

## TP N° 1

### Manipulation 1: Force exercée sur une paroi plane immergée

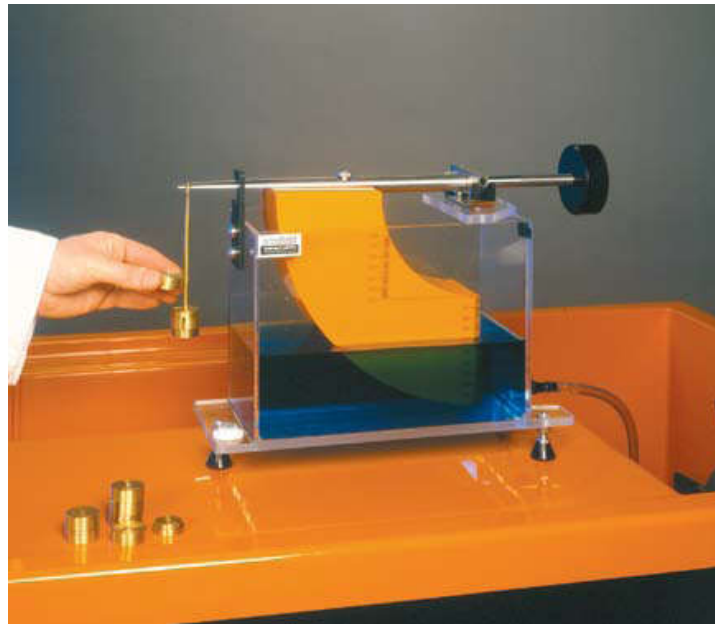
#### INTRODUCTION:

L'appareil est constitué d'un plongeur ayant la forme d'un quart de torroïde. Le moment de la force exercée par la pression hydrostatique sur la surface plane est mesuré à l'aide de masses marquées. Les graduations sur le plongeur permettent d'effectuer divers essais à des niveaux d'eau différents pour traiter les deux cas de l'immersion partielle et totale de la paroi plane.

#### 1. BUT:

Le but de ce TP est de mesurer la résultante des forces exercées sur une paroi plane partiellement et totalement immergée et déterminer ainsi leurs centres de poussée.

#### 2. DESCRIPTION DU PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT:



**Figure 1.** Dispositif expérimental

Le dispositif est constitué d'une cuve parallélépipédique en plexiglas, disposant en haut de ses parois de deux appuis. Un ensemble de deux couteaux, pouvant pivoter sur ces deux appuis, est fixé sur un bras de balance en acier sur lequel se monte un quart de tore, en PVC, de section rectangulaire. L'une des deux faces radiales du tore forme la paroi plane à étudier, la deuxième servant à sa fixation sur le bras de la balance. Un contre poids monté sur l'une des extrémités du bras de la balance permet de régler l'horizontalité de ce dernier. Sur l'autre extrémité du bras on peut fixer le crochet qui reçoit les masses d'équilibrage de la force de pression exercée par le fluide d'immersion sur la paroi plane rectangulaire du tore. Des graduations sont prévues sur l'une des faces du tore afin de lire directement la profondeur d'immersion. La cuve est aussi munie d'un robinet de vidange qui peut servir aux réglages fins. Elle repose sur trois pieds réglables en hauteur permettant d'assurer son horizontalité.

Le principe de la manipulation est basé sur l'équilibre en rotation du système balance-tore autour de l'axe du pivot. L'axe du tore et celui du pivot étant confondus, seule la force de pression sur la face plane radiale produit un moment autour de ce dernier non nul. Sur les autres faces soit les forces sont parallèles à l'axe soit elles sont radiales et coupent donc l'axe en question et par la suite leurs moments par rapport à ce dernier sont nuls.

### 3. DEROULEMENT DE LA MANIPULATION:

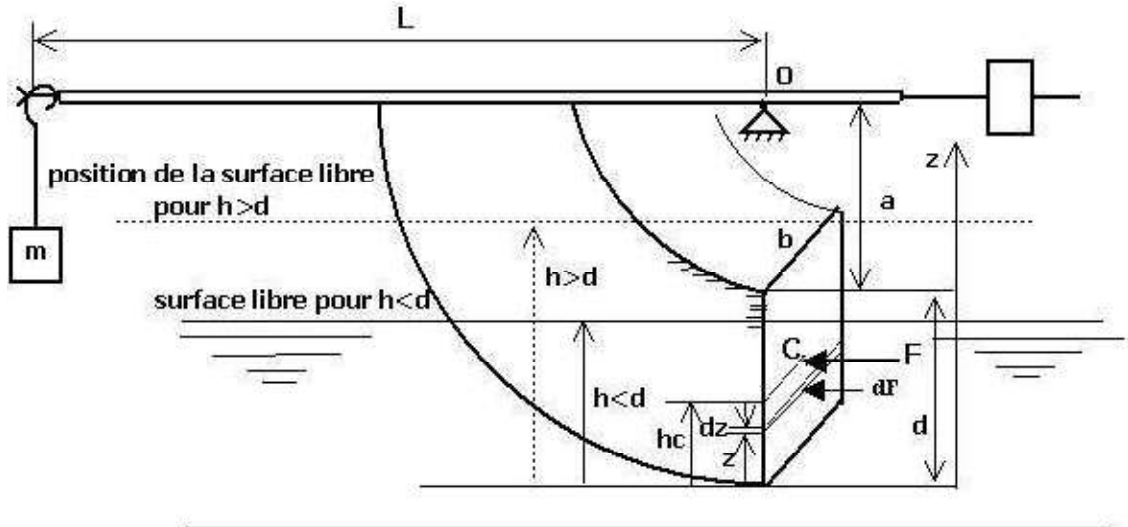
1. Placer la cuve sur une table de travail en s'assurant que son alimentation en eau et sa vidange peuvent être assurées sans aucune contrainte,
2. Nivelier la plateforme du dispositif à l'aide des pieds,
3. Placer l'ensemble plongeur-balance sur les deux appuis en s'assurant du libre fonctionnement du pivot,
4. Positionner le contre poids sur le bras de la balance de sorte que ce dernier soit horizontal. Le plat prévu sur le bras doit être en face du trait du milieu de l'indicateur de l'horizontalité fixé sur la paroi du réservoir,
5. Mesurer a, b, d et L (voir figure 2),
6. Fermer le robinet de vidange (ne pas oublier de vérifier que la vidange se fait directement dans le récipient prévu à cet effet),
7. Introduire de l'eau dans la cuve très lentement jusqu'à ce que son niveau tangente le bas du plongeur. À ce stade l'équilibre ne doit pas être rompu,
8. Placer une masse sur le bras de la balance à l'endroit prévu, en ce moment le bras de la balance pivote. Introduire de l'eau dans la cuve très lentement jusqu'à ce que le bras redevienne horizontal,
9. Noter la masse et le niveau d'eau correspondant en le lisant directement sur l'échelle graduée sur la face du plongeur,
10. Répéter 8 et 9 en ajoutant une à une toutes les masses,
11. Retrancher maintenant une à une les masses en équilibrant par l'intermédiaire du robinet de vidange. Cette manœuvre doit être effectuée très lentement en accordant suffisamment de temps à l'équilibre pour se produire avant de relever les niveaux d'eau.

### 4. TRAVAIL DEMANDE:

1. Dresser un tableau qui doit faire sortir :
  - Les masses d'équilibrage,
  - Les hauteurs relevées correspondantes en remplissant,
  - Les hauteurs relevées correspondantes en vidangeant,
  - Les moyennes (remplissage et vidange),
  - Les positions du centre de poussée théoriques  $h_{Cth}$ ,
  - Les positions du centre de poussée expérimentales  $h_{Cexp}$ .
2. Tracer sur un même graphe les courbes théoriques  $h_{Cth} = f_1(h)$  et expérimentales  $h_{Cexp} = f_2(h)$ . Voir la théorie pour les expressions des fonctions  $f_{1,2}(h)$ .
3. Commenter les résultats.

-----  
**Remarque:** Le graphe doit être présenté sur une feuille de papier millimétré (A4) qui sera rendue avec la dernière page de ce manuscrit bien remplie à la fin de la séance.

**5. RAPPELS THEORIQUES :**



**Figure 2 :** Schéma de l'ensemble plongeur-balance avec l'axe des hauteurs (axe des z)

L'axe des z est orienté vers le haut et son origine est prise sur la base de la paroi plane rectangulaire.

**Paroi plane partiellement immergée ( $h < d$ ) :**

La pression effective en un point situé à une distance z de la base de la paroi plane est :

$$P_{eff} = rg(h - z)$$

où :

r est la masse volume du fluide, dans notre cas de l'eau (1000 kg/m<sup>3</sup>), g est l'accélération de la pesanteur (9,81 m/s<sup>2</sup>), h la hauteur de la partie immergée de la paroi et z la distance de l'élément de surface  $bdz$  à la base de la paroi, voir Figure 2.

Cette pression produit sur la surface élémentaire un effort  $d\vec{F}$ ,  $\perp$  à cette dernière et de module :

$$dF = rg(h - z) b dz$$

Le module de la force totale  $\vec{F} = \sum d\vec{F}$  sur toute la partie mouillée de la paroi (de surface hb)

$$\text{est : } F = \int_{surf(hb)} dF = \int_0^h \rho gb(h - z) dz = \frac{\rho gbh^2}{2} \quad (5.1)$$

Elle est appliquée au centre de poussée dont la position théorique se détermine à l'aide du théorème de Varignon du moment de la résultante par rapport à l'axe du pivot O.

$$m_{/O}(\vec{F}) = \sum m_{/O}(d\vec{F}) \text{ soit : } F \times (a + d - h_{Cth}) = \int_0^h \rho gb(h - z)(a + d - z) dz$$

D'où l'expression de la distance théorique du centre de poussée à la base de la paroi:

$$h_{Cth} = \frac{h}{3} \quad (5.2)$$

D'autre part l'équilibre en rotation du plongeur autour de l'axe du pivot O est donné par :

$$mgL = F \times (a + d - h_{Cexp}) \text{ où m et L sont la masse d'équilibrage et la distance du poids } \vec{mg} \text{ jusqu'à l'axe du pivot O.}$$

D'où la distance expérimentale du centre de poussée à la base de la paroi plane :

$$h_{Cexp} = a + d - \frac{mgL}{F} \quad (5.3)$$

### Paroi plane totalement immergée ( $h > d$ ) :

Remarquer dans ce cas que la surface de la paroi plane est complètement mouillée. Avec le même repère que celui utilisé dans le cas de la paroi partiellement immergée (Figure 2) et le même raisonnement nous obtenons pour :

- la force de pression totale :

$$F = \rho g b d \left( h - \frac{d}{2} \right) \quad (5.4)$$

- la distance théorique du centre de poussée à la base de la paroi plane :

$$h_{Cth} = \frac{3h - 2d}{3(2h - d)} d \quad (5.5)$$

- l'expression de la distance expérimentale du centre de poussée à la base de la paroi plane est la même que celle du cas de l'immersion partielle, soit (5-3).

# Laboratoire Mécanique des Fluides

## Compte rendu de la manipulation : Force de pression sur une surface plane immergée

TP N°	01	Groupe:		S/G:		date:	
-------	----	---------	--	------	--	-------	--

N°	Noms	Prénoms	Emargements
1)	.....	.....	.....
2)	.....	.....	.....
3)	.....	.....	.....
4)	.....	.....	.....
5)	.....	.....	.....
6)	.....	.....	.....
7)	.....	.....	.....
8)	.....	.....	.....

### Tableau des résultats :

Phase de:	Remplissage	Vidange			
m[g]	h[mm]	h[mm]	$h_{moy}$ [mm]	$H_{cp}$ Théorique [mm]	$H_{cp}$ Expérimental [mm]

### Interprétation :

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Note du TP	Visa de l'enseignant responsable du S/G
/ 20	