

Jean-Marc LOURME & Serge BROUEL
Professeurs au Lycée Professionnel Montjoux à Besançon

LES SCIENCES PHYSIQUES

EN L.P.

**Cahier “corrigé”
de travaux pratiques
STATIQUE®
traitant la mécanique
statique et l’hydrostatique**

TP • B.E.P. • Bac Pro (F.M.B.)



Référence Pierron : MT02271

Tous droits de reproduction interdits

PRÉFACE DES AUTEURS

Cet ouvrage de Travaux Pratiques de Sciences Physiques en classe de B.E.P. et BAC PRO (FMB) a pour objet de traiter les leçons d'électricité **NÉCESSITANT IMPÉRATIVEMENT UNE DÉMARCHE EXPÉRIMENTALE.**

Cahier de Travaux Pratiques et matériel sont indissociables ; ils constituent un ensemble qui va susciter chez l'élève une réflexion basée sur un enseignement inductif préconisé dans nos classes.

Ce cahier ne se substitue en aucun cas au cours dispensé par le professeur qui conserve bien entendu toute autonomie pour mener à bien sa leçon.

Il doit être simplement un support important au moment de développer, au sein de cette leçon, la phase expérimentale.

A cet effet, nous avons repertorié avec le plus grand soin le matériel nécessaire à chaque expérience et réalisé celle-ci dans son intégralité. Tout élément abimé ou perdu est renouvelable.

Cette démarche permet au professeur de faire acquérir aux élèves les techniques de la classe laboratoire en les faisant travailler par groupes de deux ou trois et de développer chez eux la capacité "réaliser".

Nous espérons que ce cahier de travail donnera une impulsion nouvelle à l'Enseignement des Sciences Physiques dans nos classes.

DES MÊMES AUTEURS :

Les sciences physiques en LP, Bac Pro (FMB) : Cahier de TP chimie : Réf. MT23901.

Les sciences physiques en L., Bac Pro (FMB) : Cahier de TP électricité Réf. MT23913.

Les sciences physiques en LP, Bac Pro (FMB) : Cahier de TP Optique et Acoustique Réf. MT23903.

THÈMES TRAITÉS

MÉCASTATIQUE TP

CENTRE DE GRAVITE	P. 4-5
ETUDE EXPERIMENTALE DE LA SOMME DE DEUX FORCES	P. 6-9
EQUILIBRE D'UN SOLIDE SOUMIS À TROIS FORCES DE SUPPORTS NON PARALLELES	P. 10-12
LE PLAN INCLINE	P. 13-15
MOMENT D'UNE FORCE	P. 16-17
THÉOREME DES MOMENTS	P. 18-21
UNE APPLICATION : LA POULIE	P. 22-24

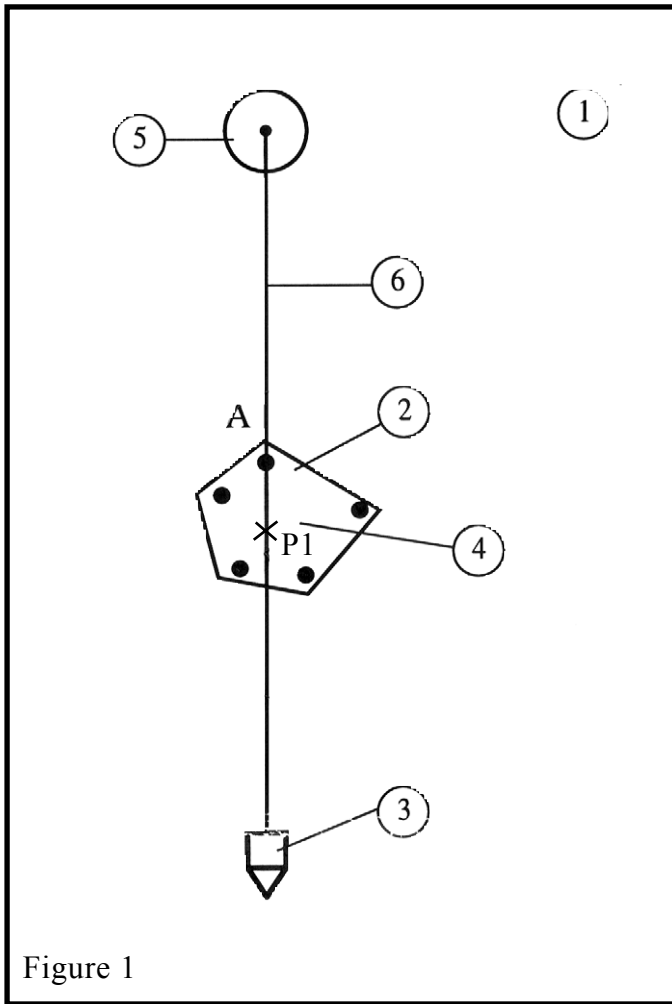
HYDROSTATIQUE TP

FORCES PRESSANTES ET PRESSIONS EXERCÉES PAR LES LIQUIDES AU REPOS	P. 25-26
POUSSÉE D'ARCHIMÈDE	P. 27-28
RELATION FONDAMENTALE DE L'HYDROSTATIQUE	P. 29-31
PARADOXE DE PASCAL	P. 31-32

DÉTAIL DU COFFRET MÉCASTATIQUE TP MT02271	DÉTAIL DU COFFRET HYDROSTATIQUE TP MT03865
<ol style="list-style-type: none"> 1. Tableau magnétique (voir environnement indispensable)* 2. Solide en aluminium 3. Fil à plomb 4. Papier autocollant 5. Axe sur aimant 6. Ficelle 1 boucle, 1 crochet : 20 cm 7. Barre à trous 8. Axe sur aimant 9. Lot de 3 dynamomètres : 2 de cal. 1 N, 1 de cal. 2 N 10. Jeu de 3 ressorts (dont 1 avec anneaux) 11. Papier calque 12. Equerre magnétique 13. Lot de 4 aimants de fixation (punaise magnétique) 14. Plaque de poids négligeable 15. Plan incliné complet 16. Boîte de masses à crochets 17. Index magnétique 18. 1 ficelle de 2 boucles pour poulies : 80 m 19. Disque des moments 20. Règle magnétique à zéro central 21. Lot de 3 ficelles 2 boucles : 30 cm 22. Lot de 3 poulies aimantées 23. 1 ficelle 2 boucles pour poulies : 20 cm 24. Poulie mobile sur chape 25. Bobine ficelle 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tableau magnétique (voir environnement indispensable)* 2. Cuve cylindrique 3. Capsule manométrique pivotante 4. Tube en U sur aimant et son tuyau souple 5. Pissette 6. 1 dynamomètre calibre 2N 7. Boîte de masses à crochets 8. 3 solides de même volume 9. Réservoir gradué en mm et ml 10. Sac plastique 11. Tube gradué en mm 12. Support de tube 13. Obturateur 14. 3 vases de formes différentes 15. Capsule manométrique sur support <p>* Environnement indispensable : 1 panneau métallique 600 x 400 mm - MT2257</p>

Centre de gravité

Je dois réaliser :



J'utilise :

Le coffret mécastatique TP

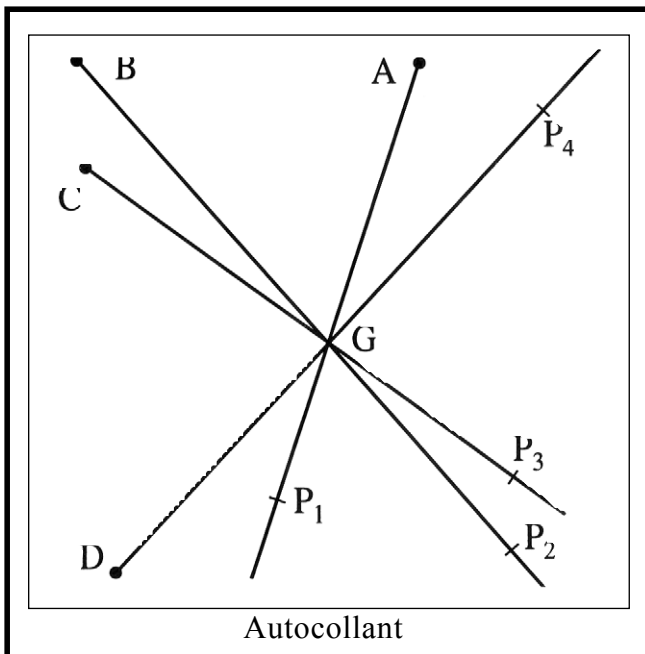
J'ai besoin de :

1. Tableau magnétique
2. Solide en pesant de forme quelconque
3. Fil à plomb
4. Papier autocollant format 8 x 8 cm
5. Axe sur aimant
6. Ficelle 1 boucle, un crocher : 20 cm
7. Barre à trous

Etude Expérimentale :

- 1) Je positionne l'autocollant sur le solide
- 2) Je suspends le solide en un point quelconque que je nomme A en utilisant l'axe et la ficelle (voir fig. 1)
- 3) Au même point A, je suspends le fil à plomb ;
- 5) Je décroche le solide et je joins, au crayon, ce point à A (droite (P1 A)).
- 6) Je suspends le solide en un point B et réalise la même démarche (droite (P2 B)).
- 7) Je trace de même les droites (P3 C), (P4 D) ... et je fais la constatation suivante :

Les droites passent toutes par un même point.



A retenir :

Les verticales passant par le point de suspension d'un solide au repos sont : *concourantes*.
Leur point d'intersection se nomme : *centre de gravité*.

8) J'appelle G ce point, le note sur l'autocollant et colle celui-ci dans le carré prévu à cet effet.

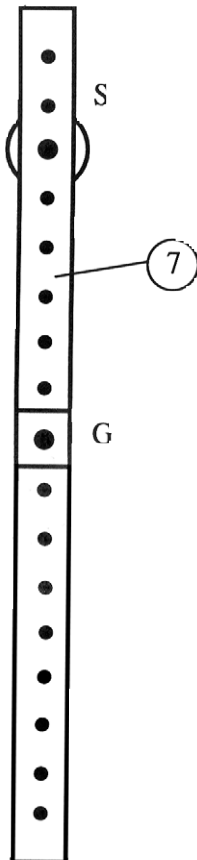
Remarques :

a) Le centre de gravité se nomme aussi centre d'inertie

b) Equilibre d'un corps suspendu :

J'utilise la barre à trous et l'axe sur l'aimant. G, le centre de gravité de la barre, est situé au milieu de celui-ci.

Je suspends la barre en un point S.



1er cas :

S est au-dessus de G.

J'écarte la barre de sa position d'équilibre puis la lâche .

Je remarque que :

elle revient à sa position initiale;

Dans ce cas, l'équilibre est **stable**.

2ème cas :

S est au-dessous de G.

J'écarte la barre de sa position d'équilibre puis la lâche.

Je remarque que :

elle s'écarte d'avantage de sa position d'équilibre.

Dans ce cas l'équilibre est **instable**

3ème cas:

S et G confondus

J'écarte la barre de sa position d'équilibre puis la lâche.

Je remarque que :

elle conserve sa position.

Dans ces cas l'équilibre est **indifférent**.

c) Je recherche, dans la vie courante, des exemples de corps suspendus dont l'équilibre est stable,

- ***cabine de remonte-pente***

- ***lustre suspendu***

- ***fil à plomb.***

9) Je range le matériel avec soin

Etude expérimentale de la somme de deux forces

Je dois réaliser :

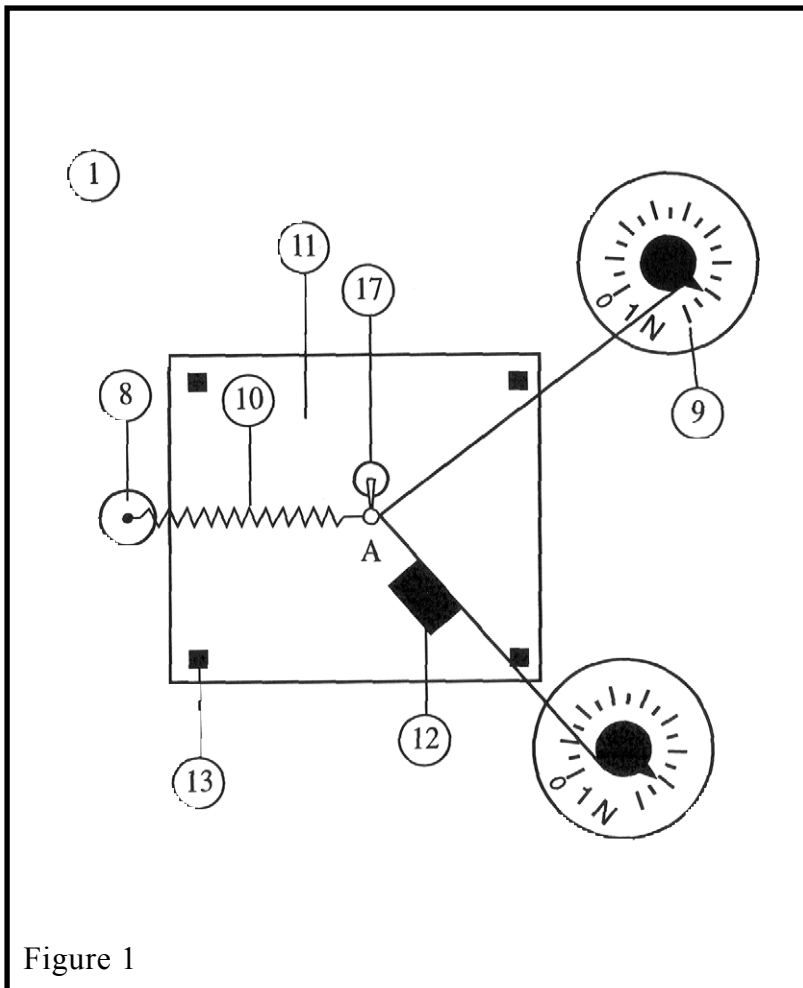


Figure 1

J'utilise :

Le coffret mécastatique TP

J'ai besoin de :

1. Tableau magnétique
8. Axe sur aimant
9. 2 dynamomètres calibre 1 N
10. Ressort avec anneau
11. Papier calque
12. Equerre magnétique
13. 4 petits aimants
17. Index magnétique

Etude expérimentale :

- 1) Je réalise le montage de la fig. 1 (les forces exercées peuvent être différentes de celles du schéma en intensité et direction). Je trace sur le calque les droites d'action des deux forces exercées sur l'anneau du ressort, à l'aide de l'équerre, et j'appelle A leur point d'intersection. Je nomme les forces : \vec{F}_1 et \vec{F}_2
- 2) A l'aide de l'index magnétique, je repère le centre de l'anneau (voir fig. 1)
- 3) Je relève les valeurs des intensités indiquées par les dynamomètres à 10^{-2} N près
 $F_1 = 0.77 \text{ N}$ $F_2 = 0.87 \text{ N}$

4) J'indique ces valeurs au crayon sur les droites tracées sur le calque.

5) En laissant fixe l'axe sur l'aimant, l'index magnétique et le calque, je retire du tableau les dynamomètres et j'exerce une force unique sur le ressort, à l'aide du dynamomètre de calibre 2N, en repositionnant le centre de l'anneau à l'emplacement indiqué par l'index magnétique (voir fig. 2).

6) Je trace la droite d'action de la force (qui passe par A) à l'aide de l'équerre. Je nomme \vec{F}_3 cette force ; je relève son intensité à 10^{-2} N près.

$F_3 = 1.38 \text{ N}$ et j'indique cette valeur au crayon sur la droite d'action.

J'utilise : le coffret mécastatique - TP

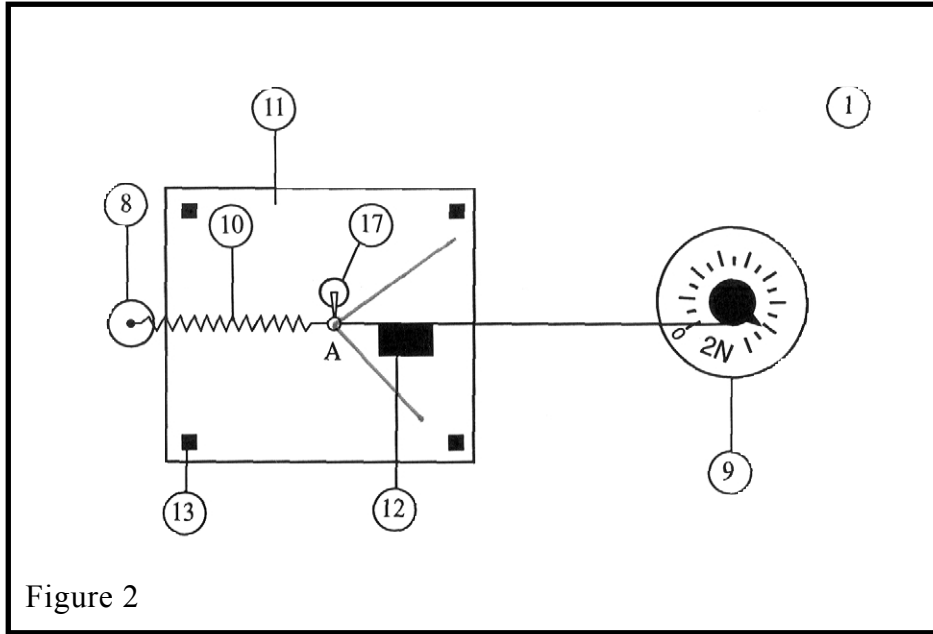


Figure 2

J'ai besoin de :

- 1. Tableau magnétique
- 8. Axe sur aimant
- 9. 1 dynamomètre calibre 2N
- 10. Ressort avec anneau
- 11. Papier calque
- 12. Equerre magnétique
- 13. 4 petits aimants
- 17. Index magnétique

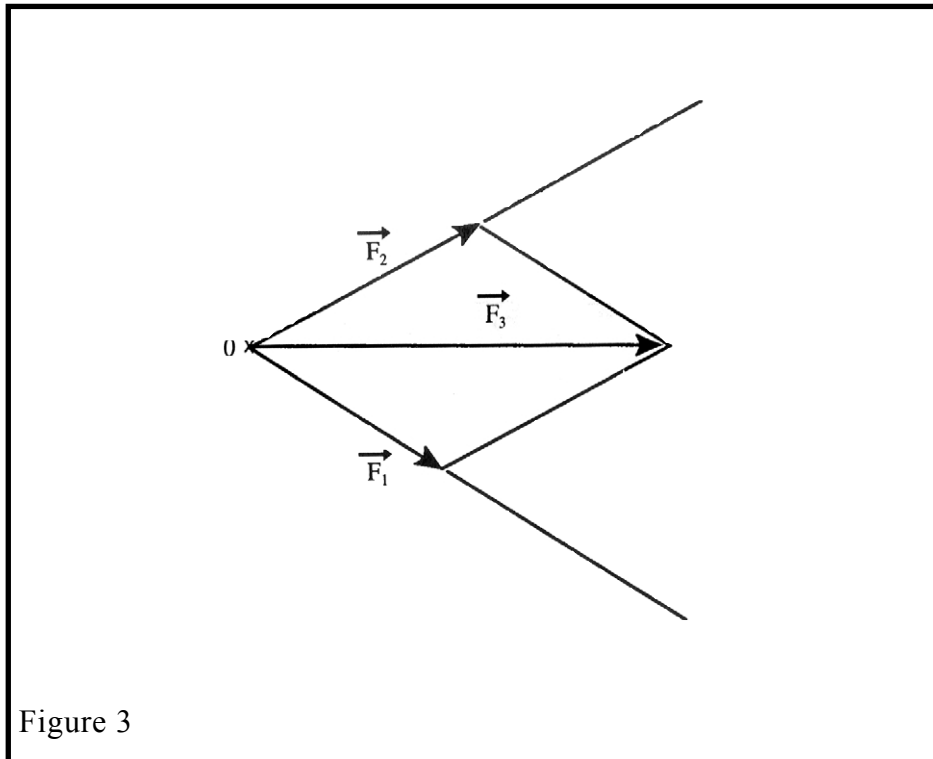


Figure 3

7) Je retire le papier calque et fais coïncider le point A avec le point O de la figure ci-contre. Je trace alors sur celle-ci les vecteurs : $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$, tous issus de O.

Echelle = 4 cm pour 1 N

8) Je joins les extrémités de \vec{F}_1 et de \vec{F}_2 à celle de \vec{F}_3 . Je constate que le quadrilatère obtenu est un : *parallélogramme* et que \vec{F}_3 , représente une diagonale.

9) \vec{F}_3 a le même effet que \vec{F}_1 et \vec{F}_2 conjuguées.

On dit que \vec{F}_3 est la somme de \vec{F}_1 et \vec{F}_2

On écrit : $\vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

A retenir :

La somme de deux forces de même origine peut être représentée par un vecteur de même origine dont l'extrémité est le pont d'intersection des parallèles à ces forces menées par les extrémités de chacune d'elles.

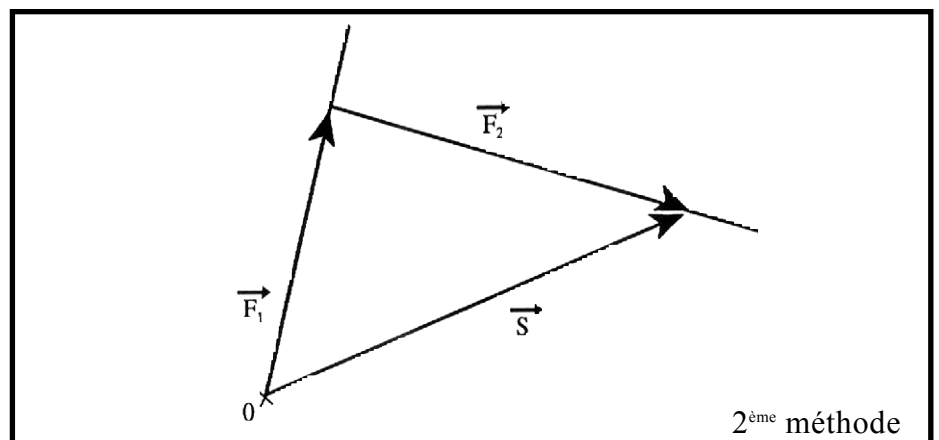
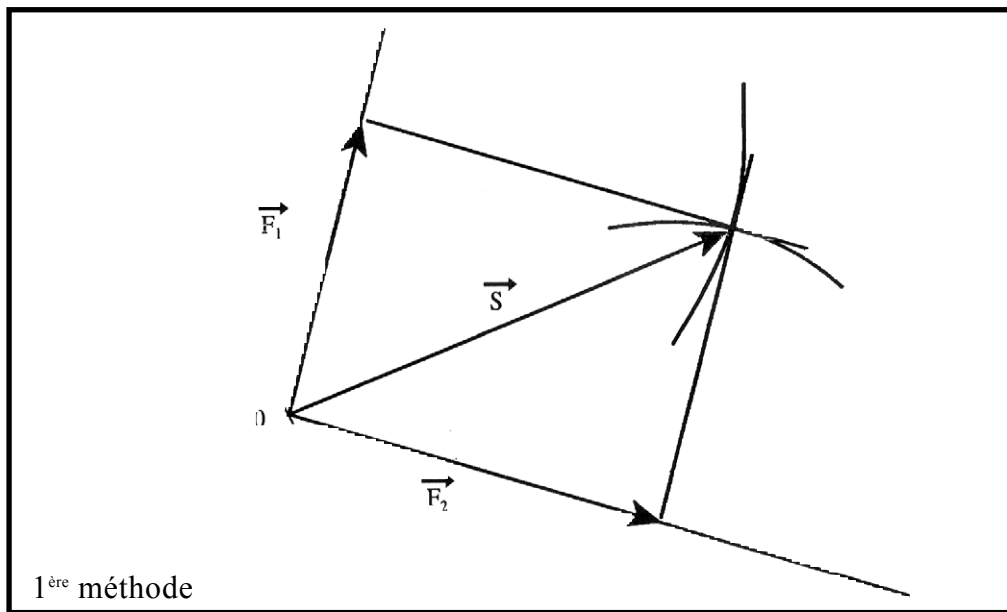
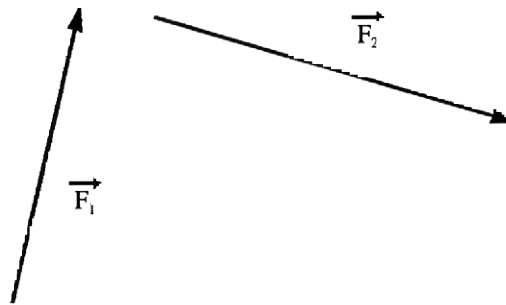
Remarque :

a) Cette méthode est dite du “parallélogramme”

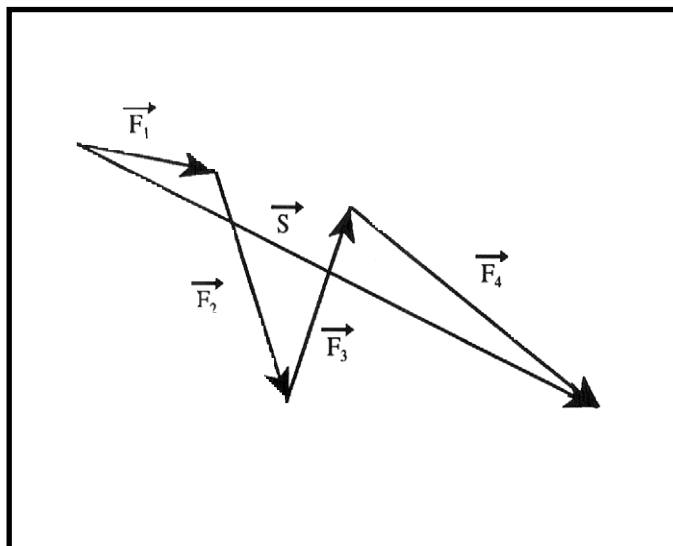
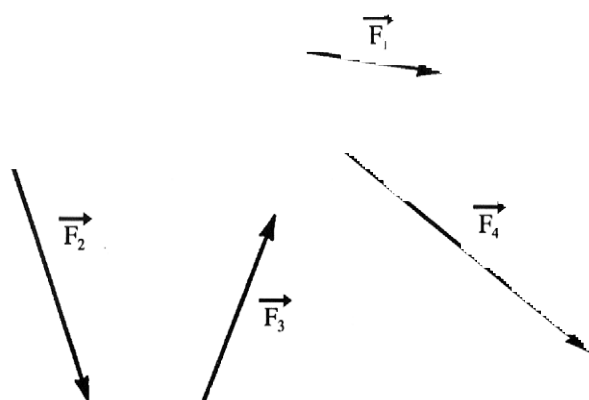
b) Je peux ainsi, pour effectuer la somme vectorielle de deux forces, appliquer une autre méthode : je les mets “bout à bout” (l’extrémité de la première venant coïncider avec l’origine de la seconde). La somme est un vecteur **ayant pour origine l’origine de la première, pour extrémité l’extrémité de la seconde.**

Ainsi, je peux par cette méthode, ajouter facilement 2, 3, 4, ... forces

10) a) J’effectue par les deux méthodes la somme vectorielle de \vec{F}_1 et \vec{F}_2 et je vérifie que $S = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ est le même vecteur dans les deux cas.



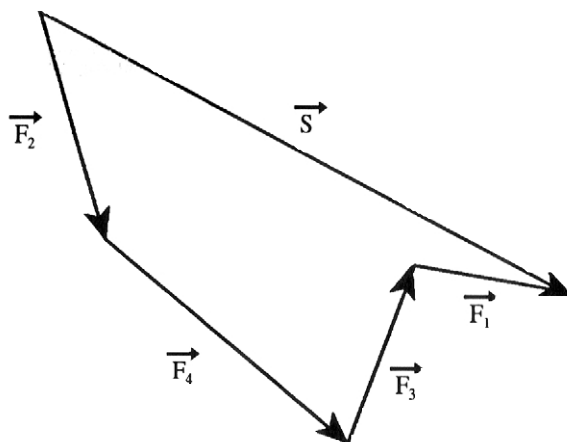
b) Je construis enfin le vecteur $S = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4$ dans le carré ci-dessous.



c) **Remarque** : une somme vectorielle est commutative. Que cela signifie-t-il ?

Cela signifie qu'on peut ajouter les vecteurs dans n'importe quel ordre.

Par exemple, je construis le vecteur $S = \vec{F}_2 + \vec{F}_4 + \vec{F}_3 + \vec{F}_1$ et j'obtiens le même résultat.



11) Je range le matériel avec soins

Equilibre d'un solide soumis à trois forces de supports non parallèles

Je dois réaliser :

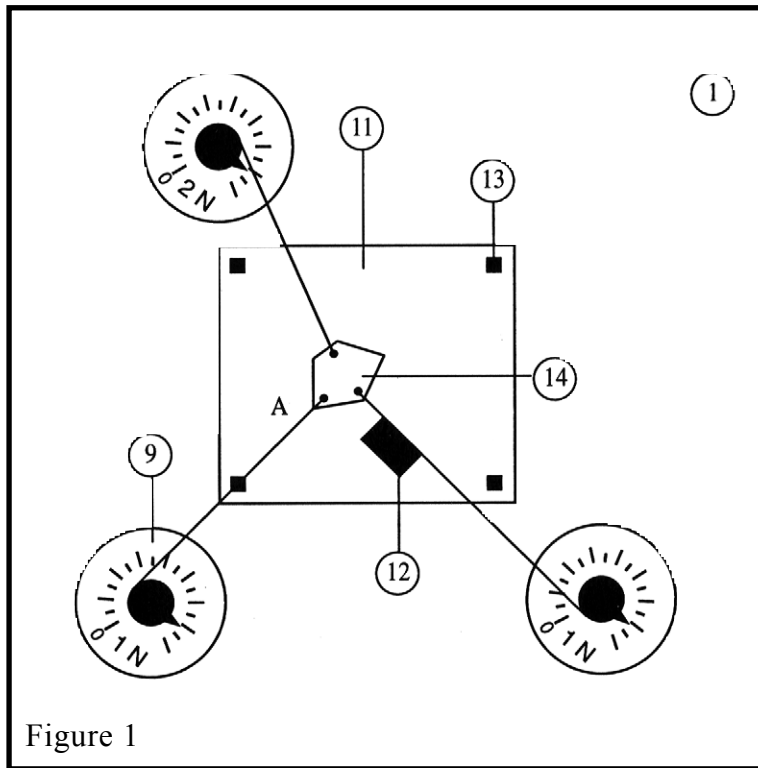


Figure 1

J'utilise : le coffret mécastatique TP

J'ai besoin de :

1. Tableau magnétique
9. 3 dynamomètres (2 cal 1N, 1 cal 2N)
11. Papier calque
12. Equerre magnétique
13. 4 petits aimants
14. Plaque de poids négligeable

Etude expérimentale :

1) Je réalise le montage de la fig. 1 (les forces exercées peuvent être différentes de celle du schéma en intensité et direction : ne pas dépasser 1 N y compris quand on utilise le dynamomètre de calibre 2 N).
Au crayon, sur la feuille de papier calque fixée sur le tableau, et à l'aide de l'équerre, je trace les droites d'action des trois forces. Je les note $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$.

2) Je relève les valeurs indiquées par les dynamomètres à 10^{-2} N près.

$$F_1 = 0,92 \text{ N}$$

$$F_2 = 0,80 \text{ N}$$

$$F_3 = 0,93 \text{ N}$$

3) J'indique ces valeurs sur les droites d'action

4) Je retire la feuille de papier calque et je prolonge les droites d'action des trois forces.

Je fais la constatation suivante :

A Les droites sont concourantes

5) A l'aide du calque, je reporte les directions des forces sur la fig. 2 et j'appelle O le point d'intersection des forces.

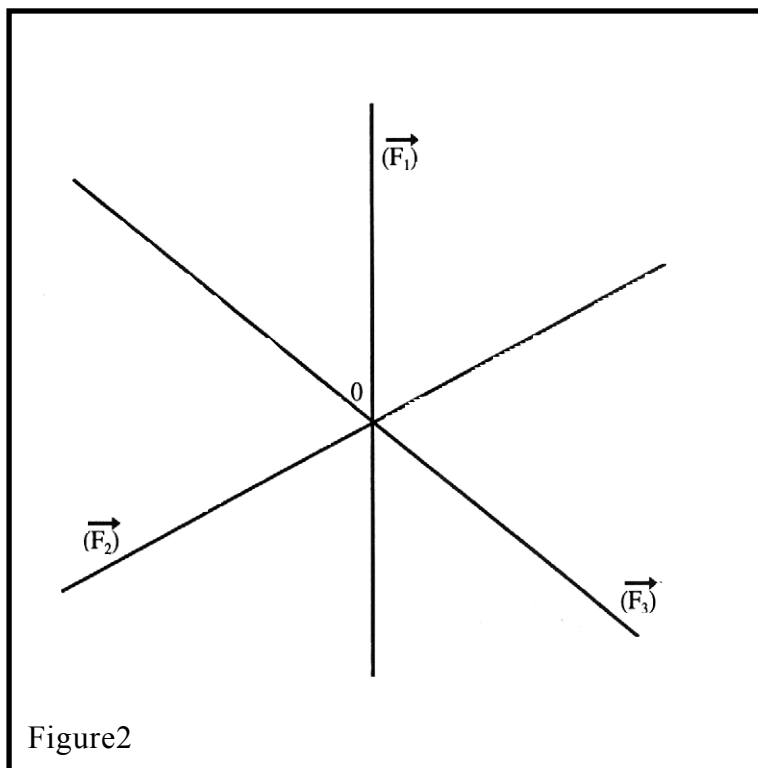


Figure2

6) Je fais coïncider le point d'intersection des droites d'action du calque avec le point O' de la fig. 3 et je trace les lignes d'action des trois forces.

7) En prenant pour échelle 4 cm pour 1 N, je construis, à partir de O', les vecteurs $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$.

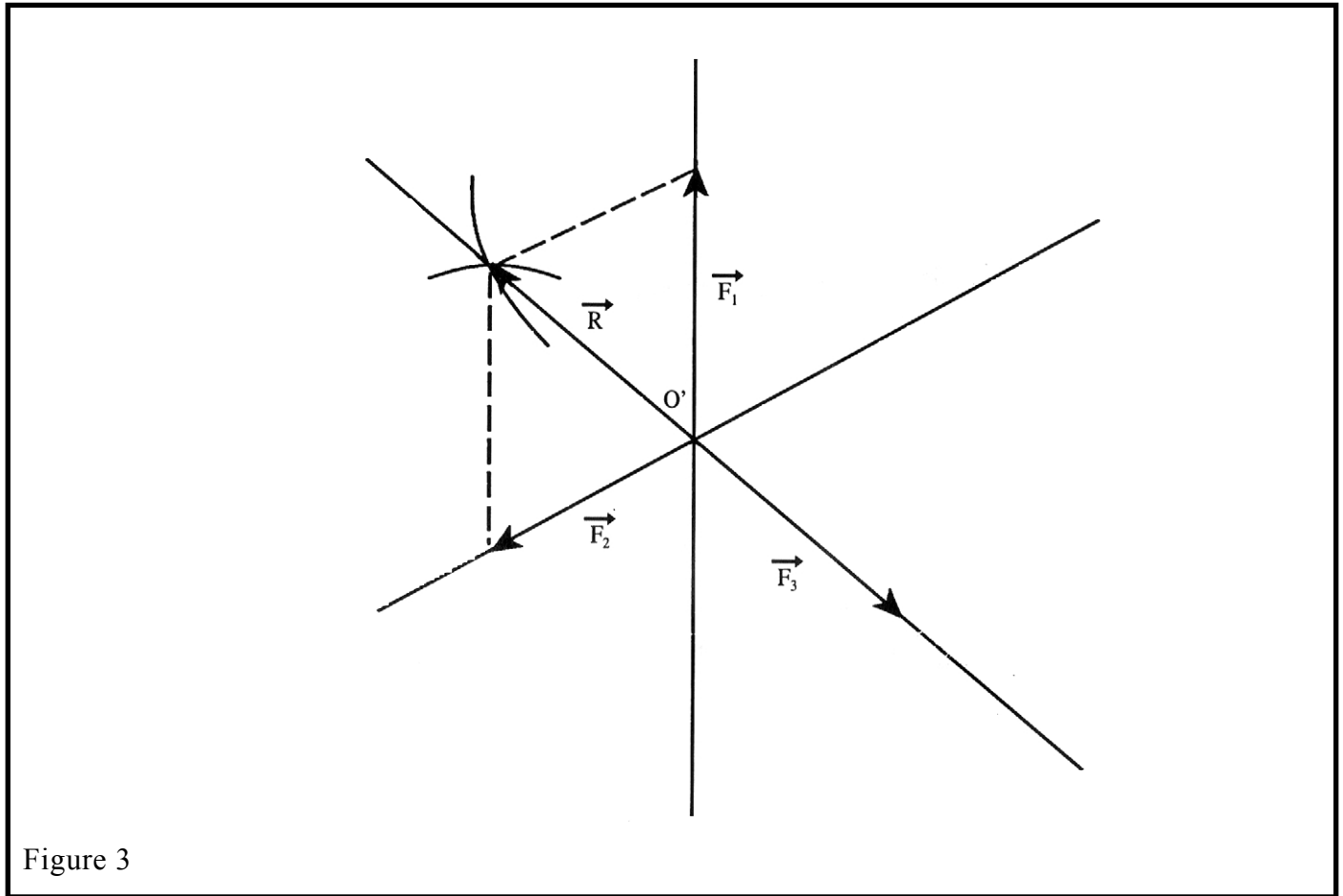


Figure 3

8) Je construis la somme vectorielle $\vec{F}_1 + \vec{F}_2$ par la méthode du parallélogramme

J'appelle \vec{R} le vecteur obtenu

Je compare \vec{R} et \vec{F}_3

Ces deux vecteurs sont égaux et opposés

La somme vectorielle des trois forces est nulle

On peut écrire : \boxed{B} $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$

Si un solide soumis à trois forces de supports non parallèles est un équilibre

- A Les droites d'action des forces sont concourantes
- B La somme vectorielle des forces est nulle

Remarque importante :

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 \neq F_1 + F_2 + F_3$$

La somme vectorielle des forces est différente de la somme des intensités.

9) En utilisant le montage précédent, je soumets le solide à quatre forces au lieu de trois. Les forces sont-elles encore concourantes ?

Je constate que non

10) Je range le matériel avec soin

Le plan incliné

Je dois réaliser :

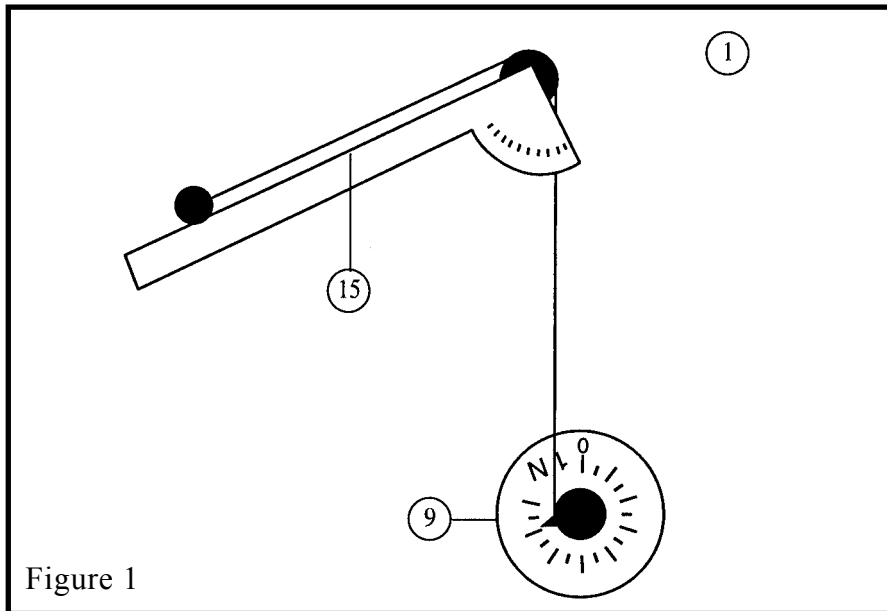


Figure 1

J'utilise : le coffret mécastatique TP

J'ai besoin de :

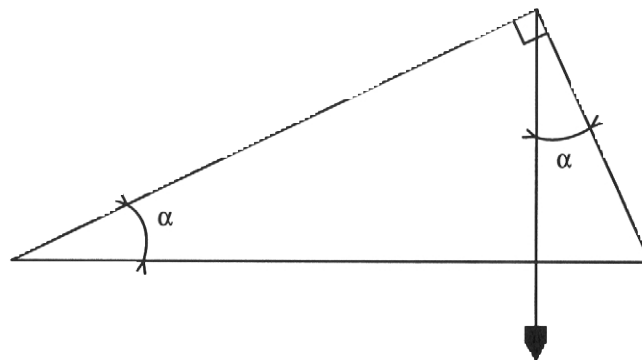
1. Tableau magnétique
9. 1 dynamomètre calibre 1 N
- 1 Dynamomètre calibre 2 N
15. Plan incliné complet
16. Boîte de masses à crochets

Etude expérimentale

1) Je mesure à l'aide du dynamomètre de calibre 2 N l'intensité du poids du cylindre : $P = 1,23 \text{ N}$ (à 10^{-2} n près).

Remarque préliminaire :

l'angle α du plan incliné avec l'horizontale est le même que l'angle lu sur le rapporteur



2) J'incline le plan d'un angle quelconque (voir fig.1) et je compare l'intensité de la tension \vec{T} du fil, mesurée à l'aide d'un dynamomètre, à l'intensité du poids \vec{P} .
L'intensité de la tension \vec{T} est inférieure à celle du poids \vec{P} .

3) Je choisis : $\alpha = 30^\circ$. Je mesure l'intensité de la tension \vec{T} du fil du dynamomètre de calibre 1N et je lis :

$$T = 0,60 \text{ N}$$

Je fais l'inventaire des forces appliquées au cylindre :

- le poids \vec{P} du cylindre
- la tension \vec{T}
- la réaction \vec{R} du plan sur le cylindre

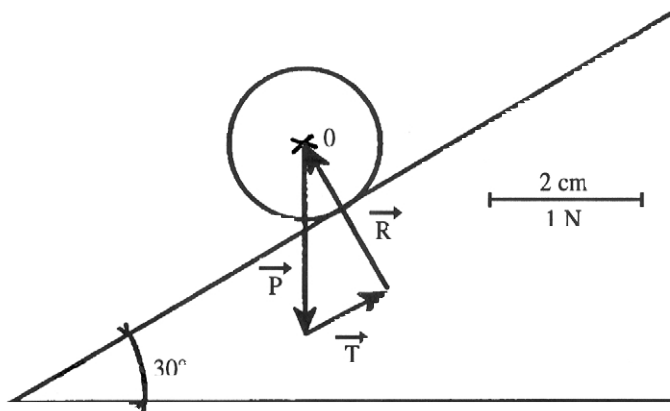
4) Je trace le vecteur P issu de 0 (voir fig.)

5) Je détermine graphiquement, puis par le calcul, l'intensité de \vec{T} (la tension du fil) et de \vec{R} (la réaction du plan sur le solide) pour $\alpha = 30^\circ$

a) **Graphiquement** (méthode au choix : voir TP précédent)

Remarques :

- la réaction du plan sur le solide est perpendiculaire au plan



Pour cet exemple

$$P = 1,23 \text{ N} \quad (2,46 \text{ cm} \div 2 = 1,23)$$

(valeur déterminée au 1^{er})

Je mesure les longueurs des vecteurs \vec{T} et \vec{R} et je détermine leurs intensités.

$$T = 0,6 \text{ N}$$

$$R = 1 \text{ N}$$

$$(1,2 \text{ cm} \div 2 = 0,6 ; 2 \text{ cm} \div 2 = 1)$$

b) **Par le calcul**

$$T = P \cdot \sin \alpha = 1,23 \times \sin 30^\circ = 1,23 \times 0,5 = 0,62 \text{ N}$$

$$R = P \cdot \cos \alpha = 1,23 \times \cos 30^\circ = 1,23 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 1,06 \text{ N}$$

$$T = 0,62 \text{ N}$$

$$R = 1,06 \text{ N}$$

5) Cas général :

En fonction de P (l'intensité du poids du solide et α (l'angle du plan incliné), la valeur de T (l'intensité de la tension du fil) est donnée par :

$$T = P \cdot \sin \alpha$$

T (la tension du fil) est donc proportionnelle à P et à $\sin \alpha$

En fonction des mêmes grandeurs, R (l'intensité de la réaction du plan sur le solide) est donnée par :

$$R = P \cdot \cos \alpha . R \text{ (la réaction du plan sur le solide) est donc proportionnelle à } P \text{ et à } \cos x.$$

6) Je calcule T pour

$\alpha = 0^\circ$	$T = 1,23 \sin 0^\circ$	$T = 0 \text{ N}$
$\alpha = 15^\circ$	$T = 1,23 \sin 15^\circ$	$T = 0,32 \text{ N}$
$\alpha = 30^\circ$	$T = 1,23 \sin 30^\circ$	$T = 0,62 \text{ N}$
$\alpha = 45^\circ$	$T = 1,23 \sin 45^\circ$	$T = 0,87 \text{ N}$
$\alpha = 60^\circ$	$T = 1,23 \sin 60^\circ$	$T = 1,06 \text{ N}$
$\alpha = 90^\circ$	$T = 1,23 \sin 90^\circ$	$T = 1,23 \text{ N}$

et je vérifie expérimentalement les résultats obtenus en choisissant le dynamomètre de bon calibre.

Remarques :

a) Pour $\alpha = 0^\circ$, $T = 0 \text{ N}$ et R maximum : $R = 1,23 \text{ N}$

Pour $\alpha = 90^\circ$, $T = 1,23 \text{ N}$ et R minimum : $R = 0 \text{ N}$

b) Quand l'angle α du plan incliné double, la tension du fil double t-elle ? Pourquoi ?

La tension ne double pas car T est proportionnelle à $\sin \alpha$ et non pas à α ... (voir tableau pour confirmation)

7) Pour $\alpha = 50^\circ$, je calcule T puis j'en déduis la masse m que je dois accrocher à l'extrémité du fil pour réaliser l'équilibre du solide.

$$T = 1,23 \times \sin 50^\circ$$
$$T = 0,94 \text{ N} \quad m = \frac{0,94}{9,81}$$
$$m = 0,095 \text{ kg}$$
$$m = 95 \text{ g}$$

Je vérifie le résultat trouvé expérimentalement en utilisant la boîte à masses à crochets.

8) Je range le matériel avec soin

Moment d'une force

Je dois réaliser :

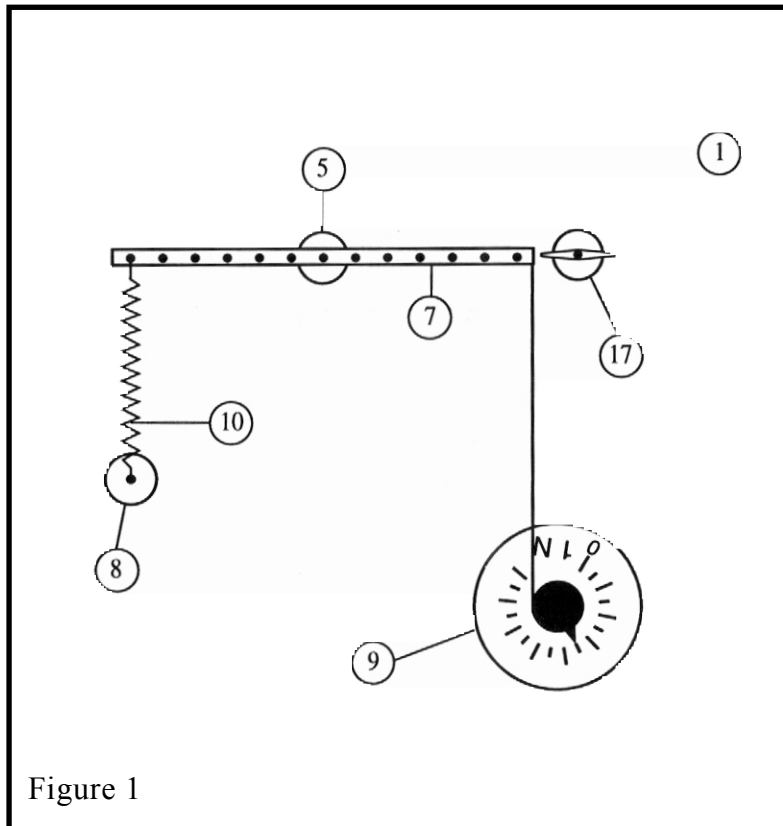


Figure 1

J'utilise :

le coffret mécastatique TP

J'ai besoin de :

- 1. Tableau magnétique
- 5. Axe sur aimant
- 7. Barre à trous
- 8. Axe sur aimant
- 9. 1 dynamomètre de calibre N1
1 dynamomètre calibre N2
- 10. Ressort (sans anneau)
- 17. Index magnétique

Etude expérimentale :

1) Je fixe la barre AB en son milieu O sur l'axe sur aimant de telle sorte que le ressort exerce sur l'extrémité de A de la barre une force perpendiculaire à celle-ci, dirigée vers le bas et d'intensité 0,5 N (intensité indiquée par le dynamomètre : voir fig. 1)

Je vais exercer à une distance d de O des forces ayant le même effet que celui produit par la force initiale (0,5 N). (l'index me permet de vérifier l'horizontalité de la barre ; repérer par exemple le coin supérieur droit de la barre).

2) Je complète le tableau ci-dessous :

F(N)	0,5	0,57	0,70	0,97	1,58
d(m)	0,18	0,15	0,12	0,09	0,06
F.d	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09

Aux erreurs d'expérience près, je constate que le produit F.d est **constant**
Ce produit représente le moment de la force F par rapport à O.

$$\text{On écrit : } \begin{array}{c} \vec{M}_O(\vec{F}) = F \cdot d \\ \text{(N.m)} \quad \text{(N) (m)} \end{array}$$

Unité de moment : le Newton mètre (N.m)

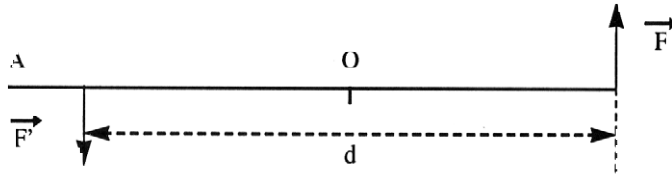
A retenir :

Le moment d'une force par rapport à un axe est égal au produit de l'intensité de cette force par la distance de l'axe à la direction de la force.

Pour un moment donné, quand d double, F est divisé par 2 ; quand d triple, F est divisé par 3
 F et d sont des grandeurs *inversement proportionnelles*

Remarques :

Moment d'un couple de forces



$$\boxed{M_c = F \cdot d}$$

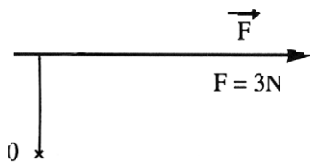
(N.m) (N) (m)

Pour un effet (de rotation) donné, j'ai intérêt à **augmenter** d , le bras de levier, pour diminuer F .
 Je cherche dans la vie courante une application :

Clé cruciforme pour visser ou dévisser un écrou

Unité de moment = le Newton mètre (N.m). Eviter le mètre Newton (m.N) que l'on peut confondre avec le milliNewton (mN ou $10^{-3}N$)

Exemple de calcul de moment : (rappel : la distance doit être perpendiculaire à la direction de la force).



Je trace d , la distance de O à \vec{F}
 Je mesure d et je calcule $M_o(\vec{F})$

$$d = 14 \text{ mm} = 14 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$M_o(\vec{F}) = 14 \cdot 10^{-3} \cdot 3 = 42 \cdot 10^{-3} \quad M_o(\vec{F}) = 42 \cdot 10^{-3} \text{ N} \cdot \text{m}$$

Nota :

Lors de l'étude expérimentale, j'ai accroché la barre en son milieu. Pourquoi ?

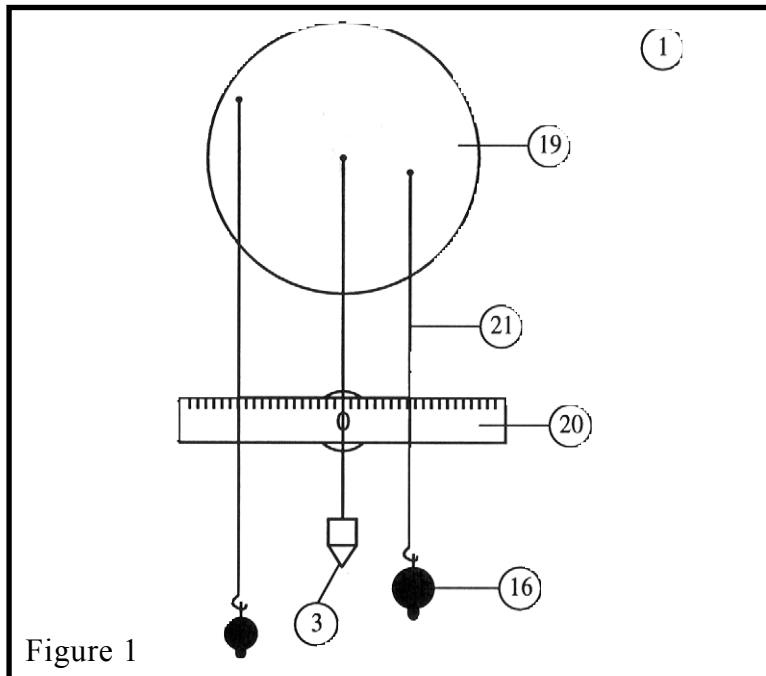
Le moment du poids par rapport au milieu O de la barre est nul ;

L'effet du poids est annulé.

3) Je range le matériel avec soin

Théorème des moments

Je dois réaliser :



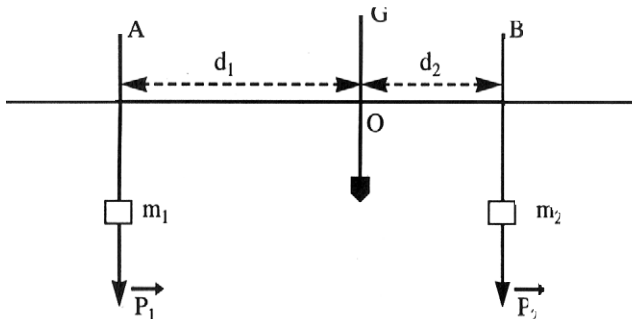
J'utilise le coffret mécastatique - TP

J'ai besoin de :

1. Tableau magnétique
3. Fil à plomb
16. Boîte de masses à crochets
19. Disque des moments
20. Règle graduée magnétique à zéro central
21. 3 ficelles (2 boucles)

Etude expérimentale :

- 1) Je réalise le montage de la fig.1 en utilisant par exemple $m_1 = 50 \text{ g}$ et $m_2 = 100 \text{ g}$.
- 2) Je positionne la règle horizontalement sur le tableau de sorte que la verticale passant g (le centre de gravité du disque) matérialisé par le fil à plomb, passe par le zéro de la règle.
- 3) Je retire le fil à plomb et j'accroche en deux points A et B du disque deux masses marquées m_1 et m_2 à l'aide des ficelles à crochet.



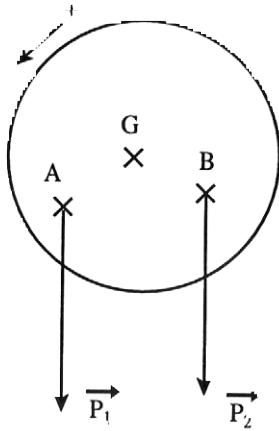
Les masses exercent respectivement des poids d'intensités P_1 et P_2 .

4) Le disque étant en équilibre, je lis d_1 et d_2 (les distances de G aux directions de \vec{P}_1 et \vec{P}_2) directement sur la règle
 $d_1 = 7,4 \text{ cm}$ $d_2 = 3,8 \text{ cm}$

5) Je calcule $M_G(\vec{P}_1)$
 $M_G(\vec{P}_1) = 0,5 \times 0,074$
 $M_G(\vec{P}_1) = 0,037 \text{ N.m}$

et $M_G(\vec{P}_2)$
 $M_G(\vec{P}_2) = 1 \times 0,038$
 $M_G(\vec{P}_2) = 0,038 \text{ N.m}$

Aux erreurs d'expérience près, je constate que : **les moments sont égaux.**



6) Je choisis arbitrairement un sens positif de rotation (par exemple le sens trigonométrique).

Par convention, les forces qui tendent à faire tourner le solide dans ce sens auront au moment positif, les autres au moment négatif. Désormais, j'affecterai donc un signe (+ ou -) les valeurs des moments.

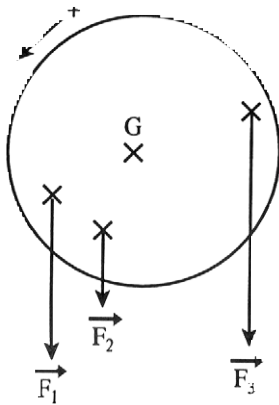
$$M_G(\vec{P}_1) = 0,037 \text{ N.m}$$

$$M_G(\vec{P}_2) = 0,038 \text{ N.m}$$

et

$$M_G(\vec{P}_1) + M_G(\vec{P}_2) = 0 \text{ N.m}$$

7) Cas général



J'accroche maintenant une troisième masse, par exemple 20 g, en un point du disque en laissant en place les deux autres.

Les masses m_1 , m_2 et m_3 exercent respectivement des forces \vec{F}_1 , \vec{F}_2 , \vec{F}_3 et je calcule

$$M_G(\vec{F}_1), M_G(\vec{F}_2), M_G(\vec{F}_3)$$

$$d = 7,7 \text{ cm}$$

$$M_G(\vec{F}_1) = 0,5 \times 0,077$$

$$M_G(\vec{F}_1) = 0,038 \text{ N.m}$$

$$d = 2,9 \text{ cm}$$

$$M_G(\vec{F}_2) = -0,2 \times 0,029$$

$$M_G(\vec{F}_2) = 0,0058 \text{ N.m}$$

$$d = 4,5 \text{ cm}$$

$$M_G(\vec{F}_3) = -1 \times 0,045$$

$$M_G(\vec{F}_3) = -0,045 \text{ N.m}$$

Puis j'effectue la somme algébrique des moments :

$$M_G(\vec{F}_1) + M_G(\vec{F}_2) + M_G(\vec{F}_3) = 0,038 + 0,0058 - 0,045 = -0,0012 = 0 \text{ N.m}$$

On écrit encore : $\Sigma M_G(\vec{F}) = 0 \text{ N.m}$

Σ se lit "sigma" et signifie : somme

$\Sigma M_G(\vec{F})$ signifie : somme des moments des forces par rapport à G

A retenir :

Théorème des moments : Quand un solide est en équilibre autour d'un axe fixe, la somme algébrique des moments des forces s'exerçant sur le solide est nulle.

Remarque :

Le disque utilisé a un poids d'intensité P. Que puis-je dire à propos de $MG(\vec{P})$?

$MG(P) = 0 \text{ N.m}$

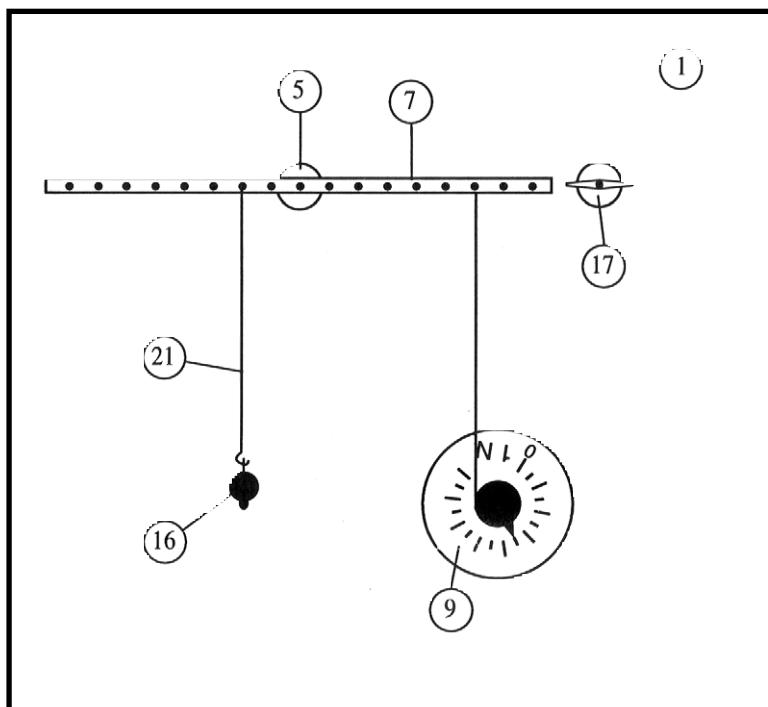
De même il existe une réaction R exercée par l'axe sur le disque. Que puis-je dire à propos de $MG(\vec{R})$?

$MG(R) = 0 \text{ N.m}$

8) Je range la matériel avec soin.

Principe du levier

Je dois réaliser :



J'utilise :

Le coffret mécastatique-TP

J'ai besoin de :

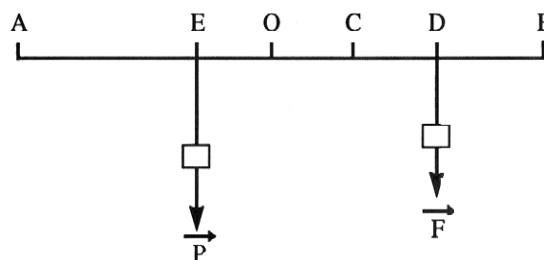
- 1. Tableau magnétique
- 5. Axe sur Aimant
- 7. Barre à trous
- 9. 1 dynamomètre calibre 1 N
- 16. Boîte de masses à crochets
- 17. Index magnétique
- 21. 1 ficelle (2 boucles)

8) Je réalise le montage de la figure 2.

9) Je positionne la barre en son milieu O et j'accroche en E, à 3 cm de O une masse de 60 g. L'intensité de son poids est :

- OC = 6 cm
- OD = 12 cm
- OB = 18 cm

$P = 0,6 \text{ N}$



10) Je réalise l'équilibre de la barre en exerçant des forces $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$, appliquées successivement en C, D et B que je mesure à l'aide du dynamomètre à 10^{-2} N près.

11) Je complète le tableau suivant :

OC = 6 cm	$F_1 = 0,3 \text{ N}$
OD = 12 cm	$F_2 = 0,15 \text{ N}$
OB = 18 cm	$F_3 = 0,10 \text{ N}$

12) En appliquant le théorème des moments, je vérifie les résultats trouvés expérimentalement.

$\text{Calcul de } F_1 = Mo(\vec{P}) + Mo(\vec{F}_1) = 0 \quad - 0,6 \times 0,03 + F_1 \times 0,06 = 0$ $0,06 \times F_1 = 0,018 \quad F_1 = \frac{0,018}{0,06}$	$F_1 = 0,3 \text{ N}$
--	-----------------------

$\text{Calcul de } F_2 = Mo(\vec{P}) + Mo(\vec{F}_2) = 0 \quad - 0,6 \times 0,03 + F_2 \times 0,12 = 0$ $0,06 \times F_2 = 0,018 \quad F_2 = \frac{0,018}{0,12}$	$F_2 = 0,15 \text{ N}$
--	------------------------

$\text{Calcul de } F_3 = Mo(\vec{P}) + Mo(\vec{F}_3) = 0 \quad - 0,6 \times 0,03 + F_3 \times 0,18 = 0$ $0,18 \times F_3 = 0,018 \quad F_3 = \frac{0,018}{0,18}$	$F_3 = 0,1 \text{ N}$
--	-----------------------

Les intensités des forces $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3$ sont plus *petites* que celle de P.
Le levier facilite le déplacement des charges.

Remarque :

Dans ce montage, la barre est soumise à quatre forces. J'en fais l'inventaire :

\vec{P}

\vec{F}

\vec{R} , la réaction de l'axe sur la barre

\vec{P}' le poids de la barre

Deux d'entre elles ont un moment nul par rapport à O.

Lesquelles ?

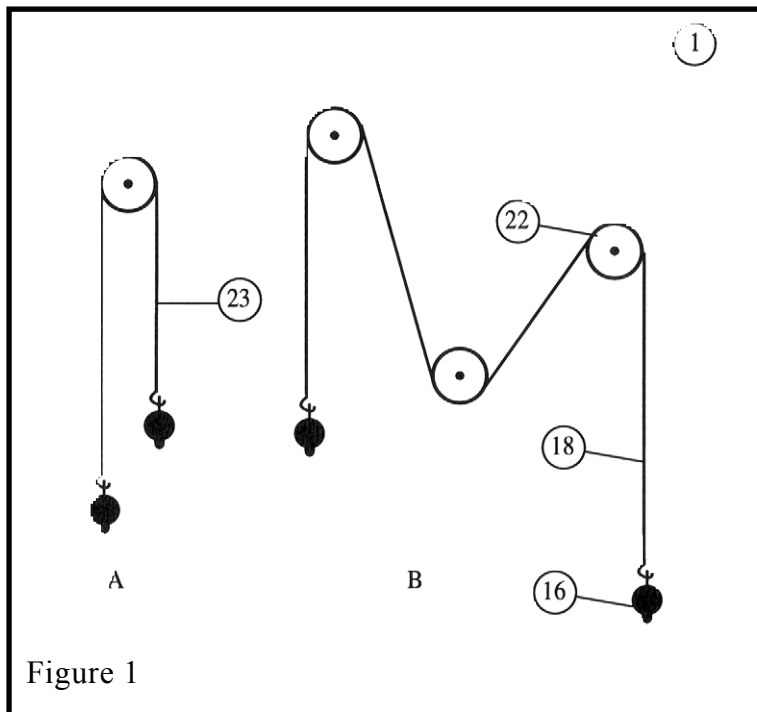
\vec{P}

\vec{R}

13) Je range le matériel avec soins.

Une application : la poulie

Je dois réaliser :



J'utilise :

le coffret mécastatique-TP

J'ai besoin de :

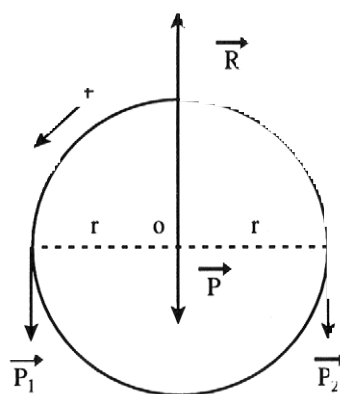
- 1. Tableau magnétique
- 9. 1 dynamomètre calibre 1 N
- 16. Boîte de masses à crochets
- 18. 1 ficelle deux boucles (80 cm)
- 22. 3 poulies aimantées
- 23. 1 ficelle deux boucles (20 cm)

Etude expérimentale :

1) Je réalise le montage A de la fig.1 : sur le brin gauche de la poulie, j'accroche une masse de 20 g et je réalise l'équilibre de la poulie ; pour cela, j'accroche sur le brin droit une masse de **20 g**

A l'équilibre, les poids qui s'exercent sur chaque brin sont donc **égaux**.

2) Je pouvais prévoir ce résultat : j'applique à la poulie le théorème des moments. Les forces appliquées à la poulie sont \vec{P}_1 , \vec{P}_2 , le poids de la poulie \vec{P} et la réaction de l'axe \vec{R} (voir figure ci-dessous).



3) Je calcule $M_o(\vec{P}_1) + M_o(\vec{P}_2) + M_o(\vec{P}) + M_o(\vec{R})$

$$M_o(P_1) + M_o(P_2) + M_o(P) + M_o(R) = P_1 \cdot r - P_2 \cdot r + 0 + 0 = 0$$

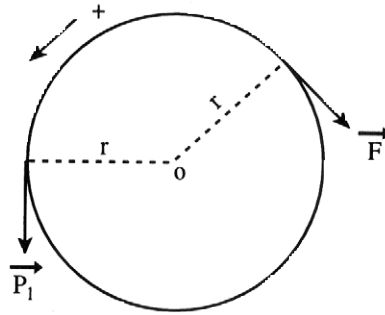
$$P_1 \cdot r = P_2 \cdot r$$

et je conclus que $P_1 = P_2$

Remarque :

Si les forces s'exerçant sur chaque brin de la poulie n'étaient pas parallèles, (voir fig. ci-dessous) j'obtiendrais le même résultat (La démarche précédente reste la même).

4) Je peux vérifier ce fait à l'aide du dynamomètre : je retire la masse accrochée au brin droit et je fixe l'extrémité du brin au crochet du dynamomètre pour mesurer l'intensité de \vec{F} .



A retenir :

La poulie permet de modifier la direction d'une force sans modifier son intensité.

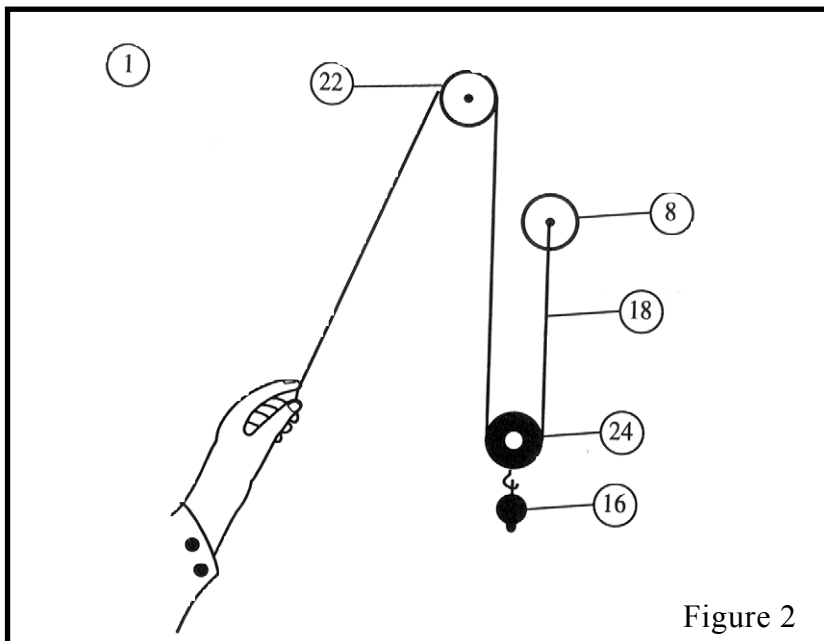
Application :

5) Je réalise le montage B de la fig.1 et vérifie que sous l'action de deux forces égales, l'ensemble reste en équilibre quelles que soient les positions des poulies (je choisis deux masses quelconques égales).

La poulie mobile

Je dois réaliser :

J'utilise le coffret mécastatique TP



J'ai besoin de :

- 1. Tableau magnétique
- 8. Axe sur Aimant
- 9. 1 dynamomètre calibre 1 N
- 16. Boîte de masses à crochets
- 18. 1 ficelle
- 2 boucles pour poulies : 80 cm
- 22. 1 poulie aimantée
- 24. 1 poulie mobile sur chape

6) Je réalise le montage de la fig. 2

7) Je suspends au crochet de la poulie mobile une charge de masse 30 g et je mesure à l'aide du dynamomètre l'intensité du poids de l'ensemble (poulie + charge). Je lis : $P = 1 \text{ N}$

8) J'exerce sur le brin de la poulie fixe une force \vec{F}_1 permettant de réaliser l'équilibre.

9) Je mesure son intensité à l'aide du dynamomètre : $F_1 = 0,5 \text{ N}$

10) Je compare alors F_1 et P : $F_1 = \frac{P}{2}$

Remarque :

Si je déplace le point d'application de F_1 d'une longueur l , je constate que la poulie mobile se déplace d'une longueur $l/2$

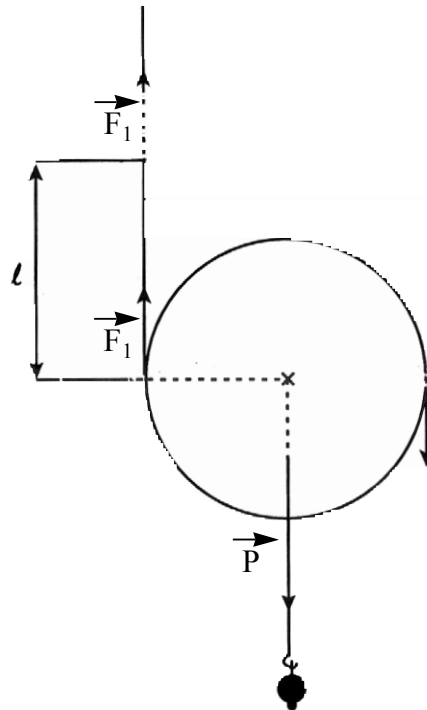


Figure 3

11) Je range le matériel avec soin.

Forces pressantes et pressions exercées par les liquides au repos

Je dois réaliser :

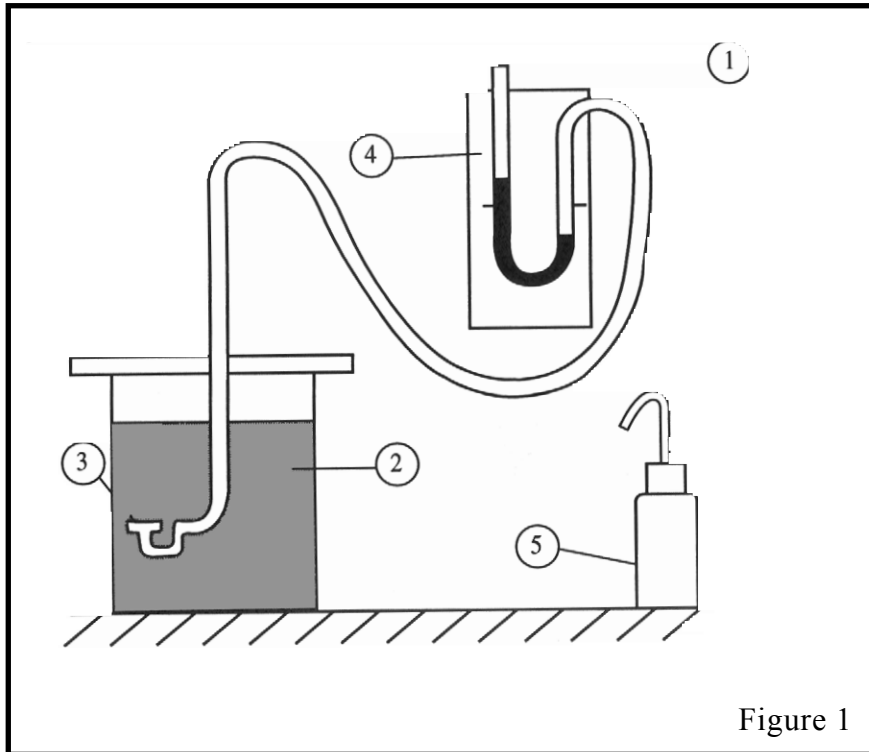


Figure 1

J'utilise :

le coffret hydrostatique TP

J'ai besoin de :

1. Tableau magnétique
2. Cuve cylindrique
3. Capsule manométrique pivotante et son support
4. Tube en U sur aimant et son tuyau souple
5. Pissette

Etude expérimentale

- 1) Je fixe le tube en U sur le tableau
- 2) A l'aide de la pissette, je remplis d'eau jusqu'au repère
- 3) Je fixe le tuyau souple sur la capsule manométrique
- 4) A l'aide du pouce, j'exerce, en douceur, une force sur la membrane de la capsule. Je fais la constatation suivante :

Dénivellation du liquide dans le tube en U.

Remarque : lorsqu'une force n'est pas appliquée en un point mais répartie sur une surface, on dit que c'est une **force pressante**. La force que j'exerce avec le pouce sur la membrane est une force pressante.

- 5) Je remplis d'eau la cuve jusqu'au repère 3000.
- 6) Je fixe la tige de la capsule manométrique sur son support.
- 7) Je positionne la capsule dans la cuve (voir fig. 1). Je fais la constatation suivante :

Dénivellation du liquide dans le tube en U.

Conclusion :

L'eau exerce une force pressante sur la membrane.

Rappel :

La pression est le quotient de l'intensité de la force pressante par l'aire de la surface pressée : elle est donnée par la formule :

$$p = \frac{F}{S}$$

(Pa) (N) (m²)

Ainsi, l'eau de la cuve exerce une pression sur la surface de la membrane.

8) Je fais varier la profondeur de la capsule et je fais la constatation suivante :

La pression augmente avec la profondeur.

9) En maintenant la capsule à la même profondeur je fais varier sa position en la déplaçant horizontalement puis en changeant son orientation.

Je fais la constatation suivante :

La pression reste la même

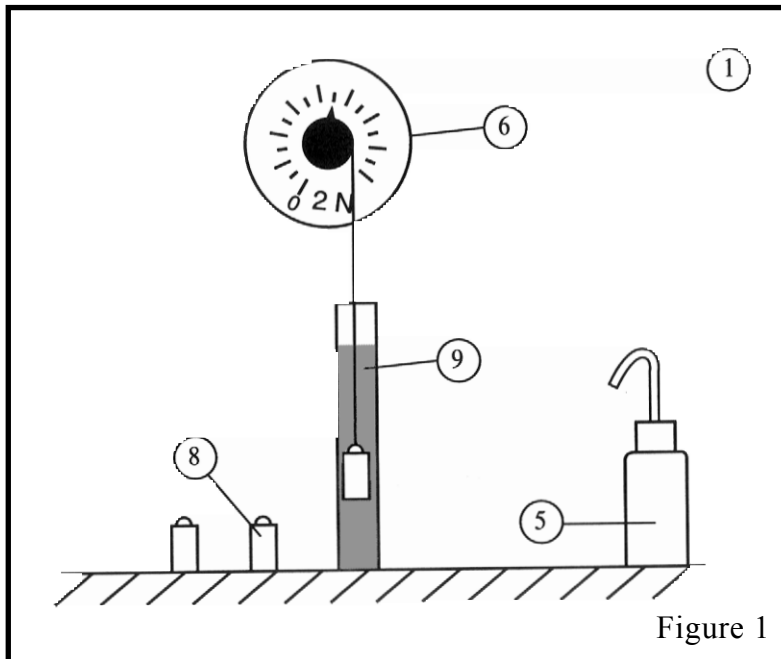
A retenir :

Dans un liquide au repos, la pression augmente avec la profondeur. Elle est la même en tous les points d'un même plan horizontal. Elle est indépendante de l'orientation de la surface pressée.

10) Je range la matériel avec soin.

Poussée d'Archimède

Je dois réaliser :



J'utilise :

le coffret hydrostatique TP

J'ai besoin de :

1. Tableau magnétique
5. Pissette
6. Dynamomètre calibre 2N
7. Boîte de masses à crochets
8. 3 solides de même volume
9. Réservoir gradué en mm et ml

Etude expérimentale :

1) Je suspends le solide en laiton au dynamomètre de calibre 2 N et relève la valeur indiquée : $P = 1,26 \text{ N}$ (à 10^{-2} N près)

2) Je remplis d'eau le réservoir gradué jusqu'à la graduation 200 ml (pour plus de précision je termine le remplissage à l'aide d'une pissette), puis j'immerge le solide (voir cliché). Je relève alors la valeur indiquée par le dynamomètre : $P' = 1,13 \text{ N}$ (à 10^{-2} N près).

3) Je fais la constatation suivante :

A	Le solide immergé subit une poussée de direction <i>verticale</i> dont le sens est <i>vers le haut</i> et dont l'intensité est $F = 0,13 \text{ N}$.
----------	---

4) Je relève le niveau de l'eau du réservoir : 213 ml. Le volume d'eau déplacée par le solide est donc $V : 13 \text{ ml}$

5) Je calcule le poids du volume d'eau déplacée. (Poids volumique de l'eau : 9800 N.m^{-3})
 13 ml pèsent $0,013 \times 9,8 = 0,127 \text{ N}$.

6) La poussée subie par le solide immergé est (voir A) : $F = 0,13 \text{ N}$

7) Je compare F et P1 :

Aux erreurs d'expérience près, je constate que $F = P_1$

8) Je fais la constatation suivante :

B	L'intensité de la poussée subie par le solide immergé est <i>égale</i> au poids du volume d'eau déplacée.
----------	---

9) Je refais l'expérience **avec les solides de même volume**, une première fois avec le solide en aluminium, une deuxième fois avec le solide en plastique : je recommence les deux premières opérations et complète le tableau ci-dessous :

	Nature du solide	Poids P en N	Poids P' du solide immergé en N	Poussée $F = P - P'$	Volume du solide
Tableau n°1	Laiton	1,26	1,13	0,13	V
	Aluminium	0,44	0,21	0,12	V
	Plastique	0,20	0,07	0,13	V

Je fais la constatation suivante :

Pour un même volume, les corps immergés de poids **différents** subissent une poussée **identique**.

A retenir : Principe d'Archimède

Un solide immergé subit une poussée de direction verticale, dirigée vers le haut dont l'intensité est égale au poids du volume de liquide déplacé.

Remarques :

a) Le solide en plastique et la masse marquée de 20 g exercent le même poids : $P = 0,20 \text{ N}$

Ont-ils le même volume ? **Non**

Je recommence les deux premières opérations avec cette masse marquée et complète le tableau suivant :

	Nature du solide	Poids P en N	Poids P' du solide immergé en N	Poussée $F = P - P'$	Volume du solide
Tableau n°2	Plastique	0,20	0,07	0,13	V
	Masse marquée	0,20	0,18	0,09	$V' \neq V$

Des corps immergés de même poids mais de volume **différent** subissent des poussées **différentes**.

b) La poussée d'Archimède dépend-elle de la profondeur d'immersion du solide ?

Non

10) Je range le matériel avec soin.

Relation fondamentale de l'hydrostatique

Je dois réaliser :

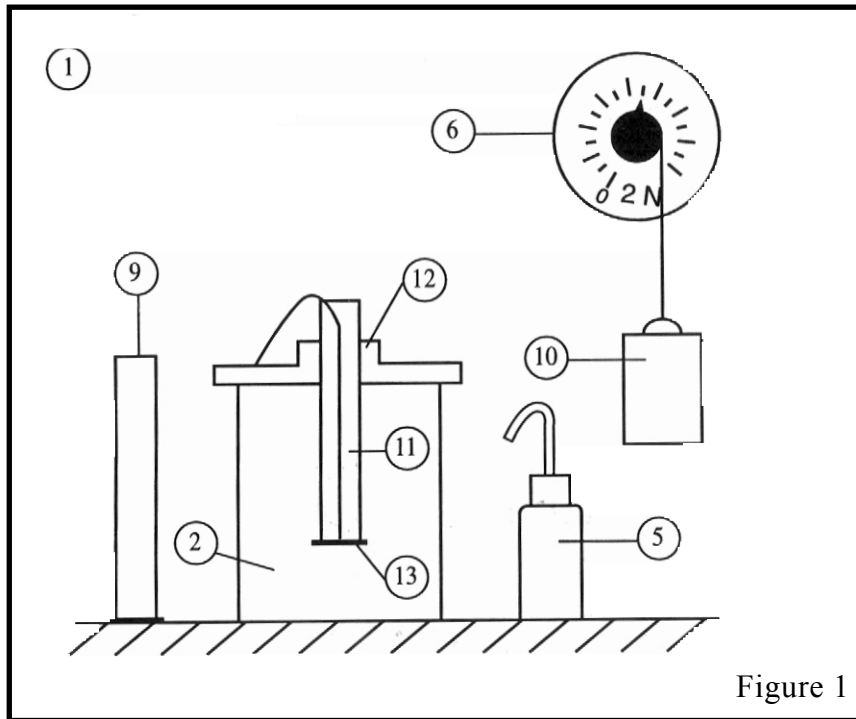


Figure 1

J'utilise le coffret hydrostatique TP

J'ai besoin de :

1. Tableau magnétique
2. Cuve cylindrique
5. Pissette
6. 1 dynamomètre calibre 2 N
9. Réservoir gradué en mm et ml
10. Sac plastique
11. Tube gradué en mm
12. Support de tube
13. Obturateur
14. Réservoir gradué en mm

Etude expérimentale

- 1) Je remplis d'eau la cuve jusqu'au repère 2400 (environ)
- 2) Je fixe le tube sur son support et le positionne sur le repère 130 mm
- 3) Je mets en place l'obturateur sous le tube et le maintiens en position par l'intermédiaire du fil
- 4) Je place l'ensemble tube et obturateur au-dessus de la cuve (voir fig. 2)
- 5) Je lâche le fil de l'obturateur et fais la constatation suivante :
L'obturateur reste en place

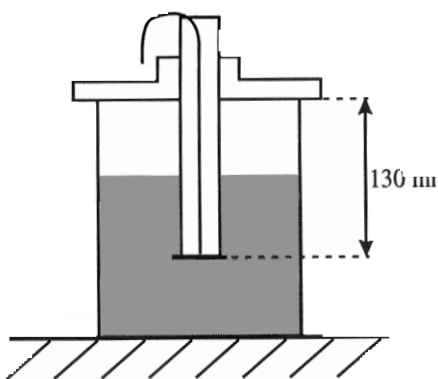


Figure 2

- 6) Je remplis le tube d'eau à l'aide du réservoir en arrêtant cette opération environ 1 cm au-dessous du niveau de l'eau contenue dans la cuve (voir fig. 3)
- 7) Je relève sur la graduation du tube la profondeur de l'obturateur.

$$h_1 = 8 \text{ cm}$$

- 8) A l'aide de la pissette, je remplis d'eau le tube jusqu'à ce que cette eau soit au même niveau que celle de la cuve. Je fais la constatation suivante :

L'obturateur tombe.

Conclusion :

La force qui maintenait l'obturateur en position est égale au poids de l'eau contenue dans le tube. Afin de connaître l'intensité de cette force, il me suffit de déterminer le poids de cette eau.

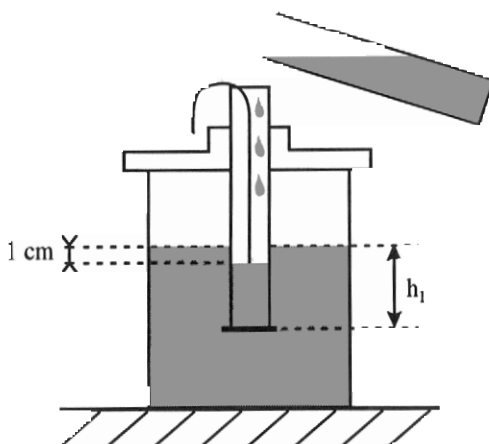


Figure 3

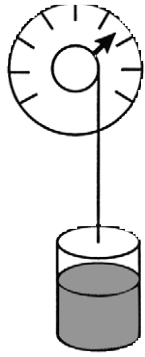


Figure 4

9) Pour cela, je remplis d'eau le réservoir jusqu'à la valeur h_1 (déterminée au 7)

10) J'accroche le sac plastique au dynamomètre que je règle au zéro pour négliger le poids du sac ; je verse l'eau du réservoir dans le sac (voir fig. 4)

11) Je relève la valeur indiquée par le dynamomètre à 10^{-2} N près ; le poids de l'eau est : $P = 1,20$ N

L'intensité de la force pressante exercée par l'eau dans la cuve quand l'obturateur est situé à la profondeur $h_1 = 8$ cm est égale à P , soit $F_1 = 1,20$ N

12) Je recherche maintenant à déterminer l'intensité de la force pressante F_2 exercée par l'eau de la cuve quand l'obturateur est situé à la profondeur h_2 (remarque : je ne modifie pas la nouvelle quantité d'eau obtenue dans la cuve).

13) A cet effet, je positionne le support de tube sur le repère 170 mm indiqué sur le tube.

14) En utilisant la même démarche expérimentale que précédemment,

je mesure h_2 (voir fig.5)

$$h_2 = 13,3 \text{ cm}$$

et je détermine F_2 à 10^{-2} N près

$$F_2 = 1,90 \text{ N}$$

15) Je mesure le diamètre intérieur du tube : $d = 42$ mm et calcule sa surface de base.

$$S = \pi \frac{d^2}{4} \quad S = \pi \times \frac{(42 \cdot 10^{-3})^2}{4}$$

$$S = \pi \times \frac{1764 \cdot 10^{-6}}{4} = 1385 \cdot 10^{-6}$$

$$S = 1385 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

16) Je calcule P_A et P_B

$$\text{Rappel : } P = \frac{F(N)}{S(\text{m}^2)} \quad (\text{Pa})$$

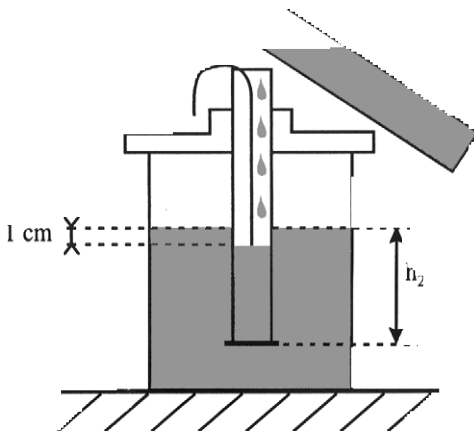
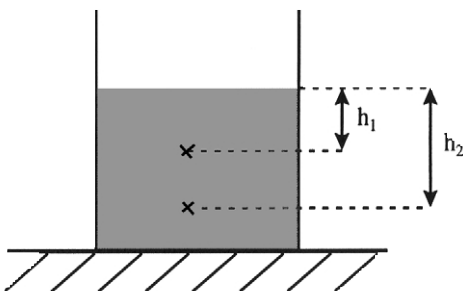


Figure 5



$P_A = \frac{F_2}{S}$	$P_A = \frac{1,90}{1385 \cdot 10^{-6}}$	$P_A = 1372$	$P_A = 1372 \text{ Pa}$
$P_B = \frac{F_1}{S}$	$P_B = \frac{1,20}{1385 \cdot 10^{-6}}$	$P_B = 866$	$P_B = 866 \text{ Pa}$

Rappel : Le poids volumique de l'eau est $\omega = 9810 \text{ N.m}^{-3}$

1

et $P_A - P_B = 506 \text{ Pa}$

17) Je calcule la différence des niveaux : $h = h_2 - h_1$

$h = 5,3 \text{ cm}$ et j'effectue le produit $\omega \cdot h$

2

$$9810 \times 5,3 \cdot 10^{-2}$$

$$\omega \cdot h = 520 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$$

18) Enfin, je compare les résultats 1 et 2 : Aux erreurs d'expérience près, je constate que :

$$P_A - P_B = \omega \cdot h$$

A retenir :

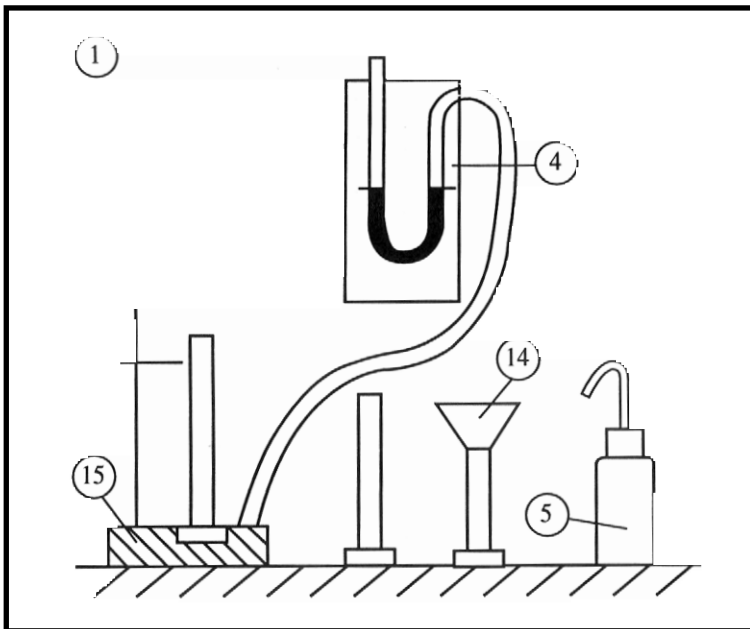
La différence des pression entre deux points d'un liquide au repos a pour mesure le produit du poids volumique du liquide par la différence de niveaux des deux points.

$$\underbrace{P_A - P_B}_{(\text{Pa})} = \underbrace{\omega \cdot h}_{(\text{N} \cdot \text{m}^{-3})} \quad (\text{m})$$

19) Je range le matériel avec soin.

PARADOXE DE PASCAL

Je dois réaliser



J'utilise le coffret hydrostatique TP

J'ai besoin de :

1. Tableau magnétique
4. Tube en U sur aimant et son tuyau souple
5. Pissette
14. 3 vases de formes différentes
15. Capsule manométrique sur support

Etude expérimentale :

Je remarque que les fonds des trois vases ont des aires égales : $S_1 = S_2 = S_3$. Je réalise le montage de la figure 1 de la façon suivante :

- 1) Je fixe le tube en U sur le tableau magnétique
- 2) A l'aide de la pissette, je le remplis d'eau jusqu'au repère indiqué
- 3) Je raccorde le tuyau souple au support de la capsule
- 4) Je positionne le vase de plus petit volume dans le support de la capsule
- 5) Je le remplis d'eau jusqu'à un niveau que je repère à l'aide de l'index.

6) Je lis alors la variation de la hauteur de l'eau par rapport au zéro de la graduation (cette variation est due à la force pressante exercée par le liquide).

7) Je fais la même manipulation en utilisant le vase de volume moyen, puis celui de plus grand volume (avec entonnoir) **en les remplissant de la même hauteur d'eau (que je repère à l'aide de l'index). Je fais la constatation suivante :**

La dénivellation est la même dans tous les cas.

A retenir :

La force pressante exercée sur une surface immergée est indépendante de la masse totale du liquide et de la forme du récipient.

8) Je pouvais prévoir ce résultat : j'explique pourquoi en m'inspirant du TP précédent :

En effet : $P_A - P_B = \omega \cdot h$ la pression ne dépend que de la nature du liquide et la hauteur de celui-ci.

Elle est indépendante du volume.

9) Je range le matériel avec soin.