

TP N°1 : La force de poussée hydrostatique sur une paroi plane

1-Introduction :

Depuis la nuit des temps l'homme a remarqué qu'un liquide bloqué par un obstacle exerce une poussée sur ce dernier quelle que soit sa forme. Cette poussée résulte de la pression du liquide exercé sur l'obstacle, cette force est appelée force de poussée hydrostatique. Celle-ci s'exerce sur un point appelé centre de poussée hydrostatique. La détermination de ces deux entités est capitale en hydrostatique.

2-But de la manipulation :

Le but du T.P est la détermination de la force de poussée hydrostatique sur une paroi plane verticale, ainsi que le point d'application de ce dernier appelé "centre de poussée".

3-Rappel théorique :

3-1-Force de poussée :

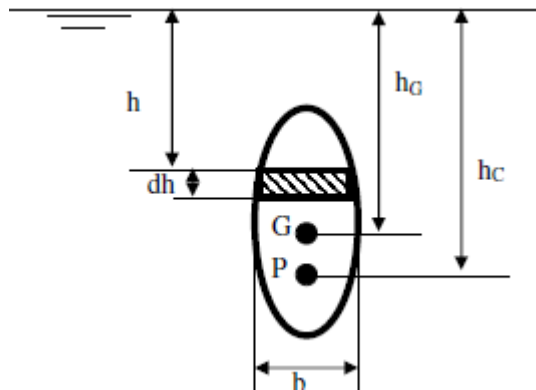


Figure.1.Surface plane immergée.

Soit une surface plane entièrement immergée dans un liquide, figure-1-. Prenons un élément de surface de largeur dh situé à une profondeur h , la pression hydrostatique à ce niveau est:

$$P = \rho gh \dots\dots\dots(1)$$

La section de l'élément de surface:

$dS = dhb$, b étant la largeur de la surface.

La force de pression totale exercée sur la surface plane:

$$F = \int (\rho ghb)dh = \rho g \int (hb)dh \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Mais: } \int (hb)dh = \int h dS = Sh_G \dots\dots\dots(3)$$

Où: Sh_G est le moment statique de la surface par rapport à la surface libre.

$$\text{Donc } F = \rho g Sh_G \dots\dots\dots(4)$$

Où h_G est la profondeur du centre de gravité de la section.

3-2-Centre de poussée :

Le centre de poussée est le point d'application de la force de pression, la profondeur de ce point est déterminée en utilisant le principe des moments par rapport à la surface libre.

$$F h_c = \int dF h$$

$$Fh_c = \int \rho g b h (dh) h = \rho g \int h^2 dS = \rho g I \dots\dots\dots(5)$$

Où I est le moment d'inertie de la surface S par rapport à la surface libre, il est égal pour une section rectangulaire $I = \frac{bh^3}{12} \dots\dots\dots(6)$

h_c est la profondeur du centre de poussée. Par conséquent :

$$\begin{aligned} Fh_c &= \rho g I \\ \rho g h_G S h_c &= \rho g I \\ h_c &= \frac{I}{h_G S} \dots\dots\dots(7) \end{aligned}$$

$$I = I_G + S h_G^2 \dots\dots\dots(8)$$

$$h_c = \frac{I_G}{h_G S} + h_G \dots\dots\dots(9)$$

Où I_G est le moment d'inertie de la surface par rapport à un axe passant par le centre de gravité.

4- Description du dispositif expérimental :

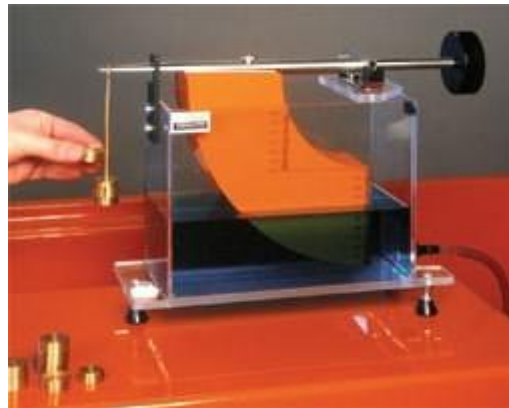


Figure.2. appareil de mesure de la poussée hydrostatique

Le dispositif expérimental est constitué d'un quadrant fabriqué monté sur un bras d'équilibrage, qui pivote sur les bords du couteau. La ligne de contact des tranchants de couteaux coïncide avec l'axe du quadrant. Ainsi, les forces hydrostatiques agissant sur le quadrant lorsqu'il est immergé, seule la force sur l'extrémité de la face rectangulaire donne lieu à un moment autour de l'axe de la lame de couteau.

En plus de la vis de serrage du quadrant le bras de la balance comporte un plateau de la balance, un contrepoids réglable et un indicateur qui indique le moment où le bras est horizontal.

Le réservoir en plexiglas doit être mis à niveau en ajustant les pieds vissés. Un alignement correct est indiqué par un niveau à bulle circulaire monté sur la base de la cuve. L'eau est admise à la partie supérieure de la cuve par un tuyau flexible et peut être évacuée par le robinet de vidange dans le fond. L'alimentation en eau est obtenue à partir de la table de travail hydrostatique. Le niveau d'eau dans le réservoir Perspex est indiqué sur une échelle.

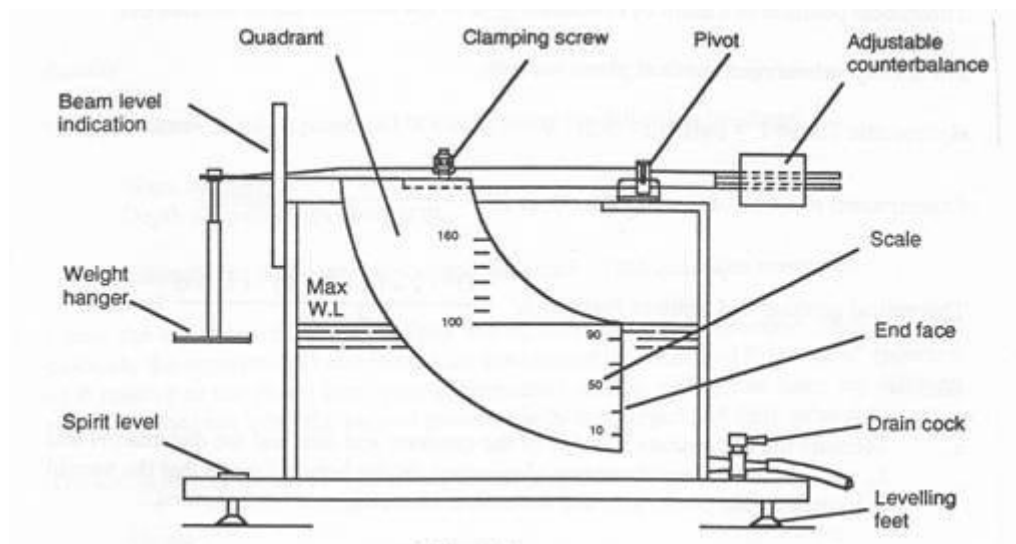


Figure.3. caractéristiques du dispositif expérimental

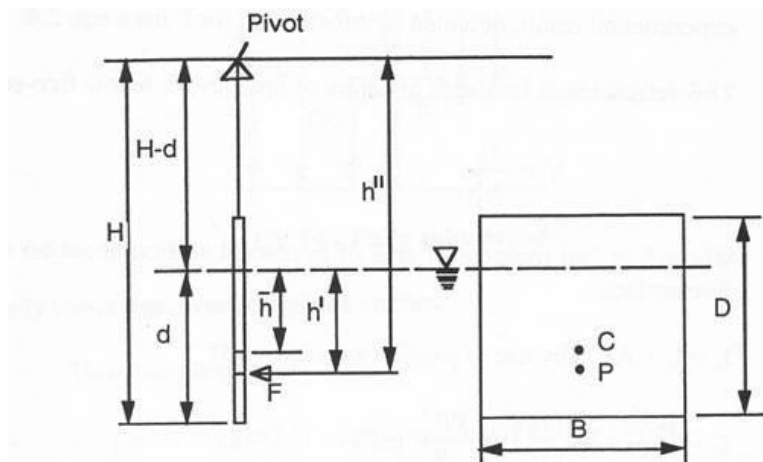


Figure.4. point d'application de la force poussée.

Les dimensions suivantes provenant de l'appareil sont utilisées dans les calculs appropriés. Ces valeurs doivent être vérifiées dans le cadre de votre procédure expérimentale et remplacés par vos propres mesures.

- Longueur de la balance L 275 mm Distance horizontale entre le pivot et le point de suspension des poids.
- H 200 mm est la distance entre le pivot et la base du rectangle.
- D 100 mm Hauteur du rectangle.
- B 75 mm largeur du rectangle.

Il faut distinguer deux cas; celui où la profondeur du liquide est inférieur à la hauteur de la plaque plane ($h < D$), et celui où elle est supérieure ($h > D$).

6. Travail demandé :

1- Remplissez le tableau suivant :

N°	m(g)	d(mm)	h _G (mm)	F(N)	h' anl (mm)	h' exp(mm)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

Ou :

- m : masses du contrepoids.
- d : Profondeur du liquide.
- h_G: Profondeur du centre de gravité de la section.
- F: Force de poussée.
- h' anal (h_{c anl}): Profondeur du centre de poussée déterminée à l'aide de l'expression (9).
- h' exp (h_{c exp}) : Profondeur du centre de poussée déterminée par le principe des moments

$$\sum M/o = 0 \Leftrightarrow mgL = F \cdot h''$$

$$h'' = \frac{mgL}{F}$$

$$h'' = H - d + h' \text{exp}$$

$$\text{donc : } h' \text{exp} = h'' + d - H$$

2- tracez la courbe de la variation du point d'application de la force hydrostatique en fonction de la masse.

3- Comparer les valeurs de h'exp et h'anal, discuter.