

Zeitschrift:	Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band:	20 (1894)
Heft:	2 & 3
Artikel:	Progrès des constructions maritimes
Autor:	Gaudard, Jules
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-18225

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISANT A LAUSANNE 8 FOIS PAR AN

Administration : Place de la Louve.

(GEORGES BRIDEL & Cie éditeurs.)

Rédaction : Rue Pépinet, 1.

(M. A. VAN MUYDEN, ing.)

Sommaire : Progrès des constructions maritimes, par Jules Gaudard, ing. — Rupture des ponts métalliques, par Edouard Elskes, ing. — Nécrologie : Dr Arnold Bürkli-Ziegler. Emile Ganguillet. — Sixième congrès international de navigation intérieure.

PROGRÈS DES CONSTRUCTIONS MARITIMES

par JULES GAUDARD,

ingénieur,

professeur à l'Ecole d'Ingénieurs de Lausanne.

M. l'ingénieur en chef L. Gonin a bien voulu nous donner communication des comptes rendus du Congrès international maritime, tenu à Londres en 1893, et il a manifesté le vœu qu'il en fût tiré quelques extraits. C'est pour déferer à ce désir que nous présentons ici un résumé des progrès des constructions maritimes, sans nous astreindre d'ailleurs à suivre l'ordre de l'ouvrage anglais, et en y joignant ci et là des renseignements puisés à d'autres sources.

Un petit fascicule donne la liste des personnalités dirigeantes et des membres du Congrès, ainsi que divers discours : notamment ceux du président lord Brassey ; de M. Mundella, président du *Board of Trade*, du lord-maire de Londres, de M. Vernon-Harcourt, membre anglais de la commission permanente et vice-président du Congrès ; de M. l'inspecteur général Bernard, président de cette commission ; de M. Giles, président de l'Institution des ingénieurs civils ; de M. Conrad, inspecteur du « Waterstaat » (Hollande) et vice-président du Congrès.

Quatre autres fascicules, de beaucoup plus d'étendue, renferment les mémoires et les discussions se référant aux quatre sections d'études, savoir : ports et brise-lames ; docks ; construction des navires et génie maritime ; phares, bouées, signaux de brume, etc. Bien des questions sont remuées, dans le détail desquels nous ne saurions entrer, comme aussi de nombreuses planches sont à consulter dans l'ouvrage anglais.

La science de l'ingénieur est si cosmopolite, il y a tant de contacts entre ses branches, que ce n'est pas notre situation territoriale qui empêchera les choses maritimes d'être, pour nous aussi, fort attachantes. Il y a de tout là-dedans : sans parler des traversées océaniques dans lesquelles le marin doit regarder en bas et en haut, obéir à sa boussole et connaître son horloge astronomique, se tenir en éveil contre les tempêtes, les tourbillons, les abordages, les icebergs, il y a les périls de l'accostage, qui constituent la raison d'être des ouvrages extérieurs des ports, du balisage et de l'éclairage des côtes, puis les manutentions commerciales, auxquelles répondent les ouvrages intérieurs. Or, dans ces travaux du dedans et du dehors, toutes les

ressources et la sagacité du constructeur sont mises à contribution.

Il s'agit non seulement de travaux grandioses, proportionnés à la puissance de la mer, mais aussi d'opérations délicates et cauteleuses, en présence de grandes forces et lois naturelles, contre lesquelles l'homme lutterait en vain s'il les heurtait de front ; c'est là qu'il use d'artifices pour tourner ou détourner les obstacles, et les asservir même à ses fins.

Ports sur les côtes sableuses.

Le transport spontané des sables et galets est une de ces grandes lois qu'il importe d'étudier en chaque lieu, de respecter ou de ne heurter que dans la mesure de ressources restreintes. On ne fait pas des ports où l'on veut ; et même pour des ports existants et prospères, l'entretien et les agrandissements sont de nature à soulever de longues controverses, comme en témoigne, entre autres, la question du Havre.

Les estuaires que balaie, deux fois par jour, le va-et-vient d'une marée puissante fournissent les meilleurs ports naturels, tels Londres, Liverpool, Hambourg, Anvers, Bordeaux, etc. Les rivières où cet agent fait défaut, ou bien n'ont pas de port (Nil, Pô, etc.), ou bien ne peuvent tenter de repousser leur barre d'embouchure jusqu'aux eaux profondes qu'au prix de longues jetées, qu'il faut s'attendre à devoir rallonger encore plus tard pour suivre les progrès de l'atterrissement. On choisit à cet effet un des petits bras du delta, où l'avancement des dépôts fluviaux est plus lent et la distance de la barre moindre, et l'on se gardera d'entraver le débit du fleuve par les autres bras. Pour la réussite, il faut de la nuité aux charriages, de la pente au fond de la mer, et la faveur des vents ou d'un courant côtier.

Après la guerre de Crimée, une commission européenne prit en mains l'amélioration de la passe *Sulina du Danube*, et le succès a répondu aux sages mesures de l'ingénieur Sir Charles Hartley. Les jetées, d'abord faites, à l'essai, d'un simple massif d'enrocements avec plancher sur pieux, ont été consolidées plus tard par une superstructure en béton. Grâce à la légèreté des alluvions et à la force du courant littoral qui les chasse au sud, le fleuve a pu se frayer un fond de 6 m. sur sa barre. Le seul point défavorable, c'est que le lit maritime n'a que très peu de pente et s'exhausse lentement.

Au *Mississippi*, cette pente est sensiblement plus accusée; par contre, les sables sont plus lourds, et le courant, qui porte de l'est à l'ouest, n'a pas autant de force que celui de la mer Noire. La passe sud fut choisie pour moindres frais, la barre y étant moins éloignée, et le delta n'y avançant que de 30 m. par an, au lieu de 90 m. environ à la passe sud-ouest. Avec ses jetées en vastes amas de fascinages, de bois, de pierres et de blocs de faïence en béton, Eads obtint et même dépassa les 9 m. d'eau promis; toutefois, il y a eu aussi des moments de déficit, obligeant à des dragages, et il y a lieu de prévoir, avant qu'il soit bien longtemps, un allongement des ouvrages. Déjà, à la suite d'avaries, la dépense primitivement prévue de 30 millions de francs avait dû être doublée.

Au *Rhône*, outre qu'on se trouvait en conditions défavorables avec un sable dense, donnant une barre escarpée contre la mer, une double faute a été commise: on avait choisi le long bras de l'est, débouchant dans le golfe de Foz, à l'écart du courant littoral et des grands fonds; puis, par le barrage malavisé des bras du sud, toute la masse des charriages se trouvait accumulée sur la passe; aussi l'avortement de l'entreprise a-t-il fait chercher une autre solution dans le creusement du canal Saint-Louis. Loin alors de faire agir le courant, on le réprime au contraire par des écluses, et dès lors il ne passe guère de sable dans la voie navigable.

Au *Volga*, la Caspienne manquant de courant, on se contente d'attaquer un peu la barre à la drague.

En dehors des embouchures de rivières, la création de rades, d'avant-ports ou de darses se réalise à l'abri de digues artificielles, comme à Cherbourg, Brest, Marseille; mais sur les côtes sableuses, le problème est soumis à des difficultés spéciales, et c'est un des points sur lesquels le Congrès de Londres a porté toute son attention. M. de Timonoff, professeur à Saint-Pétersbourg, l'a étudié pour le cas de mers sans marée, et M. de May, ingénieur belge, pour les côtes de Flandre.

Des enceintes de ports par *jetées convergentes* ont été créées, soit dans des mers à marée: à Howth, Kingstown, Ymuiden, Madras, soit dans la Méditerranée, à Cette et à Port-Saïd. L'accès à Kingstown se maintient libre, parce que les courants de marée et les mouvements de sables rasent l'entrée sans y pénétrer. Le port de Howth, à quelque distance au nord, de figure semblable, mais enfilé par les courants, s'est promptement envasé; l'amoncellement sous le flot prédominait sur la chasse du jusant. Un môle lié à la rive arrête les charriages; les dragages sont pénibles en dehors de l'abri des ports. Des vagues venant frapper obliquement le rivage, en redescendent normalement, et roulent ainsi les matériaux suivant une ligne en zigzag; à ce mouvement se joint, plus au large, celui des particules plus légères qu'entraînent les courants littoraux. S'appuyant sur ces considérations, M. Timonoff voit des avantages au type de port formé par un *môle parallèle à la rive*; d'une part, le passage des courants demeure libre; de l'autre, la double entrée favorise le mouvement des navires; et si la progression saccadée des graviers sous l'action des lames, en se ralentissant sous l'abri, tend à créer quelque atterrissage sur un des côtés de la rade, ce sera en un point relativement calme et retiré, assez propice au travail des dragues.

M. Conrad objecte que le courant littoral, venant tournoyer

à la pointe d'entrée, peut l'ensabler et que pour ce motif le type à brise-lames détaché n'a pas été admis à Ymuiden (canal d'Amsterdam à la mer).

Ce même débat entre digue rattachée à la terre et digue isolée laissant passage aux courants, la première exposée à l'ensablement, la seconde n'offrant pas autant d'abri, — a été soulevé à *Boulogne*. Or, il règne devant ce port un courant affouillant, profond, dirigé alternativement du sud au nord et du nord au sud, et ne concordant point avec le mouvement de la marée; la côte, comprise entre deux caps accorés, se comporte comme la rive concave d'un fleuve que deux épis protégeraient contre la corrosion. En telles circonstances, c'est la première solution qui a obtenu la préférence: la digue Carnot, d'une longueur de 2120 m., part du rivage, se coude de façon à procurer abri contre les vents du sud-ouest et du large, et l'expérience déjà acquise donne toute garantie que l'entrée du port se maintiendra d'elle-même tout à fait libre (*Annales des ponts et chaussées* de décembre 1893).

Dans les *Annales des ponts et chaussées* de 1890, M. Eyraud des Vergnes étudie les dispositions des ports de Barcelone, d'Alicante, de Carthagène, de Bilbao, etc. En *Espagne*, conclut-il, l'abri est généralement obtenu au moyen de deux jetées: la principale se contourne et se termine par une partie parallèle à la côte ou rentrante; l'autre jetée part de terre sous l'abri de la première et laisse une passe dont la largeur est, ou normale à la côte, ou inclinée vers la terre. Ce tracé semble avoir été motivé par l'influence très exagérée qu'on attribuait au courant littoral dans le déplacement des plages. On avait espéré qu'en déviant doucement ce courant par la jetée principale et en terminant celle-ci en une ligne parallèle à la côte, les alluvions auraient continué à cheminer, et auraient dépassé le port sans s'y arrêter. Cette présomption a été déçue; les sables poussés par les lames ont contourné la jetée pour venir se déposer, soit sur la passe, soit au pied de la seconde jetée; et l'inconvénient s'aggravait lorsqu'une bouche de rivière, abritée par la création du port contre le balaiement des lames, venait joindre ses apports à ceux de la mer pour pousser un delta jusqu'à la passe. De plus, l'orientation défective des passes oblige à leur conserver un excès de largeur; et malgré cette ouverture préjudiciable au calme intérieur, il arrive trop souvent encore que des navires viennent à manquer l'entrée et, drossés par les lames jusqu'au musoir de la courte jetée, se mettent inévitablement à la côte.

Une idée émise par M. Coode, dans son projet de création de darses à Port-Elisabeth (baie d'Algoa, colonie du Cap), c'est de s'avancer dans la pleine mer, au delà de la zone des ensembles. L'entourage de digues à quais accostables et à traverses intérieures constituerait un *îlot-port*, qu'un viaduc en fer rattacherait à la côte, tout en laissant les sables cheminer librement sous ses travées. Creuser des bassins dans l'intérieur des terres ou éléver des terrepleins avancés en mer: tels sont les deux moyens opposés de créer des ports; or le second a évidemment un avantage au point de vue de la question si délicate du maintien des profondeurs d'accès, et il semble mériter à ce titre une sérieuse attention.

Les côtes de Flandre sont encombrées de bancs de sable, créant une situation spéciale. Ici, il en faut prendre son parti:

pour avoir des ports, il faut pouvoir disposer de forces mécaniques puissantes et persistantes, ne se bornant pas à créer, mais s'appliquant à entretenir. Il serait illusoire de compter sur des ouvrages fixes pour affranchir les entrées. Les brise-lames parallèles à la côte, que nous venons de voir indiqués par M. Timonoff dans certaines conjonctures, sont ici repoussés par M. de Mey : il les faudrait fort éloignés de la rive pour trouver de la profondeur, et partant très allongés pour procurer un abri efficace. Créer une rade par le moyen de jetées convergentes, c'était parfait à Kingstown, grâce à la nature rocheuse de la baie de Dublin ; mais sur les côtes alluvionnaires de Flandre, les conditions sont tout autres ; les vases, venant de l'intérieur des terres, envahissent toute place abritée qui ouvre sur la mer. Le port d'Ymuiden offre un exemple exceptionnel de semblable enceinte formée sur un sol d'alluvion ; mais aussi, telle y est l'abondance des dépôts, que l'entreprise doit être regardée comme un échec, en tant que port de refuge ; il a fallu se contenter de maintenir dans cette rade un passage central de 250 m. de large, avec profondeur de 7^m50 sous basse mer ; encore l'entretien de ce chenal, au prix d'un dragage annuel de 500 000 m.³, n'est-il rendu acceptable que par la grande importance du trafic de la place d'Amsterdam. Or, en Flandre, les mouvements de vase sont bien plus abondants encore qu'à Ymuiden ; le lit maritime, sous faible couche d'eau, est beaucoup plus remué en tempête ; la marée a deux fois plus d'ampleur ; les courants qu'elle engendre ont plus d'énergie et de vitesse et rejettent dans l'intérieur les matières que soulèvent les vagues.

Pour lutter contre ces encombrements, il reste le recours aux *écluses de chasse* ; heureusement elles ont de la prise sur ces plages limoneuses ; il ne s'agit pas ici d'entamer des sables cohérents, mais de chasser de la vase quasi-fluide, et une vitesse de 0^m80 à 1 m. y suffit. Il est même plus important de s'attacher à la masse des eaux chassées qu'à leur impulsion, et il convient de modérer les courants trop violents. Les pertuis sont revêtus de solides radiers, protégés eux-mêmes par des parafouilles, et prolongés par des avant-radiers en enrochements. Comme système d'ouverture rapide, les anciennes portes en éventail ou à la Alewyn ont cédé le pas aux portes tournantes, calées par un poteau-valet ; leur axe vertical de rotation est, ou axial, ou légèrement excentré, et la manœuvre d'une ventelle les fait céder au courant et se ranger dans le fil de l'eau. Au nouveau bassin de chasses de Calais, utile surtout pour nettoyer les portions du chenal où la présence des dragues serait encombrante, il y a cinq pertuis de 6 m. ; les portes tournantes sont protégées par des portes de flot busquées ; des rainures à poutrelles sont disposées en vue des réparations. A Honfleur, les quatre vannes tournantes de 5 m. sont garanties contre le battement, du côté du large, par des portes de garde levantes ; le remplissage du bassin de retenue, par tranche d'eau supérieure prélevée à mer haute, s'opère au moyen d'un large déversoir d'alimentation, muni de hausses métalliques ; celles-ci sont à commande hydraulique, et s'inclinent en tournant autour d'un axe horizontal placé sur le radier.

Les portes tournantes ont la faculté de pouvoir se refermer au fort du courant, afin d'arrêter la chasse dès qu'elle faiblit

et perd son effet utile. Par une raison semblable, on ne les fait fonctionner que vers les syzygies.

A défaut de marées, les vents procurent aux ports de la Baltique des chasses utiles ; ceux d'ouest surélèvent le niveau, quelquefois de 2 m. et plus ; ceux d'est l'abaissent. Lorsque, poussée par eux, la mer monte le long des côtes, elle entre dans les ports et les balaie. Il suffit même d'une hausse de niveau de 15 à 20 cm. pour produire, dans le chenal de Travemünde, des courants de 2 à 3 m. de vitesse. La fréquence relative des vents d'ouest fait que, sur la côte allemande de la Baltique, le courant littoral charrie les sables vers l'est.

Les travaux à exécuter à *Heyst*, à l'extrême nord de la côte belge, comportent un chenal dirigé suivant les vents dominants ; les jetées qui l'enceignent sont à claire-voie, sauf une levée basse à leur pied. Ce chenal conduit à un port extérieur, communiquant lui-même, par écluses, avec un bassin à flot et un canal maritime à creuser entre *Heyst* et *Bruges*. La largeur de 150 m. entre les jetées, jointe à l'évidement de celles-ci, offre toute sûreté d'accès aux plus grands navires ; et quant à l'agitation que peuvent propager dans le port ces ouvrages ouverts, l'exemple d'*Ostende* montre qu'elle n'est pas de nature à entraîner la navigation. Enfin, l'estran, à *Heyst*, n'ayant qu'une largeur d'environ 200 m., et se trouvant protégé par des herbes contre la corrosion, tout présage le succès des travaux.

Dragages.

Mais, dans d'autres ports, les chasses ont dû être supplantes par des *dragages d'entretien*. Dunkerque, *Newport*, *Ostende*, possédaient originairement des criques où la marée venait jouer ; ces lagunes ayant été endiguées dans l'intérêt de l'agriculture et de l'hygiène, et les incursions de la mer barrées par des écluses, les chasses naturelles firent place aux chasses artificielles. Celles-ci purent suffire aussi longtemps qu'il ne s'agissait que d'approfondissements à deux ou trois mètres sous basse mer, résultat obtenu sur des dépôts sableux plus ou moins lourds, mêlés de coquilles et consolidés. Les peu maniables guideaux mobiles de Dunkerque, destinés à prolonger l'effet des chasses par delà les jetées, n'ont guère eu de succès. Bref, la drague, jusqu'alors trop coûteuse ou impuissante, a été mise en demeure d'abaisser considérablement le prix de revient de ses opérations, et cela même en affrontant la houle. Un article de M. Eyraud des Vergnes, dans les *Annales des ponts et chaussées* de février 1889, avait déjà relaté les progrès accomplis à *Dunkerque* par l'adoption des dragues suceuses et de la régie administrative, substituée au travail à l'entreprise. Il avait signalé aussi cet artifice, grâce auquel l'approfondissement utile n'est pas compromis par un chômage de quelque durée lors des mauvais temps : on creuse une fosse de garde sur le côté d'arrivée des sables ; elle fait réceptacle d'attente durant les suspensions forcées du dragage.

Au Congrès de Londres, M. Joly refait un exposé de ces travaux de Dunkerque ; M. Chaguéraud montre de même, à *Calais*, la drague aspirante et porteuse évitant le procédé des chasses et opérant à 34 centimes de prix de revient par mètre cube, entretien des appareils compris. M. de Mey parle

d'Ostende où, sur ses conseils, un large chenal a été dragué à 6 m. de profondeur sous basse vive eau, à l'extrémité orientale du « Stroom bank », et où un second chenal est maintenant entrepris à l'ouest du même banc, à l'aide de deux dragues à succion de 350 m³ de capacité, se remplies moyennement en moins de 50 minutes. Ce dragage revient à 40 centimes le mètre cube transporté à 4 km. Le chenal existant, entre jetées à claire-voie, s'entretient moyennant une centaine de mètres cubes de dragage annuel, chiffre assez modéré.

Les dragues à succion n'opèrent bien que dans des sables assez purs, tels que ceux des rivières. Lorsqu'il s'y mêle du limon, donnant de la consistance aux dépôts, comme c'est le cas à Port-Saïd, force est de revenir aux dragues à godets. A Calais, es godets s'emploient dans la zone de 30 m. contiguë à des murs, que l'aspiration des suceuses risquerait d'affouiller.

Sans parler de la Tyne, où pas moins de 46 millions de mètres cubes ont été dragués ; de la Tees, creusée à 6 m. sous basse eau ; des travaux non moins remarquables exécutés sur la Clyde, pour le port de Glasgow, et en Irlande sur la rivière Lagan, pour l'accès de Belfast, citons au nombre des travaux récents à la drague la *coupure de la barre de la Mersey*. Avec les frais considérables aujourd'hui consentis en vue d'accélérer les traversées océaniques, il n'était plus permis vraiment d'arrêter à quelques pas du port de Liverpool, des paquebots dans leur course pour le bon plaisir de la marée.

En dépit des chasses naturelles produites au jusant, et que favorisait le vaste réceptacle en forme de bouteille de l'estuaire, la barre de la Mersey présentait son faîte à 3^m40 environ sous les plus basses mers : il s'agissait de l'abaisser jusqu'à 7 ou 8 m. sous ce niveau. L'administration des docks y utilisa d'abord, durant les accalmies, deux anciens porteurs à déblais, qu'elle pourvut de pompes centrifuges et de tuyaux aspirateurs, ceux-ci terminés par une crête en forme de capuchon renversé et grillagé ; mais dans ces sables de provenance presque exclusivement marine et d'un apport illimité, le simple maintien de la profondeur, une fois arrivée à 5^m50, absorbait à peu près toute la force disponible : aussi sans cesser de tenir en fonction ce petit matériel, fallut-il lui adjoindre un engin nouveau, le « Brancker », la plus puissante des dragues encore construites, et sur laquelle M. Blechynden fournit des détails. Le bateau mesure 97^m50 sur 14^m30, avec 6^m25 de creux et 5 m. de tirant d'eau en charge ; quatre réceptacles ou « hoppers » sur chaque bord, avec, entre les deux groupes, un puits pour le tuyau, forment une contenance totale de 3000 tonnes de sable humide ; les machines des pompes, situées à l'avant, effectuent le remplissage en une quarantaine de minutes ; puis les machines propulsives, installées à l'arrière avec les chaudières, impriment au bâtiment une vitesse de 10 nœuds, à l'aide d'hélices jumelles. Le tuyau de succion a 1^m13 de diamètre, celui de décharge 0^m91. Les deux pompes centrifuges agissent sur les deux branches de la bifurcation du tuyau suceur ; la tête à joint sphérique prête à quelque mouvement latéral, tout en fonctionnant comme charnière au gré de la houle. Le relevage du tuyau se fait par appareil hydraulique ou, en cas d'accident, par un palan attelé à l'un des treuils du pont. Par des ouvertures graduées en raison des distances, les couloirs remplissent les divers compartiments dans le même temps. Pour la dé-

charge en mer, les orifices de fond ont des valves de fermeture s'ouvrant de bas en haut, et alentour desquelles, sur le fond en entonnoir, des tubes lancent des jets d'eau.

Un grand vaisseau a été, ici, jugé préférable à deux plus petits, comme étant moins coûteux, tenant mieux la mer, et d'ailleurs avec l'espoir qu'il n'éprouverait pas d'avarie longue à réparer.

Sur la *barre de la Loire*, par contre, M. Kerviler travaille avec un matériel relativement petit et avec des porteurs séparés. Si un bateau venait à sombrer, il créerait un moindre écueil et se renfluerait plus facilement qu'une grande drague. Quatre suceuses ont, sur une largeur de 200 m., porté à 5^m50 la profondeur d'eau, qui était auparavant de 3^m30. Pour maintenir ce fond, il faut compter 400 000 tonnes de dragage annuel ; le travail est susceptible de se poursuivre en hiver et de disposer de 180 jours utiles dans l'année. Une nouvelle drague a été commandée, capable de faire 650 à 700 tonnes par heure.

A *New-York*, la barre a été approfondie à 9 m. sous niveau moyen par M. Post, avec des dragues présentant dans leur tuyau de succion, pour suivre les ondulations de l'eau, un tronçon flexible en caoutchouc, avec ressort à boudin. Des tirants de suspension règlent le jeu et les efforts de ce système, et le bateau chemine tout en travaillant ; le tube, terminé en cloche armée de grappins, laboure le fond sableux.

M. Gwynne, dans le même but de permettre à la carène d'une drague d'osciller sur son tube immergé, préfère donner à celui-ci trois coudes rotatifs, qu'il dit fonctionner très bien, tandis qu'à son avis un boyau flexible ne reste pas stable un seul instant sous la marée et le passage incessant des navires. M. Blechynden, à son tour, conteste l'immunité de ces joints multiples.

La dispersion par soufflerie du procédé Tydeman consiste à remuer la surface des bancs de sable, à l'aide d'un courant d'eau à haute pression : dans les parages où, soit la marée, soit des manœuvres d'écluses viennent à propos chasser au loin la matière diluée, tout le dragage est fait par cela seul. Le farfouillement de la vase par l'air comprimé n'est, du reste, pas une idée neuve : MM. Meinesz, Jandin et autres l'ont également appliquée.

Au *dock Millwall* (Londres), pour dévaser l'écluse, fonctionne une drague à godets ayant à bord deux récipients cylindriques, d'une capacité totale de 200 tonnes. Ces réservoirs remplis, le bateau navigue vers l'extrémité est du dock pour sa décharge ; par un boyau de cuir de 0^m60 de diamètre, le tuyau expulseur est relié à une conduite installée en galerie, sous la rive, jusqu'à la place de dépôt. En cette position, les machines mêmes de la drague sont mises en relation avec un compresseur ; celui-ci refoule son air dans les réservoirs, d'où la boue est chassée dans l'espace d'une demi-heure.

Certains bassins à flot, creusés sur la rive de fleuves limoneux, ont cherché leur alimentation dans des ruisseaux à eau claire, afin de supprimer ou limiter les curages. Tel le dock Alexandra, à Hull, sur l'Humber, ainsi que ceux de South Wales sur le canal de Bristol. A Bordeaux, on a même percé des puits artésiens en vue du remplissage du bassin creusé sur la rive gauche de la Garonne ; mais à l'insuffisance de cette source supplée un réservoir, qui ne soutire au fleuve qu'une

couche décantée lors des hautes mers de syzygies. Un dragage d'entretien reste nécessaire. Citons encore, à Saint-Nazaire, le bassin de Penhouet : alimenté d'eau assez claire, prélevée dans la Loire par une coupure du quai, il n'exige pas les mêmes dragages que les autres parties du port.

Pour d'autres motifs, c'est-à-dire pour éviter de forts courants à travers une succession d'écluses, il peut devenir utile de fournir, à certains bassins reculés, une alimentation subsidiaire, à côté de celle qui dérive de l'avant port. Tel est le cas au bassin Bellot (Havre) pourvu à cette fin d'une prise d'eau directe en Seine, avec grandes vannes métalliques, doublées, manœuvrées hydrauliquement depuis un pont supérieur, et protégées contre la vague par une estacade ; celle-ci, en fer également, forme grillage vertical dans le canal de fuite

Dérochements.

Si du dérasement des bancs de sable nous passons à celui des roches sous-marines, les travaux du Congrès nous offrent un mémoire de MM. Cimino et Verdinois, sur des dérochements exécutés dans certains ports italiens. A *Livourne*, MM. Furness, ressuscitant, mais en mer et pour des couches bien plus épaisses, un procédé employé naguère à l'approfondissement du canal d'Arles à Bouc (*Annales des ponts et chaussées de 1864*), brisent la roche sans le secours d'explosifs, c'est-à-dire simplement en la perforant de trous rapprochés par le battage d'un poinçon d'acier, à mouvement de pilon ou de sonnette. Une tige en fer de 20 cm., longue de 9 m., est armée à son pied d'une pointe en acier, et à son sommet d'une tête en fonte que guident les montants d'un bâti. Cet assemblage, d'un poids de 2800 kg., actionné par chaîne et treuil à vapeur, sous des chutes de 1 à 4 m., forait des trous écartés de 0^m50 à 1 m. dans une roche tuffeuse, entremêlée de conglomérats et de gravier, et dont la hauteur variait de 0^m20 à 5 m. ; il ne restait plus qu'à reprendre les débris à la drague, et 65 000 m³ furent ainsi brisés et extraits à raison de 18 fr. par mètre cube, dans la période de 1868 à 1878. Entre 1882 et 1889, le même mode fut appliqué par MM. Campos jusqu'à un approfondissement de 7 m. ; mais dans certains endroits où il fallait atteindre 8 à 9 m. sous l'eau moyenne, la barre, longue de près de 12 m., fonctionnait avec peine, et une nouvelle méthode était à l'étude.

A *Palerme*, on revint aux explosifs et aux trous de mine : MM. Brunet eurent recours à la poudre noire, MM. Furness à la dynamite. Les premiers faisaient agir seize forets à rotation dans des tubes-guides. Un outil à tiraudes, c'est-à-dire à percussion, était néanmoins mis en œuvre là où la roche devenait dure. On versait du sable sur la cartouche, la mèche étant déjà allumée, et les ouvriers pouvaient demeurer sans crainte sur la plate-forme flottante, les explosions étant sourdes. L'escouade de 70 hommes faisait 32 mines par jour ; une cartouche de 3 kg. 75 de poudre détachait 0^m97, revenant à 28 francs le mètre cube.

L'entreprise Furness, sur un ponton affourché sur quatre ancrages et soutenu par quatre béquilles, avait quatre forets percutants à vapeur, espacés de 1^m50, et qu'équilibraient des chaînes à contrepoids. Au bout de trois quarts d'heure, les quatre trous ont pénétré à 1^m50 ; le ponton, levant ses échasses

et virant ses chaînes, s'éloigne à 20 m. ; puis, les explosions faites, il se remet à l'œuvre à 1^m50 en avant de sa position précédente. La cartouche est un cylindre d'étain de 47 mm. de diamètre et de 0^m32 de longueur, renfermant neuf pastilles de dynamite, soit une charge d'environ 770 gr. avec, au milieu, une charge de coton-poudre ; de celle-ci partent deux fils de cuivre revêtus de gutta-percha et destinés à l'allumage électrique par une machine à friction. Un tube en fer de 2 cm., terminé en entonnoir, sert à saisir la cartouche pour l'enfiler dans le trou de mine, où une baguette intérieure achève de la refouler. Aucun bourrage. On faisait partir successivement les quatre mines, de façon à les pouvoir compter ; cependant, — et particulièrement en roche dure, — il peut arriver que des cartouches avoisinantes explodent sympathiquement. Si l'on considère une mine isolée, son effet est de détacher un cône renversé : appeler *h* la hauteur de ce cône, hauteur qui est alors la ligne de moindre résistance, on compte que la charge de dynamite, en kilogrammes, est de 0,65 h³ en roche tenace, 0,38 h³ en roche de consistance moyenne et 0,28 h³ en roche tendre. Mais comme il faut faire empiéter les cônes les uns sur les autres pour créer un fond pas trop bosselé, ces charges respectives sont réduites aux 0,40, aux 0,24 et aux 0,17 de h³, *h* étant la profondeur verticale. Il est pécuniairement profitable d'opérer par mines profondes, pour autant qu'on ne craint pas les ébranlements et l'obtention de débris trop volumineux.

Pour l'enlèvement des éclats, qui rarement dépassent 10 kg., on n'emploie plus des dragues stationnaires, flanquées de porteurs séparés ; la dépense est trois fois moindre en faisant usage de dragues-porteurs à godets, ces bateaux à fonctions combinées devenant d'ailleurs d'une construction très robuste, où l'acier prend une large place. Après cela, il faut bien se dire que, en un temps donné, la drague n'enlève, en roche brisée, que le tiers du volume de sable qu'elle pourrait extraire.

Dans de système Furness, chaque mine délogait 2^m362 et le prix de revient ressortait à moins de 20 francs le mètre cube.

A *Gênes*, on a déroché un calcaire schisteux sous la base de deux bassins de radoub à construire. On fit d'abord fonctionner des perforatrices Brandt, à fraise rotative, avec eau à 70 atmosphères, à l'intérieur d'une grande cloche pneumatique suspendue à des pontons ; mais pour avoir moins de ratés et des éclats moins volumineux, il fut trouvé préférable de procéder par petites mines de 0^m50, chargées de 60 gr. de dynamite, et qui, d'ailleurs, n'obligeaient plus les ouvriers à quitter la chambre de travail au moment des détonations.

Sur la *Tees*, en 1875, de grandes masses de grès argileux avaient été détachées, à raison de 7 francs, dit-on, par mètre cube, par des forets à diamants noirs mus à la vapeur depuis un ponton, et par l'emploi de la dynamite. A la *Ciotat*, avec un radeau de minage, des dérochements sont revenus à 30 ou 35 francs, dans les parties attaquées en grand ; à *Brest*, M. Hersent en a exécuté à 63 francs à l'aide d'une grande cloche pneumatique. Rapprochant tous ces faits, on en peut conclure que le procédé par vaste réseau de galeries de Hell's Gate (New-York) a fait son temps, et qu'on ne s'aventurera plus à créer de pareils volcans artificiels, au prix de dix années de

travaux de mine préliminaires, d'une consommation d'explosifs qu'exagère la crainte d'un insuccès, de la production d'ébranlements redoutables, et enfin d'un effondrement, dont les débris restent très longs encore à déblayer.

Epis de défense.

M. Luiggi décrit l'application d'épis à la protection de quelques rivages italiens. Sur la côte Ligurienne, ce sont des éperons normaux en pierre sèche. A *Sampierdarena*, vers le promontoire où se dresse le haut phare de Gênes, deux kilomètres de rivage étaient rongés par les tempêtes du S. au S.-S.-O. ; quatre éperons de 30 à 40 m., établis en 1865, sauveront des maisons menacées ; la berge, engrangée d'une portion des charriages d'un torrent, ainsi que par l'action des vents du 3^{me} quadrant, qui tendent à ensabler vers l'Est, se raffermit graduellement.

A *Chiavari*, des maisons avaient été englouties ; vers 1886, des édifices publics étaient menacés, en dépit de pilotages parallèles à la rive et appuyés d'enrochements. Les vents poussant contre l'Ouest les apports de la rivière Entella, on décida en 1888 la construction de quatre épis perpendiculaires, prolongés jusqu'aux fonds de 4 m.

Le chemin de fer de *Gênes à Vintimiglia*, après l'insuccès d'un mur que la mer sous-minait, et après qu'on eut songé même à dévier le tracé, fut préservé, d'après les conseils de M. Parodi, par quatre épis, dont les longueurs, — croissantes de l'est à l'ouest — sont de 30, 65, 70 et 110 m. ; mais comme le dernier, trop long, retenait à lui la presque totalité des charriages, il était question d'y pratiquer une brèche. On voit donc que ces sortes d'ouvrages ne doivent pas trop s'avancer, mais laisser une partie des atterrissements les dépasser, à moins que le but ne soit précisément de concentrer le dépôt sur un point. Dans des situations semblables à celle de la côte Ligurienne, à vents dominants du S.-E., à vagues de 2 m. à 2^m50 de hauteur (tandis que les plus fortes vagues, en Italie, viennent du S.-S.-O. et atteignent 5 à 6 m.), il est d'usage d'établir les épis avec des longueurs de 30 à 70 m., aboutissant aux fonds de 3 à 4 m. d'eau. Il est usuel aussi de les espacer de 200 à 300 m., quelquefois de 500 m., suivant le volume des dépôts.

En fait d'épis maritimes, il est à propos de signaler un emploi éventuel fort utile que propose M. Partiot. En face de ce problème contradictoire et décevant : percer et maintenir une issue profonde de port au travers d'un cheminement perpétuel des matériaux d'une plage, quel soulagement si l'on pouvait couper court à ces désagréables transports ! Piètres expédients que ceux des jetées évidées, ou des jetées à courbes et contre-courbes, cherchant à laisser passer le courant sableux ou à l'écartier quelque peu vers le large ! La profondeur de la passe en souffre encore nécessairement. M. Partiot propose donc d'arrêter le sable, en deçà du port, par le moyen d'un épi se terminant en aile oblique : un amas, une dune va se cantonner dans le rentrant de cet ouvrage ; on la provoquera à s'exhausser et à s'étendre, tout en la clouant en place par des plantations, ou bien à l'aide de palissades à relèvement successif, système Chambrelent ; lorsque, enfin, l'épi se verra déborder, une aile

oblique nouvelle, implantée en avant, sera mise en demeure d'arrêter une tranche nouvelle de dépôts, de constituer un nouveau morceau de lande. Conquête de terrains, préservation du port : double bénéfice ; confirmation nouvelle de cette loi heureuse de la propagation du bien, en vertu de laquelle, déjà, les barrages de retenue des torrents montagneux, les revêtements protecteurs de berges, à côté de leur utilité locale, profitent à distance à la navigation fluviale et à la défense des plaines contre les inondations. A cette défense aussi contribue un régime d'irrigations bien entendues ; car, au lieu de laisser les ravines suivre leurs cours rapides sur les lignes de pente, l'idéal agricole serait de retenir en réserve les eaux pluviales dans des fossés suivant de près les courbes topographiques horizontales.

Bacs porte-trains.

Le Danemark possède de nombreux petits ports semés dans un fouillis de chenaux. Pour relier les railways et les îles, des « ferries » chargent les wagons. Ce sont, dit M. Carey, des vapeurs à roues ou à double hélice de 45 à 75 m. de longueur, de 13 à 18 m. de large, de 2 à 3 m. de tirant d'eau et d'un tonnage net de 130 à 450 tonnes. Les parcours vont à quelques kilomètres. Le bac de Körso à Nyborg fait 26 km. ; une ligne en préparation entre Copenhague et Malmö, en Suède, en fera 24 ou 25. Ces porteurs prennent à l'ordinaire de 5 à 7 wagons ; ceux de 75 m. de longueur en chargent 16.

Malheureusement, en janvier et février, souvent encore en mars, les étroits chenaux du Cattégat sont bloqués par les glaces. Aussi a-t-on construit de ces navires dont la quille se relève à l'avant en forme de brise-glaces¹, mais encore est-ce là un service précaire et « spasmodique. » Aussitôt que souffle le vent, la glace se reforme avec une incroyable rapidité, enserrant les navires qui veulent y forger leur route ; aussi se précautionnent-ils de plusieurs journées de vivres ; parfois, ils viennent s'échouer sur un banc de sable, sous la poussée de la glace où ils sont pris ; et la question a été agitée, s'il ne serait pas plus économique d'établir des communications par ponts ou tunnels entre les îles et la côte continentale.

La faible marée de 0^m60 à 0^m75 permet à la locomotive de passer, sous faible inclinaison, sur des plateformes articulées de débarquement. Un « ferry » à vapeur, à Glasgow et à Finnieston, sur la Clyde, se prête à une marée de 3 m. à 3^m60, grâce à une plate-forme levante ou pont supérieur de 24 m. × 9^m75, dont il est muni, et qu'une machine indépendante hausse ou baisse, jusqu'à 4^m50 de course, par l'intermédiaire de six vis de 0^m18 et de roues d'acier.

Un navire porte-trains (85 m. × 14 m.), qui fait de longs parcours entre Windsor, Ontario et Détroit, dans le Michigan, est muni d'un éperon à son avant et de tôles d'acier à ses pales de roues ; il arrive ainsi à se frayer passage, à dix noeuds de vitesse, dans des couches de glace de 10 à 15 cm.

On sait, au surplus, quelle variété, quelles grandeurs de pontons ou de bateaux porte-trains se rencontrent aux Etats-Unis.

¹ On emploie de ces bateaux brise-glaces dans divers ports de la Baltique : Lübeck, Stettin, Danzig, Königsberg.

Estuaires de rivières.

L'amélioration des rivières à marée, et des larges estuaires sableux que présentent certaines d'entre elles vers leur embouchure, n'a pas été particulièrement traitée au Congrès de 1893; néanmoins, la question venant d'être agitée dans l'Institution des ingénieurs civils anglais, avec mémoires de MM. Vernon Harcourt et Partiot, nous pensons devoir en dire quelques mots.

La correction d'un lit maritime de rivière consiste en redressements, en endiguements (épis, ou plus souvent digues longitudinales), destinées à régulariser et activer le cours du fleuve, à faciliter et à étendre l'accès du flot de marée; des dragages, parfois de l'importance la plus considérable, complètent l'approfondissement. Deux résultats s'obtiennent : en premier lieu, la durée d'ascension est augmentée ; le flot montant court plus vite; l'eau salée, sans aller très loin elle-même, refoule plus énergiquement les eaux douces; la surélévation de niveau, ou l'effet périodique de marée, s'amplifie et se fait sentir jusqu'à une région plus reculée en amont; en second lieu, le jusant aussi acquiert plus de force; la pente de descente finale s'accentue; l'eau basse abaisse son niveau; et comme, par ces causes réunies, le volume d'eau mis en circulation par la marée a notablement augmenté, le lit s'est creusé, ou du moins conserve mieux qu'auparavant les approfondissements obtenus à la drague.

Comme résultat collatéral, une partie des sables affouillés se trouve rejetée par les hautes eaux en arrière des digues, qui peuvent être à ce dessin laissées submersibles; d'anciennes zones de divagation s'atterrisquent, se colmatent, sont reconquises pour l'agriculture; et cela, sans préjudice sensible pour la capacité de réception de la marée, puisque ce remblayage correspond à un déblai compensateur dans le lit. Cependant, il y faut de la réserve; des excès de colmatage peuvent devenir préjudiciables.

Le lit est endigué avec un élargissement progressif de l'amont vers l'aval; M. Vernon Harcourt assigne à cet évasement une valeur de $1/70$ environ, ou plutôt des valeurs variables de $1/100$ à $1/40$, augmentant aux approches de l'embouchure; il juge donc insuffisant le rapport $1/200$ appliqué à la Seine.

Dans une rivière sinuuse, le courant approfondit surtout les concavités; il est utile alors de rétrécir en une certaine mesure les régions d'infexion entre courbes contraires, afin d'y balayer également le fond. Parfois, comme au Weser, un lit mineur resserre les eaux contre les excès de serpentement, tandis qu'un lit majeur à libres allures, conservant la plupart des irrégularités anciennes, ou s'annexant à l'occasion des branches et des réservoirs accessoires, sert de réceptacle au haut niveau et alimente la chasse au jusant.

Le barrage d'un bras secondaire concentre le courant dans le bras principal, à l'instar d'un endiguement.

Telles sont, plus ou moins développées ou diversement combinées selon les circonstances, les natures d'opérations qui, sur la Clyde, la Tyne, la Seine, la Meuse, le Weser, etc., ont rendu accessibles à des navires de mer, de 5 à 7 m. de tirant d'eau, les ports de Glasgow, Newcastle, Rouen, Rotterdam,

Brême, avec cette facilité particulière, que le flux donne un courant de remonte aux arrivages, tandis que le reflux opère les transports en partance.

Dans certains cas, il a fallu recourir à d'autres moyens subsidiaires. La Loire transporte énormément d'alluvions lourdes, provenant pour la plupart de l'érosion de ses berges, et le flot de marée lui jette aussi des sables par l'embouchure. En poussant à outrance le système de l'endiguement au profit de Nantes, on risquait de faire prendre aux bancs sableux de l'estuaire une extension de plus en plus préjudiciable au port important de Saint-Nazaire; on prit donc le parti d'abandonner, comme voie navigable, la portion la plus défective du lit naturel, et de la doubler d'un canal latéral maritime, d'une quinzaine de kilomètres de longueur, de 6 m. de profondeur d'eau, fermé par de grandes écluses à ses points de jonction.

La Seine a aussi son canal de Tancarville au Havre.

La Meuse reçoit des sables par en haut et par en bas; comme, de plus, les reprises de terrains cultivables, sur ses rives, avaient fort ébréché la zone d'introduction d'une marée d'ailleurs faible (1^m70 en moyenne), le trajet à la mer a dû être raccourci par la coupure du Hoek van Holland, avec jetées fascinées en prolongement, pour repousser le sédiment jusqu'aux eaux profondes. Cela rentre dans le mode applicable aux fleuves dénués de marée; mais aussi la Meuse, comme le Rhin, se termine en bras multiples et possédait naguère un véritable delta en saillie sur la mer du Nord. On cite encore de très grands fleuves : Gange et Irrawaddi, flanqués d'immenses deltas, en dépit de la marée : c'est le fait de leur puissant débit d'eaux douces, chargées d'alluvions, et qui prédominent sur le flot de la mer.

Les jetées de Portugalete ont semblablement abaissé la barre du Nervion, et facilité l'accès des navires à Bilbao.

La Gironde reçoit beaucoup de sables de la Garonne et de la Dordogne, en même temps que la mer lui en apporte autour de la Pointe-de-Grave. Néanmoins, le long estuaire maintient de lui-même ses profondeurs, chose attribuée en partie à la contraction de l'embouchure. Le même privilège d'entrée naturellement libre aux grands vaisseaux, appartient à quelques autres bouches de fleuves, que cela tienne à leur forme en entonnoir largement ouvert à la marée, ou bien à la nature favorable du lit : Tamise, Humber, Séverne, Elbe, et aussi l'Escaut, malgré les sinuosités et les irrégularités de son chenal. Ce dernier fleuve a 2 m. à peine de marée moyenne; mais l'ampleur de l'estuaire rend le flux sensible jusqu'à 184 km. de la mer. La Loire a 70 km. de lit maritime, la Garonne 80, la Tamise 106, la Seine 150, l'Hudson 250.

La Tay amène beaucoup de sable par son lit, mais n'en reçoit guère de la côte. Ces sédiments sont entraînés à la mer par l'*ebbe*⁴ d'autant plus rapidement qu'ils approchent davantage de la contraction que présente l'estuaire à Tayport, en dessous de Dundee; les bancs déposés vers l'embouchure sont rangés par le courant, n'encombrent point le chenal, et la barre conserve plus de 6 m. d'eau.

Il en va tout autrement en ce qui concerne la Mersey et la Seine : ce ne sont pas des alluvions fluviates qui viennent

⁴ Ebbe ou èbe, terme emprunté à l'anglais, synonyme de jusant ou reflux.

bloquer l'entrée, mais des sables poussés par la mer et attendant que l'*ebbe* les reprenne ou les étale. Bien que le courant du retour emprunte un surplus de puissance à l'appoint des eaux douces, l'élargissement trop ample ou trop brusque de l'estuaire fait obstacle au maintien d'un chenal profond et persistant. C'est au contraire, un chenal irrégulier, tortueux, et d'autant plus enclin à se déplacer qu'il y a défaut d'entente ou d'accommodement entre les courants de flux et de reflux ; le premier s'élance en une route plus directe et tend à égaliser le fond; le second appuie davantage contre les concavités et trace le chenal. Dans la Seine, où l'endiguement s'arrête en tête de l'estuaire, il y a là une entrée rétrécie que toute la masse du flot n'atteint pas ; une partie s'égare en jets latéraux qui, retombant sur eux-mêmes, creusent des fosses ; celles-ci s'allongent de proche en proche, formant un sillon nouveau, où vient s'enfiler l'*ebbe* suivante, au mépris de sa route ancienne. Ces variations désordonnées, ces migrations du chenal, ont pourtant une utilité : comme elles contribuent à remuer successivement toute l'aire, à l'empêcher de se consolider, les bancs restent meubles, se laissent balayer et araser, et, en somme, le réceptacle de marée se conserve. Telle paraît être la raison pour laquelle, à la Mersey, on a repoussé l'idée de corriger l'élargissement brusque par un endiguement, et l'on s'est rejeté sur l'organisation de dragages permanents.

En ce qui concerne la Seine, la solution reste depuis longtemps en suspens, ensuite de divergences d'opinions qui se sont fait jour et qu'accusent une fois de plus les mémoires produits à l'Institution des ingénieurs anglais. M. Vernon-Harcourt est un chaud partisan de l'endiguement évasé vers la mer en forme d'embouchure en trompette; l'idée directrice est d'amorcer l'invasion du flot, de diriger et faciliter le balaiement par la marée ; l'impulsion montante, reçue à bras ouverts, doucement guidée et concentrée, propagera une ondulation lointaine dans le cours du fleuve. A l'*ebbe*, le mouvement de descente sera non moins aisé et rapide ; toutefois, s'il s'agit d'embrasser en son entier la large ouverture de la baie, de lancer un éventail d'eau s'étalant du Havre à Honfleur, on peut craindre que la force affouillante ne s'exerce pas à grande profondeur, et qu'un rôle majeur ne doive être assigné aux dragages.

C'est sur quoi se fondent les promoteurs de l'autre solution. Au lieu de prolonger les digues sur la longueur de l'estuaire, M. Partiot barrerait l'entrée de celui-ci par un brise-lames ne laissant qu'une ouverture étroite, un col ou goulet. La baie de Seine deviendrait un refuge où les dragueurs travailleraient à leur aise, une rade abritée, trop abritée même, car il ne semble pas douteux que l'impulsion et la propagation dynamique du flot n'éprouvent de ce fait une certaine dépression ; mais l'avantage revendiqué est celui-ci : le propre d'un col ou étranglement est de provoquer de loin une convergence impétueuse des eaux affluentes ; de faire ainsi, non seulement creuser la passe, mais tracer un chenal profond, dans l'estuaire par l'*ebbe*, dans la mer par le flot ; le sillon d'amont allant rejoindre l'issue des digues, d'où arrive le fort du courant, et le sillon daval allant entamer la barre. C'est donc, d'après cela, le flux de la mer qui creusera la barre : l'échappement des eaux sortantes y serait impuissant, parce qu'elles s'épanouissent en dehors de l'orifice de la digue.

Les avis divers s'étaient d'observations sur des fleuves similaires. A ceux qui parlent des beaux entonnoirs naturels de la Tamise ou de l'Humber, M. Partiot oppose l'utilité des cols existant à la Gironde, au Tage, à la Foyle, et le fait que l'Humber même est un peu contracté à « Spurn Point. » Il remarque qu'après tout, les ingénieurs anglais n'exécutent guère de bouches évasées ; qu'ils ont repoussé cette solution à la Tees et à la Mersey ; que, par des jetées convergentes, ils ont créé de véritables bassins de chasse, à ouverture étroite, à la Liffey (Dublin), à la Tyne et à la Tees ; que de tels ouvrages sont dispensés de s'avancer vers le large autant que des jetées parallèles ou divergentes ; qu'un barrage transversal refrène l'invasion des apports maritimes ; qu'un goulet étroit, mais profondément affouillé, transmet mieux qu'on ne pense l'ondulation de marée ; que c'est l'aire d'écoulement, non la largeur qui importe ; et qu'enfin, du brise-lames proposé, il serait facile de n'exécuter d'abord que des amorces d'essai, à ne compléter qu'après preuves faites.

Peut-être les deux projets ne sont-ils pas inconciliables : qu'on fasse l'endiguement en entonnoir, largement ouvert jusqu'aux deux rives ; qu'on barre, en outre, l'ouverture par une digue assez basse pour qu'elle n'entrave guère l'invasion du flux, une fois celui-ci grossi et développant sa plus forte impulsion : l'ouverture ménagée dans cette digue appellera toujours à elle, sinon la totalité du courant, au moins le courant le plus intense, ce qui pourrait suffire encore à bien fixer la position du chenal et à le maintenir en bonne profondeur. Si d'ailleurs, au lieu d'un orifice unique, on en pratiquait deux, au contact des rives, on transformerait la baie en deux bras de delta, assurant à la fois les mouillages du Havre et de Honfleur. Au milieu se formerait et se consoliderait un large banc, en double triangle d'amont et daval, où finirait par se noyer la digue basse, qui en deviendrait tout ensemble l'ancre de retenue et l'arête culminante.

Dans un semblable ordre de questions, où toute théorie peut être fallacieuse et où les phénomènes diffèrent d'un exemple à l'autre, il serait bien désirable d'être à même d'exécuter des essais dans des conditions tout à fait conformes au cas en cause. M. Vernon-Harcourt a imaginé l'emploi de petits modèles, qui lui fournissent des arguments en faveur de sa thèse ; mais encore est-il obligé d'y exagérer 60 ou 100 fois l'échelle des hauteurs, relativement à celle du plan, pour y rendre sensibles des effets de marée et des déplacements de poussières ; et d'autres circonstances, nullement secondaires dans la nature : influence des vents et des lames, finesse relative des sables, échappent à l'imitation correcte. Quoi qu'il en soit, l'Administration des ponts et chaussées a repris ce mode ingénieux d'étude, à l'aide d'un appareil de plus grandes dimensions.

M. Partiot préfère, dans les parages où la chose est praticable, — comme on a pu le faire sur la Gironde, — l'application de palissades ou de claires attachées à des pieux, dans le site même des digues projetées ; l'observation fait juger de l'action de ces obstacles sur les courants et les atterrissements ; et, en cas de réussite, ces petits travaux d'essai, une fois ensablés, fourniront un noyau d'appui économique aux enrochements complémentaires de la construction finale.

(*A suivre.*)