

NOTICE
SUR LES
BOUÉES DE L'ESCAUT MARITIME
ET
DU LITTORAL
PAR
M. J. BOULVIN
INGÉNIEUR DE LA MARINE.

Le rôle des bouées, dont nous allons nous occuper, est de signaler sur l'Escaut les passes accessibles aux navires à grand tirant d'eau ; à la mer elles sont mouillées sur les bancs d'approche dangereuse, où elles servent de points de repère au navigateur. Dans l'un et l'autre cas, leurs indications, qui ne présentent la nuit aucune certitude, sont complétées par un système de feux fixes ou flottants.

M. Pintsch construit toutefois depuis quelque temps des bouées dont le flotteur très solide et parfaitement étanche peut recevoir, sous forte pression, une charge de gaz qu'un régulateur distribue à la flamme ; ses bouées, du modèle le plus grand, contiennent 10 mètres cubes de gaz et peuvent brûler constamment pendant quatre mois, après quoi il faut les recharger. Le gaz employé par M. Pintsch est obtenu par la distillation de corps gras, et il nous paraît être identique à celui

que les chemins de fer de l'Etat emploient depuis longtemps pour l'éclairage des trains ; l'une de ces bouées lumineuses mouillée en 1882 sur le banc « Wandelbaar », au large de Blankenberghe, a été remplacée par un feu flottant de premier ordre ; cet essai, de trop courte durée tenté par le pilotage néerlandais, n'a pas été repris sur nos côtes.

La grande diversité des types de bouées en usage depuis trente ans, prouve qu'il y a quelque difficulté à réaliser un flotteur constamment visible et d'une tenue tout à fait sûre : pour résoudre ce double problème, il faut compter en effet avec l'agitation de la mer et les courants parfois très rapides ; pour l'Escaut, il faut compter surtout avec le charriage des glaces : chacun sait que, pendant les hivers de 1879 à 1881, les débâcles ont été assez violentes pour interrompre toute navigation, occasionnant au port d'Anvers un sérieux préjudice, comme le confirment les statistiques de ces années calamiteuses. La navigation devient impossible par les forts charriages pour deux raisons : d'abord, parce que les courants de la surface, en accumulant la glace contre les flancs des navires, font dévier ceux-ci de leur route, et que l'action du gouvernail est d'autant moins efficace pour les y ramener qu'ils marchent avec peu de vitesse ; en second lieu, parce que les bouées rompent leurs orins et enlèvent parfois leurs pierres d'attache ; elles vont alors en dérive au gré de la marée ou bien se fixent d'elles-mêmes en quelque endroit où elles constituent un danger pour la navigation. La tenue des bouées de l'Escaut a toujours laissé à désirer sous ce rapport, il est à remarquer, du reste, qu'il ne suffit pas d'augmenter la résistance des orins pour améliorer la situation, car le déplacement de la bouée doit s'accroître en proportion et l'on se trouve ainsi dans un cercle vicieux.

Avant de s'arrêter à un type définitif, le génie maritime a essayé sur l'Escaut la *bouée hambourgeoise* : ainsi qu'on le voit fig. 1, pl. IV, elle est de forme très allongée et a, par conséquent, peu de stabilité ; aussi elle s'efface au passage des glaçons pour émerger lorsqu'il se produit des éclaircies, mais elle n'a pas donné de bons résultats : on lui reproche d'être peu visible et de disparaître trop facilement.

Un flotteur analogue connu sous le nom de *Spar-buoy*, fig. 2, est employé dans les estuaires américains ; il s'en trouve un grand nombre aux approches de New-York et de Philadelphie ; ces bouées ont jusqu'à 5^m,50 de longueur totale, 1 mètre de diamètre au milieu et 0^m,45 aux extrémités, elles sont en bois et sous l'influence de leur chaîne, qui sert de lest, elles se tiennent debout en eau tranquille et ne s'inclinent que légèrement sous l'action du flot et du jusant, qui sont beaucoup moins prononcés du reste que sur nos côtes. Sans aucun doute, elles partageraient dans l'Escaut les inconvénients de la bouée hambourgeoise et l'administration de la marine n'a pas jugé utile jusqu'ici de les mettre à l'essai.

Le type auquel elle s'est arrêtée, pour les bouées d'hiver, est de forme ovoïde ; il présente quelque ressemblance avec les bouées d'ancres, sauf que ses dimensions sont beaucoup plus considérables ; il tient donc le milieu entre la bouée espar et les bouées de formes renflées, dont on fait usage à la mer ; ajoutons que le point d'attache est reporté aussi bas que possible sous la flottaison, afin d'augmenter le moment des efforts produits par les glaces, efforts qui tendent alors à effacer la bouée.

A la mer, où les courants sont moins rapides que sur l'Escaut, la qualité dominante à rechercher est l'immobilité par gros temps ; sinon l'amer, constamment

couché sous l'action des vagues, devient moins visible et fatigue beaucoup sa chaîne. C'est en vue de satisfaire à cette condition que Herbert a rattaché le flotteur aussi haut que possible, au sommet du cône creux qui en forme le fond, fig. 4. De cette manière l'action des lames se produit aussi bien en dessous qu'au dessus du point de retenue et le moment d'inclinaison est moindre que dans le type plus ancien représenté fig. 3 ; on peut reprocher à la bouée Herbert d'occasionner beaucoup de résistance lorsqu'elle se met en travers ; l'action des vagues s'exerce alors sur le fond concave ; au surplus, l'angle saillant, qui règne sur tout le pourtour, frotte constamment sur le même maillon de la chaîne et finit par l'affaiblir : ces deux circonstances combinées nuisent donc à la sûreté du mouillage.

On peut encore, comme l'a fait M. l'ingénieur Laferme à l'embouchure de la Loire, donner aux bouées une grande stabilité de forme et tracer leur carène comme celle d'un navire (1), mais elles sont alors très coûteuses de construction et nous avons toujours hésité à les employer.

Le mode d'attache, adopté par M. Pintsch pour ses bouées lumineuses, fig. 5, présente les avantages réalisés par la bouée Herbert sans en avoir les inconvénients ; il a été mis à l'essai avec l'acquiescement de M. Pintsch sur deux bouées de mer mouillées depuis quelques mois sur nos côtes ; il y a donné jusqu'ici les excellents résultats auxquels on pouvait s'attendre : il a été observé, en effet, que ces nouveaux amers sont d'une fixité remarquable par les plus gros temps.

On conclut de ce qui précède que les bouées dont la marine fait actuellement usage se rattachent à trois

(1) Reynaud. *Mémoire sur l'éclairage et le balisage des côtes de France*, page 233.

types différant entr'eux sous le rapport des fonctions, des formes et de la grandeur, à savoir :

1° Les bouées ordinaires de l'Escaut, dites bouées d'été : elles sont très nombreuses et très rapprochées et ne doivent pas être aperçues de loin ;

2° Les bouées d'hiver, construites en vue de résister au charriage des glaçons dans les endroits exposés, où leurs indications sont les plus précieuses ;

3° Les bouées de mer, parmi lesquelles nous nous bornerons à décrire les modèles récents placés sur les bancs de Wenduyn et de Trapegeer.

a. BOUÉE ORDINAIRE DE L'ESCAUT. Pl. IV, fig. 6. — Elle est de forme semi-ovoïde et construite exclusivement en fer, elle a 1 mètre de diamètre à la base et 1^m,78 de hauteur totale ; le pourtour est formé de huit tôles de 4 millimètres d'épaisseur, assemblées suivant quatre méridiens, les joints du haut alternant avec ceux du bas ; à mi-hauteur environ, la capacité intérieure est divisée par une cloison qui donne beaucoup de raideur au pourtour et qui suffit le plus souvent à maintenir la bouée à flot, quand le compartiment, qui forme le sommet du cône, est défoncé par un coup d'hélice, comme cela arrive fréquemment. Dans le fond en tôle de 5 millimètres, est ménagé un trou d'homme avec bague intérieure de renfort, fermé par un couvercle à joint de caoutchouc, et maintenu par des vis ; il permet de contrebuter les têtes des rivets pour la confection du joint de la cloison intermédiaire avec l'enveloppe ; cette précaution est nécessaire, car la réparation des avaries exige, le plus souvent, le démontage de ce joint. Le fond porte encore une douille avec bouchon fileté, qui sert à la fois pour la vidange et pour l'épreuve de pression à eau froide après chaque réparation ; on remarquera que l'extérieur du corps est entièrement lisse, les fers d'angle d'assemblage sont ainsi hors d'atteinte des propulseurs.

Ces bouées font un très bon service, elles pèsent complètes 210 kilogrammes; le prix moyen des trois dernières années a été pour les bouées neuves, fournies à Anvers, de fr. 0,62 le kilogramme.

b. GRANDE BOUÉE D'HIVER DE L'ESCAUT. Fig. 10. — Elles sont imitées, quant à la forme générale, de celles qu'emploie le pilotage néerlandais; toutefois, elles en diffèrent entièrement par le mode de construction: les bouées hollandaises (*tonnen*) sont formées de douves en bois cerclées de fer et reliées par quatre méridiens forgés qui se réunissent à la pointe inférieure. Il est possible que nos voisins trouvent avantage, au point de vue de la dépense première, à employer le bois, ils possèdent, du reste, une quantité immense de bouées et peuvent emmagasiner pour la construction et l'entretien de ce matériel de grandes provisions de merins saisonnés qui sont toujours parfaitement secs lors de l'emploi, mais en Belgique le fer s'impose à tous les points de vue.

La bouée qui nous occupe a 1^m,33 de diamètre et 3^m,10 de longueur, non compris le voyant et le lest; elle est divisée par deux cloisons en trois compartiments étanches; dans nos prévisions, elle devait être retenue par une chaîne de 20 millimètres, mais le gouvernement hollandais, qui les a posées sur son territoire, a fait usage d'un orin de 22 millimètres avec pierres d'amarrage de 1,300 kilogrammes.

Le mode de construction adopté est le même que celui de la bouée ordinaire, c'est-à-dire, qu'elle est formée de segments qu'on peut river ensemble en pénétrant par les trous d'homme ménagés sur le flanc de la bouée et dans les cloisons étanches; après le rivage des deux coutures, afin d'assurer l'indépendance complète des compartiments, un rematage est fait sur l'arête des fers d'angle du pourtour des cloisons; deux

couronnes en fer d'angle donnent aux parois des extrémités la raideur nécessaire. Pour obtenir d'une flottaison de largeur limitée une stabilité suffisante, on a dû recourir à un lestage extérieur produit par huit rondelles en fonte, pesant ensemble 283 kilogrammes, passées sur une tige de retenue dirigée dans le prolongement de l'axe du flotteur et faisant corps avec lui.

On s'est attaché dans la construction de ces engins à éviter, le plus possible, les pièces de forge compliquées, c'est ainsi que la tige portant le contre-poids a été emmanchée dans une culasse en fonte qui consolide le compartiment inférieur, tout en servant de lest. L'étanchéité du joint est assurée par suite de la conicité donnée à la tige, celle-ci est serrée par un écrou extérieur maintenu par une goupille; par surcroît de précaution, la tête de cette tige a été masquée vers l'intérieur sous un couvercle serré au moyen de quatre goujons, et toute fuite est rendue impossible par un joint en caoutchouc.

Le poids de la bouée, y compris le voyant et le lest, est de $1226^k,94$; la chaîne de 20 millimètres ne pèse, sous eau, que $8^k,10$ par mètre; à l'étale de jusant la bouée est mouillée sur une profondeur telle qu'elle ne porte que 3 mètres de chaîne, soit

$$8^k,10 \times 3 = 24^k,30$$

le déplacement de la bouée est alors en kilogrammes :

$$1226,94 + 24,30 = 1251,24.$$

On a d'après calcul, fig. 7, G et C représentant respectivement le centre de gravité et le centre de poussée

$$y' = 1^m,730$$

$$y = 1^m,650$$

d'où

$$G C = a = 0,080$$

le petit rayon métacentrique est donné par

$$r = \frac{I}{V} = \frac{1}{\frac{64 \pi D^4}{1,25124}} = 0^m,120.$$

D'où

$$r - a = 0,04.$$

Ce qui fait voir que le bras de levier métacentrique est positif; ainsi, la bouée se tient debout à basse mer, il en est de même à *fortiori* à l'étale de flot, car il s'ajoute alors à l'organeau un poids supplémentaire correspondant à 4^m,50 de chaîne, qui se détachent du fond.

Les circonstances les plus défavorables à la visibilité se produisent quand il y a du courant; d'après M. le lieutenant de vaisseau Petit (*Annales des Travaux publics*, tome XL, page 328), le courant atteint près de Lillo, à 1 mètre de la surface, une vitesse de 64 mètres par minute, soit 1^m,07 par seconde ou deux nœuds environ; afin de nous placer dans des conditions extrêmes, nous avons cherché à établir quelle serait l'inclinaison de la bouée par un courant de *trois nœuds*.

La bouée, au lieu de se trouver alors à l'aplomb de son point d'ancrage, en est entraînée à une certaine distance; nous avons admis que la profondeur à marée était de 7 mètres. Le flotteur, fig. 8, est, dans ces conditions, soumis aux actions suivantes :

L'action du courant *H*;

Son poids *P* agissant en *G* de haut en bas;

La traction de la chaîne qui se détache du fond sur une certaine étendue et qui peut se remplacer par deux composantes : l'une horizontale égale à *H*, l'autre verticale qui vaut l'excès du poids de la chaîne supportée sur son déplacement *p* (nous supposons la chaîne indéfinie);

Enfin, la poussée agissant au centre de carène C qui vaut $P + p$.

Nous sommes parvenu, après quelques tâtonnements, en traçant des flottaisons sous diverses inclinaisons et détachant des volumes de carène variables, à trouver l'état d'équilibre indiqué fig. 9.

L'action du courant sur la bouée a été prise en comparant le corps du flotteur à une embarcation à lignes d'eau très pleines (par l'effet du hasard les points G et C tombent sur la même verticale).

Nous avons négligé dans cette recherche, comme étant de peu d'importance, l'action du courant sur la chaîne, l'axe de celle-ci devrait, dans cette hypothèse, affecter la forme d'une chaînette, mais comme elle présente peu de courbure, on peut y substituer une parabole dont le sommet se trouve en S , si la longueur de la chaîne est plus grande que le développement de AMS , comme c'est le cas.

L'inclinaison de l'axe sur la verticale, mesurée sur la figure, est de $27\ 1/2$ degrés.

Le déplacement $P + p$ est de 1324^{lit} , 14, car la bouée soulève 12 mètres de chaîne, celle-ci se détache du fond au point S , et $p = 8,10 \times 12 = 97^{\text{k}}$, 200.

Si elle était complètement immergée, son déplacement serait de 2671^{lit} , 5, se décomposant comme suit :

Compartiment supérieur . . .	806	litres.
" intermédiaire . . .	1020	"
" inférieur . . .	806	"
Déplacement du contrepoids . . .	<u>39,5</u>	"
Total . . .	2671,5	litres,

soit un excédent d'environ 1350 litres; on voit que la bouée se tiendrait à flot, même dans le cas où, par suite de collision ou d'avarie, l'un quelconque des trois compartiments viendrait à se remplir.

Le poids, à l'exclusion de la chaîne, se décompose comme suit :

Tôle douce n° 5, fers d'angle, rivets et	
fer forgé	836 ^k ,80
Fonte de fer	390 ^k ,14
Total.	<u>1226^k,94</u>

Ces bouées ont été livrées à Anvers, complètement achevées, peintes, etc., soumises à une épreuve à l'eau froide, au prix de fr. 0,61 le kilogramme.

Elles donnent nécessairement lieu à très peu de frais d'entretien si on les compare aux bouées en bois.

c. BOUÉES DE MER. — Ainsi qu'on le voit à l'inspection de la figure 11, le corps de cette bouée est formé de deux troncs de cône à axe vertical, raccordés à leur grande base par une partie cylindrique de 2^m,12 de diamètre et surmontés d'un voyant, ce qui porte la hauteur de l'ensemble à 5 mètres environ. Il n'existe ici que deux compartiments étanches ; le fond présente une épaisseur de 7 millimètres, à l'exception des deux tôles qui supportent les tourillons d'attache de l'anse qui ont 9 millimètres ; les tôles du haut n'ont que 5 millimètres d'épaisseur. La flottaison est entourée d'un bourrelet formé de trois cours de pièces de bois d'orme dont les joints alternent et qui sont pliées à la vapeur, elles sont, en outre, cerclées de deux bandages en fer, placés à chaud, qui relient énergiquement tout l'ensemble. Le lest est composé de plaques renfermées dans une boîte faisant corps avec la culasse de la bouée ; il peut être réglé d'après la longueur de l'orin. On remarquera que les pièces de forge ont été soigneusement évitées même pour la pyramide servant de support à la hampe du voyant, qui est construite en fers profilés.

Le mode d'attache est celui des bouées à gaz de

Pintsch, ainsi qu'il a été indiqué au commencement de cette notice, et les tourillons ont été placés à une hauteur telle que la bouée se tient verticale malgré les courants; ces bouées portent un tuyautage grâce auquel on peut épuiser à la mer, à l'aide d'une petite pompe, le compartiment inférieur : l'un des tuyaux *T* sert à introduire l'air, l'autre, qui débouche au fond, peut être mis en relation avec une pompe à main. Les deux orifices sont fermés par des tampons à vis.

Ces bouées sont mouillées par 6 mètres d'eau au moyen d'une chaîne de 29 millimètres et de 30 mètres de longueur. Le calcul montre que le bras de levier métacentrique *GM* est de 0,315 et que la stabilité est supérieure à celle des anciennes bouées, fig. 3, bien que le point de retenue se trouve plus haut; un homme pesant 75 kilogrammes, placé sur le bourrelet, ne communiquerait à l'axe qu'une inclinaison de 6 1/2 degrés environ.

Le poids de la bouée complète se décompose comme suit :

Corps de la bouée, voyant, anse et manille d'attache	1596 ^k ,62
Boîte en fonte du contrepoids	329,75
Lest complet	230,00
Action verticale de la chaîne	107,00
Total.	<u>2263,37</u>

Le volume immergé, compté jusqu'à la ligne médiane du bourrelet, est de 2207^{lit},7 qui donnent dans l'eau de mer un déplacement égal au poids. Le prix de revient est de fr. 0,61 par kilogramme pour des bouées fournies à Ostende; elles sont construites également en tôles douces n° 5.

Nous ferons encore remarquer que l'on peut déduire de la figure 9 une démonstration fort simple d'un fait

bien connu, auquel les marins ont égard quand ils déterminent la longueur des chaînes de retenue :

Quelle que soit la profondeur, il est toujours avantageux, pour un courant déterminé, de donner à l'orin la plus grande longueur possible, pourvu que la marge laissée au flotteur ne soit pas de nature à tromper le navigateur sur la position du banc.

En effet, prenons le cas de la bouée, fig. 9, mouillée dans le courant que nous avons considéré jusqu'ici, mais avec moins de fond; supposons, en d'autres termes, que celui-ci, au lieu de se trouver en FF , se relève en $F'F'$ et fixons le point M de la chaîne; rien ne changera dans la position du flotteur et nous pourrions supprimer, par la pensée, la portion de chaîne MS . La bouée, mouillée au point M , aura donc un déplacement supérieur à son poids, augmenté de celui de sa chaîne AM , car celle-ci se trouve tendue au fond par une force inclinée; il est facile de voir qu'en augmentant la longueur de la chaîne d'une quantité suffisante pour qu'elle se détache tangentiellement du fond, comme pour la position FF , on diminuerait l'immersion, mais il n'y a aucun avantage à prolonger la chaîne au delà du point S , car le cercle horizontal, que peut décrire la bouée lorsque le courant se renverse, en est d'autant plus étendu, ce qui peut devenir un grand inconvénient.
