

## Pour les matheux ...

### Stabilité du voilier *1<sup>ère</sup> partie*

Ce n'est qu'en 1746 que paraît « le livre » donnant les clés du problème. Cette étude, le « Traité du navire », nous la devons à un grand mathématicien, astronome et géographe français, Pierre BOUGUER.

Né au Croisic, petit port de pêche mitoyen de La Baule, on peut imaginer que la question de la stabilité des voiliers lui avait été posée dès son enfance...

Pierre Bouguer a mis en évidence ce qu'il a nommé « le métacentre » qui est, comme nous venons de le dire, la clé du problème.

En 1735, Bouguer, avec la Condamine, va diriger l'expédition française au Pérou, expédition chargée de mesurer le plus précisément possible un arc de méridien terrestre, ce dont les géographes avaient tant besoin.

Mais revenons au métacentre : le calcul de son emplacement n'est pas évident, pas plus du reste que celui des points métacentriques qui en découlent. C'est la raison pour laquelle, ce qui n'a sans nul doute pas échappé aux connaisseurs, les tableaux relatifs à l'appréciation « sommaire de la stabilité » méritent bien ce qualificatif et que la méthode orthodoxe n'a pas été utilisée.

Néanmoins, il nous semble bon d'en exposer les grandes lignes, car si faute d'application pratique, dépassés par les calculs requis, elle devait rester toute théorique, les modélistes que nous sommes prendront conscience que le voilier, pourtant si simple en apparence, est au contraire une machine extrêmement complexe.

#### Qu'est-ce que le métacentre ?

L'eau parfaitement calme, il n'y a aucun vent, le voilier flotte sans gête aucune en complet équilibre.

Le métacentre, situé sur l'axe vertical du bateau, est le point sur lequel repose la totalité de cet équilibre. Nous allons voir que plus la distance séparant ce point du centre de carène est importante, ce que l'on nomme le rayon métacentrique initial, plus le bateau est stable.

### **Le centre de carène.**

La carène étant la partie de la coque située sous la ligne de flottaison, le volume d'eau qu'elle déplace est égal au poids du bateau. Déterminer la position du centre de carène correspond en conséquence à situer le centre de gravité de ce volume dont il faut comprendre que la forme de l'enveloppe qui le contient, la carène (lest et gouvernail inclus) va évoluer au fil de la gîte...c'est tellement simple, n'est-ce pas

### **Le centre de gravité du bateau**

Correspond à un centre virtuel situé à :

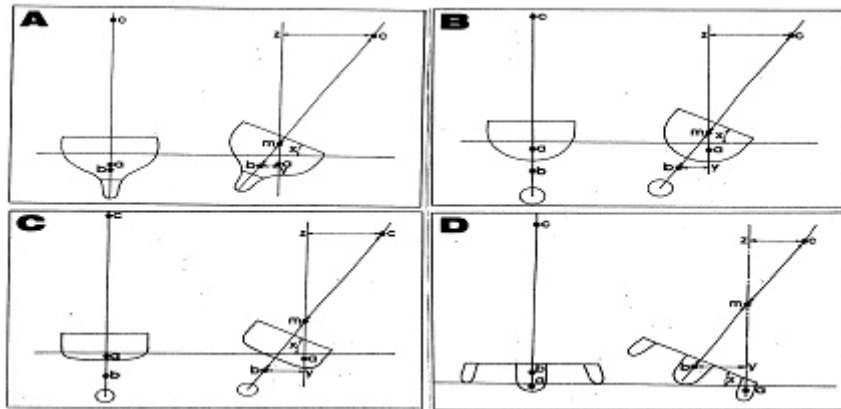
- l'intérieur de la coque,
- parfois même à l'intérieur du voile de quille
- ou encore comme sur certains multicoques, à l'extérieur du bateau,

sur lequel le voilier pourrait tourner parfaitement en équilibre dans toutes les directions (nous parlons bien entendu du bateau complet avec lest, mâts, gréement et voiles et, en ce qui nous concerne, treuils et accus...

En quelque sorte définir le point d'équilibre longitudinal tel qu'il est expliqué en 2° dans la rubrique « sur-lester le modèle sans en détruire l'équilibre », mais encore en situer la position en hauteur par rapport à la flottaison...qui avait parlé de simplicité ?

Néanmoins, il nous semble bon d'en exposer les grandes lignes, car si faute d'application pratique, dépassés par les calculs requis, elle devait rester toute théorique, les modélistes que nous sommes prendront conscience que le voilier, pourtant si simple en apparence, est au contraire une machine extrêmement complexe.

Il n'en demeure pas moins, nous le verrons, que ces calculs sont possibles pour les amateurs que nous sommes, et qu'une fois obtenues les positions respectives des centres de carène et de gravité, les schémas ABCD vous expliquent comment calculer la pression requise sur la voilure pour l'obtention d'un angle de gîte donné (30° sur les schémas).



Soit :

- a/ le centre de carène,
- b/ le centre de gravité,
- c/ le centre de poussée de la voile,
- m/ le point métacentrique (intersection de l'axe du bateau avec la verticale issue de « a »),
- y/ la projection à angle droit de « b » sur cette verticale,
- z/ la projection à angle droit de « c » sur cette même verticale,
- x/ l'angle de gîte considéré

la pression P sur le point C sera égale à :

$$\frac{b^*}{cm} \quad \text{ou} \quad \frac{b-}{cz} \quad \text{ou} \quad \frac{b^*}{zm}$$

$$bm \quad \quad \quad by \quad \quad \quad Ym$$

*b\* explication de b/2 voir Abaque n°1 ou cercle trigonométrique à suivre*

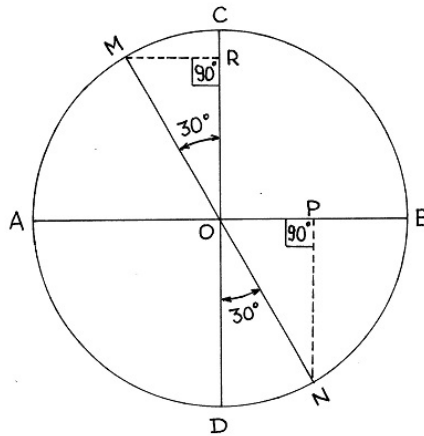
Il ne reste plus qu'à diviser le résultat obtenu par la surface de voile à l'angle considéré (Abaque 1) pour obtenir la valeur de la pression par unité de surface et donc la vitesse du vent.

### Le cercle trigonométrique

Le cercle n'est que l'explication de l'abaque n°1.

Bien souvent, dans les domaines scientifiques, les mots employés font peur au commun des mortels...le jargon médical en est un des sommets. Cependant, ces mots ne recouvrent le plus souvent que des choses très simples au départ : c'est le cas tout particulièrement du cercle trigonométrique.

Qu'est-ce qu'un sinus, un cosinus (le savant du même nom est dans toutes les mémoires !), une tangente ? Il suffit de vouloir jouer avec le cercle :



- 1° tracer un diamètre MN incliné de 30° à la verticale CD
- 2° Du point M, tracer la droite MR perpendiculaire à OC,
- 3° du point N, tracer la droite NP perpendiculaire à OB,
- 4° mesurer OR et OP,
- 5° diviser  $OP/OC$  et  $OP/OB$ .

$OP/OC = 0,86$  est la valeur du cosinus à 30°

$OP/OB = 0,50$  est la valeur du sinus à 30°

$050/0.86 = 0,577$  est la valeur de la tangente à 30°

Il est facile de comprendre que sur le voilier à 30° de gîte :

- si le lest se trouve à l'extrémité d'ON, sa valeur de rappel ne sera que la moitié de sa valeur maximale obtenue au point B,
- et que la surface de la voilure placée perpendiculairement à la direction du vent vaudra 86 % de sa valeur maximale obtenue au point C.

Vous pouvez vous amuser à calculer ainsi facilement toutes les valeurs sinus et cosinus des angles compris entre 0 et 90°...ce peut-être le début d'une passion et les traités de trigonométrie ne manquent pas !