les manœuvres des grands navires à certains états de marée. Elle présente par contre, bien évidemment, des risques en ce qui concerne la houle et l'introduction d'apports venant du large. La conclusion des essais a été qu'il convenait de fermer la brèche, mais que le nouveau tracé du quai était satisfaisant, à condition de le construire sous forme d'un appontement en avant d'un talus formant brise-lames.

La seconde modification importante apportée au tracé des ouvrages intéresse le Bassin Bellet. Ce bassin construit en 1880 comportait deux traverses qui le divisaient en 3 tronçons. On avait cherché à l'époque à faciliter les relations entre les deux bords du Bassin. Mais ces traverses présentaient de graves inconvénients pour la desserte ferroviaire et faisaient perdre d'importantes longueurs de quais, les ouvrages en retour ne pouvant être utilisés que pour des engins de servitude. On a finalement décidé de construire un quai d'un seul alignement, de 1.500 m. de longueur. Les circulations routières seront reportées, d'une part, à l'Ouest du Bassin sur les ponts franchissant les écluses maritimes et, d'autre part, vers l'Est par de nouvelles voies largement tracées.

A ROUEN, le problème posé était très différent et ne concerne d'ailleurs que la partie amont du port. Avant la guerre, les voies ferrées desservant le port traversaient toute la ville en suivant la Seine et croisaient à niveau l'entrée des ponts qui constituent le dernier passage sur la Seine avant la mer, sur 100 km. de fleuve. D'autre part, le gabarit de navigation sous ces ouvrages était des plus réduits et n'excédait pas 4 m. 50 de hauteur et 20 m. de largeur au-dessus des plus hautes eaux navigables. Après de nombreuses discussions, le gabarit de navigation fut finalement fixé, après guerre, à 7 m. par 40 m., au-dessus du même niveau, d'ailleurs rarement atteint. Il fallait donc relever notablement les ponts et, à moins de consentir à des pentes inacceptables, relever également leurs accès. Enfin, il convenait de profiter de la circonstance pour faire passer les voies ferrées sous les têtes des ponts et supprimer les croisements à niveau, intolérables pour la circulation routière.

Ces modifications ont entraîné un profond changement dans l'aspect de la ville et de la partie amont du port. Elles se sont traduites par une surélévation de la ville par rapport au port, variant entre 4 m. et 6 m. sur les deux rives, et qui a été réalisée sur une longueur de près de 2.000 mètres, sur la rive droite par un mur de soutènement, sur la rive gauche par une galerie couverte sous laquelle circule une voie ferrée. Nous signalerons qu'il

a été fait un large emploi pour la construction de ces ouvrages par le Service Ordinaire des Ponts et Chaussées de la Seine-Inférieure de la technique et du béton précontraint, tant pour la construction, sous une forme industrielle, de la galerie couverte



8. — Vue des quais de Rive gauche du Port de Rouen montrant le quai bas, la galerie couverte et la chaussée supérieure pour la circulation urbaine.

de rive gauche que pour la création dans les terre-pleins surélevés de rive droite de vastes parkings souterrains pour voitures automobiles.

Les questions qui se sont posées à ROUEN constituent un exemple de problèmes d'urbanisme communs à une ville et à son port et qui ont pu être résolus à l'avantage mutuel des deux collectivités intéressées.

C — Grandes écluses maritimes.

Comme je l'ai déjà indiqué précédemment, la plupart des écluses d'accès aux bassins à flot étaient détruites ou inutilisables à la Libération. Leur remise en état a été l'une des tâches les plus urgentes, car elle devait souvent permettre de réutiliser des quais laissés intacts dans les bassins, comme ce fut le cas au HAVRE, à DUNKERQUE, à SAINT-MALO et à DIEPPE.

Il ne m'est pas possible de vous décrire en détail tous ces travaux, bien que certains d'entre eux, comme le batardeau en caissons de bois de 16 m. de hauteur réalisé à la tête amont de l'écluse de SAINT-MALO, soient d'une grande ingéniosité.

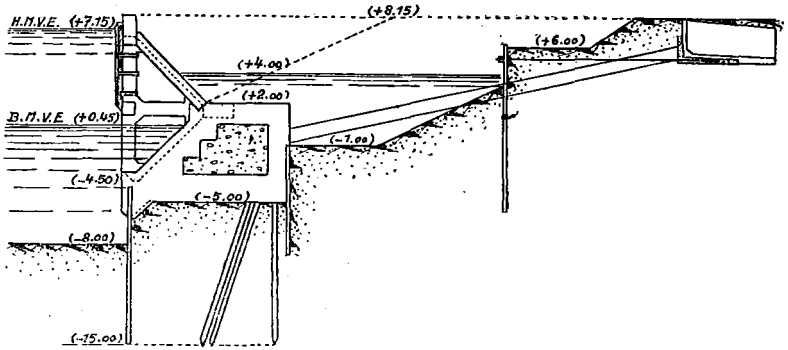
Je me limiterai à deux points seulement; la reconstruction de la grande écluse WATIER à DUNKERQUE, en raison des caractères originaux qu'elle présente, et l'emploi de grandes portes secteurs à DIEPPE et à SAINT-MALO.

L'écluse WATIER avait été construite de 1930 à 1936, pour permettre l'accès dans les bassins du port de DUNKERQUE des plus grands cargos. La profondeur minimum qu'elle offrait au-dessous du niveau de retenue des bassins était d'environ 11 m. Comme le montre le plan du port de DUNKERQUE, elle doublait deux écluses plus anciennes, l'écluse Trystram et l'écluse Guillaïn, et jouait un rôle essentiel dans l'exploitation du port.

Elle était constituée par deux têtes en béton massif, fondées à 4 m. au-dessous du radier et protégées par des parafouilles de palplanches descendant 12 m. plus bas encore. Le sas, de construction beaucoup plus légère, était composé de deux rideaux de palplanches-caisson, type Larsen, de 20 m. de longueur, battus à 7 m. au-dessous du niveau du sas. Les rideaux étaient ancrés par trois nappes de tirants dont les deux principales étaient fixées à un rideau d'ancrage en palplanches.

Les destructions effectuées par les troupes allemandes furent les suivantes : les portes amont et aval étaient immobilisées et avariées; dans le sas étaient coulées 21 épaves dispersées; les bajoyers étaient détruits sur leur plus grande longueur. Les rideaux de palplanches avaient été minés jusqu'au niveau de la première nappe des tirants et s'étaient couchés vers le sas. Le sable s'était écoulé dans le sas qui s'était ainsi trouvé rempli de sable sur près de 7 m. de hauteur.

Après un an d'efforts on réussit à fermer les portes et à engager les travaux de réfection définitifs.



9. — Coupe en travers de la nouvelle écluse de Dunkerque.

Par suite des difficultés d'approvisionnement de palplanches en acier existant à l'époque, on ne put envisager la reconstruction dans l'état antérieur. On fut donc conduit à étudier un ouvrage très spécial, permettant de réutiliser la partie basse des rideaux de palplanches qui constituaient des parafoilles excellents et d'ailleurs irremplaçables. L'idée fut de construire un mur ayant de fortes réactions vers l'arrière mais n'apportant au rideau de palplanches que de faibles réactions. Le projet définitif comporte une masse inférieure de pied en béton, portée par le rideau avant, et des pieux arrière inclinés et verticaux. Ce massif a 12 m. de base et 7 m. de hauteur. Il est ancré vers l'arrière de manière à assurer sa stabilité même sans frottement sur la base. Le massif est surmonté du côté du sas par une super-

structure relativement légère, constituée par des fermes en béton armé espacées de 1 m. 50 et supportant une dalle inclinée continue soutenant le terre-plein. L'épure de stabilité montre que la plus grande partie du poids est, grâce à ces dispositions, reportée vers l'arrière. La poussée de 66 T. par mètre linéaire est encaissée pour 40 T. par les pieux inclinés et pour 26 T. par les tirants. La rupture de ceux-ci n'entraînerait pas une ruine de l'ouvrage dont la stabilité resterait suffisante grâce au frottement de la base sur le sable et à la rigidité des palplanches-caissons.

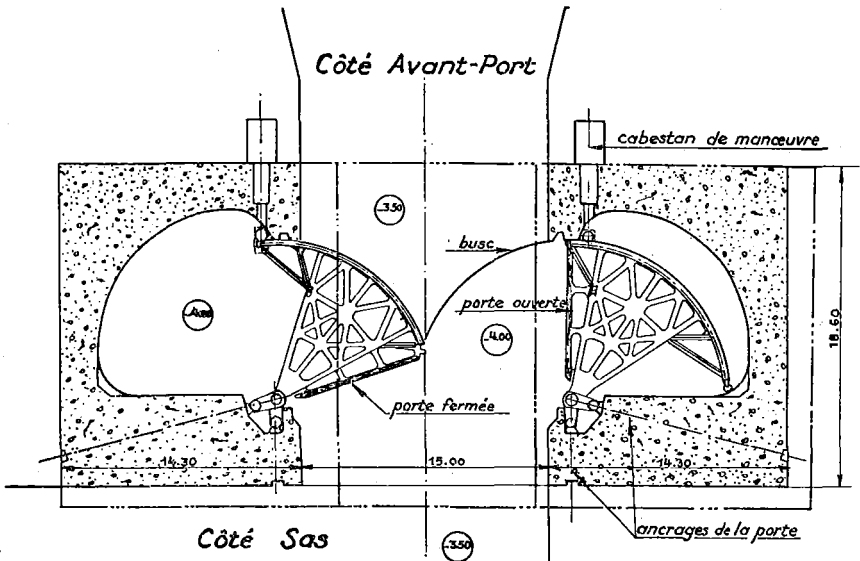
Les fermes triangulaires constituant le bajoyer dont l'emploi constitue la principale originalité du projet ont été préfabriquées et mises en place à l'aide d'un portique. Chaque ferme pesait 20 T. Elles étaient après pose réunies entre elles par des liernes et rattachées par des scellements convenables au massif des bajoyers. Les terrassements nécessaires à l'exécution de la partie basse de l'ouvrage ont été effectués à l'abri d'un rideau de palplanches auxiliaires par épousillage et rabattement de nappe par puits filtrants. Le travail fut mené avec une très grande rapidité; commencée effectivement en janvier 1947, l'écluse fut mise en eau le 21 septembre suivant.

La principale originalité que présentent les écluses de SAINT-MALO et de DIEPPE est l'emploi de portes secteurs analogues à celles récemment utilisées sur les canaux du Nord de la France, et dont mon collègue, M. l'Ingénieur en Chef DUMAS, vous a entretenu en détail. Aussi pourrai-je être assez bref sur leur description.

Le choix s'est porté à DIEPPE sur des portes secteurs en raison de l'exposition à la houle de l'entrée de l'écluse. Les portes du type choisi, qui sont constituées par des vantaux cylindriques, entretoisés par des poutres à treillis, reportent, en effet, tous les efforts normaux au bordé sur les deux pivots de rotation de la porte qui coïncident avec l'axe géométrique du système. Les dénivellations créées par la houle n'ont donc plus, en principe, d'effet sur le mouvement d'ouverture ou de fermeture des portes, et celles-ci n'ont plus tendance à battre comme les portes

busquées ou à se coincer dans leurs guides comme les portes coulissantes.

La porte de DIEPPE présente pour cette raison sa convexité vers l'avant-port. Ses attaches sont donc normalement tendues, le niveau dans le sas étant plus élevé que dans l'avant-port. Elles ont une hauteur de 12 m. et ferment un pertuis de 15 m. de largeur. Comme dans les écluses de navigation intérieure qui vous ont été décrites, la porte comporte deux pivots, le



10. — Plan des portes d'écluses du Port de Dieppe.

pivot supérieur supportant tout le poids du vantail qui est reporté sur lui par des fermes verticales, et le pivot inférieur ne supportant que des efforts de traction horizontaux. Contrairement à ce qui est réalisé sur les portes les plus récentes des canaux du Nord, le bordé n'est pas travaillant et n'intervient pas dans le calcul de stabilité générale de la porte. L'étanchéité pose, vous le savez, un problème assez difficile dans ce type de porte, du fait qu'elles ne viennent pas en contact, comme les portes des autres types, avec les maçonneries sous l'effet de la pression hydrostatique. Elle doit être assurée, artificiellement

en quelque sorte, par des garnitures en caoutchouc gonflées à une pression réglable. Les garnitures des portes de DIEPPE sont analogues à celles des écluses de Saint-Omer.

Les nouvelles têtes d'écluse qui dans ce genre d'ouvrage présentent un grand développement du fait de la forme des enclaves ont été exécutées à DIEPPE sur le côté du pertuis actuel, à l'intérieur d'un batardeau en palplanches de très grandes longueurs puisqu'elles ont atteint 25 m., raidi par des cadres intérieurs en béton armé dont certains ont été noyés dans les maçonneries.

Les portes de SAINT-MALO sont encore beaucoup plus importantes et sont probablement parmi les plus grandes portes à secteurs existantes. La grande écluse de SAINT-MALO, construite entre 1929 et 1933, avait été établie pour permettre l'accès aux bassins à flot de navires de 7 à 8.000 T., et pour permettre l'accès à toute heure de marée, dans les mêmes bassins, des paquebots des lignes de voyageurs de SOUTHAMPTON et de JERSEY. Sa largeur était de 25 m.; sa longueur de 160 m.; ses portes aval, du fait de l'importance de la marée dont l'amplitude atteint 13,70 m., avaient la hauteur assez exceptionnelle de 17 m.

Cette écluse était munie de 4 paires de portes busquées, 2 paires de portes d'èbe et 2 paires de portes de flot nécessaires pour maintenir les bassins à une cote inférieure à celle de la marée pour éviter une submersion de certains quartiers. Chacun des vantaux pesait plus de 200 Tonnes. Les portes étaient d'autre part très exposées à la houle et on avait dû, dans les années précédant la guerre, les munir de bielles élastiques de manœuvre comportant des empilages de caoutchouc, bielles qui avaient d'ailleurs donné de bons résultats.

A la Libération, on décida d'adopter des dispositifs très différents à la fois pour des raisons d'économie et de commodité de manœuvre. Les deux paires de portes d'èbe et de flot aval furent remplacées par une seule paire de portes à secteurs, à axe vertical. Les deux paires de portes d'èbe et de flot amont

furent remplacées par une seule paire de vantaux busqués récupérés de l'ancien équipement, mais munie d'un dispositif de verrouillage lui permettant de rester fermée sous l'effet d'une surcote de 1,50m., dans le sas par rapport au bassin.

Chacune des portes secteurs a les caractéristiques suivantes : hauteur 17 m.; rayon de courbure du bordé : 16,50m.; poids : 250 T. Elles ne pèsent donc que 25 % de plus que les portes busquées, mais remplacent 2 paires de telles portes.

Les articulations travaillent normalement à la tension sous une hauteur de 13,50 m. d'eau, Mais elles doivent pouvoir théoriquement, en cas d'assèchement du sas, travailler comme batardeaux à la compression sous la même dénivellation. L'articulation inférieure subit la traction considérable de 1700 T. L'articulation supérieure subit une traction de 1000 T., et en plus le poids de la porte qui est reporté sur elle. Les articulations sont à roulement, celle du dessus comportant une butée pour résister aux efforts verticaux. Des dispositions particulières ont été adoptées pour permettre le réglage de l'articulation supérieure dont l'axe peut, à l'aide de bagues excentrées, jouer de 4 à 5 centimètres. La disposition des roulements et des butées écarte tout risque de coincement sous l'effet des déformations inévitables dans d'aussi grandes portes.

L'étanchéité entre la porte, les bajoyers, le busc et entre les portes est assurée par des boudins de caoutchouc gonflés à une pression de 1,500 K. qui est maintenue automatiquement à l'aide d'un dispositif réglé par un manomètre à mercure.

Les constatations faites dans l'exploitation de l'écluse de SAINT-MALO sont intéressantes, car c'est l'écluse maritime qui fonctionne depuis le plus longtemps avec des portes secteurs. Ces résultats sont satisfaisants du point de vue de la tenue à la houle et du point de vue de la rapidité des manœuvres. Il est en effet possible d'ouvrir couramment la porte avec une dénivellation entre le sas et l'avant-port de plusieurs mètres, ce qui réduit considérablement la durée des manœuvres de sasement. Mais une difficulté est apparue pour ces manœuvres sous chute importante.

Le dispositif initial prévoyait que la manœuvre des portes secteurs serait effectuée au moyen de câbles mus par frottement autour de la poupée d'un cabestan. Ces câbles servaient à la fois à l'ouverture et à la fermeture. Ils s'étendaient en un seul élément d'une extrémité à l'autre de la cerce supérieure de la porte avec enroulement intermédiaire sur la poupée du treuil. Ce dispositif était justifié par le fait que l'effort d'ouverture et de fermeture des portes devait être négligable, les réactions hydrostatiques n'entraînant pas d'efforts tangentiels.

En réalité, lorsqu'on ouvre les portes en charge, côté sas, les filets liquides qui se précipitent par l'ouverture vers l'avant-port produisent des pressions importantes le long des fermes verticales qui raidissent le bordé et des dépressions sur les faces opposées à l'écoulement. L'effort, lors des manœuvres sous 8 m. de chute, est de l'ordre de 10 T. Lors d'un essai sous 6 m. de chute, le 16 septembre 1950, il se produisit une rupture de câble suivant le processus ci-après : patinage du câble sur la poupée par suite de l'allongement du brin tendu; la porte n'étant plus retenue se met en mouvement vers la fermeture; brusque rétablissement de l'adhérence du câble autour de la poupée par suite de la réduction de l'effort de traction, alors que la porte avait déjà atteint une certaine vitesse, choc et rupture du câble.

Le remède à cette difficulté a été trouvé par la substitution au câble initial d'une chaîne, avec interposition d'amortisseurs en caoutchouc, par le renforcement de la cerce supérieure par une poutre-caisson susceptible de résister aux efforts anormaux de traction, et enfin par une réduction de la vitesse de manœuvre, la durée d'une ouverture ou d'une fermeture étant portée de 50 secondes à 2 minutes $\frac{1}{2}$.

D'autres difficultés ont été également constatées du fait de l'imprécision des dispositifs de fin de course utilisés pour arrêter les mouvements d'ouverture et de fermeture, d'où résultaient des chocs dangereux pour les portes et pour les moteurs. Une solution a également été apportée à cette difficulté par l'introduction sur les chaînes de dispositifs amortisseurs qui se compriment en

fin de manœuvre et font jouer à ce moment des interrupteurs de fin de course.

Sous leur forme actuelle, les portes de SAINT-MALO ont été mises en service permanent le 10 mai 1951 et n'ont donné lieu depuis à aucun incident de quelque nature que ce soit.

Je terminerai cette étude des écluses en signalant deux méthodes originales qui sont employées pour traiter deux problèmes particuliers mais dont les résultats ne sont pas encore connus.

Il s'agit d'abord d'une étude de protection des portes de SAINT-MALO contre la corrosion qui s'avère particulièrement active en dépit des précautions prises lors de la mise en peinture. Parallèlement à des études de peinture très poussées, on cherche une solution électro-chimique du problème. Théoriquement, et vous savez que le procédé a déjà été appliqué aux Etats-Unis aux ouvrages en palplanches, il faut créer un champ électrique au voisinage des portes fonctionnant comme cathode pour les protéger grâce à la formation d'hydrogène à leur contact et au dégagement des ions chlore sur une anode inattaquable ou facilement remplaçable en raison de son bas prix. En raison de la complexité du phénomène dû à la complication des charpentes à protéger, il a été construit un modèle réduit au 1/50^e où les portes sont immergées dans du sulfate de cuivre. On étudie la position de l'anode qui donnerait, aux moindres frais de courant, la répartition la plus homogène de cuivre sur les portes.

La seconde étude qui est entreprise au Laboratoire National d'Hydraulique de CHATOU a trait à la protection de l'écluse de DUNKERQUE contre la houle. Les portes de l'écluse WATIER, qui sont du type coulissant, sont des plus sensibles à la houle qui a provoqué récemment d'assez sérieuses difficultés d'exploitation. L'étude qui n'est pas terminée s'oriente vers une solution très particulière qui comporterait l'établissement de part et d'autre de l'écluse de capacités entrant en résonance sous l'effet de la houle et annulant celle-ci. Mais il n'est pas sûr qu'on puisse aboutir dans cette voie.

D — Reconstruction des quais.

J'aborde maintenant un chapitre important de mon exposé, celui de la reconstruction des quais.

Comme je vous l'avais indiqué au début de cette conférence, la variété des solutions adoptées est très grande dans ce domaine. Elle est la conséquence de la variété des conditions locales que je vous ai signalées, à laquelle se sont ajoutées les circonstances et les particularités de la destruction de l'ouvrage à remplacer.

Aussi, ne pourrai-je vous présenter qu'un certain nombre d'exemples et je m'en excuse de loin auprès de mes collègues des Services Maritimes dont il m'est impossible de présenter l'œuvre dans toute son ampleur. J'ai été également obligé d'adopter un ordre purement géographique, un ordre logique paraissant bien difficile à trouver.

Je commencerai donc par le port le plus septentrional, celui de DUNKERQUE. Je ne dirai qu'un mot des travaux, cependant considérables, qui ont été nécessaires pour la remise en état des quais en maçonnerie détruits. Sur les cinq darses que comprend le port, trois ont pu être réparées rapidement en profitant de l'assez long délai qui a été nécessaire pour remettre le port en eau par bouchure des écluses; les quais de ces darses présentaient en effet des brèches situées au-dessus du niveau de basse-mer et par suite assez facilement réparables. Par contre, deux darses dont les destructions étaient beaucoup plus profondes, les darses III et IV, ont été reconstruites à l'abri d'un batardeau constitué par des gabions de palplanches accolés. Les travaux malgré leur importance n'ont pas soulevé de difficultés particulières.

J'insisterai un peu plus longuement sur le quai en palplanches, dit quai de Douvres, dont les dégâts et la reconstruction peuvent fournir matière à réflexion.

Ce quai construit entre 1929 et 1931 est le premier exemple des quais en palplanches métalliques construits à DUNKERQUE. Réalisé en palplanches-caissons en acier à 0,30 % de cuivre, il était ancré par une nappe de tirants principaux constitués par

2 fers U jumelés de 240 mm. Ces tirants étaient ancrés sur une poutre continue en béton armé fondée sur pieux verticaux et inclinés. L'ouvrage n'a manifesté aucun désordre jusqu'en 1946, c'est-à-dire pendant 15 ans.

En mars 1946 apparurent de légers tassements dans le terre-plein. Les Ingénieurs immédiatement inquiétés décidèrent d'alléger l'ouvrage par déblaiement, mais ils furent gagnés de vitesse et le rideau se coucha brusquement vers le large sur une longueur d'environ 60 m. — L'examen de l'ouvrage montra qu'il avait péri par rupture des tirants. Certains de ceux-ci montraient des cassures anciennes fortement corrodées et peut-être dues aux effets des bombes tombées en 1940 et 1945 à une certaine distance de l'ouvrage. Peut-être aussi, les conditions anormales de travail de l'ouvrage pendant la longue période de vidange des bassins à flot, de 1944 à 1946, qui a entraîné un abaissement de 3 m. du niveau de l'eau, ont-elles contribué à sa ruine. Mais l'examen du reste de l'ouvrage effectué en 1948 a montré que tous les tirants étaient fortement corrodés et cassés en de nombreux points. Par contre, les palplanches en acier au cuivre étaient en excellent état et susceptibles encore d'un long usage. Il semble qu'on doive attirer l'attention sur les inconvénients que présentent des tirants en laminés, présentant des épaisseurs relativement faibles, surtout lorsqu'ils sont en acier ordinaire, mais qu'il faille signaler par contre la bonne tenue de l'acier au cuivre qui a été cependant contestée ces dernières années.

L'ouvrage a été reconstruit avec des hypothèses plus sévères que celles primitivement adoptées : profondeur de 12 m. au lieu de 10 m.; eau à + 0,45 m. au lieu de 3,40 m. pour tenir compte d'une vidange possible des bassins; densité du remblai : 1,8 T./m²; remblai immergé : 1,1 T.; angle φ du sable fin : 25°; traction sur les bollards : 75 T. — Je noterai en passant que dans presque tous les bassins à flot, et notamment au Port du HAVRE, on a eu tendance à calculer les nouveaux ouvrages dans l'hypothèse d'une vidange complète du port. Cette tendance est la conséquence des immenses dégâts qui ont été occasionnés par l'abaissement des plans d'eau : au HAVRE par exemple,

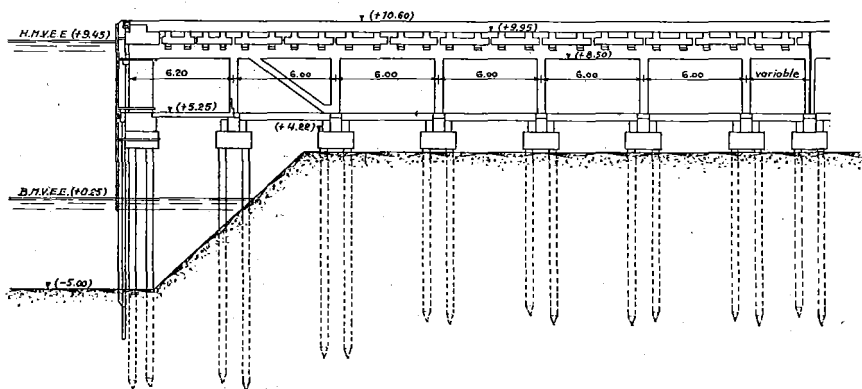
où près de 2 km. de quais non détruits dans le bassin Bellot ont basculé de ce fait.

La reconstruction du quai de Douvres a été réalisée suivant 2 profils distincts. Dans le premier profil on a utilisé un rideau avant en palplanches de béton armé d'équarrissage 0,40 m. \times 0,50 m., allégé en arrière par un plancher sur pieux en béton armé. Ce rideau ne règne que sur une partie de la hauteur de l'ouvrage et est surmonté par des piliers supportant le platelage et munis de puissants goussets pour encaisser les chocs d'accostage.

Le second profil est très différent. On ne pouvait pas, dans la partie où il est appliqué, construire un ouvrage sur pieux qui ne peuvent être foncés dans le sable fin de DUNKERQUE que par injection d'eau. On craignait que ce procédé n'entraîne des affouillements sous les semelles de fondation de la gare maritime établie immédiatement en arrière. On a réalisé un ouvrage sur piles transversales, reposant sur un talus à pente assez douce, dans lequel des redans ont été créés, et constituées par un encoffrement en palplanches rempli de béton cyclopéen. Les piles ont été ensuite couvertes par un plancher en béton armé et réunies en arrière par un mur parafouille en béton armé soutenant le terre-plein arrière. L'ancien rideau de palplanches non déversé ne joue plus aucun rôle, si ce n'est au droit des piles porteuses dont il constitue une petite paroi. Il a cependant été conservé pour les commodités de manœuvre des navires, tout en étant consolidé par une lierne horizontale réunissant les piles et butant le rideau libre vers sa mi-hauteur.

A BOULOGNE-s/Mer, deux ouvrages méritent examen. L'éperon de la gare maritime était, comme son nom l'indique, un appontement en béton armé de forme triangulaire en plan, de construction assez légère, porté par des pieux isolés reliés entre eux par des contreventements de faible équarrissage. Cet appontement construit en 1926 avait exigé d'importantes dépenses d'entretien par suite de la corrosion des armatures insuffisamment protégées. Le nouvel ouvrage se distingue par des dispositions beaucoup plus robustes et par l'emploi systématique de

pièces préfabriquées, de qualité très supérieure aux pièces moulées sur place, et où les armatures se trouvent protégées par au moins 5 cm. de béton. Aux pieux isolés anciens, on a substitué des groupés de 2 pieux réunis en tête par un chevêtre et arasés au-dessous de la mi-marée. Grâce aux marges d'implantation que permet cette disposition, tout le reste de la superstructure a été réalisé par des pièces préfabriquées, liaisonnées sur place à l'aide d'armatures en attente. Au niveau de mi-marée règne un étage de contreventement en pièces de fort équarrissage. Les efforts d'accostage qui s'exercent sur des piles-colonnes frontales

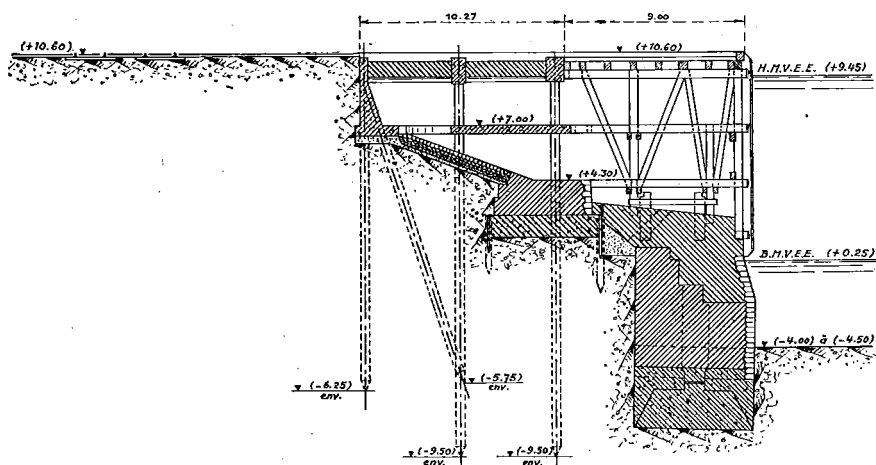


11. — Demi-coupe transversale de l'éperon de la gare maritime de Boulogne-sur-Mer.

sont reportés à ce niveau par des bracons inclinés. Le plancher ne comporte que des poutrelles et hourdis moulés d'avance. Une telle solution s'est avérée intéressante du point de vue de la facilité et de la qualité de l'exécution : elle est par contre assez onéreuse.

Le second ouvrage construit à BOULOGNE que je voudrais mentionner est un appontement remplaçant un ancien mur plein détruit, appontement entièrement construit en azobé, ce qui confirme l'intérêt que les Ingénieurs de BOULOGNE, qui avaient déjà réalisé avant la guerre un ouvrage de ce genre, portent à ce matériau. Il s'agit d'un quai plein, le quai Chanzy, qui avait dû être allégé en 1930, par la construction d'un appontement de décharge arrière. La partie supérieure du quai en

maçonnerie et l'appontement ont été détruits en 1944. On a réparé la partie inférieure du quai à l'abri d'un batardeau submersible, de construction évidemment beaucoup plus économique qu'un batardeau insubmersible, mais d'exploitation plus difficile. On a reconstruit l'appontement arrière en béton armé à l'aide d'éléments préfabriqués, et on a coiffé la partie inférieure du mur reconstruit par un appontement en azobé, dont les fermes transversales étaient constituées à terre et mises en place par un engin flottant. Une telle disposition ne se justifie évi-

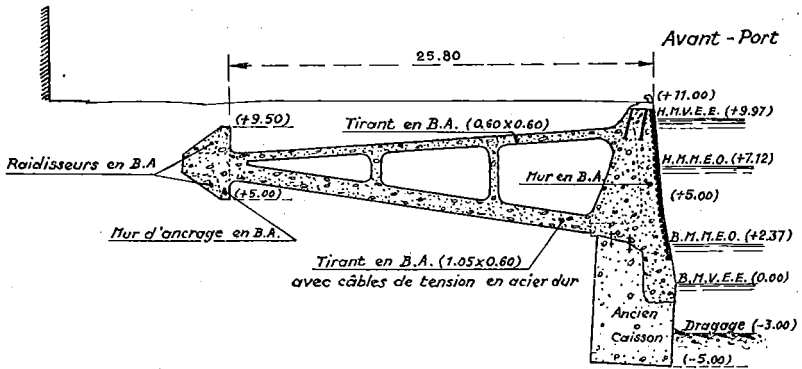


12. — Reconstruction du quai Chanzy à Boulogne-sur-Mer.

demment que par le fait qu'on ne pouvait pas faire une confiance suffisante aux maçonneries de la partie inférieure pour reconstituer sur elle l'ancien mur. L'emploi de l'azobé pour recevoir les chocs d'accostage est très judicieux en raison des qualités de résistance au choc et d'imputrescibilité de ce bois qui provient du Cameroun.

Au port de DIEPPE un ouvrage me paraît mériter quelque développement, à la fois par la hardiesse dont il témoigne et par l'intérêt des solutions qui y ont été appliquées : il s'agit du quai de carénage. Cet ouvrage constitué par un mur plein fondé sur caissons en béton armé a été détruit par les Allemands sur une longueur de 60 m. — On s'aperçut après déblaiement jus-

qu'aux parties demeurées saines que les caissons de fondation avaient été déversés et avaient pris des inclinaisons de 3° à 6°. Des observations ultérieures montrèrent cependant que les caissons étaient stables dans la situation de poussées réduites après déblaiement. Pour des raisons locales : étroitesse du chenal, alignement avec la partie de mur conservée, il ne pouvait être question de reconstruire un ouvrage en avant de l'ouvrage détruit. Plusieurs solutions comportant, les unes, la démolition complète des fondations endommagées, les autres la construction d'un mur en palplanches métalliques ancrées dans le terre-plein, d'autres



13. — Reconstruction du quai de Carénage à Dieppe avec tirants en béton précontraint,

enfin le remplacement de la partie supérieure du mur par une estacade légère et la construction d'un appontement de décharge, comme il a été réalisé à BOULOGNE, furent étudiées. Finalement, c'est une solution beaucoup plus hardie, et qui donna lieu d'ailleurs à de nombreuses controverses, qui fut adoptée.

Elle consiste dans son principe à reconstruire un mur de soutènement sur les fondations déversées, tout en introduisant un ancrage précontraint permettant d'introduire une traction de l'avant vers l'arrière, maintenant les caissons dans l'état d'équilibre où ils se trouvaient après destruction et compensant en conséquence les poussées supplémentaires s'exerçant sur la partie reconstruite du mur. Ce parti a été réalisé de la manière suivante :

— les caissons dérasés ont été coiffés par une forte poutre en béton armé formant socle et solidarissant les anciennes fondations avec une file de pieux en béton armé battus le long du parement arrière.

— sur cette poutre, et faisant bloc avec elle, est établi un voile en béton armé, revêtu de briques, avec contreforts. Au droit des contreforts, c'est-à-dire tous les 10 m., se trouvent deux tirants en béton armé reliant l'ouvrage à un mur d'ancrage arrière.

Le tirant inférieur qui joue le rôle essentiel dans la stabilité de l'ouvrage comporte 18 câbles de 18 fils d'acier dur de 5 mm., mis en tension par le procédé Freyssinet. Ces câbles traversent la poutre de répartition sur caissons et la poutre d'ancrage dans des tubes en acier noir. Les cônes d'ancrage sont disposés aux deux extrémités du tube et noyés dans une plaque d'about en béton fretté. La plaque avant est visible à basse-mer; la plaque arrière est accessible par des puits.

La mise en traction des câbles, qui devait atteindre en fin d'opération 4 à 20 T, par tirant, fut réalisée progressivement au fur et à mesure du remblaiement. Après mise en tension, les tubes furent injectés au ciment, en même temps qu'un joint de 30 cm. ménagé entre les tirants et la plaque d'ancrage était bétonné définitivement.

L'ouvrage, qui est en service depuis 1 an, semble devoir bien se comporter. Il présente à notre avis un réel intérêt, comme expérimentation d'un procédé dont on entrevoit toutes les possibilités dans l'exécution de murs de quais ou de soutènement.

C'est sans conteste *au port du HAVRE* que les problèmes de reconstruction des quais se sont posés avec le plus d'ampleur et ont soulevé les difficultés techniques les plus ardues : 17 Kms de quais sur 22 Kms, inutilisables à la Libération, dont 5.000 m. accessibles aux grands navires complètement détruits. Tous les quais de marée à grande profondeur, réservés aux paquebots, avaient disparu, ainsi que 2.500 m. de quais des bassins à flot pour grands cargos.

Les conditions locales compliquent les problèmes de reconstruction : la marée atteint 8 m. ; les terrains de fondation sont extrêmement hétérogènes. L'argile dure de l'étage kimméridgien, comme à BOULOGNE-s/Mer, se trouve à des cotes très variables, entre 20 m. et 40 m. au-dessous du niveau des terre-pleins. Elle est surmontée par des couches d'alluvions de très mauvaises qualité, où l'on trouve des poches de sables fins et de galets assez purs, flottant dans une argile sableuse et tourbeuse d'angle φ compris entre 15° et 25° et présentant une cohésion faible de 100 à 250 gr/cm².

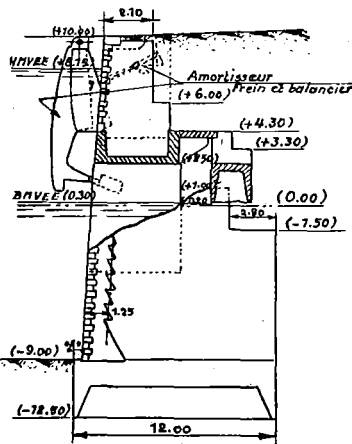
Les quais de marée atteignent une hauteur libre considérable : 19 à 22 m., et doivent pouvoir supporter des efforts de traction d'amarres évalués à 4 T. par mètre linéaire d'ouvrage. Les quais des bassins à flot, suivant une tendance que j'ai déjà signalée à propos de DUNKERQUE, ont été calculés pour pouvoir supporter une vidange brutale des bassins.

Pour les quais pleins du Bassin de Marée, on a adopté une technique à peu près uniforme dans son principe mais avec des variantes d'exécution. Ces ouvrages, qui avaient été détruits à l'aide de fourneaux de mines placés en arrière des murs, avaient été dérasés par l'explosion jusqu'à une cote de 1 à 2 m. au-dessous du niveau des basses-mers, et il fallait descendre jusqu'à 4 m. environ au-dessous de ce niveau pour trouver des maçonneries saines en place. La réfection du mur dans son état ancien aurait conduit à des travaux de mise à sec considérables sous des hauteurs d'eau pouvant atteindre 13 m. — On a alors adopté la solution de construire sur les maçonneries saines un viaduc frontal, reposant sur des piles distantes d'une dizaine de mètres foncées à l'air comprimé, donc avec des conditions de sécurité parfaites, dans les maçonneries anciennes. La travée du viaduc est constituée par des linteaux en béton armé, établie au-dessous du niveau de mi-marée et supportant un mur plein reconstituant le parement d'accostage antérieur.

Au quai Johannès Couvert on a d'abord eu recours à des linteaux de béton ordinaire, pesant 25 T., posés jointivement et

présentant une forme triangulaire avec pointe en haut pour assurer une bonne liaison avec la maçonnerie supérieure. On a eu la chance que la maçonnerie ancienne soit conservée vers l'arrière à une cote assez élevée, ce qui a permis d'éviter la construction d'un mur garde-grève en arrière du viaduc. Les linteaux en béton armé ont été ensuite remplacés par des linteaux en béton précontraint ne pesant plus que 5 T., en section à T renversé. Tous ces linteaux étaient recouverts par une dalle préfabriquée en béton armé, présentant vers l'arrière un porte-à-faux de 5 m. destiné, comme dans les murs à chaise, à améliorer la stabilité à la poussée.

Au quai d'Escale, les linteaux ont été remplacés par des tabliers d'une seule pièce, en béton précontraint, pesant 120 T. de pile à pile. Mais là, il a été nécessaire, en raison du niveau de démolition des maçonneries, de constituer sur l'arrière du viaduc un mur garde-grève, constitué par des caissons perdus foncés à l'air comprimé.



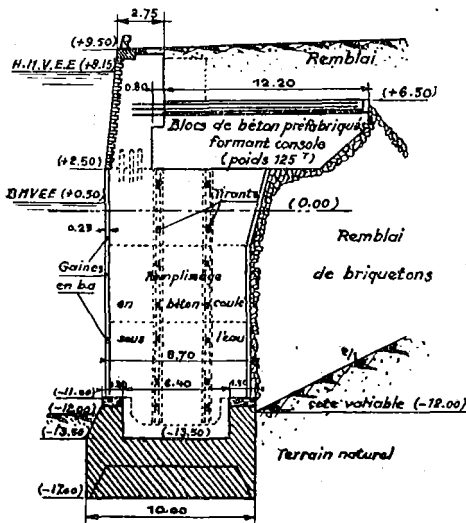
14. — Reconstruction du quai d'Escale au Havre.

Les bollards d'amarrage sont ancrés à l'aide de tirants mis en tension préalable modérée par des vérins. Au quai d'Escale, et afin d'éviter des fouilles importantes, les plaques d'ancrage dans le terre-plein sont horizontales et résistent par frottement et non par butée.

La reconstruction de deux autres sections du quai Johannès Couvert : la section sur caissons et la section sur piles, a été plus complexé.

Sur une longueur de 175 m., le quai Johannès Couvert était constitué par des caissons creux en béton armé, remblayés de sable avec console arrière d'équilibrage. Ces caissons, sous l'effet

des fourneaux de mine, ont subi une destruction profonde jusqu'à 11 m. au-dessous du niveau des basses-mers. Par contre, les chambres de travail étaient demeurées en place et formaient une solide assise de fondation. Le parti adopté a consisté, après déblaiement de toutes les parties détruites, à reconstruire sur cette base un mur plein jusqu'à une cote de 2.50 m. au-dessus du niveau de basse-mer, surmonté, comme c'était déjà le cas dans l'ancien ouvrage, d'une console d'équilibrage. Le mur plein a été réalisé à l'aide de béton coulé sous l'eau dans des gaines



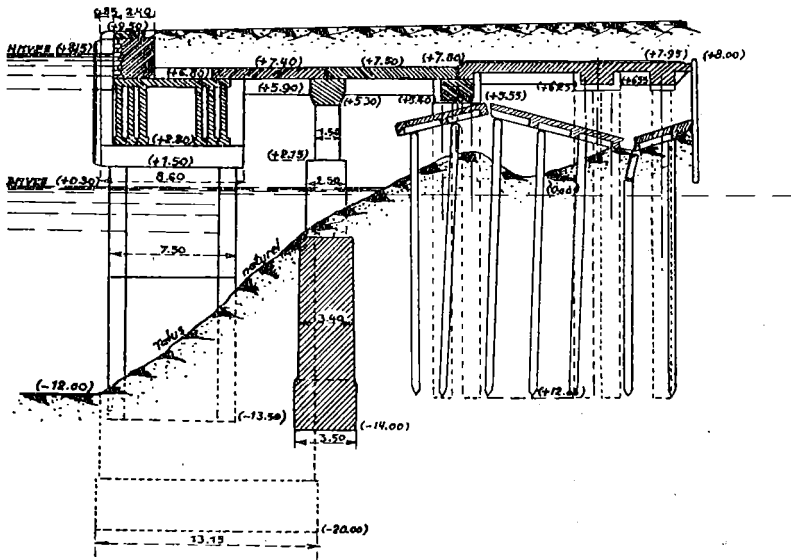
15. — Reconstruction du quai J. Couvert au Havre (Section de 175 m)

en béton armé empilées les unes au-dessus des autres et solidarisées par des tenons et mortaises et par des tirants. La console est faite de blocs préfabriqués pesant 125 tonnes pièce. La réalisation du mur plein a rencontré quelques déboires. Des sondages de vérification exécutés après coup dans le béton coulé ont fait apparaître des poches de sable provenant du délavage du béton sous l'effet de la marée.

Les jonctions de la gaine inférieure avec les souches de l'ancien caisson n'étaient pas en effet parfaitement étanches. On a dû exécuter un assez grand nombre de forages pour réparer ces désordres. Les poches les plus importantes ont été simplement injectées au mortier de ciment. Ces difficultés montrent la nécessité de réaliser des enceintes très étanches pour l'emploi du béton coulé sous l'eau dans les ports à marée.

La section du quai Johannès Couvert sur voûtes comportait un viaduc frontal sur voûtes distantes de 25 m. et un mur masque

fondé sur caisson à l'air comprimé. Des mouvements au moment du remblaiement avaient conduit à réaliser en arrière de cet ouvrage un grand appontement de décharge sur pieux en béton armé. Les destructions ont désorganisé les piles jusqu'à plus de 12 m. au-dessous du même niveau et complètement disloqué l'appontement de décharge. La solution adoptée a consisté dans la reconstruction des piles sur les caissons de fondation, surmontées d'une travure en poutres droites préfabriquées de béton

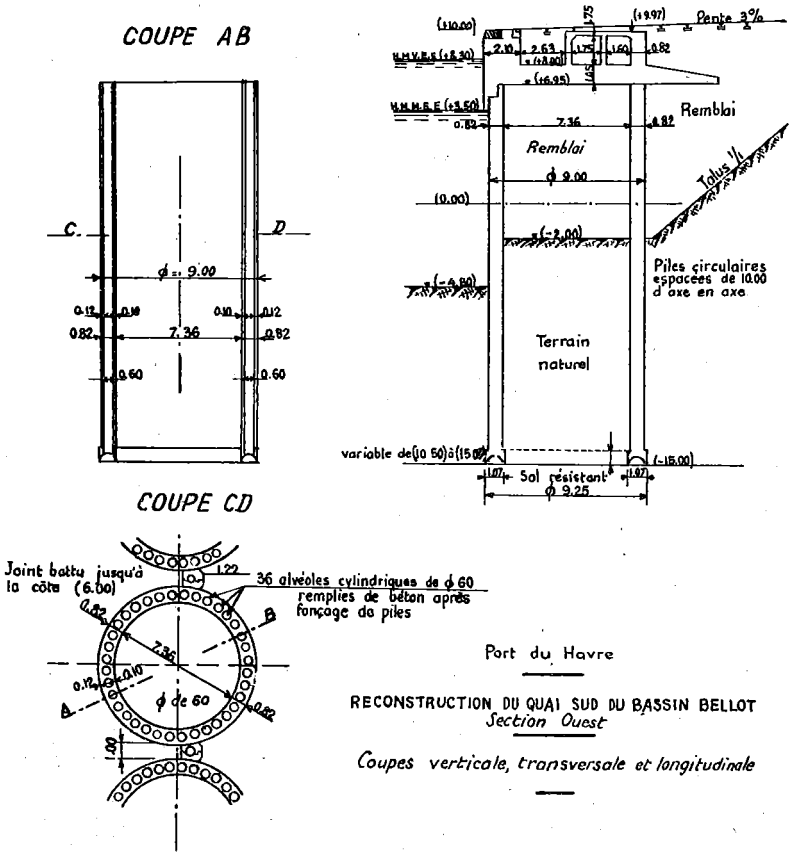


16. — Reconstruction du quai J. Couvert au Havre (section sur voûte).

armé de 4 m. de hauteur. Le tablier arrière a été reconstruit sur des piliers prenant appui sur l'ancien mur masque et sur des piles de 1,10 m. de diamètre foncées par le procédé Benoto, dont nous aurons à reparler, dans l'intervalle des pieux brisés. Ces piles sont constituées par des cylindres de béton armé de 0,15 m. d'épaisseur foncées par havage au hammergrab. La charge maximum sur la fondation est de 30 Kgr/cm².

La reconstruction sur 1.500 m. de longueur du quai Sud du Bassin à flot Bellot au HAVRE a posé un problème d'une indiscutable difficulté. Sur 300 m. environ de longueur, le ter-

rain de fondation était à une cote acceptable de l'ordre de 15 m. au-dessous du niveau des basses-mers, soit 25 m. environ au-dessous de la crête de l'ouvrage, mais sur 1.200 m. il se trouvait à 30 m. au-dessous du niveau des basses-mers, soit 40 m. au-dessous du niveau des terre-pleins. De plus, les conditions



17. — Reconstruction du quai sud du Bassin Bellot au Havre (section Ouest).

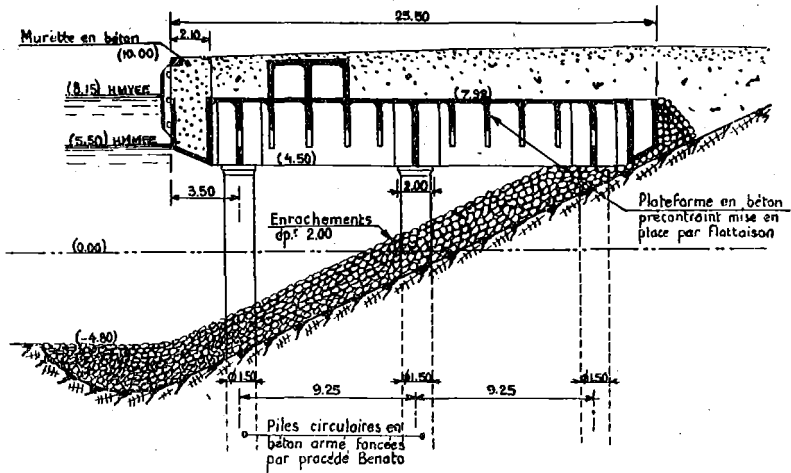
imposées exigeaient la stabilité de l'ouvrage en cas de vidange complète du bassin. La Commission de concours qui eut à examiner de nombreux projets en choisit deux qui lui parurent les mieux adaptés aux conditions que nous venons d'indiquer.

Dans la zone la plus facile, elle adopta un projet présentant un renouvellement original de la méthode du havage. Dans cette partie, l'ouvrage est constitué par un alignement de piles cylindriques de 9 m. de diamètre, foncées jusqu'à la couche de sable fin. Ces piles sont surmontées d'une dalle de 15 m. de largeur, avec un porte-à-faux arrière de 5 m. qui confère à l'ouvrage une stabilité satisfaisante sans ancrage. Le mode de fonçage des piles constitue le grand intérêt du système. Les parois du cylindre, qui ont une épaisseur de 0,82 m. sont percées de 36 alvéoles de 0,60 m. de diamètre où l'on peut excaver le terrain à l'aide de 3 hammergrabs Benoto. En travaillant successivement dans les alvéoles, on creuse une tranchée circulaire dans laquelle s'enfonce le cylindre dont le mouvement peut être très exactement réglé. Le procédé s'est avéré très satisfaisant et il présente le grand avantage technique de laisser au milieu du caisson un noyau de terrain intact dont la résistance au cisaillement s'ajoute à la butée extérieure. La bouchure entre cylindres est assurée par un pieu en béton armé, formé de deux coquilles dont les sabots sont taillés de manière à forcer le pieu à s'appuyer sur les génératrices des cylindres. La vitesse d'enfoncement des piles a été de 0,75 m. en moyenne par journée de 10 heures de travail.

Dans la zone où les terrains de fondation sont à très grande profondeur, on a adopté un appentement, comportant un tablier de 25 m. de largeur, monté sur 3 files de piles du type Benoto de 1,50 m. de diamètre, les distances entre piles étant de 9,25 m. dans le sens transversal et 8,25 m. dans le sens longitudinal. L'originalité de l'ouvrage consiste, d'une part, dans l'emploi des piles foncées par le procédé Benoto auquel on a fait confiance pour atteindre une cote située à 30 m. au-dessous des basses-mers, et dans le mode de construction du tablier qui a été constitué par éléments en béton précontraint, amenés par flottaison au-dessus des piles, échoués sur elle et solidarisés avec elle, également par précontrainte.

On sait que le procédé Benoto comporte le fonçage de viroles en acier, à la fois par excavation à l'intérieur et par application à la virole d'un mouvement de rotation alternative, qui réalise

le principe du louvoisement et permet au tube de descendre sous son propre poids. L'exécution des travaux a donné lieu à des observations intéressantes concernant ce procédé. Les premières piles ont été exécutées en utilisant des viroles métalliques soudées bout à bout, que l'on remontait au fur et à mesure du bétonnage. Mais on s'est aperçu que ce procédé ne présentait pas toute sécurité. Il arrivait que la gaine soit remontée trop vite et que le béton trop frais soit écrasé par la pression du terrain;



Port du Havre

RECONSTRUCTION DU QUAI SUD DU BASSIN BELLOT
Section Est

Coupe transversale

18. — Reconstruction du quai sud du Bassin Bellot au Havre (section Est).

ou bien, au contraire, le béton en cours de mise en place trouvait une zone de moindre résistance du sol et s'y engouffrait, désamorçant le tube. On a essayé alors un autre système comportant des gaines en béton armé laissées en place, assemblées les unes aux autres par des colliers terminaux en acier, soudés entre eux. Mais ces gaines n'avaient pas une résistance suffisante pour résister aux efforts de flexion et de torsion entraînés par le dispositif de louvoisement, et elles se fissaient. Force a donc

été de laisser dans le terrain les viroles métalliques, et à partir du moment où cette décision fut prise le chantier avança normalement. Les tubes ont été bétonnés par le procédé du col-grout qui consiste à injecter un mortier colloïdal dans un squelette formé par un agrégat de granulométrie fortement discontinue.

Le tablier a été réalisé par éléments préfabriqués précontraints de 25 m. de largeur et 25 m. de longueur, pesant 1,300 T. — Chacun de ces éléments comporte une dalle de 18 cm. d'épaisseur, portée par des poutres croisées, trois dans le sens transversal et quatre dans le sens longitudinal et par des poutrelles secondaires. L'élément est construit sur un dock flottant, lui-même en béton précontraint et mis à l'eau par fonçage du dock. L'air emprisonné sous la dalle entre les poutres principales suffit à assurer la flottaison de l'ensemble. Des compresseurs peuvent envoyer de l'air dans les différents compartiments, de manière à assurer l'équilibre de flottaison. Les éléments de tablier sont solidarisés entre eux et sur les piles par précontrainte. Les armatures sont du type Freyssinet à câbles en acier dur et cônes d'ancrage.

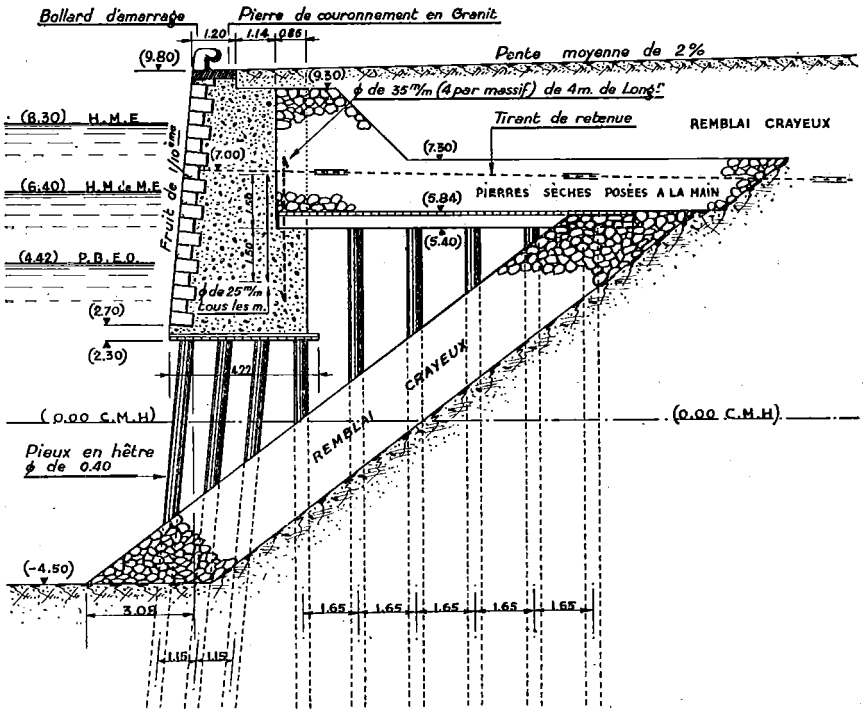
Les travaux de construction de ce quai sont maintenant terminés.

A ROUEN, en dépit de la grande longueur d'ouvrages complètement détruits, qui atteignent 5 kms, et des difficultés de fondation, le bon terrain ne se rencontrant qu'à des cotes variant entre 20 et 26 m. au-dessous du niveau des terre-pleins, les travaux ont pu être conduits avec des méthodes plus traditionnelles que celles que nous venons de décrire.

Les ouvrages détruits se ramenaient à 2 types principaux. L'un, dit « quai type ROUEN », comporte un mur frontal en béton ordinaire fondé sur des pieux de bois de hêtre, arasés à 3 m. environ au-dessous du niveau de basse-mer et exécuté à l'intérieur d'un caisson démontable en bois que l'on échoue sur la tête des pieux. Ce quai est réuni à la rive, au-dessus du talus naturel défendu par des enrochements de craie tendre, par un appontement sur pieux en béton armé. Ce type de quai très économique et présentant de grands avantages en raison de la

continuité d'appui qu'il offre aux navires, était appliqué dans toutes les régions où la profondeur de fondation était compatible avec la longueur des pieux de bois.

Dans les zones où la profondeur était trop grande, on avait adopté des ouvrages à colonnes d'accostage, comportant des colonnes frontales de 3 m. de diamètre coiffant des bouquets de 5 pieux et un appontement arrière en béton armé.



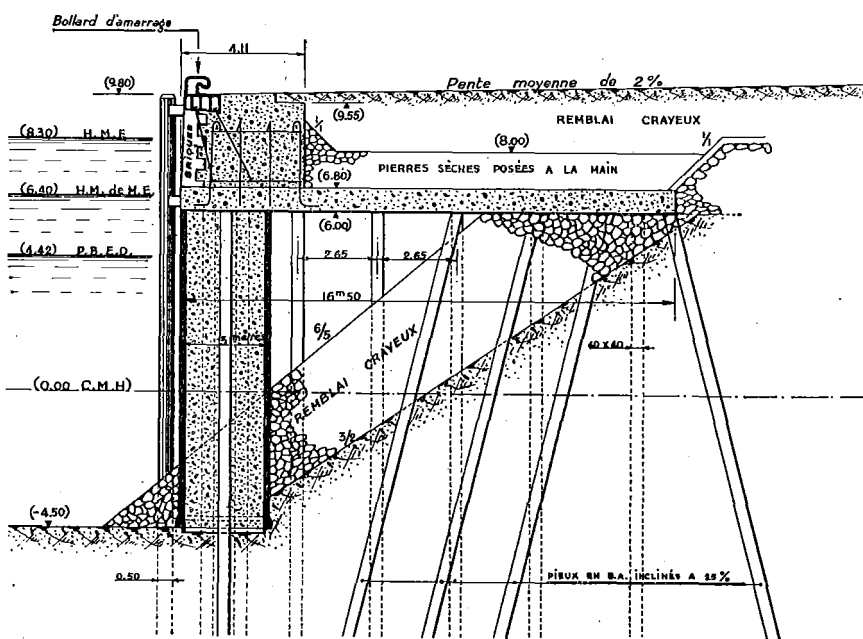
19. — Ancien quai type Rouen sur pieux en bois.

La destruction de tous ces ouvrages fut absolument complète, des bombes d'avions ayant été placées dans l'eau, contre les pieux, qui se cisailèrent et entraînent le basculement complet du quai, des colonnes et des appontements.

Après le déblaiement qui fut des plus difficiles, on constata qu'on pouvait se trouver dans deux cas : ou bien les pieux en

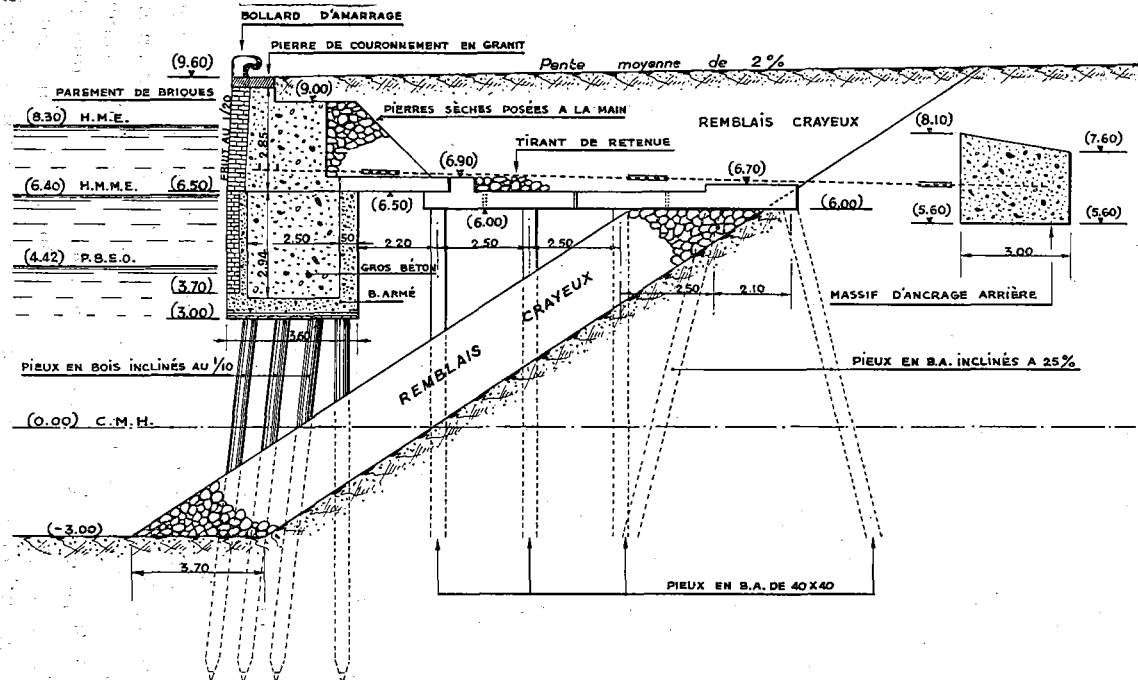
bois n'étaient pas cassés profondément dans le terrain, et il était possible de les arracher sans difficulté et sans grande dépense, ou bien ces pieux étaient cassés profondément et leur arrachage était impossible.

On décida dans le premier cas de refaire un ouvrage comportant un quai frontal fondé sur pieux de hêtre, faciles à trouver à bas prix dans la forêt normande, mais en substituant à l'ancien procédé de construction à l'intérieur d'un caisson de bois

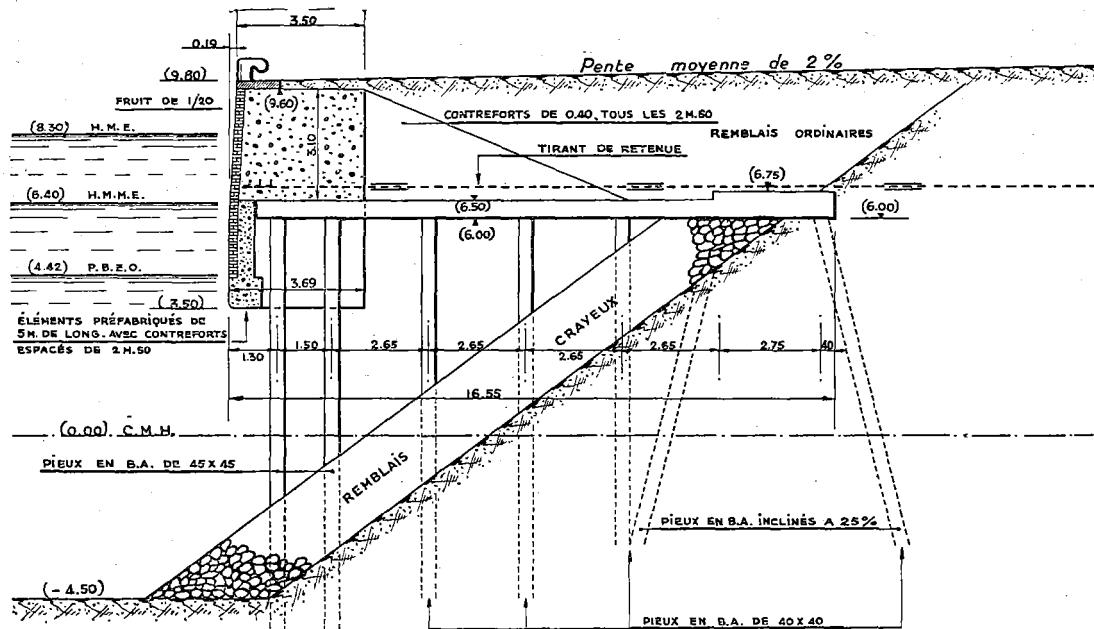


20. — Ancien quai de Rouen sur colonnes.

démontable une nouvelle méthode utilisant des caissons en béton armé, préparés à terre et déposés sur la tête des pieux en bois avec interposition d'un plancher de répartition en bois. L'ancien procédé était, en effet, incompatible avec la rapidité que l'on désirait obtenir, le procédé du caisson démontable imposant un rythme ralenti de construction, à moins de consentir une multiplication des caissons et une dépense très importante de ce fait.



21. — Nouveau quai de Rouen type caisson en béton armé sur pieux en bois.



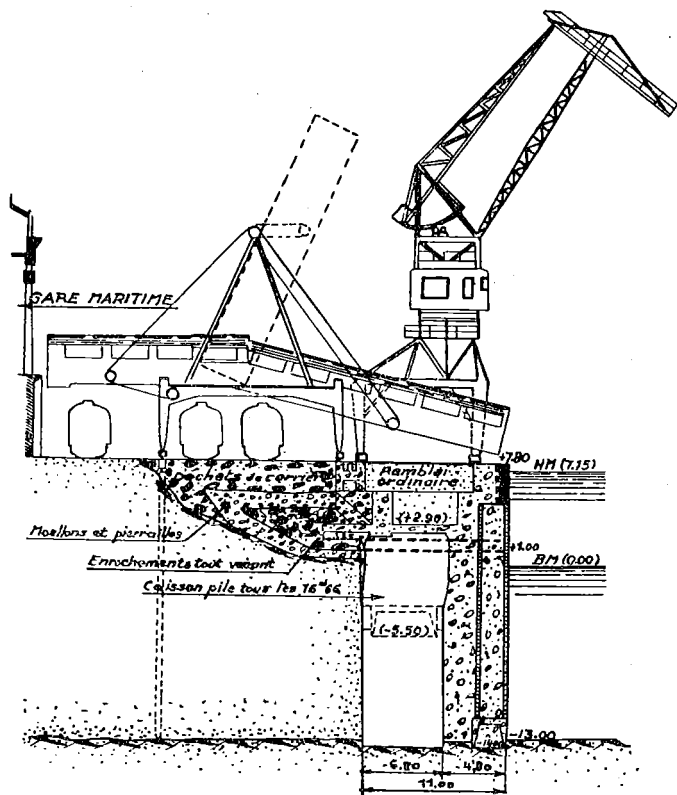
22. — Nouveau quai de Rouen avec masque inférieur.

Dans le second cas il ne pouvait plus être question de rebattre des pieux en bois pour supporter l'ouvrage frontal. Les anciens pieux, de 40 cm. de diamètre en moyenne, étaient, en effet, battus à des écartements de 1 m. à 1 m. 20 d'axe, et il était impossible de foncer dans les intervalles un nombre équivalent de nouveaux pieux. On adopta alors un système de fondations sur pieux en béton armé qui, grâce à leur plus grande force portante, pouvaient être largement espacés, tout en reconstituant un profil analogue à celui des anciens ouvrages par l'artifice suivant : la partie inférieure du profil située au-dessous du niveau de basse-mer a été constituée par un masque avec contreforts, en éléments préfabriqués à terre, qui est solidarisé ensuite avec l'appontement établi au-dessus du niveau de basse-mer. La stabilité aux chocs des navires de la console ainsi constituée au-dessous du tablier est favorisée par la création en arrière du mur de grands goussets, en forme de contreforts, qui intéressent à l'effort de renversement une partie du poids du tablier et des pieux arrière. Les éléments de masque préfabriqués sont conçus de manière à laisser une grande liberté d'implantation des pieux en béton armé foncés dans les intervalles des anciens pieux en bois. L'ouvrage est calculé pour un effort d'accostage de 2.000 T. pour 100 m. de quai ou un effort concentré de 100 T/m² pouvant s'exercer en un point quelconque de la construction. Ces chiffres sont justifiés à ROUEN par l'existence de courants très brefs, mais violents, qui se produisent au début de la montée et qui sont en relation avec le phénomène du mascaret.

Ce second type de quais, en raison des avantages de prix et de commodité d'exécution qu'il présentait, a été généralisé et appliqué à la reconstruction des appontements avec piles. Ces appontements avaient présenté, en effet, des difficultés d'exploitation du fait du ressac créé sous l'ouvrage par les courants signalés ci-dessus, et de l'entretien des défenses en bois qui les protégeaient.

A *CHERBOURG*, la reconstruction du quai de France a posé un problème difficile de réemploi des maçonneries d'un quai plein à grande profondeur partiellement détruit.

L'ancien ouvrage comportait un quai plein frontal, fondé sur le rocher et allégé sur une partie de sa hauteur par un appontement de décharge arrière. L'ouvrage fut détruit par les fourneaux de mines placés en arrière du mur frontal. L'appontement fut complètement détruit et le mur frontal dérasé jusqu'au niveau



23. — Nouveau quai de France à Cherbourg.

des basses-mers, les maçonneries situées au-dessous de ce niveau étant d'ailleurs fissurées et ébranlées.

Après un examen minutieux des diverses solutions possibles, celle qui fut retenue comportait l'exécution en avant de l'ancien mur d'une ligne de caissons en béton armé, de 2 m. 30 d'épaisseur, foncés à l'air comprimé. Le parement ainsi constitué était

relié à l'ancien quai conservé, en premier lieu par des piles transversales foncées à l'air comprimé tous les 16 m. dans la maçonnerie en place, et en second lieu par du béton coulé sous l'eau entre les caissons et le parement extérieur de l'ancien quai. Caissons de parements et piles transversales sont coiffées par une dalle générale en béton armé présentant vers l'arrière une console stabilisatrice.

Le calcul de l'ouvrage ainsi conçu était très compliqué; il mettait en jeu des ouvrages nouveaux et des ouvrages anciens dont les déformations, au contact notamment du terrain de fondation, pouvaient être très différentes. Pour éviter ce premier inconvénient, on a adopté le système des caissons de préférence à d'autres plus économiques, comme des palplanches, afin d'obtenir une grande sécurité d'appui des nouveaux ouvrages. En second lieu, on a conduit les calculs dans deux hypothèses : celle du monolithisme des anciennes et nouvelles maçonneries et celle, au contraire, d'un fonctionnement séparé de ces ouvrages. Dans ce dernier cas, les constructions nouvelles sont assimilées à une équerre constituée par le parement et la dalle supérieure avec contreforts réalisés par les piles transversales. Cette équerre est stable sous l'effet de la totalité des poussées, même si l'on suppose l'ancien mur sans cohésion et équivalent à un simple massif de pierres sèches.

Je crois que cet examen, un peu rapide, de la reconstruction des quais détruits, peut laisser cependant quelques impressions générales :

— l'impression d'abord de la complexité des problèmes posés par cette reconstruction et qui résulte souvent de l'obligation, que j'avais déjà signalée, de refaire les ouvrages à l'emplacement des ouvrages détruits, sujétion dont on est rarement arrivé à se dégager;

— celle ensuite de l'originalité des solutions adoptées. On est frappé par le fait qu'à peu près aucun des projets que je vous ai décrits ne se ressemblent. Toutefois, ces différences ne paraissent pas être la conséquence d'un excès d'individualisme technique

mais plutôt d'une recherche d'adaptation à des conditions vraiment très variées. En tout cas, les raisons fournies par les Ingénieurs pour justifier leurs projets sont toujours fort éloquentes;

— l'impression de la hardiesse des constructeurs qui n'ont pas hésité à employer dans un domaine assez traditionnel des moyens de construction tout nouvellement créés et à peine expérimentés. Certains procédés anciens semblent par contre bannis; l'emploi de l'air comprimé est rare ou on le limite comme au HAVRE et à CHERBOURG à la constitution de points d'appui isolés; l'emploi de constructions grèles en béton armé coulé sur place est remplacé par la préfabrication d'éléments plus massifs, les ennuis créés par des ouvrages de ce genre construits entre les deux guerres étant encore dans toutes les mémoires;

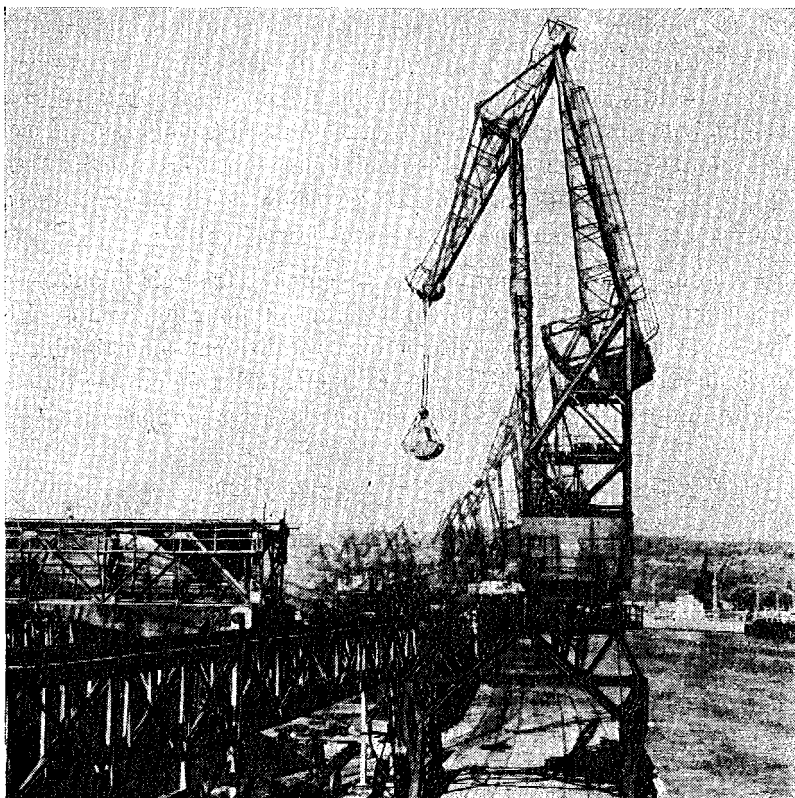
— l'impression enfin que les Ingénieurs français n'ont pas abandonné le désir de construire solide et pour longtemps. Ni l'exemple américain de constructions rapidement amortissables, ni le désastre de la dernière guerre n'ont pu les détourner d'une tradition qui est d'ailleurs celle de tous les pays européens.

E — Outillages et installations portuaires.

Il m'a paru opportun de centrer mon exposé sur les questions de génie civil, aussi ne pourrai-je que passer très rapidement sur l'importante question de la reconstitution des outillages et des installations de surface.

En ce qui concerne l'outillage, la tâche qui était proposée à l'industrie spécialisée, était immense. Il s'agissait de reconstruire, pour les seuls ports de la Manche et de la Mer du Nord, quelques cinq cents grues, portiques et pontons-grues. Comme il l'avait fait pour le matériel de dragages, le Ministère des Travaux Publics s'est préoccupé dès 1943 de la question et a constitué une commission de normalisation de l'outillage qui avait pour objet de préparer des cahiers des charges types et de réaliser dans la mesure du possible une standardisation des engins. Cette commission, outre des spécifications dans le détail desquelles il m'est impossible d'entrer, a obtenu des résultats généraux d'un

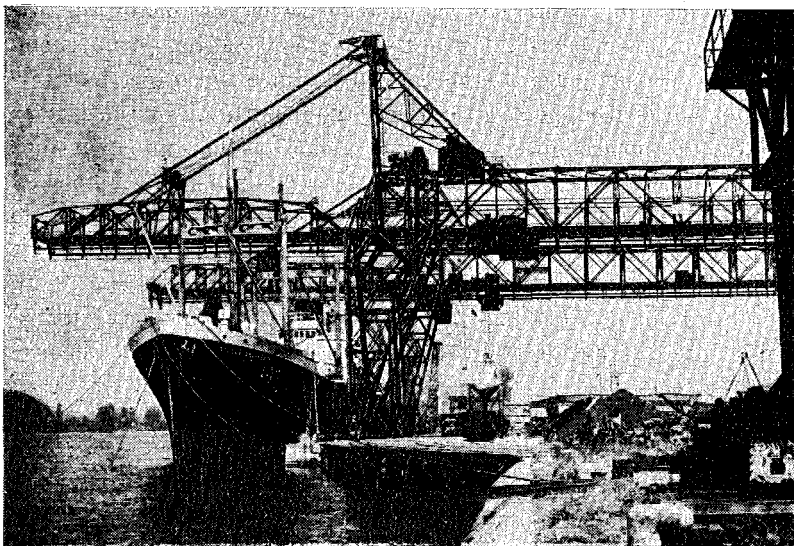
indiscutable intérêt et notamment : la standardisation du courant d'alimentation alternatif, 280 V. 50 périodes; la standardisation des portiques et des chemins de roulement permettant le transfert en cas de besoin, du matériel d'un port à un autre; la standardisation des puissances, des portées, des hauteurs de cabine,



24. — Grues de 8 T. à 28 m de portée dans le port de Rouen.

etc... Les résultats obtenus dans le sens d'une uniformisation des méthodes de calcul sont plus discutés : ils ont abouti à une grande accumulation de sécurités de toutes sortes et à un alourdissement excessif. Il y a été souvent dérogé.

Les contacts entre les Ingénieurs français et les Etats-Unis se sont multipliés depuis 1944 et ils sont certainement plus fréquents aujourd'hui qu'ils ne l'étaient avant-guerre. Aussi la technique d'exploitation des ports américains sans engins de levage et à l'aide des seuls moyens du bord a-t-elle donné lieu à de nombreuses discussions. Ces discussions, malgré tout l'intérêt qu'elles ont suscité n'ont pas eu d'influence sur l'équipement des ports



25. — Portiques modernes à Rouen.

français en engins de levage. On s'est aperçu que les opérations de transbordement direct entre navires et wagons ou péniches jouaient un rôle trop important dans nos ports pour qu'on puisse abandonner les grues de quais qui sont indispensables pour de telles opérations. Peut-être aussi s'est-on avisé qu'appartenant à un continent où la concurrence n'est pas interdite entre ports de nations voisines, il était nécessaire, fut-ce au prix d'un certain excès de dépense, de doter les ports français d'un équipement répondant aux mêmes principes que celui des ports continentaux.

Par contre l'exemple américain a été des plus féconds pour l'amélioration des conditions de manutention sur terre-plein. Les Ingénieurs des ports ont apporté une attention toute nouvelle à la qualité des revêtements de sol, qu'ils ont réalisé en béton de ciment ou en produits bitumeux. Les engins mécaniques mobiles se sont multipliés : élévateurs à fourchettes, chariots et tracteurs sur pneus.

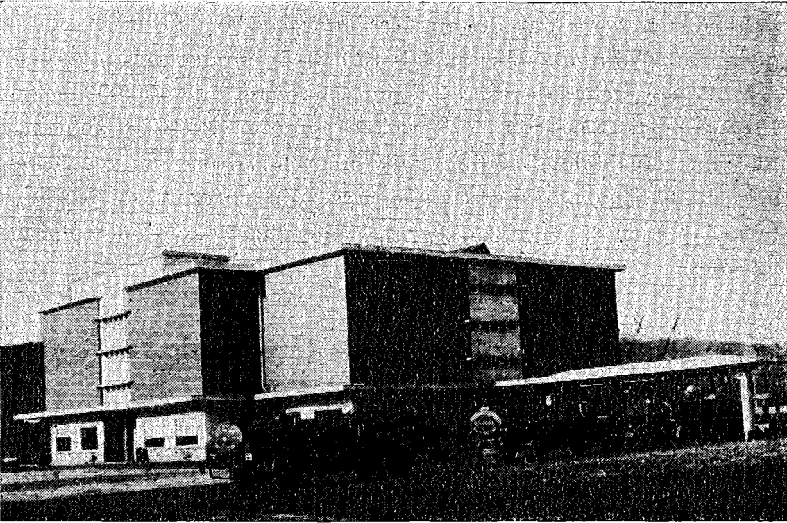
Dans la construction des hangars, la tendance d'un plus grand emploi des couvertures en béton armé mince, est manifeste. Le grand hangar au textile de Dunkerque de 50.000 m² est un exemple de construction classique en voûte mince nervurée. La halle au poisson de Dieppe se distingue par un porte à faux de quinze mètres de portée bord à quai, qui a permis de supprimer tout appui en façade. Au port du Havre les grands hangars nouveaux sont presque tous en béton armé, qui a été adopté en raison de son faible prix de revient, du grand espacement entre appuis (20 m.) qu'il autorise sans dépense supplémentaire, de son invulnérabilité au feu. Les hangars du Havre présentent la caractéristique intéressante qu'il y a été fait un emploi partiel de la précontrainte.

Au hangar aux cotons, la couverture est réalisée par des voûtes en bonnet de prêtre, reposant sur un quadrillage de poutres croisées, de 19 m. de portée environ. Cette disposition a permis de supprimer tout tirant apparent, les retombées croisées permettant d'absorber les poussées. Les poutres de retombée sont précontraintes par des câbles Freyssinet de telle manière que les tractions qui se produisent dans les voûtes aux retombées et le long des renforts aux angles entre deux voûtes soient annulées. On évite ainsi tout risque de fissuration. L'ouvrage qui est en service depuis deux ans est resté parfaitement étanche.

Aux hangars du quai Hermann du Pasquier qui sont formés de deux voûtes cylindriques avec lanterneau axial, des câbles de précontrainte sont disposés, d'une part, le long du lanterneau et, d'autre part, dans les poutres de retombée. Une analyse assez poussée des conditions statiques a été faite pour ces ouvrages.

Elle a montré que la voûte mince agit facilement comme une poutre dans le sens de la longueur et ne nécessite qu'une précontrainte assez faible.

Un trait commun à tous ces hangars est l'absence totale de joints de dilatation. On a simplement conçu des poteaux de manière que les mouvements de dilatation puissent se faire librement, soit grâce à des articulations aménagées en tête et au pied



26. — Chai à vins de Rouen.

des poteaux, soit par l'absence de rigidité de ceux-ci. Le contreventement est assuré par quelques poteaux non articulés.

A propos des hangars, il y a lieu de signaler la nécessité où se sont trouvés certains ports, notamment Dieppe, Rouen et Dunkerque, de multiplier les hangars spéciaux pour la réception des fruits et primeurs. La réception des bananes exige une climatisation très poussée; celle des primeurs et spécialement des agrumes, ne nécessite qu'une climatisation partielle, la température ne devant pas tomber au-dessous de 5 à 6° en hiver. Un hangar à étage a été construit à Dunkerque, avec réception et

tri des primeurs au premier étage, transfert des lots par monte-charges au rez-de-chaussée où se trouve le hall de chargement. Le port de Rouen dispose maintenant de près de 15.000 m² de hangars climatisés.

Je rattacherai un peu arbitrairement aux hangars certaines installations spécialisées comme les chais de réception des vins en vrac. Les vins d'Algérie qui viennent en grande quantité à Dunkerque et surtout à Rouen, sont transportés exclusivement depuis la guerre, par des navires citernes. Il a fallu en conséquence créer de nouvelles installations très importantes pour leur réception. Le chai de Rouen a une contenance de 100.000 hectolitres répartis dans 200 cuves verrées environ. Il est rattaché par tout un réseau de pipe-lines aux quais maritimes de réception, aux quais fluviaux de réexpédition, aux entrepôts privés des négociants de la ville, aux stations de chargement de camions citernes.

IV — Développement des ports français de la Manche et de la Mer du Nord.

Mon exposé serait incomplet si après vous avoir exposé les travaux de reconstruction des ports français de la Manche et de la Mer du Nord, je ne vous donnais pas quelques indications sur les tendances actuelles du trafic de ces ports et sur les programmes d'amélioration qui sont en cours d'exécution dans certains d'entre eux.

Du point de vue de l'évolution du trafic, la tendance la plus caractérisée est celle du développement considérable des importations d'hydrocarbures.

— Au Havre : 7.000.000 T. en 1951 contre 2.600.000 T en 1938.

— A Rouen : 2.100.000 T. en 1951 contre 900.000 T. en 1938.

A Dunkerque le programme d'importation de l'année 1952 est de l'ordre de 2.000.000 T. pour la raffinerie de la S.G.H.P. récemment reconstruite, soit plus du double d'avant-guerre.

Les importations de charbon ont par contre diminué et sont devenues très irrégulières. Elles n'ont été à Rouen en 1951 que de 2.000.000 T. contre 3.200.000 T. en 1938. Elles présentent, d'autre part, d'extraordinaires variations, les réceptions à Rouen, par exemple, ayant oscillé entre 10.000 T. et 150.000 T. pour une semaine : ces oscillations dues en grande partie à la politique de protection de la production nationale sont extrêmement gênantes pour les ports qui doivent avoir un outillage capable de faire face à des pointes très prononcées et mal employé le reste du temps.

Les autres éléments du trafic ont tous marqué des tendances satisfaisantes. Certains trafics nouveaux comme celui des primeurs et agrumes d'Afrique du Nord sont en plein développement et apportent une activité intéressante par l'importance des manutentions aux ports qui en bénéficient : Rouen, Dunkerque et Dieppe. Certains trafics se sont complètement transformés comme celui des vins d'Afrique du Nord, exclusivement transportés en vrac comme je l'ai indiqué déjà. Le niveau des importations de vins n'a d'ailleurs pas encore rejoint celui d'avant-guerre en raison d'une certaine réduction de la consommation (4.000.000 d'hectolitres importés à Rouen en 1951 contre 7.000.000 d'hectolitres avant-guerre).

Les trafics d'exportation ont considérablement augmenté dans tous les ports intéressés et ont plus que doublé par rapport à 1938. Un certain ralentissement se manifeste toutefois depuis quelques mois.

Comme les indications précédentes peuvent le laisser présager, les améliorations les plus urgentes à réaliser par rapport à l'avant-guerre, concernaient la réception des hydrocarbures. Le port du Havre a entrepris la construction d'un second bassin pétrolier et le port de Dunkerque a réalisé un nouvel appontement capable de recevoir les plus grands tankers. Cet appontement de conception particulièrement robuste et simple, comporte un môle accostable, réuni à la terre par une passerelle sur pieux en béton armé. Le môle accostable est constitué par deux gabions

en palplanches ayant en plan la forme d'un huit de 30 m. environ dans sa plus grande dimension et 18 m. dans sa plus petite dimension. Ces gabions sont entourés par une dalle sur pieux limitée par une poutre de rive d'accostage de 3 m. 20 de hauteur. Les efforts d'accostage sur la poutre de rive sont transmis à un cadre ceinturant les gabions. Pour atténuer les chocs, il est fait usage d'amortisseurs en caoutchouc d'un type très nouveau-fabriqués aux Etats-Unis, et constitués par une série de cylindres creux d'environ 30 cm. de diamètre et dépassant 1 m. en longueur, assemblés entre eux pour former une sorte de grille. Ces amortisseurs donnent, paraît-il, d'excellents résultats, mais ils seraient très coûteux.

En mettant à part les aménagements de détail dont je viens de parler, les ports français de la Manche et de la Mer du Nord ne paraissent pas devoir s'engager prochainement dans des programmes importants d'amélioration, sauf Boulogne qui doit réaliser un aménagement de son port de pêche et Rouen qui doit achever son programme d'amélioration de l'Estuaire de la Seine dont la nécessité est encore rendue plus urgente par l'augmentation générale du tirant d'eau des navires.

A Boulogne, premier port de pêche de France avec 100.000 T. de poisson débarqué chaque année, l'industrie de la pêche a toujours souffert du manque de place. L'insuffisance des installations d'accostage entraînait des frais de déchargement supplémentaires et des retards; l'éloignement entre les quais de déchargement et les usines de transformation de poisson obligeait à des camionnages coûteux; les conditions d'avitaillement des navires en glace et combustibles étaient peu satisfaisantes.

Aussi a-t-on pensé, après la guerre, en raison des destructions subies par les quartiers d'habitation enserrant le port, qu'il convenait d'y regrouper toutes les activités maritimes et industrielles de la pêche.

Le projet qui a été pris en considération par les Ministres intéressés est basé sur un certain nombre d'hypothèses concernant l'évolution de la pêche maritime. Une grande inconnue est évi-

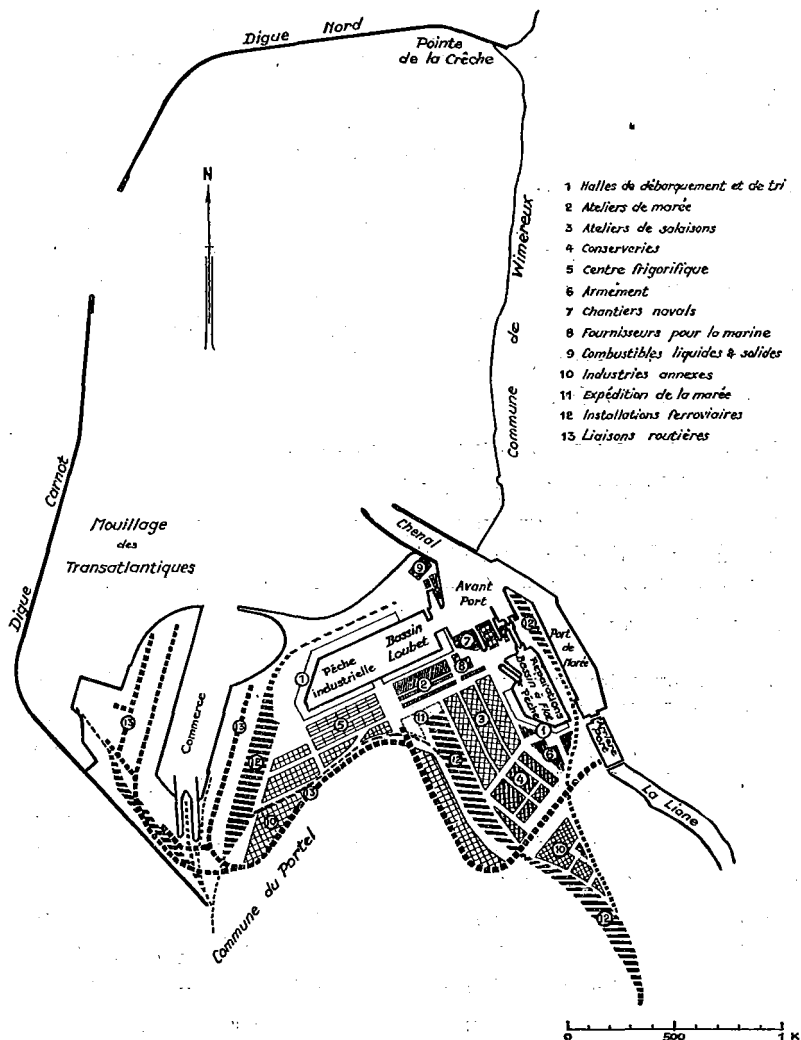
demment l'évolution des fonds de pêche de la mer du Nord et de la Manche : si comme certains le croient, les chalutiers seront obligés dans l'avenir d'aller chercher le poisson plus loin, il faut envisager la possibilité d'un développement de la congélation à basse température et de puissantes installations frigorifiques de réception. D'autre part, l'inégalité saisonnière des quantités pêchées, surtout en poissons communs, exige le maintien d'une puissante industrie de la salaison et de la conserve capable d'absorber les pointes de production.

On a admis que les installations portuaires devraient pouvoir faire face aux besoins suivants : 150 chalutiers en acier de 30 à 48 m., 200 bateaux en bois de 12 à 22 m., 200 à 250.000 T. de production annuelle dont une forte proportion de poissons communs, 200 à 300 maisons de commerce du poisson, une industrie de conserverie couvrant 15 hectares, une industrie du froid et de l'emballage couvrant 6 ha, une industrie de la construction navale couvrant 3 ha.

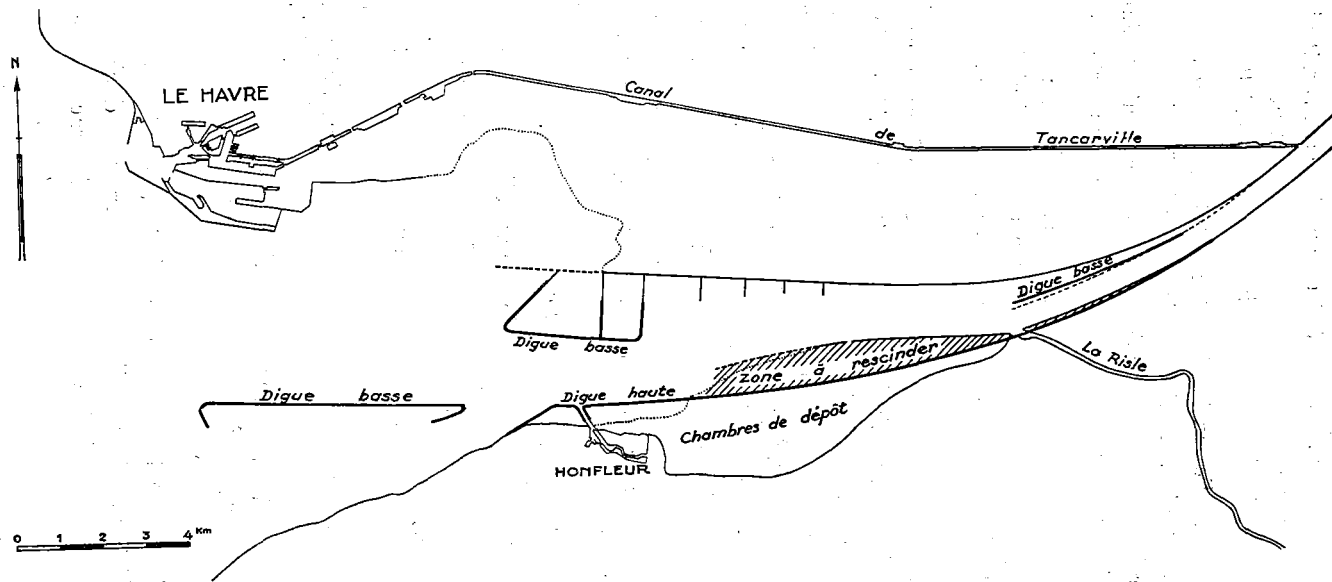
On a recherché les conditions suivantes: accostage facile des navires, déchargement rapide, tri et allotissement à proximité immédiate des quais, groupement des ateliers de marée au voisinage de la halle de vente, ainsi que des usines, centres de congélation et de conditionnement; enfin création de postes d'avitaillement convenables.

La solution retenue et prise en considération comporte le prolongement du Bassin Loubet, qui serait entièrement affecté à la pêche alors qu'il l'est au commerce, et la création d'une darse extérieure, à l'abri de la digue Carnot, qui serait attribuée en échange au trafic commercial. Une répartition aussi logique que possible des terrains des quartiers démolis a été soigneusement étudiée. Le régime administratif de ces terrains serait d'après les idées des auteurs du projet assez particulier : l'Etat s'en rendrait propriétaire par expropriation et les mettrait à la disposition des intéressés suivant des baux de longue durée : on a jugé que c'était là le seul procédé permettant d'assurer une utilisation rationnelle de la place très mesurée dont on dispose.

A ROUEN, il s'agit de mener à bien dans les moindres délais l'important programme d'amélioration de l'Estuaire de la Seine, commencé avant-guerre. Ce programme vise à une augmentation de 2 m. 50 du tirant d'eau des navires pouvant accéder au port : ce tirant d'eau qui varie actuellement suivant le niveau de la



27. — Plan d'aménagement du Port de Boulogne.



28. — Plan des travaux de l'Estuaire de la Seine.

marée de 6 m. en morte-eau à 8 m. en vive-eau, serait ainsi porté à 8 m. 50 en morte-eau et 10 m. en vive-eau et permettrait l'accès en tout temps à pleine charge des cargos de 10.000 T.

Le problème d'approfondissement était d'ailleurs pratiquement limité à l'Estuaire. En Seine même, sur les 100 km. qui séparent Rouen de la mer, les profondeurs nécessaires étaient réalisées ou ne nécessitaient que des travaux locaux peu importants.

Le programme comporte la construction d'une nouvelle berge concave au sud, remplaçant la digue convexe établie vers 1880 suivant les idées de Fargue alors très en faveur. La nouvelle berge, le long de laquelle devrait se fixer le chenal de jusant, serait prolongée vers le large par une digue basse arasée à 2 m. au-dessus du niveau de basse-mer, soit 2 m. 50 au-dessous du niveau de mi-marée et dont le rôle serait de fixer le chenal de flot et d'obtenir un bon raccordement avec le chenal de jusant. Cette digue est toutefois séparée de la précédente par une brèche d'environ 2 km. destinée à maintenir le courant qui balaie les plages de la région de Deauville et à éviter leur ensablement.

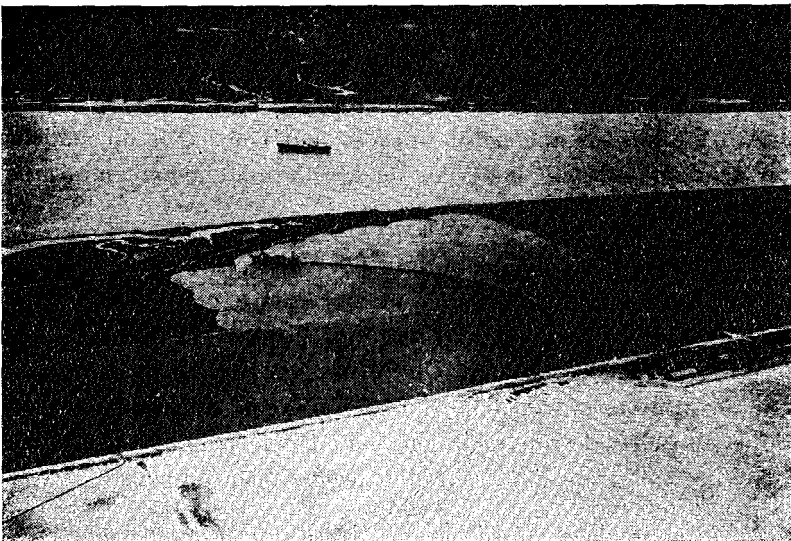
Les travaux seraient complétés par des ouvrages Nord en digues basses destinées à fixer la plage de rive droite et à concentrer l'action du premier courant de flot et du dernier courant de jusant dans la partie Sud du chenal.

Les travaux de construction de la nouvelle berge Sud qui comportaient l'exécution de 12 km. de nouvelle digue, la création d'une nouvelle entrée du port d'Honfleur, la mise en place de 4.500.000 T. d'enrochements, le dragage de quelque 30 millions de mètres cubes entre l'ancienne digue et la nouvelle sont presque terminés. Les dragages sont exécutés par une drague suceuse à couteaux et à pieux, la « Fatouville », qui a été spécialement conçue pour ce programme et qui avec ses 6.000 CV, ses possibilités de refoulement à 4 km., est une des plus puissantes en service actuellement.

Avant d'engager la construction de la digue basse extérieure, qui peut d'ailleurs être réalisée avec les moyens dont on dispose dans un très court délai, et afin de fixer le tracé des ouvrages

Nord et la conduite des délicates opérations qui seront nécessaires pour passer du chenal actuel au nouveau chenal, il a été décidé d'exécuter un grand modèle réduit de l'Estuaire dont la réalisation a été confiée aux Laboratoires Neyrpic à Grenoble.

Il ne sera évidemment pas possible d'examiner sur ce modèle le tracé de la rive Sud qui est d'ores et déjà exécutée. Mais il suffit d'examiner des courbes de courant établies d'après les études hydrographiques très poussées qui ont été exécutées depuis



29. — Chantier de dragage dans l'Estuaire de la Seine.

trois ans dans l'Estuaire pour se convaincre de l'indiscutable amélioration qui résultera du tracé réalisé. Quel que soit l'état de marée, la digue convexe actuelle a un effet déplorable en rejetant les filets liquides vers le Nord où ils creusent des fosses profondes et s'épuisent en tourbillons et en créant un chenal de raccordement avec les profondeurs du large qui est exposé par le travers aux transports de sable et aux tempêtes.

Le modèle de l'Estuaire a une échelle en plan de $1/800^{\text{me}}$. Sa distorsion qui sera fixée par les essais de tarage actuellement en

cours sera de 8 à 12; son échelle verticale sera donc comprise entre $1/100^e$ et $1/66^e$. Le modèle qui s'étend de 8 km. en aval du Havre jusqu'à Tancarville, à 75 m. de long et 30 m. de large. Pour obtenir une bonne reproduction des courants qui tournent de 360^o pendant un cycle de marée, les débits sont introduits ou prélevés à la limite aval du modèle par 18 canaux à réglage indépendant par came. Un appareil spécial unique contrôle le niveau de la marée réalisée par rapport à la marée prévue et apporte les corrections secondaires nécessaires. Une capacité formée par un serpentín permet après réglage de la rugosité de représenter la partie amont de la Seine jusqu'à la limite d'influence de la marée, soit 120 km. en amont.

Après essais sur une cellule représentant une partie du modèle on a adopté comme matériau de la sciure de bois tamisée et spécialement traitée.

Le réglage du modèle comporte : le choix de la distorsion, la correction des comes de marée et leur calage pour obtenir une reproduction correcte des courants, le réglage de la rugosité dans la partie à fond fixe amont. Une distorsion trop forte se traduit par des transports trop importants, des pentes transversales trop raides, un chenal trop rectiligne, un modèle trop peu rugueux. Une distorsion trop faible se traduit par les inconvénients inverses.

Après un réglage approché, on réalise des cycles de marée, à partir d'une situation réelle de l'Estuaire et on examine si l'évolution des fonds qui se produit se rapproche de la réalité. Etant donnée la grande instabilité des formes constatées dans la nature, il n'est pas question de rechercher une solution parfaite, mais la meilleure et l'on est aidé dans cette voie par les éléments suivants : l'aspect général, la hauteur des bancs et la profondeur des souilles, la pente des profils en travers, la mobilité des chenaux dont la vitesse de modification peut fournir une échelle des temps des transports, enfin les variations locales de l'intensité des transports qui sont très différents suivant les zones de l'Estuaire.

La construction du modèle a été précédée depuis plusieurs années par de multiples études hydrographiques qui ont porté sur les courants à tout instant de marée et pour tous les coefficients; sur les transports de matériaux et sur leurs origines; sur la direction et la force des houles.

Le réglage du modèle n'est pas encore achevé, mais la fourchette de variation des différents éléments est d'ores et déjà très resserrée. Une réelle indétermination pourrait probablement résulter de la complexité des forces en jeu et du faible relief des profondeurs sur une immense surface, s'il s'agissait d'étudier le comportement naturel des chenaux sans intervention d'ouvrages fixes. On peut espérer, comme cela se produit sur tous les modèles, que l'introduction de ces ouvrages apportera un élément suffisant de fixité et de fidélité.

A titre d'annexe des essais précédents, le Port de Rouen a également entrepris une étude assez importante sur la propagation du mascaret en Seine et les modifications qu'elle pourrait subir du fait de l'approfondissement de l'Estuaire et du fait des approfondissements locaux de certaines parties de la Seine.

Le mascaret se présente dans la partie aval de la rivière sous forme d'une onde à front raide, qui se propage à une vitesse d'environ 30 km. à l'heure, et à une hauteur maxima de 2 m. 50 à 3 m. dans les marées de vives-eaux exceptionnelles. Dans la partie voisine du port de Rouen, l'onde n'existe plus, et le phénomène se limite à un violent courant de flot, d'ailleurs très gênant pour les navires amarrés dans la partie aval du port, mais très atténué dans la partie amont.

L'étude qui a été confiée au Laboratoire Central d'Hydraulique, porte sur deux modèles d'échelle différente, l'un représentant 136 km. de rivière est à l'échelle de 1/1000^{me} en longueur; 1/125^{me} en hauteur; l'autre qui représente 84 km. de rivière aux environs du port de Rouen est à l'échelle de 1/500^{me} en longueur, 1/500^{me} en largeur, 1/125^{me} en hauteur.

Le réglage de ces modèles est terminé. Ils reproduisent les courbes de marée avec un écart maximum de 15 cm. mesuré dans

la nature, en moyenne très inférieur. Il est illusoire de chercher une précision plus grande, celle des enregistrements marémétriques n'étant pas supérieure. Le parallélisme des courbes enregistrées, de la formation et de la disposition du mascaret est parfait.

Sur le modèle à petite échelle, on étudie les modifications apportées à la propagation de la marée par les travaux de calibrage de la rivière et l'action de ces travaux sur la formation du mascaret.

Sur le modèle à grande échelle, on étudie les dispositifs à créer en aval du port de Rouen pour étouffer le mascaret. Ces dispositifs consisteraient en bassin d'expansion dont la forme, le nombre, la répartition font l'objet de l'étude.

Les problèmes de mesure du mascaret sur le modèle ont été bien résolus à l'aide d'électrodes plongeuses dont les variations de résistance sont traduites par un oscillographe cathodique.

Le problème des règles de similitude à appliquer pour l'étude des bassins envisagés s'avère assez délicat. Il est heureusement possible d'en avancer la solution en comparant sur la nature et dans le modèle l'effet d'amortissement des bassins existants dans le port de Rouen pour la zone située en amont de leur emplacement.

*
**

Au terme de cet exposé, je ne puis que m'excuser auprès de vous d'avoir si longtemps retenu votre attention, sans réussir cependant à exposer complètement et avec tous les détails qui auraient pu intéresser les techniciens qui m'écoutent, le vaste sujet qui m'était proposé.

Je souhaiterais cependant que cette description d'une faible part de l'effort de reconstruction et d'équipement dans lequel la France est engagée depuis la Libération, puisse vous convaincre de l'ampleur de l'œuvre entreprise et de la volonté de réalisation de ceux qui y participent. Les travaux de reconstruction et d'équi-

pement des ports de la Manche et de la Mer du Nord ne représentent que quelques deux cents milliards de francs français sur un programme général de reconstruction et d'équipement qui se chiffre par milliers de milliards. Ces chiffres montrent l'importance de l'effort français et il est bon de savoir que les difficultés financières, que notre pays traverse parfois, trouvent en grande partie leur explication dans la charge qu'il a dû s'imposer pour reprendre, malgré les destructions immenses qu'il a subies, sa marche vers le progrès.
