Auteurs :

Valère AGUIDA,

Technicien Supérieur en Réseaux Informatiques et Télécommunications

Maître ès Sciences Physiques, Option Physique,

Professeur Certifié des SPCT

95279400/66444916

Alexandre G. AMOUSSOU,

Technicien Supérieur en Réseaux Informatiques et Télécommunications

Maître ès Sciences Physiques, Option Physique,

Professeur Certifié des SPCT

95864555/96681666

Benoît C. OGAN,

Maître ès Sciences Biochimie,

Professeur Certifié des SPCT

DESS en Aménagement Gestion des Ressources Naturelles

93090453 /66407556

Falilou OSSENI,

Maître ès Sciences Physiques, Option Chimie,

Professeur Certifié des SPCT,

Conseiller Pédagogique

97390348/90049233

ISBN : N° 978-99919-69-52-7 Dépôt légal : N° 3964 du 28 octobre 2008, 4ème trimestre, Bibliothèque Nationale, République du Bénin

Site web : www.sciencesdemystifiees.com **Notre e-mail : valamourg@gmail.com**

Remerciements

Nous remercions très sincèrement toutes les personnes dont le concours a été précieux dans la réalisation du présent ouvrage. Il s'agit principalement :

- de **Houssou C. ZANNOU KPITI,** *Inspecteur,* qui, malgré ses multiples occupations a accepté diriger ce travail ;

- de **Fructueux S. AHO**, ex-*Proviseur* du Lycée Technique Coulibaly pour ses conseils et soutiens dans la réalisation de cet ouvrage ;

- de nos collègues des Lycées et collèges pour leurs critiques et suggestions.

A l'Eternel, nous dédions cet ouvrage.

ELEVE

ETABLISSEMENT :………………………………………

NOM :……………………………………………

PRENOMS :………………………………………………

TELEPHONE :...

Contrat didactique :

1. ………………………………………
2. ………………………………………..
3. ………………………………………..
4. ………………………………………..

PROFESSEUR

NOM :………………………………………

PRENOMS :………………………………………

TEL.......................................

AVANT –PROPOS

Cet ouvrage, conforme aux programmes des classes de Premières F et EA (Eau et Assainissement) est d'une grande utilité aux élèves en classe de Premières F_2, F_3, F_4 et EA en Sciences Techniques Industrielles (STI).

Pour répondre aux exigences des Sciences Techniques Industrielles et des nouveaux programmes des classes de Premières, il est évident que « Le GUIDE DU TECHNICIEN », fasse son apparition pour régler le problème de certaines disparités observées dans l'exécution des programmes d'études des Sciences Physiques dans les séries industrielles.

Les chapitres sont regroupés par thèmes et en activités. La participation active des apprenants qui est attendue est un facteur privilégié dans la démarche pédagogique utilisée.

Ce manuel renferme :

- des modèles d'activités suivies d'applications directes du cours ;
- un choix judicieux d'exercices et problèmes de consolidation.

Nous espérons que ce manuel répondra au mieux à l'attente et aux besoins des enseignants et apprenants.

Nous remercions tous les acteurs de l'ETFP qui ont contribué de différentes façons à la parution du présent ouvrage.

Nous remercions d'avance tous les acteurs de l'éducation qui voudraient bien nous faire part de leurs remarques, critiques et suggestions afin d'améliorer les prochaines parutions du "GUIDE du TECHNICIEN".

Les auteurs

PREFACE

Cet ouvrage " LE GUIDE du TECHNICIEN " vient résoudre l'insuffisance de manuel adéquat en Sciences Physiques dans l'Enseignement Technique et la Formation Professionnelle option Sciences Techniques Industrielles (STI).

Il répond au souci des apprenants de l'Enseignement Technique et la Formation professionnelle qui, quotidiennement, recherchent un document d'appui lors de leurs apprentissages.

Cet ouvrage constitue, non seulement un support de cours facilitant l'apprentissage aux apprenants des classes de Premières F,I et EA , mais aussi un cahier d'activités leur permettant de mesurer leurs connaissances, habiletés et attitudes.

A travers son contenu, les auteurs se proposent d'atteindre quelques objectifs :

- faire établir un lien permanent entre les concepts et leurs applications immédiates dans la vie active ;
- éveiller la curiosité intellectuelle de l'apprenant et sa contribution active aux activités menées au cours du processus d'apprentissage.
- offrir à tous les utilisateurs, un puissant outil de travail pour l'enseignement/apprentissage/évaluation des SPCT.

Houssou C. ZANNOU KPITI

PROGRAMMES

- **PROGRAMME DE SCIENCES PHYSIQUES DANS LES CLASSES DE PREMIERES F2-F_3-F_4**

1. VECTEURS ET LEURS PROJECTIONS

Opération sur les vecteurs (produits scalaires, produit vectoriel …)

2. STATIQUE

a) Les méthodes de la statique ; isolement, inventaire des actions, modélisation

b) Les cas particuliers d'équilibre

c) Application des lois générales à des systèmes soumis à des actions mécaniques dont les modèles peuvent être coplanaires

- Etude des actions de contact
- Etat de surface de matériaux : adhérence et frottement
- Analyse mécanique des liaisons, modélisation en projection sur un plan des principaux types
- Conditions nécessaires pour qu'un problème soit statiquement déterminé
- Les algorithmes de résolution : algébriques, graphiques

d) Application des lois générales en projection à des systèmes soumis dans l'espace à des liaisons modélisables chacune par un glisseur

e) Recherche du centre de gravité

NB : L'étude de la mécanique aux mécanismes fonctionnels simples comportant au plus 3 pièces.

3. CINEMATIQUE

a) Mouvement d'un solide

Etude limité au mouvement de rotation autour d'un axe fixe, au mouvement de translation rectiligne ou curviligne. Trajectoire d'un point quelconque

Vecteur vitesse et vecteur accélération d'un point d'un solide animé d'un mouvement de rotation et d'un mouvement de translation rectiligne ; différentes lois de mouvements en fonction du temps.

Champ des vecteurs vitesse des solides dans les mouvements précédents

Champ des vecteurs accélération dans le cas de rotation et de translation

b) Cas particuliers des mouvements plans

Positions par rapport à un repère donné ; centre instantané de rotation

Champ des vecteurs vitesses ; équiprojectivité

4. RESISTANCE DES MATERIAUX

a) Objet et méthode de la résistance des matériaux

b) Interprétation des résultats d'essais des matériaux (traction, dureté, résilience, fatigue)

c) Relations entre les efforts, les contraintes et les déformations subis par une poutre sollicitée en extension, en compression, au cisaillement.

5. OPTIQUE GEOMETRIQUE (sauf PREMIERE F_2)

a) Propagation rectiligne de la lumière

b) Réflexion de la lumière, miroir plan

c) Réfraction de la lumière

d) Les lentilles minces

- **PROGRAMME DE PHYSIQUE DE PREMEIRE EA**

COMPETENCE : Poser les conduites, les matériels hydrauliques et implanter les châteaux d'eau

OBJECTIFS SPECIFIQUES	CONTENU
*Définir la vitesse moyenne et le vecteur vitesse avec ses caractéristiques *Définir le débit moyen d'eau en partant de la vitesse moyenne *Exprimer la loi horaire d'un mouvement rectiligne et celle d'un mouvement circulaire uniforme *Etablir l'expression du travail d'une force constante. * Etablir l'expression du travail d'une force du poids d'un corps *Exprimer le moment d'une force par rapport à un axe fixe de rotation *Exprimer le travail de forces agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe *Définir et exprimer la puissance d'une force constante *Exprimer la puissance moyenne et la puissance instantanée *Calculer le rendement à partir du travail fourni et du travail utile d'une part et à partir de la puissance utile d'autre part *Appliquer le principe d'inertie au travail et la puissance *définir et exprimer l'énergie cinétique (translation et rotation) *Enoncer le théorème de l'énergie cinétique *Définir et exprimer l'énergie potentielle de pesanteur *Calculer l'énergie potentielle dans le cas d'un château d'eau, de chutes d'eau	**1-Cinématique du point** 1.1-Vitesse moyenne – vitesse Débit moyen d'eau 1.2- Loi horaire d'un mouvement rectiligne uniforme 1.2- Loi horaire d'un mouvement circulaire uniforme **2-travail** 2.1-Travail d'une force constante – travail du poids d'un corps (cas des chutes d'eau) 2.2-Moment d'une force par rapport à un axe fixe de rotation 2.3-Travail des forces agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe **3-puissance** 3.1-Puissance d'une force constante : Définition et expression 3.2-Puissance moyenne – puissance instantanée 3.3-rendement et application du principe d'inertie : travail et puissance 4-Energie 4.1-Energie cinétique et théorème de l'énergie cinétique 4.2-Energie potentielle de pesanteur 4.3-différentes formes d'énergie 4.4-Equation de Bernoulli – théorème de tunicelle 5-Gaz parfaits 5.1-Forces pesanteurs – pression et mesure de pression : application à l'eau 5.2-Pression hydraulique 5.3-Equation d'Etat des gaz parfaits 5.4-Tube de Pitot

*Etablir la relation entre Epp et $W(\vec{P})$ et l'appliquer aux points d'eau *Citer les différentes formes d'énergie notamment : énergie mécanique, éolienne, énergie solaire, énergie chimique, énergie électrique et l'énergie thermique (quantité de chaleur-équilibre thermique-chaleur latentes) *Etablir l'équation de Bernoulli et en déduire le théorème de Torricelli *Définir et exprimer les forces pressantes, la pression *Appliquer les forces pressantes et la pression à l'eau *Définir les presses hydrauliques *Etablir l'équation d'Etat des gaz parfait : PV= nRT *Présenter le tube de Pitot et l'utiliser dans le calcul de la vitesse de l'eau *Enoncer le principe des vases communicants et l'appliquer dans le transport et la distribution de l'eau	5.5- Vases communicants

SOMMAIRE

1. VECTEURS ET LEURS PROJECTIONS

✂...

Situation-problème

Le vecteur permet, en physique, de modéliser des grandeurs qui ne peuvent être complètement définies par un nombre ou une fonction numérique seuls. Par exemple, pour préciser un déplacement, une vitesse, une force ou un champ électrique, la direction et le sens sont indispensables. Les vecteurs s'opposent donc aux grandeurs scalaires décrites par un simple nombre, comme la masse, la température, etc.

Qu'est-ce que le produit scalaire ?
Qu'est –ce que le produit vectoriel ?

✂...

Activité 1 : Opérations sur les vecteurs

Quand on manipule des vecteurs, on utilise le mot « scalaire » à la place de « nombre réel ». Les scalaires sont souvent désignés par une lettre grecque. L'addition des vecteurs a des propriétés semblables à celles de l'addition des nombres. Complète les égalités suivantes :

1.1) Addition des vecteurs : soient $\vec{u}, \vec{v}$ et $\vec{w}$ trois vecteurs :

a) $\vec{u} + \vec{v} = \cdots$
b) $\vec{u} + \vec{v} + \vec{w} = \cdots$
c) $\vec{v} + \vec{0} = \cdots$
d) $\vec{u} + (-\vec{v}) = \cdots$
e) $\vec{v} - (\vec{w}) = \cdots$

1.2) La multiplication : Soient α et β deux scalaires.

a) $\alpha\,(\vec{u} + \vec{v}) = \cdots$ b) $(\alpha + \beta)\,\vec{v} = \cdots$
c) $\alpha\,(\beta\vec{v}) = \cdots$ d) $1\,\vec{v} = \cdots$ e) $0\,\vec{V} = \cdots$

1.3) Relation de Chasles : Soient A, B et C trois points d'un espace affine

a) $\overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BC} = \cdots$ b) $\overrightarrow{AB} = -\cdots$

✂...

Application 1

Réduis les expressions suivantes :

1) $\vec{A} = -2\vec{u} + 3\vec{v} - 2\vec{w} + 3\vec{u} - 5\vec{v} + 2\vec{w}$
2) $\vec{B} = 6\vec{u} - 12\vec{v} - 2\vec{w} - 3\vec{u} + 6\vec{v} + 2\vec{w}$
3) Déduis que $\vec{A}$ et $\vec{B}$ sont colinéaires.
4) Simplifie au maximum les expressions suivantes en utilisant la relation de Chasles.
   a) $\vec{U} = \overrightarrow{AC} - \overrightarrow{BD} - \overrightarrow{AB}$
   b) $\vec{V} = 3\overrightarrow{AB} + 2\overrightarrow{BC} - \overrightarrow{DB}$
5) Soient $\vec{u}(a; b)$ et $\vec{v}(c; d)$ deux vecteurs dans la base $(\vec{i}, \vec{j})$ et λ un scalaire :
   Calculer : $\vec{u} + \vec{v}$; $\vec{u} - \vec{v}$; $\lambda\vec{v}$

Activité 2 : La norme d'un vecteur

2.1) Si $\vec{v}$ est un vecteur, on utilise le symbole $\|\vec{v}\|$ pour représenter la norme de $\vec{v}$. Soit λ un scalaire, complète les égalités et inégalités suivantes :

a) $\|\vec{v}\| \dots\dots 0$

b) $\|\vec{v}\| = 0$ si et seulement si $\vec{v} = \cdots$

c) $\|-\vec{v}\| = \cdots$

d) $\|\overrightarrow{\lambda v}\| = \cdots \|\vec{v}\|$

e) $\|\overrightarrow{v + w}\| \dots\dots \|\vec{v}\| + \|\vec{w}\|$ (inégalité du triangle)

2.2) $\vec{v}$ est qualifié de vecteur unité (ou unitaire) si $\|\vec{v}\| = \cdots$

2.3) Si $\vec{v}(a; b)$ dans un système orthonormé alors $\|\vec{v}\| = \cdots$

✂...

Application 2

1) Effectue les calculs ci-dessous en utilisant $\vec{v}\begin{pmatrix} 3 \\ -5 \end{pmatrix}$ et $\vec{w}\begin{pmatrix} -2 \\ 3 \end{pmatrix}$

a) $\|\vec{v} - \vec{w}\|$

b) $\|\vec{v}\| - \|\vec{w}\|$

c) Le vecteur unité de direction $\vec{v}$

2) Trouvez un vecteur $\vec{v}$ dont la norme est égale à 4 et dont la composante dans la direction $\vec{i}$ est deux fois plus grande que la composante dans la direction $\vec{j}$

✂...

Activité 3 : Produit scalaire

Le produit scalaire de deux vecteurs est un nombre réel que l'on peut calculer de diverses façons. C'est cette diversité qui en fait un outil puissant.

Le produit scalaire de $\vec{u}$ et $\vec{v}$ est le nombre réel, noté : $\vec{u}.\vec{v}$, lire (« $\vec{u}$ scalaire » $\vec{v}$) défini par : $\vec{u}.\vec{v} = \frac{1}{2}(\|\vec{u} + \vec{v}\|^2 - \|\vec{u}\|^2 - \|\vec{v}\|^2)$

3.1) Soit $\vec{u}\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ et $\vec{v}\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}$ deux vecteurs du plan :

a) Calculer $\vec{u}^2$ et $\|\vec{u}\|^2$ puis conclus.

b) Démontrer que : $\vec{u}.\vec{v} = xx' + yy'$

On posera : $\vec{i}^2 = \vec{j}^2 = 1$ et $\vec{i}.\vec{j} = \vec{j}.\vec{i} = 0$

3.2) On considère un repère orthonormé $(O;\ \vec{i}, \vec{j})$, tel que $\vec{i}$ et $\overrightarrow{OA}$ soient colinéaires de même sens. La demi –droite $[O, B)$ coupe le cercle trigonométrique de centre O en un point M. On pose :

$\overrightarrow{OA} = \vec{u}$ et $\overrightarrow{OB} = \vec{v}$; $(\vec{i}, \overrightarrow{OB}) = (\vec{u}, \vec{v}) = \alpha$.

a) Fais une figure

b) Détermine les coordonnées des vecteurs $\vec{u}$ et $\vec{v}$ dans la base $(\vec{i}, \vec{j})$

c) Démontrer que $\vec{u}.\vec{v} = \|\vec{u}\|\|\vec{v}\|\cos\alpha$

d) On pose $(\vec{u}, \vec{v}) = 90°$. Calcule $\vec{u}.\vec{v}$. Que dis-tu des deux vecteurs ?

3.3) Calcule : $\|\vec{i}\|$, $\|\vec{j}\|$ et $\vec{i}.\vec{j}$; Que dire de la base $(\vec{i}, \vec{j})$? généralise le résultat.

Application 3

1) Calculer le produit scalaire $\vec{v}.\vec{w}$ et l'angle aigu entre $\vec{v}$ et $\vec{w}$
 a) $\vec{v} = \vec{i} + \vec{j}$ et $\vec{w} = \vec{i} - \vec{j}$;
 b) $\vec{v} = 3\vec{i} - 4\vec{j}$ et $\vec{w} = \vec{i} - \vec{j}$
2) Trouvez le réel a tel que $\vec{v} = a\vec{i} - \vec{j}$ et $\vec{w} = 2\vec{i} + 3\vec{j}$ soient orthogonaux.
3) On donne dans la base orthonormée $(\vec{i}, \vec{j})$, les vecteurs $\vec{u}(1; 2)$ et $\vec{v}(3; 4)$. Déterminer λ pour que $\lambda\vec{u} + \vec{v}$ et $\lambda\vec{u} - \vec{v}$ soient orthogonaux.

✂...

3.4) Complète les propriétés suivantes sur le produit scalaire :
 a) $\vec{u}.\vec{v} = \cdots$
 b) $\vec{u}.(\vec{v} + \vec{w}) = \cdots$
 c) $\vec{u}.\vec{u} = \|\vec{u}\|^{\cdots}$
 d) $\vec{0}.\vec{v} = \ldots.$
 e) $(\lambda\vec{u}).\vec{v} = \cdots$

3.5) Recherche les identités remarquables suivantes :
 a) $(\vec{u} + \vec{v})^2$
 b) $(\vec{u} - \vec{v})^2$
 c) $(\vec{u} + \vec{v})(\vec{u} - \vec{v})$

✂...

Activité 4 : Produit vectoriel

Le produit vectoriel est une opération vectorielle effectuée dans les espaces euclidiens orientés de dimension 3.

Soient deux vecteurs $\vec{u}$ et $\vec{v}$ formant un angle α. Par définition le produit vectoriel de $\vec{u}$ et $\vec{v}$ est le vecteur $\vec{u} \wedge \vec{v}$, lire (« $\vec{u}$ cros » $\vec{v}$) tel que :

- La direction de $\vec{u} \wedge \vec{v}$ est orthogonal à chacun des deux vecteurs $\vec{u}$ et $\vec{v}$.
- La base $(\vec{u}, \vec{v}, \vec{u} \wedge \vec{v})$ est orthonormée directe.
- La norme de $\vec{u} \wedge \vec{v}$ est égale à l'aire du parallélogramme construit sur $\vec{u}$ et $\vec{v}$.

4.1) Donne une représentation de $\vec{u} \wedge \vec{v}$

4.2) Exprimer $\|\vec{u} \wedge \vec{v}\|$

4.3) Que devient $\vec{u} \wedge \vec{v}$ lorsque $\vec{u}$ et $\vec{v}$ sont colinéaires.

4.4) Calculer $\|\vec{u} \wedge \vec{v}\|$ avec $\|\vec{u}\| = 6$; $\|\vec{v}\| = 5$ et $(\vec{u}, \vec{v}) = 30°$

✂...

$$\begin{vmatrix} \vec{i} & a_1 & b_1 \\ \vec{j} & a_2 & b_2 \\ \vec{k} & a_3 & b_3 \end{vmatrix}$$

4.5) Soient une base orthonormée $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ avec $\vec{u}\,(a_1, a_2, a_3)$ et $\vec{v}\,(b_1, b_2, b_3)$

Déterminer les composantes de $\vec{u} \wedge \vec{v}$ dans la base $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$.

On pourra utiliser le truc mnémotechnique du «déterminant» ci-contre.

4.6) On donne: $\vec{u}\,(4\,;\,-1\,;\,2)$ et $\vec{v}\,(1\,;5\,;1)$

Calculer et comparer $\vec{u} \wedge \vec{v}$ et $\vec{v} \wedge \vec{u}$

EXERCICES DE CONSOLIDATION

EXERICE 1

1) Soit $\vec{u}$ et $\vec{v}$ deux vecteurs tels que : $\|\vec{u}\| = \sqrt{2}$; $\|\vec{v}\| = 2$ et $\text{mes}(\vec{u},\vec{v}) = 45°$.
   Calculer :

   $A = \vec{u}.(2\vec{u} - \vec{v})$; $B = (\vec{u} + \vec{v})^2$;

   $C = (\vec{u} - 2\vec{v}).(3\vec{u} + \vec{v})$; $D = (\overrightarrow{3u} + \vec{v})^2$

2) Soit $\vec{u}$ et $\vec{v}$ deux vecteurs tels que :

   a) $(\vec{u} - \vec{v}).(\vec{u} + \vec{v}) = 2$ et $\|\vec{u}\| = 2$; Calculer $\|\vec{v}\|$.

   b) $\|\vec{v}\| = 2\|\vec{u}\| - 6$ et $\vec{u}^2 - \vec{v}^2 = 9$. Calculer $\|\vec{u}\|$ et $\|\vec{v}\|$.

✂……

EXERCICE 2

Soit $(\vec{i}\,,\vec{j})$ et $(\vec{u}\,,\vec{v})$ deux bases de l'espace vectoriel V tels que :

$\vec{j} = \frac{1}{2}\vec{u} + \vec{v}$ et $\vec{u} = \vec{i} + \vec{j}$.

Déterminer les coordonnées des vecteurs $\vec{i}$ et $\vec{j}$ dans la base $(\vec{u}\,,\vec{v})$ et celles des vecteurs $\vec{u}$ et $\vec{v}$ dans la base $(\vec{i}\,,\vec{j})$.

✂……

EXERCICE 3

1) Le plan étant muni du repère $(O;\vec{i}\,,\vec{j})$ on donne $A(-2;2)$, et les vecteurs :

   $\vec{u} = \vec{i} - \vec{j}$ et $\vec{v} = \vec{i} + \vec{j}$

   a) Démontrer que $(\vec{u}\,,\vec{v})$ est une base de V.

   b) Déterminer les coordonnées de $\vec{i}$ et $\vec{j}$ dans la base $(\vec{u}\,,\vec{v})$.

2) Soit (x, y) les coordonnées du point M dans le repère $(O;\vec{i}\,,\vec{j})$ et (x', y') ses coordonnées dans le repère $(A;\ \vec{u},\vec{v})$.

   a) Ecrire les expressions vectorielles de $\overrightarrow{OM}$ et $\overrightarrow{AM}$.

   b) Exprimer x' et y' en fonction de x et y .

EXERCICE 4

Dans l'ensemble V des vecteurs de l'espace muni d'une base orthonormée directe $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ on donne : $\vec{u}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}; \frac{-\sqrt{2}}{2}; 0\right)$; $\vec{v}\left(\frac{\sqrt{3}}{3}; \frac{\sqrt{3}}{3}; \frac{-\sqrt{3}}{3}\right)$ et $\vec{w}\left(\frac{\sqrt{6}}{6}; \frac{\sqrt{6}}{6}; \frac{2\sqrt{6}}{6}\right)$.

Démontrer que $(\vec{u}, \vec{v}, \vec{w})$ est une base orthonormée de V.

✂...

EXERCICE 5

Dans l'espace muni du repère orthonormé direct$(O; \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, on donne : $A(2; 0; -1)$; $B(0; 3; 1)$ et $C(-1; 1; 1)$.

a) Calculer les distances AB ; BC et AC .

b) Déterminer l'aire S du triangle ABC tel que : $S = \left\|\frac{\overrightarrow{AB} \wedge \overrightarrow{AC}}{2}\right\|$.

✂...

EXERCICE 6

On donne les vecteurs $\vec{u}\begin{pmatrix} 4 \\ -1 \\ 2 \end{pmatrix}$; $\vec{v}\begin{pmatrix} 1 \\ 5 \\ -3 \end{pmatrix}$ et $\vec{w}\begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ -4 \end{pmatrix}$

Calculer et comparer :

a) $\vec{u} \wedge \vec{v}$ et $\vec{v} \wedge \vec{u}$
b) $\vec{u} \wedge (\vec{v} + \vec{w})$et $(\vec{u} \wedge \vec{v}) + (\vec{u} \wedge \vec{w})$
c) $\vec{u} \wedge (2\vec{v})$, $(2\vec{u}) \wedge \vec{v}$ et $(2\vec{u} \wedge \vec{v})$
d) $(\vec{u} \wedge \vec{v}) \wedge \vec{w}$ et $\vec{u} \wedge (\vec{v} \wedge \vec{w})$

✂...

EXERCICE 7

1) On donne : $\|\vec{a}\| = 6$; $\|\vec{b}\| = 5$. Sachant que $\vec{a}$ et $\vec{b}$ sont orthogonaux, calculer :
$(\vec{a} - 2\vec{b})^2$; $(3\vec{a} - 6\vec{b})^2$; $(\vec{a} - \vec{b})(\vec{a} + \vec{b})$

2) Soit $\vec{u}$ et $\vec{v}$ deux vecteurs tels que : $\|\vec{u}\| = \sqrt{2}$; $\|\vec{v}\| = 2$ et $mes(\vec{u}, \vec{v}) = \frac{\pi}{3}$
Calculer :

a) $\vec{u}.(2\vec{u} - \vec{v})$; $(\vec{u} + \vec{v})^2$;
b) $(\vec{u} - 2\vec{v}).(3\vec{u} + \vec{v})$ et $(3\vec{u} + \vec{v})^2$

2. STATIQUE

✂...

Situation-problème

Dans la réalisation des ouvrages d'art de génie civile (GC), de l'assemblage des pièces dans les machines, l'ingénieur constructeur se trouve confronter à un défi permanent ; celui de la stabilité externe de ses structures vis-à-vis de leur environnement.

Pour répondre à cet objectif, l'ingénieur cherche à :

- Modéliser le système pour faire apparaître ses propriétés en termes d'efforts (A.M),
- Modéliser les efforts extérieurs et ceux entre solides
- Traduire l'équilibre des pièces (différentes parties du système) afin de trouver les lois liant les forces s'exerçant dans le système.

– Comment modélise-t-on les actions mécaniques (A.M) entre deux corps ?

– Sous quelles conditions les forces agissant sur un système garantissent l'état de repos ?

✂...

1) Les méthodes de la statique

Activité 1 : Modélisation des actions mécaniques

La statique étudie les actions mécaniques exercées sur des corps indéformables et en équilibre (pas de mouvement). Afin de quantifier les effets des actions mécaniques qui agissent sur le système étudié, il sera nécessaire de les remplacer par des éléments mathématiques (on parle de modèles) qui seront mis en relation les uns aux autres grâce aux lois de la physique.

1.1) Qu'est ce qu'une action mécanique ?

1.2) Cite les deux grandes familles d'AM. Représente chaque A.M par son modèle mathématique correspondant.

1.3) Définis : actions mécaniques extérieures et actions mécaniques intérieures.

1.4) Enumère en quelques lignes comment mener à bien une étude statique.

✂...

Activité 2 : Force et moment

Pour visualiser cette AM, on isole l'un des solides en contact. Le choix du système isolé permet de classer les actions mécaniques en deux groupes.

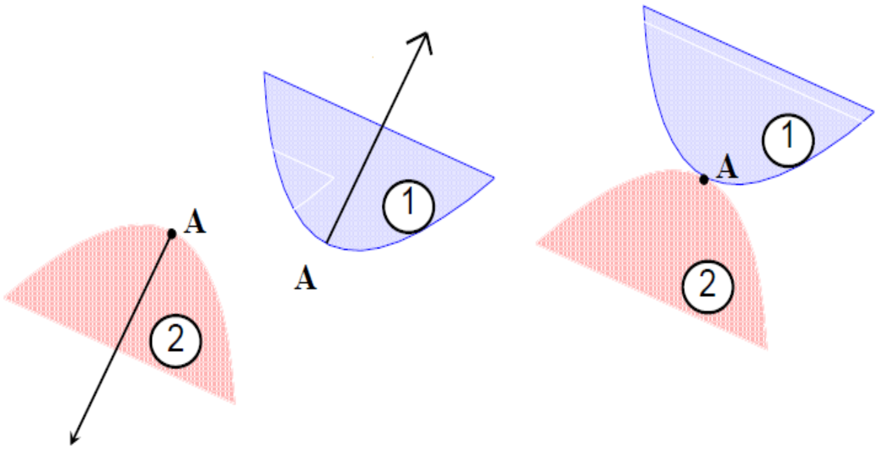
Ces deux types d'A.M se distinguent suivant le type de contact qui s'établi entre le milieu environnant et le solide isolé.

2.1) Quels sont ces deux types d'actions mécaniques ?

2.2) Définis chaque type d'AM. Donne des exemples dans chaque cas.

✂...

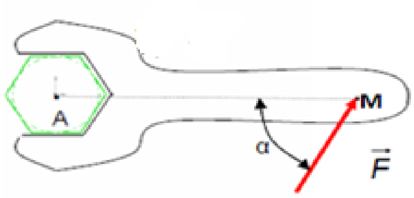
2.3) La figure suivante montre l'action mécanique qui résulte du contact de deux solides 1 et 2 selon deux surfaces tangentes. Pour visualiser cette AM, on isole l'un des solides en contact



2.3.1) Par quelle grandeur physique désigne-t-on cette A.M ?
2.3.2) Qu'est ce qu'une force ? Rappelle ses caractéristiques.
2.3.3) Indique sur le document les A.M ($\overrightarrow{A_{1/2}}$ et $\overrightarrow{A_{2/1}}$) des solides l'un sur l'autre, en A.
2.3.4) Enonce le principe des actions mutuelles.
2.3.5) Quelles sont les deux grandes catégories de forces ?

✂...

2.4)



Le schéma ci-contre indique un opérateur serrant un écrou en un point A. L'opérateur exerce en B une force $\vec{F}$ qui tend à tourner l'écrou sur lui-même ; il subit alors un mouvement de rotation, autour du point A.

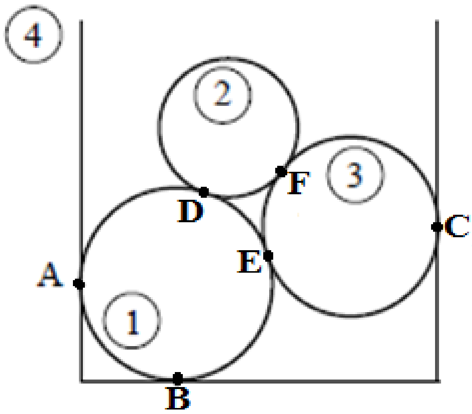
2.4.1) Quel est la nature du mouvement de l'écrou ?
2.4.2) Quel nom donne-t-on à la grandeur physique qui fait tourner l'écrou autour de A ?
2.4.3) Représente-la sur le schéma. Tu choisiras un sens de parcours du mouvement.

✂...

Application 1

1) Soit un système matériel constitué de trois billes placées dans un récipient. Les contacts bille-bille et bille-récipient sont supposés sans frottement.

Après avoir définir la frontière d'isolement, établir le bilan des A.M extérieures agissant sur :



a) la bille (1)
b) la bille (2)
c) la bille (3)
d) le système matériel (1+2+3)
e) le système matériel (1+2)

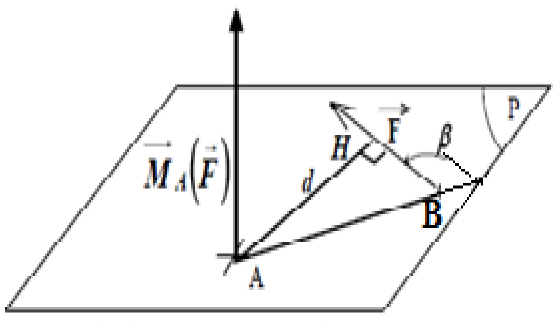
Présenter les résultats dans un tableau.

2) Représenter uniquement les actions extérieures dans le cas a).

✂...

Activité 3 : Moment d'une force par rapport à un point

3.1) On appelle moment vectorielle par rapport au point A d'une force $\vec{F}$ appliquée au point B, le vecteur d'origine A défini par la relation suivante : produit vectoriel de $\overrightarrow{AB}$ et $\vec{F}$. L'ordre de ces deux vecteurs est important !



3.1.1) Ecris l'expression du moment $\overrightarrow{M_A(F)}$ de la force $\vec{F}$ par rapport au point A.

3.1.2) Quelles sont les conditions pour lesquelles $\overrightarrow{M_A(F)} = \vec{0}$?

3.1.3) Etablis que $\left\|\overrightarrow{M_A(\vec{F})}\right\| = \|\vec{F}\|.\,d$ où $d = AH$ (c'est le bras de levier).

3.1.4) On considère un point C appartenant à la direction de la force $\vec{F}$. On suppose que la force déplace son point d'application au point C.

a) Démontre que : $\overrightarrow{M_A(F)} = \overrightarrow{AC} \wedge \vec{F}$. On posera $\overrightarrow{AB} = \overrightarrow{AC} + \overrightarrow{CB}$
b) Conclus.

3.1.5) La force $\vec{F}$ est toujours appliquée en B. On considère deux points quelconques A et D de l'espace tels que A ≠ B.

Etablir la relation suivante : $\overrightarrow{M_D(\vec{F})} = \overrightarrow{DA} \wedge \vec{F} + \overrightarrow{M_A(\vec{F})}$. On posera : $\overrightarrow{DB} = \overrightarrow{DA} + \overrightarrow{AB}$

✂...

3.2) Expression analytique du moment : On rapporte l'espace au repère$(O;\vec{\imath},\vec{\jmath},\vec{k})$ tel que, $A(x_A;y_A;z_A)$, $B(x_B;y_B;z_B)$ et $\vec{F}(F_X;F_Y;F_Z)$. On pose $\overrightarrow{M_A(\vec{F})} = L_A\vec{\imath} + M_A\vec{\jmath} + N_A\vec{k}$

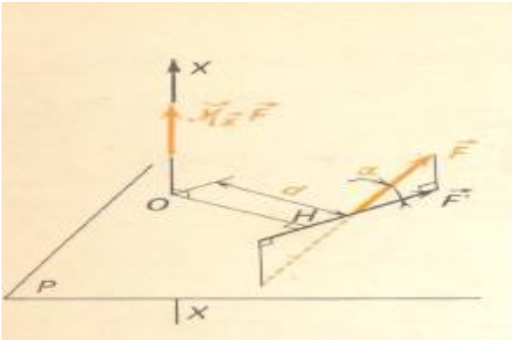
3.2.1) Exprime les coordonnées L_A, M_A et N_A de $\overrightarrow{M_A(\vec{F})}$ dans la base $(\vec{\imath},\vec{\jmath},\vec{k})$.

3.2.2) Ecris l'expression du module $\left\|\overrightarrow{M_A(\vec{F})}\right\|$ du moment de la force $\vec{F}$ par rapport à A.

3.2.3) Quelle son unité ?

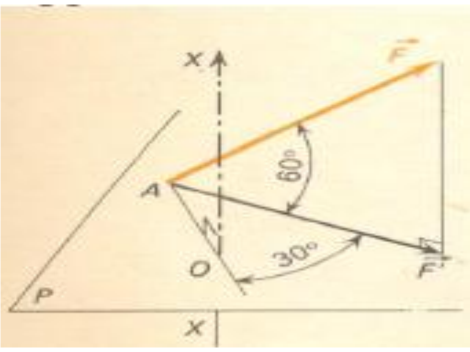
✂...

Activité 4 : Moment d'une force par rapport à un axe



On appelle moment d'une force $\vec{F}$ par rapport à un axe à un axe $\vec{X}$, le moment de sa projection orthogonale $\vec{F'}$ sur un plan P perpendiculaire à l'axe $\vec{X}$, par rapport au point O, intersection de ce plan avec l'axe $\vec{X}$.

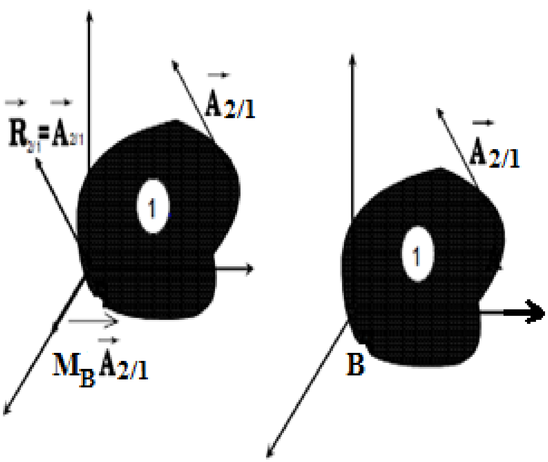
4.1) Ecris l'expression algébrique du moment $\overrightarrow{M_{\vec{X}}(\vec{F})}$ de la force $\vec{F}$ par rapport à l'axe $\vec{X}$.



4.2) Calculer, par rapport à un axe $\vec{X}$, le moment de la force $\vec{F}$ d'intensité 500 N appliquée à un point matériel A sachant que le plan P passant par A et perpendiculaire à l'axe $\vec{X}$ coupe cet axe au point O tel que OA = 0,20 m ; $\vec{F}$ fait un angle de 60° avec ce plan et sa projection $\vec{F}'$ sur ce plan fait un angle de 30° avec OA.

✂...

Activité 5 : Modélisation d'une AM par un torseur



On soumet un solide 1 à l'action unique d'une force $\vec{A}_{2/1}$ exercée par un solide 2 (non représenté). L'action mécanique du solide 2 sur le solide 1 au point B peut-être représentée par $\vec{R}_{2/1}$ et le moment $\overrightarrow{M_B(A_{2/1})}$ tel que : $\vec{R}_{2/1} = \vec{A}_{2/1}$.

5.1) En général, une AM fait intervenir deux vecteurs. Quels sont alors ces deux vecteurs ?

5.2) Par quel outil mathématique désigne-t-on l'ensemble formé par les deux vecteurs ?

5.3) Ecrire le torseur des AM appliqué au solide 1 au point B. Quels sont ses éléments de réduction ?

Activité 6 : Torseur des AM d'un système de forces sur un solide

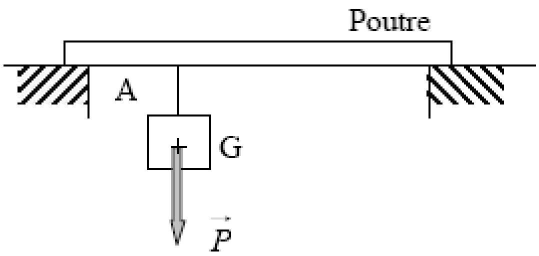
On considère un solide S soumis à des forces extérieures $\vec{F}_i$ $(i = 1, \dots n)$ en un point A. Soit $\vec{R}(S)$ la résultante du torseur de l'action mécanique du système constitué des forces $\vec{F}_i$ appliquées sur le solide S étudié. $\vec{M}_A(S)$ est le moment du torseur au point A correspondant à l'action mécanique du système constitué des n forces appliquées sur le solide S étudié.

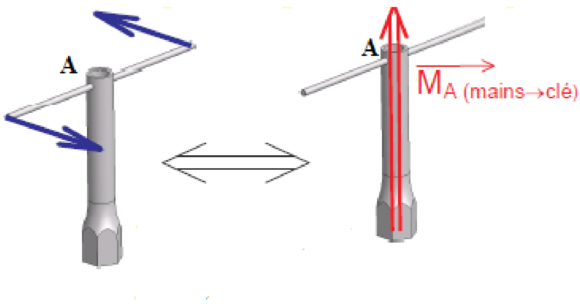
6.1) Ecrire le torseur des AM au point A pour le système de forces $\vec{F}_i$ sur le solide S

6.2) Ecris le torseur en un point quelconque B pour le système de forces en précisant ces éléments de réduction.

6.3) Ecris le torseur nul en un point A quelconque.

6.4) Exprimer pour les systèmes suivants, le torseur du poids $\vec{P}$ par rapport aux points G et A puis le torseur du couple en A.

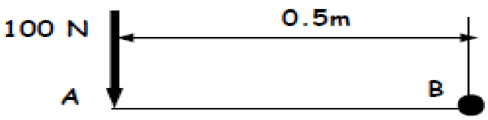




✂...

Application 2

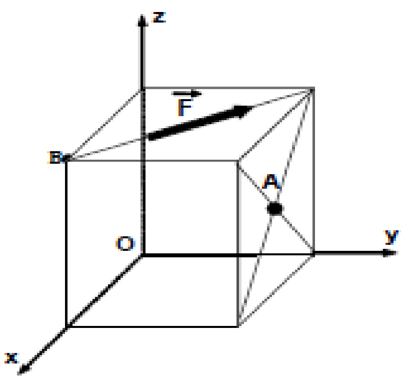
1) Calculez le moment vectoriel de la force de 100Npar rapport au point B. Quelle est sa norme ?



2) Soit un cube de 1m de côté et une force $\vec{F}$ de norme 100N. Calculer:

a) Les composantes du moment de la force $\vec{F}$ par rapport au point A.

b) La norme du moment vectoriel de cette force.



2) Les cas particuliers d'équilibre

Activité 7 : Principe fondamental de la statique

Soit un solide (S) soumis à un système de forces extérieures modélisé par le torseur $\{\vec{F}_{ext}\}$ dans un référentiel R.

7.1) Quels sont les éléments de réduction du torseur nul en un point O quelconque ?

7.2) A quelle condition le solide (S) est-il en équilibre dans le repère R ?

7.3) Cette condition traduit deux cas d'équilibre. Lesquels ?

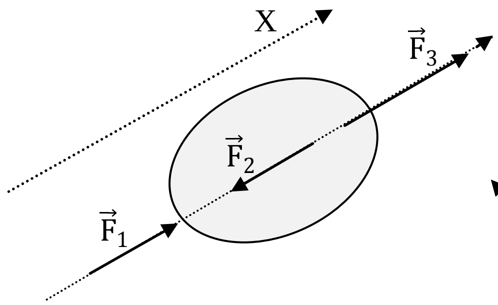
7.4) Enonce alors le PFS. Déduis-en le théorème de Varignon.

✂……………………………………………………………………………………………

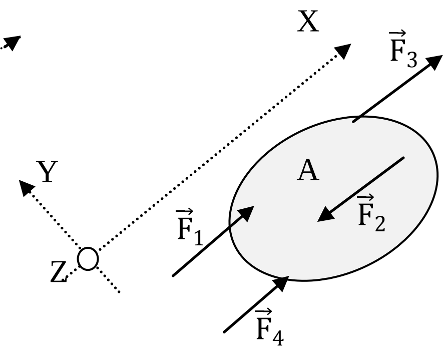
7.5) Le solide (S) est sollicité par des forces $\vec{F}_i (i = 1, \ldots n)$ dans le système d'axe$(O; X, Y, Z)$.

Ecris la condition d'équilibre du solide et déterminer le nombre d'inconnues dans les cas suivants.

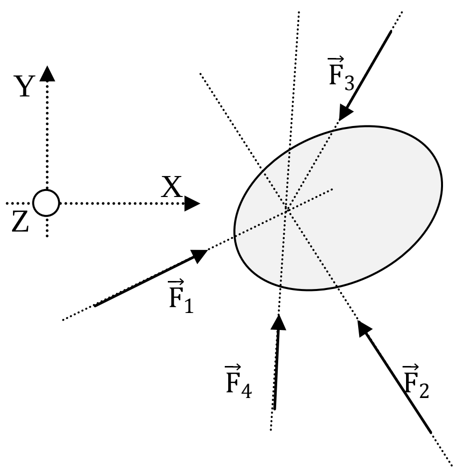
Tu présenteras, dans un tableau, les différents cas d'équilibre comprenant les équations indépendantes et le nombre d'inconnues déterminables.



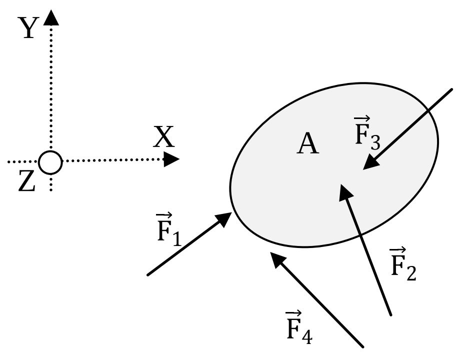
a) Forces colinéaires



b) Forces parallèles



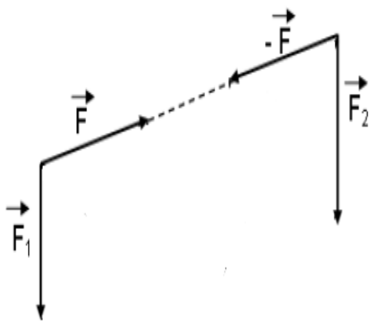
c) Forces concourantes (même point)



d) Cas général

Activité 8 : Résultante de forces

Il est toujours possible de remplacer un système de forces $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \ldots$ par une force unique, $\vec{R}$ appelée résultante et qui les mêmes effets que toutes les forces réunies.



8.1) Ecris l'expression vectorielle de la résultante pour un système de n forces.

8.2) Construis selon le schéma ci-contre les résultantes :

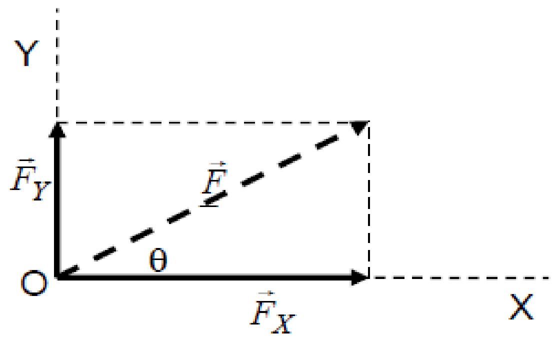
- $\vec{R}_1$: résultante des forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}$;
- $\vec{R}_2$: résultante des forces $\vec{F}_2$ et $-\vec{F}$;

8.3) Construis la résultante $\vec{R}$ de $\vec{R}_1$ et $\vec{R}_2$.

✂...

Activité 9 : Composantes d'une de force

Dans la plus part des problèmes, il est avantageux de décomposer une force $\vec{F}$ en deux composantes $\vec{F}_X$ et $\vec{F}_Y$ suivant deux axes perpendiculaires entre eux.

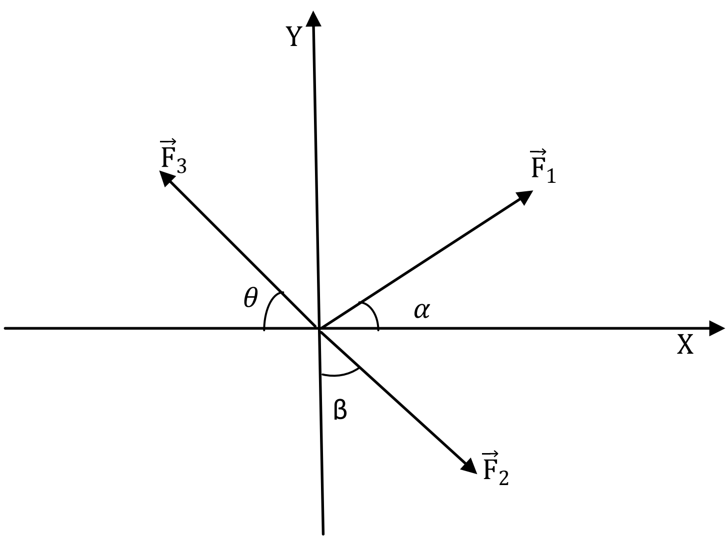


A partir de la figure ci-contre :

9.1) Déterminer les composantes de la force suivant les axes du repère $(O; X, Y)$.

9.2) Déterminer la direction θ que fait la force $\vec{F}$ avec l'axe X

✂...



9.3) Déterminer analytiquement:

a) les composantes de chacune des forces

b) les composantes de la résultante $\vec{R}$ des trois forces.

c) le module de cette résultante

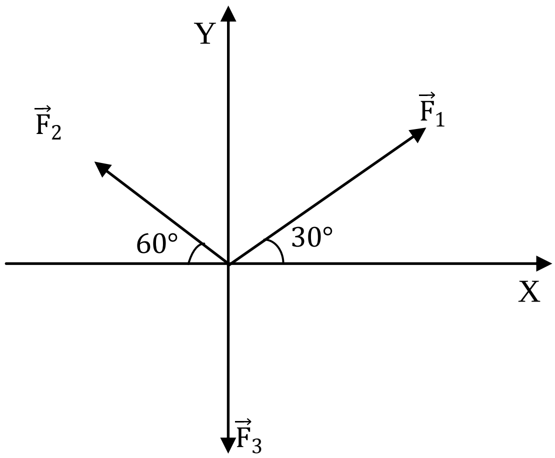
Données :

$F_1 = 6KN$; $F_2 = 5KN$; $F_3 = 8KN$

$\alpha = 45°$; $\theta = 30°$ et $\beta = 60°$.

Tu présenteras les résultats dans un tableau.

Activité 10 : Equilibre d'un système matériel (solide) soumis à trois forces
Un solide ou un système matériel rigide soumis à l'action de trois forces reste en équilibre si les trois forces sont :
• coplanaires
• concourantes en un point I ou parallèles ou colinéaires
• leur résultante est nulle pour que le polygone de forces soit fermé



10.1) Un point matériel M est sollicité par les forces $\vec{F}_1; \vec{F}_2; \vec{F}_3$ comme l'indique la figure. Déterminer la force $\vec{F}_4$ pour que l'ensemble soit en équilibre.
On donne : $F_1 = 30N; F_2 = 14N;$
$F_3 = 20N$

✂...

10.2) Une ampoule de poids P = 100N est tenue par deux fils AB et CD comme l'indique la figure b.
a) Donner la loi de sinus pour le polygone fermé des forces de la figure a.
b) Déterminer les tensions $\vec{T}_A$ et $\vec{T}_C$ dans les fils pour que la lampe soit en équilibre.

Figure a

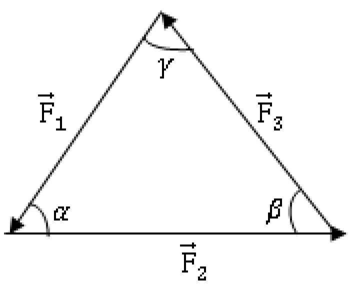
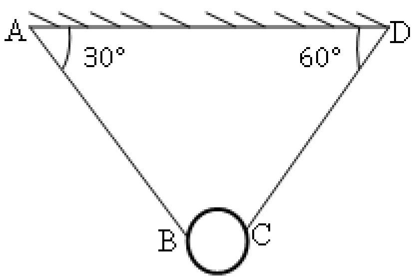


Figure b

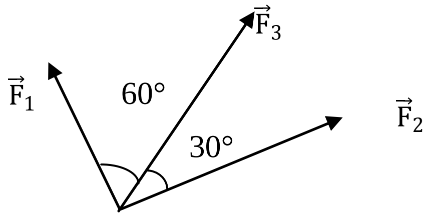


Application 3

Pour chacune des figures ci-après, déterminer graphiquement puis analytiquement la résultante des forces :

Prendre : 1cm pour 10kN

$F_1 = 20kN \quad F_2 = 35kN$



$F_1 = 20kN \quad F_2 = 15kN \quad F_3 = 30kN$

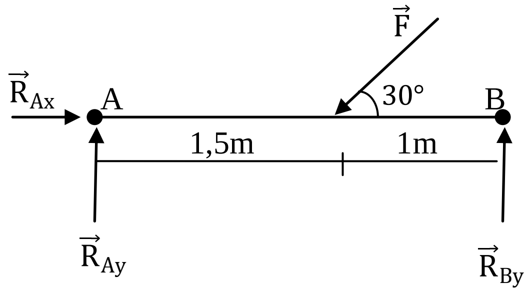
✂...

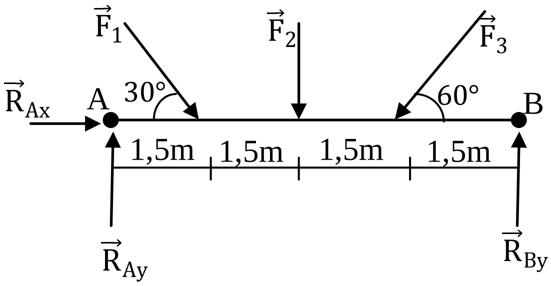
Application 4

Soit une poutre AB qui repose sur deux appuis comme l'indique les figures suivantes :

Déterminer les réactions R_{Ax} , R_{Ay} et R_{By} en utilisant la condition d'équilibre.

Données : $F = 25kN;\ F_1 = 40kN;\ F_2 = 45kN;\ F_3 = 35kN.$





✂...

3) Application des lois générales à des systèmes soumis à des AM dont les modèles peuvent-être coplanaires

Activité 11 : Etude des actions de contact

Dès que deux solides sont en contact, on parle de liaison entre ces deux solides. Les liaisons mécaniques sont destinées à s'opposer à un ou plusieurs mouvements relatifs élémentaires entre les solides. Elles sont classées en fonction de la forme géométrique des contacts.

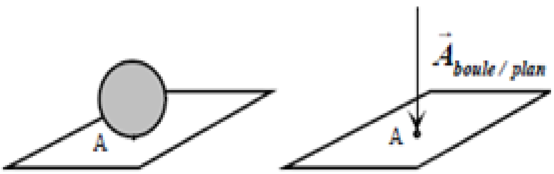
11.1) Qu'est-ce qu'une liaison mécanique parfaite ?

11.2) Quels sont les différents types d'une AM de contact ?

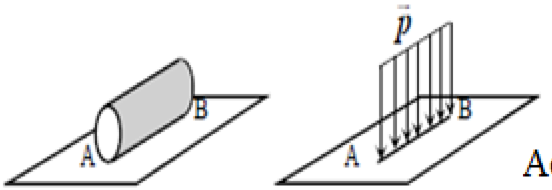
11.3) Définis chaque type d'action mécanique.

- Donne un exemple dans chaque cas
- Précise l'unité et quelques multiples.

11.4) Identifie chaque type d'action mécanique de contact parmi les cas de figure suivants :



Action................



Action................

Action..................

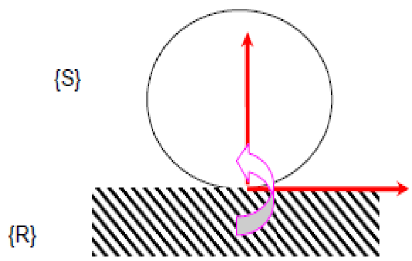
11.5) La liaison entre les deux solides n'est souvent pas parfaite. Suivant l'état de surface de matériaux, il peut y avoir adhérence ou frottement.

– Quand dit-on qu'il y a frottement ou adhérence entre deux solides ?

✂...

Activité 13 : Modélisation des liaisons (ou appuis)

Un système matériel est au contact d'autres solides (le sol, un massif de fondations, des piles de pont, etc.) par l'intermédiaire de liaisons. Les appuis sont des obstacles, empêchant ou limitant la liberté de mouvement du système matériel en ces endroits. Tout mouvement entravé par la liaison entraîne l'apparition d'une réaction d'appui (ou action de liaison) dans la direction du mouvement gêné ou bloqué.



Soit le système plan ci-contre :

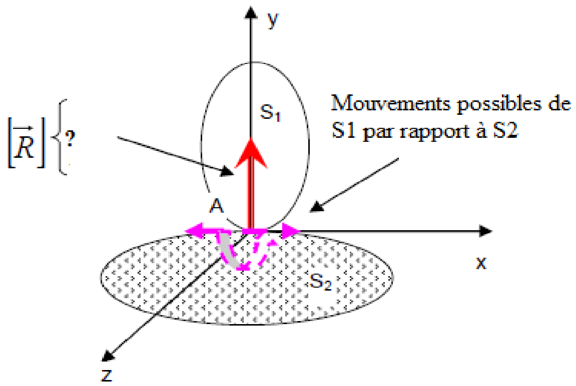
13.1) Quels sont les mouvements possibles du solide S ?

13.2) Détermine alors son degré de liberté (ou d. d. l).

13.3) Cite les différents types d'appui ou liaisons ?

13.4) On distingue en général, trois types d'appui ou liaison. Soit le système plan suivant, constitué d'un solide S_1 en appui sur un solide S_2 au point A. Les mouvements possibles de S_1 par rapport à S_2 sont indiqués sur chaque figure ainsi que le symbole de chaque appui.

13.4.1) Appui simple glissant



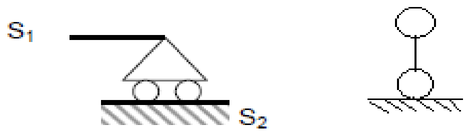
a) Quels sont les mouvements possibles de S_1 par rapport à S_2 ?

b) Quel est le d. d. l?

c) Quel est le nombre de réactions ?

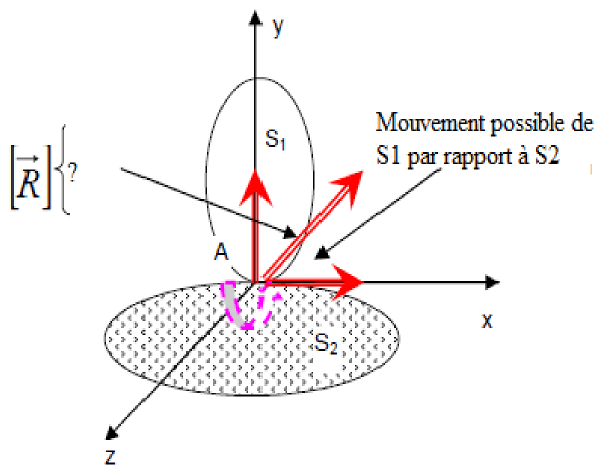
d) Quels sont les composantes de la réaction $\vec{R}$ d'appui de S_1 sur S_2 au point A ?

e) Décris la représentation graphique suivant de l'appui glissant :



✂..

13.4.2) Appui double



a) Quels sont les mouvements possibles de S_1 par rapport à S_2 ?

b) Quel est le d. d. l?

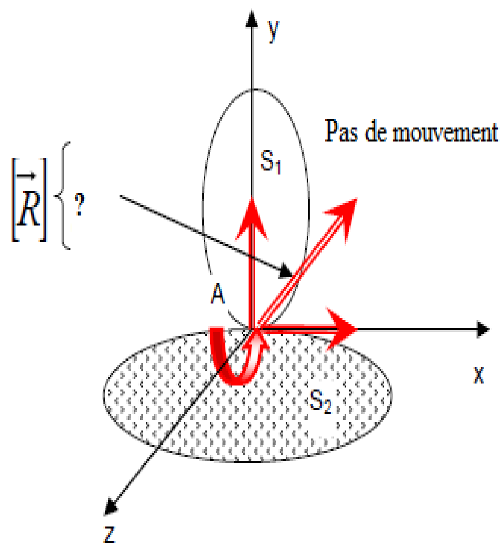
c) Quel est le nombre de réactions ?

d) Quels sont les composantes de la réaction d'appui $\vec{R}$ de S_2 sur S_1 au point A ?

e) Donne la représentation graphique de l'appui double

✂..

13.4.3) Encastrement



a) Quels sont les mouvements possibles de S_1 par rapport à S_2 ?

b) Quel est le d. d. l?

c) Quel est le nombre de réactions ?

d) Quels sont les composantes de la réaction de d'appui de S sur S_1 au point A ?

e) Donne la représentation graphique de l'encastrement.

✂……………………………………………………………………………………………

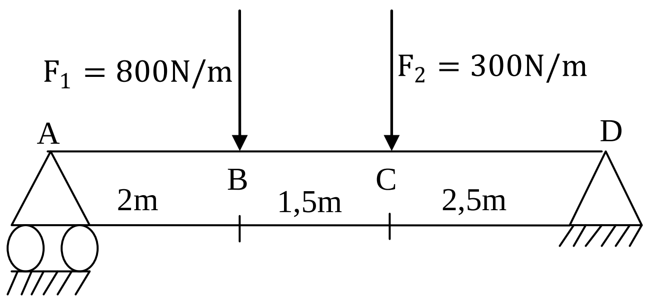
Activité 14 : Système isostatique-système hyperstatique

Avant de se lancer dans la résolution d'un problème de statique sur une structure plane, il est nécessaire de vérifier si le problème peut être résolu par la seule application des principes qui régissent la statique. En d'autres termes, cette recherche va nous conduire à déterminer le nombre d'équations (C_0) possibles et le nombre d'inconnues ou composantes des réactions (n_R) du système. La différence entre ces deux valeurs sera appelée degré d'hyperstaticité (L) de la structure.

14.1) On pose : $L = n_R - C_0$; Quelle est la nature du système dans les cas suivants :

a) $L = 0$
b) $L > 0$
c) $L < 0$
d) Quelles sont les conditions pour lesquelles un problème est statiquement résolu ?

14.2) On considère la poutre suivante reposant sur deux appuis A et D.



a) Déterminer le degré d'hyperstaticité
b) Faites le schéma statique
c) Déterminer les réactions aux appuis

Activité 15 : Les charges (ou forces) réparties

Ce sont des forces appliquées à un corps et qui s'étendent sur une distance donnée.

On distingue :

- les charges uniformément réparties : c'est une charge d'intensité constante qui s'applique sur une certaine étendue de la structure.
- et les charges réparties d'intensité variable : les charges réparties peuvent voir leur intensité varier le long de la structure sur laquelle elles s'appliquent.

Les figures suivantes représentent la façade d'un immeuble, de hauteur H, recevant du vent, donc soumise à des charges. La largeur de l'immeuble vaut B. On veut déterminer la résultante R de ces charges ainsi que leur position (point d'application G).

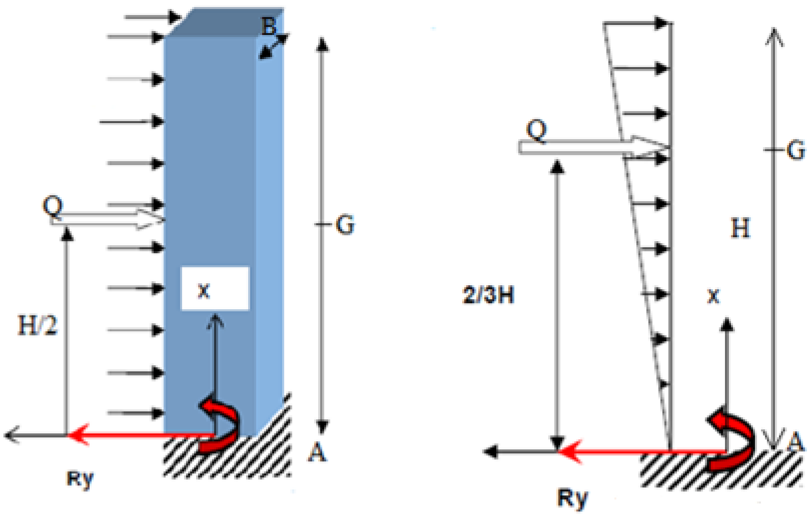


Fig.1 : charge.................. Fig.2 : charge....................

15.1) Identifie chaque type de figure, la nature de la charge

15.2) Quelle est l'intensité de la résultante des charges appliquées dans chaque cas ?

15.3) Quel est le point d'application de cette résultante ?

✂...

Application 5

Déterminer le degré d'hyperstaticité, le schéma statique et les réactions aux appuis.

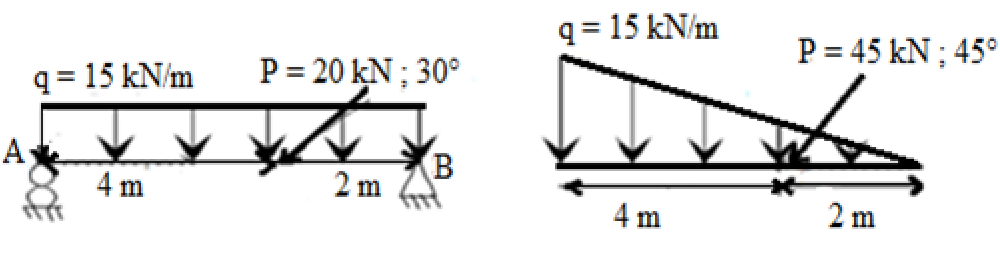


Fig.1 Fig.2

Activité 15 : Statique graphique

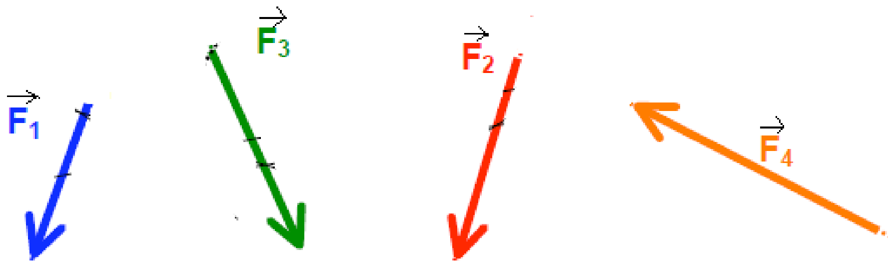
La statique graphique est une méthode entièrement géométrique de résolution de problèmes de statique. Elle permet de s'affranchir de nombreuses lignes de calculs et de mieux visualiser et appréhender le dispositif étudié mais elle est particulièrement adaptée aux problèmes plans.

15.1) Définir : dyname ; dynamique du polygone de forces ; funiculaire

15.2) On considère la figure de positions de quatre forces coplanaires $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4$ suivante :

15.1.1) Construis le dyname ;

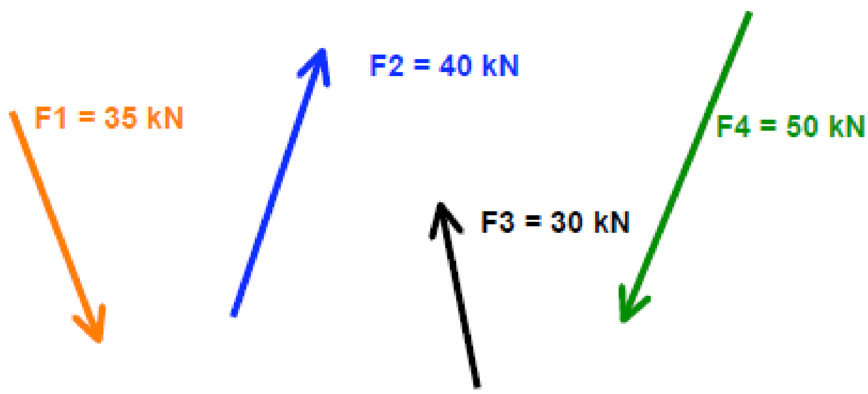
15.1.2) Déterminer graphiquement l'intensité de la résultante $\vec{R}$ de ces forces. On indiquera la ligne funiculaire.



✂...

Application 6

Déterminer graphiquement la position et la valeur de la résultante du système de forces suivant :



✂...

4) Le du centre de gravité

Activité 16 : Recherche du centre de gravité d'un système.

On considère un système matériel formé des points matériels A_i affectés de leurs masses respectives m_i.

16.1) Qu'est ce que le centre de gravité d'un système ?

16.2) Ecris la relation barycentrique exprimant le CDG du système.

16.3) Le CDG dépend il de la position du système matériel dans l'espace ?

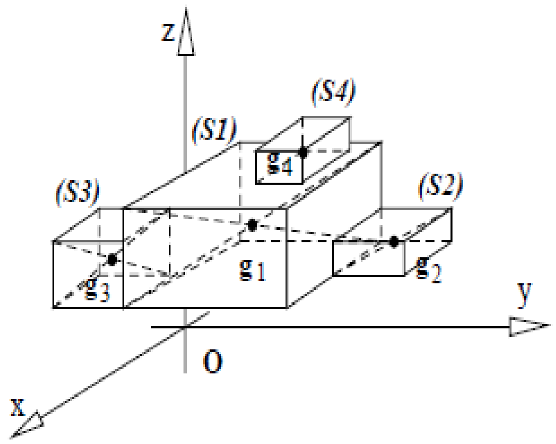
✂...

✂...

16.4) Soit un solide (S) qui peut se décomposer en n éléments géométriquement simples $(S_1),(S_2),\ldots,(S_n)$ de centre de gravité $(g_1),(g_2),\ldots,(g_n)$ et de masse $(m_1),(m_2),\ldots,(m_n)$.

Les coordonnées du centre de gravité G du solide se déterminent à partir de la relation : $\mathbf{M}.\overrightarrow{\mathbf{OG}} = \sum(\mathbf{m_i}.\overrightarrow{\mathbf{Og_i}})$. M étant la masse total du solide (S) tel que $M = \sum m_i$.

On donne dans le système d'axe orthonormé $(O;\vec{X},\vec{Y},\vec{Z})$ les coordonnées des points G et g tels que : $G(X_G;Y_G;Z_G)$ et $g(x_g;y_g;z_g)$.



a) Exprimer les coordonnées de G dans le repère $(O;\vec{X},\vec{Y},\vec{Z})$.

b) Le C.D.G est –il indépendant du choix du repère ?

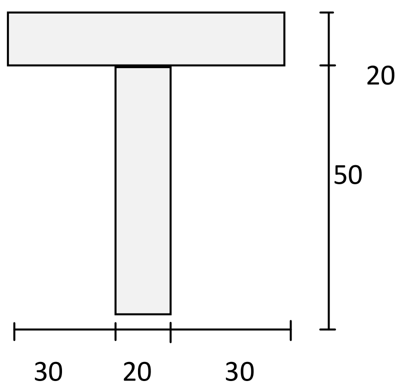
c) On suppose que le solide (S) est d'épaisseur constante.

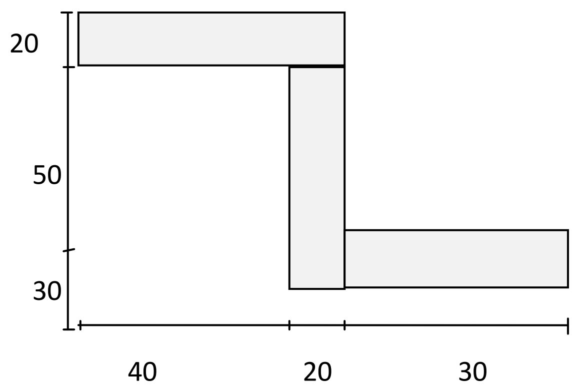
e) En remplaçant les masses m_i par des surfaces élémentaires S_i, écris les composantes du CDG du système.

✂...

Application 7

Déterminer le CDG des figures suivantes :





DOCUMENT

- OBJET DE LA STATIQUE

C'est l'étude de l'équilibre des ensembles de corps solides dans leur géométrie initiale; c'est-à-dire dans la structure non déformée par rapport à un repère galiléen. Le solide sera considéré comme infiniment rigide.

- Comment mener à bien une étude de statique ?
  - Isoler un solide
  - Etablir le bilan des actions mécaniques (A.M) qui s'exercent sur le solide isolé
  - Appliquer le Principe Fondamental de la Statique (P.F.S)

- On appelle AM toute cause susceptible de maintenir un corps au repos, de créer ou de modifier un mouvement, de déformer un corps.

Le terme général "action mécanique" représente soit une force, soit un couple, soit les deux entités précédentes présentes simultanément.

- Les différents types d'action mécanique
  - Les actions mécaniques à distance ou volumique : par quoi le système est-il attiré ?

Exemples : attraction terrestre (pesanteur) ; champ magnétique (aimant…)

  - Les actions mécaniques de contact : à quoi le système touche-t-il ?

Exemples : entre deux solides (une roue en contact avec le sol) ;
entre un solide et un fluide (l'air et le robot sont en contact).

Le contact peut être ponctuel, surfacique ou linéique.

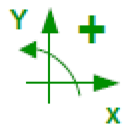
- Principe des actions réciproques

Dans un isolement, seules les actions mécaniques extérieures au système sont à prendre en compte, les actions mécaniques intérieures s'annulant deux à deux ayant pour conséquence le principe suivant : $\vec{A}_{1/2} = -\vec{A}_{2/1}$

ENONCE DU PFS
Si un système matériel S est en équilibre dans un repère galiléen, alors le torseur des A.M extérieures est égal au torseur nul.

Dans le plan:

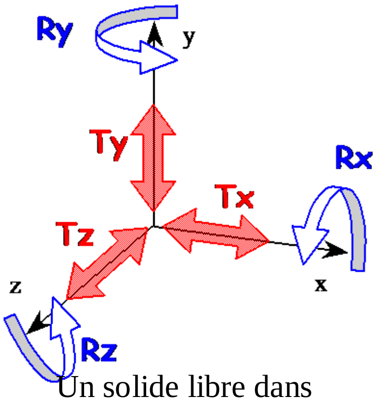
Σ Forces $_x$ = 0
Σ Forces $_y$ = 0
Σ Moments $_i$ = 0



- Les liaisons mécaniques

Pour remplir correctement les différentes fonctions techniques d'un mécanisme (association de plusieurs pièces liées entre elles par des contacts physiques), ses constituants doivent être assemblés en respectant certaines conditions qui déterminent leurs possibilités de mouvement relatif, c'est à dire leurs degrés de liberté

La détermination statique d'un système est déterminée par l'équation suivante :



Un solide libre dans l'espace possède 6 degrés de liberté (ou mobilités) :3 translations et 3 rotations.

d = r – k où d est le degré d'hyperstaticité ; r est le nombre de réactions et k est le nombre d'équations

d =0 ; Isostatique : La statique suffit pour déterminer les réactions d'appuis

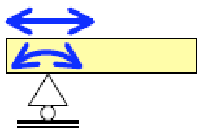
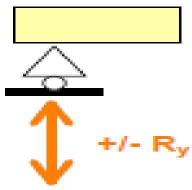
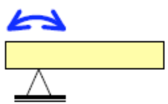
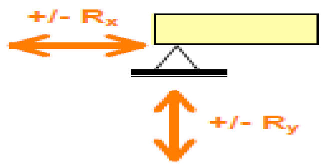
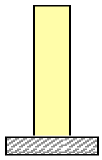
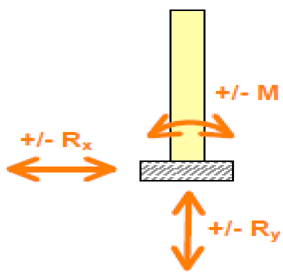
d >0 ; Hyperstatique : Lorsque les lois de la statique ne permettent pas de calculer toutes les réactions

d < 0 instable : c'est un mécanisme ou structure non stable (peut s'effondre)

. NB : Dans le plan k=3

- Les différents types d'appuis ou liaisons

Si un corps est pourvu de liaisons géométriques, on le décrit par ses appuis. Dans le plan on distingue :

Types d'appui	Degré de liberté	Forces transmises
Appui simple : ne permet qu'une rotation et une translation dans une direction	d = 2 	
Appui double : ne permet qu'une rotation. Les déplacements horizontaux et verticaux sont bloqués	d = 1 	
Encastrement : ne permet ni rotation ni translation	d = 0 	

- Un degré de liberté supprimé dans une direction =***Une action transmissible dans cette direction*** *ou*
- Un degré de liberté possible dans une direction=***Pas d'action transmissible dans cette direction***

- Statique graphique : Méthode du funiculaire

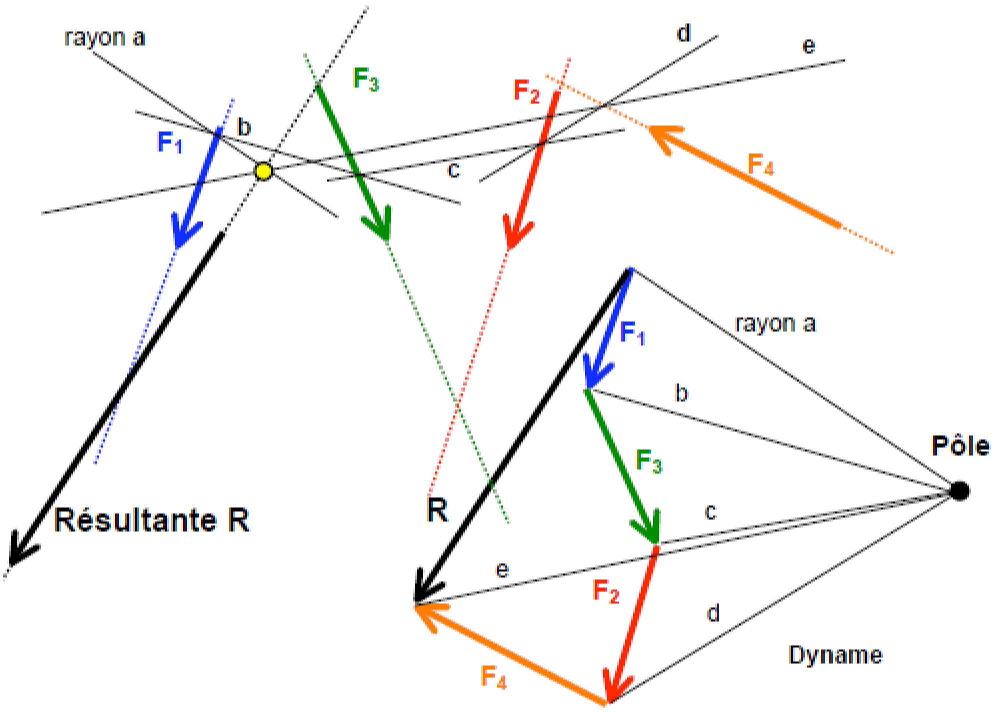
Soit quatre forces coplanaires et non concourantes

Méthodologie :

1) Créer un dyname (polygone de forces) à l'échelle avec toutes les forces présentes et dessiner la résultante $\vec{R}$
2) Choisir un point quelconque du côté du dyname nommé pôle
3) Tirer un rayon a, b, c, d, e entre le pôle et chaque extrémité des forces
4) Reporter chaque rayon sur les lignes d'action des forces présentes. Le premier rayon a peut couper la ligne d'action de $\vec{F}_1$ en un point quelconque. Le rayon b doit passer par l'intersection du rayon a avec la ligne de $\vec{F}_1$. Le rayon c doit passer par l'intersection du rayon b avec la ligne d'action de $\vec{F}_3$. Le rayon d par c avec $\vec{F}_2$ et le e par d avec $\vec{F}_4$.
5) La position de la ligne d'action de la résultante est obtenue par l'intersection du 1er rayon (a) avec le dernier rayon (e). Il suffit alors de reporter la résultante sur sa ligne d'action.

<u>Remarque</u>:

- les dessins doivent être à l'échelle et le traitement des rayons doit être effectué dans l'ordre du dyname et correspondre à la force.
- La figure comprenant le polygone des forces, le pôle et le rayon polaire s'appelle le dynamique du polygone de forces.



EXERCICES DE CONSOLIDATION

✂...

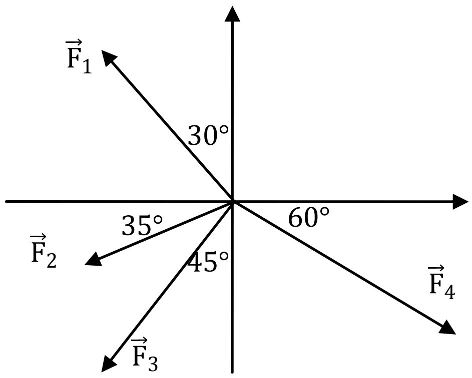
COURS

a) Qu'est qu'une action mécanique ? Qu'est ce que la résultante de forces ?
b) Ecris la condition d'équilibre d'un système matériel.
c) Enoncer le théorème de Varignon.

✂...

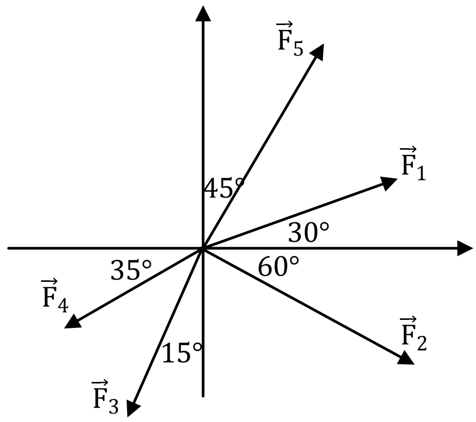
EXERCICE 1

Pour chacune des figures ci-après, déterminer analytiquement et graphiquement la résultante des forces.



$F_1 = 10kN;\ F_2 = 13kN;$

$F_3 = 14kN;\ F_4 = 12kN$

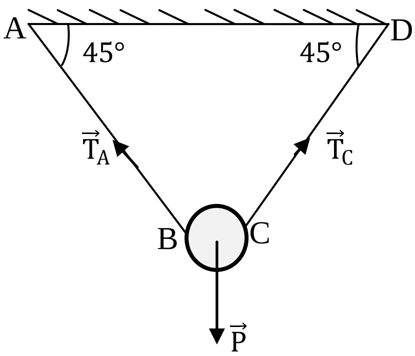


$F_1 = 7kN;\ F_2 = 8kN;\ F_3 = 9kN;$

$F_4 = 10kN\ ;\ F_5 = 12kN$

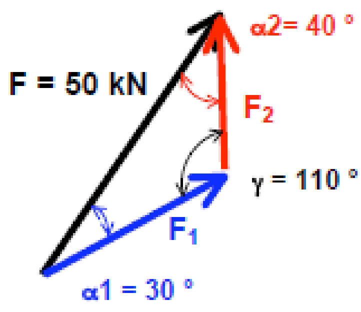
✂...

EXERCICE 2



1) Une lampe de poids P=150N est suspendue par deux fils AB et CD comme l'indique la figure.

Déterminer les tensions T_A et T_C dans les fils pour que la lampe soit en équilibre.



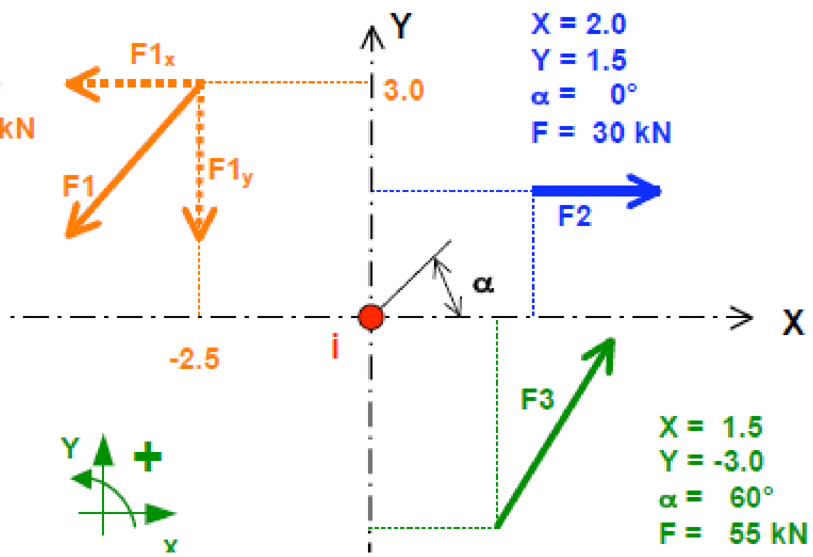
2) $F_1 = ?\ F_2 = ?$

✂...

✂...

EXERCICE 3

1) Réduire le système suivant au point I de coordonnées (0 ; 0).



On s'inspirera du tableau suivant :

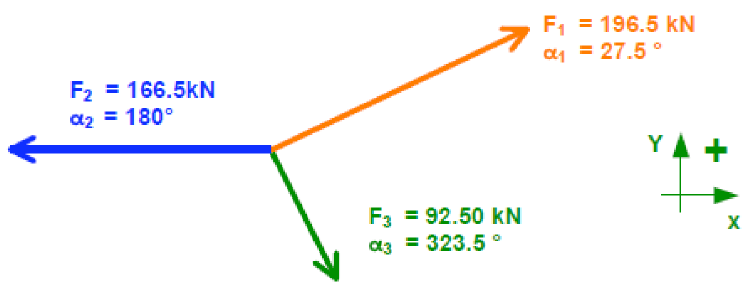
N°	F_i kN	α_i °	X_i m	Y_i m	Fi_x kN	Fi_y kN	M_A kNm
1							
2							
3							
Somme							

2) Déterminer la direction de la résultante.

✂...

EXERCICE 4

Trouvez graphiquement et analytiquement la valeur et l'orientation de la 4ème force afin que la résultante du système ci-dessous soit nulle.



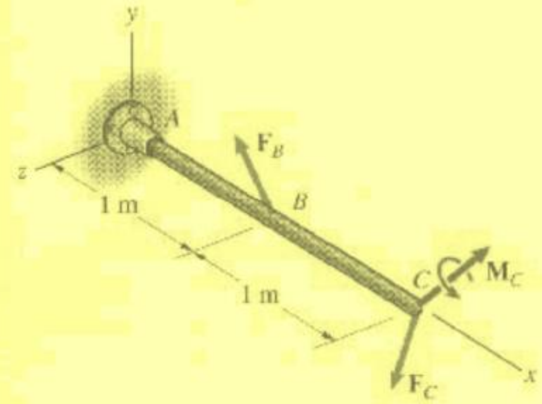
✂...

EXERCICE 5

La barre ABC suivante est encastrée au point A.
Deux forces et un moment y sont appliqués.

$\mathbf{F_B} = 2\mathbf{i} + 6\mathbf{j} + 3\mathbf{k}$ kN
$\mathbf{F_C} = \mathbf{i} - 2\mathbf{j} - 2\mathbf{k}$ kN et
$\mathbf{M_C} = 2\mathbf{i} + \mathbf{j} - 2\mathbf{k}$ kNm

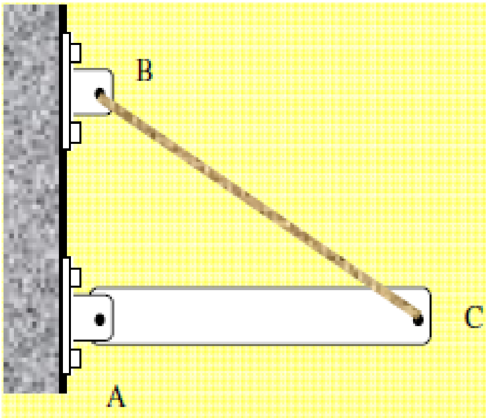
Déterminez les réactions en A.



✂……………………………………………………………………………………………

EXERCICE 6

Une poutre de 4m de longueur est attachée par une rotule au point A et une corde au point B. La corde fait un angle de 60° avec la verticale au point B. Le poids propre de la poutre (uniformément répartie) est de 1,2kN.
Calculez les réactions en A et la tension dans la corde.



✂……………………………………………………………………………………………

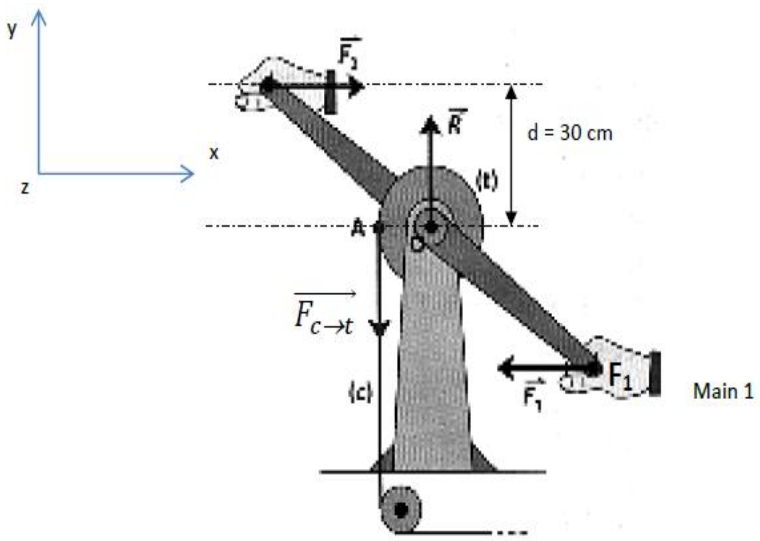
EXERCICE 7

Le schéma ci-dessous représente un cabestan (treuil) : il est constitué de deux manivelles solidaires d'un tambour (t) d'axe O, sur lequel s'enroule un câble tendu.

- Les mains exercent, aux extrémités des manivelles notées, deux forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ parallèles et de même intensité 100 N.
- Le câble exerce, en A, sur le tambour, une force $\vec{F}_{C\to t}$ verticale.
- l'ensemble des autres forces d'exerçant sur le treuil est équivalent à une force $\vec{R}$ exercée en O.

1) Déterminer l'intensité de ces deux vecteurs forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$.
2) Déterminer le torseur statique de l'A.M. exercée par la main 1 sur la manivelle. Vous l'exprimerez en son point d'application (noté F1) puis au point 0 sous une forme vectorielle détaillée.
3) Sachant que la somme vectorielle des moments des 4 actions mécaniques au point 0 est nulle, déterminer $\vec{F}_{C\to t}$. (on donne OA = 6,5 cm)

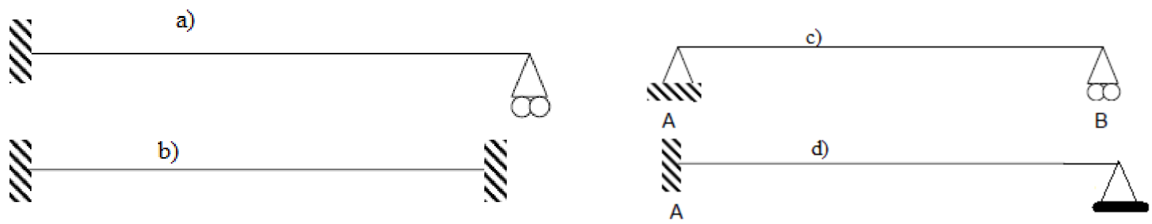
✂……………………………………………………………………………………………



✂...

EXERCICE 8

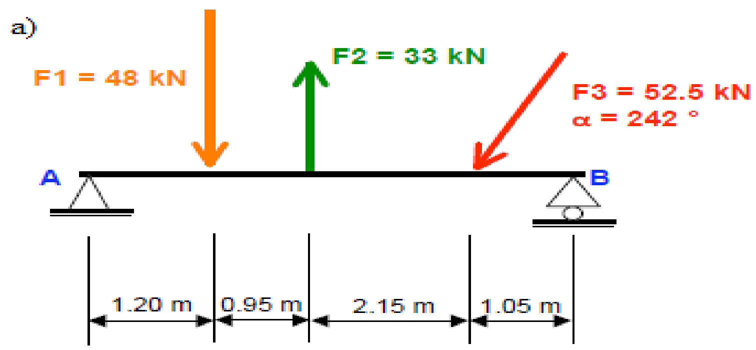
1) Qu'est qu'un système isostatique ?
2) Quelle est la nature des systèmes suivants :



✂...

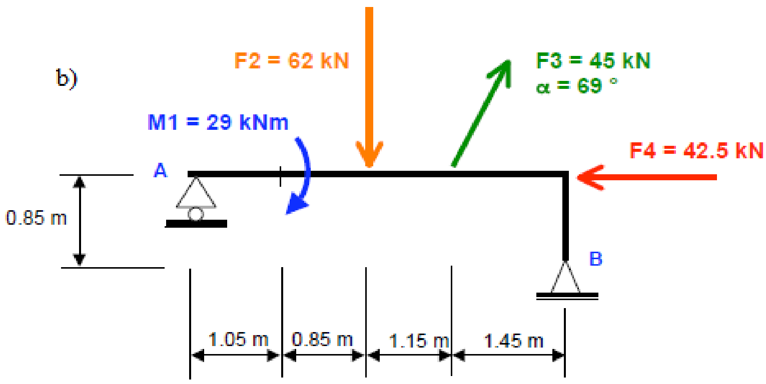
EXERCICE 9

Déterminer analytiquement et graphiquement les réactions d'appui des systèmes suivants :



✂...

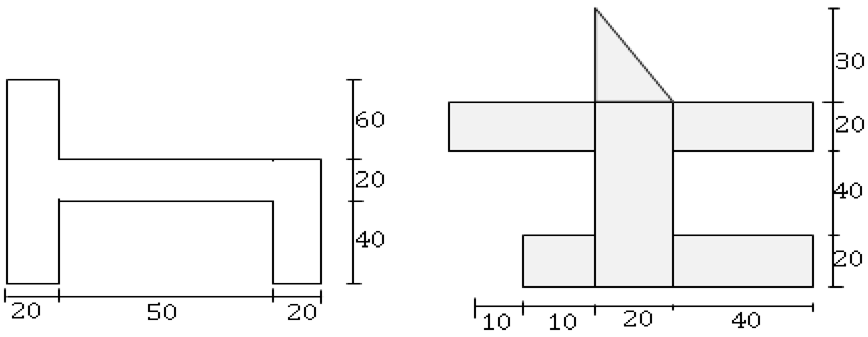
b)



✂...

EXERCICE 10

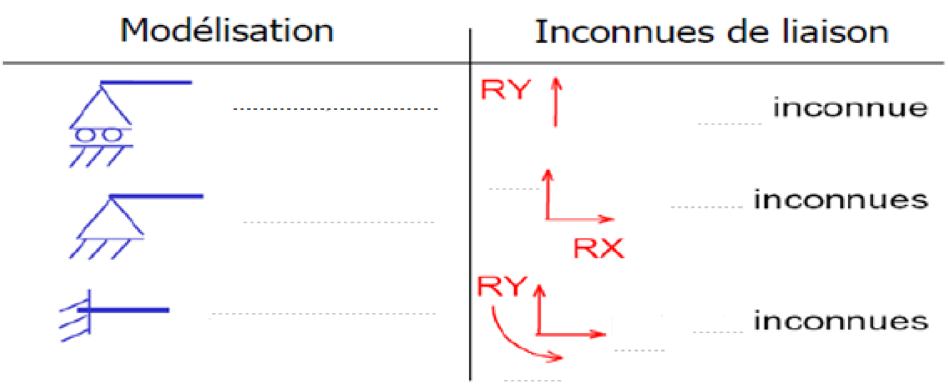
Déterminer le CDG des figures suivantes :



✂...

EXERCICE 11

Compléter le schéma suivant qui récapitulent les liaisons en génie civile :



3. CINEMATIQUE

Situation-problème

L'étude cinématique au cours du temps d'une chaîne de solides nécessite la connaissance des caractéristiques des mouvements des différents solides qui la composent. Ces caractéristiques correspondent aux trajectoires de certains points, à la vitesse et à l'accélération de points appartenant aux solides.

- Quels sont les différents mouvements d'un solide ?
- Comment déterminer les vitesses et accélérations en différents points d'un mécanisme ?
- Quelles sont les différentes lois de mouvement ?

✂..

A/ LA CINEMATIQUE DU POINT MATERIEL

1) Mouvement d'un solide

Activité 1 : Qu'est ce qu'un référentiel ?

1.1) La description d'un mouvement dépend du référentiel dans lequel on se place. C'est la relativité du mouvement, et c'est pour cela qu'il est indispensable de préciser le référentiel pour étudier n'importe quel mouvement.

1.1.1) Qu'est ce qu'un référentiel ?

1.1.2) Qu'est ce qu'un point matériel ? Qu'est ce qu'un mobile ?

1.1.3) De quoi est constitué un référentiel ?

1.1.4) Cite quelques référentiels d'étude d'un mobile.

1.2) On désire repérer un mobile par ses coordonnées $x(t), y(t)$et $z(t)$ sur sa trajectoire.

1.2.1) Qu'est qu'une trajectoire ? Quels sont les différents types de trajectoire ?

1.2.2) Place le point M, puis donne l'expression du vecteur position $\overrightarrow{OM}$ du mobile :

a) Dans un repère à une dimension
b) Dans un repère à deux dimensions
c) Dans un repère à trois dimensions.

✂..

Application 1

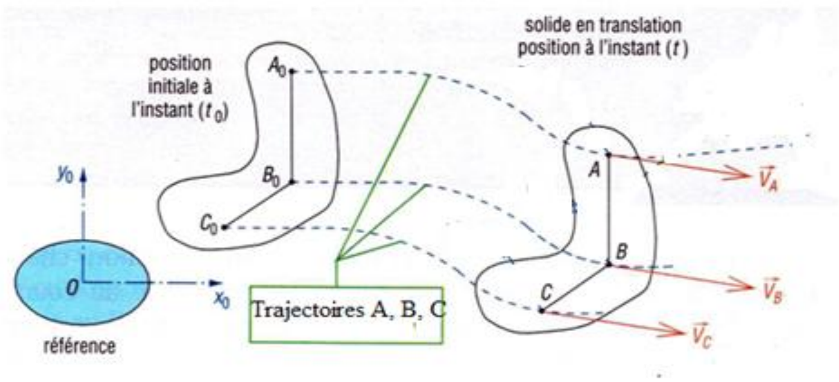
Les équations horaires du mouvement d'un mobile se déplaçant dans le plan muni d'un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$ sont : $\begin{cases} x = 2t \\ y = 3t - 4 \end{cases}$ x et y sont exprimées en mètres.

Le mobile est mis en mouvement à la date $t = 0$s.

1) Donner l'expression du vecteur position $\overrightarrow{OM}$ du mouvement.
2) Détermine l'équation cartésienne de la trajectoire.
3) Quelle est la nature de la trajectoire du mouvement ?

Activité 2 : Qu'est ce qu'un mouvement de translation ou de rotation ?

La figure suivante traduit le mouvement de translation d'un solide dans un repère.



2.1) Compare les trajectoires, les vecteurs vitesse des points A, B et C.

2.2) Compare les segments AB et A_0B_0; BC et B_0C_0.

2.3) Définis alors un mouvement de translation.

2.4) Quelles sont les deux grandes familles de translation ?

2.5) Définis chaque type de translation.

2.6) Qu'est qu'un mouvement de rotation ?

✂...

2.7) Identifie chaque type de mouvement dans les cas de figure suivants :

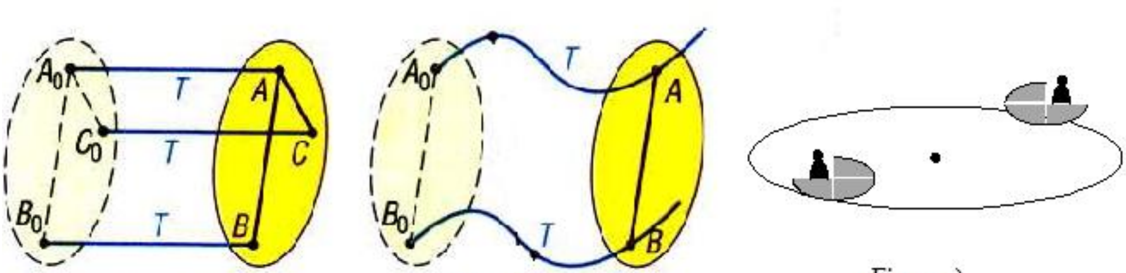


Figure a) Figure b) Figure c)

✂...

Activité 3 : Vecteur vitesse d'un point d'un solide en rotation ou en translation rectiligne

3.1) Définis la vitesse moyenne d'un point d'un solide

3.2) Donne l'expression de la vitesse moyenne pour :

3.2.1) Un mouvement de translation rectiligne

3.2.2) Un mouvement curviligne.

3.3) Soient M_0, M_1 et M_2 les positions d'un point du mobile sur une trajectoire curviligne aux instants de dates respectives t_0, t_1 et t_2. La vitesse instantanée d'un point M du solide à la date t_1 est pratiquement égale a sa vitesse moyenne entre les dates t_0 et t_2 très proches l'une de l'autre et encadrant t_2.

3.3.1) Ecris l'expression de la vitesse instantanée $\vec{V}_1$ point du solide à l'instant t_1.

3.3.2) Recherche les caractéristiques du vecteur vitesse instantanée $\vec{V}$ à un instant t

3.3.3) Représente le vecteur vitesse $\vec{V}$ d'un point du solide sur cette trajectoire à l'instant t.

3.3.4) Que dire de la nature du mouvement du point du solide dans les cas suivants :

a) La vitesse instantanée est une constante.

b) La vitesse instantanée augmente.

c) La vitesse instantanée diminue.

3.4) On étudie le mouvement d'un solide en rotation autour d'un axe fixe. Soit :

- ω : vitesse angulaire de rotation,
- α : angle parcouru par le solide en rad,
- Δt : temps mis en s par le solide pour parcourir l'angle α
- R : rayon de courbure de la trajectoire en m.

3.4.1) Donne l'expression de la vitesse angulaire du solide. Quelle est son unité ?

3.4.2) Etablis la relation entre la vitesse angulaire et la vitesse d'un point du solide ?

✂...

Activité 4 : Vecteur accélération d'un point en rotation et en translation rectiligne

4.1) Les accélérations traduisent les variations de la vitesse. Soient $\vec{V}_1$ et $\vec{V}_2$ les vecteurs vitesses d'un point M du solide aux instants de dates respectives t_1 et t_2.

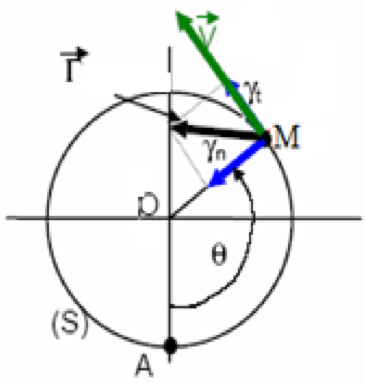
4.1.1) Donner l'expression du vecteur accélération moyenne $\vec{a}_m$ du point M du solide.

4.1.2) Quelle est son unité ?

4.1.3) En déduire le vecteur accélération du point lorsque $\Delta t = t_2 - t_1$ tend vers 0.

4.1.4) Donne l'expression de l'accélération instantanée pour une translation rectiligne.

4.2) On considère un solide en rotation autour d'un axe fixe O. On lie au solide point un repère $(M;\ \vec{\tau}, \vec{n})$ où $\vec{\tau}$ et $\vec{n}$ sont des vecteurs unitaires et orthogonaux.



- $\vec{\tau}$: tangent à la trajectoire et orienté dans le sens du mouvement,
- $\vec{n}$: la normale à la trajectoire en M et dirigée vers l'intérieur de la concavité,
- ρ: rayon de courbure de la trajectoire.
- $\vec{\Gamma} = \frac{dV}{dt}\vec{\tau} + \frac{V^2}{\rho}\vec{n}$

4.2.1) Quelles sont les composantes (γ_t, γ_n) du vecteur accélération ?

4.2.2) Comment appelle-t-on ces composantes ?

4.2.3) Quelle est la nature du mouvement dans les cas suivants :

a) $\vec{\Gamma}$ et $\vec{V}$ sont de même sens

b) $\vec{\Gamma}$ et $\vec{V}$ sont de sens contraires.

NB : Cette activité ne concerne pas la $1^{ère}$ EA.

Activité 5 : Les différentes lois de mouvement en fonction du temps.

5.1) Mouvement de translation rectiligne :
5.1.1) Qu'est- ce qu'un mouvement rectiligne uniforme ? Etablis son équation horaire.
5.1.2) Définis un mouvement rectiligne uniformément varié. Etablis son équation horaire.
5.2) Les mouvements de rotation :
5.2.1) Qu'est qu'un mouvement de rotation uniforme ?
5.2.2) Retrouve l'équation horaire du mouvement par :

a) Son abscisse angulaire θ
b) Par son abscisse curviligne s.

5.2.3) La rotation du solide étant uniforme, le mouvement est alors périodique :

a) Définis la période d'un tel mouvement.
b) Etablis les expressions de la période et de la fréquence du mouvement.

5.2.4) Qu'est-ce qu'un mouvement circulaire uniforme ?

a) Quelle est la relation entre la vitesse linéaire V d'un point du solide et la vitesse angulaire du mouvement?
b) Exprime la période T du mouvement en fonction de la vitesse linéaire V et du rayon R du cercle.

✂...

Application 2

1) Un mobile M est animé d'un mouvement rectiligne uniforme dans un plan muni d'un repère orthonormé $(O;\vec{i},\vec{j})$. A l'instant $t_0 = 3s$ ce mobile est au point $M_0(2;-3)$ et son vecteur vitesse est donné par $\vec{V} = -4\vec{i} + \vec{j}$.
   a) Calculer la norme du vecteur vitesse du mobile.
   b) Etablir les lois horaires x(t) et y(t) du mobile en prenant pour origine des temps, l'instant $t_0 = 3s$.
   c) A quelle date le mobile passe par le point d'ordonnée nulle ?
   d) Quelle est son abscisse correspondante ?
2) Une machine à laver essore la lessive avec une fréquence de 1000 tours par minute et le diamètre intérieur de son tambour est de 40cm.
   Déterminer la vitesse angulaire ω et la vitesse V d'un point du tambour.

✂...

Application 3

A $9h00$, une automobile A part de Bohicon. Elle roule vers Cotonou, distante de $132km$, à la vitesse constante de $70km.h^{-1}$. Partie à 9h00 de Cotonou, une automobile B roule vers Bohicon sur la même route à lavitesse constante de80km/ h ; la route « Cotonou-Bohicon » est supposée rectiligne.
En prenant comme origine des espaces « Bohicon », et comme origine des temps, l'instant de départ et le sens du mouvement : de Bohicon vers Cotonou :

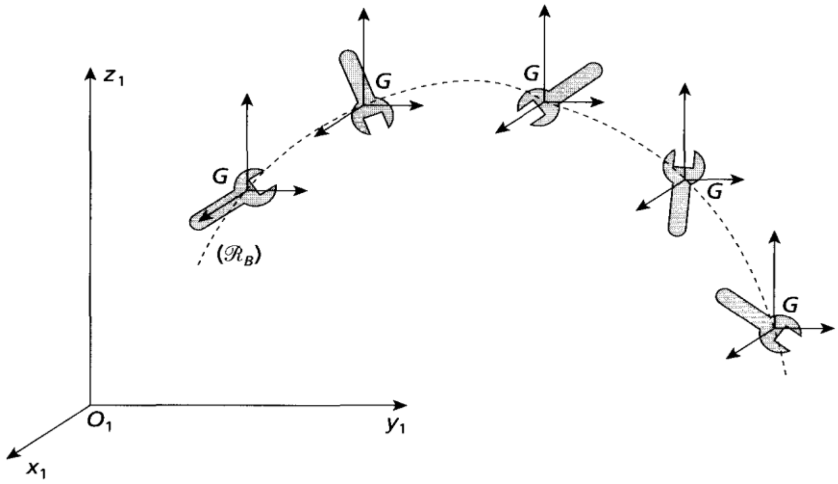
- Déterminer l'heure et le lieu de croisement des deux automobiles.

B/ LA CINEMATIQUE DU SOLIDE

✂..

Activité 6 : Qu'est qu'un mouvement plan ?

En général le mouvement quelconque d'un solide S dans un repère est une combinaison de deux ou plusieurs mouvements simples

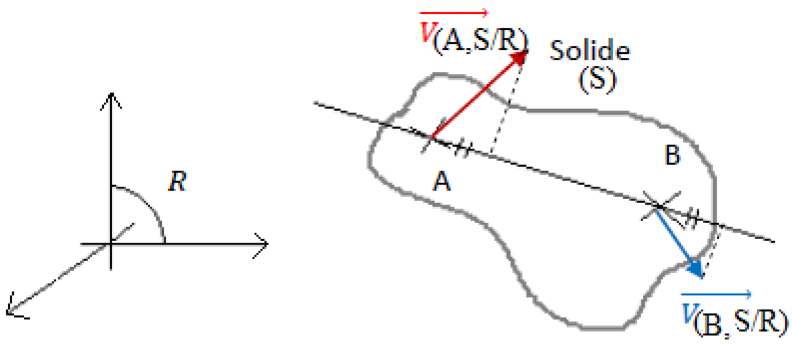


6.1) Qu'est –ce qu'un solide indéformable ?
6.2) Quels sont les mouvements simples que tu connais ?
6.3) Définir alors un mouvement plan.

✂..

Activité 7 : Equiprojectivité du champ des vecteurs vitesses linéaires.

Soient A et B deux points d'un solide en mouvement par rapport à R.

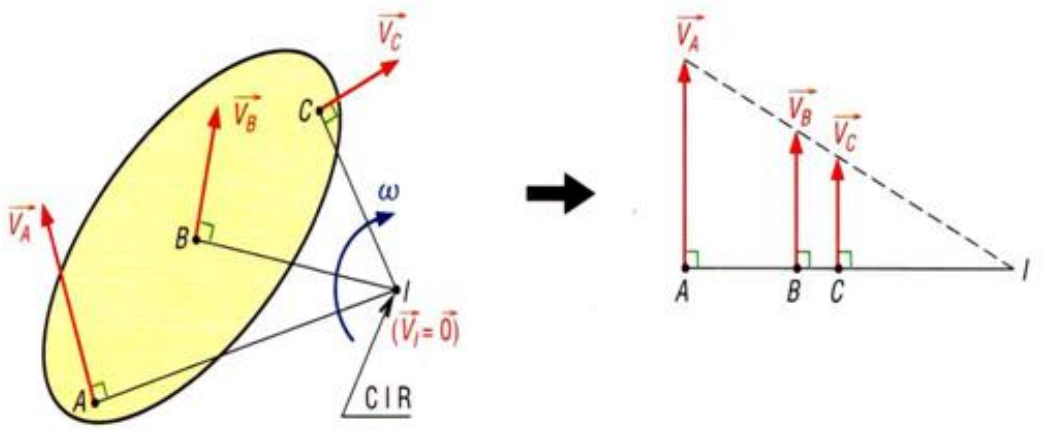


Les points A et B étant liés au solide S, alors ils subissent le même mouvement que celui-ci. Les vecteurs vitesse des deux points du solide vérifient la relation du changement de point du moment du torseur suivant : $\vec{V}(B/R) = \vec{V}(A/R) + \overrightarrow{BA} \wedge \vec{\Omega}(S/R)$ où :

- $\vec{V}(A/R)$ et $\vec{V}(B/R)$ les vitesses respectives des points A et B par rapport à R
- $\vec{\Omega}(S/R)$ la vitesse de rotation du solide S par rapport au repère R.

✂..

7.1) Ecris le torseur cinématique caractérisant le mouvement du solide S par rapport à R au point M.
7.2) Quels sont les éléments de réduction de ce torseur dans le cas d'une translation et d'une rotation ?
7.3) Ecris la relation d'équiprojectivité des champs de vecteurs vitesse linéaire.
7.4) Caractériser le champ des vecteurs vitesses pour un solide en translation.
7.5) Pour tout solide en mouvement plan, il existe un point I et un seul, ayant une vitesse nulle $\left(\vec{V}_I = \vec{0}\right)$ à l'instant considéré et appelé Centre de Rotation Instantané de Rotation (CIR).

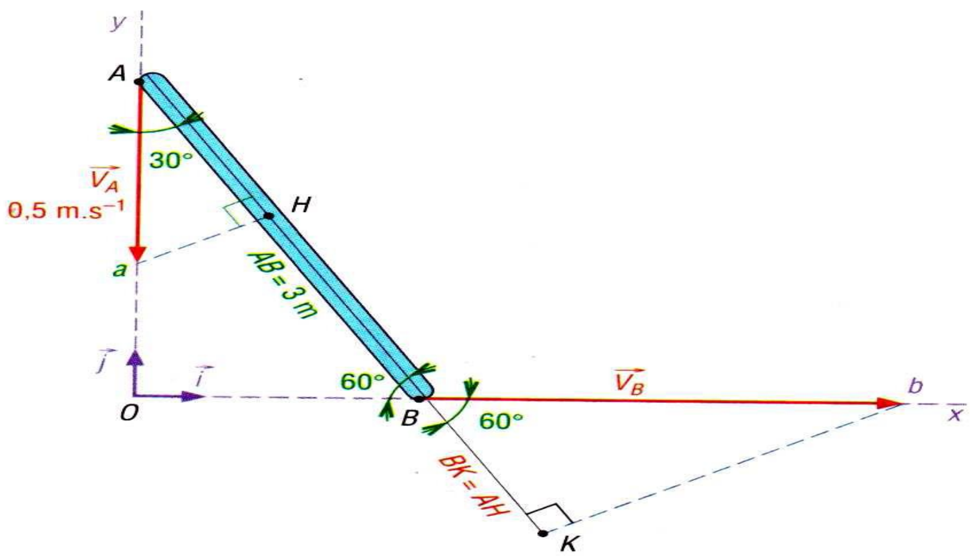


7.5.1.) Quelle est la position du CIR ?
7.5.2.) Etablir la relation entre les vitesses V_A, V_B et V_C respectivement aux points A, B et C.

✂...

Application 4

Déterminer par le calcul la vitesse au point B.



DOCUMENT

A/ LA CINEMATIQUE DU POINT MATERIEL

- La trajectoire d'un point (ou d'un solide) est l'ensemble des positions successives de ce point (ou de ce solide) en mouvement, au cours du temps.

On définit toujours un mouvement ou une trajectoire par rapport à une référence.

- Un référentiel est constitué :

– d'un repère d'espace, lié à un système solide de référence, muni d'une origine et de trois axes fixes qui sont les arêtes d'un trièdre choisi d'ordinaire trirectangle,

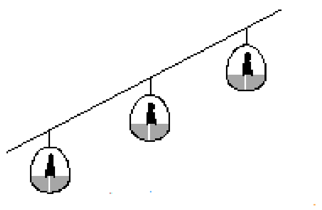
– d'un repère de temps (avec choix d'une origine des dates et d'un système d'horloges synchronisées définissant une échelle de temps pour sa mesure).

- Mouvement d'un solide.
- Translation

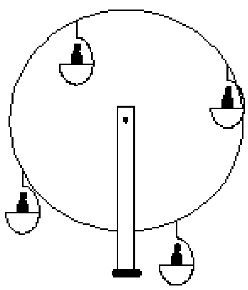
Un solide est en mouvement de translation lorsqu'un segment quelconque de ce solide reste parallèle a lui-même au cours du déplacement de ce solide.

– Lorsque la trajectoires des différents points de ce solide sont des droites, la translation est dite rectiligne.

– Lorsque la trajectoires des différents points de ce solide sont des courbes, la translation est dite curviligne.



Trajectoire rectiligne



Trajectoire circulaire

- Rotation

– Lorsqu'un solide est animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe fixe, tous les points du solide décrivent des trajectoires circulaires autour de cet axe.

– Ces points n'ont pas, au même instant, le même vecteur vitesse ; (ils peuvent avoir la même valeur mais pas la même direction ou sens).

– Un mouvement de rotation est caractérise pas sa vitesse angulaire ω :

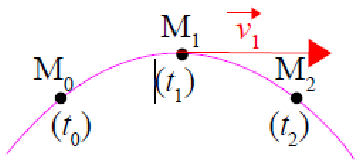
$$\omega = \frac{\alpha}{\Delta t} : \begin{cases} \omega\text{: vitesse angulaire en rad/s} \\ \alpha\text{: angle parcouru par le solide en rad} \\ \Delta t\text{: temps mis en s par le solide pour parcourir l'angle } \alpha \end{cases}$$

– Relation : $V = R\omega \begin{cases} \omega\text{: vitesse angulaire en rad/s} \\ R\text{: rayon de courbure de la trajectoire en m} \\ V\text{: vitesse lineaire d'un point en m/s} \end{cases}$

- Notion de vitesse.
- Vitesse moyenne :
- La vitesse moyenne d'un point le long d'une trajectoire de longueur l est définie pas :

$$V = \frac{l}{\Delta t} = \frac{AB}{\Delta t} : \begin{cases} \Delta t \text{ est le temps mis pour parcourir la distance } l = AB \\ AB \text{ peut etre une droite, un courbe} \ldots \end{cases}$$

- Vitesse instantanée :
- La vitesse instantanée d'un point d'un solide a la date t_1 est pratiquement égale a sa vitesse moyenne entre les dates t_0 et t_2 très proches l'une de l'autre et encadrant t_1.
- Caractéristiques :



$$\vec{V}_1 : \begin{cases} \text{point d'application : le point } M_1 \\ \text{direction : tangente en } M_1 \text{ a la trajectoire} \\ \text{sens : celui du mouvement de } M \\ \text{valeur: } V_1 = \dfrac{M_0M_2}{t_2 - t_1} \end{cases}$$

- Le mouvement est dit uniforme si la valeur de la vitesse instantanée reste constante.
- Le mouvement est dit accéléré si la valeur de la vitesse instantanée augmente au cours du temps.
- Le mouvement est dit décéléré si la valeur de la vitesse instantanée diminue au cours du temps.

- Les différentes lois de mouvement en fonction du temps.
- Un mouvement rectiligne uniforme est un mouvement rectiligne et dont la vitesse est constante, non nulle. Son équation horaire est :

$$x(t) = V_x(t - t_0) - x_0 \begin{cases} x_0 : \text{position du point du à la date initiale } t_0 \\ V_x : \text{sa vitesse algébrique} \end{cases}$$

- Un mouvement rectiligne est dit uniformément varié lorsque son accélération est une constante, non nulle. Son équation horaire est :

$$x(t) = \frac{1}{2}a_x(t - t_0)^2 + V_{0x}(t - t_0) + x_0 \begin{cases} V_{0x} : \text{la vitesse initiale du mobile à } t_0 \\ a_x : \text{son accélération algébrique} \end{cases}$$

B/ LA CINEMATIQUE DU SOLIDE

- Un mouvement est dit "plan" lorsqu'il ne correspond ni à une translation, ni à une rotation absolue. C'est une combinaison de 2 ou plusieurs mouvements simples.

Exemple : la bielle d'un moteur (combinaison d'une rotation et d'une translation à chaque extrémité).

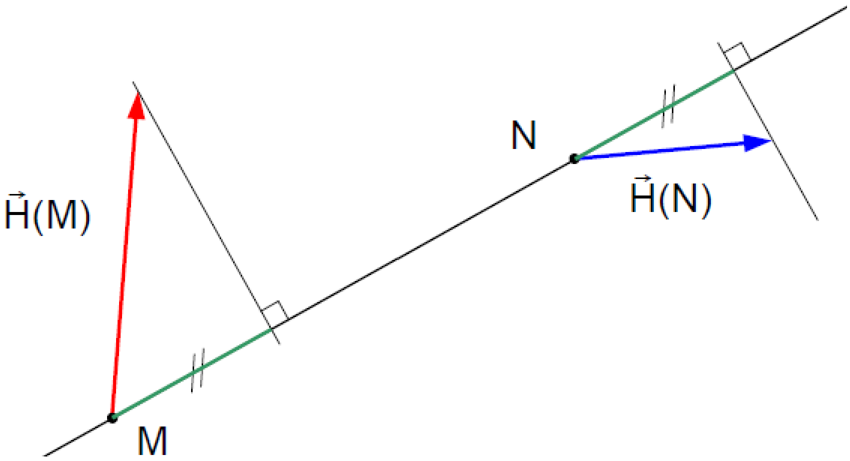
- Equiprojectivité du champ des vitesses linéaires – Torseur cinématique
- Qu'est –ce qu'un champ de vecteur ?
- un champ de vecteurs est un ensemble fini ou non de vecteurs régis par une

même loi. Un champ de vecteurs est donc défini par une application f, qui à tout point M de l'espace, fait correspondre un vecteur $\vec{H}$.

Notation : $\vec{H}(M)$ est le résultat de l'application.

- Exemple : le champ de pesanteur, qui agit sur un solide S, est un champ de vecteurs.

- Qu'est –ce qu'un champ équiprojectif ?
- Un champ de vecteurs (H) est dit équiprojectif si, considérant les vecteurs du champ rattachés à deux points quelconques M et N, les projections de ces vecteurs, sur la droite orientée passant par ces deux points, sont égales :
  $\vec{H}(M).\overrightarrow{MN} = \vec{H}(N).\overrightarrow{MN}$



- Equiprojectivité du champ des vecteurs vitesse linéaire
- Théorème : Soient deux points quelconques M et N d'un solide (S) en mouvement quelconque d'un solide dans un repère R.
- Le champ des vecteurs vitesse d'un solide est équiprojectif :

$$\overrightarrow{V(M,S/R)}.\overrightarrow{MN} = \overrightarrow{V(N,S/R)}.\overrightarrow{MN}.$$

- La conséquence de l'équiprojectivité du champ des vecteurs vitesse, est que ce champ de vecteurs est aussi le champ de moment d'un torseur le torseur cinématique.

$$\{V(S/R)\}_M = \begin{Bmatrix} \overrightarrow{\Omega(S/R)} \\ V(M,S/R) \end{Bmatrix}_M \quad \text{avec} \quad \overrightarrow{V(N,S/R)} = \overrightarrow{V(M,S/R)} + \overrightarrow{NM} \wedge \vec{\Omega}(S/R)$$

- Qu'est –ce que le centre instantané de rotation ou CIR ?
- Pour tout solide en mouvement plan, il existe un point I et un seul, ayant une vitesse nulle : c'est le CIR ?
- En tant que centre de rotation, le CIR est situé à l'intersection des perpendiculaires aux vecteurs vitesses du solide.

EXERCICES DE CONSOLIDATION

✂...

EXERCICE 1

Un mobile M est animé d'un mouvement rectiligne uniforme dans un plan muni d'un repère orthonormé $(O;\vec{i},\vec{j})$. A l'instant $t_0 = 3s$ ce mobile est au point $M_0(2;-3)$ et son vecteur vitesse est donné par $\vec{V} = -4\vec{i} + \vec{j}$.

1) Calculer la norme du vecteur vitesse du mobile.

2.a) Etablir les lois horaires x(t) et y(t) du mobile.

b) Déduis-en l'équation cartésienne de sa trajectoire.

c) Construis sur un papier millimétré la fonction y =f (x) obtenue et donne la nature du mouvement.

3) Quelles sont les coordonnées du mobile aux instants $t_1 = 4s$ et $t_2 = 5s$?
4) Quelle est la distance parcourue par le mobile entre le s instants $t_1 = 4s$ et $t_2 = 5s$?
5) Retrouve la valeur de la vitesse calculée à la première question.

✂...

EXERCICE 2

Une route présente un tronçon rectiligne entre deux points A et B distants de 50km.
Un cycliste C_1 passe devant le point A à 6h30min et se dirige vers le point B à une vitesse constante $V_1 = 28{,}8 km.h^{-1}$.
Un autre cycliste C_2, évoluant vers A, passe devant le point B à 7h30min à la vitesse Constante $V_2 = 18 km.h^{-1}$. On prendra pour :
-origine des espaces le point A et origine des dates 6h30min.
-sens de parcours de A vers B.
1.a) Déterminer les vitesses algébriques V_{1x} et V_{2x} respectives des deux cyclistes C_1 et C_2.
b) Etablir les équations horaires du mouvement des deux cyclistes.
2) Déterminer l'heure et le lieu de croisement des deux cyclistes.
3) A quelle date le cycliste C_2 passe par le point A ?
3) A quelles dates et à quelles heures la distance entre les deux cyclistes sera-t-elle égale à 130m?

✂...

EXERCICE 3

L'horloge d'une gare possède trois aiguilles :
-celle des <<heures>>, de longueur 1,00m.
-celle des <<minutes>>, de longueur 1,25m;
-celle des <<secondes>>, de longueur 1,50m;
1- Calculer la vitesse de l'extrémité de chaque aiguille.
2-Calculer la vitesse angulaire de chaque aiguille.
3 – Un vieux réveil électrique possède également trois aiguilles. Il est en parfait état de marche ; que dire de la vitesse angulaire de chaque aiguille ?

EXERCICE 4

La figure suivante représente le système de transmission d'une motocyclette. La roue R de rayon R et la roue r de rayon r sont solidaires et coaxiales, sont reliées par une courroie. r_1 et r_2 sont coaxiales et solidaires et r_2 et r_0 sont en contact par leurs dentures. La roue R de la motocyclette avance à la vitesse $V = 54km/h$.

Système de transmission de la motocyclette

$R = 3a;\ r = 1{,}5a;\ r_1 = a;\ r_2 = r;\ r_0 = 0{,}6a;$ avec $a = 10cm$

1.a) Détermine la vitesse V_M d'un point M de la circonférence de la roue R.

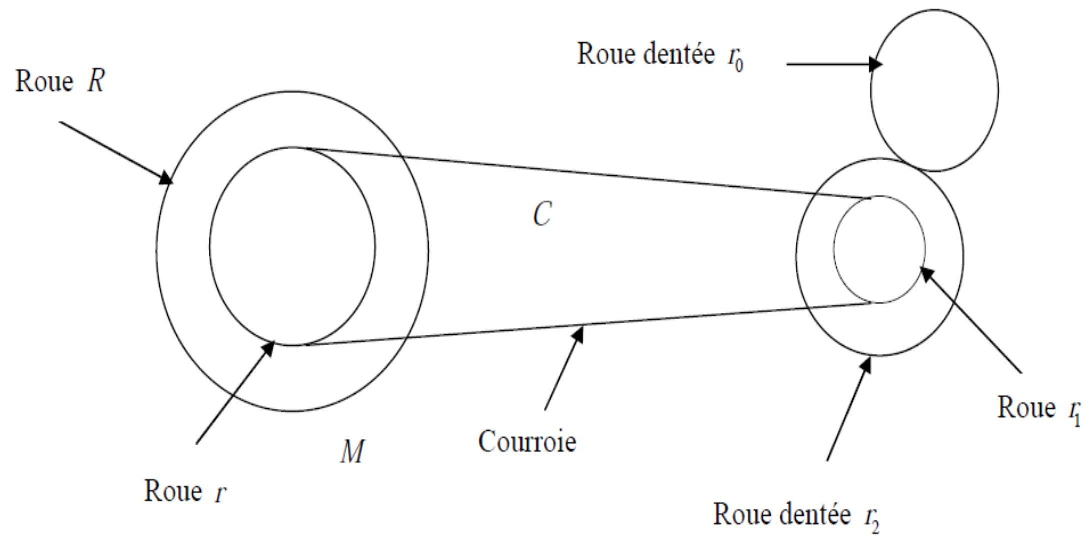
b) Déduire la vitesse angulaire ω de la roue r puis la vitesse linéaire V_C d'un point C de la courroie.

2.a) Détermine la vitesse angulaire de la roue r_2

b) Déduire la vitesse linéaire d'un point de la circonférence de la roue r_2

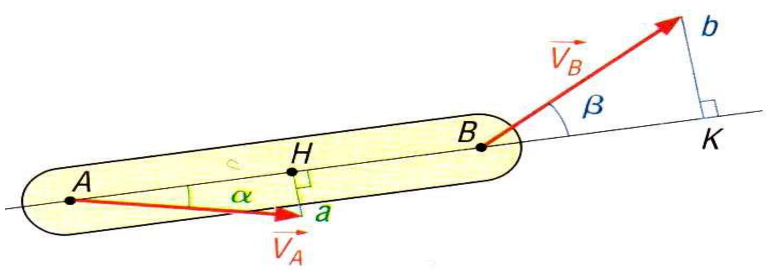
3.a) Détermine alors la fréquence de la roue motrice r_0

b) Déduire la période du mouvement de la bille du moteur qui actionne la roue.



EXERCICE 5

Exprimer par équiprojectivité la vitesse au point A du solide suivant :



4. RESISTANCE DES MATERIAUX

✂...

Situation-problème

La résistance des matériaux (RDM) est l'étude de la résistance et de la déformation des éléments d'une structure (arbres de transmission, bâtiments, ponts, ...) dans le but de déterminer ou de vérifier leurs dimensions afin qu'ils supportent les charges dans des conditions de sécurité satisfaisantes et au meilleur coût (optimisation des formes, dimensions, nature des matériaux ...).

Contrairement à la statique, la RDM étudie la stabilité interne des solides vis-à-vis de sollicitations en efforts et leur déformation lors de ces sollicitations.

- Qu'est ce qu'une poutre ?
- Quels sont les différentes sollicitations extérieures d'une poutre suite à une déformation ?
- Comment réagissent les solides aux différentes sollicitations?
- Quels sont les principes fondamentaux de la RDM ?

✂...

1) Objet et méthode de la résistance des matériaux

Activité 1 : Contrainte et déformations dans les poutres

1.1) La fig.1 ci-dessus est une poutre, qui est un solide engendré par une surface (S) plane dont le centre de surface G décrit une courbe plane appelée ligne moyenne.

Coupons la poutre G_0G_1 par un plan de section droite (S), dont le centre de gravité est G, perpendiculaire à la fibre moyenne.

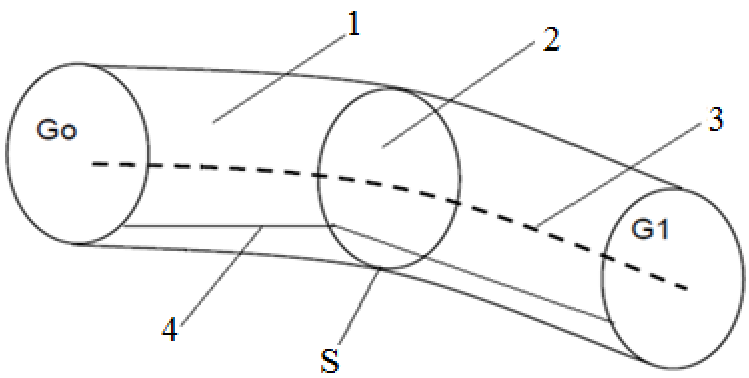


Fig.1: schéma d'une poutre

a) Annoter les différentes parties de cette poutre ?
b) Qu'est-ce qu'une ligne moyenne

✂...

✂...

1.2) Isolons par la pensée, la partie droite (D) ; elle est en équilibre :

- sous l'action des forces extérieures qui lui sont directement appliquées ;
- et des actions exercées par la partie gauche (G) au travers de la section (S); ce sont des actions de contact qui sont internes à la poutre.

Les actions de contact de (G) sur (D) sont modélisées par un effort $\vec{F}_{G/D} = \vec{F}$ en un point M entouré par la surface (S) et tel que $\vec{F} = F_n.\vec{n} + F_\tau.\vec{\tau}$. (Voir fig.2).

$\vec{n}$ est le vecteur unitaire normal à la section S.

L'effort par unité de surface qui s'exerce dans le matériau est appelé contrainte.

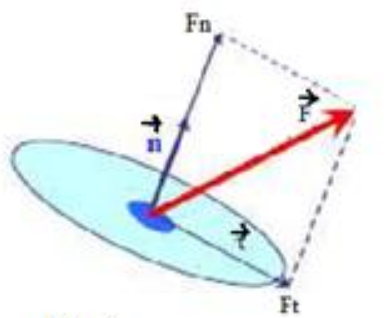


Fig.2

On désigne par $\vec{C}$ le vecteur contrainte par unité de surface au point M

1.2.1) $\vec{C}$ est –il une force intérieure ou extérieure à la poutre?

1.2.2) Ecris l'expression de la contrainte en M.

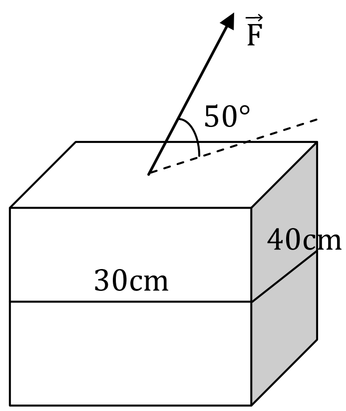
1.2.3) Qu'est est l'unité de la contrainte ? Donne quelques unités courantes de la contrainte.

1.2.4) Définir les composantes normales

σ ≪ sigma ≫ et tangentielle τ ≪ tau ≫ de la contrainte $\vec{C}$ au point M à la surface S. Quelles sont leurs expressions ?

✂...

Application 1



On considère un élément soumis à une force de 150N d'intensité inclinée d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport à l'horizontale comme l'indique la figure ci-après.

1) Déterminer les composantes normale et tangentielle de la force $\vec{F}$.

2) En déduire les contraintes correspondantes en P_a,

✂...

✂……………………………………………………………………………………………

Activité 2 : Torseur des efforts intérieurs

On isole la partie droite (D) de la poutre G_0G_1. Nous définissons les efforts de la RDM comme étant les résultantes $\vec{R}$ des forces et moments $\vec{M}_G$ de la partie gauche (G) sur la partie droite (D) au CDG de la section (S).

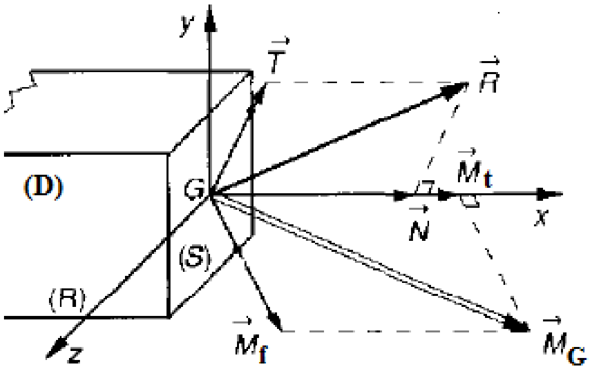


Fig.4:Résultante des contraintes dans (S) en G

Ce torseur des efforts intérieurs en G de la ligne moyenne de la poutre est appelé torseur de cohésion, il a six composantes qui prennent les notations suivantes : $\begin{Bmatrix} N & M_x \\ T_x & M_y \\ T_y & M_z \end{Bmatrix}_G$ dans le référentiel $(O;\vec{X},\vec{Y},\vec{Z})$

2.1) Définis : effort tranchant ; effort normal ; moment fléchissant ; moment de torsion.

2.2) Donne la signification de chaque composante du torseur des efforts intérieurs (au sein de la matière) qui s'exercent sur la partie (D) de la poutre dans le repère local R.

2.3) Dans le cas des poutres droites à plan moyen (et dont le plan moyen est le plan $(\vec{X},\vec{Y})$), le torseur des efforts intérieurs se réduit à quatre composantes non nulles.
Quelles sont alors ses composantes ?

✂……………………………………………………………………………………

2.4) Relations entre sollicitations et efforts extérieurs

On s'intéresse à l'équilibre des systèmes S_1 et S_2 suivants :

- S_1 est constitué de la partie droite (D) de la poutre : S_1=(D)
- S_2 est l'ensemble des parties droite (D) et gauche (G) de la poutre : S_2=(D) +(G).

Le système S_1 est soumis aux efforts extérieurs $\vec{F}_{ext\to D}$ et des efforts internes de contact de la partie (G) sur (D) au travers de la section droite (S). Ces efforts ou contraintes sont des sollicitations dont la résultante est $\vec{R}$.

Le système S_2, ensemble des deux parties (G) et (D) est soumis aux efforts extérieurs $\vec{F}_{ext\to D}$ provenant du milieu extérieur sur la partie (D) et $\vec{F}_{ext\to G}$ sur la partie gauche (G) de la poutre.

2.3.1) Ecris les relations d'équilibre pour chaque système.

2.3.2) Etablis que : $\vec{R} = \vec{F}_{ext\to G}$

2.3.3) Tire alors une conclusion en complétant la phrase suivante : les sollicitations sont ………….. aux actions des efforts à …………. de la section (S) où est pratiquée la coupure.

✂……………………………………………………………………………………

✂……………………………………………………………………………………………

Activité 3 : Déformation et sollicitations simples

Tout solide soumis à un effort se déforme. Les déformations résultent et varient avec les charges appliquées sur les objets. Elles sont mises en évidence par la variation des dimensions, et peuvent être élastiques ou plastiques.

3.1) Qu'est ce qu'une déformation plastique ?

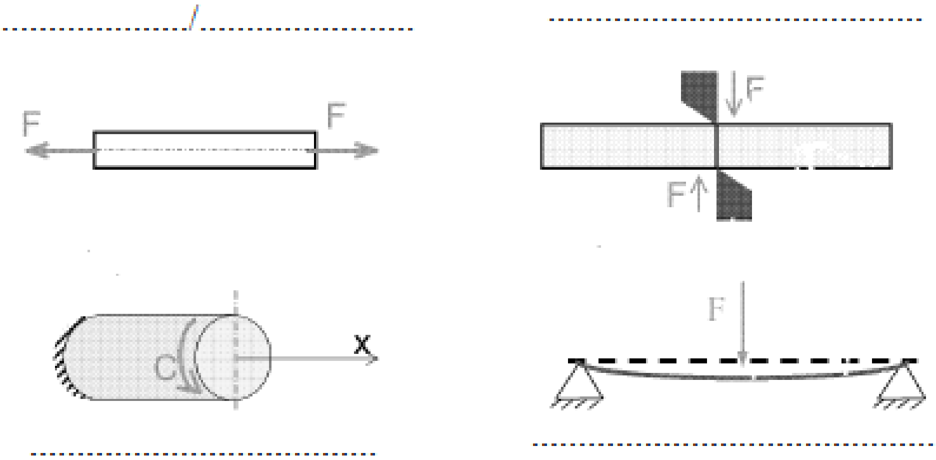
3.2) Qu'est ce qu'une poutre ?

3.3) On appelle sollicitation simple dans une coupure, l'état de contrainte résultant de la présence dans cette coupure d'un seul élément des composantes du torseur de réduction des efforts de cohésion ou interne d'une poutre. Chacune de ces sollicitations simples porte alors un nom en rapport avec la nature de l'élément de réduction que l'on trouve dans la coupure.

3.3.1) Quelles sont les sollicitations simples que subirait une poutre suite à une déformation ?

3.3.2) Définis alors chaque sollicitation.

3.3.3) Reconnais à travers les figures suivantes les sollicitations élémentaires.



✂……………………………………………………………………………………………

Application 2

Quelles sont les valeurs correspondantes à chaque type de sollicitations enregistrées dans le tableau suivant :

Sollicitations	Effort Normal (N)	Effort Tranchant (T)	Moment de Torsion (M_t)	Moment de Flexion (M_f)
Traction/compression				
Cisaillement				
Torsion				
Flexion pure				

✂……………………………………………………………………………………………

Activité 5 : Hypothèses et les principes de la RDM

La RDM est un outil de calcul des contraintes et déformations des poutres (solides dont la longueur est beaucoup plus importante que les dimensions transversales) permettant ainsi leur dimensionnement. Pour cela, elle doit s'appuyer sur certaines hypothèses et principes fondamentaux contribuant à simplifier les calculs.

5.1) Qu'est ce qu'un matériau ? Donne des exemples.
5.2) Enumère les hypothèses sur un matériau
5.3) Quel est le domaine pratique de validité des hypothèses de la RDM ?
5.4) Recherche les principes suivants :
- Principe de superposition des effets des forces
- Principe de Saint-Venant
- Principe de Navier-Bernoulli

✂…………………………………………………………………………………………

2) Interprétation des résultats d'essais des matériaux (traction, dureté, résilience, fatigue)

Activité 6 : Les essais des matériaux

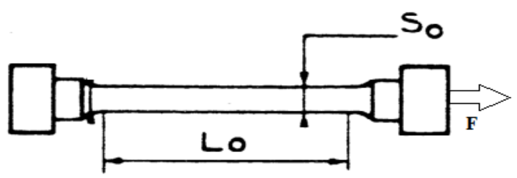
Afin de caractériser le comportement mécanique d'un ou de plusieurs matériaux soumis a des forces extérieures qui engendrent des contraintes et des déformations, on a recours a un certain nombre d'essais mécaniques effectués au laboratoire.

Ces essais mécaniques doivent mettre en jeu des états de contrainte simples et connus, d'interprétation facile et non équivoque. De plus ils doivent être reproductibles. C'est pourquoi des organismes nationaux et internationaux (AFNOR, ISO, CEN) normalisent ces essais. La normalisation des essais porte entre autres sur :
- la géométrie de l'éprouvette,
- la préparation de cette éprouvette
- les machines d'essai et leur étalonnage,
- les techniques expérimentales mises en œuvre
- le dépouillement et la présentation des données.

6.1) Qu'est ce qu'un matériau homogène ?
6.2) Donne des exemples de matériaux homogènes.
6.3) Qu'est ce qu'une éprouvette normalisée ?
6.4) Cite quelques différents types d'essais des matériaux.
6.5) Définis chaque type d'essai.

✂…………………………………………………………………………………………

Application 3



1) Quel est l'instrument ci-contre ?

2) Quelle est sa forme ?

2) Que représente S_0 ; L_0 ou F?

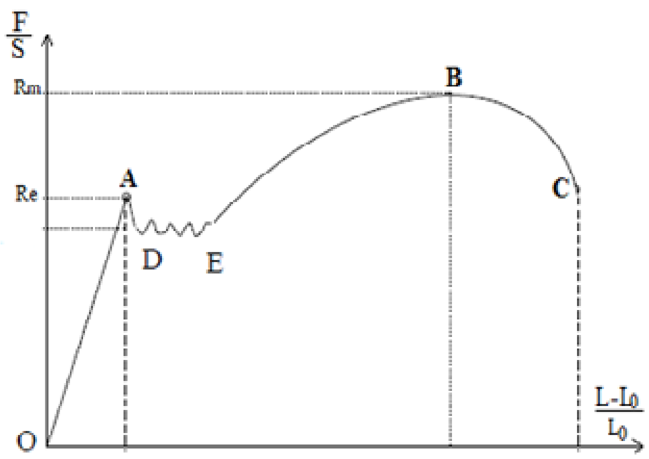
✂...

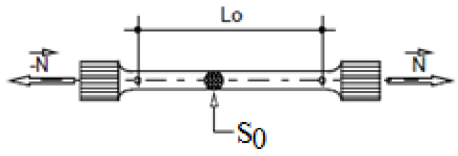
Activité 7 : L’essai de traction simple

Principe : Essai le plus classique, il consiste à exercer sur une éprouvette normalisée, deux actions mécaniques et opposées qui vont la déformer progressivement puis la rompre.

- L_0 : longueur utile initiale de l'éprouvette
- S_0 : section initiale de l'éprouvette
- L : longueur utile ou sous charge de l’éprouvette (fonction de l’effort exercé)
- F : force appliquée à l’extrémité de l’éprouvette
- Allongement relatif ou déformation de l’éprouvette $\varepsilon = \frac{L-L_0}{L} = \frac{\Delta L}{L}$
- Contrainte : $\sigma = \frac{F}{S}$
- R_m : contrainte maximale à la rupture en traction en MPa
- R_e : contrainte à la limite élastique après écrouissage en MPa

La courbe de contrainte et déformation lors de l’essai se présente comme suit :





Eprouvette de traction

7.1) Interprète les différentes zones de la courbe : OA ; AE ; EB et BC.
7.2) Détermine le module d’Young E, correspondant à la pente de la droite OA.
7.3) Enonce alors la loi de HOOKE.
7.4) Recherche la valeur du module d’élasticité E pour les matériaux suivants : cuivre, fer.

✂...

Application 4

Une barre en acier de longueur $\ell_0 = 1$m sous un effort de $N = 5.10^3$N longitudinal s’allonge de $\Delta\ell = 0,5$mm. On donne $E = 2.10^5$MPa

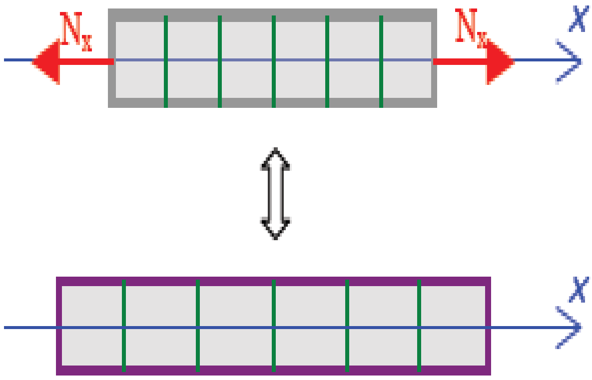
1) Calculer la contrainte de la barre.
2) Déterminer le diamètre de la barre.

✂...

✂………………………………………………………………………………………

3) Relations entre les efforts, les contraintes et les déformations subis par une poutre

Activité 8 : Traction simple –compression simple



Soit une pièce sollicitée à la traction simple. Elle est donc soumise à un effort normal $\vec{N}$ qui tend à la tirer. On désigne par :

- l_0 la longueur initiale de la pièce
- l_f sa longueur après la déformation
- Δl l'allongement de la pièce
- ε la déformation relative de la pièce
- S la section droite de la pièce

8.1) Exprime la contrainte normale en fonction de la section S de la pièce.

8.2) En exploitant la loi de Hooke, établir la relation suivante : $\frac{N}{SE} = \frac{\Delta l}{l_0} = \varepsilon$

8.3) Ecris la condition de résistance(ou de stabilité) de la pièce.

8.4) Etablir l'expression de la déformation relative de la pièce dans le cas où elle est sollicitée à la compression simple. On remarquera que $\Delta l = l_f - l_0 < 0$.

✂………………………………………………………………………………………

Application 5

1) Soit un câble en acier de section circulaire et de diamètre $\emptyset = 5\text{cm}$ avec une longueur $l_0 = 5\text{m}$ servant à tirer à l'usine une charge de 2,6 MN.

Déterminer l'allongement Δl. On donne $E = 2.10^5$MPa.

2) Déterminer le côté d'un carré en acier de section carrée de longueur $l_0 = 3\text{m}$ qui doit être soumis à un effort normal de compression $N = 9{,}4$ kN. La déformation maximale admise est de 1 cm. On donne $E = 2.10^5$MPa.

✂………………………………………………………………………………………

Application 6

Un tyran (petite corde) de 2m de longueur supporte un effort $N = 5.10^3\text{N}$; il est en acier.

a) Calculer le diamètre du tyran.
b) Calculer l'allongement du tyran.

On donne $E = 2.10^5$MPa et la résistance pratique $R_p = 100$MPa.

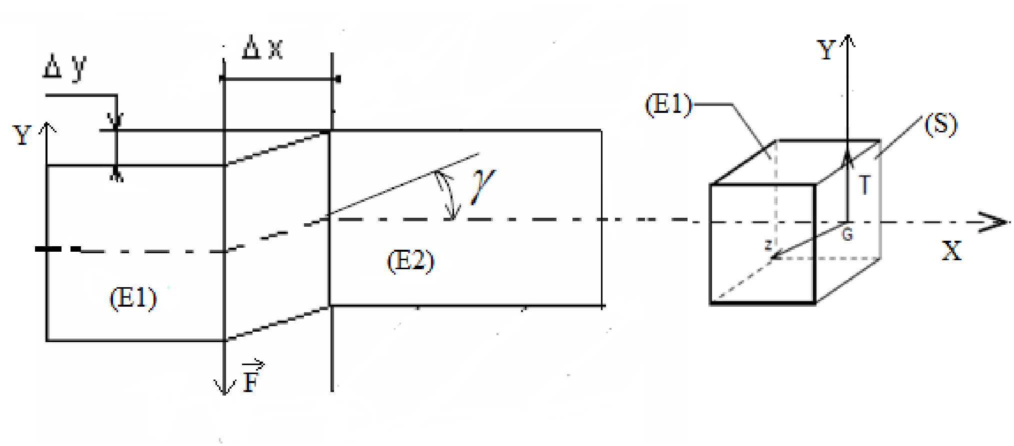
✂………………………………………………………………………………………

✂...

Activité 9 : Le cisaillement pur

Considérons une poutre (E) parfaitement encastrée dans un « mur »et appliquons-lui un effort de cisaillement $\vec{F}$ le plus prêt possible du plan (P) et à une distance Δx très petit.

Les éléments de réduction en G du torseur des efforts de cohésion s'expriment dans la section droite (S) cisaillée par un effort tranchant $\vec{T}$.



9.1) Donner l'expression de la contrainte moyenne τ dans la section droite cisaillée

9.2) Précise les unités des différentes grandeurs.

9.3) Après déformation le morceau (E1) de la poutre subit un déplacement latéral Δy par rapport à (E2). De même, chaque section droite de la poutre d'épaisseur infiniment petite (situées dans la zone cisaillée) subit un glissement latéral par rapport à sa voisine. La ligne moyenne s'incline donc d'un angle γ.

9.3.1) On se situe dans le domaine élastique où cet angle est faible :

a) Quel nom donne-t-on à cet angle d'inclinaison ?

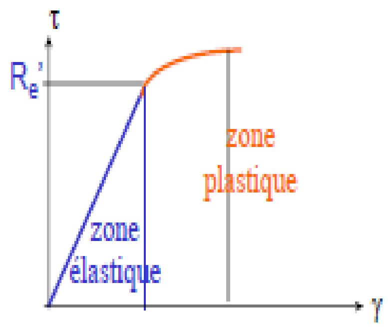
b) Exprimer alors γ en fonction de Δx et Δy.

✂...

9.3.2) On s'intéresse à la courbe de contrainte et déformation lors de l'essai de cisaillement.

Dans le domaine élastique du cisaillement, il existe aussi une proportionnalité entre les contraintes et les déformations. Le coefficient de proportionnalité est noté « G »

« G » s'appel : module d'élasticité transversal ou module de COULOMB.



a) Etablir la relation entre τ, G et γ.

b) Enonce la loi de HOOKE pour le cisaillement.

c) Précise les unités des différentes grandeurs.

d) En réalité G = 0,4E. E étant le module d'YOUNG. Retrouve la valeur de G pour le cuivre.

e) Recherche la condition de résistance

✂...

Activité 10 : Epures ou diagrammes des efforts

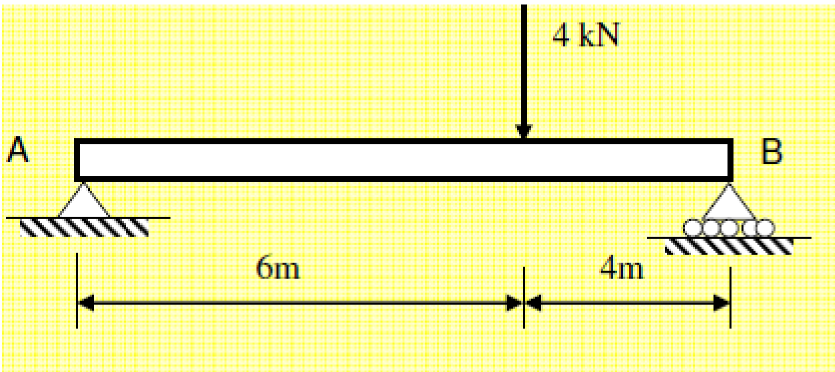
Les diagrammes des efforts internes sont des graphiques qui donnent la variation des efforts internes à n'importe quelle section de la poutre.

La variation des efforts tranchants et des moments fléchissant le long d'une poutre permet de connaître :

- le moment maximum (M_{ax})
- l'effort tranchant maximum (V_{max})
- et leur position.

10.1) Recherche la méthode des sections pour le tracé des DEN et des DMT.

10.2) Trace le diagramme des efforts normaux (DEN) et le diagramme des efforts fléchissant (DMF) dans le cas suivant :



✂...

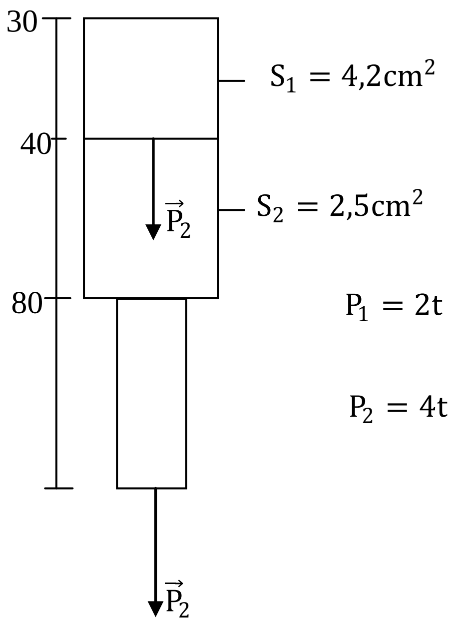
Application 7

Déterminer :

1) les efforts normaux, les contraintes et les différents allongements sur la pièce suivante :

2) Trace dans chaque cas le DEN

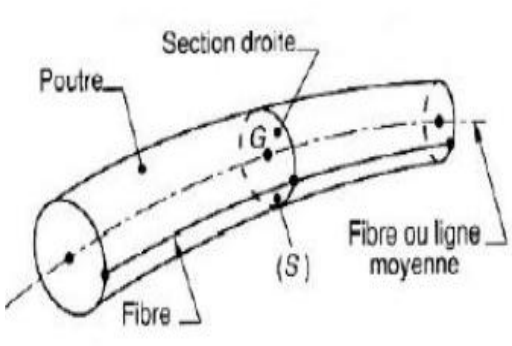
On donne : $E = 2.10^5 MPa$



✂...

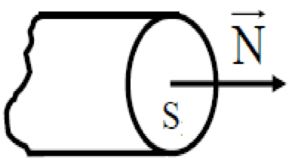
DOCUMENT

- La résistance des matériaux, désignée souvent par RDM, est la science du dimensionnement. L'objet de la résistance des matériaux est l'étude de la stabilité interne c'est à dire la détermination des contraintes et déformations à l'intérieur de la matière et les déplacements des lignes moyennes des structures générés (machines en génie mécanique, bâtiment en génie civil,).
- Modèle de poutre



– La ligne moyenne est la courbe décrite par le centre de gravité G de la section droite de la poutre.
– Le rayon de courbe en tout point de la courbe doit être grand par rapport aux dimensions de (S)

- Notion de contrainte

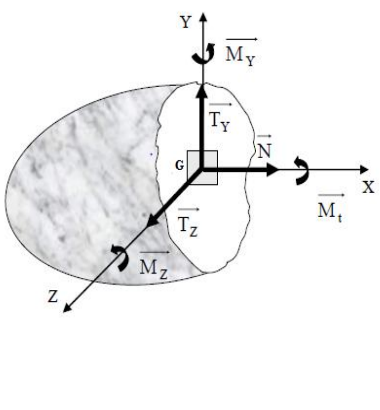


Une contrainte est un effort par unité de surface qui s'exerce sur le matériau. La contrainte s'exprime par

$$\sigma = \frac{N}{S} : \begin{cases} \text{N est l'effort (normal) en newtons N} \\ \text{S la section en } m^2 \\ \sigma \text{ est la contrainte normale en } N.m^{-2} \end{cases}$$

- ✓ $1Pa = 1N.m^{-2}$;
- ✓ $1KPa = 1KN.m^{-2} = 10^3 N.m^{-2}$
- ✓ $1MPa = 1MN.m^{-2} = 10^6 N.m^{-2}$

- Efforts internes



Les efforts intérieurs en un point G de la ligne moyenne d'une poutre sont les composantes des éléments de réduction du torseur des efforts intérieurs. Si $\vec{R}$ est la résultante des efforts internes et $\overrightarrow{M_G}$ leur moment résultant en G.

$$\{\tau\}_G = \begin{Bmatrix} \vec{R} \\ \overrightarrow{M_G} \end{Bmatrix}_G = \begin{Bmatrix} \vec{R} = \vec{N} + \vec{T} \\ \overrightarrow{M_G} = \overrightarrow{M_t} + \overrightarrow{M_f} \end{Bmatrix}_G$$

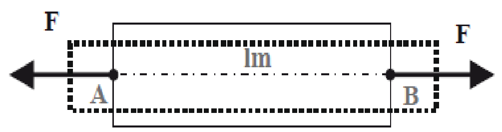
Ces efforts intérieurs prennent les notations suivantes

N	Effort normal (dans la direction X)
T_Y	Effort tranchant dans la direction Y
T_Z	Effort tranchant dans la direction Z
M_t	Moment de torsion (autour de l'axe X)
M_Y	Moment de flexion ou fléchissant (autour de l'axe Y)
M_Z	Moment de flexion ou fléchissant (autour de l'axe Z)

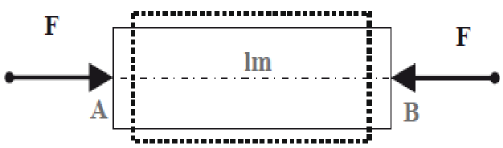
L'effort tranchant :
$\vec{T} = T_Y.\vec{y} + T_Z.\vec{z}$

Le moment de flexion :
$\vec{M} = M_Y.\vec{y} + M_Z.\vec{z}$

- Sollicitations
  - La réduction des éléments des efforts internes au CDG du même côté d'une section droite d'une poutre sont des sollicitations.
  - Les sollicitations couramment rencontrées sont la traction ou la compression, la flexion, la torsion et le cisaillement. Elles deviennent simples lorsque le torseur des efforts internes réduit ses composantes à une seule (les autres étant nulles).
  - Quelques types de sollicitations simples : la traction ou compression simple, le cisaillement, la flexion simple et la torsion simple.
    - Une poutre est sollicitée en traction (ou en compression) lorsque les actions aux extrémités se réduisent à deux forces égales et opposées, portées par la ligne moyenne lm et qui tendent à l'allonger(ou à la raccourcir)
    - Une poutre est cisaillée chaque fois que les efforts exercés sur deux tronçons différents se réduisent à deux forces égales et opposées perpendiculaires à la ligne moyenne.

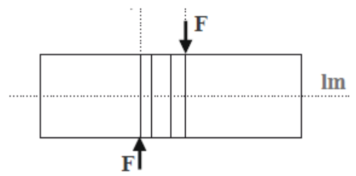


(a). Traction (allongement)

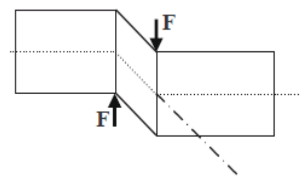


(b). Compression (rétrécissement)

Traction/compression



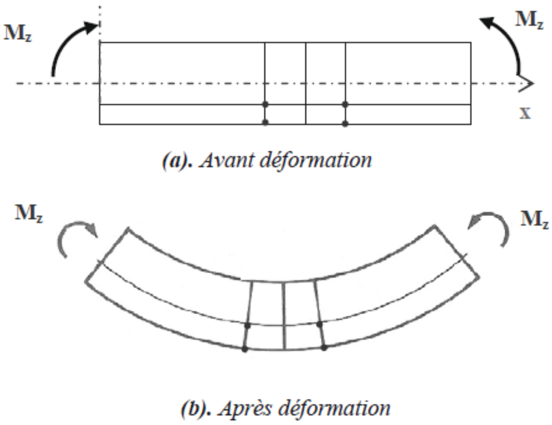
(a). Avant déformation



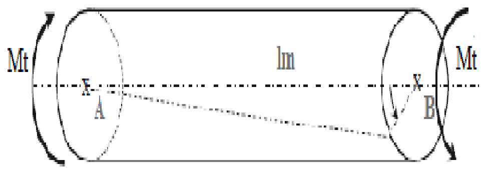
(b). Après déformation

Cisaillement

- Une poutre est soumise à une sollicitation de flexion chaque fois qu'il y a fléchissement de la ligne moyenne. La charge à laquelle est soumise la pièce s'exerce dans le sens ou la direction transversale.



Flexion pure



Torsion simple : Une poutre est sollicitée à la torsion simple lorsqu'elle est soumise à ses deux extrémités à deux couples opposés ayant pour support la ligne moyenne.

- Les essais

On peut par des essais :

- connaître la façon dont les divers matériaux réagissent à certaines sollicitations, afin de les choisir à bon escient ;
- de savoir déterminer les formes les plus économiques et calculer les dimensions des pièces qui doivent, en toute sécurité, résister à des efforts dont on a prévu la grandeur et le mode d'action. On distingue entre autres :

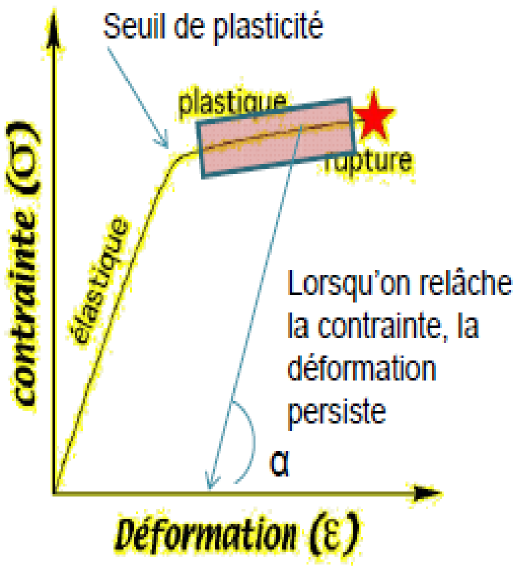
-L'essai de traction, de compression ou de flexion, détermine l'aptitude a la déformation d'un matériau soumis a un effort progressif

-L'essai de dureté fournit des renseignements sur la résistance a la pénétration d'une pièce dure soumise a un effort constant

-L'essai de résilience caractérise la résistance au choc

-L'essai de fatigue étudie le comportement du matériau vis a vis de sollicitations alternées bien inferieures a la contrainte nécessaire pour le rompre.

- Essai de traction :



Il existe trois principaux types de déformations :
-La déformation élastique est une déformation réversible des matériaux
-La déformation plastique et le fluage sont des déformations irréversibles des matériaux
-La rupture est la formation d'un plan de fracture permanent dans le matériau.
Dans la zone élastique, la déformation est proportionnelle à la contrainte : c'est la Loi d'élasticité de Hooke :
$\sigma = E.\varepsilon$; E est le module de Young.
$\tan\alpha = \sigma / \varepsilon = E$

- Acier : $E(daN/mm^2) = 21000$
- Béton : $E(daN/mm^2) = 2000$
- Aluminium : $E(daN/mm^2) = 7000$

Condition de résistance à un effort normal : $\sigma_{max} = \frac{N}{A} \leq \bar{\sigma}_a = \frac{\sigma_e}{S}$

σ_{max} : Contrainte maximale en MPa;
$\bar{\sigma}_a$: Résistance admissible du matériau en MPa;
σ_e: Résistance élastique du matériau en MPa;
S: Coefficient de sécurité.

Matériau

- Un matériau est une substance d'origine naturelle ou artificielle, une matière destinée à être mise en forme, entrant dans la composition d'un produit.
- Un matériau homogène est un matériau dont les caractéristiques (physique ou chimique) sont les même en chaque point. Ce sont l'acier…..
- Un matériau dit élastique lorsqu'il à l'aptitude de reprendre sa forme et ses dimensions initiales après avoir été déformé.
- Eprouvette : (pièce de dimensions normalisées fabriquée dans le matériau à tester), cylindrique ou parallélépipédique (plate),

TRACE DES DET ET DMF : Méthode des sections

a) Calculer les réactions aux appuis
b) Identifier les intervalles où le chargement ne varie pas
c) Choisir une origine O (appui d'extrémité)
d) Faire une coupe à une distance x (quelconque) de l'origine à l'intérieur du premier intervalle
e) Tracer le DCL partiel (celui de gauche de préférence)
f) Appliquer les équations d'équilibre de la statique afin d'obtenir les expressions de T et M en fonction de x
g) Refaire les étapes (d), (e) et (f) pour tous les intervalles identifiés à l'étape (b)
h) Tracer les diagrammes en respectant la convention de signe pour T et M

EXERCICES DE CONSOLIDATION

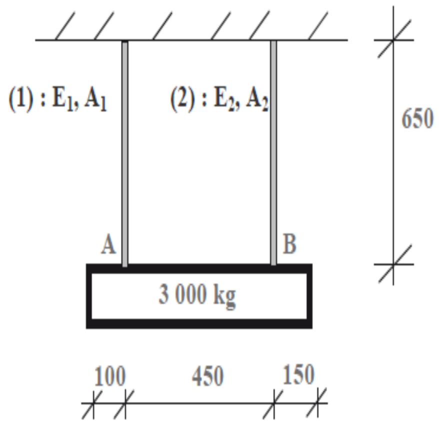
✂………………………………………………………………………………………………

COURS

1) Les ………………. tranchants (T) sont les ………….. extérieures ……………….
à la ligne………………….. de la pièce.
2) Dans toute …………….. droite (S) : $\vec{T}$ est égal à la…………………. vectorielle de toutes les forces situées à …………… de la section considérée.
3) Dans toute section …………… : le …………… fléchissant M_f est ……………. au ………………… résultant en G de toutes ……………….. situées à………………… de la section considérée.

✂………………………………………………………………………………………………

EXERCICE 1



Calculer les contraintes et les allongements subis par chacune des barres supportant le corps rigide de section constante et de masse de 3 000 kg.
Les caractéristiques des barres sont :

− Barre (1) : $E_1 = 70000\text{MPa};\ A_1 = 240\text{mm}^2$

− Barre (2) : $E_2 = 210000\text{MPa};\ A_2 = 180\text{mm}^2$

Les barres (1) et (2) sont soumises à une traction sous l'effet du poids du bloc.

✂………………………………………………………………………………………………

EXERCICE 2

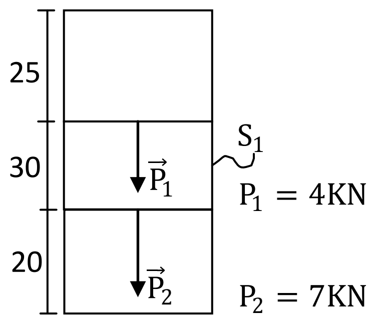
Le tableau suivant présente les contraintes et déformations d'une éprouvette en acier. On précise que ces déformations sont dans le domaine d'élasticité des matériaux.

1) Enonce la loi de Hooke.
2) L'éprouvette étant en acier peut-on déterminer le module d'élasticité de l'acier ?
3) Complète le tableau en remplaçant les cellules vides
4) Construis le diagramme correspondant.

σ(MPa)	84	13,65		189				45,57
ε(%)	0,4		0,75		1,1	1,3	1,5	

✂………………………………………………………………………………………………

EXERCICE 3



1) Déterminer les efforts normaux, les contraintes et les divers allongements sur la pièce ci-contre.

2) Trace le diagramme des efforts.

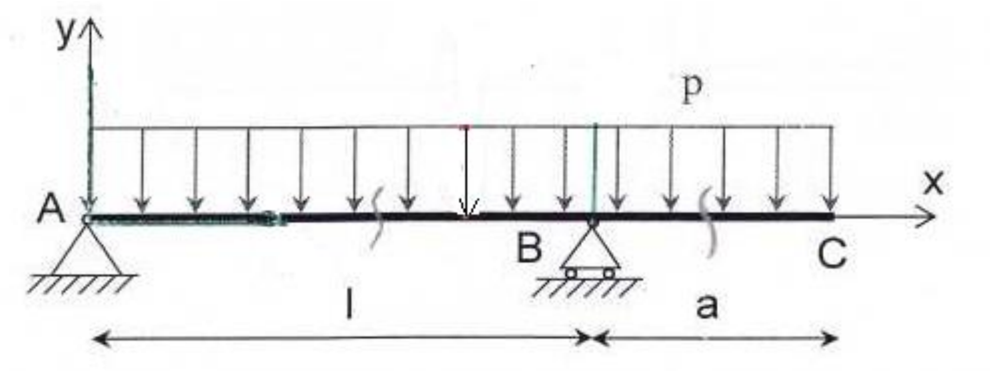
On donne $E = 2.10^5 MPa$; $S_1 = 3{,}8 ccm^2$

✂...

EXERCICE 4

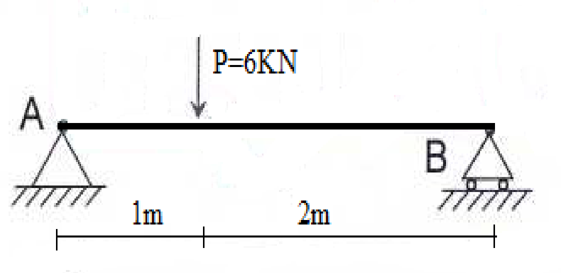
On considère une poutre rectiligne de longueur totale $L = l + a$, articulée en A et simplement appuyée en B d'abscisse l. On exerce un chargement réparti uniformément le long de cette poutre d'intensité p.

1) Déterminer la nature du système,
2) Les efforts de liaisons,
3) L'effort tranchant T_Y et le moment fléchissant M_Z en tout point de la poutre en fonction de l'abscisse x et vérifier les résultats.
4) Tracez les DET et DEM.



✂...

EXERCICE 5



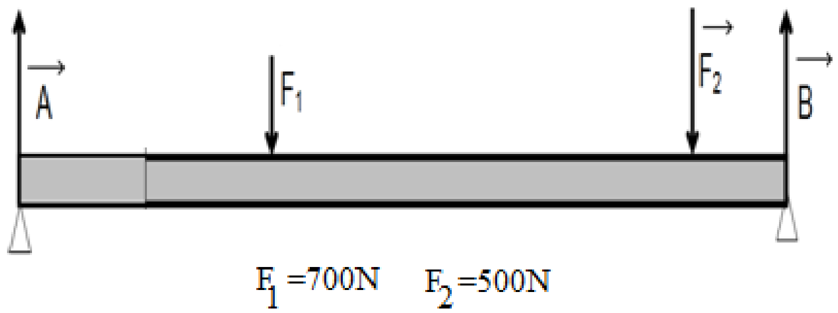
1) Déterminer les réactions aux appuis

2) Déterminer les expressions des efforts tranchants

3) Tracer l'épure des efforts tranchant

EXERCICE 6

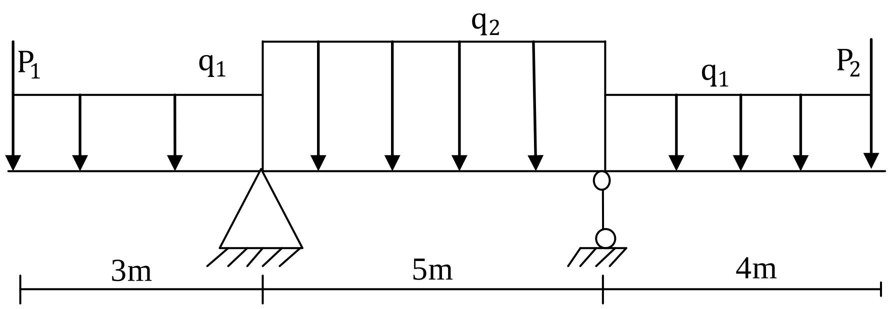
Soit une poutre sur 2 appuis soumise à 2 forces $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$, les actions aux appuis sont $\vec{A}$ et $\vec{B}$.



1) Par rapport à la section droite (S), définir :
a) Effort tranchant
b) Moment fléchissant
2) Combien de sections peut-on avoir ?
3) Déterminer :
    a) L'effort tranchant
    b) Le moment fléchissant
4) Tracer les DET et DMF

EXERCICE 7

On donne : $P_1 = 150KN$; $P_2 = 100KN$; $q_1 = 80\ KN/ml$; $q_2 = 120KN/ml$



1) Déterminer les réactions aux appuis
2) Déterminer les efforts tranchants en chaque point de la poutre
3) Tracer l'épure des efforts tranchants.

5. REFLEXION ET REFRACTION DE LA LUMIERE

✂...

Situation-problème

Depuis longtemps les scientifiques ont constaté que la lumière se divise lorsqu'elle arrive à la surface de séparation, ou interface, entre deux milieux, une partie étant réfléchie, l'autre subissant une déviation au passage dans le second milieu.

Cette déviation s'appelle une « réfraction » : la lumière est réfractée lors de la traversée de la surface de séparation des deux milieux, cette surface est appelée « dioptre ».

Quelles sont les lois qui régissent le comportement du faisceau de lumière lors d'un changement de milieu ?

✂...

Activité 1 : Réflexion et réfraction de la lumière : lois de Descartes.

On dirige un faisceau de lumière appelé faisceau incident vers la surface de l'eau en le

positionnant de façon à ce qu'il voyage dans un plan perpendiculaire à cette surface.

Une plaque translucide est plongée verticalement dans l'eau de façon à être tangente au faisceau émergeant dans le liquide.

1) Etude de la réflexion de la lumière

1.1) Décrire la trajectoire du faisceau de lumière dans l'air.

1.2) Quel est le phénomène qui se produit lorsque le rayon incident ne traverse pas la surface de l'eau ? Illustre ceci à l'aide d'un schéma.

1.3) Qu'est-ce que le plan d'incidence ?

1.4) Enonce alors les lois de Descartes pour la réflexion.

1.5) Décrire la trajectoire du faisceau de lumière dans l'eau.

1.6) Quel est le comportement du faisceau de lumière lors du changement de milieu ?

1.7) Quel nom donne-t-on à ce phénomène ?

1.8) Définir le plan de réfraction ?

✂...

2) Etude de la réfraction sur un dioptre plan

On étudie le comportement d'un rayon lumineux à l'interface entre deux milieux d'indices différents respectifs n_1 et n_2, séparés par un dioptre. Le point d'incidence I est l'intersection du rayon incident et du dioptre. La normale (N) est la droite perpendiculaire en I à la surface de séparation. Elle sert de référence pour mesurer les angles d'incidence i_1 et de réfraction i_2.

2.1) Qu'est-ce qu'un dioptre ?

2.2) Compléter à l'aide d'un schéma les mots « rayon incident » et rayon réfracté » ;

2.3) Quelle est la position du plan d'incidence et du plan de réfraction ?

2.4) Enoncer les lois de Descartes pour la réfraction.

2.5) Exprimer la vitesse de propagation de la lumière dans un milieu en fonction de l'indice n du milieu et de la célérité C de la lumière dans le vide. On donne $C = 3.10^8 m.s^{-1}$.

✂...

Application 1

1) Jeannette et Jean se lancent dans une chasse aux grenouilles nocturne. Jeannette pointe un pinceau lumineux vers la surface d'un étang avec un angle d'incidence de 25°. Sous l'eau, dont l'indice de réfraction est de 1,33, quelle sera la valeur de l'angle de réfraction?

2) Un pinceau lumineux passe de l'air (n = 1) à une substance dont l'indice de réfraction est inconnu. Sachant que l'angle d'incidence était de 35° et que l'angle de réfraction a été de 20°, quelle est la valeur de l'indice de réfraction de cette substance?

✂...

Activité 2 : Discussion de la loi de Descartes : Réfringence et réflexion totale

On étudie le comportement d'un rayon lumineux à l'interface entre deux milieux d'indices différents respectifs n_1 et n_2, séparés par un dioptre.

2.1) Qu'appelle-t-on milieu réfringent ?

2.2) On suppose $n_2 > n_1$. Des deux milieux lequel est plus réfringent ?

a) Compare l'angle d'incidence et l'angle de réfraction. Tire une conclusion.

b) Illustre à l'aide d'un schéma ta conclusion.

✂...

c) la lumière peut-elle toujours passer d'un milieu donné dans un milieu « PLUS » réfringent ?

- Si oui, justifie ta réponse.

2.3) On pose $n_2 < n_1$.

2.3.1) Reprendre les consignes a) et b).

2.3.2) Le rayon réfracté existe-il toujours quelque soit la valeur de l'angle d'incidence ?

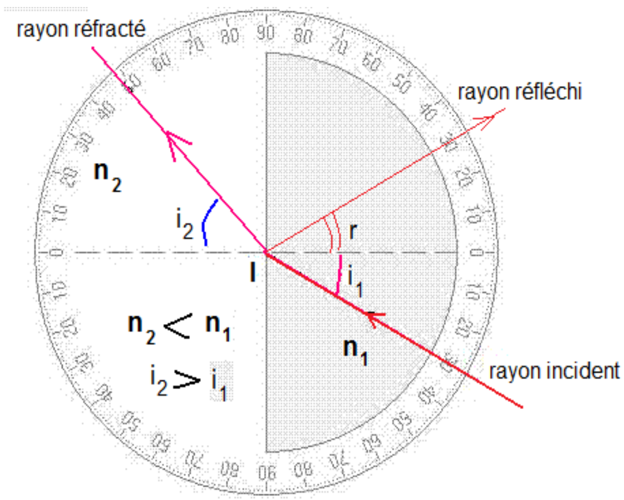
2.3.3) Qu'advient-il alors lorsque la lumière doit passer d'un milieu donné dans un milieu « MOINS » réfringent dans ce cas ?

2.3.4) Quel nom donne- t-on à un tel phénomène ?

✂...

Activité 3 : Mise en évidence du phénomène de la réflexion totale

On désire étudier expérimentale le passage de la lumière du plexiglas vers l'air.



Matériel :

- une source lumineuse monochromatique ; un demi-cylindre en plexiglas et un plateau gradué angulairement.
- Pour le plexiglas n_1=1,47 et pour l'air n_2=1.

Pour cette étude, on placera le demi cylindre en faisant coïncider les graduations « 90-90 » avec la partie plate du demi cylindre.

3.1) Les observations :

3.1.1) Commencer par éclairer la partie « bombée » du demi-cylindre avec le faisceau de lumière en le dirigeant suivant la direction « 0-0 ». Que constates-tu ?

3.1.2) Modifier ensuite l'angle d'incidence. Qu'observes-tu ?

3.1.3) Comparer l'angle d'incidence et l'angle de réflexion.

✂……………………………………………………………………………………………………

3.2) Détermination de l'angle limite de réflexion totale λ

3.2.1) Le rayon réfracté est-il toujours visible, quel que soit l'angle d'incidence ?

Que devient la lumière ?

3.2.2) AN : Déterminer l'angle limite de réflexion totale.

3.2.3) À partir de quel angle d'incidence λ sur le dioptre dans le milieu 1, le plus réfringent, observe-ton la réflexion totale de la lumière sur ce dioptre ?

La valeur maximale que peut prendre l'angle i_2 est 90°.

✂……………………………………………………………………………………………………

Application 2 :

Compléter les phrases ci-après :

Lors du passage d'un ……… donné d'indice n_1 dans un milieu moins ……………. d'indice n_2 ($n_2 < n_1$), le rayon……………n'existe pas toujours.

Il existe un…………limite λ au-delà duquel le ………… de lumière ne ………. pas de milieu.

Ce rayon est alors complètement …. ……………c'est le phénomène de réflexion …………

Cet angle est tel que $\sin\lambda = \cdots$

Le rayon réfléchi obéit aux lois de la réflexion : son angle d'incidence et son angle de réflexion sont………………….

✂……………………………………………………………………………………………………

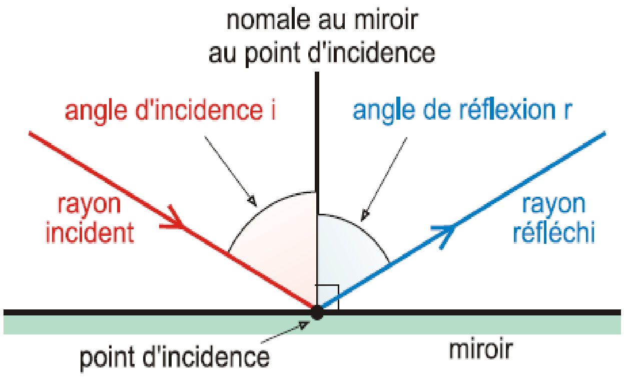
Activité 4 : Miroir plan

4.1) Qu'est-ce qu'un miroir plan ?
4.2) Donne sa représentation symbolique.
4.3) Construis l'image d'un rayon incident qui frappe la surface d'un miroir plan.
4.4) Quel nom donne-t-on au phénomène qui se produit dans ce cas ?
4.5) Construis limage $A'B'$ d'un objet AB à travers un miroir plan ?
4.6) Donne les caractéristiques de l'image $A'B'$

✂……………………………………………………………………………………………………

DOCUMENT

- La réflexion de la lumière :

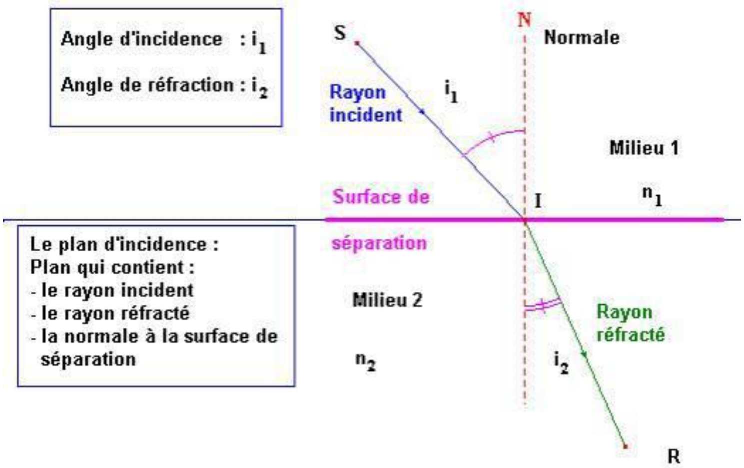


Lors de la réflexion, le faisceau est réfléchi par la surface très lisse (miroir) a une direction bien déterminée.

Enoncé des lois de Descartes de la réflexion :

- Le rayon incident, le rayon réfléchi et la normale au miroir au point d'incidence sont contenus dans un même plan.
- L'angle de réflexion est égal à l'angle d'incidence : i = r

- La réfraction de la lumière : est le changement de direction de la lumière à la traversée de la séparation entre deux milieux transparents.



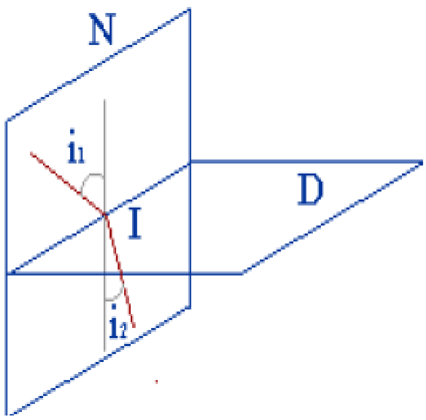
Les lois de Descartes de la réfraction :

1ère loi : Le rayon réfracté est dans le plan d'incidence.

2ème loi : $n_1 \sin i_1 = n_2 \sin i_2$

Avec n_1: indice de réfraction du milieu 1 et n_2: indice de réfraction du milieu 2

La surface D qui sépare les deux milieux est un dioptre.



Lors d'une réfraction l'angle d'incidence et l'angle d'incidence sont toujours dans le même plan.
Le plan d'incidence et le plan de réfraction sont confondus.

Indice de réfraction : Pour une radiation donnée, un milieu transparent homogène est caractérisé par un indice de réfraction n (sans unité) tel que : $n = \frac{C}{V}$

V (en m/s) : la vitesse de propagation de la lumière dans le milieu

C=3.10^8m/s est la célérité de la lumière dan le vide.

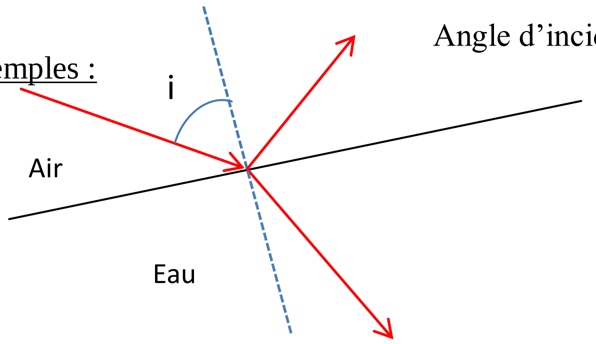
Pour l'air n=1 ; eau : n=1,33.

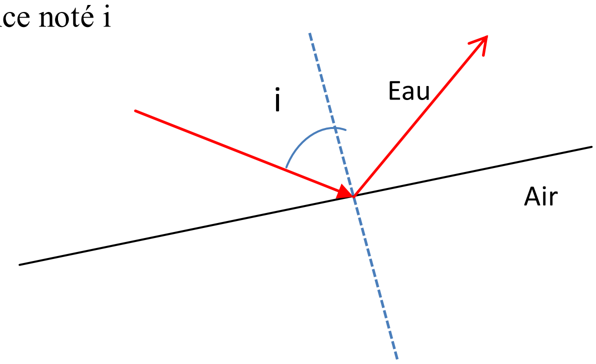
- On parle de réflexion totale si la lumière est totalement réfléchie : il n'y pas réfraction dans le nouveau milieu rencontré.

La possibilité de rencontrer ce phénomène dépend de l'ordre dans lequel les milieux traversés se succèdent. Lorsque cet ordre est favorable, il existe un angle d'incidence limite au-delà duquel il y réflexion totale. Pour une incidence inférieure, la réfraction est possible.

Angle d'incidence noté i

Exemples :





Quelque soit l'angle d'incidence, l'ordre de succession des milieux ne permet pas d'obtenir la réflexion totale.

L'angle d'incidence est assez grand et l'ordre de succession des milieux est favorable : il y réflexion totale, la lumière n'est pas réfractée.

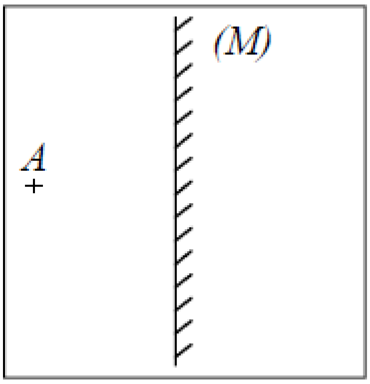
- Le milieu 1 est dit plus réfringent que le milieu 2 si $n_1 > n_2$:
  - Une conséquence importante est que si le second milieu est PLUS réfringent que le premier, alors l'angle i_2 est toujours inférieur à l'angle i_1 :
  - la lumière peut toujours passer d'un milieu donné dans un milieu PLUS réfringent.
- Mais qu'advient-il lorsque la lumière doit passer d'un milieu donné dans un milieu MOINS réfringent, c'est-à-dire lorsque l'indice de réfraction n_2 du second milieu est inférieur à celui n_1 du premier ?

– À partir d'une valeur de l'angle d'incidence sur le dioptre dans le milieu 1, le plus réfringent, on observe la réflexion totale de la lumière sur ce dioptre

– La valeur maximale que peut prendre l'angle i_2 est 90°. Dans ce cas $\sin i_2 = 1$

– La relation de Snell-Descartes permet alors d'écrire dans ce cas : $n_1.\sin i_1 = n_2$, soit $\sin i_1 = n_2/n_1$.

- n_2 étant inférieur à n_1, cet angle existe, appelons-le λ : c'est l'angle limite de réflexion totale.



En optique, un miroir plan (M) se schématise par un segment qui représente la face réfléchissante du miroir, vue de profil. La face cachée du miroir est représentée par des hachures.
Un point objet lumineux A est le plus simple des objets lumineux car il se réduit à un point. C'est une source lumineuse ponctuelle ou un objet ponctuel éclairé.

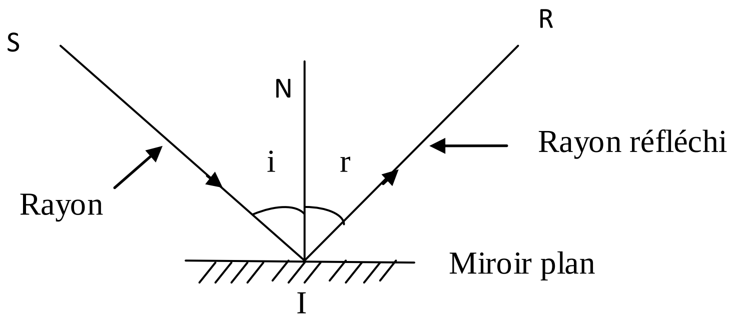
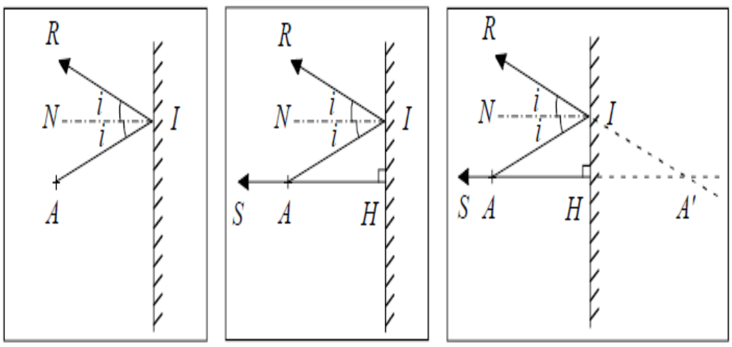


Fig. 2 : Réflexion de la lumière

Lorsque l'on envoie de la lumière sur un miroir plan la lumière est alors renvoyée dans une direction privilégiée. C'est le phénomène de la réflexion.



Construction du rayon incident et de son réfléchi

EXERCICES DE CONSOLIDATION

Sauf indication, on considère que le milieu dans lequel se trouve le rayon est l'air (n=1,0) et ($n_{eau} = 1{,}333$).

✂...

EXERCICE 1

1) Un rayon de lumière arrive sur de la glace (n=1,31) sous un angle d'incidence de 65°. Sous quel angle est-il réfracté ?
2) Un rayon de lumière réfracté par du verre (n=1,5) fait un angle de réfraction de 30°. Quel est l'angle que fait le rayon incident avec la surface ?
3) Un rayon lumineux arrive sur la surface d'un lac sous un angle d'incidence de 40°. Quel est l'angle entre celui-ci et le rayon réfracté ?

✂...

EXERCICE 2

1) Un plongeur éclaire la surface de la piscine dans laquelle il se trouve avec un faisceau laser. Sachant que la couleur du laser est rouge et que son angle d'incidence vaut 10°, sous quel angle sera-t-il réfracté hors de l'eau ?
2) Un plongeur éclaire la surface de l'eau avec sa lampe torche sous un angle de 10°. Déterminez les angles de réflexion et de réfraction. Avez-vous des commentaires ?
3) Un rayon de lumière frappe une surface en plexiglas (n=1,49) sous un angle d'incidence a. Trouvez sa valeur pour que les rayons réfléchi et réfractés soient perpendiculaires.

✂...

EXERCICE 3

1) Définir le phénomène de réfraction. A quoi ce phénomène est-il dû ?
2) On considère un rayon lumineux qui passe de l'air au verre. Il arrive avec un angle d'incidence i=25° sur l'interface air/verre. On donne $n_{verre} = 1{,}5$

a) Dans quel milieu la vitesse de la lumière est la plus élevée ?
b) Quel est le milieu 1 par lequel la lumière arrive ? Quel est milieu 2 dans lequel la lumière est réfractée ?
c) Calculer l'angle de réfraction r avec lequel le rayon passe dans l'air.
d) Faire le schéma, sans respecter la valeur de l'angle, en indiquant si le rayon s'écarte ou s'éloigne de la normale.
e) Existe-t-il, dans le cas du passage de l'air au verre, un rayon réfracté pour tout rayon incident ? Justifier.

✂...

✂..

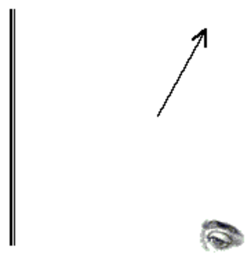
EXERCICE 4

On considère un rayon de lumière qui passe du verre à l'air. Il arrive avec un angle d'incidence i=25° sur l'interface verre/air. On donne : $n_{verre} = 1{,}5$

a) Calculer l'angle de réfraction r avec lequel le rayon passe dans l'air.
b) Faire le schéma, sans respecter la valeur de l'angle, en indiquant si le rayon s'écarte ou s'éloigne de la normale.
c) Existe-t-il, dans le cas du passage du verre à l'air, un rayon réfraction pour tout rayon incident ? Si non, définir quel est l'angle de réfraction maximale r_{max} possible dans ce cas. Quel est l'angle d'incidence maximal i_L correspondant à r_{max} ?

✂..

EXERCICE 5

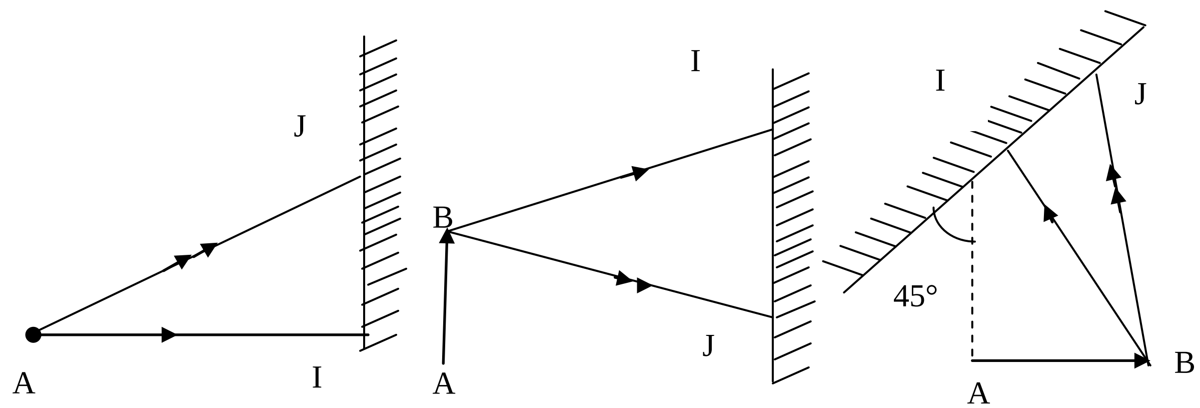


Détermine, sur le schéma suivant, le lieu de formation de l'image de la flèche lumineuse pour un observateur situé en face d'un miroir plan, du même côté que la flèche.

✂..

EXERCICE 6

Détermine, sur le schéma suivant, le lieu de formation de l'image du point A et de la flèche AB disposés en face d'un miroir plan dans les cas suivants :



6. LES LENTILLES MINCES

✂...

Situation-Problème

De nos jours, les applications des lentilles sont très variées. Elles interviennent dans la correction des troubles de la vision (cas des lentilles de contact et des verres médicaux), dans l'observation des objets miniaturisés (cas des microscopes et projecteur des diapositives), des objets éloignés (cas des lunettes astronomiques).

Quelles sont les caractéristiques d'une lentille mince ?

Comment obtenir l'image d'un objet lumineux à travers une lentille mince ?

✂...

1. Rayon lumineux- faisceaux lumineux

Activité 1

1.1. Définis un milieu homogène, transparent et isotrope

1.2 .Définis : un rayon lumineux et un faisceau lumineux.

1.3. Schématise un rayon lumineux et les différents types de faisceaux lumineux.

✂...

2. Propriétés importantes d'une lentille mince

Activité 2

2.1. Définis une lentille mince ; représente les différents types de lentilles et leur symbole.

2.2. Remplis le texte troué avec les mots ou groupes de mots convenables.

- Tout rayon incident passant par le ……………….. optique d'une lentille sort sans dévier.
- Tout rayon incident parallèle à l'axe principal d'une lentille convergente (de centre optique O) en émerge en passant par son ………………….. principal ………………. F'.
- Tout rayon incident parallèle à l'axe principal d'une lentille divergente (de centre optique O) en émerge comme s'il provenait de son foyer principal ……………………… F'
- Tout rayon incident passant par le …………………… principal …………….. F d'une lentille convergente (de centre optique O) en émerge parallèlement à l'axe principal optique.
- Tout rayon incident dont le prolongement passe par le foyer principal objet F d'une lentille divergente en émerge parallèlement à l'…………… principal optique.

✂……

3. Exemples de construction d'images

Activité 3

On considère une lentille convergente (L) de centre optique O_1 de foyers principaux F_1 et F_1' de distance focale $f_1' = \overline{OF_1'} = 3cm$ et un objet AB de hauteur AB = 2cm perpendiculaire à l'axe optique de la lentille, le pied A étant sur l'axe optique

3.1) Construis l'image A'B' de AB à travers la lentille (L) dans les cas suivants :

a- l'objet AB est situé à 4cm en avant de la lentille.

b- l'objet AB est situé à 2cm en avant de la lentille.

c- l'objet AB est situé à 3cm en avant de la lentille.

d- - l'objet AB est situé à l'infini.

e- l'objet AB est situé à 4cm après la lentille.

3.2) On considère une lentille divergente (L') de foyers principaux F_2 et F'_2 et de distance focale f'_2=-3cm et le même objet AB.

Reprends les consignes précédentes avec la lentille (L').

✂……

Application 1

Répondre par vrai ou faux ; corriger les affirmations fausses

1. les points A et A' sont des points non conjugués.

2. les foyers F et F' sont des points conjugués.

3. lorsque l'objet AB est situé entre le foyer objet et la lentille convergente, celle-ci se comporte comme une loupe.

4. lorsque l'objet est situé dans le plan focal objet, l'image se forme dans le plan focal image de la lentille.

5. lorsque l'objet est à l'infini, l'image se forme dans le plan focal image. Détermine alors l'angle sous lequel est vu l'objet.

✂……

✂...

4. Formules des lentilles minces

Activité 4

On considère la relation $\overline{FA}\times\overline{F'A'}=-f'^2$ appelée formule de Newton.

4.1 Démontre la formule de conjugaison $\dfrac{1}{\overline{OF'}}=\dfrac{1}{\overline{OA'}}-\dfrac{1}{\overline{OA}}$.

4.2 Définis la vergence d'une lentille mince. Donne sa formule et son unité.

4.3 Donne la nature d'une lentille mince suivant le signe de sa vergence.

4.4 Complète les phrases suivantes :

$\overline{OA}>0,$ *l'objet est*...................

$\overline{OA}<0,$ *l'objet est*....................

$\overline{OA'}>0,$ *l'image est*.................

$\overline{OA'}<0,$ *l'image est*.....................

✂...

4.5 Donne la formule du grandissement.

4.6 Complète les phrases suivantes :

$\gamma > 0$: l'image est de même ……………………… ….que l'objet

. $\gamma < 0$: l'image est de sens ……............................... à celui de l'objet (image renversée par rapport à l'objet)

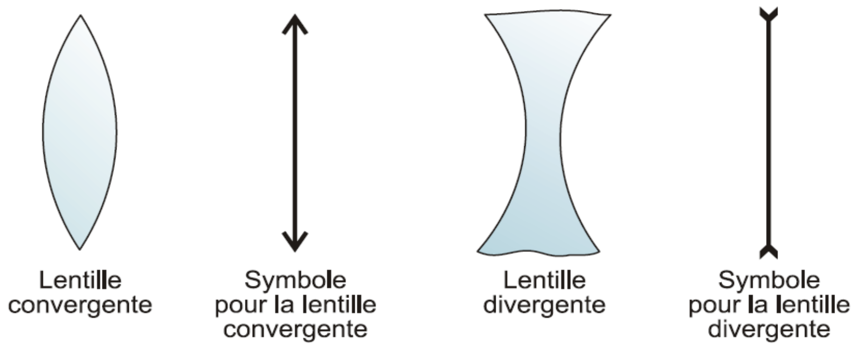
. $|\gamma| > 1$: l'image est plus ………………. ……………que l'objet

. $|\gamma| < 1$: l'image est plus ……………………………. que l'objet.

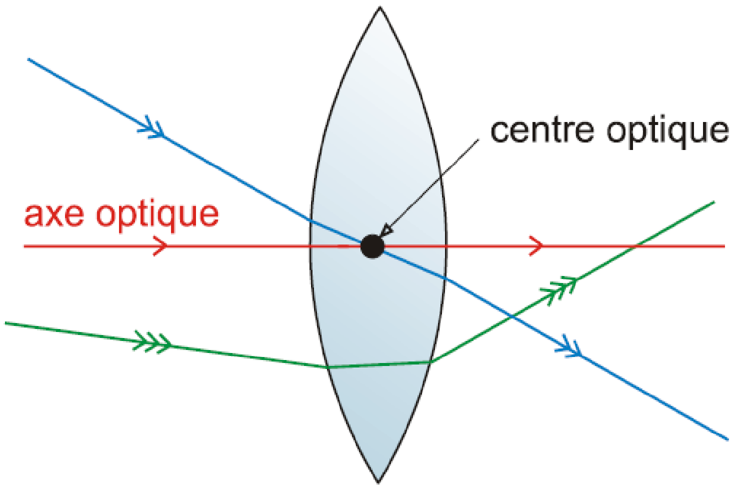
✂...

DOCUMENT

- Lentille convergente- divergente
- Une lentille est un dispositif permettant de modifier le trajet des rayons lumineux. Elle est généralement constituée d'une surface courbe transparente juxtaposée à une surface plane ou à une autre surface courbe.
- Si elle est plus mince aux bords qu'au centre elle est convergente,
- Si elle est plus épaisse aux bords qu'au centre elle est divergente.



- Le rôle d'une lentille convergente est de faire converger les rayons lumineux, les faire diriger vers un même point.
- Le rôle d'une lentille divergente est de faire diverger les rayons lumineux, faire comme s'ils venaient d'un même point.



- La vergence

On appelle vergence d'une lentille de distance focale f la grandeur C telle que : $C = \frac{1}{f}$ avec f en mètres (m). La vergence s'exprime en dioptrie (δ)

EXERCICES DE CONSOLIDATION

✂...

EXERCICE 1

1. Une lentille convergente L_1 de centre optique O_1 et de distance focale $f_1' = 15\text{cm}$ donne d'un objet réel AB une image $A'B'$ droite telle que $A'B' = 3AB$.

Déterminer :

a) la position de l'objet AB ;
b) la position de l'image $A'B'$ ainsi que sa nature

2. Une seconde lentille L_2 de centre optique O_2 donne d'un objet, une image réelle. Le grandissement est $+2$ et la distance objet-image est $d = 30\text{cm}$.

a) Calculer la distance focale f_2' de L_2. En déduire la nature de L_2.
b) Quelle est la nature de l'objet AB?

✂...

EXERCICE 2

1) Sur le carton d'emballage d'une lentille L, on lit : 6,66 dioptries.
a) Quelles sont la nature et la distance focale f' de cette lentille ?
b) Cette lentille donne d'un objet lumineux AB perpendiculaire à l'axe optique et situé à 10 cm en avant de la lentille ne image A_0B_0. Le point A est situé sur l'axe optique et la hauteur AB est égale à 10 cm.
c) Déterminer par calcul les caractéristiques de l'image A_0B_0.

2) On se propose de vérifier expérimentalement la valeur de la distance focale f' de cette lentille. Pour cela on place devant la lentille L, un objet AB et on recueille sur un écran placé à 80m de l'objet, une image réelle A'B' renversée et trois fois plus grande que l'objet.
Retrouver à partir de ces résultats la distance focale de la lentille L.

✂...

PREMIERE EA, uniquement

7. TRAVAIL ET PUISSANCE D'UNE FORCE

✂...

Situation-problème

Au quotidien autour de nous, des forces s'exercent, et de l'énergie s'échange. Le travail d'une force, sa puissance, les lois de Newton, ou encore le théorème de l'énergie cinétique sont autant de clés pour mieux comprendre ce qui nous entoure et les lois auxquelles nous obéissons, nous aussi.

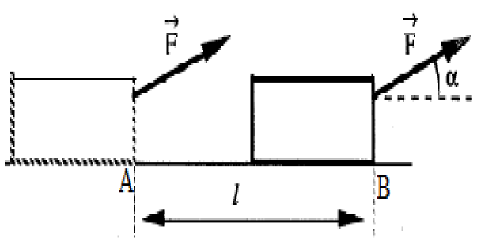
Quand une force travaille, elle transfère de l'énergie à un système. Ce transfert peut s'effectuer plus ou moins vite. C'est là qu'intervient la puissance d'une force : elle rend compte de la rapidité de ce transfert d'énergie.

Comment déterminer le travail et la puissance d'une force ?

✂...

1. Travail d'une force constante

Activité 1 : Cas d'un mouvement de translation rectiligne



1.1) Quel est le travail de la force exercée sur le chariot lors de son déplacement de A à B ?

1.2) Quelle est la nature du travail de la force $\vec{F}$:

a) $\alpha = 0$? b) $\alpha = \pi\text{rad}$? c) $\alpha = 90°$?

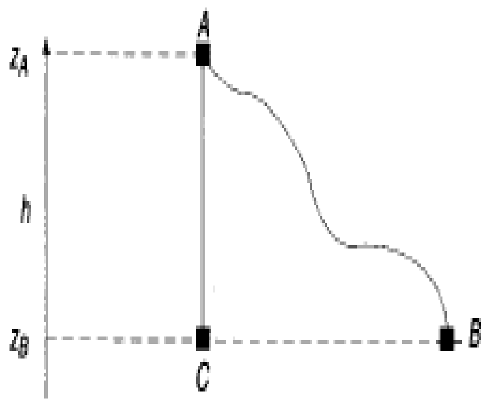
✂...

Application 1

1) Dans un repère $(O; \vec{i}, \vec{j})$ une force constante $\vec{F}\begin{pmatrix}10\text{N}\\5\text{N}\end{pmatrix}$ déplace son point d'application de $A\begin{pmatrix}2\text{m}\\3\text{m}\end{pmatrix}$ à $B\begin{pmatrix}2{,}5\text{m}\\2\text{m}\end{pmatrix}$ en ligne droite. Calcule le travail accompli par cette force.
2) Une force $\vec{F}$ d'intensité $F = 40\text{N}$ déplace son point d'application en ligne droite sur une distance $l = 6\text{m}$ et fait un angle $\alpha = 30°$ avec le déplacement.
Calcule le travail accompli par cette force.

✂...

Activité 2 : Travail du poids d'un corps



On lâche un solide de masse m d'un point d'altitude A à un point d'altitude B. La dénivellation entre A et B vaut h, telle que : $h = |z_A - z_B|$.

2.1) Exprime le travail du poids lors de son déplaçant de A à B. Quelle est sa nature ?

2.2) Quelle est la nature du travail du poids du solide lors d'une montée de B à A ?

✂...

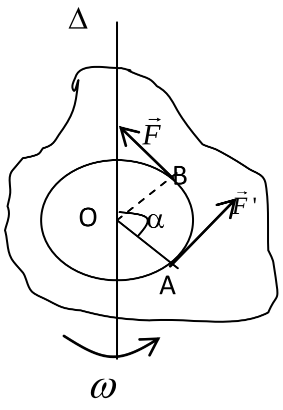
Application 2

Un pendule simple est constitué d'une bille de petite dimension, de masse $m = 50\text{g}$, reliée à un support fixe par un fil inextensible de longueur $L = 60{,}0\text{cm}$ et de masse négligeable.
On écarte ce pendule de sa position d'équilibre d'un angle $\theta_0 = 30°$ et on le lâche sans vitesse initiale.
1. Faire l'inventaire des forces qui s'appliquent à la bille du pendule et les représenter sur un schéma du dispositif.
2. Déterminer l'expression littérale du travail du poids de la bille du pendule entre sa position initiale et une position quelconque repérée par l'angle θ.
3. Calculer le travail du poids de cette bille entre la position initiale et la position d'équilibre

4. Déterminer le travail de la tension du fil entre deux positions quelconques du pendule.

✂...

Activité 3 : **Travail d'une force en rotation d'un axe fixe**



On considère la figure ci-contre, α est l'angle balayé par le point d'application de la force,

3.1) Donne l'expression du moment d'une force et d'un couple de forces.

3.2) Envisage le cas ou la force est parallèle à l'axe et le cas ou cette force rencontre l'axe

3.3) Démontre que $W_{A\to B}(\vec{F}) = M_\Delta(\vec{F})$

3.4) Exprime ce travail en fonction nombre de tours n effectué par le point d'application de la force.

✂...

Application 3

1) Déterminer le moment d'un couple de deux forces d'intensité 500N, distantes de 30cm.

2) Calculer le travail accompli par ce couple quand il effectue une rotation de 45 degrés.

✂...

2. Puissance d'une force

Activité 4 : Puissance d'une force en translation et en rotation

4.1) Définis la puissance d'une force et donne son unité.

4.2) Ecris l'expression de la puissance moyenne et celle de la puissance instantanée d'une force.

4.3) Etablis l'expression de la puissance instantanée de la force $\vec{F}$:

a) Cas d'un mouvement de translation rectiligne
b) Cas d'un mouvement de rotation autour d'un axe fixe.

✂...

Application 4

L'eau d'un barrage est amenée à la turbine de la centrale électrique par une conduite forcée. La dénivellation entre le barrage et la turbine est $h = 800\text{m}$.

1. Déterminer le travail du poids de 1m^3 d'eau entre le barrage et la turbine.
2. Déterminer la puissance P de cette chute d'eau si son débit est $D = 30\text{m}^3\text{s}^{-1}$
3. On admet que toute la puissance de la chute d'eau est transformée en puissance électrique par l'alternateur relié à la turbine. Quel devrait être le débit D' d'une chute d'eau de même dénivellation pour que sa puissance soit celle d'un réacteur nucléaire de 1000MW?

✂...

Application 5

1) Un moteur de puissance P =3kW fait tourner une scie circulaire par l'intermédiaire d'une courroie. La scie tourne à la fréquence N=600tours par minute.

Calcule le moment M par rapport à l'axe de la scie, des forces exercées par la courroie.

2) Quelle est la puissance d'un moteur qui exerce un ensemble de forces de moment constant M= 800Nm par rapport à l'axe d'une machine tournant à la vitesse $N = 1200$ tours/min ?

✂...

✂………

3. Rendement et principe de l'inertie

Activité 5

Tout solide possède un point particulier appelé centre d'inertie souvent noté G. Ce point reste immobile ou est animé d'un mouvement rectiligne uniforme lorsque le solide est isolé ou pseudo-isolé. Le principe d'inertie ne s'applique qu'à un solide indéformable qui ne subit aucune action extérieure (solide isolé). Cependant, lorsque les actions extérieures sur le solide ne sont pas nulles mais se compensent exactement, le solide est alors dit pseudo-isolé.

5.1) Rappelle le référentiel dans lequel s'applique le principe de l'inertie.

5.2) Définis un système isolé et un système pseudo-isolé.

5.3) Enonce le principe d'inertie

5.4) Donne les conséquences du principe de l'inertie sur :

a) les travaux des forces extérieures appliquées à un solide ;

b) les puissances des forces extérieures appliquées à un solide ;

5.5) Au cours d'une transformation d'énergie, il apparaît souvent de l'énergie sous forme calorifique, même si celle-ci n'est pas désirée. Ainsi, la puissance absorbée par une machine lors d'une transformation d'énergie est égale à la somme de sa puissance utile et de la puissance perdue. Exprime alors le rendement mécanique de cette machine.

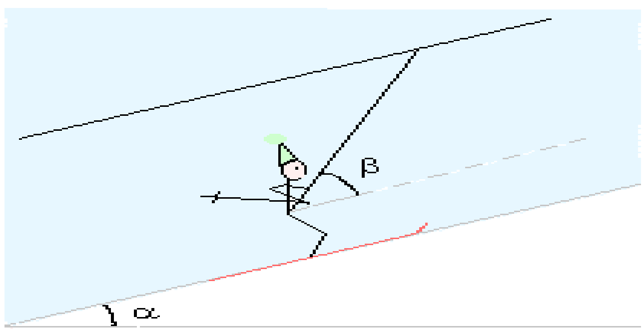
✂………

Application 6

Un skieur et son équipement, de masse m=80kg, remonte une pente rectiligne, inclinée d'un angle $\alpha = 20°$, grace à un téléski. La force de frottement exercée par la neige sur les skis a la même direction que la vitesse et son sens est opposé au mouvement. Sa valeur est f=30N.

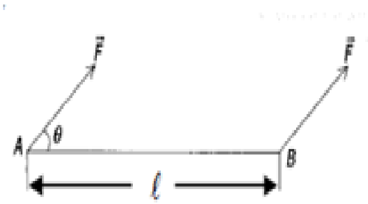
Le téléski tire le skieur et son équipement à vitesse constante sur un distance AB=L=1500m.

1. Faire l'inventaire des forces qui s'appliquent au système {skieur et équipement} et les représenter sur le schéma.
2. Déterminer le travail du poids du système lors de ce déplacement.
3. Déterminer le travail de la force de frottement lors de ce déplacement.
4. La tension du câble qui tire le système fait un angle $\beta = 60°$ avec la ligne de plus grande pente. Déterminer le travail de la tension du câble lors de ce déplacement.



DOCUMENT

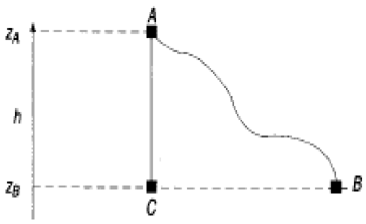
- Travail d'une force constante $\vec{F}$



$$W(\vec{F}) = \vec{F}.\overrightarrow{AB} = F \times l \times \cos\alpha \begin{cases} \text{F en newtons (N)} \\ \text{l en mètres (m)} \\ W(\vec{F}) \text{ en joules (J)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{si } W > 0, \textit{alors le travail est dit moteur} \\ \text{si } W < 0, \textit{alors le travail est dit moteur} \end{cases}$$

- Travail de la pesanteur



$$W(\vec{P}) = mg(Z_A - Z_B) \begin{cases} \text{si } Z_A > Z_B, W(\vec{P}) = mgh \\ \text{si } Z_A > Z_B, W(\vec{P}) = -mgh \end{cases}$$

Puisque le travail du poids ne dépend pas du chemin suivi, on dit que le poids est une force conservative

- Le travail d'une force (ou d'un couple) de moment constant appliquée à un solide en rotation autour d'un axe fixe est donné par la relation :

$$W = M \times \theta \begin{cases} \text{moment de la force ou du couple (en N. m)} \\ \theta \text{ l}'\text{anglebalayé par la force (en rad)} \\ \text{W s}'\text{exprimeen J} \end{cases}$$

- La puissance moyenne est le travail qu'elle effectue par unité de temps.
  - Puissance instantanée en translation : $\mathscr{P} = \vec{F}.\vec{V} \begin{cases} \text{v la vitesse en m. s}^{-1} \\ \text{F en N} \\ \text{la puissance en watts (W)} \end{cases}$
  - Puissance instantanée en rotation : $\mathscr{P} = M.\omega \begin{cases} \omega \text{ la vitesse de roation en rad. s}^{-1} \\ \text{M moment en N. m}^{-1} \\ \text{la puissance en watts (W)} \end{cases}$

- Le rendement d'une machine

Le fonctionnement d'un moteur s'accompagne toujours d'un échauffement de celui-ci : il réalise la transformationénergie électrique → énergie mécanique et calorifique. Le rendement s'exprime par : $\eta = \frac{P_u}{P_a} \begin{cases} P_u \text{ est la puissance utile} \\ P_a \text{ est la puissance absorbée} \end{cases}$

EXERCICES DE CONSOLIDATION

✂...

EXERCICE 1

1) Un moteur fait tourner une scie circulaire par l'intermédiaire d'une courroie. le moment $\mathcal{M}$ des forces exercées par la courroie par rapport à l'axe de la scie vaut $\mathcal{M}=48{,}5$ N.m Sachant que la scie tourne à la fréquence N=600tours par minute, calcule la puissance $\mathcal{P}$ de ce moteur.

2a) Quel est le moment par rapport à l'axe d'un moteur qui exerce un ensemble de forces de puissance $\mathcal{P}=100{,}48$ kW tournant à la vitesse ω= 125,6 rad/s ?
b) Quel est le travail W produit par le moteur si la machine est utilisée à ce régime pendant un quart d'heure ?

✂...

EXERCICE 2

On utilise un tapis roulant pour charger du minerai dans un wagon. La longueur de la partie utile du tapis, incliné d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport à l'horizontale, est L=20,0m.
1. Dresser le bilan des forces qui s'exercent sur un bloc de minerai de masse m=5,0kg, animé d'un mouvement de translation rectiligne uniforme, et les représenter sur un schéma.
2. La force de frottement $\vec{f}$ exercée par le tapis sur le bloc de minerai, est constante et parallèle au tapis. Déterminer sa valeur.
3. Déterminer le travail de cette force depuis le bas du tapis jusqu'en haut.
4. Déterminer la puissance des forces de frottement exercées par le tapis sur le minerai si la "vitesse de chargement" du wagon est 2,5 tonnes par minute.

✂...

EXERCICE 3

1) Une pompe électrique soutire 24,0 litres d'eau par minute d'une nappe située à 6,0m de profondeur. On négligera la vitesse de l'eau au départ et à l'arrivée.
   a) Quelle est la puissance mécanique de cette pompe ?
   b) Quelle puissance (électrique) consomme-t-elle si son rendement est de 60% ?
2) Les chuttes du Niaggara, hautes de 44,0m ont un débit pouvant atteindre 30,0millions de m^3 par heure. Quelle est alors leur puissance ?

Si un barrage produisait de l'électricité à partir de cette énergie mécanique, avec un rendement de 85,0%, quelle serait la puissance électrique de ce barrage ?
Comparez cette puissance à celle fournie par une centrale nucléaire ou hydronucléaire.

✂...

EXERCICE 4

1) Un moteur électrique fournit un couple utile de moment 20N.m à la fréquence de rotation de 1500tr/min. Calculer sa vitesse angulaire et en déduire sa puissance utile.
2) Caluler le travail accompli chaque minute par une chutte d'eau de débit égal à 12 m^3 par seconde et présentant une dénivellation de 45m.

8. ENERGIE

Situation-problème

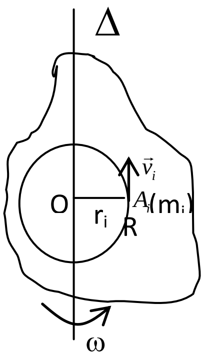
De façon générale, on dit qu'un système possède de l'énergie lorsqu'on peut s'en servir, plus ou moins directement, pour produire un mouvement.

On distingue des énergies d'origine chimique, hydraulique, éolienne, solaire, électrique, calorifique …

L'analyse de ces diverses formes d'énergies montre qu'elles se ramènent toutes à deux formes fondamentales. Quelles sont alors les différentes formes d'énergie ?

1) Energie cinétique d'un solide en translation et en rotation

Activité 1



On considère le point A_i de masse m_i du solide, situé à la distance de l'axe Δ.

On désigne par ω la vitesse angulaire du solide et on pose $J_\Delta = \sum_i^n m_i r_i^2$ (moment d'inertie du solide par rapport à l'axe de rotation)

1.1. Donne l'expression de l'énergie cinétique pour un solide en translation.

1.2. Etablis l'expression de l'énergie cinétique de rotation du solide constitué des points matériels A_i et précise l'unité de chaque grandeur dans le Système International.

1.3 Donne l'expression de l'énergie cinétique pour un système de masse m animé d'un mouvement de translation et de rotation.

1.4. Recherche l'expression des moments d'inertie des solides suivants :

Un point matériel de masse m en rotation autour d'un axe fixe à la distance d;

Un cylindre ou un disque plein de masse m et de rayon R en rotation autour d'un axe fixe passant par leur centre d'inertie.

Une barre homogène de masse m, de longueur ℓ en rotation autour d'un axe fixe passant par son centre d'inertie.

1.5. Exprime le moment d'inertie d'une barre homogène de masse m, de longueur ℓ en rotation autour de l'une de ses extrémités. Enonce le théorème de Huygens.

Application 1

1. Un solide (S) de masse $m = 10$groule sur une piste horizontale à la vitesse $V = 10\text{m.s}^{-1}$. Calcule l'énergie cinétique du solide.

2. Une tige rigide homogène OA, de longueur l = 0,80m, de masse $m = 50\text{g}$, tourne autour d'un axe horizontal O, dans un plan vertical perpendiculaire à l'axe, avec une fréquence constante $N = 480\text{tours.min}^{-1}$. Elle porte à l'extrémité libre A une masse $M = 400\text{g}$.

a- Calculer le moment d'inertie du système par rapport à l'axe de rotation passant par O.

b- Calculer l'énergie cinétique du système.

Activité 2 : Théorème de l'énergie cinétique

2.1) Recherche le théorème de l'énergie cinétique.

2.2) Ecris l'expression mathématique de ce théorème.

2.3) Exprime la variation de l'énergie cinétique pour un solide en translation et en rotation.

2.4) Dis dans quelle condition l'énergie cinétique d'un système se conserve.

✂...

Application 2

1) Une voiture roulant à la vitesse $V_1 = 50\text{km.h}^{-1}$sur une route plane horizontale a une distance d'arrêt en freinage égale a $d_1 = 40\text{m}$ En supposant que la force de freinage est constante en intensité, déterminer la distance d2 de freinage pour une vitesse initiale $V_2 = 100\text{km.h}^{-1}$
2) Le plateau d'un électrophone, de moment d'inertie $J = 0{,}03\text{kg.m}^3$, tourne à une fréquence $N = 45$ tours par minute. Le moteur étant coupé, il s'arrête, sous l'action d'un couple de frottement, après avoir fait $n = 120$ tours.

2.1- Détermine le moment M, supposé constant, du couple de frottement

2.2-Le moteur en marche, il tourne à nouveau à vitesse constante. En déduis le travail W du moteur pendant $\Delta t = 1\text{min}$ ainsi que sa puissance $\mathscr{P}$.

✂...

2. Energie potentielle

Activité 3

3.1) Définis l'énergie potentielle de pesanteur d'un système.

3.2) Ecris l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur d'un système dans un état quelconque d'altitude Z, la référence étant Rd'altitude Z_R.

3.3) Déduis l'expression de l'énergie potentielle de pesanteur lorsque la position de référence est confondue avec l'origine du repère.

3.4) Cite d'autres formes d'énergies potentielles et écris leurs expressions.

3.5) Enonce le théorème de l'énergie potentielle.

✂...

Application 3

La résistance de l'air est supposée négligeable. On donne g=10N/kg

Une pierre de masse m = 100g est lancée à partir d'un point A situé à la hauteur

$h_B = 3{,}5\text{m}$ du sol horizontal passant par un point O considéré comme origine d'un repère $(O;\ \vec{k})$; $\vec{k}$ un vecteur unitaire ascendant. La pierre atteint le point B de hauteur $h_B = 3{,}5\text{m}$.

1) Evalue les énergies potentielles de la pierre en A puis en B :
a) en considérant le niveau de référence fixé dans le plan horizontal passant par A
b) en considérant le niveau de référence fixé dans le plan horizontal passant par O
2) Détermine la variation de l'énergie potentielle dans les deux cas puis conclus.
3) Déduis-en le travail du poids $\vec{P}$ de la pierre de A à B.

✂……………………………………………………………………………………………………

3. Energie mécanique

Activité 4

4.1) Définis les forces conservatives et les forces non conservatives.

4.2) Définis l'énergie mécanique d'un système.

4.3) Etablis les expressions de la variation ΔE_m de l'énergie mécanique en fonction de ΔE_C et ΔE_P puis en fonction de $\sum W(\vec{F}_{\text{non conservatives}})$.

4.4) Donne la condition pour laquelle l'énergie mécanique d'un système :

a) se conserve puis énonce le théorème de la conservation de l'énergie mécanique ;

b) ne se conserve pas puis énonce le théorème de la non conservation de l'énergie mécanique (théorème de l'énergie mécanique).

✂……………………………………………………………………………………………………

Application 4

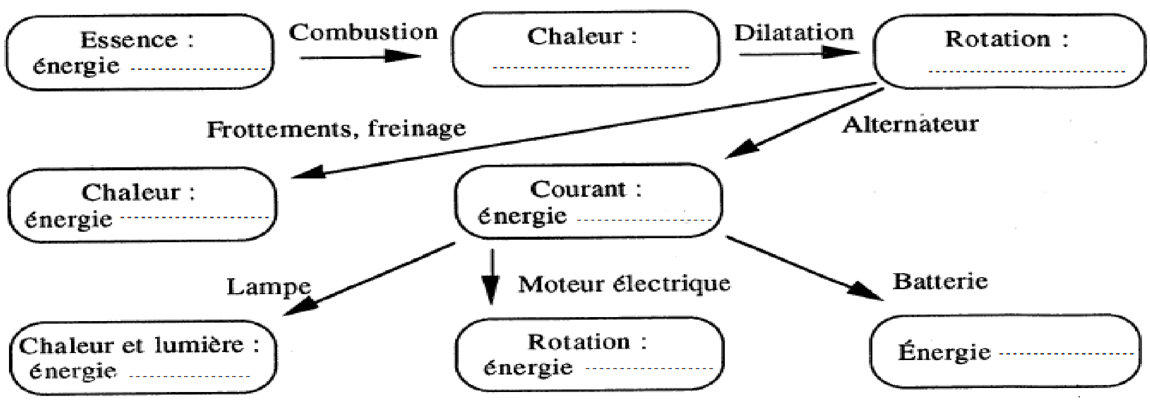
Sur une pente inclinée d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à l'horizontale, un enfant de masse M=25kg sur une planche à roulettes, se lance avec une vitesse initiale $V_A = 15\text{m/s}$ du sommet A de la pente. Les frottements roulettes-piste équivalent à une force de frottement $\vec{f}$ d'intensité f. Il atteint le point B, situé à 3m de A de la pente avec la vitesse $V_B = 5\text{m/s}$.

1) Faire le bilan des forces agissant sur l'enfant.
2) Calcule l'énergie mécanique du système en A et en B.
3) Détermine l'intensité f des forces de frottement.

✂……………………………………………………………………………………………………

4. Autres formes d'énergie

Ainsi, dans le cas d'une automobile, les transformations de l'énergie sont nombreuses. Complète le diagramme suivant :



✂...

5. La loi de BERNOULLI

Activité 5 : Notion de débit

Un fluide est un milieu matériel continu, déformable, sans rigidité et qui peut s'écouler. Parmi les fluides, on fait souvent la différence entre liquide et gaz. Les liquides et gaz étudiés sont isotropes, mobiles et visqueux.

5.1) Quelle est la propriété physique de différenciation des liquides et gaz ?
5.2) Explique les termes suivants : fluide incompressible, fluide non visqueux.
5.3) Quand dit-on qu'un régime d'écoulement est permanent ou stationnaire ?
5.4) Définis : ligne de courant ; tube de courant ; filet de courant.
5.5) Indique sur un schéma les lignes et tube de courant.
5.6) Qu'est-ce que le débit massique D_m ou le débit volumique D_V d'un fluide ?
5.7) Etablis la relation entre les deux grandeurs.

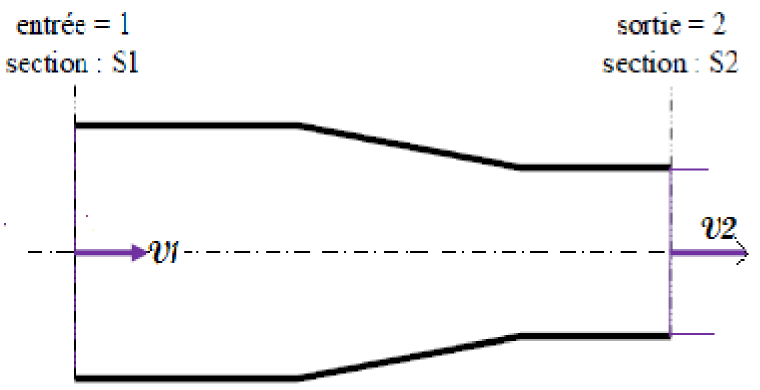
✂...

Activité 6 : Equation de continuité dans un fluide

On considère l'écoulement d'un fluide incompressible (masse volumique constante) dans une canalisation entre la section d'entrée 1 d'aire S_1 et la section de sortie 2 d'aire S_2 .

On désigne par :

- m_1 et m_2 les masses respectives du fluide à travers les sections S_1 et S_2
- v_1 et v_2 les vitesses moyennes respectives du fluide entre les sections 1 et 2
- ρ la masse volumique du fluide.



6.1) Exprime le débit volumique D_V du fluide à l'entrée et à la sortie de la canalisation en fonction de en fonction des vitesses moyennes et de la masse volumique.
6.2) En l'exploitant la conservation de la masse :
6.2.1) Etablis la relation traduisant la conservation de la masse dans l'écoulement
6.2.2) En déduis l'équation de continuité traduisant le débit volumique du fluide.

✂...

✂...

Application 4

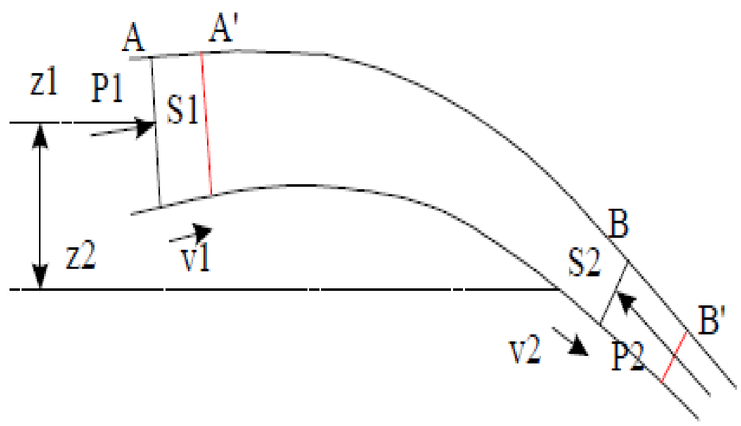
1) De l'eau s'écoule dans une conduite de 30cm de diamètre à la vitesse de $0{,}50\text{m.s}^{-1}$.
   a) Calculer en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ et en L.min^{-1} le débit volumique de l'eau.
   b) Donner la valeur numérique du débit-masse.
2) Dans une conduite de 30,0cm de diamètre, l'eau circule avec un débit-volume de 1800L.min^{-1}.
   a) Calculer la vitesse moyenne de l'écoulement.
   b) Le diamètre devient égal à 15,0 cm. Calculer alors la nouvelle vitesse moyenne.

✂...

Activité 7 : La loi de BERNOULLI

On considère un tube de courant délimité par deux sections droites S_1 et S_2. Le fluide est non visqueux, incompressible et s'écoule en régime permanent.

Soient P_1 et P_2 les pressions et vitesses en A et B.



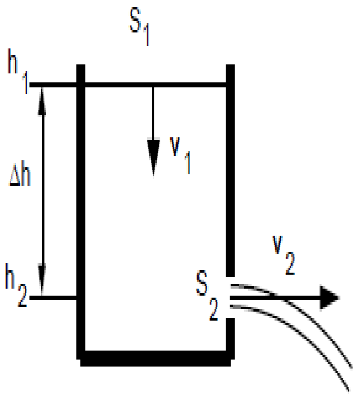
7.1) Fais le bilan des forces extérieures qui s'exercent sur le fluide lors de son déplacement entre A et B.
7.2) Exprime les travaux de chacune de ces forces
7.3) En exploitant le théorème de l'énergie cinétique au cours de ce déplacement :
7.3.1) Etablis alors la loi de Bernoulli.
7.3.2) Donne la signification de chacun des termes de cette relation
7.3.3) Enonce enfin le théorème de Bernoulli.

✂...

✂...

6) Quelques applications du théorème de Bernoulli

Activité 8 : Formule de Torricelli



Soit un récipient rempli de liquide et percé d'un trou (voir figure). Les parois imperméables constituent un tube de courant. Les sections S_1 et S_2 sont celle de la surface libre et de l'orifice. P_A désigne la pression atmosphérique telle que $P_A=P_1=P_2$. On pose $\Delta h=h_1-h_2$

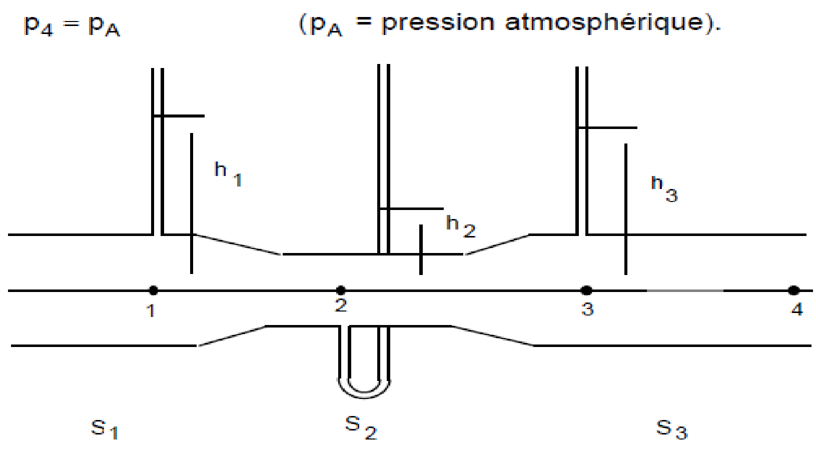
8.1) A partir de l'équation de continuité, démontrer que si $S_1 >> S_2$, alors $v_1 << v_2$.

8.2) En supposant v_1 << exprimer la vitesse v_2 de l'orifice traduisant la formule de Torricelli.

✂...

Activité 9 : Tube de venturi

Un tube de venturi est un tube de section variable tel que représenté sur la figure. Il permet de mesurer les débits et des vitesses connaissant la pression dans les différentes sections. Cette pression est mesurée par l'intermédiaire de trois manomètres dont le fonctionnement est basé sur la pression exercée par une colonne du liquide. S_1, S_2 et S_3 sont les sections des tubes. v_1 et v_2 désignent les vitesses moyennes du fluide aux points 1 et 2.



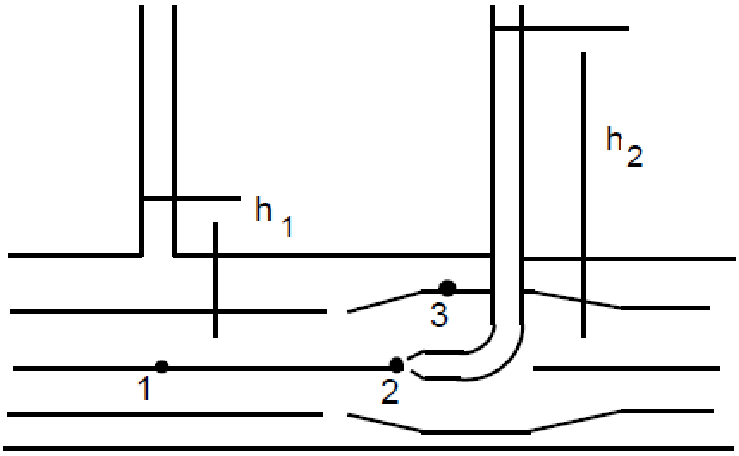
9.1) En appliquant le théorème de Bernoulli sur la ligne de courant entre 1 et 2, montrer que $P_2<P_1$. Que traduit alors le phénomène du tube de Venturi ?

9.2) A partir de l'équation de continuité et de l'équation de Bernoulli, exprime la vitesse moyenne v_1 du fluide au point 1 et son débit volumique D.

✂...

Activité 10 : Tube de Pitot

Comme le tube de Venturi, le tube de Pitot permet de déterminer la vitesse et le débit du fluide par mesure de pression. Un obstacle, comme le manomètre coudé du tube de Pitot placé dans une conduite, modifie la répartition des lignes de courant. Son extrémité fait fonction de point d'arrêt.



10.1) Quelle est la vitesse du fluide au point d'arrêt ?

10.2) A partir de l'équation de continuité et de l'équation de Bernoulli :

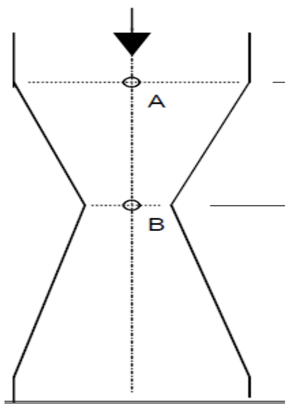
10.2.1) Exprime la vitesse moyenne V_1 du fluide au point 1

10.2.2) Quel est son débit volumique D_V?

✂...

Application 5

On étudie l'écoulement de l'eau à travers un tube



de venturi vertical. On supposera le liquide comme parfait et le régime d'écoulement permanent.

1.a) Ecrire l'équation de continuité et

b) Exprimer la relation littérale entre les vitesses moyennes v_A, v_B et les diamètres D_A et D_B.

c) Calculer v_A et v_B.

A.N : Débit-volume : $q_V = 200 \mathrm{L.s^{-1}}$.

2- En appliquant la relation de Bernoulli entre A et B

Calculer $\Delta p = p_A - p_B$

Données numériques :

$D_A = 30{,}0 \mathrm{cm}$; $D_B = 15{,}0 \mathrm{cm}$; $\rho(\text{eau}) = 1000 \mathrm{kg.m^{-3}}$

$Z_A = 1{,}25 \mathrm{m}$ et $Z_B = 0{,}50 \mathrm{m}$

✂...

DOCUMENT

- ENERGIE

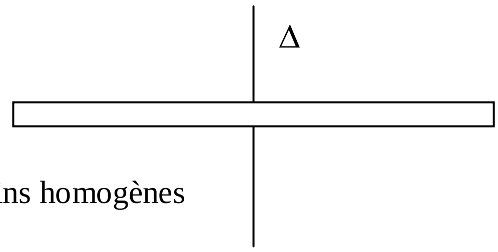
Energie cinétique :

- Pour un solide de masse M en translation de vecteur vitesse $\vec{V}$ est $E_C = \frac{1}{2}MV^2$
- Pour un solide en rotation $E_C = \frac{1}{2}J_\Delta \omega^2 \begin{cases} J_\Delta \text{ le moment d'inertiedu solide en kg.m}^{-2} \\ \omega \text{ la vitesse de rotation en rad.s}^{-1} \\ E_C \text{ en joules (J)} \end{cases}$

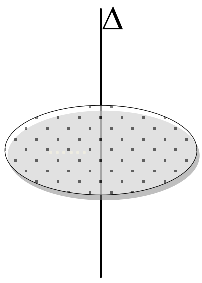
Moment d'inertie de quelques solides

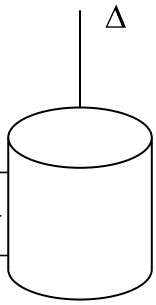
- L'axe (Δ) passe par le centre d'inertie du solide
- Barre homogène tournant autour d'un axe perpendiculaire de masse m ; longueur L.

$$\boxed{J_\Delta = \frac{1}{12}mL^2}$$



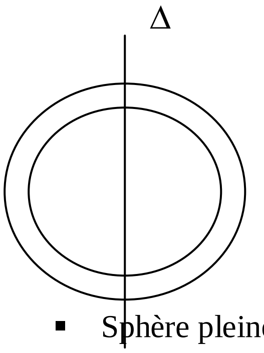
- Disque et cylindre pleins homogènes



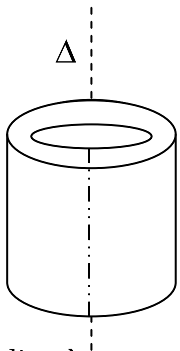


$$\boxed{J_\Delta = \frac{1}{2}}$$

- Cylindre creux, manchon cylindrique, jante circulaire (circonférence pesante) de faible épaisseur par rapport à l'axe du cercle.

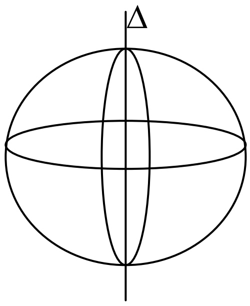


$$\boxed{J_\Delta = mR^2}$$

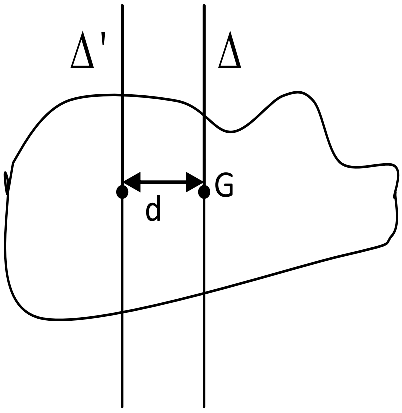


- Sphère pleine et homogène (boule) par rapport à un diamètre

$$\boxed{J_\Delta = \frac{2}{5}mR^2}$$



❖ Cas où l'axe (Δ) ne passe pas par le centre d'inertie

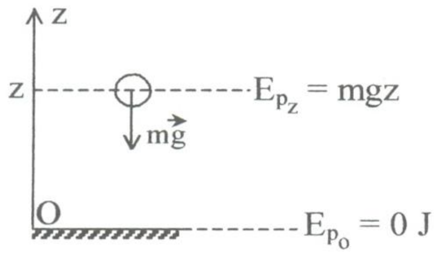


Théorème de Huygens

Le moment d'inertie d'un solide (S) par rapport à un axe quelconque Δ' est égal à la somme du moment d'inertie du solide par rapport à un axe Δ parallèle à Δ' et passant par le centre de gravité de (S) et du produit de sa masse par le carré de la distance des deux axes.

$$J'_\Delta = J_\Delta + Md^2$$

- L'énergie potentielle de pesanteur
  - On appelle énergie potentielle de pesanteur d'un solide, l'énergie qu'il possède de part sa position par rapport à la terre.
  - On appelle origine des énergies potentielles de pesanteur ou plan de référence, un plan horizontal arbitrairement choisi dans lequel l'énergie potentielle de pesanteur est nulle.
  - L'énergie potentielle de pesanteur d'un corps de masse m, placé dans un champ de pesanteur uniforme d'altitude Z a pour expression : $E_P(Z) = mgZ + C$



La constante C est nulle lorsque la position de référence est confondue aves l'origine des altitudes :
$E_P(Z) = mgZ$

- Energie mécanique : C'est la somme de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle d'un corps à un instant t.
- Force conservative – force non conservative
  - Une force est conservative lorsque son travail ne dépend pas du chemin suivi.

<u>Exemple</u> : Le poids $\vec{P}$ d'un corps, la tension $\vec{T}$ d'un ressort.

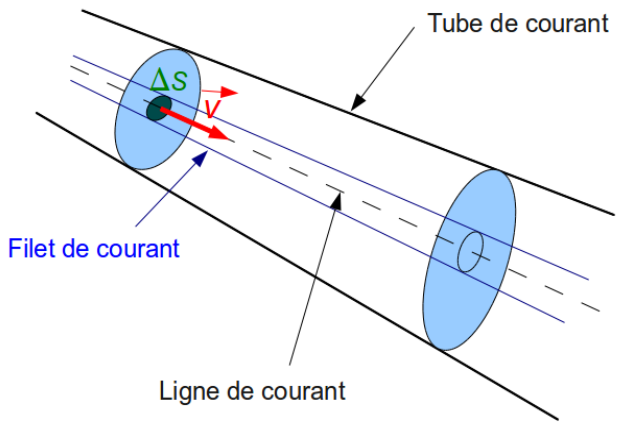
  - Une force est non conservative lorsque son travail dépend du chemin suivi.

<u>Exemple</u> : les forces de frottement

- La loi de Bernoulli

- Dans un écoulement stationnaire, la vitesse des particules de fluide passant en un point donné ne change pas au cours du temps, que ce soit en module ou en direction.
  - Si l'écoulement est stationnaire, les lignes de courant ne se déforment pas au cours du temps. Les lignes de courant correspondent alors aux trajectoires des particules du fluide.
  - Fluide incompressible. sa masse spécifique est constante et uniforme.
  - Ecoulement non visqueux : les forces de viscosité (frottement entre les tubes de courant) seront négligées.
- Ligne de courant et tube de courant

On appelle ligne de courant une courbe tangente en chacun de ses points au vecteur vitesse. Un tube de courant est la surface engendrée par les lignes de courant s'appuyant sur une courbe fermée C dont aucun tronçon ne coïncide avec une ligne de courant



- Equation de continuité et conservation de la masse

Soient S_1 et S_2 deux sections normales d'un petit tube de courant, ρ_1 et ρ_2 les masses spécifiques, v_1 et v_2 les vitesses scalaires moyennes du fluide qui traverse ces sections.
En vertu du principe de conservation de la masse, les débits de masse à travers S_1 et S_2 sont égaux en régime stationnaire : $\rho_1 S_1 v_1 = \rho_2 S_2 v_2$

Dans le cas d'un liquide incompressible : $\rho_2 = \rho_2 = \rho$ et les débits de volume D_1 et D_2 sont égaux : $D_1 = S_1 v_1 = S_2 v_2 = D_2$; elle montre que, pour un fluide incompressible, la vitesse du fluide augmente si la section du tube conducteur décroît.

Relation de Bernoulli

$$\frac{1}{2}\rho_1 v_1^2 + \rho_1 g h_1 + p_1 = \frac{1}{2}\rho_2 v_2^2 + \rho_2 g h_2 + p_2$$

EXERCICES DE CONSOLIDATION

✂……………………………………………………………………………………………

EXERCICE 1

Un solide S de masse m = 1 kg tombe de la fenêtre d'un immeuble située à 20 m au-dessus du sol. On néglige les frottements de l'air. Détermine :

1) la vitesse du solide à l'arrivée au sol. Quelle la durée de chute ?

3) l'énergie cinétique du solide au niveau du sol.

✂……………………………………………………………………………………………

EXERCICE 2

Un bloc de bois de masse m est lancé à la vitesse V_0 sur une planche dont l'inclinaison vaut θ. L'objet monte. Il franchit une distance d avant de s'arrêter.

1) Exprimez la force de frottement qu'il subit en fonction de m, V_0 et θ.

2) Calculez cette force pour : $m = 2\ \text{kg}\ ;\ V_0 = 3\text{m.s}^{-1}\ ;\ \theta = 20°\ ;\ d = 0{,}8\ \text{m}$

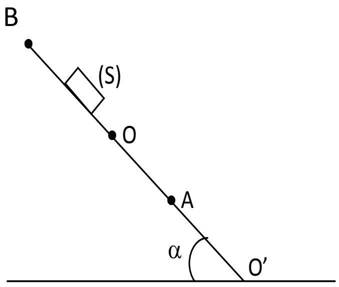
3) Quelle distance le bloc franchirait-il s'il ne subissait aucun frottement ?

✂……………………………………………………………………………………………

EXERCICE 3

Données : $OA = \ell = 40\ \text{cm}\ ;\ OB = \ell' = 60\ \text{cm}\ ;\ OO' = 120\ \text{cm}\ ;\ g = 9{,}8\ \text{N.kg}^{-1}$

$\alpha = 30°$. Un solide (S) de masse m = 700 g se déplace d'un point A à un point B suivant la ligne de plus grande pente d'un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale.



1) On choisit comme niveau de référence le point O
   a) Calculer son énergie potentielle de pesanteur au point
   b) A puis au point B
   c) Evaluer la variation ΔE_P de cette énergie au cours de ce déplacement.
2) Le niveau de référence est maintenant le point O'.
   a) Calculer les nouvelles valeurs de l'énergie potentielle de pesanteur au point A et au point B. Comparer ces valeurs à celles obtenues à la question 1-a).
   b) Calculer la variation $\Delta E'_P$ de cette énergie pour le même déplacement. Comparer ΔE_P et $\Delta E'_P$. Conclure.
   c) Calculer le travail du poids lors de ce déplacement. Comparer ce travail à la variation de l'énergie potentielle de pesanteur.

✂……………………………………………………………………………………………

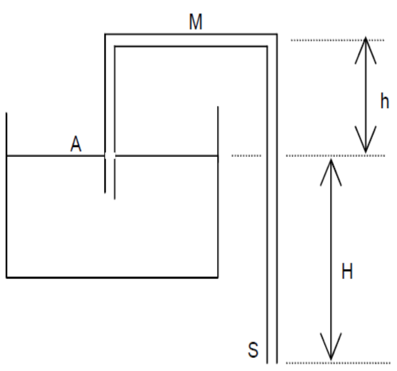
EXERCICE 4

Une chute d'eau de 24 mètres de hauteur et de débit $560\mathrm{m}^3$ par minute fait tourner une turbine hydraulique.

1) Calculer l'énergie fournie par la chute en une minute (on prendra $g = 10\mathrm{N.kg}^{-1}$).
2) Déterminer la puissance de la chute.
3) Calculer la puissance utile de la turbine sachant que son rendement ŋ est égal à 0,8.
4) Cette puissance est absorbée par un alternateur qui fournit à son tour une puissance utile de 1702,4kW. Calculer le rendement $ŋ'$ de l'alternateur.
5) Déterminer en kilowattheures l'énergie fournie par l'alternateur en 24heures de fonctionnement.

✂...

EXERCICE 4



$g = 9{,}8\ \mathrm{m.s}^{-2}$; $\rho(\text{eau}) = 1000\ \mathrm{kg.m}^{-3}$; $H = 3{,}0\ \mathrm{m}$

Soit un siphon de diamètre $d(d = 10{,}0\mathrm{m})$ alimenté par un récipient rempli d'eau, de grande dimension par rapport à d et ouvert à l'atmosphère $P_{atm} = 1{,}0\mathrm{bar}$

1- Calculer la vitesse moyenne du fluide en S et le débit-volume q_V du siphon.

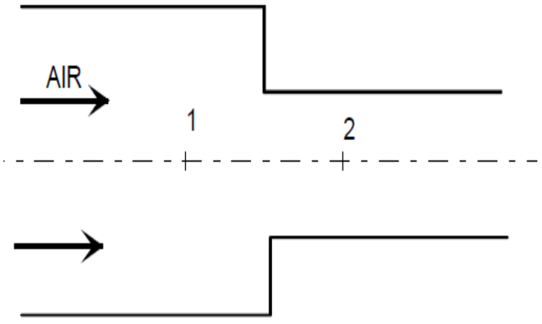
2- Exprimer la pression P_M au point M en fonction de h.

✂...

EXERCICE 5

De l'air (fluide parfait incompressible) circule dans le convergent horizontal suivant.

Débit-volume $q_V = 220\mathrm{L.s}^{-1}$; $S_1 = 6{,}5.10^{-2}\mathrm{m}^2$ $S_2 = 2{,}0.10^{-2}\mathrm{m}^2$; $\rho(\text{air}) = 3{,}20\mathrm{kg.m}^{-3}$



1- Calculer le débit-masse q_m

2- Calculer les vitesses moyennes v_1 et v_2.

3- Calculer la différence de pression $\Delta p = p_1 - p_2$ aux bornes du convergent. Donner sa valeur en Pascal et mbar.

4- Calculer la dénivellation h d'un manomètre différentiel à eau branché entre les points 1 et 2.

9. GAZ PARFAITS

✂...

Situation-problème

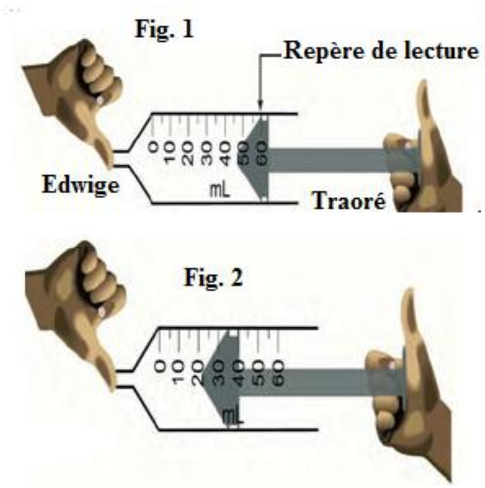
Les gaz sont des corps moléculaires. Les molécules d'un gaz réel sont assez éloignées les unes des autres par conséquent les forces d'interaction qui existent entre elles sont assez faibles. L'état gazeux est désordonné. Ainsi, les nombreuses molécules qui constituent le gaz bougent sans arrêt dans tous les sens, et rebondissent entre elles ou sur les parois des objets qu'elles rencontrent en créant le chaos moléculaire : c'est le mouvement brownien.

- Qu'est que la pression ? Qu'est-ce qu'une force pressante ?
- Quels sont les grandeurs physiques qui permettent de décrire l'état d'un gaz parfait ?

✂...

1) Qu'est-ce que la pression ? Pression d'un gaz

Activité 1 : La pression des gaz



Deux camarades de classe, Edwige et Traoré prennent une seringue graduée en millilitre, remplies d'air. Edwige la bouche avec le pouce tandis que Traoré enfonce le piston aussi fort qu'il peut (Fig. 1).

Plus Edwige enfonce le piston, plus cela devient difficile d'appuyer. Cette résistance est due au fait que l'air devient de plus en plus comprimé. Elle appuie sur l'intérieur du piston et l'empêche d'avancer. Au bout d'un instant, Edwige ne peut plus du tout enfoncer le piston (Fig. 2), la compression est alors terminée

6.1) De quoi est constitué l'air ?

6.2) Déterminer les volumes d'air initial avant la compression ; puis le volume final d'air après la compression dans la seringue.

6.3) De quel volume l'air a-t-il diminué au cours de la compression ?

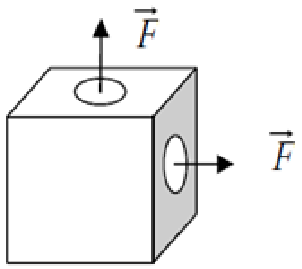
6.4) Par des schémas, comparez les molécules d'air avant la compression et à la fin de la compression. Pour simplifier, vous représenterez seulement dix molécules de gaz présents dans l'air.

6.5) A quoi est due la pression de l'air sur les parois de la seringue ?

6.6) Comment évolue la pression de l'air dans les deux cas de figure ?

✂...

Activité 2 : Force pressante et mesure de la pression.



On considère un récipient renfermant un gaz (voir figure ci-contre). Les molécules du gaz frappent les parois du récipient puis rebondissent. L'effet de ces très nombreux chocs du gaz sur les parois peut être caractérisé par une grandeur physique mesurable à l'échelle macroscopique

2.1) Quel nom donne-t-on à cette grandeur ? Justifie ta réponse

2.2) Donne les caractéristiques de ladite grandeur.

2.3) Exprime la pression exercée par un gaz sur une paroi S du récipient. Tu donneras les unités des différentes grandeurs dans le système international.

2.4) Cite les appareils de mesure de la pression.

✂...

2) Les gaz parfaits

Activité 3 : Quel est l'équation d'état des gaz parfaits ?

Le gaz parfait n'est qu'un état idéal ou purement théorique que l'on associe à un gaz réel aux pressions pratiquement nulles.

3.1) Quand dit-on d'un gaz qu'il est parfait ?

3.2) Quels sont les trois variables qui décrivent l'état d'un gaz parfait ? Quelle relation lie ses grandeurs ?

3.3) Recherche pour un gaz parfait les lois suivantes :

3.4) Loi de Mariotte

3.5) Loi de Gay-Lussac

3.6) Loi de Charles

3.7) Un enfant gonfle un ballon avec de l'hélium. Après avoir fait entrer 0,25mol d'hélium dans le ballon à une température de 298K, la pression dans le ballon est égale à 120kPa. Que deviendra la pression dans le ballon lorsqu'il aura fait entrer 0,15mol de plus à la même température ? On considère la variation du volume du ballon comme négligeable.

✂...

Application 1

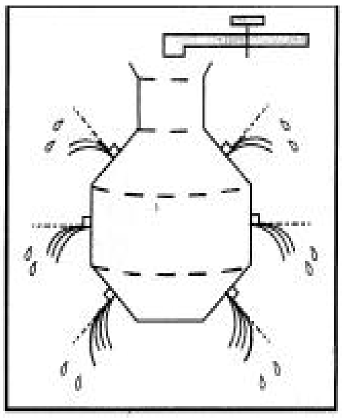
Le pneu d'une roue d'automobile exerce sur le sol une force pressante d'intensité 400daN ; la largeur de la semelle du pneu est l = 205 mm.

1) Le pneumatique étant gonflé à la pression recommandée P_N, on mesure la longueur de son empreinte au sol : L = 10 cm.
2) Quelle est l'aire de la surface pressée ?
3) Calculer la valeur de la pression P_N.
4) Donner les caractéristiques de la force pressante exercée par la roue sur le sol

✂...

3) Les forces pressantes dans les liquides : cas de l'eau

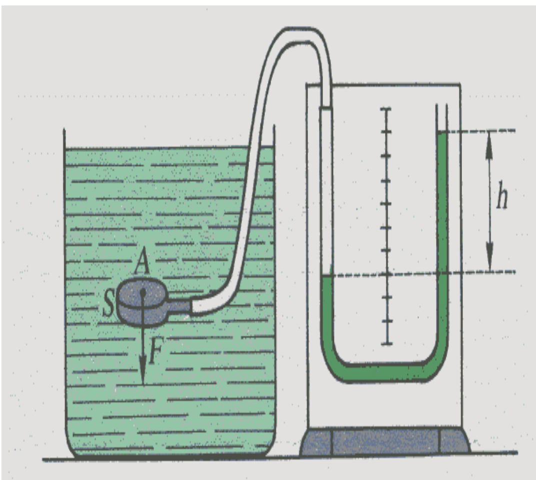
Activité 4 : La pression de l'eau



On remplit un flacon d'eau sur lequel on a placé des bouchons qui empêchent l'eau de s'écouler par des orifices situées à différentes hauteurs.

4.1) Remplir le flacon.
4.2) Enlever le bouchon situé le plus près du goulot de la bouteille. Observez.
4.3) Remplir à nouveau le flacon puis enlever successivement les bouchons
dans l'ordre du haut vers le bas. Que remarquez – vous ?

✂...



4.4) A l'aide de la capsule manométrique reliée au tube en U rempli d'eau colorée, on mesure la hauteur h lorsque la profondeur varie. On dresse le tableau de valeurs :

Profondeur (cm)	2	4	6	8
Hauteur (cm)	2	6	6	8

4.4.1) Que remarques-tu ?

4.4.2) Déplacez la capsule manométrique horizontalement, puis inclinez la, la hauteur « h » change t-elle ?

✂………

Application 2

Complète le texte troué :

Dans un liquide, les forces pressantes sont ……………a)………… aux parois du récipient.
La pression ………b)……….. lorsque la surface pressée augmente.
La pression dans un liquide se mesure avec une capsule……c)…………….
La pression est………d)……pour tous les points d'un liquide situés à une même profondeur.
L'inclinaison de la capsule manométrique est sans…e)…….sur la valeur de la pression.
La pression est due aux …………f)……. entre les molécules du liquide et les parois.

✂………

Activité 3 : Principe fondamental de l'hydrostatique.

Un sous-marin relève la valeur de la pression à laquelle il est soumis lorsqu'il plonge en profondeur. Les valeurs qu'il a relevées sont reportées dans le tableau ci-dessous :

- P_S est la pression relevée par le sous-marin en profondeur.
- P_0 est la pression atmosphérique à la surface : $P_0 = 10^5 Pa$
- $P_S - P_0$ est donc la différence de pression entre la profondeur et la surface. C'est la pression due à la hauteur d'eau au dessus du sous-marin.
- La masse volumique de l'eau est $\rho(rho) = 1000 kg.m^3$

$P_S(Pa)$	100000	145 000	198 000	400 000	1 080 000
$P_S - P_0(Pa)$	0	$4{,}5.10^4$	$9{,}8.10^4$	3.10^5	$9{,}8.10^5$
$h(m)$	0	4,59	10	30,61	100
$\frac{P_S - P_0}{h}$					
$\frac{\frac{P_S - P_0}{h}}{\rho}$					

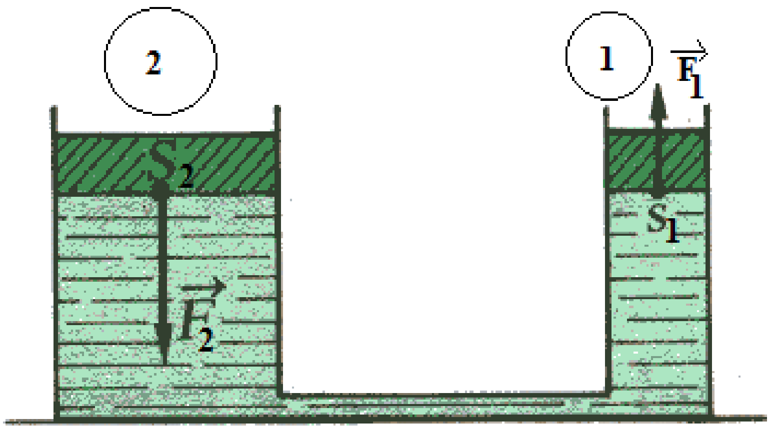
3.1) Complète le tableau
3.2) Que remarques-tu ?
3.3) Que vaut $\frac{\frac{P_S - P_0}{h}}{\rho}$?
3.4) Exprime la différence de pression $P_S - P_0$ en fonction de ρ, g et h.
3.5) Enonce le principe fondamental de l'hydrostatique.

✂………

✂...

Activité 4 : Transmission des pressions : Principe de Pascal.

4.1) A l'aide du dispositif utilisant les deux seringues ci-dessous, appuyez sur l'une des seringues puis sur la deuxième. Qu'observez-vous ?



4.2) Videz l'une des deux seringues de $V_1 = 20\text{mL}$.

4.2.1) De quel volume V_2 la seconde seringue se remplit-elle ?

4.2.2) Que pouvez-vous en conclure ? Enoncé du théorème de Pascal.

✂...

4.3) Dans la suite, on désigne par :

- F_1: la force exercée par le liquide sur section S_1 de la seringue 1
- F_2: la force exercée par la section S_2 de la seringue 2 sur le liquide et
- P_1 et P_2, les pressions respectivement.

4.3.1) Que peut-on dire de P_1 et de P_2?

4.3.2) Quelle relation obtient-on alors entre F_1, S_1, F_2 et S_2?

4.3.3) Au niveau de quelle section, obtient-on la force la plus importante ?

4.3.4) Dans quels systèmes ce principe est-il utilisé ?

✂...

Application 3

En considérant le dispositif précédent, sachant que $S_1 = 20\ \text{cm}^2$; $F_1 = 2000\ \text{daN}$;
$S_2 = 100\ \text{cm}^2$, Calculez :

a) La force F_2 exercée par le grand piston.

b) Le déplacement d_2 du grand piston lorsque le petit piston se déplace de $d_1 = 5\text{cm}$.

✂...

✂...

4) Les vases communicants

Activité 5 : Quel est le principe des vases communicants ?

Expérience de mise en évidence :
Pour expliquer le principe de distribution d'eau dans les ménages depuis le château d'eau, on dispose de deux récipients A et B. Les deux récipients sont raccordés par un tuyau.

- Le récipient (A) représente le château d'eau
- l'autre (B) l'arrivée d'eau dans la maison ;

On étudie les trois cas suivants :

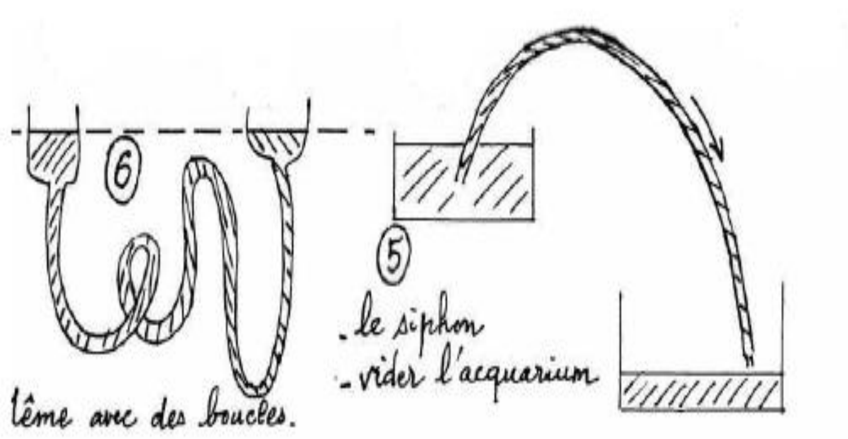
- Cas n°1 : A plus haut que B,
- Cas n°2 : B plus haut que A,
- Cas n°3 : A et B au même niveau

5.1) Présente à l'aide des schémas chacun des cas ci-dessus.
5.2) Que remarques-tu ?
5.3) Enonce le principe des vases communicants

✂...

Application 4

Que remarques-tu ?

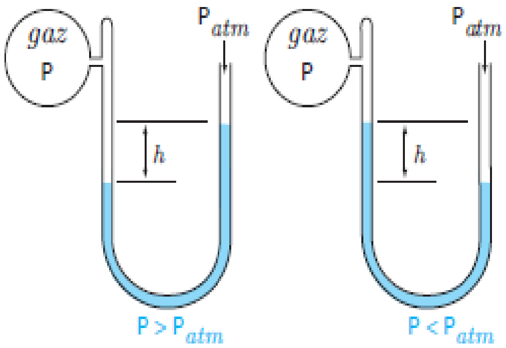


✂...

DOCUMENT

- ➢ Pression d'un gaz
- Soit un gaz exerçant une force pressante de valeur F sur une portion de paroi d'aire S.
  La pression exercée par le gaz est alors définie par le rapport : $P = \frac{F}{S} \begin{cases} F \text{ en N} \\ S \text{ en m}^2 \end{cases}$
- L'unité de pression est légalement le Pascal (Pa) mais il existe deux autres unité :
- • Le bar : $1\text{bar} = 10^5\text{Pa}$.
- • L'atmosphère : $1\text{atm} = 1013\text{hPa}$ (valeur de la pression atmosphérique)
- La pression atmosphérique est la pression qu'exerce l'air qui nous entoure.

- ➢ Mesure :
- On peut mesurer la pression avec deux appareils :
- Le baromètre, qui permet de mesurer la pression atmosphérique.
- Le manomètre permet de mesurer la pression d'un gaz dans un récipient par exemple.
- Généralement il s'agit de manomètre différentiel, ils mesurent la différence entre la pression du gaz dans le récipient et la pression atmosphérique.



La dénivellation h est proportionnelle à $|P - Pa|$:

$$P = P_{atm} \pm \rho g h$$

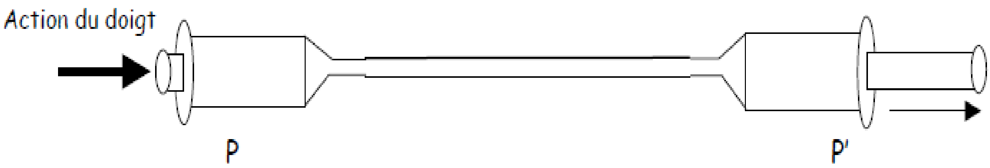
- ➢ Description de l'état d'un gaz :
- L'état macroscopique d'un gaz peut-être décrit par quatre grandeurs physiques : le volume V (en m^3) du gaz, sa pression P (en pascals) sa température T (en K) et la quantité de matière n (en mol) qu'il représente.
- Ces grandeurs sont reliées entre elles par : $PV = nRT$
- R est constante des gaz parfaits en $J.K^{-1}mol^{-1}$.
- La température kelvin T et la température absolue sont liées par : $T(K) = (t°C) + 273$

- ➢ L'équation d'état des gaz parfaits résume l'ensemble des propriétés des gaz connues sous le nom de :
- **Loi de Boyle-Mariotte** (1662) : À température constante et pour une quantité de matière donnée d'un gaz, le produit de la pression P du gaz par le volume V occupé par ce gaz est constant, soit : PV = cste à T et n constants.

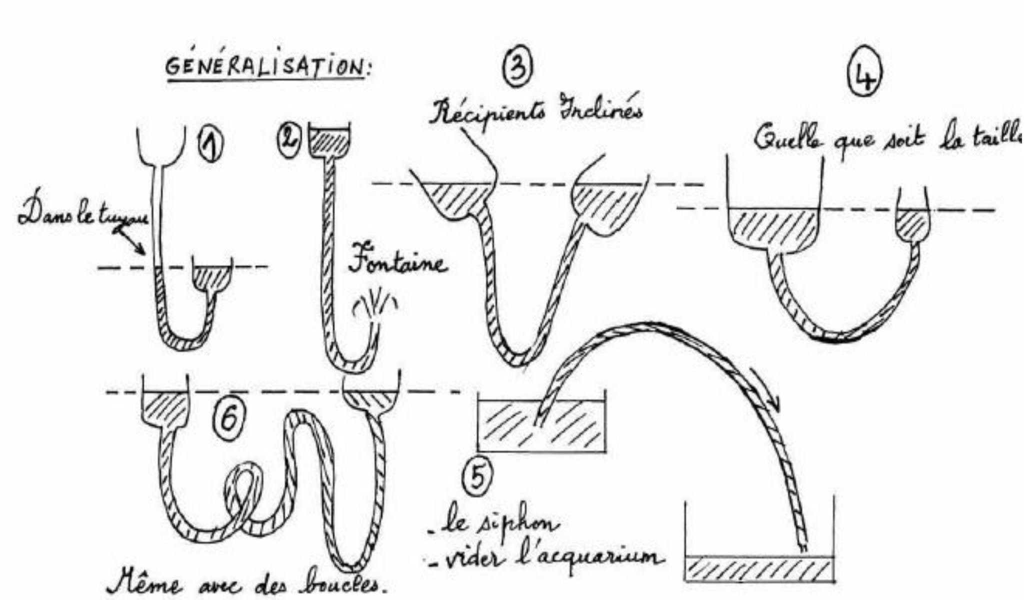
– **Loi de Charles** (1787) : La pression P d'une quantité donnée de gaz, dont le volume est maintenu constant, est telle que : $\frac{P}{T} = \text{cste}$ à V et n constants.
– **Loi de Gay-Lussac** (1802) : À pression constante, le volume occupé par une quantité de matière donnée d'un gaz parfait est proportionnel à la température absolue, soit : $\frac{V}{T} = \text{cste}$ à P et n constants.
– **Loi d'Avogadro-Ampère** (1811) : Dans les mêmes conditions de température et de pression, des volumes égaux de gaz différents contiennent le même nombre de molécules.

Théorème de Pascal :

Les liquides sont incompressibles. Toute variation de pression en un point d'un liquide se transmet intégralement en tous points du liquide.



– De l'égalité des pressions, on en déduit : $P = P' \Rightarrow \frac{F}{S} = \frac{F'}{S'}$
- Principe des vases communicants



Toutes ces situations permettent de généraliser : Lorsque les récipients communiquent, l'eau coule du niveau haut vers le niveau bas jusqu'à ce que les deux surfaces libres se situent sur un même horizontale

EXERCICES DE CONSOLIDATION

✂...

EXERCICE 1

Les bouteilles d'oxygène utilisées dans les hôpitaux sont des bouteilles d'acier de volume $V = 25\ L$. La pression du gaz contenu dans une des bouteilles est $P_1 = 125\ atm$ à la température $t_1 = 20°C$.

a) Déterminer la masse de dioxygène dans chaque bouteille.
b) Déterminer la nouvelle pression P_2 du gaz si la température passe à $t_2 = 60°C$.

✂...

EXERCICE 2

Une masse $m = 12\ g$ d'un gaz diatomique, supposé parfait, occupe un volume $V = 9{,}36\ L$ sous la pression $P_1 = 1{,}0105\ Pa$ et à la température $t_1 = 27°C$.

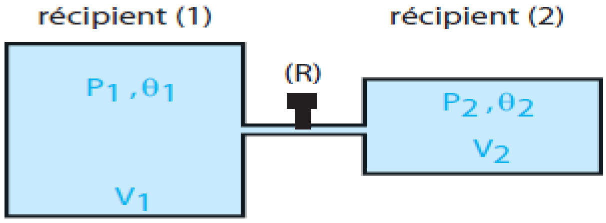
a) Déterminer la masse molaire de ce gaz puis l'identifier.
b) Déterminer la masse volumique de ce gaz à la température $t_2 = 50°C$ et sous la pression $P_2 = 1{,}25\ P_1$.

✂...

EXERCICE 3

Un récipient de volume $V_1 = 20\ L$, contient 2moles d'un gaz parfait à la température $\theta_1 = 27°C$.

1) Déterminer la pression P_1 du gaz.
2) Le récipient de volume V_1 est mis en communication à l'aide d'un tube très étroit muni d'un robinet avec un deuxième récipient, initialement vide, de volume $V_2 = 6\ L$.



Le gaz se répand dans les deux récipients. A l'équilibre, la température finale $\theta_1 = \theta_2 = 27°C$. Voir figure ci-contre. Déterminer la nouvelle pression P_2 du gaz.

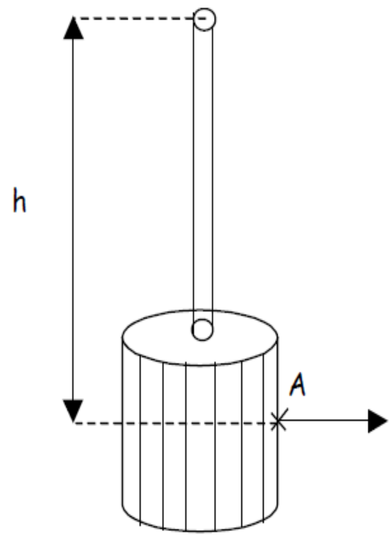
Déterminer la nouvelle pression P_2 du gaz.

3) On ferme le robinet R puis on abaisse la température du récipient (1) de $20°C$ et on élève la température du récipient (2) de $40°C$.
Déterminer les pressions P_1' et P_2' dans les récipients (1) et (2).

✂...

✂………

EXERCICE 4



Un tonneau de 1 m de hauteur est surmonté d'un tube fin de 9,5 m de haut. Le tonneau est plein d'eau est le tube est vide.

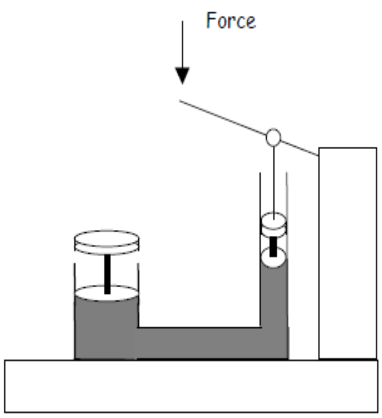
Calculer la pression due au liquide au centre A du tonneau

On remplit le tube sur une hauteur de 9,5 m. Calculer la nouvelle pression due au liquide en A. Quelle est la nouvelle force pressante qui s'exerce sur 1 dm^2 autour du point A

(Le tonneau n'est plus capable de résister à une telle pression et fuit de toute part).

✂………

EXERCICE 5



Un cric hydraulique destiné à soulever un véhicule est représenté par la figure ci-contre.

La section du petit piston est de $2\ cm^2$ celle du grand piston de $12\ cm^2$.

On suppose que le petit piston exerce une force sur le liquide de 48 daN.

1) Calculer en pascals la pression exercée par le piston sur le liquide. Convertir ce résultat en bars.

2) On suppose que la pression exercée par le petit piston est 25.10^5 Pa.

a) En déduire la pression exercée par le liquide sur le grand piston.
b) Calculer l'intensité de la force pressante exercée par le liquide sur le grand piston

✂………

BIBLIOGRAPHIE

- PHYSIQUE ET CHIMIE **Collection eurin-gié** *HACHETTE Classiques* nouvelles édition 87
- SCIENCES PHYSIQUES **4e TECHNOLOGIQUE** Catherine PAQUOT *NATHAN*
- SCIENCES PHYSIQUES 4 Y. MICHAUD-Y. LE MOAL *MAGNARD*
- PHYSIQUE CHIMIE 1reS **Option Sciences Expérimentales *NATHAN***
- PHYSIQUE 1ère **PROGRAMME 93** A. TOMASINO - C. LORRIN ***NATHAN***
- SCIENCES PHYSIQUES seconde 2e 1ère L'essentiel du cours et Recueil d'Exercices Corrigés **Collection GADO**
- PHYSIQUE 1ère **PROGRAMME 1988** CLASSES DE 1ère S & E **COLLECTION SCIENCES 2000** *ARMAND COLIN*
- Fanchon J.L., Guide de mécanique: Sciences et technologie industrielle, Statique, Cinématique, Dynamique, Résistance des matériaux, Elasticité, Mécanique de fluides. Editions Nathan, Paris, 1998, 450p.
- Timoshenko S. Résistance des matériaux – Tome 1: Théorie élémentaire et problèmes. 3ème Ed. Dunod, Paris, 1968, 420p.
- RECHERCHES INTERNET.

ISBN : N°978-99919-319-1-3