ESSAI DE CLASSIFICATION DES DIVERS TYPES DE PRISES D'EAU EN MER DIFFÉRENTS FACTEURS INTERVENANT DANS LE CHOIX DE LEUR EMPLACEMENT ET DE LEUR CONCEPTION EXEMPLES DE RÉALISATIONS

par P. GUITON

Société Bergeron, S.A., Paris

1. — Préambule

1.1 Généralités : Importance du débit. Définitions.

La planche de croquis de la figure 1 ci-jointe est destinée à centrer le problème des prises d'eau en mer entre ses limites poussées aux extrêmes. Elle nécessite peu de commentaires si ce n'est les suivants :

1.1.1. L'influence considérable de l'ordre de grandeur du débit prélevé en mer sur la nature et la structure du dispositif de prise d'eau est mise en évidence.

1.1.2. Dans tous les cas, il y a une phase gravitaire (bande verticale de gauche) suivie d'une phase élévatoire (bande verticale de droite).

Dans ce qui suit : la prise d'eau sera, par convention, limitée à ce qui a trait à la phase gravitaire; la phase élévatoire, en général assurée par des pompes, ne sera évoquée qu'incidemment.

Dans la phase gravitaire qui nous intéresse, l'eau descend toujours *plus bas que mer*.

Même dans le cas « b », sans surface libre, la ligne de charge va en descendant.

1.1.3. Les prises d'eau « a » et « e » ne nécessitent pas de grille ($GR = 0$). Dans le cas « a » on élimine les corps étrangers après la phase élévatoire (solution qui peut être généralisée comme on le verra plus loin).

Dans le cas « e » on ne s'en préoccupe pas.

Dans les cas « b », « c », « d » la prise d'eau comporte

des grilles. Elles sont conditionnées de façon différente suivant l'importance du débit :

Cas « b » : Le crépinage est destiné à protéger la pompe contre les obstructions. Il est dimensionné en fonction du diamètre des sphères que celle-ci peut laisser passer. La grille est conditionnée par la pompe, ce que nous avons indiqué par $GR \leftarrow P$.

Cas « c » : Les dimensions du maillage des grilles sont conditionnées par les exigences de l'utilisation de l'eau : $GR \leftarrow U$.

Cas « d » (*) : L'écartement des barreaux des grilles est conditionné par le souci de ne pas aspirer les *corps marins* : embarcations, épaves, gros poissons, nageurs, etc. : $GR \leftarrow M$.

L'examen de ces cinq cas, dont les débits vont en croissant, montre par l'exemple des grilles, qu'il y a une corrélation pour un débit donné entre les dispositions de la prise d'eau et les dimensions géométriques de l'environnement (corps contenus dans le milieu marin — pompes — appareils d'utilisation, etc.).

1.1.4. Introduisons maintenant une nouvelle définition :

Nous réservons le terme de *prise d'eau en mer à un ouvrage et des équipements fixes construits dans le but*

(*) NOTA. — Signalons que l'exemple « d », qui figure schématiquement l'usine marémotrice de la Rance dans sa phase de pompage, a été choisi parce que, dans la même gamme de débits, les prises d'eau en mer des centrales thermiques modernes, beaucoup plus nombreuses que les usines marémotrices, sont largement évoquées dans d'autres communications présentées au cours de cette journée.

express de prélever un certain débit pour une utilisation précise. Il s'agit ici non seulement de la mer proprement dite, mais aussi des ports, des estuaires, lagunes, étangs marins, etc.

Cette définition élimine la figure (1 a) dans la mesure où il s'agit de la prise d'eau d'un navire (non fixe).

Elle élimine également la figure (1 e) si l'on y voit le détroit de Gibraltar ou même l'entrée du canal de Suez.

1.1.5. Par contre la figure (1 e) peut représenter l'alimentation volontaire d'un *bassin sous-méditerranéen* pour en modifier la géographie, le climat et l'écologie (voir par exemple le roman d'anticipation de Jules Vernes, *l'Invasion de la mer* sur la modification de la géographie sud tunisienne par alimentation des grands Chotts ou même les projets envisagés pour la dépression du Kattarah en Egypte qui est à 150 m environ plus bas que la Méditerranée).

1.1.6. Il a été envisagé de faire descendre l'eau encore beaucoup plus bas dans une grande caverne creusée très profondément au-dessous de la mer. L'eau de mer en descendant aux heures de pointe de consommation d'énergie électrique actionnerait un groupe turbine alternateur réversible qui en fonctionnant en pompe aux heures creuses reverdirait la caverne dans la mer. Mais sans doute n'est-ce encore que du domaine de l'anticipation.

1.1.7. Dans ce dernier exemple, de même que dans l'exemple « a » de la figure 1, la phase gravitaire et la phase de pompage sont *successives*, alors que dans les deux autres exemples ces deux phases sont *simultanées*.

1.2 Modification d'équilibre écologique.

Si nous avons évoqué les derniers exemples donnés en 1.1.5. c'est pour rappeler que les prises d'eau en mer prennent une importance telle en nombre et en dimensions, que nous entrons dans une époque où elles peuvent modifier l'équilibre écologique du site où elles sont implantées.

Disons que nous entendons ici le terme d'« écologie » dans son sens le plus large c'est-à-dire : tout ce qui a trait à :

L'équilibre du milieu vivant et de son environnement géographique et climatique en englobant dans le milieu vivant l'homme et ses prolongements industriels.

Cet équilibre peut être rompu à tout moment pour des raisons souvent imprévues et une prise d'eau importante peut être un élément de cette rupture d'équilibre. Il faut y penser beaucoup au moment de tout projet. (Et que dire des rejets car l'eau prise en mer finira bien par y retourner sous une forme ou sous une autre).

1.3 Sauvegarde de la Nature. Réglementation.

Dans la mesure où, pour son utilisation, l'eau de mer doit être débarrassée de tous les corps gênants, il ne faudrait pas que, par suite de l'importance croissante des prises d'eau, cela conduise à une destruction trop massive des corps vivants qu'elle contient. Il faut que cela soit un souci permanent des projeteurs et les recherches doivent être poursuivies dans ce sens.

Si la prise d'eau en mer, même d'un seau d'eau, était sévèrement réglementée au temps de la gabelle, elle ne l'est peut être pas assez aujourd'hui. Est-ce par réaction?

De toute façon, l'information et l'éducation sont à développer à tous les niveaux dans ce domaine. En particulier des moyens de signalisation, de dissuasion ou d'empêchement efficaces devraient être utilisés pour écarter les personnes et si possible les poissons des prises d'eau.

1.4 Plan de l'exposé.

Nous avons tenu à insister sur ces quelques considérations générales avant d'aborder la suite de notre exposé qui sera basé sur :

- une revue, et une tentative de classification des principales dispositions types de prises d'eau en mer;
- un examen systématique préalable des différents facteurs définissant le site et le projet, et conduisant au choix de l'emplacement, du type et de la conception de la prise d'eau;
- un certain nombre d'exemples de réalisations destinés à illustrer des cas types.

2. — Dispositions types

Elles sont illustrées par un certain nombre de croquis que l'on trouvera ci-joint (fig. 2 à 13).

2.1 Pompes en mer (fig. 2).

Les prises d'eau les plus répandues sont celles des navires et embarcations mais, comme déjà dit, elles ne rentrent pas dans le cadre de notre définition car il ne s'agit pas d'équipements fixes.

La figure 2 a représente par contre un navire destiné à pomper, en l'espèce une drague suceuse, ancré à demeure et refoulant à terre par une conduite flottante. Cette disposition a été, par exemple, utilisée pour alimenter Nantes en eau à la Libération. On y reviendra peut-être sous la forme de prises d'eau flottantes ou même d'usines complètes sur îlot flottant.

La figure 2 b représente une station de pompage sur estacade. Cette disposition implique qu'il n'y ait pas de tempêtes dangereuses pour la résistance de celle-ci.

La figure 2 c rarement utilisée est celle d'une *tour de pompage en mer*. Elle peut cependant être nécessaire dans certain cas.

Elle implique que les orifices de passage des pompes et le type même des pompes soient adaptés aux corps contenus dans l'eau pour ne pas rendre nécessaire un dégrillage mécanique.

La figure 3 représente des cas intermédiaires entre la figure 2 a (estacade) et la figure 2 c (tour de pompage en mer avec conduite au fond de la mer ou en-dessous). Ce sont ceux où la liaison se fait par une conduite de refoulement à un niveau intermédiaire, en général incorporée dans une digue ou un endiguement rocheux noyé en hautes mers (à toutes les marées ou seulement à certaines d'entre elles (fig. 3 a), ou bien toujours noyée (fig. 3 b). A la limite il peut s'agir d'un éperon ou promontoire naturel (fig. 3 c) mais on rejoint ici la catégorie des *pompes à terre* du paragraphe 2.2 qui suit.

2.2 Pompes à terre (fig. 4).

La figure 4 a est celle d'une aspiration par *siphon sur estacade*. Il y a là les mêmes restrictions que pour la figure 2 a par rapport aux tempêtes, mais un peu moins sévères, la tête de siphon étant moins fragile qu'un groupe de pompage.

Il faut cependant que la conduite soit au-dessus des lames de hautes mers, ce qui, compte tenu du marnage et des

pertes de charge, limite l'emploi du siphon dès que le vide maximal à l'extrémité aval dépasse une certaine valeur... (*).

La figure 4 b est celle d'une prise d'eau directe. Elle n'est en général valable qu'en l'absence de sable et de limon.

La figure 4 c est celle d'une tour de prise d'eau en mer. Elle implique en général :

- une quantité suffisamment faible de sable et de limon à l'endroit de la prise pour éviter l'obstruction de la galerie ou conduite de liaison;
- des dimensions suffisantes de cette galerie pour qu'elle soit au besoin visitable;
- la possibilité d'y créer des vitesses d'écoulement suffisantes pour lutter contre les dépôts.

Ces deux dernières conditions conduisent à un débit déjà important.

La figure 5 montre deux positions des pompes à terre dans le cas, assez fréquent, où l'usine d'utilisation n'est pas à proximité immédiate de la côte.

Dans la figure 5 a les pompes sont dans l'usine d'utilisation avec liaison par galerie. Dans la solution 5 b les pompes sont près de la cote avec liaison à l'usine par conduite de refoulement.

Même dans le cas d'une variante de la solution « a » où la liaison se fait par siphon, le niveau « Za » est inférieur au niveau « Zb » et le prix d'ensemble des ouvrages et de l'équipement est moins cher en solution « b ». L'entretien de la conduite de la solution « b » est également plus simple et moins onéreux que celui de la galerie de la solution « a ».

Par contre la solution « a » (et sa variante en siphon) correspondait mieux aux conceptions d'autrefois, notamment en ce qui concerne la surveillance du matériel et du

personnel. L'automation, la télésignalisation et la télésurveillance, ainsi qu'une meilleure connaissance des phénomènes transitoires en conduite, font que la solution « b » l'emporte de plus en plus.

2.3 Elimination des corps fins ou menus contenus dans l'eau de mer.

On croit trop souvent que celle-ci doit être faite obligatoirement dans la prise d'eau avant le pompage. Les exemples des figures 1 a et 2 a nous ont déjà montré qu'il n'en était pas toujours ainsi.

La figure 6 montre une prise d'eau avec pompe sur estacade dont la tulipe s'est complètement ensablée à l'arrêt, mais où le sable est perméable. Au démarrage, le vide créé par la pompe à débit presque nul est suffisant pour aspirer de l'eau à travers le sable et entraîner peu à peu le sable en excès. La pompe doit alors être prévue pour pomper le sable sans encombre. Si celui-ci est gênant pour l'utilisation, il peut être éliminé plus commodément à terre.

2.4 Prises d'eau temporaires et intermittentes (fig. 7).

La figure 7 a montre une prise d'eau comportant à marée basse un seuil déversant dont le débit maximal gravitaire Q_g peut être inférieur au débit pompé Q_p , ce qui conduit au désamorçage de la pompe si on ne réduit pas le débit de celle-ci.

La figure 7 b montre un seuil complètement dénoyé à marée basse d'où arrêt temporaire du pompage.

La figure 7 c montre un seuil qui, par gros temps, se découvre au ressac. Le bassin d'aspiration des pompes, qui doit être de volume suffisant, n'est alimenté alors que par des paquets de mer successifs à chaque lame, paquets de mer dont le débit moyen dans le temps doit couvrir le débit de la pompe. Heureusement ce cas est assez rare.

2.5 Prise d'eau engorgée.

La figure 8 montre le cas d'une prise d'eau directe où, par suite de l'absence de vitesses suffisantes, un dépôt se forme à l'arrêt ou à marée haute.

(*) NOTA. — Au cours de la discussion générale ayant trait à l'ensemble des communications de cette journée sur les prises d'eau en mer, l'attention a été attirée sur le fait que le passage des poissons dans des zones sous vide pouvait les blesser mortellement par éclatement de leurs vessies natatoires (les siphons, les tuyauteries d'aspiration des pompes, et les zones en dépression à l'entrée des roues des pompes sont dans ce cas).

Suivant la nature du dépôt, les vitesses créées à marée basse peuvent être insuffisantes pour remettre ce dépôt en suspension. Celui-ci forme alors un véritable bouchon avec seuil déversant pouvant conduire au désamorçage de la pompe.

Ceci est particulièrement vrai pour certains limons argileux. Cela peut être également le cas lors de la formation de dunes de sable sous l'eau dans un canal d'amenée à vitesse insuffisante.

2.6 Prise d'eau portuaire.

La figure 9 représente une prise d'eau en bordure de quai. Il faut qu'un navire à quai ne soit pas une gêne pour la prise d'eau ni celle-ci pour le navire.

Les dimensions et le tracé de la prise d'eau doivent, en particulier être tels que la force de succion F_a ajoutée à la force F_v due à un vent normal reste inférieure à une certaine valeur F_r permettant de dégager le navire du quai.

Ceci est obtenu en écartant le navire d'une certaine distance « a » du quai, de façon que la vitesse V_c atteinte devant la prise d'eau soit faible.

Une grille avancée de sécurité doit être prévue (*ceci est du reste tout à fait général*) avec un écartement des barreaux tel et une vitesse de traversée de ceux-ci suffisamment faible, pour qu'un homme tombé à l'eau puisse se dégager ou être secouru.

La figure 10 montre trois dispositions particulièrement propices pour une prise d'eau portuaire (angle rentrant ou angle saillant d'un quai, môle circulaire). Dans les deux derniers cas, une obstruction de la prise d'eau par une embarcation ou un plaquage de celle-ci sont pratiquement impossibles.

2.7 Protection contre les proliférations de coquillages.

Ceci est un vaste sujet que nous n'aborderons ici que dans la mesure où il influe sur la structure des prises d'eau (*).

Trois solutions sont utilisées pour cela (fig. 11).

Solution « a » (fig. 11 a) Elle consiste à admettre la prolifération des coquillages, et à adopter des sections de galeries suffisamment grandes pour que les pertes de charge restent acceptables malgré cette prolifération, et pour qu'on puisse les visiter périodiquement pour les curer. Souvent dans ce cas, il y a deux galeries parallèles : l'une étant en service quand l'autre est en curage. Sur la figure nous avons schématisé un homme avec une brouette, mais en fait, on va jusqu'à utiliser des engins et moyens mécaniques.

Solution « b » (fig. 11 b) Eviter la prolifération des coquillages en ayant partout, autant que possible, des vitesses d'écoulement suffisamment grandes pour que les coquillages ne puissent se développer sur les parois. La valeur minimale nécessaire de la vitesse est du reste controversée, controverse qui n'est peut-être que le reflet de la grande faculté d'adaptation des organismes vivants en général et des moules en particulier.

Cette solution est utilisée le plus souvent avec, en outre, une chloration en tête de prise d'eau.

La question des pertes de charge à prendre en compte

au cas où, malgré les précautions prises, il y aurait développement de coquillages, reste un problème.

Solution « c » (fig. 11 c) Détruire périodiquement les proliférations des coquillages par échaudage en portant la température de l'eau à une valeur suffisante.

En général, quand l'utilisation comporte un échangeur de chaleur (condenseur, etc.) l'élévation de température est obtenue par recyclage partiel de l'eau, et par inversion de courant entre prise d'eau et rejet pour rejeter en mer les coquillages échaudés.

Il en résulte une complication de structure de la prise d'eau.

2.8 Protection contre les venues importantes de corps en suspension dans l'eau (bancs d'algues, de poissons, de méduses, de civelles, de crevettes, de débris végétaux, etc.).

Si l'on reste persuadé que ce risque est inexistant, ou si une obstruction accidentelle de la prise d'eau n'est pas gênante, on peut se contenter de grilles fixes à nettoyage manuel (fig. 12 a).

Dans tous les autres cas, qu'il y ait des grilles tournantes ou non, il faut prévoir des grilles fixes à grandes surfaces avec dégrilleur mécanique (fig. 12 b), des dispositions étant prises pour l'évacuation des détritiques.

Si l'on hésite à installer un dégrilleur, la solution « c » plus prudente que la solution « a » consiste à ménager son emplacement.

Les grilles tournantes peuvent, par contre, être, elles, installées après les pompes.

2.9 Amortissement de la houle.

Les pompes elles-mêmes n'ont nul besoin d'amortissement de la houle comme en témoignent toutes celles installées à bord des navires. D'autre part, elles constituent en elles-mêmes un filtre à houle suffisant pour tout ce qui est situé à leur aval.

L'amortissement de la houle dans les prises d'eau est donc essentiellement destiné au bon fonctionnement des dispositifs de dégrillage et de filtrage installés en amont des pompes.

On admet communément qu'un amortissement à moins de 0,50 m d'amplitude double est suffisant dans ce cas. Peut-être, pour préciser, vaudrait-il mieux se référer aux inversions possibles de débit et de vitesse d'écoulement dans les grilles dues à la houle résiduelle.

Dans les rares cas où l'on tient à dessabler avant les pompes, un amortissement beaucoup plus grand est nécessaire de façon à ce que la houle résiduelle soit négligeable.

L'amortissement de la houle est toute une technique, déjà très développée, sur laquelle nous ne nous étendrons pas. Comme le dispositif employé influe sur la structure de la prise, nous en citerons simplement trois types principaux (fig. 13) :

a) Amortissement par système résistance-capacité, c'est-à-dire pertes de charge — bassin (fig. 13 a);

b) Amortissement par système inertie-capacité, c'est-à-dire galerie ou conduite allongée — bassin (fig. 13 b);

c) Amortissement en faisant jouer les propagations d'onde de surface dans un bassin allongé avec réflexions, diffractions et absorptions (fig. 13 c).

(*) NOTA. — Il sera en effet traité au cours de cette journée dans la communication de MM. Boyer et Bureau.

3. — Examen du site et des données du projet

3.1 Examen du site.

Un examen approfondi du site et de son environnement est indispensable avant de choisir l'emplacement, le type et la conception de la prise d'eau.

Le tableau A donne, à titre d'exemple, une liste succincte, non limitative, des investigations nécessaires.

L'expérience de l'exploitation de prises d'eau avoisinantes, si par chance il en existe, est particulièrement instructive.

Ceci est vrai en particulier pour ce qui concerne les algues, les bancs de poissons, les coquillages, les nappes d'hydrocarbures, encore que la situation puisse changer et que l'expérience des prises d'eau existantes puisse n'avoir pas été assez longue (souvent il ne se passe rien pendant plusieurs années). En outre les ennuis tombent vite dans l'oubli dès que ceux qui les ont vécus ne sont plus là.

Les prévisions concernant la flore et la faune sont particulièrement difficiles, la mer étant essentiellement un milieu vivant, c'est-à-dire soumis à des variations imprévues et à une certaine fantaisie apparente.

En voici quelques exemples :

3.1.1 (fig. 14). Ceux qui les premiers sur la cote ont établi une prise d'eau ne savaient pas qu'à certaines époques un champ d'algues stationnaire en A par temps calme et en B par vent de mistral, passait devant l'empla-

TABLEAU A	
EXAMEN DU SITE (LISTE SUCCINCTE)	
SITE GEOGRAPHIQUE	<ul style="list-style-type: none"> REGION DU GLOBE - LATITUDE SITE COTIER - COTE EXPOSEE - ABRITEE BAIE - ANSE - CRIQUE - ESTUAIRE - LAGUNE ETANG MARIN - CHENAL DE NAVIGATION PORT - AVANT PORT - CANAL MARITIME INDICE DE SISMICITE ETC
MER	<ul style="list-style-type: none"> MAREE - AMPLITUDE DU MARNAGE HOULE - AMPLITUDE MAXIMALE - DIRECTION - PERIODE FREQUENCE DES TEMPETES ET DU GROS TEMPS RAZ DE MAREE - LAME DE FOND PERIODES D'ACCALMIE - DUREE ET EPOQUE COURANTS
COTE	<ul style="list-style-type: none"> RELIEF - FALAISE - DUNE - BASSE - ESCARPEE NATURE ROCHEUSE (NATURE DE LA ROCHE) PERMEABILITE DURETE - ALLUVIALE - SABLONEUSE - ETC
FONDS	<ul style="list-style-type: none"> EMPLACEMENT DES FONDS SUFFISANTS LES PLUS PROCHES - CARTE DES FONDS PHOTO AERIENE NATURE DES FONDS ACCES AUX ENGINS FLOTTANTS POSSIBILITE DE FONCAGE DE PIEUX
SEDIMENTS FINS	<ul style="list-style-type: none"> SABLE PERMEABLE OU NON - GRANULOMETRIE LIMON - ARGILEUX - COLMATANT VASE - NON COLMATANT MISE EN SUSPENSION OU NON PAR MER AGITEE ETC
FLORE	<ul style="list-style-type: none"> NATURE ET ABONDANCE - ALGUES - AUTRES VEGETAUX EN MER - SUR LA COTE - EN PERMANENCE ACCIDENTELLEMENT - ETC
FAUNE	<ul style="list-style-type: none"> LES COQUILLAGES - ESPECES PRESENCE MEME ELOIGNEE LES POISSONS - MEDUSES - CRUSTACES - ETC ESPECES - ABONDANCE ET TAILLE PRESENCE ACCIDENTELLE DE BANCs
ENVIRONNEMENT	<ul style="list-style-type: none"> NAVIGATION - DIMENSIONS DES NAVIRES ET EMBARCATIONS PECHEURS - BAIGNEURS VOISINAGE DE PORT D'ESTUAIRES DE REJETS EN MER - NATURELS OU INDUSTRIELS BANCs DE SABLE OU PLAGES LES PLUS PROCHES PRESENCE DE PRISES D'EAU AVOISINANTES EXPERIENCE DE LEUR EXPLOITATION
FACTEURS ECONOMIQUES	<ul style="list-style-type: none"> COUT RELATIF DE LA MAIN D'OEUVRE ET DES EQUIPEMENTS PRIX DU KWH PRIX DES TRANSPORTS JUSQU'AU SITE ETC

cement de la prise deux heures après le début du mistral et 2 h après qu'il ait cessé. Il aurait fallu un hasard pour qu'ils soient là juste au bon moment. (En réalité, les emplacements A et B sont beaucoup plus éloignés que figuré). Il a donc fallu rajouter ultérieurement un dégrilleur qui n'avait pas été prévu. Bien sûr, lors de l'extension de l'usine, il en a été tenu compte pour la nouvelle prise d'eau, comme en ont tenu compte également les autres usines qui se sont installés par la suite.

Ajoutons qu'étaient également imprévus des dégagements gazeux de SH_2 venant du fond marin au droit de la prise d'eau.

3.1.2 Sur une cote rocheuse où on ne voyait aucune algue et où on n'en avait jamais vu de mémoire de pêcheurs, une nuit, une arrivée massive de longues algues lamellaires à obstrué les grilles et a arrêté l'usine. Elles venaient de très loin, et avaient été détachées du fond rocheux sous marin par des mouvements de fond à une certaine période de leur croissance.

Enquête faite à nouveau, cela s'était déjà vu dans la région plusieurs années auparavant mais on l'avait oublié. Là aussi on a rajouté un dégrilleur.

3.1.3 Une prise d'eau près d'un port pétrolier s'est trouvée envahie en quelques mois par une algue exotique venue accrochée à la coque d'un navire.

3.1.4 L'embouchure du Congo a été tapissée en quelques années par une espèce de nénuphar d'eau importée par accident.

3.1.5 Une colonne innombrable de civelles (petites anguilles) a, un jour, arrêté brusquement une raffinerie.

3.1.6 En plusieurs endroits où on n'avait jamais vu de coquillages, un jour ceux-ci sont apparus.

3.2 Examen des données du projet.

Le tableau B en donne, à titre d'exemple, une liste succincte. Le débit, la nature du service à assurer, les exigences des appareils d'utilisation concernant les dimensions des corps et la granulométrie des matériaux en suspension qu'ils peuvent laisser passer, en sont des éléments essentiels.

Il faut également examiner attentivement tout ce qui dans le projet peut réagir sur la prise d'eau elle-même comme, par exemple, les recyclages possibles des effluents rejetés.

3.3 Interactions possibles du site et du projet.

Le tableau C n'a d'autre but que de mettre en garde vis-à-vis d'une trop grande confiance vis-à-vis de prévisions non longuement réfléchies.

Comme déjà dit, l'imprévu est de rigueur dans ce milieu vivant qu'est la mer et une longue expérience, indispensable, ne peut que pousser à davantage de réflexion, de méditation et d'imagination.

TABLEAU B	
DONNEES DU PROJET	
NATURE DU SERVICE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ CONTINU SANS ARRET ANNUEL ◦ CONTINU AVEC ARRET ANNUEL SEULEMENT ◦ ARRETS ACCIDENTELS EXCEPTIONNELS ADMIS OU NON ◦ ARRETS VOLONTAIRES ADMIS OU NON ◦ PERIODIQUE
DEBIT A ASSURER	<ul style="list-style-type: none"> ◦ DEBIT DE POINTE ◦ DEBIT NORMAL ◦ DEBIT REDUIT
QUALITE DE L'EAU REQUISE PAR UTILISATION	<ul style="list-style-type: none"> ◦ DESSABLAGE NECESSAIRE OU NON ◦ DIMENSION DES ELEMENTS FINS TOLERES ◦ DIMENSION DES CORPS ETRANGES TOLERES
SURVEILLANCE	<ul style="list-style-type: none"> ◦ POMPAGE ET DEGRILLAGE SURVEILLES SUR PLACE ◦ POMPAGE ET DEGRILLAGE TELE SURVEILLES AVEC RONDIERES SANS RONDIERES
REJETS DE L'USINE	EFFLUENTS REJETES PAR L'USINE NATURE ET EMPLACEMENT <ul style="list-style-type: none"> ◦ POSSIBILITES D'INFLUENCE A PLUS OU MOINS LONG TERME — SUR L'EAU PRISE — SUR L'ENVIRONNEMENT DE LA PRISE D'EAU

TABLEAU C	
INTERACTIONS DU SITE ET DU PROJET	
③ LA PRISE D'EAU PROJETEE EST LA 1 ^{re} SUR LE SITE INTERACTION POSSIBLE :	INTERACTIONS ???
④ LA PRISE D'EAU EST LA (n+1 ^{ème}) SUR LE SITE IL Y A PEUT ETRE DES DIFFERENCES MEME PEU APPARENTES AVEC LES PRECEDENTES INTERACTIONS POSSIBLES :	??
⑤ LA PRISE D'EAU EST LA (n+1 ^{ème}) SUR LE SITE IL N'Y A AUCUNE DIFFERENCE AVEC LES PRECEDENTES INTERACTIONS POSSIBLES : LE FAIT DE PASSER DE n A n+1 PEUT PROVOQUER UNE RUPTURE D'EQUILIBRE	?

4. — Exemples de réalisation

Nous avons choisi un certain nombre d'exemples de réalisations typiques : figures 15 à 27.

4.1 Figure 15.

Elle schématise une prise d'eau fictive que nous appelons « prise d'eau de référence » basée sur des conditions presque idéales d'un site supposé (c'est-à-dire une sorte de « projet d'école »). Ces conditions sont :

4.1.1 Examen du site.

- Zone méditerranéenne.
- Côte rocheuse granitique dans une zone sans tremblement de terre.
- Fonds de 6 m éloignés du rivage de 10 m en moyenne.
- Marnage d'amplitude 0,50 m.
- Anse abritée : amplitude double maximale de la houle : 3 m. Ni raz de marée, ni lames de fond — Longues périodes d'accalmie.
- Vent dominant perpendiculaire à la cote — houle frontale.
- Courants négligeables.
- Plages et embouchures de cours d'eau les plus proches à 2 km.
- Usines, autres prises d'eau et rejets à plus de 5 km.
- Absence de sable et de limon jusqu'à 1 km du rivage.
- Eau claire même quand elle est agitée.
- Pas de coquillages sur les rochers; ni sous l'eau, ni hors d'eau.
- Très peu d'algues : personne ne se souvient en avoir vu de quantités notables.
- Pas de bancs de poissons, de méduses, etc., connus.
- Pas de navigation sauf de petites embarcations de pêche ou de tourisme.

4.1.2 Données du projet.

- Alimentation en eau de refroidissement des échangeurs tubulaires d'une usine située à 300 m du rivage.

- Arrêt annuel de quelques jours par an au mois d'août; aucun arrêt de pompage toléré entre temps.

- Débit à assurer : $3 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.1.3 Choix de l'emplacement et du type de prise d'eau (fig. 15).

- Deux prises d'eau unitaires chacune de $3 \text{ m}^3/\text{s}$ (l'une en secours de l'autre) pour avoir des vitesses d'écoulement et des dimensions suffisantes. Permutation périodique. Possibilité de chloration en tête. On redoute, en effet, que des coquillages fassent un jour leur apparition. La prise d'eau à l'arrêt est isolée par batar dage en tête et chlorée.

- Grilles tournantes avec dimensions des mailles à la demande de l'échangeur.

- Grilles avancées de protection avec possibilité d'adjonction d'un dégrilleur au cas où la suite montrerait qu'il y a accidentellement des arrivées d'algues importantes (la mémoire d'homme est courte et les observations souvent incomplètes comme déjà dit).

- Les grilles tournantes et le dégrilleur adoptés nécessitent une houle résiduelle inférieure à 0,40 m d'amplitude double et surtout qu'il n'y ait pratiquement pas de vitesse inversée au travers du dégrilleur. L'amortissement de la houle résiduelle est faite par un système inertie-capacité (en l'espèce galerie-bassin).

- La galerie est choisie de 0,80 m de large par 1,60 m de haut pour qu'on puisse la visiter. Le bassin est protégé contre l'insolation. La galerie est percée au travers du rocher.

- L'ouvrage de tête est établi sur une petite banquette rocheuse dont l'existence locale a fixé l'emplacement de la prise d'eau. Cet ouvrage est en éperon face à la lame avec grilles avancées à barreaux espacés de 0,200, et vitesse de l'ordre de 0,25 m/s. Panneaux de $2,50 \times 4 \text{ m}$ remplaçables par des batardeaux. Des défenses et une signalisation sont prévus, ainsi que des échelles de secours.

4.2 Figure 16.

Il s'agit schématiquement de l'alimentation en eau de mer de l'usine de carbonate de soude installée par la Société Krebs à Cabo Frio au Brésil.

La prise d'eau est située sur un éperon rocheux à l'extrémité d'une plage de sable coquiller qui est la matière première de l'usine, extraite de la plage en dehors de la zone de pompage. Le dessablage de l'eau pompée se fait après les pompes, celles-ci étant construites spécialement pour ne pas en souffrir. Les liaisons mer-dessableur sont individuelles (il y a pour chaque pompe une galerie d'aspiration, un système de grilles, et une conduite de refoulement, ceci pour pouvoir maintenir dans les galeries et conduits une vitesse suffisante pour le maintien en suspension du sable pendant le pompage). Comme, compte tenu des débits unitaires, cela conduisait à des sections de galeries débitantes non visitables, on les a surmontées par des galeries visitables où il n'y a pas de débit (voir en coupe en haut à droite de la figure). Des dalles amovibles permettent la visite des galeries débitantes.

L'amortissement de la houle est du type mixte, inertie, résistance, capacité.

4.3 Figure 17.

Il s'agit schématiquement de la prise d'eau de la centrale thermique des Roches Noires au Maroc, aux abords de la plage du même nom.

Ici, on a voulu dessabler avant le pompage d'où un important dispositif anti-houle avec bassin de tranquillisation. Des dessableurs avec pompes d'extraction du sable déposé sont intercalés entre les grilles tournantes et les pompes de circulation d'eau des condenseurs de la Centrale.

4.4 Figure 18.

Il s'agit schématiquement de la station de pompage du Routhouan située en bordure de la plage des Bas-Sablons à Saint-Malo - Saint-Servan. Le pompage d'eau de mer se fait par deux pompes de $6 \text{ m}^3/\text{s}$ en chambre d'eau (une seule est représentée) et est destinée à surélever le plan d'eau des bassins en période de morte eau). (Cette station de pompage sert également à l'évacuation des eaux pluviales et usées de l'agglomération).

La prise d'eau de mer a les particularités suivantes :

- pompage temporaire et périodique, la tête de prise étant dénoyée à marée basse;
- grilles fixes de protection, barreaux relativement espacés nettoyables manuellement à marée basse ou par chasse en retour depuis les bassins, ces chasses servant si nécessaire à dessabler les points bas des galeries (le sable est perméable).

A noter que parmi les impératifs du projet, il y avait le respect du site touristique; rien des installations ne devant être vu de la promenade.

4.5 Figure 19.

Il s'agit de la prise d'eau du complexe chimique installé à Safi par la Société Krebs.

La côte abrupte, en mauvais rocher est constamment battue par des lames, qui, à marée basse, viennent déferler sur une large banquette rocheuse.

La principale particularité de cette prise d'eau est une alimentation intermittente par les lames aux plus basses mers. Les paquets de mer pénètrent par l'orifice T_1 réalisé par débouché à l'explosif en partant du bassin S_1 en forme de « haricot ». Le débit moyen des paquets de mer est, à marée basse, juste supérieur au débit voulu de deux pompes (plus une en secours).

L'amortissement de la houle se fait par le double sys-

tème résistance - capacité : $T_1-S_1 - T_2-S_2$. La longueur L_1 et le tirant d'eau dans « le haricot » à marée basse ont été choisis pour éviter les résonnances avec la houle.

Bien qu'aucune trace d'algues, de sable et de coquillages n'ait été trouvée dans les abords lors de l'examen du site, il en est apparu par la suite; mais l'installation, prévue avec prudence, les a très bien supportés grâce à l'adjonction d'un dégrilleur.

4.6 Figure 20.

Il s'agit schématiquement de la prise d'eau de la centrale thermique Bordeaux I de l'Electricité de France à Bordeaux - Ambès.

Le marnage, encore important, a permis cependant une prise en siphon, pratiquement imposée par le fait que le lit en bordure de berge est constitué d'une boue argileuse colmatante qu'il est difficile de remettre en suspension après un certain temps de dépôt. A l'arrêt prolongé, le siphon est donc désamorcé et vidé. Entre le débouché des siphons et la pompe, le tracé de l'ouvrage a été fait pour maintenir partout le maximum de vitesse et éviter les dépôts. A noter sous la tulipe d'aspiration une dalle en béton supportée par celle-ci, et qui évite d'aspirer la boue du fond.

Les deux tulipes d'aspiration sont disposées dans une sorte de « cage à poule » rectangulaire à barreaux verticaux, auto-nettoyable par inversion de courant à la marée. Cette disposition en « cage à poule » avec pompes sur estacade ou siphon est assez classique dans la région.

4.7 Figure 21.

Il s'agit schématiquement de la prise d'eau de l'usine B de la Société Le Nickel à Doniambo en Nouvelle-Calédonie.

L'anse dans laquelle est édifiée l'estacade est très calme et est protégée de part et d'autre par des décharges de scories.

Les pompes sont hors d'eau et amorcées. Elles sont relativement nombreuses et de débit peu important et sont munies chacune d'une crépine relevable par treuil pour nettoyage manuel. Chaque crépine est entourée par une sorte de « cage à requins » de protection.

Quoique cette installation ne date que d'une dizaine d'années, on peut considérer qu'elle est, influencée par la survivance du passé, une des dernières du genre (autrefois ce type de prise d'eau et de grilles relevables était assez répandu). Actuellement la nouvelle usine de Doniambo est toute différente et se rapproche de ce qui est maintenant plus classique.

4.8 Figure 22.

Il s'agit schématiquement de la prise d'eau de l'usine de la Société Minière du Sénégal établie à M'Bao par la Société d'engineering Compadec.

La tête du canal est sur un fond rocheux très en avant de la bande sablonneuse du rivage. Mais celle-ci tend déjà à s'étendre dans les angles de part et d'autre du canal.

L'amortissement de la houle est assurée par un îlot en enrochement et par un dispositif résistance-capacité étudié en fonction des propagations d'onde de surface dans le canal. Les deux bajoyers portent des rails qui permettent l'emploi éventuel d'un pont roulant dessableur, en cas de besoin.

4.9 Figure 23.

Il s'agit schématiquement de la prise d'eau de la Compagnie française de Raffinage à la Mède près de Martigues.

22

23

24

25

Les premières pomperies aspiraient directement dans le canal maritime de navigation. Elles étaient munies de grilles montées par paires l'une en avant de l'autre, et relevables alternativement, solution du reste très générale il n'y a pas si longtemps.

Par la suite, entre le chenal et la prise d'eau, le canal s'était tapissé entièrement de végétaux aquatiques qui, à certaines époques de l'année, se détachaient facilement du fond. Il suffisait qu'une péniche mette ses hélices en marche arrière (pour ralentir ou manœuvrer) pour que l'eau devant la prise d'eau se transforme en une véritable « soupe de légumes » qui obstruait les grilles. Lors de l'extension de la pomperie on a construit un mur isolant les prises d'eau du chenal et permettant l'alimentation depuis une tour de prise en mer installée dans l'étang de Berre, l'étude étant dirigée par les Ponts et Chaussées de Marseille.

Les galeries de liaison passent sous le canal maritime. L'eau au droit de la tour de prise est pratiquement exempte de sable. Il y a deux galeries, toutes deux battardables, de façon à pouvoir en visiter une pendant que l'autre reste en service.

A noter également que l'eau est plus froide dans l'étang de Berre que dans le canal maritime, ce qui est un avantage pour les échangeurs alimentés.

Peu à peu les grilles relevables sont remplacées par des grilles tournantes.

4.10 Figure 24.

Il s'agit schématiquement des prises d'eau de la centrale thermique de la Goulette près de Tunis, de la Société tunisienne d'Electricité et de Gaz.

Ses principales caractéristiques sont :

- des prises d'eau en forme de môle en bordure du canal de navigation;
- le parti choisi pour la lutte contre les coquillages qui est un curage annuel par tronçon batardable. Les galeries sont de grandes dimensions pour pouvoir y circuler facilement et avoir peu de pertes de charge malgré les coquillages.

4.11 Figure 25.

Il s'agit schématiquement de la prise d'eau de la centrale thermique de Vridi sur le Canal de navigation de la mer à la lagune d'Abidjan en Côte d'Ivoire.

Cette prise d'eau a été étudiée sous la direction de l'Inspection Générale pour la Coopération Hors métropole (IGECCO), et est munie d'un dispositif d'échaudage des coquillages par inversion de courant et recyclage partiel.

A noter également la prise d'eau en siphon sur le canal, qui permet de vider et de visiter toute la conduite d'aspiration entre la tête de prise d'eau et la station de pompage.

Conclusion

Nous espérons par cet exposé et ces quelques exemples avoir donné un aperçu de la très grande variété des prises d'eau en mer. Cette variété est due à celle de la géographie et au fait que la mer est un milieu vivant.

On est donc loin, dans ce domaine, de pouvoir préconiser des solutions normalisées. C'est heureux sans doute pour les Ingénieurs de projet, mais en contre partie ils doivent se soucier sans cesse et de plus en plus des interactions possibles entre la prise d'eau qu'ils conçoivent et le milieu maritime où elle sera implantée.

Discussion

Président : M. P. BERGERON

M. le Président remercie M. GUITON dont l'exposé a bien mis en évidence la multiplicité des dispositions que l'on peut envisager suivant les conditions particulières à chaque cas. Peut-être, les solutions d'avenir nous échappent-elles encore car les débits à traiter seront plus élevés et les conditions de fonctionnement plus strictes.

Il ouvre ensuite la discussion.

M. BONNEFILLE signale un inconvénient particulier à certains types de prises comportant des brises-lames protecteurs, disposés quasi-parallèlement à la ligne du rivage où se trouve l'origine du canal de prise : sous l'effet des transports de sable par la houle diffractée, ces brise-lames peuvent engendrer des amorces de « tombolo » et des dépôts de sable devant l'entrée du canal de prise. Faute d'une étude préalable de ce phénomène, on peut être obligé à pratiquer des dragages quasi-permanents au droit de la prise.

M. GUITON est bien d'accord avec M. BONNEFILLE sur le fait que les prises d'eau « directes » peuvent réserver des surprises s'il existe des « risques de sédimentation ».

D'ailleurs, remarque M. le Président, certaines dispositions, présentées par M. GUITON dans un esprit de synthèse, peuvent être contestables dans certaines conditions d'implantation.

M. GALLIOZ souligne le fait que le conférencier a dit que les pompes s'accroissent, en général, bien de la houle et que l'amortissement de celle-ci était nécessaire surtout par le bon fonctionnement des filtres. Effectivement, dit-il, la perte de charge à travers le filtre est un élément très important pour les services d'exploitation de l'usine : sa mesure doit être très « fiable » afin de ne pas risquer l'engorgement dudit filtre. Ce seul fait milite en faveur d'un bassin de prise suffisamment protégé de la houle pour que le dispositif de mesure de la perte de charge du filtre puisse fonctionner correctement.