



**LA PROTECTION
D'UN PORT PÉTROLIER
PAR UN RIDEAU
DE BULLES**

PAR J. GARANCHER *

Le principe d'utiliser un courant continu de bulles d'air ascendantes dans une nappe d'eau, provoquant à la surface un monticule dont l'eau s'écoule en tous sens, avait été reconnu dès le début de notre siècle.

On se proposait alors d'utiliser ce dispositif pour briser la houle, amortir les ondes de choc ou créer le dégel de couches de glace.

En immergeant au fond d'une nappe d'eau une tubulure munie de gicleurs, et alimentée par une source d'air comprimé, on établit, au-dessus de chaque gicleur, un mélange air/eau, dont la densité est inférieure à celle de l'eau environnante; il se produit à la surface de l'eau un monticule dont le volume est égal à la somme des volumes des bulles d'air contenues dans l'eau entre le gicleur et la surface.

L'eau s'écoulant de ce monticule est renouvelée par le courant ascendant provoqué par la vitesse des bulles d'air. Si l'écartement des gicleurs de cette tubulure correspond à des données, déterminées mathématiquement et expérimentalement selon la profondeur d'eau, la pression de l'air comprimé, l'ajustage des gicleurs, le diamètre et la longueur de la tubulure, les monticules forment un bourrelet continu dont l'eau s'écoule de part et d'autre, à une vitesse qui dépend des données ci-dessus.

Un tel phénomène peut être utilisé pour de nombreuses applications. Un ingénieur allemand,

M. Schuback, de Hambourg, constatant l'effet des bulles d'air provoquées par un scaphandrier en plongée sur une nappe de mazout en suspension sur l'eau, prit un brevet qu'il a cédé par la suite à la société Harmstorf, Hambourg, pour l'exploitation industrielle de barrages anti-mazout.

L'application principale du brevet concerne la protection des ports pétroliers, qui sont, du fait des hydrocarbures déversés dans les bassins d'une manière plus ou moins occasionnelle ou accidentelle, soumis aux dangers suivants :

- incendies de nappes d'hydrocarbures déversées lors des opérations de pompage des tankers, toujours plus nombreux et plus importants en tonnage;
- épandage de ces nappes d'hydrocarbures déversées, et par conséquent, pollution de l'eau en dehors des darses pétrolières fluviales et maritimes.

Depuis longtemps, différents constructeurs ont mis sur le marché des barrages flottants avec ou sans jupes plongeantes, mais il est apparu que toutes les nappes d'hydrocarbures passent sous ces barrages ou ces jupes dès que le courant de l'eau est supérieur à 10 cm/s, vitesse nettement inférieure aux courants de marée ou de jusant, ou des cours d'eaux fluviaux.

Par ailleurs, ces types de barrages présentent des inconvénients :

- mise en place peu aisée et lente;
- entretien onéreux;
- l'installation est en général détruite en cas d'incendie;

* Ingénieur des Arts et Manufactures; Ingénieur en chef de la Construction; Chargé de mission au Secrétariat permanent pour l'Etude des Problèmes de l'Eau.

— les navires restent prisonniers à l'intérieur de ces barrages, et l'approche des bateaux-pompes est impossible dans ces darses verrouillées par les barrages flottants.

Devant l'intérêt que présentait *a priori* dans ce domaine l'utilisation de barrages à bulles d'air, des essais de longue durée et en grandeur nature, se basant sur des études à la fois théoriques et pratiques réalisées en 1959 par le Docteur Stehr de Hambourg, furent effectués par la Société Hamstorf sur le plan d'eau de ses chantiers maritimes de Lübeck.

Les difficultés essentielles qui furent rencontrées étaient imputables à la conception des gicleurs ouverts alors utilisés. Tout en respectant les alésages déterminés par les calculs et reproduits dans des abaques pour les différents cas d'espèces, on dut constater que ces gicleurs ouverts présentaient certains inconvénients. Les tuyaux des barrages, lors des arrêts, se remplissaient d'eau et parfois de particules de vase dont l'évacuation, lors de la remise en marche, exigeait un laps de temps supérieur à la période d'avancement de la nappe d'hydrocarbures, vitesse qui varie sensiblement selon leur densité, la vitesse et l'orientation des vents et des courants; de plus, les particules de vase pouvaient provoquer l'obturation des gicleurs.

Pour ces motifs, il était indispensable de concevoir des gicleurs étanches vers l'intérieur des tubulures, insensibles aux attaques des eaux salines, et résistant à l'érosion produite par l'air comprimé expulsé. Des essais de longue durée ont permis la mise au point d'un type de gicleur breveté, ainsi que de vannes de purge automatiques.

Par ailleurs, il fut décidé d'utiliser comme tubulure des tuyaux en polyéthylène haute densité, qui ont une grande souplesse et résistent à la corrosion du milieu salin.

Il fallut aussi résoudre bien d'autres problèmes, concernant notamment l'encrage dans les fonds, le relevage aisé des barrages en cas de dragage ou de réparation, le filtrage de l'air comprimé à 5 μ , les télécommandes à distance ainsi que l'automatisme complète des installations et de leurs compresseurs d'air.

Dès 1962, une première démonstration, avec incendie de 6 000 l de fuel léger, eut lieu dans le port nord de Marseille, en présence de nombreux ingénieurs du port de Marseille, des compagnies pétrolières et de l'état-major des marins-pompiers.

A la suite de cette démonstration, absolument concluante, l'équipement de l'important port pétrolier de Lavera fut décidé par la Direction de la Chambre de Commerce et d'Industrie de Marseille, suivie bientôt par les ports de Dunkerque, Le Havre, Hambourg, Alger, Brunsbuttelkoog, Livorno, Tobrouk.

**

L'établissement d'un projet de barrage nécessite la connaissance des données de bases suivantes :

- profondeur d'eau et profil des fonds ainsi que leur nature;
- longueur du barrage;
- courants : direction et vitesse;

- vents prépondérants : direction et vitesse;
- densité des hydrocarbures à retenir;
- épaisseur de la couche d'hydrocarbure à retenir, en rapport avec la surface totale barrée.

D'après ces données, le projeteur pourra déterminer le diamètre intérieur du tuyau-barrage, le nombre de gicleurs au mètre de barrage, l'ajutage des gicleurs, la pression et le débit d'air comprimé pour l'alimentation du barrage. Selon la disposition des lieux, il déterminera les dispositifs accessoires de relevage, lestage et ancrage, l'emplacement du filtre à air, des vannes d'admission d'air et de purge et des télécommandes à distance.

L'élément essentiel du projet concerne la vitesse d'écoulement de l'eau du bourrelet, qui doit être nettement supérieure à la vitesse de progression de la nappe d'hydrocarbure déversée, augmentée de la vitesse des courant et vent éventuels. Cette vitesse d'écoulement de l'eau du barrage est fonction du nombre et de l'ajutage des gicleurs, de la pression et du débit de l'air comprimé disponible.

Par ailleurs, il est indispensable que tous les gicleurs, d'un bout à l'autre du barrage, soient alimentés uniformément, ce qui conduit à apporter un soin spécial au calcul du diamètre intérieur de la canalisation alimentant les gicleurs.

**

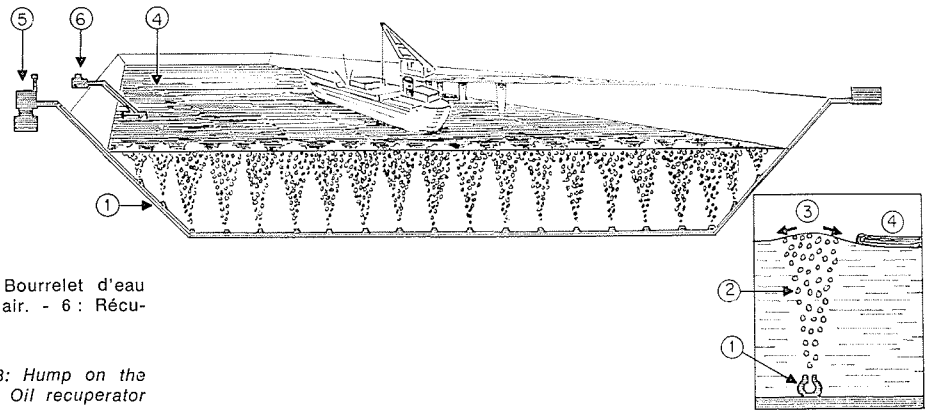
Le barrage de bulles présente des avantages considérables :

- il est incombustible, étant immergé sur les fonds;
- il n'oppose aucun obstacle à la navigation;
- toute nappe d'hydrocarbures est retenue, même en cas d'incendie;
- toute progression en dehors de la surface barrée est impossible;
- il ne nécessite aucun entretien ni personnel qualifié;
- son fonctionnement est instantané (environ 60 s);
- sa consommation d'énergie est limitée aux périodes de fonctionnement;
- son prix est relativement bas.

**

Les barrages à bulles d'air trouvent par ailleurs de nombreuses autres applications, telles :

- barrages de propreté à l'entrée des ports de plaisance et devant les plages;
- barrages de protection des prises d'eau des centrales électriques et des usines (notamment pour les usines d'alimentation en eau);
- barrages d'aération et d'oxygénation des rivières, étangs et lacs;
- barrages brise-glace;
- barrages mobiles transportables pour service de sécurité, pompiers, etc.;
- barrages mobiles à immerger en cas de dynamitage, pour amortir les ondes de choc.



1/ Barrage de bulles dans un port pétrolier.

1 : Tuyau avec gicleurs. - 2 : Bulles d'air. - 3 : Bourrelet d'eau
- 4 : Nappe d'hydrocarbures. - 5 : Compresseur d'air. - 6 : Récupérateur d'huile et sa pompe.

A bubble screen for an oil harbour.

1: Gallery pipe and nozzles. - 2: Air bubbles. - 3: Hump on the surface. - 4: Floating oil. - 5: Air compressor. - 6: Oil recycler and pump.

Les barrages mobiles sont montés sur chariots et peuvent être transportés par route, attelés aux compresseurs mobiles. Cette disposition permet, avec un nombre réduit d'installations, une intervention efficace des services de sécurité de la navigation portuaire et fluviale, les barrages pouvant être rapidement chargés sur une embarcation adéquate.

Il est à mentionner que la Direction du port d'Anvers impose les barrages à bulles d'air pour tous les appointements d'hydrocarbures.

**

On trouvera en annexe certaines indications complémentaires, ainsi que des abaques utilisés pour le calcul des barrages.

Annexes

1. Exemples de réalisations de barrages à bulles.

On donnera les caractéristiques générales de deux barrages de bulles établis en France.

Au Havre, le barrage, avec 205 m de largeur, comporte 820 gicleurs de 0,8 mm.

A Lavera, le barrage, avec 160 m, comporte 640 gicleurs, soit encore 4 au mètre, avec le même alésage de 0,8 mm.

La pression d'air dans la canalisation distributrice, est d'environ 6 kg/cm² à l'entrée du filtre.

La consommation relevée au Havre est de l'ordre de 1 450 m³/h.

**

Avec ces données, le rideau de bulles présente le maximum d'efficacité. L'expérience montre que le meilleur rendement est obtenu avec des bulles aussi grosses que possible; mais il convient de ne pas dépasser certaines limites, car la bulle s'effiloche alors par la base, lors de sa montée dans le

bassin, la partie inférieure se désagrégant en une poussière de petites bulles inefficaces.

**

Lors des expériences, les nappes de mazout répandues dans les bassins sont en général maintenues à 5 m du rideau de bulles.

2 et 3. Abaques fournissant la consommation d'air par gicleur, en fonction de la pression intérieure dans la canalisation de distribution.

Ces abaques (fig. 2 et 3 à la page suivante), établis par le Docteur Stehr, fournissent, en fonction des différentes sections des gicleurs, les débits d'air en m³/h ou en kg/h.

Ces documents ont été établis pour des vitesses de l'air à travers les gicleurs supérieures à la vitesse dite critique, au voisinage de laquelle se produit une turbulence excluant l'existence de tout rideau de bulles efficace (cette vitesse critique, dans les conditions habituelles d'exploitation, est de l'ordre de 200 m/s).

Discussion

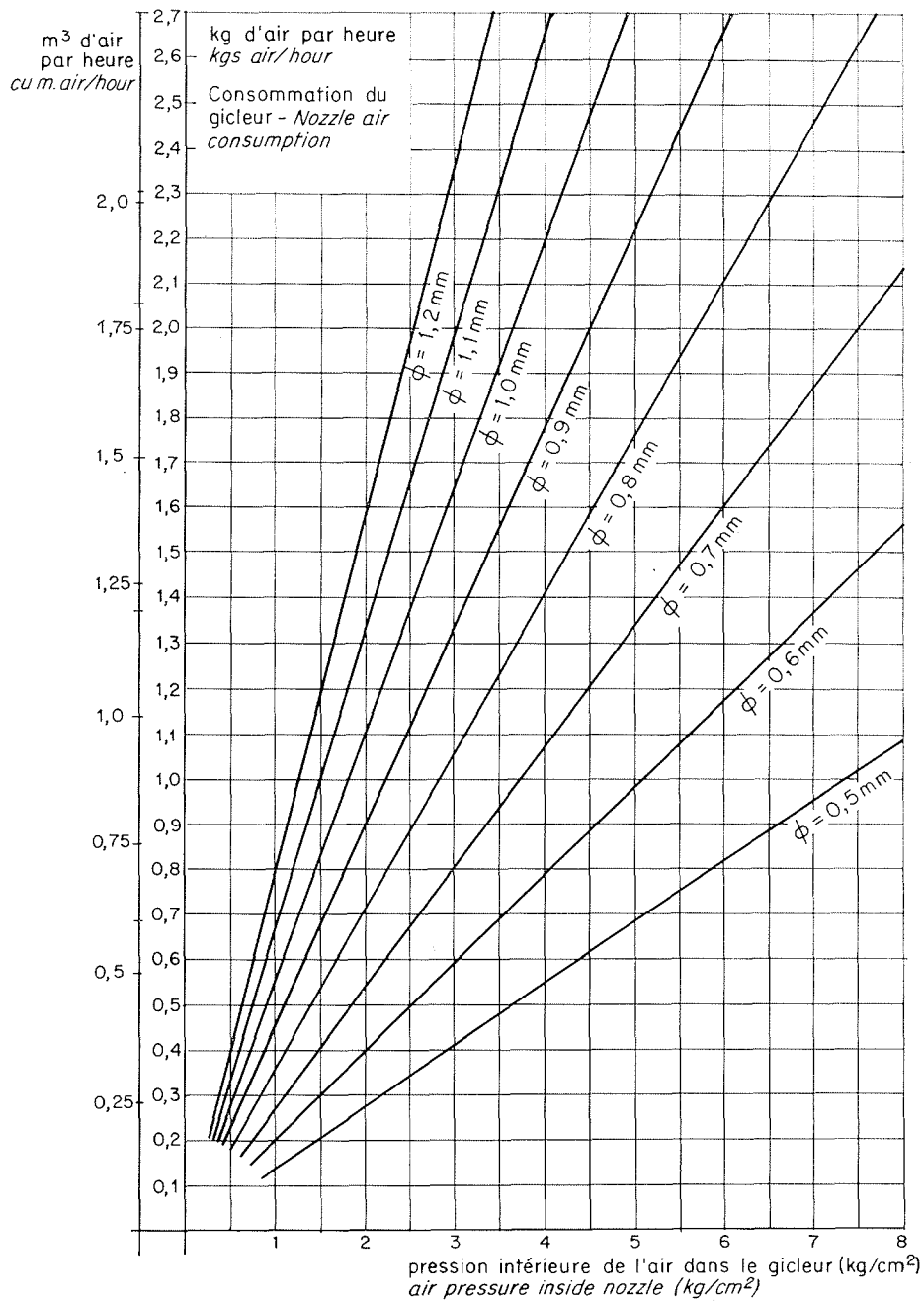
Président : M. LONG-DEPAQUIT

M. le Président souligne le grand intérêt du dispositif présenté par M. GARANCHER, pour lequel il reste de nombreuses questions à résoudre, d'une manière empirique, afin d'en assurer l'efficacité (des essais ont été faits à Genevilliers) :

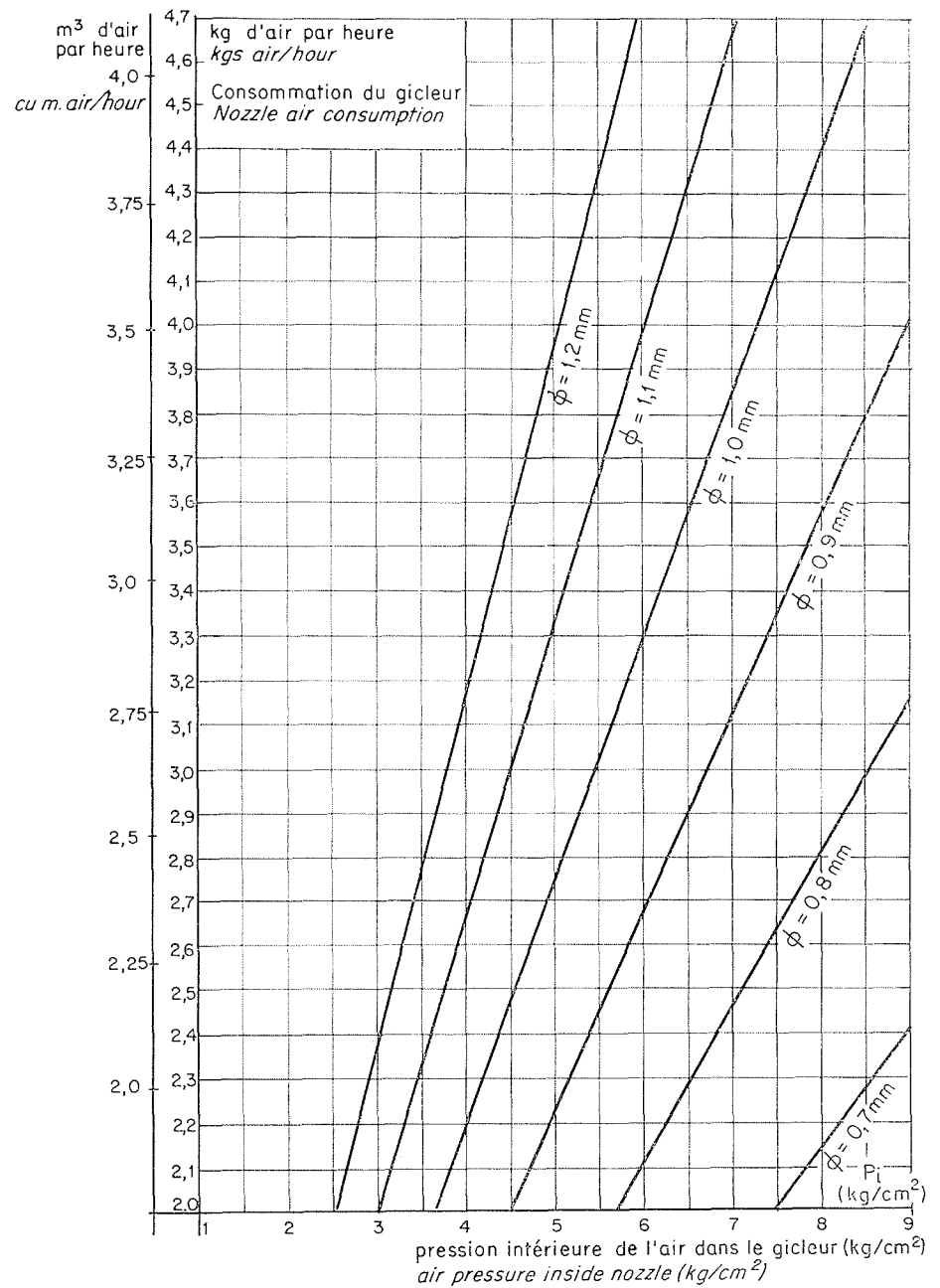
- il faut un aménagement spécial de l'emplacement (quais droits);
- il faut choisir les dimensions des buseurs, en fonction de la profondeur de l'eau, etc.

Le fonctionnement de ce dispositif en est encore à la période expérimentale.

M. le Président remercie M. GARANCHER et lève la séance à 17 h 25.



2/ Consommation d'air par gicleur (abaque établi par le Docteur Stehr).
Nozzle air consumption (after Dr. Stehr).



3/ Consommation d'air par gicleur (abaque établi par le Docteur Stehr).
Nozzle air consumption (after Dr. Stehr).