

PPCP : BRIDAGE HYDRAULIQUE

Classe: Terminale BEP M.P.M.I.

Professeurs intervenants :

- M. **Christian CHAUDRU** (en dessin et construction mécanique)
- Mme **Karima BELARIBI** (en maths/sciences)
- Mme **Martine BELANGER** (en anglais)

Partie math/sciences

Objectif : calculer la force de bridage d'une pièce

(Voir schéma du dispositif « *bride hydraulique* » ci-dessous)

- Pré requis :
- Représentation d'un vecteur force
 - Somme de deux ou de trois vecteurs
 - Conditions d'équilibre d'un solide soumis à deux ou trois forces (voir Annexe 1)
 - Moment d'une force - Conditions d'équilibre d'un solide en rotation- (voir Annexe 2)
 - Pression d'un liquide et force pressante - Théorème de PASCAL (voir Annexe 3)

Sommaire :

- **Travail demandé** aux élèves
- **Exemples de fiches leçons** dispensées aux élèves :
 - Annexe 1 : « **Equilibre d'un solide soumis à deux ou trois forces** »
 - Annexe 2 : « **Equilibre d'un solide en rotation** »
 - Annexe 3 : « **Hydrostatique** »

Travail demandé aux élèves

On donne le schéma du dispositif d'une bride hydraulique (voir p.3) et on désire déterminer la force de bridage

Partie A :

Expliquer le principe de fonctionnement de cet appareil

Partie B :

La pression du liquide hydraulique sous le piston est $p = 50 \text{ MPa}$

1) On appellera \vec{F}_1 la force pressante exercée par le liquide sur le piston

a) Quelles sont les caractéristiques de \vec{F}_1

b) Représenter cette force sur le schéma du dispositif

2) Rappeler la relation entre la pression et la force pressante ; préciser les unités de chaque grandeur intervenant dans cette formule

3) En déduire la valeur de l'intensité de la force \vec{F}_1

Partie C :

On appellera \vec{F}_2 la force de bridage de la pièce

1) Etablir un tableau des caractéristiques de cette force (on admettra que cette force est verticale)

2) Représenter sur le schéma du dispositif cette force

3) Calculer le moment de la force \vec{F}_1 par rapport à l'axe Δ

On rappellera tout d'abord la définition du moment d'une force par rapport à un axe ainsi que la formule avec les unités de chaque grandeur

4) Sachant que le levier est en équilibre, calculer le moment de la force \vec{F}_2 par rapport à l'axe Δ

On rappelle qu'un solide en rotation est en équilibre si la somme des moments des forces qui le font tourner d'un côté est égale à la somme des moments des forces qui le font tourner de l'autre côté

5) En déduire l'intensité de \vec{F}_2

Partie D :

On désire maintenant déterminer la réaction qu'on appellera \vec{R} de l'axe Δ à l'équilibre ; le système étant la partie supérieure du dispositif qui est donc soumis à trois forces \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{R}

1) Rappeler les conditions d'équilibre soumis à trois forces

2) Etablir le dynamique des trois forces \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{R} (échelle : $10.000 \text{ N} \equiv 1 \text{ cm}$)

3) En déduire les caractéristiques de la réaction \vec{R}

4) Représenter sur le schéma du dispositif \vec{R}

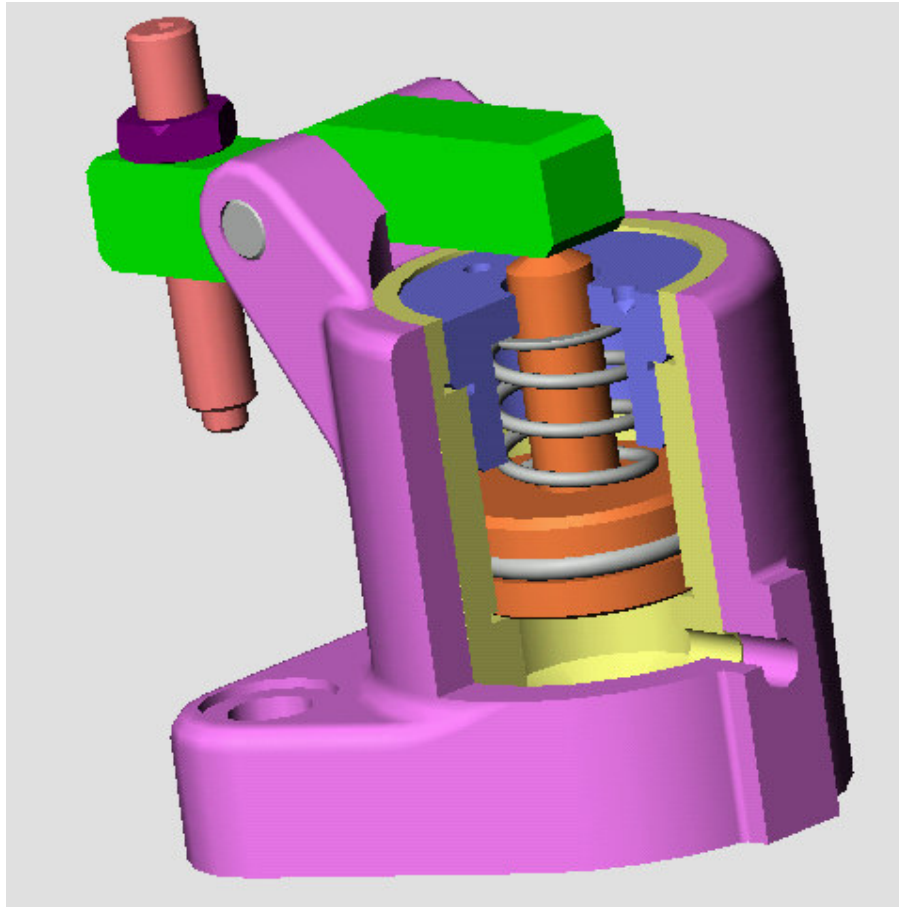
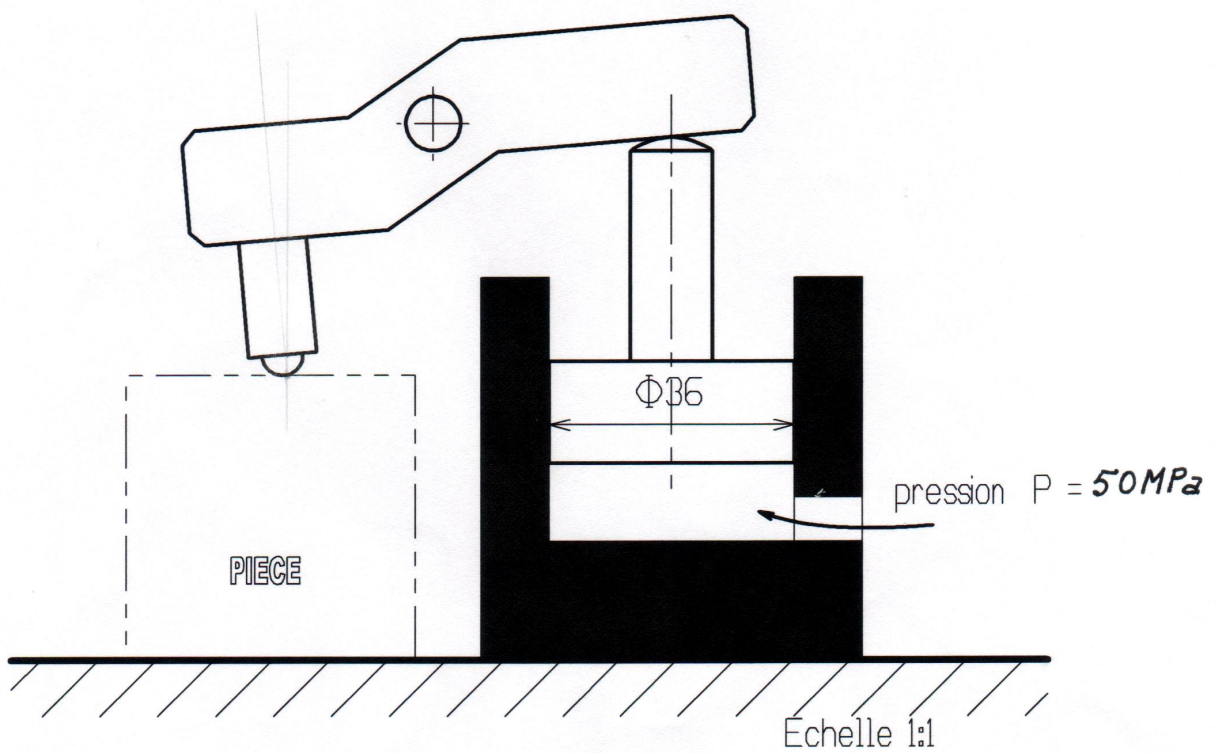


Schéma de la bride hydraulique



Annexe 1

EQUILIBRE D'UN SOLIDE soumis à deux ou trois forces

Objectifs : être capable de :

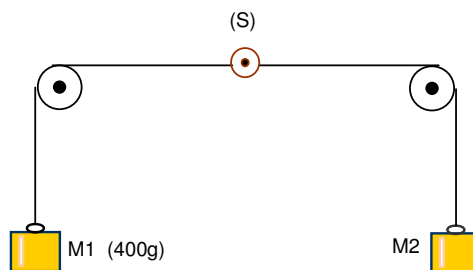
- Définir un système
- Déterminer une force inconnue en utilisant les conditions d'équilibre d'un système
- Utiliser les conditions d'équilibre pour prévoir l'équilibre d'un système

Matériel : - Dynamomètres 0-1 N (×3)
 - Solide (papier en carton de masse négligeable) : (S)
 - Support métallique + ficelle + 2 poulies
 - Crayon à papier, règle 30 cm, rapporteur et compas

I°) SOLIDE SOUMIS À DEUX FORCES

1) Situation problème

(S) est un anneau de poids négligeable. On veut le maintenir en équilibre à l'aide de deux fils inextensibles tendus par les deux masses M_1 et M_2 tel que le montre le schéma ci-contre



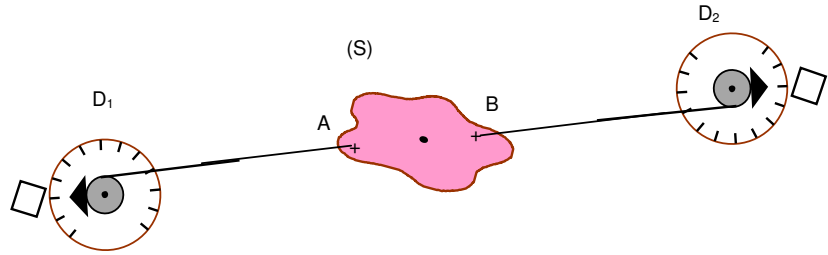
- a) Représentez les forces qui s'exercent sur le solide M_1 . De quelles forces s'agit-il ?
- b) Représentez les forces qui s'exercent sur le solide M_2
- c) Représentez les forces qui s'exercent sur l'anneau (S)
- d) Quelles doivent être les caractéristiques des deux forces qui permettent l'équilibre de l'anneau (S)
- e) En déduire la valeur de la masse M_2

On pourra résoudre ce problème après avoir traité le paragraphe 2) suivant et les exercices proposés.

2) Les conditions d'équilibre

Manipulation : Le solide (S) est un morceau de carton léger de poids négligeable subissant l'action des deux dynamomètres D₁ et D₂

-Réaliser le montage ci-contre



-Vérifier sur le montage qu'à l'équilibre les fils des deux dynamomètres sont alignés :

les forces mises en jeu ont donc

- Pour une position d'équilibre donnée, relever l'indication des dynamomètres puis représenter sur le schéma \vec{F}_1 en rouge et \vec{F}_2 en vert ; Echelle : 1cm pour ... N

- Compléter le tableau des caractéristiques :

Force	Point d'Application	Droite d'Action	Sens	Intensité
\vec{F}_1				
\vec{F}_2				

A retenir!

Un solide soumis à deux forces est en équilibre si ces deux forces ont :

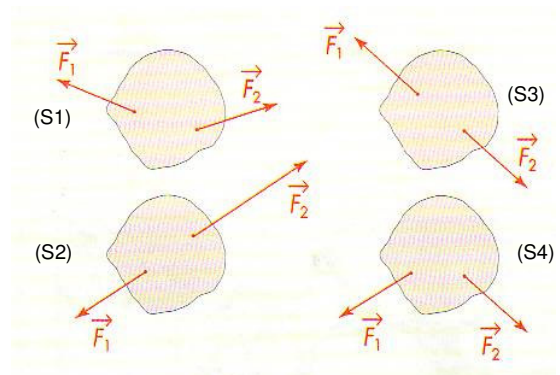
.

Egalité vectorielle :

Application 1:

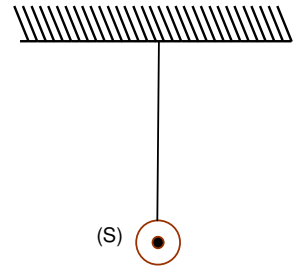
Indiquer dans chaque cas, si le solide est en équilibre ou non. Justifier les réponses.

.



EXERCICES :

Ex1) Le système étudié est la boule (S) de poids 5N suspendue au plafond par l'intermédiaire d'un fil



a) La boule est soumise à 2 forces, lesquelles ? Indiquer leur nature :

.....

Compléter le tableau des caractéristiques :

Force	Point d'Application	Droite d' Action	Sens	Intensité

b) Représentez sur le schéma ces forces sachant que la boule est en équilibre (échelle : 2cm pour 5N)

Ex2) Le solide (S) de masse 0,4 kg et de centre de gravité G est posé sur un plan Π . Il est donc soumis à son poids \vec{P} et à la réaction du plan \vec{R} .

a) Calculer son poids. ($g = 10 \text{ N/kg}$)

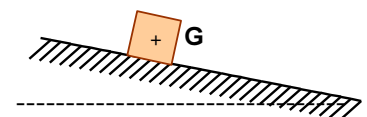
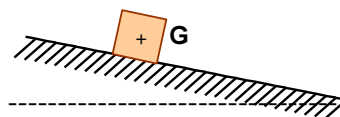
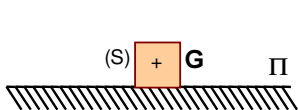
.....

b) Dans les trois cas suivants, représentez les forces \vec{P} et \vec{R} (échelle : 1cm pour 2N)

1^{er} cas : (S) est immobile sur le plan horizontal,

2^{ème} cas : (S) est en équilibre sur un plan incliné rugueux,

3^{ème} cas : (S) est posé sur un plan incliné lisse. Peut-il être en équilibre ?



Ex 3) **Retour à la situation problème**

Résoudre le problème posé dans I) 1)

II°) SOLIDE SOUMIS À TROIS FORCES COPLANAIRES

1) Situation Problème

L'objet (S) ci-contre de centre de gravité G et de poids 2N est en équilibre sur un plan incliné lisse grâce à la masse (M).

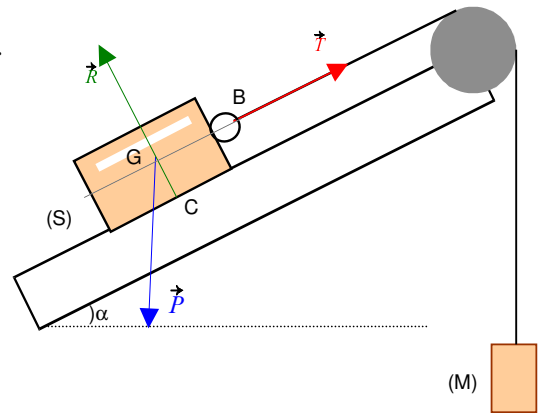
1) Compléter :

Le solide est *en équilibre* sous l'action de trois forces :

- son poids \vec{P} appliqué en G

-

-



Les droites d'action des 3 forces se coupent en un même point ... ; on dit qu'elles sont

2) Sachant que :

la réaction du plan \vec{R} est perpendiculaire au plan incliné de $\alpha=30^\circ$ par rapport à l'horizontale et que la tension \vec{T} est parallèle à ce plan ,

a) Quelles doivent être les intensités des forces \vec{R} et \vec{T} afin que l'équilibre du solide (S) soit réalisé ?

b) Sachant que le poids de la masse suspendue M est égal à l'intensité de la tension \vec{T} , calculer M.

Pour résoudre ce problème, on étudiera d'abord le paragraphe 2) suivant et les exercices qui suivent.

2) Les conditions d'équilibre

a) Faire **exercice animé** intitulé « Equilibre de trois forces » sur **site Internet**

« **Applets Java de physique** », adresse :

<http://www.walter-fendt.de/ph14f/>)

Des masses sont suspendues aux trois fils attachés entre eux au point A. Deux des fils passent sur des poulies sans frottement (voir schéma du dispositif dans l'encadré page suivante)

Sous l'action de trois forces appelées \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{F}_3 le nœud A prend sa position d'équilibre.

Voici une série de valeurs permettant cet **équilibre** :

- Les intensités des forces : $F_1 = 5 \text{ N}$, $F_2 = 3 \text{ N}$, $F_3 = 6 \text{ N}$

- Angles par rapport à la verticale : $\vec{F}_1: 30^\circ$, $\vec{F}_2: 56^\circ$, $\vec{F}_3: 0^\circ$

b) changez l'une de ces valeurs et observez !

On notera une nouvelle série de valeurs permettant l'équilibre du nœud A

Exploitation :

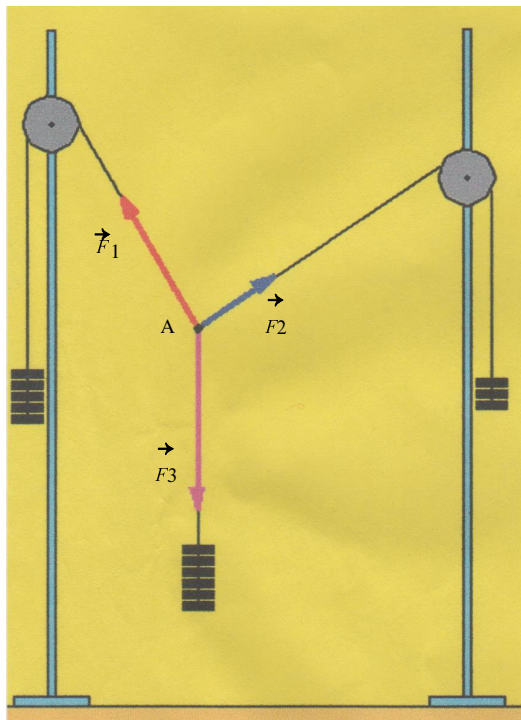
1) Sur le schéma ci-dessous (1), tracez le vecteur somme $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$; puis comparez ce vecteur à \vec{F}_3

.....

2) A partir du point O tracez le vecteur somme $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$ en utilisant la méthode de Chasles (vecteurs bout à bout). On utilisera les données de la page précédente, échelle 1cm pour 1N,

Que constatez-vous ?

1) Schéma du dispositif



2) Le dynamique des forces



Matériel : rapporteur, règle et compas

A retenir!

Un solide soumis à trois forces **coplanaires** \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{F}_3 est en équilibre si :

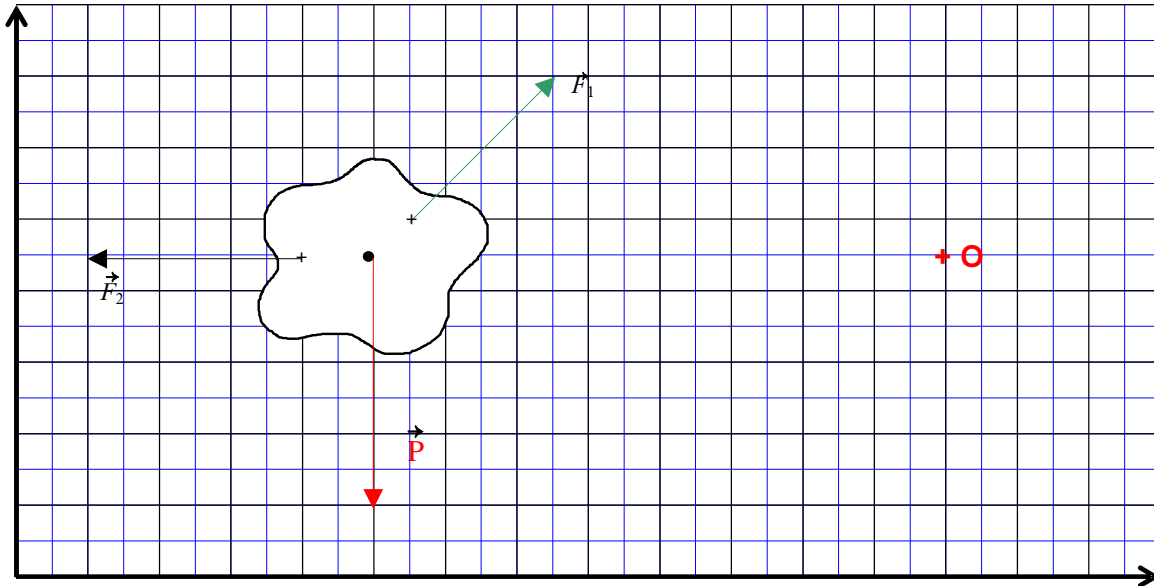
.....
.....
.....

Graphiquement :

EXERCICES :

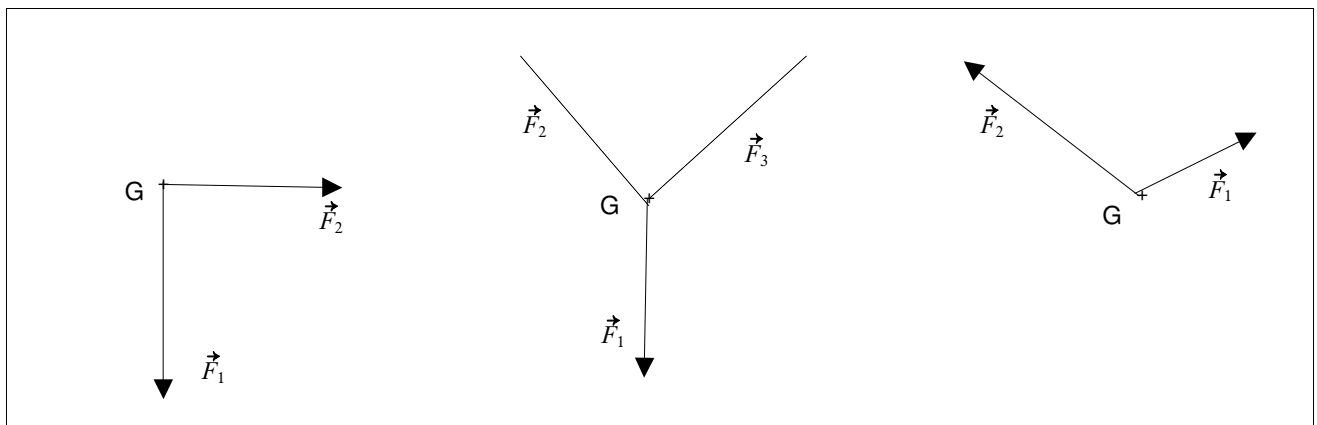
Ex 1) Le solide (S) de poids \vec{P} est soumis aux actions mécaniques \vec{F}_1 et \vec{F}_2 :

- Tracer le dynamique des forces au point O.
- Le solide est-il en équilibre ? Justifier votre réponse !



Ex2) : Un solide est représenté par le point G. Il est en équilibre sous l'action de trois forces: \vec{F}_1 , \vec{F}_2 et \vec{F}_3

Dessiner, dans les trois cas, la force manquante :



Ex 3) Retour à la situation problème

Résoudre le problème posé au titre II) 1) de la leçon p.3. Pour cela :

- établir un tableau des caractéristiques pour les trois forces
- construire le dynamique des forces (choisir une échelle appropriée) puis compléter ce tableau
- Répondre aux questions posées

Annexe2

EQUILIBRE D'UN SOLIDE EN ROTATION

Objectifs : être capable de :

- Définir le moment d'une force par rapport à un axe fixe
- Prévoir l'équilibre d'un solide en rotation
- Reconnaître un couple de forces et calculer son moment

I°) Situations –problèmes

Situation1 : (fig.1)

On veut dévisser un écrou avec une clef à pipe.
Pour cela, on applique une force \vec{F} d'intensité constante.

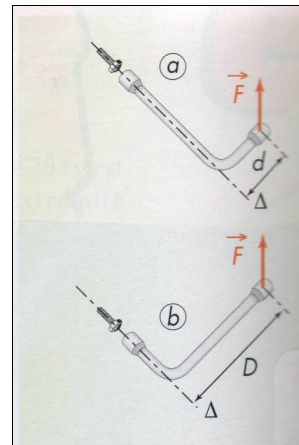
a) Que représente la droite Δ ?

.....

b) Comment augmenter les effets de la force \vec{F} ,
c-à-d, faciliter le dévissage ?

.....

Fig.1



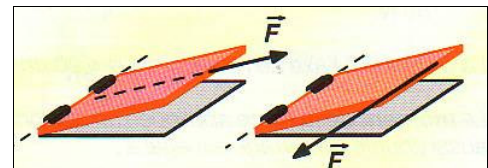
Situation2 : (fig.2)

Peut-on ouvrir la trappe en exerçant la force \vec{F} ?

.....

.....

Fig.2



II°) Moment d'une force par rapport à un axe - définition

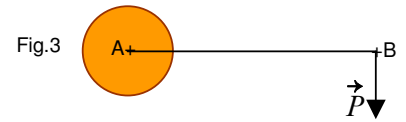
Définition :
.....
.....
.....

formule :
.....

Application 1 : Le cycliste

Un cycliste de masse $m = 70$ kg appuie de tout son poids sur la pédale de sa bicyclette.

- Calculer la valeur de son poids ($g = 9,81$ N/kg)
- Calculer le moment de son poids par rapport à l'axe du pédalier ;
la longueur de la manivelle du pédalier $AB = 18$ cm.



.....
.....
.....

TP : Etude expérimentale du Moment d'une force

Objectifs : Réaliser un montage expérimental ; mesurer l'effet de rotation d'une force.

Matériel : Dynamomètre 2N; masses marquées ; tableau magnétique; barre à trous; support d'axe de rotation; fil à plomb; équerre.

Sécurité : Pour déplacer le dynamomètre, le faire glisser sur le tableau magnétique. Manipuler avec douceur . . .

***) Manipulation**

Observer le montage suivant. On utilisera comme support le tableau magnétique.

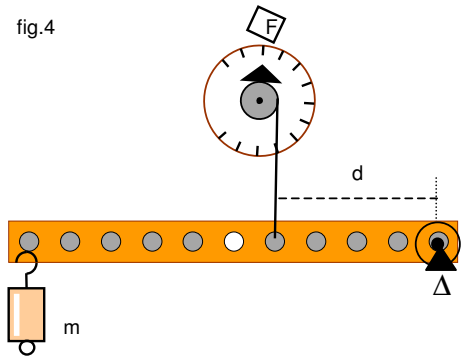
Pour réaliser ce montage, on procédera de la façon suivante :

- 1 - Régler le zéro du dynamomètre.
- 2 - Placer la barre à trous de façon qu'elle soit mobile autour de l'axe de rotation horizontal Δ .

Quelle est la nature de ce mouvement ?

.....

- 3 - Accrocher la masse marquée, $m = 100g$.
- 4 - Maintenir la barre horizontale en exerçant une force \vec{F} , à l'aide du dynamomètre placé à $d = 10\text{ cm}$.



Pour cela, on utilisera un fil à plomb et une équerre.

Relever la valeur de l'intensité de la force \vec{F} :

5 – Refaire l'expérience pour $d = 20\text{ cm}$ puis $d = 25\text{ cm}$, puis compléter le tableau de mesures.

Intensité de \vec{F} (N)	Distance à l'axe d (m)	$F \times d$ (N.m)
	0,10	
	0,20	
	0,25	

***) Observations et interprétations**

Le produit $F \times d$ est $F \times d$ mesure

..... Il est appelé

Ranger soigneusement le poste de travail.

III°) Etude de l'équilibre de la barre à trous

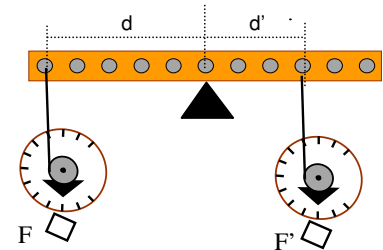
1) Manipulation :

- Appliquer, à l'aide de deux dynamomètre, des forces verticales \vec{F} et \vec{F}' de part et d'autre de l'axe de rotation Δ de la barre de façon à la maintenir horizontale

- Compléter le tableau de mesures :

Sens de rotation : ...			Sens de rotation : ...		
F (N)	d(m)	F×d (N.m)	F' (N)	d'(m)	F'×d'(N.m)
	0,175			0,15	
	0,1			0,15	

Fig.5



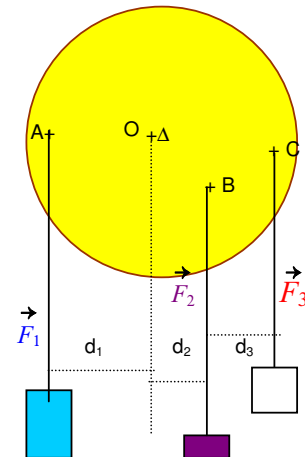
Conclusion :

2) Condition d'équilibre :

Un solide mobile autour d'un axe fixe Δ est en équilibre si

.....

Fig.6



Application 2 : le disque (fig.6) mobile autour de l'axe horizontal passant par son centre O est en équilibre si :

.....

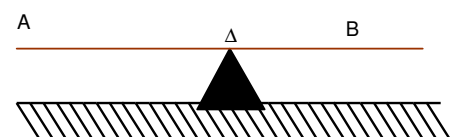
soit

Application 3 : La balançoire

Alain et Bertrand se placent sur une balançoire mobile autour d'un axe horizontal Δ passant par son milieu. La balançoire mesure 5 m de long. Alain s'assoit à l'extrémité. Il pèse 30 kg. Bernard pèse 50kg . Où doit-il s'asseoir pour que la balançoire reste en équilibre ?

.....

Fig.7



Application 4 : Faire exercice animé « loi du levier » sur le site Internet ‘Applets Java de Physique’:

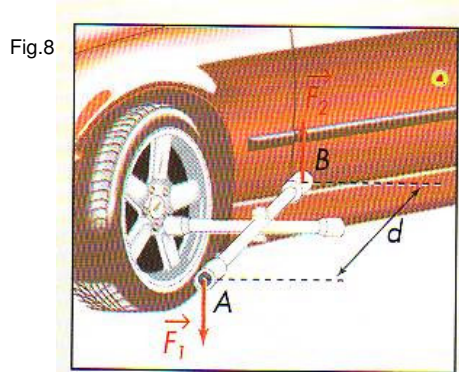
<http://www.walter-fendt.de/ph14f/>

3) Applications technologiques :

- Poulie à deux gorges
- le pied de biche, le levier
- le vilebrequin, le treuil
- la balance à deux plateaux
- la grue de chantier

IV°) Couple de forces

Exemple : avec une clé en croix, on exerce un couple $(\vec{F}_1; \vec{F}_2)$ pour dévisser un écrou



Définitions :

-Un **couple** est un ensemble de deux forces ayant

-Le **moment d'un couple** de forces est égal au produit de la valeur commune F des deux forces par la distance d entre les deux droites d'action de celles-ci

Formule :

Application 5 : Pour dévisser les écrous d'une roue de voiture, on utilise une clé en croix (fig.8):
 $F_1 = F_2 = 10 \text{ daN}$, $d = AB = 35 \text{ cm}$. Calculer le moment du couple exercé.

.

Remarque : Les actions mécaniques s'opposant à la rotation de la clé forment un couple résistant,le couple appliqué par l'opérateur est un couple moteur

Annexe 3

HYDROSTATIQUE

Objectifs : être capable de

- Définir la pression dans un solide ou un liquide et la force pressante
- Connaître et appliquer le principe fondamental de l'hydrostatique
- Connaître et appliquer le théorème de PASCAL

QUESTIONS :

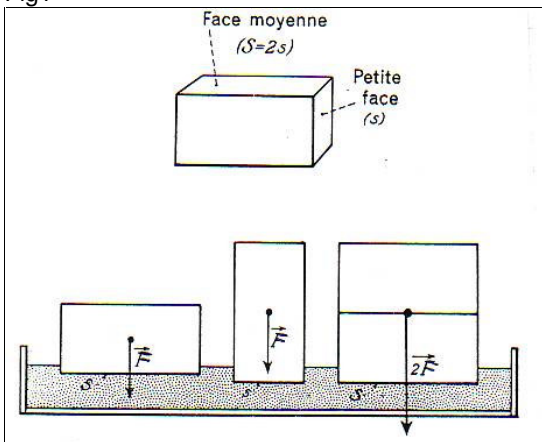
- Quand on enfonce un ballon dans l'eau il rebondit à la surface dès qu'on le lâche. Pourquoi ?
- Pourquoi le médecin prend-il la tension artérielle au niveau du cœur ?
- Pourquoi un barrage d'eau a-t-il le profil qu'on lui connaît ?

L'étude de ce chapitre nous permettra de répondre à toutes ces questions... !

I) Notion de pression

Expérience 1 : On pose une brique sur du sable (ou neige molle ou farine...) (fig.1)

Fig1



Observations : la déformation ou exercée par la brique sur le sable est :

-
- lorsque la surface pressée est 2 fois plus faible
-
- si la force exercée est 2 fois plus grande

Conclusion :

On retiendra :

La pression sur une surface = $\frac{F}{S}$ formule : $p = \frac{F}{S}$

Unités : F en N ; S en m² et p en Pa

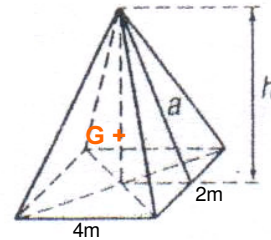
Autre unité de la pression : Pa

Application 1 :

La pyramide ci-contre de centre de gravité G a un poids P=3500N

1) Représenter sur le schéma le vecteur \vec{P} (échelle : 1 cm pour 1000 N)

2) Calculer la pression exercée par cette pyramide à base rectangulaire sur un plan horizontal

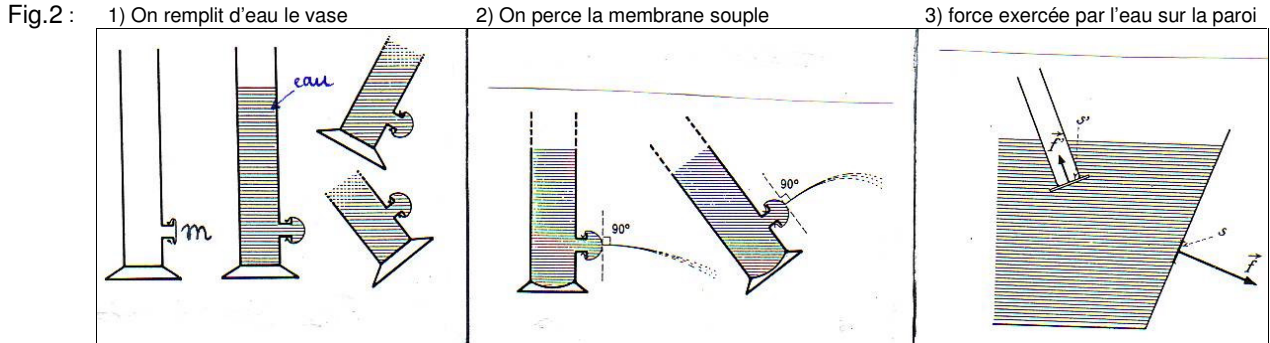


1)

2)

II) Force pressante dans un liquide

Expérience 2: On dispose d'un vase muni d'une membrane en plastique souple (m) (fig.2)



Observations :

- 1) Quand on remplit d'eau le vase,
- 2) quand on perce la membrane,

Interprétations:

On retiendra:

La force pressante exercée par un liquide sur une surface est
 Elle est dirigée
Sa valeur est donnée par la relation :

Application 2 :

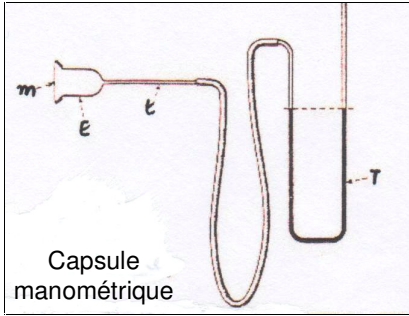
- 1) Calculer la valeur de la force pressante exercée par une colonne cylindrique d'eau sur sa base de surface 10 cm² sachant que la pression au niveau de la base est de 2000 hPa
- 2) Schématiser la colonne et représenter cette force pressante (échelle : 1 cm pour 100 N)

.

III) Principe fondamental de l'hydrostatique

1) Expérience 3 : Recherche expérimentale des facteurs dont dépend la pression d'un liquide

a) dans l'air



t : tube en verre terminé par une partie évasée E
 m : membrane en caoutchouc très mince
 T : tube en U partiellement remplie d'un liquide coloré et ouvert à son extrémité.

Observations :

.

Interprétations :

.

b) dans un liquide

Observations et Interprétations

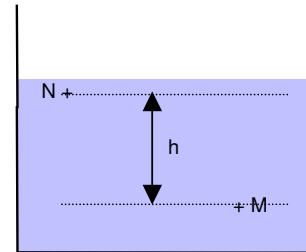
<p style="text-align: center;"><u>Expérience 1</u></p>	<p>- <u>La rotation de la capsule</u> autour du même point</p> <p>.</p> <p>.</p> <p>.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Expérience 2</u></p>	<p>- <u>Influence de la profondeur</u></p> <p>* Si on enfonce la capsule de A vers B, la dénivellation.</p> <p>.</p> <p>* Si on se déplace de B vers C</p> <p>.</p> <p>.</p>
<p style="text-align: center;"><u>Expérience 3</u></p>	<p>- <u>Influence de la masse volumique ρ</u></p> <p>.</p> <p>.</p> <p>.</p> <p>.</p>

Conclusion :

2) **Enoncé du principe**

On retiendra

La différence de pression entre deux points M et N d'un liquide, est égale au produit du poids volumique $\rho.g$ par le dénivelé h :



Formule :

Unités :

Conséquence : Dans un liquide, tous les points situés dans un même plan horizontal sont à la même pression.

Application 3 :

- 1) Calculer la différence de pression dans l'eau entre deux points M et N appartenant à deux plans horizontaux distants de 20cm. La masse volumique de l'eau est $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $g = 9,8 \text{ N/kg}$
- 2) Même question si le liquide est le mercure de masse volumique $\rho' = 13600 \text{ kg/m}^3$

.

3) Compléments : La pression atmosphérique

L'air exerce sur toute surface avec laquelle il est en contact, une pression dite atmosphérique :
 1 atmosphère (1 atm) correspond à 76 cm de mercure.

$1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa} = \dots \dots \dots \text{ hPa}$

Le **baromètre** permet de mesurer la pression atmosphérique.
 Le **manomètre** permet de mesurer les **pressions relatives**. (voir expériences p.3)

Remarque : Le principe fondamental de l'hydrostatique est applicable aux gaz

IV) Transmission des pressions dans un liquide – Théorème de PASCAL

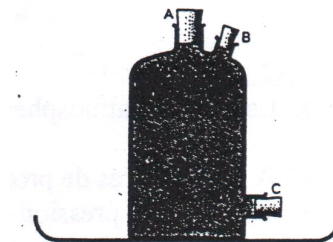
Expérience 4 :

Le flacon est complètement rempli d'eau.

On appuie sur le bouchon A,

Observation :

.



Théorème de Pascal

.

Conséquence : Le liquide subissant en A une force pressante \vec{f} , la transmet en B en multipliant son intensité par le rapport des surfaces pressées :

.

Application 4 : La presse hydraulique

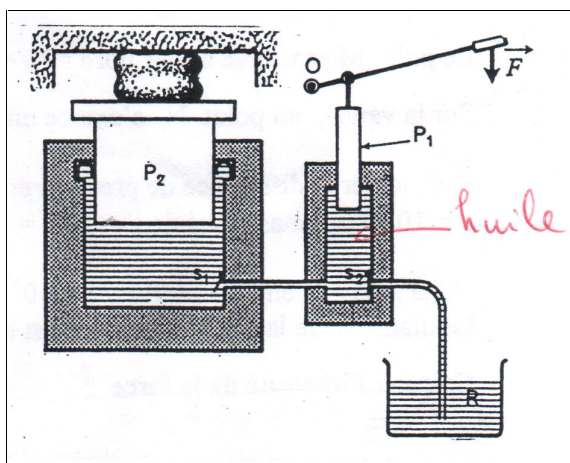


Schéma de principe d'une presse hydraulique :

La force \vec{F} provoque l'enfoncement du petit piston P_1 , d'où une augmentation de la pression dans les deux cylindres qui produit le refoulement du grand piston P_2 . Quand on remonte P_1 , la soupape s_1 se ferme, la soupape s_2 s'ouvre et du liquide du réservoir R monte dans le cylindre

A.N. :

Soit \vec{F}_1 la force exercée par le piston P_1 sur le liquide : $F_1 = 150 \text{ N}$

Surfaces des pistons : $S_1 = 15 \text{ cm}^2$ et
 $S_2 = 300 \text{ cm}^2$

- Calculer l'intensité de la force \vec{F}_2 exercée par le piston P_2 sur la poudre à presser
- Schématiser les vecteurs forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2

.

EXERCICES :

Ex1 : Calculer la force qui s'exerce sur 1 cm^2 de votre tête si la pression atmosphérique vaut 101325 Pa

Ex2 : *Histoire de convertir !*

- a) La pression atmosphérique est de 995 hPa . Calculer cette pression en Pascal, puis en bars.
 b) A 5000 mètres de profondeur en mer, la pression vaut $p = 5,9 \times 10^7 \text{ Pa}$.
 Convertir cette pression en hPa, puis en bars.

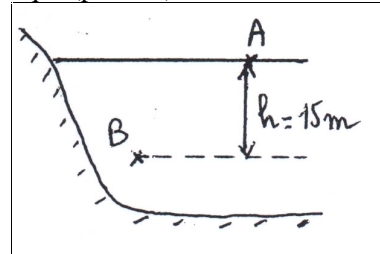
Ex3 : *Le plongeur*

Un plongeur évolue à 15m de fond (point B). La pression atmosphérique (point A) vaut $P_A = 995\,000 \text{ Pa}$

- a) Calculer $(P_B - P_A)$, la différence de pression entre les points A et B.

Données : $g = 10 \text{ N/kg}$;
 masse volumique de l'eau: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$;

- b) A quelle pression P_B le plongeur est-il soumis ?



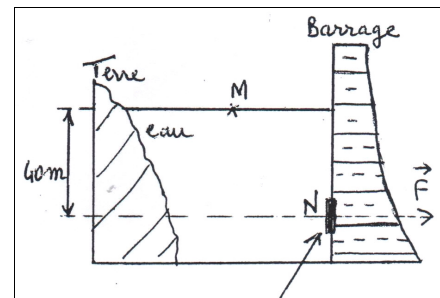
Ex 4 : *Le barrage d'eau*

Le point M se trouve à l'air libre : $P_M = 1 \text{ bar}$ soit 10^5 Pa . Sur la vanne, au point N, s'exerce une force pressante \vec{F} .

- a) Calculer la différence de pression entre N et M.
 ($g = 10 \text{ N/kg}$;
 masse volumique de l'eau: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$)

- b) La pression en N vaut $P_N = 5 \times 10^5 \text{ Pa}$.
 Le diamètre de la vanne circulaire est de 1 m .

Calculer l'intensité de la force \vec{F} .



vanne

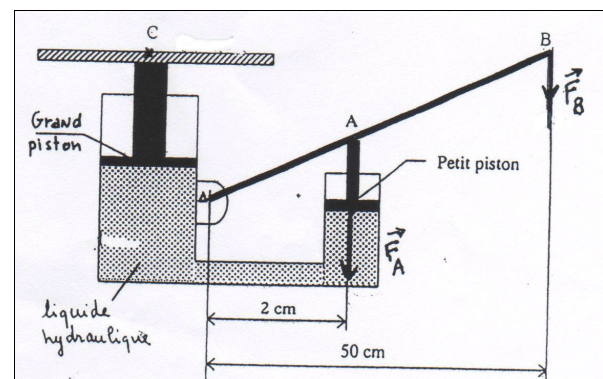
Ex5 : *Le cric hydraulique*

Un cric hydraulique destiné à soulever une voiture est schématisé ci-dessous. Les sections des petit et grand pistons sont respectivement $S_1 = 10 \text{ cm}^2$ et $S_2 = 150 \text{ cm}^2$. L'automobiliste exerce en B une force \vec{F}_B verticale de 20N .

- a) On admet que l'intensité de la force \vec{F}_A exercée sur le petit piston est 200 N ; calculer la pression exercée par le petit piston sur le liquide (résultats en Pascal et en bar)

- b) Calculer l'intensité de la force \vec{F}_C exercée en C par le grand piston sur la voiture.

- c) Schématiser cette force \vec{F}_C sur la figure (échelle : 1cm pour 1000 N)



Ex 6 : Répondre avec précision aux questions posées au début du cours