

INTRODUCTION à la THEORIE FONDAMENTALE du NAVIRE BEES CCC HAB 1^{er} d°

Cette première partie est l'occasion de présenter les conditions de validité de l'exposé qui suit, ainsi que quelques rappels de mécanique générale qu'on illustrera au fur et à mesure par des exemples se rattachant à la voile.

I. Conditions de validité

Tout ce qui suit s'applique aux conditions habituelles d'utilisation d'un engin à voile.

La vitesse des écoulements considérés est de l'ordre de 25m/s pour l'air, c'est-à-dire 50kts, et 10m/s pour l'eau, c'est-à-dire 20kts.

On se situe à la surface de la mer (ou d'un lac), donc dans des conditions de température et de pression dite « normales » : 1013,5 hPa et 20°C.

II. Quelques notions utiles de mécanique générale

Les forces auxquelles est soumis un bateau.

Un voilier qui navigue est soumis à **4 forces principales** (que l'on peut décomposer dans tous les sens) : - son **Poids** et la **Poussée d'Archimède**, qui forme le couple de redressement.
- une **Force Aéro** (provenant du vent) et une **Force Hydro** (générée par le déplacement du bateau sur la surface), qui forme différents couples dont le couple de chavirage, mais aussi le couple piqueur (assiette) et le couple de lacet.

Remarque : amarré au port, le bateau n'est soumis qu'à deux forces : son poids et à la poussée d'Archimède (à condition qu'il n'y ait ni vent, ni courant).

Au moins souffle, il subira une force aéro, et la réaction de ses aussières ou et/ou du ponton selon l'orientation du vent.

S'il y a du courant, il subira une force hydro, et là encore une réaction de ses aussières et/ou du ponton.

Décomposition d'une force.

Une force est définie par :

- son point d'application,
- sa direction,
- et son intensité.

Prenons l'**exemple de la Force Aéro**.

Elle s'applique au centre de voilure, sa direction est très grossièrement perpendiculaire à la voile, et son intensité dépend de plusieurs éléments qui seront exposés plus loin.

Nous allons maintenant nous intéresser à la direction de la Force Aéro. On a dit qu'elle était grosso modo perpendiculaire à la voile, dont la position peut varier par rapport au bateau.

On se retrouve donc avec une Force Aéro tantôt orienté plutôt vers l'avant du bateau, tantôt orienté sur le côté.

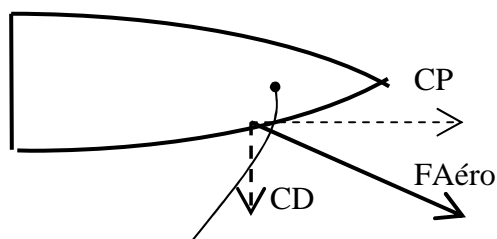
Pour étudier le comportement du bateau, on va être amené à **décomposer** cette Force Aéro en

- une **Composante Propulsive** (orientée vers l'avant du bateau),
- et en une **Composante de Dérive** (orientée perpendiculairement au bateau, du côté sous le vent)

Remarque : Pour être rigoureux, il faut préciser que la Force Aéro n'étant pas exactement horizontale, il existe aussi une composante verticale (qui aura tendance à tirer vers le haut ou vers le bas selon les cas)

Attention, on se retrouve souvent avec beaucoup de flèches sur un même dessin.

Toutes ces flèches ne représentent pas la même chose. Certaines représentent les forces qui s'appliquent au bateau, tandis que d'autres représentent une (ou des) décomposition(s) de ces forces. Bien souvent, ils existe un risque de confusion entre les forces dessinées et leur décomposition.

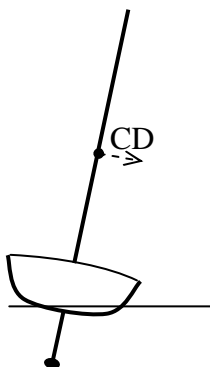


Par exemple, sur ce schéma, **une seule force** a été représentée : la Force Aéro (flèche pleine).

Les 2 autres flèches (pointillées) représentent **une** décomposition de cette Force Aéro (en l'occurrence par rapport au bateau, mais on en verra d'autres) :

- CP : composante propulsive,
- et CD : composant de dérive.

Vue de l'arrière, on remarque que la Composante de dérive fait aussi gîter le bateau



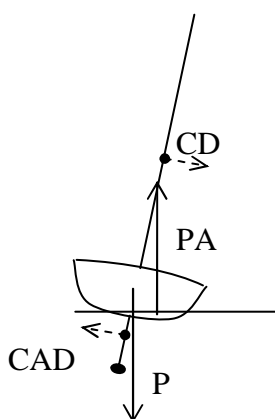
Attention, sur ce schéma, seule la force Aéro (et plus précisément sa Composante de Dérive) a été représentée.
Il manque la composante Anti-dérive de la Force Hydro, ainsi que le Poids et la Poussée d'Archimède.

Notions de couple de force, et de moment.

Un **couple** correspondant à un ensemble de deux forces opposées. Pour ce qui nous concerne, on peut citer le couple de chavirage (formé par la Composante de Dérive de la Force Aéro et la composante Antidérive de la Force Hydro), ou le couple de redressement (Poids et Poussée d'Archimède). Mais vu de côté, la composante propulsive de la Force Aéro et la résistance à l'avancement de la Force Hydro forme un couple d'enfournement.

Quant au **moment**, c'est le produit d'une force par une distance (appelée « bras de levier »).
Le moment est d'autant plus grand que la force est grande et/ou que le bras de levier est grand.

Sur un schéma ça donne :



Le moment de redressement (action de P et PA sur le bateau) compense le moment de chavirage (action de CD et CAD).

On remarque que P et PA sont proches l'une de l'autre (petit bras de levier), mais que P et PA sont grandes (un bateau, c'est lourd !!!).

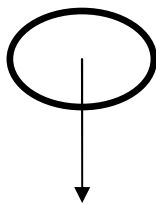
Tandis que CD et CAD sont plus écartées l'une de l'autre, mais leur intensité est plus faible.

Pour schématiser, une force va provoquer un déplacement, et un moment va provoquer une rotation. (*voir le chapitre suivant « condition d'équilibre d'un mobile », ainsi que le chapitre sur la stabilité*)

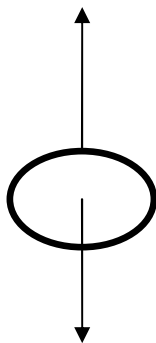
Conditions d'équilibre d'un mobile (mouvement rectiligne uniforme)

Un mobile est dit en équilibre si la somme des forces qui s'appliquent sur lui et la somme des moments qui s'appliquent sur lui sont nulles.

- **la somme des forces doit être nulle** : si on dessine toutes les flèches qui représentent les forces les unes derrière les autres, on doit revenir au point de départ.

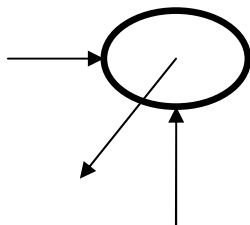


1) Cet objet n'est pas en équilibre.
Soumis à une force dirigée vers le bas, il descend (de plus en plus vite).

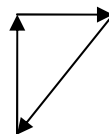


2) Cet objet est en équilibre.
Les 2 forces auxquelles il est soumis s'annulent.
Il conserve son mouvement : s'il bougeait, il continue à bouger dans la même direction et à la même vitesse.
S'il était immobile, il reste immobile.

3) Cet objet est-il en équilibre ?

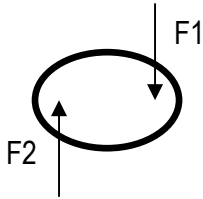


3.1 On 'additionne les forces qui s'y appliquent,

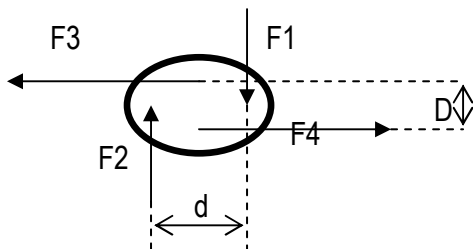


3.2 La somme est nulle (mises bout à bout, les flèches forment un polygone fermé).
Cet objet est en équilibre.

- **La somme des moments doit être nulle**



Soumis à ces 2 forces, cet objet ne change pas de vitesse ni de direction (les 2 forces se compensent). Mais ces 2 forces ne sont pas alignées, le constitue un couple dont la conséquence est de faire tourner l'objet sur lui-même (de plus en plus vite).



Pour qu'il soit en équilibre, il faut lui appliquer un autre couple dont le moment sera égal et opposé.

Dans l'exemple si contre, on a appliqué 2 autres forces plus grandes, mais avec un bras de levier plus réduit.

$$F1 + F2 + F3 + F4 = 0, \text{ et } F1 \cdot d = F3 \cdot D$$

L'objet est en équilibre (les puristes diront « en mouvement uniforme »). Il conserve le mouvement qu'il avait (vitesse. direction. rotation).

Bien évidemment toutes les combinaisons de mouvement sont possibles, mais ces exemples suffiront pour étudier le comportement d'un bateau (à notre niveau bien sûr! ;-))

Pour aller plus loin !

- sur internet :

<http://www.web-sciences.com>

« **Les Sciences Physiques au lycée** Conforme au programme officiel Français », qui propose des rappels de cours, ainsi que des exercices et des travaux pratiques de niveau Seconde, Première S et Terminale S.

Notamment : <http://www.web-sciences.com/fiches2d/fiche8/fiche8.php>, qui traite des mouvements et forces.

<http://www.intellego.fr>

<http://www.edumedia-sciences.com>

« 400 animations pédagogiques à télécharger », mais il est possible de visualiser les animations pendant quelques secondes comme démo.

Les sujets traités vont du primaire au lycée, et des sciences naturelles à l'astro-physique.

- bibliographie :

Les manuels de Sciences Physiques de l'Education Nationale (1^{ère} et 2^{nde}),...pour ceux qui en ont eu et qui les ont gardés. Mais vous pouvez aussi les emprunter (à votre petit frère ou petite sœur !)