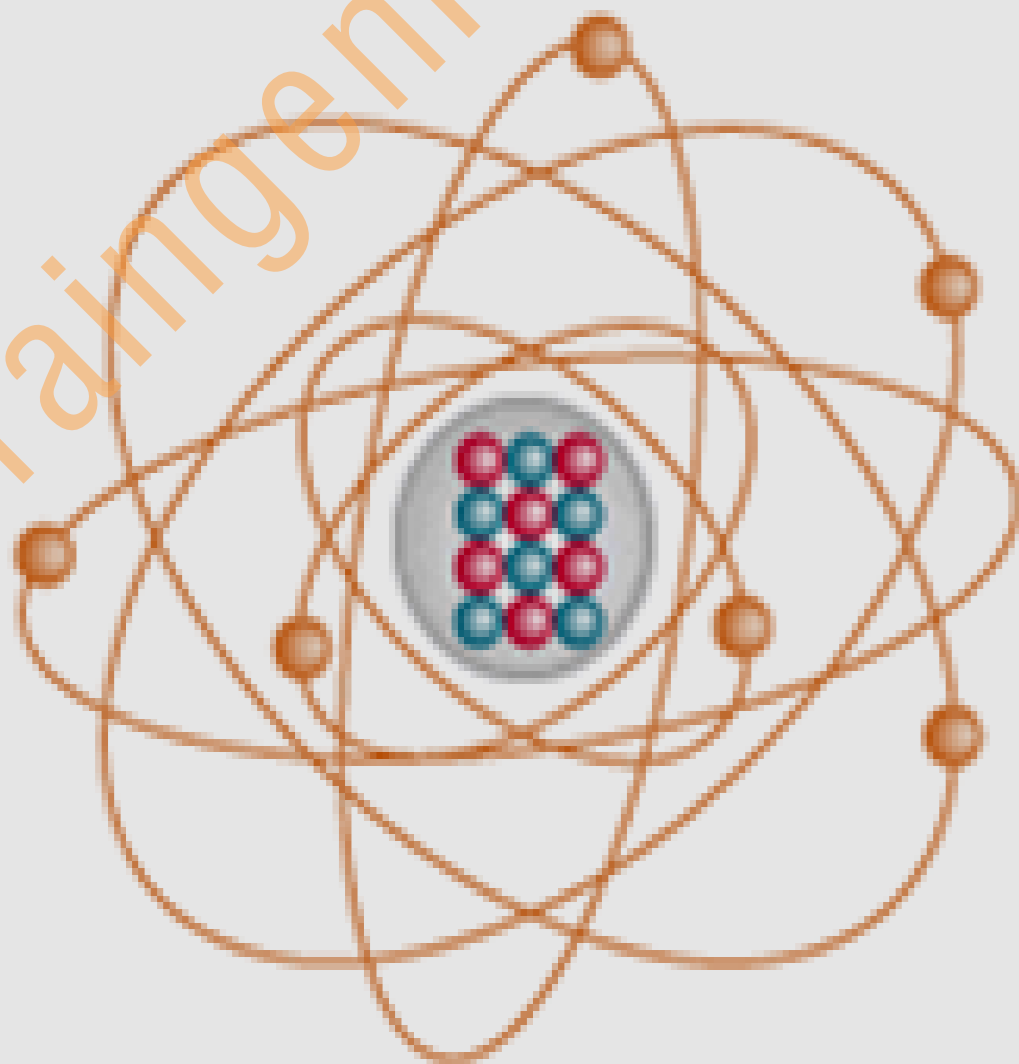


*Tome 2*

# Cours de Chimie

## 2<sup>nde</sup> C

Annale de cours  
et d'exercices



braingenius.org

### Avant-propos

Mon combat est celui d'une école d'apprentissage, d'éducation et de réussite. Cet objectif est du reste largement partagé par l'ensemble de tous les acteurs de l'école ivoirienne. En effet, l'école est une institution dispensatrice de savoir et de valeurs à même de consolider la société. C'est en cela qu'elle participe au développement de la société dont elle est l'émanation.

Mais cette quête n'est réalisable que si les acteurs et les partenaires de l'école ivoirienne croient en la vertu du courage et de l'effort, aussi bien au niveau de l'apprenant que de l'enseignant. Ne dit-on pas que: « l'effort fait des forts » ?

La tricherie est un fléau et donc un obstacle au développement de nos sociétés. Tricher, c'est se tromper soi-même et ne mène nulle part. Par conséquent la persévérance au travail, l'endurance face aux diverses difficultés et la patience de reprendre une année d'étude en vue de parfaire le niveau et les acquis, valeurs qui cultivées par l'apprenant, l'engagerait résolument sur la voie de la réussite.

Ce faisant, ce document contient des exercices qui le familiariseront avec le type d'épreuve auquel il sera soumis aux devoirs de classe. Il permet un entraînement rigoureux, un bilan partiel au terme des objectifs spécifiques se rapprochant, donc à une préparation optimale qui seule conduit aux bonnes performances, gage de la réussite. Chers collègues, aidez les élèves à s'exercer afin de tirer de ce document les atouts de leur réussite.

**NB** : Les exercices regroupés dans cet ouvrage proviennent de devoirs de classe, de niveau et de livrés au programme en classe de seconde. Les démarches utilisées pour la résolution des exercices ne sont pas absolues. Pour améliorer le rendement des apprenants, toutes les remarques et suggestions sont les bienvenues.

KANGA Henri  
Professeur de Lycée

Progression seconde C

Année scolaire 2009 – 2010

	Sem	Physique	Chimie
Sept.	1	Prise de contact	Notion d'éléments chimique
	2	Le mouvement	
Oct.	3		
	4		
	5		
	6	Structure de l'atome	
Nov.	7	Actions mécaniques ou forces	Classification périodique des éléments chimiques
	8	Semaine tampon	
	9	Equilibre d'un solide soumis à deux, puis à trois forces	Ions et molécules
Déc.	10	Equilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe	Mole et grandeurs molaires
	11		
Janv.	12	Principe d'inertie	Equation – bilan d'une réaction chimique
	13		
	14	Quantité mouvement	
	15	Semaine tampon	
Févr.	16	Le courant électrique	Chlorure de sodium
	17	Intensité d'un courant continu	Solutions aqueuses ioniques
	18	Tension électrique	
Mars	19	Etude expérimentale de quelques dipôles passifs	Tests d'identification de quelques ions
	20		
	21	Semaine tampon	
Avril	22	Etude expérimentale d'un dipôle actif ; point de fonctionnement.	Solutions acides et basiques. Mesure de pH
	23	Le transistor : un amplificateur de courant	
Mai	24	La chaîne électronique	Réaction acido-basiques. Dosage
	25		
	26	Révision	Révision

Je ne saurais écrire ce document sans faire un clin d'œil à mes collègues professeurs des Sciences physiques des Lycées modernes 1 et 2 de Soubré. Mes remerciements sont en particulier adressés au collègue Lobognon Ahouman pour m'avoir remis des documents de cours collectés sur le net. Merci cher collègue.

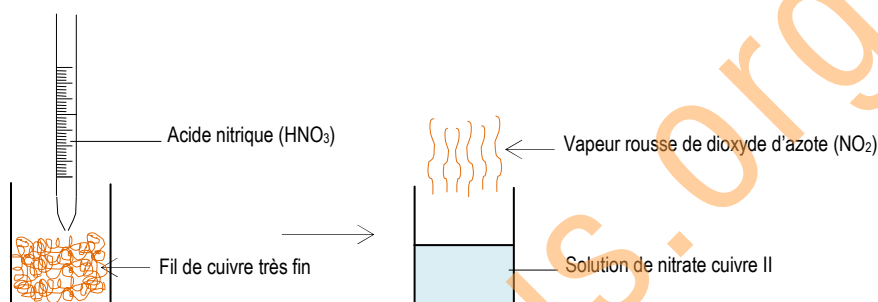
KANGA Henri

Chapitre 1Titre du cours : **Notion d'éléments chimiques****Objectifs spécifiques**

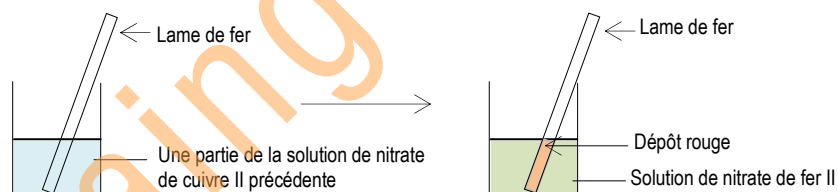
Définir, par une approche expérimentale, l'élément chimique

**Plan du cours**

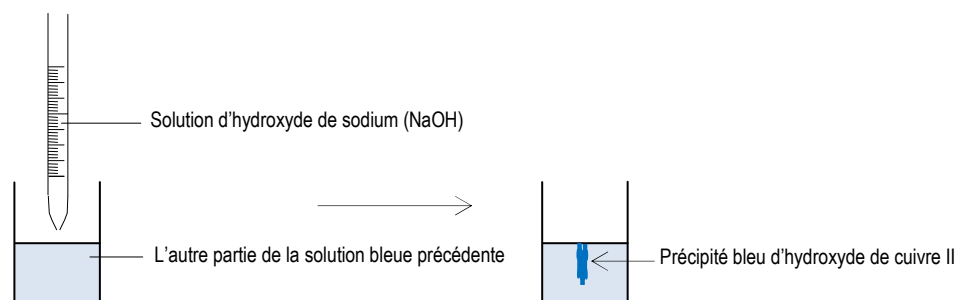
Voir cours

**Notion d'éléments chimiques****I. L'élément cuivre****1. Réaction entre le métal cuivre et l'acide nitrique****1.1. Expérience et observations****1.2. Conclusion**

L'action de l'acide nitrique sur le métal cuivre conduit à une solution de nitrate de cuivre II. Il apparaît un gaz roux toxique.

**2. Action de la solution de nitrate de cuivre II sur le fer****2.1. Expériences et observations****2.2. Conclusion**

La réaction entre la solution de nitrate de cuivre II et le fer donne un dépôt de cuivre. La solution de nitrate de cuivre se décolore.

**3. Action de l'hydroxyde de sodium sur la solution de nitrate de cuivre II****3.1. Expérience et observations**

### 3.2. Conclusion

Le précipité bleu d'hydroxyde de cuivre II, prouve la présence d'ions cuivre II dans la solution de nitrate de cuivre II.

#### Remarque

Le métal cuivre (Cu), la solution de nitrate de cuivre II ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ), le précipité bleu d'hydroxyde de cuivre II ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ) ont en commun l'élément chimique cuivre.

## II- l'élément soufre

### 1. Réaction entre le fer et le soufre

#### 1.1. Expérience et observations

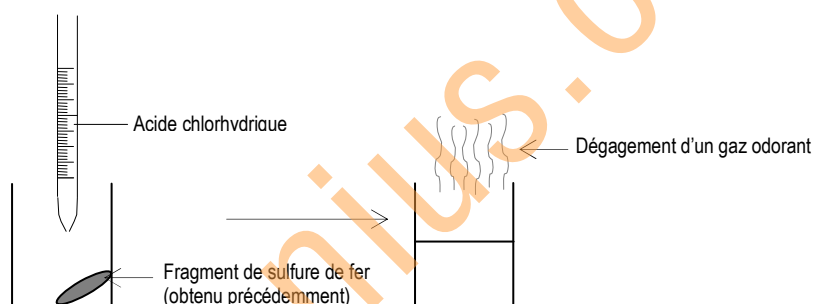


#### 1.2. Conclusion

La réaction entre le fer et le soufre donne un solide gris : le sulfure de fer.

### 2. Action de l'acide chlorhydrique sur le sulfure de fer

#### 2.1. Expérience et observations



#### 2.2. Conclusion

L'action de l'acide chlorhydrique sur le sulfure de fer donne un gaz : le sulfure de d'hydrogène.

#### Remarque

Le sulfure de fer ( $\text{FeS}$ ), le sulfure d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{S}$ ) ont en commun l'élément soufre (S).

## III- Symboles de quelques éléments chimiques

Un élément chimique est ce qui est commun à un corps simple et à tous ses composés.

Nom de l'élément	Hydrogène	Oxygène	Carbone	Cuivre	Azote	Soufre	Fer	
Symbole	H	O	C	Cu	N	S	Fe	
Zinc	Chlore	Aluminium	Sodium	Argent	Or	Brome	Etain	Mercure
Zn	Cl	Al	Na	Ag	Au	Br	Sn	Hg

### Application

1.
  - 1.1. Qu'est-ce qu'un élément chimique ?
  - 1.2. Trouver tous les éléments chimiques communs au dioxyde de carbone et au dioxygène d'une part et d'autre part au monoxyde de carbone et à l'oxyde de cuivre.
2. Votre professeur de Sciences Physiques réalise une expérience en deux étapes :
  - 1<sup>ère</sup> étape  
Une lame de zinc bien décapée est plongée dans une solution bleue de sulfate de cuivre II.  
Au bout d'un bref instant, la solution se décolore.  
On observe un dépôt rouge sur la lame de zinc.
  - 2<sup>ème</sup> étape  
Le solide rouge précédent est récupéré, puis introduit dans un tube à essais.  
On y ajoute de l'acide nitrique.  
On observe un dégagement de vapeur rousse et la solution devient bleue.
- 2.1. Quelle est la nature du dépôt rouge observé sur la lame de zinc ?
- 2.2. Qu'est-ce qui colore en bleu la solution dans la 2<sup>ème</sup> étape ?
- 2.3. Donner le nom et le symbole de l'élément chimique mis en évidence.

Chapitre 2Titre du cours : **Structure de l'atome****Objectifs spécifiques**

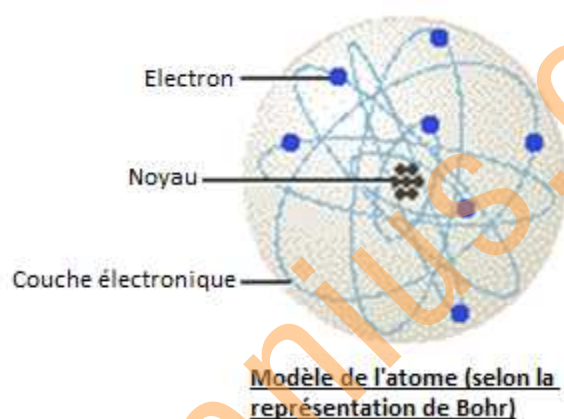
- Décrire la structure de l'atome.
- Connaitre la représentation de Lewis de l'atome.

**Plan du cours**

Voir cours

**Structure de l'atome****I- Les constituants de l'atome**

L'atome est la plus petite partie indivisible de la matière. Il est constitué d'un **noyau** central autour duquel gravitent un ou plusieurs **électrons**.

**1. Le noyau**

Le noyau est constitué de **Z protons** et de **N neutrons**. L'ensemble de ces particules (*plus petite partie constitutive de la matière*) constitue **les nucléons** noté **A**.

**$A = Z + N$**  est appelé nombre de masse.

**Z** : est le numéro atomique ou nombre de charge. **N** : est le nombre de neutrons.

Particules	Proton (p)	Neutron (n)
Masse	$m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$	$m_n = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$
Charge	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$	0

**Remarque** :  $m_p = m_n \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

**2. L'électron**

Un électron est caractérisé par :

- Son symbole :  **$e^-$**
- Sa masse :  **$m_{e^-} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$** .
- Sa charge élémentaire :  **$-e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$** .

**Remarque** : **e** appelé charge élémentaire. Sa valeur est  **$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$** .

**3. L'électroneutralité de l'atome**

Il ya **Z** protons et **Z** électrons dans un atome.

**Charge totale de l'atome = charge du noyau + charge des électrons =  $(+Z \cdot e) + (-Z \cdot e) = 0$**

La charge totale de l'atome est nulle : on dit que l'atome est **électriquement neutre**.

## II- Masse et dimensions de l'atome et de son noyau

### 1. Masse de l'atome et de son noyau

#### 1.1- Masse du noyau

$$m_{\text{noy}} = Z \cdot m_p + N \cdot m_n \text{ or } m_p \approx m_n$$

$$\text{Donc } m_{\text{noy}} = (Z + N) \cdot m_p = A m_p$$

#### 1.2- Masse de l'atome

$$m_{\text{at}} = Z \cdot m_p + N \cdot m_n + Z \cdot m_e$$

Or  $m_p = 1835 \cdot m_e$  donc  $m_e$  est négligeable devant  $m_p$ .

$$M_{\text{at}} = (Z+N)m_p = A m_p = m_{\text{noy}}$$

La masse de l'atome est essentiellement concentrée dans le noyau.

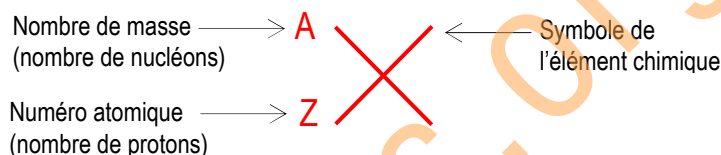
### 2. Dimension d'un atome et de son noyau

Entre le noyau d'un atome et les électrons qui gravitent autour de celui-ci, il y a un vide. On dit que l'atome a une **structure lacunaire**.

### 3. Notation du noyau d'un atome (ou d'un nucléide)

Pour caractériser un noyau, on utilise le couple (Z, A) appelé un **nucléide**.

Ainsi tout nucléide ou noyau de symbole **X** sera représenté par :



**Exemples** :  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^{12}_6\text{C}$ ,  ${}^{14}_7\text{N}$ ,  ${}^{16}_8\text{O}$ .

### 4. Notion d'isotopes

On appelle les isotopes d'un noyau, des nucléides ayant le même numéro atomique Z mais les nombres de masse A différents.

**Exemples** :  ${}^{12}_6\text{C}$ ,  ${}^{13}_6\text{C}$ ,  ${}^{14}_6\text{C}$  ; et  ${}^1_1\text{H}$ ,  ${}^2_1\text{H}$ ,  ${}^3_1\text{H}$ .

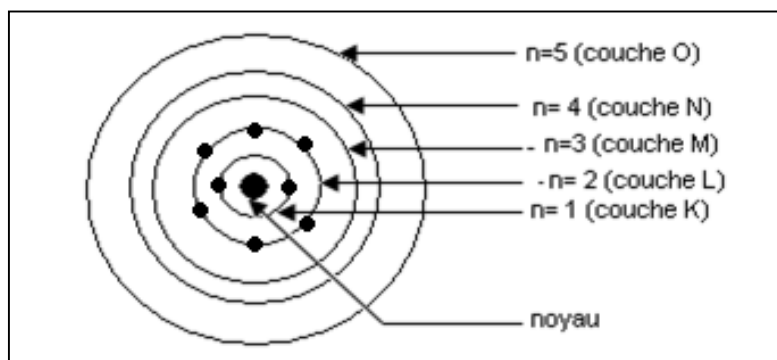
*Remarque*

*L'ensemble des nucléides qui ont le même numéro atomique Z constitue un élément chimique.*

## III - Structure électronique des atomes

### 1. Couches électroniques

- Les électrons d'un atome sont repartis par couches successives appelées **couches électroniques** ou niveaux d'énergie noté respectivement K, L, M, N, O.
- Chaque couche est représentée par un nombre entier naturel n appelé **nombre quantique**.



## 2. Règles de remplissage des couches

### 2.1- Principe de Pauli

Chaque couche électronique de rang  $n$  ne peut contenir au plus  $2n^2$  électrons.

Couches	K	L	M	N
Nombre $n$ quantique	1	2	3	4
Nombre d'électron	2	8	18	32

### 2.2-Principe de remplissage et structure électronique

- Les électrons occupent successivement les couches électroniques en commençant par celle ayant le nombre quantique  $n$  le plus petit, c'est-à-dire dans l'ordre **K, L, M, N**.
- La structure électronique (ou formule électronique) d'un atome est obtenue en écrivant la lettre qui correspond à chaque couche et en indiquant à droite, en exposant le nombre d'électrons sur la couche.

#### Exemples

Atomes	H	C	N	O	Cl
Nombre d'électrons	1	6	7	8	17
Structure électronique	<b>K<sup>1</sup></b>	<b>K<sup>2</sup>L<sup>4</sup></b>	<b>K<sup>2</sup>L<sup>5</sup></b>	<b>K<sup>2</sup>L<sup>6</sup></b>	<b>K<sup>2</sup>L<sup>8</sup>M<sup>7</sup></b>

#### Remarque

- L'état de l'atome obtenu en appliquant le principe de remplissage est appelé **état fondamental**.
- Certains éléments chimiques n'obéissent pas au principe de Pauli à cause de leurs propriétés chimiques.

**Exemple** :  ${}_{19}\text{K} : \text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^8 \text{N}^1$  ;  ${}_{20}\text{Ca} : \text{K}^2 \text{L}^8 \text{M}^8 \text{N}^2$  ; ...

- La dernière couche est appelée **couche électronique externe** (ou couche de valence ou encore couche périphérique).

### 3. Représentation de Lewis des atomes

La représentation de Lewis consiste à schématiser la répartition des électrons sur la dernière couche de l'atome. Par convention :

- un électron célibataire est représenté par un point (•)
- un doublet d'électrons est représenté par un tiret (—)

#### Exemples

Elément	Symbole du noyau	Formule électronique	Représentation de Lewis
Hydrogène	${}^1_1\text{H}$	$\text{K}^1$	$\dot{\text{H}}$
Carbone	${}^{12}_6\text{C}$	$\text{K}^2\text{L}^4$	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{C}}}\cdot$
Oxygène	${}^{16}_8\text{O}$	$\text{K}^2\text{L}^6$	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{O}}}\cdot$
Magnésium	${}^{24}_{12}\text{Mg}$	$\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^2$	$\cdot\text{Mg}\cdot$
Phosphore	${}^{31}_{15}\text{P}$	$\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^5$	$\cdot\overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{P}}}\cdot$
Chlore	${}^{35}_{17}\text{Cl}$	$\text{K}^2\text{L}^8\text{M}^7$	$ \overset{\cdot}{\underset{\cdot}{\text{Cl}}}\cdot$

### Application 1

1. Dans 11,5g d'un corps pur simple A, il y a  $3 \cdot 10^{23}$  atomes.

1.1. Calculer la masse d'un atome du corps A.

1.2. Combien de nucléons contient le noyau de cet atome ?

La masse d'un proton est  $m_P = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ .

2. Le nuage électronique d'un atome de ce corps A possède la charge électronique  $q = -1,76 \cdot 10^{-18} \text{C}$ . La charge élémentaire  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ .

2.1. Calculer le nombre d'électrons qui gravitent autour du noyau d'un atome du corps A.

2.2. En déduire le nombre de protons et de neutrons que contient le noyau.

3. On connaît pour l'élément oxygène les notations suivantes :  ${}^{16}_8\text{O}$  ;  ${}^{17}_8\text{O}$  ;  ${}^{18}_8\text{O}$ .

3.1. Comment appelle-t-on ces éléments ?

3.2. Donner la composition (nombre de masse, nombre de protons et nombre de neutrons) de chaque élément.

### Application 2

1. Les éléments aluminium, argon et calcium ont respectivement pour numéro atomique : 13 ; 18 et 20.

1.1. Donner la structure électronique de chaque élément.

1.2. Quel est la représentation de Lewis de chacun de ces éléments ?

2. Les masses des éléments aluminium et calcium sont respectivement :

$m(\text{Al}) = 4,51 \cdot 10^{-26} \text{kg}$  ;  $m(\text{Ca}) = 6,68 \cdot 10^{-26} \text{kg}$ .

2.1. Sachant que la masse du proton est  $m_P = 1,67 \cdot 10^{-24} \text{g}$ , déterminer le nombre de masse A de chaque atome.

2.2. En déduire la composition du noyau de ces éléments.

### Travaux dirigés

#### Exercice 1

1. La charge nucléaire d'un atome A est  $Q = 20,8 \cdot 10^{-19} \text{C}$ . La charge élémentaire  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ .

1.1. Donner la charge totale des électrons de l'atome A.

1.2. En déduire le nombre d'électrons et de protons que possède l'atome A.

2. L'atome A contient 14 neutrons. La masse d'un proton est  $m_P = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ .

2.1. Quel est son nombre de nucléons ?

2.2. Combien y a-t-il d'atomes dans un échantillon de 500g de cet élément ?

3. Donner les isotopes de l'atome de carbone.

#### Exercice 2

1. Quels sont les constituants du noyau d'un atome ?

2. Pourquoi dit-on qu'un atome est électriquement neutre ?

3. On note le noyau d'un élément chimique par  ${}^A_Z\text{X}$ . Que représente le couple (Z, A) ?

4. Ecrire la formule électronique des éléments chimiques suivants :

Mg(Z = 12) ; N(Z = 7) ; Al(Z = 13) ; Cl(Z = 17) ; Ca(Z = 20).

#### Exercice 3

1. On connaît pour l'élément carbone les atomes suivants :  ${}^{12}_6\text{C}$  ;  ${}^{13}_6\text{C}$  et  ${}^{14}_6\text{C}$ .

1.1. Comment les nomme-t-on ?

1.2. En quoi réside leur différence ?

1.3. Donner les éléments de même type de l'atome d'hydrogène.

2. Le noyau de l'atome de phosphore a une charge  $Q = 24 \cdot 10^{-19} \text{C}$ .

Le nombre de masse de cet atome est 31 et son symbole est P.

2.1. Déterminer le nombre d'électrons que possède cet atome.

2.2. Donner la représentation de son noyau.

2.3. Calculer la masse  $m(\text{noyau})$  du noyau et en déduire la masse  $m$  de l'atome de phosphore.

Données :  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31}$  kg,  $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27}$  kg. La charge élémentaire  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C.

### Un peu d'histoire



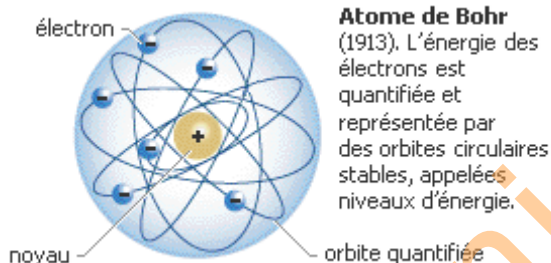
#### Niels Bohr

Lauréat du prix Nobel de physique en 1922 pour ses investigations sur la structure de l'atome, le physicien danois Niels Bohr a largement contribué au développement de la physique quantique et nucléaire.

Bohr, Niels (1885-1962), physicien danois connu pour sa contribution à la physique nucléaire et à la compréhension de la structure de l'atome et à l'interprétation de la théorie quantique. Né à Copenhague, Bohr entre en 1912 au laboratoire de Rutherford à Manchester. La théorie de Bohr sur la structure

atomique, pour laquelle il recevra le prix Nobel de physique en 1922, est publiée entre 1913 et 1915. Son travail s'inspire du modèle de l'atome de Rutherford, dans lequel l'atome est considéré comme formé

d'un noyau compact entouré d'un essaim d'électrons. Le modèle atomique de Bohr utilise la théorie quantique et la constante de Planck (le rapport entre la taille du quantum et la fréquence du rayonnement). Le modèle pose en principe que l'atome n'émet de rayonnement électromagnétique que lorsqu'un électron transite d'un niveau quantique à un autre. Ce modèle a contribué énormément aux développements ultérieurs de la physique atomique théorique.



#### Atome de Bohr

(1913). L'énergie des électrons est quantifiée et représentée par des orbites circulaires stables, appelées niveaux d'énergie.



**Charles Augustin de Coulomb** (1736 -1806), physicien français connu pour ses recherches en électrostatique et magnétisme.

**Pauli, Wolfgang** (1900-1958), physicien américain d'origine autrichienne et lauréat du prix Nobel, connu pour sa définition du principe d'exclusion en mécanique quantique. Né à Vienne, il fit ses études à l'université de Munich. Il enseigna la physique aux universités de Göttingen, de Copenhague et de Hambourg, et la physique théorique à l'Institut fédéral de technologie de Zurich, de 1928 à 1935. Il fut également professeur honoraire à l'institut de Princeton, dans le



New Jersey, aux États-Unis. En 1925, Pauli définit le principe d'exclusion, appelé également le principe d'exclusion de Pauli, d'après lequel deux électrons, ou plus généralement deux fermions, ne peuvent se trouver dans le même état quantique (*voir* Quantique, théorie). En 1931, son hypothèse

de l'existence du neutrino, une particule subatomique, a contribué de manière fondamentale au développement de la dynamique mésonique. En 1945, il reçut le prix Nobel de physique.

Chapitre 3Titre du cours : Classification périodique des éléments chimiquesObjectifs spécifiques

- Etudier le principe de construction du tableau de classification périodique
- Déterminer les différentes familles et leurs propriétés en exploitant le tableau de Mendeleïev.

Plan du cours

Voir cours

Classification périodique des éléments chimiquesI- Principe de la classification1- Représentation réduite du tableau de la classification

		COLONNES							
PERIODES	COUCHES	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	K	1 H Hydrogène 1,0 S.E. K <sup>1</sup>							2 He Hélium 4,0 S.E. K <sup>2</sup>
2	L	3 L Lithium 6,9 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>1</sup>	4 Be Beryllium 9,0 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>2</sup>	5 B Bore 10,8 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>3</sup>	6 C Carbone 12,0 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>4</sup>	7 N Azote 14,0 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>5</sup>	8 O Oxygène 16,0 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>6</sup>	9 F Fluor 19,0 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>7</sup>	10 Ne Néon 20,2 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>8</sup>
3	M	11 Na Sodium 23,0 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> M <sup>1</sup>	12 Mg Magnésium 24,3 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> M <sup>2</sup>	13 Al Aluminium 27,0 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> M <sup>3</sup>	14 Si Silicium 28,1 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> M <sup>4</sup>	15 P Phosphore 31,0 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> M <sup>5</sup>	16 S Soufre 32,1 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> M <sup>6</sup>	17 Cl Chlore 35,5 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> M <sup>7</sup>	18 Ar Argon 39,9 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> M <sup>8</sup>
4	N	19 K Potassium 39,1 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> M <sup>8</sup> N <sup>1</sup>	20 Ca Calcium 40,1 S.E. K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> M <sup>8</sup> N <sup>2</sup>						

2- Règles de la construction du tableau

- Les éléments sont classés par ordre **croissant de numéro atomique**.
- Chaque **ligne** ou **période** commence avec le début de remplissage d'une nouvelle couche électronique.
- Tous les éléments d'une même **colonne** ont le même nombre d'électrons sur leur couche externe.

## II- Les familles chimiques et leurs propriétés

### 1- Famille des métaux alcalins

C'est l'ensemble des éléments de la première colonne excepté l'hydrogène. Ils possèdent un seul électron sur la couche externe.

Les alcalins sont des métaux mous très oxydables à froid par le dioxygène de l'air. Tous réagissent violemment avec l'eau en produisant du dihydrogène.

Ils perdent facilement leur seul électron pour donner des cations métalliques.

### 2- Famille des métaux alcalino-terreux

C'est l'ensemble des éléments de la deuxième colonne. Ils possèdent tous deux électrons sur leur couche externe et ont tendance à les perdre pour donner des cations métalliques.

Ils s'oxydent très facilement en donnant des oxydes réfractaires.

### 3- Famille des halogènes

C'est l'ensemble des éléments de la septième colonne. Ils possèdent tous sept électrons sur leur couche externe et ont tendance à capter un électron pour donner des anions. Ils réagissent avec l'hydrogène pour donner des halogénures d'hydrogènes.

### 4- Famille des gaz rares

C'est l'ensemble des éléments de la huitième colonne. Ils possèdent huit électrons sur leur couche externe sauf l'hélium qui en a deux. Ils sont très stables et caractérisés par une réactivité chimique quasi nulle.

#### Application 1

1. Compléter le tableau ci-dessous.

${}^1_1\text{H}$ Hydrogène							
	${}^4_2\text{Be}$ Béryllium		${}^6_6\text{C}$ Carbone		${}^8_8\text{O}$ Oxygène		${}^{10}_{10}\text{Ne}$ Néon
${}^{11}_{11}\text{Na}$ Sodium		${}^{13}_{13}\text{Al}$ Aluminium		${}^{15}_{15}\text{P}$ Phosphore		${}^{17}_{17}\text{Cl}$ Chlore	
	${}^{20}_{20}\text{Ca}$ Calcium						

2. Un élément chimique a la structure électronique suivante :  $K^2 L^8 M^3$ .

2.1. Indiquer à quelle ligne et à quelle colonne de la classification périodique simplifiée, il appartient.

2.2. Identifier l'élément chimique par son nom et son symbole.

#### Application 2

Le phosphore a pour numéro atomique  $Z = 15$ .

1. Indiquer le numéro atomique et le nom de l'élément qui le précède dans le tableau de classification usuel.

2. Indiquer le numéro atomique et le nom de l'élément qui le suit dans le tableau de classification usuel.

3. Indiquer le numéro atomique et le nom de l'élément qui se trouve au-dessus de lui dans le tableau de classification usuel.



Chapitre 4Titre du cours : Ions et molécules**Objectifs spécifiques**

- Interpréter l'évolution chimique des atomes en appliquant la règle de l'octet.
- Définir la liaison de covalence
- Connaître les caractéristiques géométriques de quelques molécules
- Distinguer les corps purs des mélanges.

**Plan du cours**

Voir cours

Ions et molécules**I- Formation des ions****1- Règle de l'octet**

Lors des réactions chimiques, les atomes évoluent de façon à acquérir huit électrons sur leur couche externe, identique à celle du gaz rare le plus proche dans le tableau de classification périodique des éléments.

**2- Ions monoatomiques**

Ils sont issus d'atomes qui ont gagné ou perdu un ou plusieurs électrons.

**Exemples**

	Symbole et nom	Formule électronique
Cations	Na <sup>+</sup> : ion sodium Mg <sup>2+</sup> : ion magnésium Al <sup>3+</sup> : ion aluminium	K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> K <sup>2</sup> L <sup>8</sup>
Anions	Cl <sup>-</sup> : ion chlorure F <sup>-</sup> : ion fluorure S <sup>2-</sup> : ion sulfure	K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> M <sup>8</sup> K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> K <sup>2</sup> L <sup>8</sup> M <sup>8</sup>

**3- Ions poly atomiques**

C'est un assemblage d'atomes qui a globalement perdu ou gagné un ou plusieurs électrons.

**Exemples**

Formule chimique	OH <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
Nom	ion hydroxyde	ion nitrate	ion sulfate	ion carbonate	ion ammonium
Formule chimique	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	MnO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	
Nom	ion hydronium	ion dichromate	ion phosphate	ion permanganate	

**4- Composés ioniques**

Un composé ionique est un édifice stable électriquement neutre formé de cations et d'anions. Il est représenté par sa formule statistique.

Exemples

Nom du composé ionique	Ions présents		Formule ionique	Formule statistique
	cations	Anions		
Chlorure de sodium	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	(Na <sup>+</sup> ; Cl <sup>-</sup> )	NaCl
Sulfate d'aluminium	Al <sup>3+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	(2 Al <sup>3+</sup> ; 3 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
Sulfate de fer II	Fe <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	(Fe <sup>2+</sup> ; SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	FeSO <sub>4</sub>
Hydroxyde de calcium	Ca <sup>2+</sup>	OH <sup>-</sup>	(Ca <sup>2+</sup> ; 2 OH <sup>-</sup> )	Ca(OH) <sub>2</sub>

Application 1

- Le numéro atomique de l'élément soufre est Z = 16 et son nombre de masse est A = 32.
  - Donner sa structure électronique
  - Quel est l'ion stable de l'élément soufre ? Justifier votre réponse.
- Ecrire la formule statistique la plus simple du composé contenant les ions : NO<sub>3</sub><sup>-</sup> et Cu<sup>2+</sup> ; Fe<sup>3+</sup> et OH<sup>-</sup> ; Al<sup>3+</sup> et SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

Application 2

- Déterminer ce qu'on obtient lors de la dissolution des composés ioniques suivants : AuCl<sub>3</sub> ; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> et FeCl<sub>3</sub>.
- La formule statistique du composé ionique constitué :
  - De l'ion baryum et l'ion chlorure,
  - De l'ion potassium et de l'ion permanganate,
  - De l'ion sodium et de l'ion carbonate.

**II- Formation des molécules****1- Liaison de covalence ou liaison covalente**

Une liaison de covalence entre deux atomes résulte de la mise en commun par ces deux atomes, de deux électrons périphériques.

**2- Valence d'un atome**

La valence d'un atome est le nombre de liaison de covalence qu'il peut établir avec les autres atomes.

**Exemple**

- L'hydrogène est monovalent (valence(H) = 1)
- L'oxygène est divalente (val(O) = 2)
- L'azote est trivalent (val(N) = 3)
- Le carbone est tétravalent (val(C) = 4)

**3- Molécule**

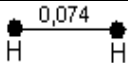


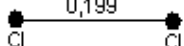

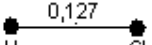


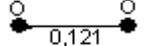


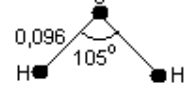
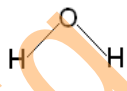


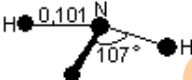
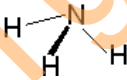

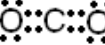
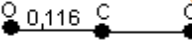


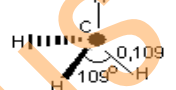
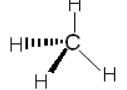

Une molécule est un édifice chimique stable, électriquement neutre formé d'atomes liés entre eux par des liaisons de covalence.

Remarque : il existe plusieurs types de liaisons covalents.

Exemples

Molécule	Formation des liaisons	Représentation de Lewis de la molécule	Type de liaison
H <sub>2</sub>	$\text{H} \cdot \cdot \text{H}$	$\text{H} - \text{H}$	Liaison de covalence simple
O <sub>2</sub>	$\langle \text{O} \cdot \cdot \cdot \text{O} \cdot \cdot \rangle$	$\langle \text{O} = \text{O} \rangle$	Liaison de covalence double
N <sub>2</sub>	$\text{N} \cdot \cdot \cdot \cdot \text{N} \cdot \cdot \cdot$	$\text{N} \equiv \text{N}$	Liaison de covalence triple
HCl	$\text{H} \cdot \cdot \cdot \cdot \text{Cl} \cdot \cdot \cdot$	$\text{H} - \text{Cl}$	Liaison de covalence simple

#### 4- Caractéristiques géométriques de certaines molécules

Molécule	Formule	Formation des liaisons	Caractéristique géométrique de la molécule et la longueur de liaison en $10^{-9}$ m	Formule développée spatiale	Modèle compact
Dihydrogène	H <sub>2</sub>	H:H		H—H	
Dichlore	Cl <sub>2</sub>			Cl—Cl	
Chlorure d'hydrogène	HCl	H:Cl:		H—Cl	
Dioxygène	O <sub>2</sub>			O=O	
Eau	H <sub>2</sub> O				
Ammoniac	NH <sub>3</sub>				
Dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>			O=C=O	
Méthane	CH <sub>4</sub>				

### III- Corps purs et mélange

#### 1- Corps pur

Un corps pur simple est constitué d'atomes ou de molécules identiques.

Exemples: Cu ; Fe ; H<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> ; Cl<sub>2</sub>

Un corps pur composé est constitué à partir de molécules ayant des atomes différents.

Exemples : CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>.

#### 2- Mélange

Un mélange est constitué de plusieurs types de molécules ou d'atomes.

Exemples

L'air ; mélange de poudre de fer et de fleur de soufre.

### Travaux dirigés

#### Exercice 1

On donne les atomes suivants : O, Cl et Na

1. Donner la représentation de Lewis de chacun et préciser sa valence en s'inspirant du tableau de classification simplifiée.

2. Ecrire les formules des composés ioniques suivants ; quand ils sont en solution aqueuse : Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ; BaCl<sub>2</sub> ; AgNO<sub>3</sub> ; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

#### Exercice 2

Donner la représentation de LEWIS des molécules suivantes (les atomes vérifient la règle de l'octet) : SiF<sub>4</sub> ; H<sub>2</sub>O ; CH<sub>2</sub>O ; CH<sub>5</sub>N ; Cl<sub>2</sub>O ; C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> ; CHCl<sub>3</sub>.

## Chapitre 5

Titre du cours : **Mole et grandeurs molaires**

### Objectifs spécifiques

- Définir la mole
- Connaitre la loi d'Avogadro-Ampère
- Définir et calculer les grandeurs molaires

### Plan du cours

Voir cours

## Mole et grandeurs molaires

### I- Quantité de matière

#### 1- Nécessité d'une nouvelle grandeur

Considérons le carbone  ${}_{12}^{6}\text{C}$ . Sa masse  $m_{\text{C}} = A \cdot m_{\text{P}} = 12 \times 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$ . Cette valeur est difficilement mesurable par une balance d'où la nécessité de définir une unité à l'échelle infiniment petit de la quantité de matière appelée **la mole**.

#### 2- La mole

La mole de symbole **mol** est l'unité de quantité de matière. Elle désigne la quantité de matière contenant  $6,02 \cdot 10^{23}$  entités élémentaires (atomes, molécules, ions, etc ...)

#### 3- La constante ou le nombre d'Avogadro

Elle désigne le nombre d'entités élémentaires contenu dans une mole.

On la note  $\mathcal{N} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$ .

#### Exemples

1 mol d'atomes de cuivre renferme  $6,02 \cdot 10^{23}$  atomes de cuivre.

1 mol de molécules d'eau renferme  $6,02 \cdot 10^{23}$  molécules d'eau.

1 mol d'ions sodium renferme  $6,02 \cdot 10^{23}$  ions sodium.

### II- Grandeurs molaires

#### 1- La masse molaire

La masse molaire notée  $M$  d'une entité élémentaire (atomes, molécules, ions etc) est la masse d'une mole de cette entité. Son unité est **g/mol** ou **g.mol<sup>-1</sup>**.

##### 1.1- La masse molaire atomique

C'est la masse d'une mole d'atomes. Elle correspond généralement au nombre de masse de l'élément considéré.

Exemples  $M_{\text{C}} = 12 \text{g/mol}$ ;  $M_{\text{O}} = 16 \text{g/mol}$ ;  $M_{\text{H}} = 1 \text{g/mol}$ .

##### 1.2- La masse molaire moléculaire

C'est la masse d'une mole de molécules. Elle est égale à la somme des masses molaires atomiques des atomes qui constituent la molécule.

Exemples  $M(\text{H}_2\text{O}) = 2 \cdot M_{\text{H}} + 1 \cdot M_{\text{O}} = 18 \text{g/mol}$ .  $M(\text{C}_4\text{H}_{10}) = 4 \cdot M_{\text{C}} + 10 \cdot M_{\text{H}} = 58 \text{g/mol}$ .

#### 2- Expression de la quantité de matière

La quantité de matière  $n$  d'un échantillon de matière dont on connaît la masse est ;  $n = \frac{m}{M}$  avec  $m$ (en g),  $M$ (en g/mol) et  $n$ (en mol).

#### Remarque

Si  $N$  désigne le nombre d'entités élémentaires alors  $N = \mathcal{N} \cdot n$  avec  $\mathcal{N}$ (en mol<sup>-1</sup>) et  $n$ (en mol).

#### Application 1

1/ Quelle est la quantité de matière contenu dans 22g de sulfure de fer.

2/ En déduire le nombre d'entité de sulfure de fer dans ces 22g.

### 3- Volume gazeux et quantité de matière

#### 3.1- Loi d'Avogadro- Ampère

Dans les mêmes conditions de température et de pression une mole de molécules d'un gaz quelconque occupe le même volume.

#### 3.2- Volume molaire

Le volume molaire d'un gaz est le volume occupé par une mole de ce gaz.

Il se note  $V_m$  et s'exprime en L/mol. Dans les conditions normales de température et de pression (CNTP) ( $0^\circ$  ;  $1,013 \cdot 10^5 \text{Pa} = 1 \text{atm}$ ).  $V_m = V_0 = 22.4 \text{ L/mol}$ .

#### a/ Relation entre le volume V d'un gaz et la quantité de matière

La quantité de matière d'un gaz de volume V est donnée par  $n = \frac{V}{V_m}$  avec V(en L),  $V_m$ (en L/mol) et n(en mol).

#### b/ Masse molaire et densité d'un gaz

On exprime la densité d d'un gaz de masse Molaire M par rapport à l'air  $d = \frac{M}{29}$ . La densité est sans unité.

#### Application 2

On donne les masses atomiques molaires en g/mol : H :1 ; C :12 ; O :16 et S :32.

La constante d'Avogadro est  $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

1. Calculer les masses (en gramme) des atomes d'hydrogène, de carbone, d'oxygène et de soufre.
2. Calculer les masses molaires des molécules:  
 $\text{H}_2\text{O}$  ;  $\text{CH}_4$  ;  $\text{H}_2\text{S}$  ;  $\text{CO}$  ;  $\text{CO}_2$  ;  $\text{SO}_2$  ;  $\text{SO}_3$  ;  $\text{CS}_2$  et  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
3. Combien y a-t-il de moles dans :  
- 500g d'eau ; - 32g de  $\text{CH}_4$  ; - 0,17g de  $\text{H}_2\text{O}$  ; - 560g de  $\text{CO}$  ;  
- 3,2mg de  $\text{SO}_2$ .
4. Quelles masses faut-il réunir pour obtenir : 0,12mol de  $\text{SO}_3$  ; et 5,12mol de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
5. Le Faraday ( $\mathcal{F}$ ) est la valeur absolue de la charge électrique d'une mole d'électrons. Quelle est, en coulombs, la valeur d'un Faraday ? La charge de l'électron est  $-e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{C}$ .

### Travaux dirigés

#### Exercice 1

1. Calculer la masse molaire des composés suivants :

Acide nitrique  $\text{HNO}_3$ ; permanganate de potassium  $\text{KMnO}_4$ ; dichromate de potassium  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ; acide éthanoïque  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$

2. Calculer la masse de 2 molécules de chaque composé.

Masses molaires en g/mol :  $M_{\text{H}}= 1$ ;  $M_{\text{C}}= 12$ ;  $M_{\text{N}}= 14$ ;  $M_{\text{O}}= 16$ ;  $M_{\text{K}}= 39$ ;  $M_{\text{Cr}}= 52$ ;  $M_{\text{Mn}}= 55$ .

La constante d'Avogadro :  $\mathcal{N} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{mol}^{-1}$

#### Exercice 2

Un composé organique a pour masse molaire 46g/mol. Il contient en masse, 52,2% de carbone, 13% d'hydrogène et 34,8% d'oxygène.

1. Vérifier que ce composé est constitué uniquement de carbone, d'hydrogène et d'oxygène.

2. Déterminer sa formule brute.

3. Déterminer la quantité de matière contenu dans 500mg de ce composé.

On donne en g/mol : C :12 ; H :1 ; O :16

#### Exercice 3

Un alcane gazeux de densité  $d = 2,48$  a pour masse  $m = 0,72\text{g}$  dans les C.N.T.P.

1. Calculer la masse molaire moléculaire de l'alcane.

2. Déterminer sa formule brute.

3. Calculer la quantité de matière dans 0,72g de cet alcane.

4. Calculer son volume dans les C.N.T.P.

Chapitre 6Titre du cours : Equation-bilan d'une réaction chimique**Objectifs spécifiques**

- Ecrire l'équation-bilan d'une réaction chimique
- Déterminer les quantités de matière et les volumes mis en jeu dans une réaction chimique

**Plan du cours**

Voir cours

**Equation-bilan d'une réaction chimique****I- Réaction chimique****1- Exemples de réactions chimiques**

- A chaud, le soufre réagit avec le fer pour donner le sulfure de fer.
- Le méthane réagit avec le dioxygène pour donner le dioxyde de carbone et l'eau.

Réactifs	transformation chimique	produits
Soufre + fer	→	Sulfure de fer
Méthane + dioxygène	→	dioxyde de carbone + eau

**2- Equation bilan**L'équation bilan de la réaction du fer avec le soufre est ;  $\text{Fe} + \text{S} \rightarrow \text{FeS}$ 

L'équation bilan de la réaction du méthane avec le dioxygène est ;

Les chiffres 1 ; 2 sont appelés les **coefficients stœchiométriques**.

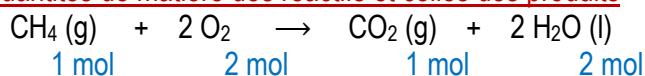
Ils indiquent dans quelles proportions réagissent les réactifs ou apparaissent les produits. Ils permettent d'équilibrer l'équation-bilan.

**Remarque***Le chiffre 1 ne s'écrit pas car 1 est l'élément neutre de la multiplication.**Lorsque le mélange des réactifs est réalisé en respectant les coefficients stœchiométriques, on dit que la réaction se fait dans les proportions stœchiométriques. Il n'y a ni excès, ni défaut de réactifs.***3- Signification quantitative de l'équation-bilan****3.1- A l'échelle microscopique**

Lors de la réaction du méthane avec le dioxygène 1 molécule de méthane réagit avec 2 molécules de dioxygène pour donner 1 molécule de dioxyde de carbone et 2 molécules d'eau.

**3.2- A l'échelle macroscopique**

1 mol de méthane réagit avec 2 mol de dioxygène pour donner 1 mol de dioxyde de carbone et 2 mol d'eau.

**II- Bilan molaire d'une réaction chimique****1- Relation entre les quantités de matière des réactifs et celles des produits**

Les quantités de matière des réactifs et des produits sont dans les proportions suivantes ;

$$\frac{n}{1} (\text{CH}_4) = \frac{n}{2} (\text{O}_2) = \frac{n}{1} (\text{CO}_2) = \frac{n}{2} (\text{H}_2\text{O}); \text{ appelée bilan en quantité matière.}$$

## 2- Loi de Lavoisier

### Énoncé

Au cours d'une réaction chimique, la somme des masses des réactifs ayant effectivement participé à la réaction est égale à la somme des masses des produits formés.

### Exemple

Equation-bilan	$2 \text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$		
Quantité de matière n	2	1	2
Masse $m = n M$	$2 \times 2 = 4\text{g}$	$1 \times 32 = 32\text{g}$	$2 \times 18 = 36\text{g}$

- Somme de masses des réactifs :  $m_r = 4 + 32 = 36\text{g}$ .

- Somme des masses des produits :  $m_p = 36\text{g}$ .

On vérifie que la somme des masses des réactifs est égale à la somme des masses des produits.

### Application 1

On considère l'équation-bilan :  $\text{C} + \text{CuO} \rightarrow \text{Cu} + \text{CO}_2$

1. Équilibrer cette équation-bilan

2. Soit  $n_C = 0,3\text{mol}$  la quantité de matière de carbone qui a réagi.

2.1. Calculer la quantité de l'oxyde de cuivre II (CuO).

2.2. Quelles sont les quantités de matière de Cu et de  $\text{CO}_2$  obtenue.

3. En déduire les masses de Cu et  $\text{CO}_2$ .

On donne:  $M_{\text{Cu}} = 63,5 \text{g/mol}$  ;  $M_{\text{C}} = 12\text{g/mol}$  ;  $M_{\text{O}} = 16\text{g/mol}$ .

### Application 2

On considère un volume de 600mL de propène :  $\text{C}_3\text{H}_6$ .

Il réagit avec le dioxygène de l'air lors d'une combustion complète. Le volume molaire dans les conditions de l'expérience vaut 24L/mol.

1. Écrire l'équation bilan de la combustion.

2. Déterminer :

2.1. Le volume de dioxygène nécessaire à cette combustion, et le volume d'air correspondant.

2.2. La masse d'eau obtenue.

2.3. Le volume de dioxyde de carbone obtenu.

2.4. Quel serait ce volume dans les conditions normales de températures et de pression ? On donne en g/mol ; H : 1 ; C : 12 ; O : 16

### Application 3

On a obtenu du dioxyde de soufre par réaction du dioxygène sur du sulfure de fer de formule FeS. On obtient également de l'oxyde de fer  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

1. Écrire l'équation bilan de la réaction.

2. Déterminer le volume de dioxyde de soufre, mesuré dans les C.N.T.P, qu'obtient si on utilise 100g de sulfure de fer.

3. Déterminer la masse et le volume de dioxygène nécessaire pour cette réaction dans les C.N.T.P. On donne en g/mol ; Fe : 56 ; Al : 27 ; O : 16 ; S : 32

**Application 4** On donne:  $M(\text{Al}) = 27\text{g/mol}$  ;  $M(\text{S}) = 32\text{g/mol}$ .

On mélange  $m_1 = 20\text{g}$  d'aluminium et  $m_2 = 20\text{g}$  de soufre en poudre et on enflamme le mélange. Il se forme du sulfure d'aluminium de formule  $\text{Al}_2\text{S}_3$ .

La réaction cesse par manque de l'un des deux réactifs.

- 1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
- 2) Quel est le réactif qui manque ? Justifier votre réponse.
- 3) Calculer la masse du réactif qui reste.
- 4) Calculer la masse du sulfure d'aluminium formée théoriquement.
- 5) En réalité 8% de la masse du soufre contenu dans le mélange brûle dans l'air en donnant du dioxyde de soufre au lieu de réagir avec l'aluminium

Calculer :

- a) La masse de soufre perdu par la réaction dans l'air.
- b) La masse de soufre utilisé pour la formation de  $\text{Al}_2\text{S}_3$ .
- c) La masse de sulfure d'aluminium effectivement produite.

### Travaux dirigés

#### Exercice 1

On fait réagir de l'aluminium avec le soufre.

Il se forme du sulfure d'aluminium de formule  $\text{Al}_2\text{S}_3$ .

1. Ecrire l'équation bilan de la réaction.
2. On utilise 14,4g de poudre d'aluminium et 13,2g de soufre en fleur.
  - 2.1. Quel est le réactif en excès ?
  - 2.2. Quelle masse de sulfure d'aluminium obtient-on ?
  - 2.3. Déterminer la masse restante du réactif en excès.

On donne : en g/mol : S : 32 ; Al : 27 ; O : 16

#### Exercice 2

On fait réagir 20g d'oxyde de ferrique ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) et 5g d'aluminium en poudre. On observe la formation d'un métal qui attire l'aimant et l'alumine.

1. Nommer la réaction qui s'est produite. Ecrire l'équation-bilan.
2. Les proportions stœchiométriques ont-elles été respectées ? Sinon, déterminer le réactif utilisé en excès.
3. Calculer :
  - 3.1. Les masses des produits formés.
  - 3.2. La masse du réactif resté en excès.
4. Vérifier la loi de Lavoisier.
5. Quel masse de soufre faudrait-il mettre en œuvre pour transformer en sulfure de fer  $\text{FeS}$  le fer métal ainsi formé ? On donne en g/mol: Al : 27 ; S: 32 ; Fe : 56 ; O: 16.

#### Exercice 3

On réalise un mélange intime de 16g d'oxyde ferrique ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) et 38g de poudre d'aluminium. On amorce la réaction à l'aide d'une « mèche » de magnésium. Il se forme du métal fer et de l'alumine ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction.  
Quel nom donne-t-on à cette réaction chimique ?
2. Les deux réactifs ont-ils été entièrement consommés ?  
Sinon préciser le réactif en excès.

3. Quelle masse de fer métal obtient-on ?
  4. Calculer la masse du réactif resté en excès.
  5. Vérifier la loi de Lavoisier.
- On donne en g/mol : O : 16 ; Al : 27 et Fe : 56.

#### Exercice 4

1. Ecrire les équations-bilan de la combustion dans le dioxygène des corps suivants :
    - 1.1. Le méthane ( $\text{CH}_4$ )
    - 1.2. L'éthane ( $\text{C}_2\text{H}_6$ )
    - 1.3. Le monoxyde de carbone ( $\text{CO}$ ).
  2. On mélange 0,1mol de méthane, 0,2mol d'éthane et 0,3mol de monoxyde de carbone avec un excès de dioxygène, puis on provoque la combustion. Calculer :
    - 2.1. Le volume de dioxygène nécessaire à la combustion.  
En déduire la masse correspondante.
    - 2.2. Le volume de dioxyde de carbone dégagement.  
En déduire la masse correspondante.
    - 2.3. La masse d'eau obtenue.
    - 2.4. Montrer que la loi de Lavoisier est vérifiée à la fin de la combustion.
- On donne: H : 1 ; C : 12 ; O : 16 et  $V_0 = 22,4 \text{ L/mol}$ .

#### Exercice 5

L'oxydation du fer par le dioxygène donne l'oxyde de ferrique de formule  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dans les C.N.T.P.

1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
  2. Au cours de l'expérience, on utilise 13,3g de fer et 5,32L de dioxygène.
    - 2.1. Calculer le nombre de mole  $n(\text{Fe})$  du fer et  $n$  du dioxygène.
    - 2.2. L'expérience a-t-elle été réalisée dans les proportions stœchiométriques ?  
Sinon, donner le nom du réactif en excès.
    - 2.3. Calculer :
      - a/ Le nombre de mole et la masse de dioxygène ayant réagi.
      - b/ La masse de l'oxyde de fer formée.
      - c/ La masse de réactif en excès.
    - 2.4. Montrer que la loi de Lavoisier est vérifiée.
- On donne : en g/mol ; Fe : 56 ; O : 16 ;  $V_m = 22,4 \text{ mol/L}$ .

#### Exercice 6

On fait réagir dans les C.N.T.P. 0,45 mol de poudre de fer avec  $17,92 \text{ dm}^3$  de vapeur.

On observe un dégagement de dihydrogène et la formation d'oxyde magnétique de formule  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ . On donne : en g/mol; Fe : 56 ; O : 16 ; H : 1.

1. Les proportions stœchiométriques ont-elles été respectées ?  
Sinon nommer le réactif en excès.
2. Calculer :
  - 2.1. La masse d'oxyde magnétique formé
  - 2.2. Le volume de dihydrogène dégagé.
  - 2.3. La masse de réactif en excès.

Chapitre 7Titre du cours : Le chlorure de sodium solide**Objectifs spécifiques**

- Décrire la structure du cristal de chlorure de sodium
- Comprendre et interpréter les propriétés du cristal de chlorure de sodium

**Plan du cours**

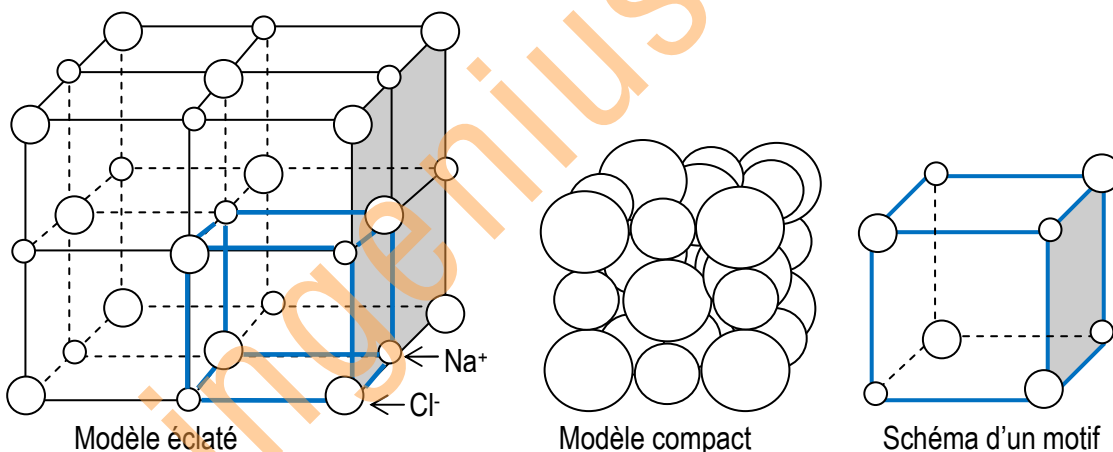
Voir cours

**Le chlorure de sodium solide****I- Structure du cristal du chlorure de sodium****1- Réseau cristallin**

Le chlorure de sodium a une structure ordonnée appelée **réseau cristallin**. Son modèle éclaté est appelé : **maille**.

**2- Schéma d'une maille**

Une maille est composée de huit (8) motifs (cubes) et dans un motif il ya 4 ions  $\text{Na}^+$  et 4 ions  $\text{Cl}^-$  disposés alternativement sur les sommets d'un cube.

**Remarque**

- Dans la maille il ya autant d'ions positif que d'ions négatifs donc le cristal de chlorure de sodium est électriquement neutre : Sa formule statistique est  $\text{NaCl}$ .
- Deux ions identiques ne sont jamais en contact.
- La cohésion du cristal est due aux forces appelées **forces électrostatiques**.

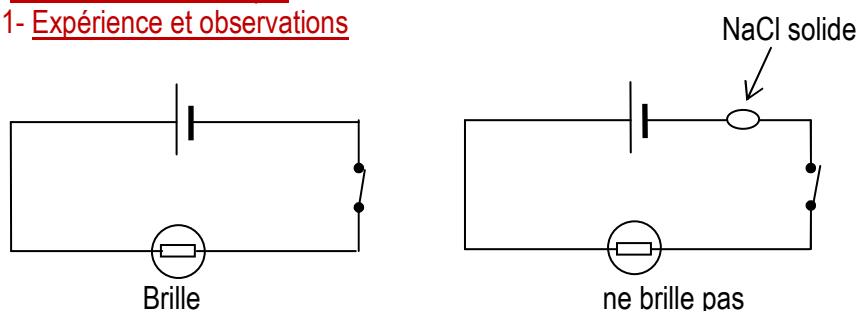
**3- Relation de calcul**

Les ions étant sphériques l'arête  $a$  d'une maille est telle que :  $a = 2 (R_{\text{Na}^+} + R_{\text{Cl}^-})$ .  
Le volume du cristal  $V$  est tel que  $V = n \cdot a^3$  où  $n$  est nombre de maille.

## II- Propriété physique du NaCl solide

### 1- Conductibilité électrique

#### 1.1- Expérience et observations



#### 1.2- Conclusion

Le chlorure de sodium à l'état solide ne conduit pas le courant électrique : c'est un isolant électrique.

### 2- Stabilité thermique

La cohésion du cristal est due aux fortes interactions attractives entre les ions de signe contraire. Le cristal est rigide ; sa température de fusion est de l'ordre de  $800^{\circ}\text{C}$  ; il faut donc beaucoup d'énergie pour le disloquer d'où sa stabilité thermique.

Chapitre 8Titre du cours : Solutions aqueuses ioniques**Objectifs spécifiques**

- Interpréter les phénomènes de dissolution d'un composé ionique dans l'eau
- Calculer la concentration molaire et massique d'une espèce chimique dans une solution.
- Interpréter l'électrolyse de la solution aqueuse de chlorure de sodium.

**Plan du cours**

Voir cours

**Solutions aqueuses ioniques****I- Dissolution dans l'eau d'un composé ionique****1- Définition**

L'eau peut dissoudre un certain nombre de substances solides, liquides ou gazeuses. On obtient des solutions aqueuses de ces substances.

L'eau est **le solvant** et les substances dissoutes **les solutés**.

L'opération de mise en solution des solutés est appelée **dissolution**.

**Exemples**

- Lorsqu'on dissout du sucre (saccharose) dans l'eau, on obtient une solution aqueuse moléculaire.
- Lorsqu'on dissout du chlorure de sodium (NaCl) dans l'eau, on obtient une solution aqueuse ionique.

**2- Effets thermiques de la dissolution****2.1- Expériences et observations**

Dissolvons successivement l'hydroxyde de sodium, le chlorure de sodium et le chlorure d'ammonium dans l'eau. Homogénéisons constamment la solution et relevons la température pendant la dissolution. Les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous.

	NaOH	NaCl	NH <sub>4</sub> Cl
Température initiale (t <sub>i</sub> )	29°C	29°C	29°C
Température finale (t <sub>f</sub> )	37°C	29°C	24°C
<b>Observations</b>	<b>Élévation de température</b>	<b>Température constante</b>	<b>Baisse de température</b>

**2.2- Interprétation**

La dissolution d'un composé ionique dans l'eau se fait en trois étapes fictives : - la dislocation du cristal, la dispersion des ions et l'hydratation des ions.

- La dislocation et la dispersion s'accompagnent d'absorption de chaleur. Elles ont un effet **endothermique**.

- L'hydratation s'accompagne d'un dégagement de chaleur. Elle a un effet **exothermique**.

Si la dissolution du composé ionique s'effectue avec un effet endothermique qui compense l'effet exothermique, la température au cours de la dissolution reste constante.

La dissolution du composé ionique a un effet **athermique**.

**2.3- Conclusion**

- Lors de la dissolution de NaOH dans l'eau, l'effet exothermique domine l'effet endothermique.

**La dissolution du NaOH est exothermique.**

- Lors de la dissolution de NaCl dans l'eau, les effets exothermique et endothermique se compensent. **La dissolution du NaCl est athermique.**

- Lors de la dissolution de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dans l'eau l'effet endothermique domine l'effet exothermique. **La dissolution du  $\text{NH}_4\text{Cl}$  est endothermique.**

### 2.4- Solubilité d'un soluté dans l'eau

On appelle solubilité d'un soluté dans l'eau, la quantité maximale de soluté que l'on peut dissoudre à une température donnée dans un litre d'eau.

Elle s'exprime en g/L pour les solides et les liquides et en L/L pour les gaz.

**Exemple** La solubilité du  $\text{NaCl}$  à  $20^\circ\text{C}$  est 360 g/L et à  $100^\circ\text{C}$  est 390g/L.

## 3- Concentration molaire volumique et concentration massique

### 3.1- Concentration molaire volumique

La concentration molaire volumique d'une espèce chimique A dans une solution est la quantité de matière (en mol) de A présente dans 1L de cette solution.  $[A] = \frac{n(A)}{V}$  avec n(A) en mol, V(en L) et [A] en mol/L.

### 3.2- Concentration massique

La concentration massique d'une espèce chimique B dans une solution est la masse (en g) de B que l'on peut dissoudre dans un 1L de cette solution.  $C(B) = \frac{m(B)}{V}$  avec m(B) en g, V(en L) et C(B) en g/L.

#### Remarque

Pour une solution S de volume V donné, la concentration molaire de cette solution est  $C = \frac{n}{V}$ .

## 4-Préparation d'une solution aqueuse de concentration donnée

### Activité

Tu disposes du matériel suivant :

- sulfate de cuivre II hydraté ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), d'une balance électronique,
- d'une fiole jaugée de 500mL, de l'eau distillée, d'une spatule, d'une pissette

1. Quelle masse de sulfate de cuivre II hydraté faut-il dissoudre dans 500mL d'eau pour obtenir une solution aqueuse de concentration molaire volumique  $C = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{mol/L}$ .
2. Décrire le mode opératoire.
3. Ecrire l'équation-bilan de la dissolution du sulfate de cuivre II hydraté dans l'eau.
4. Faire l'inventaire des ions en solution et calculer leur concentration molaire volumique.
5. Vérifier que la solution est électriquement neutre.

On donne en g/mol :  $M(\text{Cu}) = 63,5$  ;  $M(\text{S}) = 32$  ;  $M(\text{O}) = 16$  et  $M(\text{H}_2\text{O}) = 18$ .

### Résolution de l'activité

1. La masse  $m = n \cdot M = CV \cdot M = 2,5 \cdot 10^{-2} \times 0,5 \times (63,5 + 32 + 4 \times 16 + 5 \times 18) = 3,12 \text{ g}$

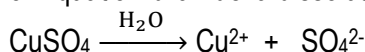
2. Le mode opératoire

a- Prelever à l'aide de la spatule une quantité de sulfate de cuivre II hydraté et en peser 3,12 g à la balance électronique.

b- Mettre le sulfate de cuivre II hydraté pesé dans la fiole jaugée de 500mL, y ajouter de l'eau distillée contenue dans la pissette jusqu'au trait de jauge.

c- Homogénéiser pour obtenir une solution homogène.

3. Equation-bilan de la dissolution du sulfate de cuivre II hydraté :



4. Inventaire des ions : cations :  $\text{H}_3\text{O}^+$  et  $\text{Cu}^{2+}$  et anions :  $\text{OH}^-$  et  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Calcul de concentration

$[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol/L}$  (car la solution est neutre et  $n(\text{H}_3\text{O}^+) = n(\text{OH}^-)$ ).

$[\text{Cu}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}] = C = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{mol/L}$ .

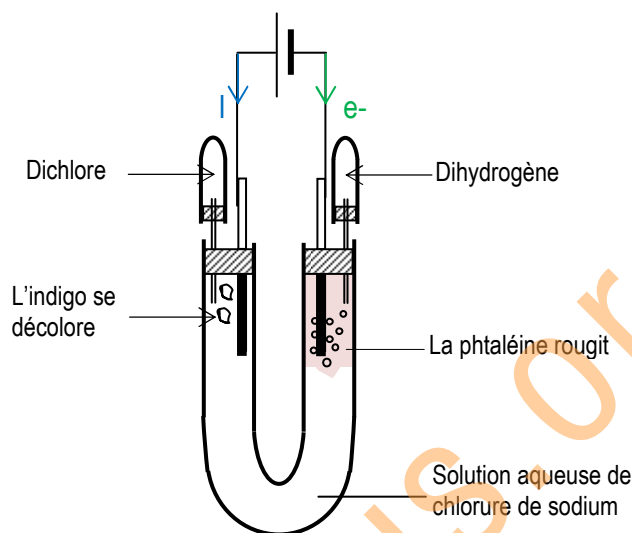
5. La solution est électriquement car on a bien  $[\text{Cu}^{2+}] = [\text{SO}_4^{2-}]$ .

## II. Électrolyse du chlorure de sodium en solution aqueuse

### 1- Expérience et observations

Dans un tube en U, on réalise l'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de sodium avec des électrodes de graphite. Voir la figure ci-dessous.

On observe un dégagement gazeux à chaque électrodes, mais nettement plus abondant à la cathode. Quelques gouttes de phtaléine versée dans la solution à la cathode, vire au rose violacée.



### 2- Interprétation des réactions chimiques aux électrodes

A l'anode, la décoloration de l'indigo caractérise la présence du gaz dichlore ( $\text{Cl}_2$ ).

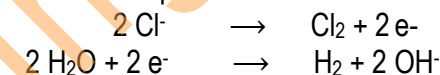
L'équation de la réaction est :  $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$

A la cathode, la coloration rose violacée de la phénolphtaléine ( $\varphi\varphi$ ) indique la présence des ions  $\text{OH}^-$  dans la solution. L'eau s'est décomposée en dihydrogène ( $\text{H}_2$ ) et en ion hydroxyde ( $\text{OH}^-$ )

selon l'équation suivante :  $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2 \text{OH}^-$

### 3- Conclusion

L'électrolyse de la solution aqueuse de chlorure de sodium se fait selon l'équation bilan suivante :



### Remarque

L'électrolyse du chlorure de sodium en solution aqueuse conduit à trois produits : le dichlore, le dihydrogène et l'hydroxyde de sodium, d'un grand intérêt industriel. Cette électrolyse présente un grand intérêt économique.

### 4- Rôle du solvant dans l'électrolyte

Au cours de l'électrolyse le nombre d'ions  $\text{Na}^+$  n'est pas modifié alors que les ions  $\text{Cl}^-$  disparaissent. Pour assurer l'électroneutralité de la solution, le solvant ici l'eau se décompose pour donner des ions  $\text{OH}^-$ . En ajoutant l'ion  $\text{Na}^+$  aux deux membres de l'équation bilan on obtient ;



### Application 1

On dissout 40g de chlorure de fer hydraté  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dans  $250\text{cm}^3$  d'eau pure.

Calculer la concentration molaire volumique des ions en solution.

On donne : en g/mol : Fe : 56 ; O : 16 ; H : 1 ; Cl : 35,5

### Application 2

1. On mélange 40mL d'une solution de sulfate de sodium de concentration

$C_1 = 0,2\text{mol/L}$  et 20mL d'une solution de nitrate de sodium de concentration

$C_2 = 0,1\text{mol/L}$ . Calculer la concentration des différents ions présents dans le mélange.

2. Quelle masse de sulfate d'aluminium faut-il dissoudre dans l'eau pour obtenir  $500\text{cm}^3$  d'une solution de concentration  $C = 2 \cdot 10^{-2}\text{mol/L}$  en ion aluminium ? Quelle est la valeur de la concentration en ion sulfate ?

Masse molaire en g/mol : O : 16 ; Al : 27 ; S : 32.

### Application 3

I- Une solution A, de volume  $V_A = 0,5\text{L}$ , contient 0,12mol de nitrate de sodium. Une solution B, de volume  $V_B = 1,5\text{L}$ , a été obtenue par dissolution dans l'eau de 12,3g de nitrate de calcium.

1. On prélève  $10\text{cm}^3$  de la solution A. Calculer le nombre de mole des ions présents dans cette solution.

2. On mélange dans une fiole jaugée,  $10\text{cm}^3$  de la solution A,  $20\text{cm}^3$  de la solution B, et on complète avec de l'eau distillée jusqu'à atteindre un volume total de  $100\text{cm}^3$ .

Calculer la concentration des ions présents dans le mélange.

Masse molaire en g/mol : nitrate de sodium : 85 ; nitrate de calcium : 164.

II- Dans une fiole jaugée de 250mL, on met :

25mL d'une solution de chlorure de sodium ( $\text{NaCl}$ ) à  $0,8\text{mol/L}$  ;

50mL d'une solution de bromure de calcium ( $\text{CaBr}_2$ ) à  $0,5\text{mol/L}$  ;

$3 \cdot 10^{-2}\text{mol}$  d'une solution de chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ) ;

10,3 g de bromure de sodium ( $\text{NaBr}$ ) solide.

On complète le mélange avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

1. Ecrire l'équation-bilan de dissolution de chaque solide ionique.

2. Faire l'inventaire des ions présents dans le mélange.

3. Déterminer la quantité de matière et la concentration molaire volumique de chacun de ces ions.

4. Vérifier que le mélange est électriquement neutre. On donne en g/mol: Br: 80 et Na: 23.

### Application 4

On désire faire l'électrolyse d'une solution aqueuse de chlorure de cuivre II, en utilisant comme anode une électrode de graphite et comme cathode une électrode de cuivre.

1. Ecrire la formule statistique du chlorure de cuivre II.

2. Kiliane réalise le montage schématisé ci-dessous lui permettant de réaliser l'électrolyse.

Lorsqu'il ferme le circuit, il observe un dégagement de dichlore gazeux à l'une des électrodes et un dépôt métal de cuivre à l'autre.

2.1. Compléter le schéma du montage. Voir la figure ci-dessous

2.2. Ecrire les demi-équations aux électrodes

2.2. En déduire l'équation-bilan qui se produit lors de l'électrolyse du chlorure de cuivre II.

3. Au bout de 10mn de fonctionnement de l'électrolyseur, le dépôt de cuivre métal a pour masse  $m = 635\text{mg}$ .

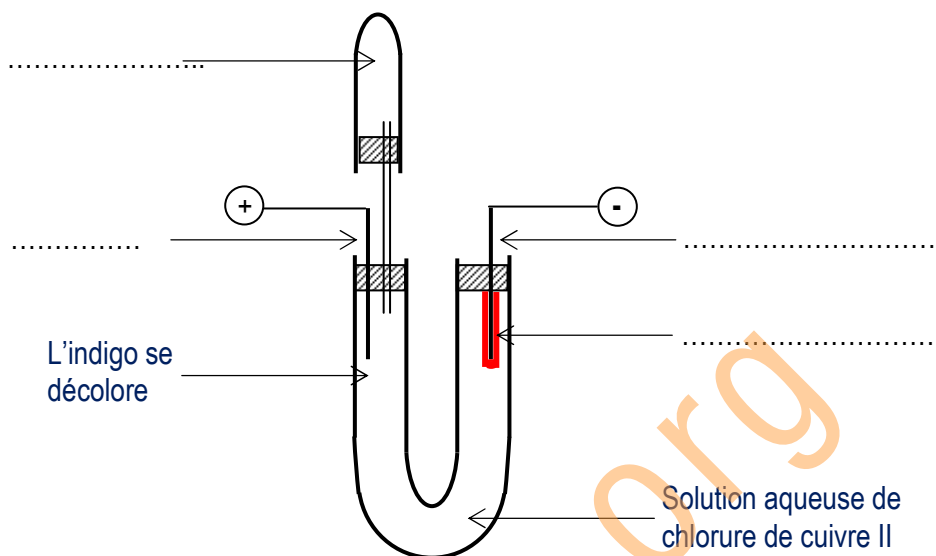
3.1. Calculer le nombre de mole d'ions cuivre II transformés en métal cuivre.

3.2. En déduire le nombre de mole d'électrons mis en jeu.

3.3. Calculer la quantité d'électricité qu'il a fallu faire circuler dans la solution pour effectuer l'électrolyse.

## 3.4. Déterminer l'intensité du courant.

On donne : 1 Faraday =  $\mathcal{N}^{\text{e}}$  = 96500 C.  $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g/mol}$ .



Electrolyse d'une solution aqueuse de .....

### Travaux dirigés

#### Exercice 1

La solubilité du sulfate de sodium est 195g/L à 20°.

On dissout une masse  $m = 14,2\text{g}$  de ce composé ionique dans un volume  $V = 10\text{mL}$  d'eau.

- Déterminer la concentration massique de ce soluté.
- La solution ainsi préparée est-elle saturée ? Justifier votre réponse.
- Ecrire l'équation-bilan de dissolution du soluté dans l'eau puis calculer la concentration molaire volumique des ions présents en solution.

On donne en g/mol: Na : 23 ; O : 16 ; S : 32.

#### Exercice 2

On dissout :

- 40g de chlorure de baryum dans 200mL d'eau pure.

- 30g de nitrate de baryum dans 250mL d'eau pure.

- Donner les formules statistiques du chlorure de baryum et du nitrate de baryum.
- On mélange les deux solutions précédentes.
  - Déterminer, dans le mélange, la concentration  $C_1$  du chlorure de baryum et celle  $C_2$  et du nitrate de baryum.
  - Calculer la concentration molaire volumique des ions dans le mélange.
  - Vérifier l'électroneutralité de la solution.

On donne : en g/mol : Ba : 137 ; N : 14 ; Cl : 35,5 ; O : 16

### Exercice 3

On dissout 40g de chlorure de potassium dans 250mL d'eau pure. On réalise l'électrolyse de la solution aqueuse ainsi obtenue.

1. Faire le schéma de l'électrolyse.
  2. Donner les équations aux électrodes ainsi que l'équation-bilan de l'électrolyse.
  3. Calculer à la fin de l'électrolyse,
    - 3.1. La quantité de matière d'ion chlorure qui a réagi et le volume de dichlore obtenu dans les CNTP.
    - 3.2. La quantité d'électricité mise en jeu puis le temps mis pour effectuer l'électrolyse si l'intensité débitée est de 3 A.
    - 3.3. La masse du corps solide qu'on recueille après évaporation de l'eau. Donner le nom de ce corps. On donne en g/mol : K : 39 ; Cl : 35,5 ; O : 16 et H : 1.
- Le volume molaire dans les CNTP :  $V_m = 22,4\text{L/mol}$ .  
Le nombre d'Avogadro :  $N = 6,02 \cdot 10^{23} / \text{mol}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$ .

### Exercice 4

1. Lors d'une séance de Travaux Pratiques, Kiliane prépare une solution  $S_1$  en mettant  $m_1 = 5,13\text{g}$  de sulfate d'aluminium dans un volume  $V_1 = 100\text{mL}$  d'eau distillée.
  - 1.1. Ecrire l'équation d'ionisation du sulfate d'aluminium dans l'eau.
  - 1.2. Calculer la concentration molaire  $C_1$  de  $S_1$ .
  - 1.3. En déduire celles des ions aluminium et sulfate.
2. Kiliane ajoute ensuite à  $S_1$ , une solution  $S_2$  de sulfate de sodium de concentration  $C_2 = 0,21\text{mol/L}$  et de volume  $V_2 = 200\text{cm}^3$ .
  - 2.1. Ecrire l'équation d'ionisation du sulfate de sodium dans l'eau.
  - 2.2. Faire l'inventaire des ions présents dans le mélange puis calculer la concentration molaire de chacun des ions.
3. Au mélange précédent, on ajoute un volume  $V_3$  d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_3 = 0,13\text{mol/L}$ . Calculer le volume  $V_3$  pour que la concentration totale en ions sodium soit  $0,24\text{mol/L}$ . On donne g/mol : Al = 27 ; S = 32 ; O = 16 et H = 1.

Chapitre 9Titre du cours : Tests d'identification de quelques ions**Objectifs spécifiques**

- Reconnaître quelques ions à partir de leurs tests d'identification.
- Ecrire les équations-bilans de quelques réactions d'identification.

**Plan du cours**

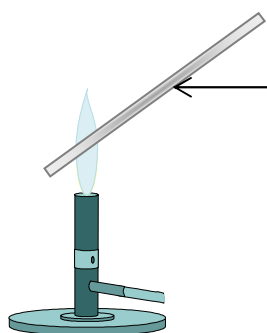
Voir cours

**Tests d'identification de quelques ions****I- Caractérisation des ions****1- Couleurs des ions en solution**

La couleur des solutions aqueuses ioniques est souvent due à celle des ions en solution.

**Exemples**

Ions	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Fe}^{3+}$	$\text{MnO}_4^-$	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$
Couleurs de la solution	Bleue	Verte pâle	Rouille	violette	orange

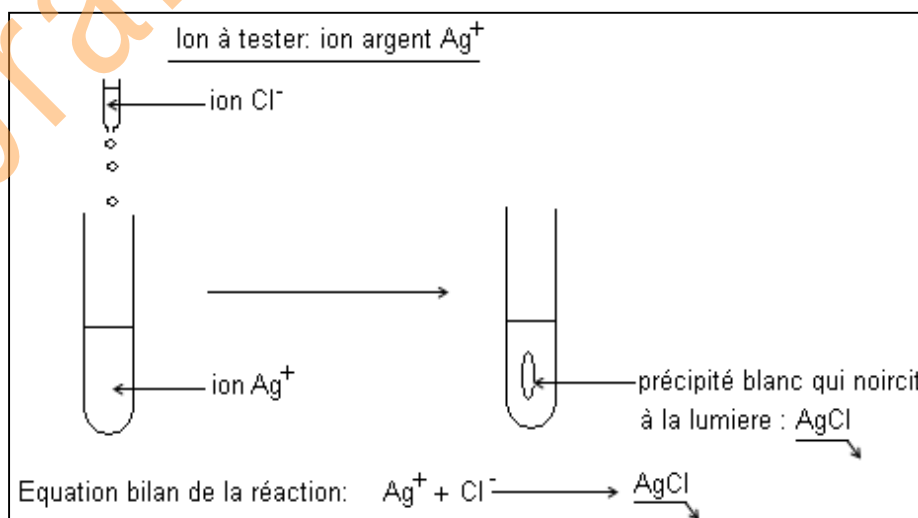
**2- Test à la flamme**

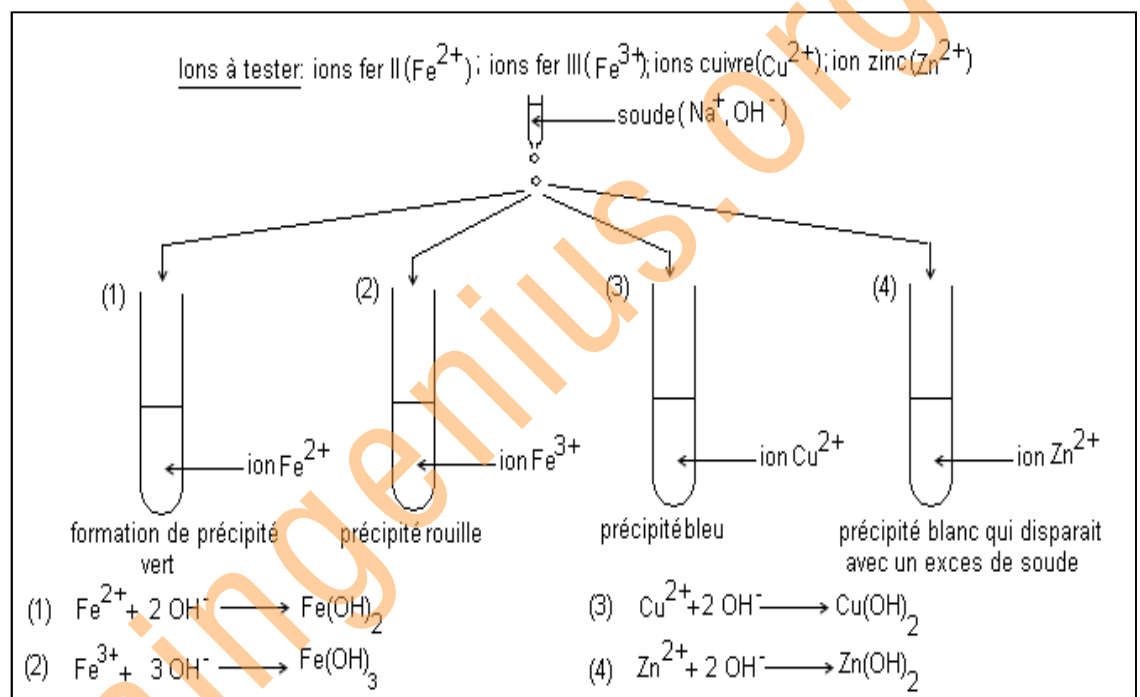
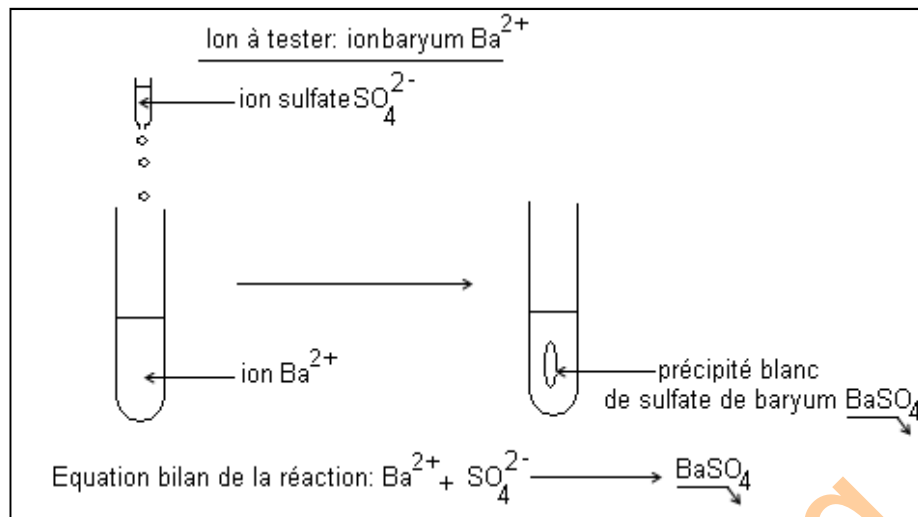
Fil de platine plongé au préalable dans la solution contenant l'ion à tester

Certains ions portés dans une flamme colorent cette flamme avec une couleur caractéristique.

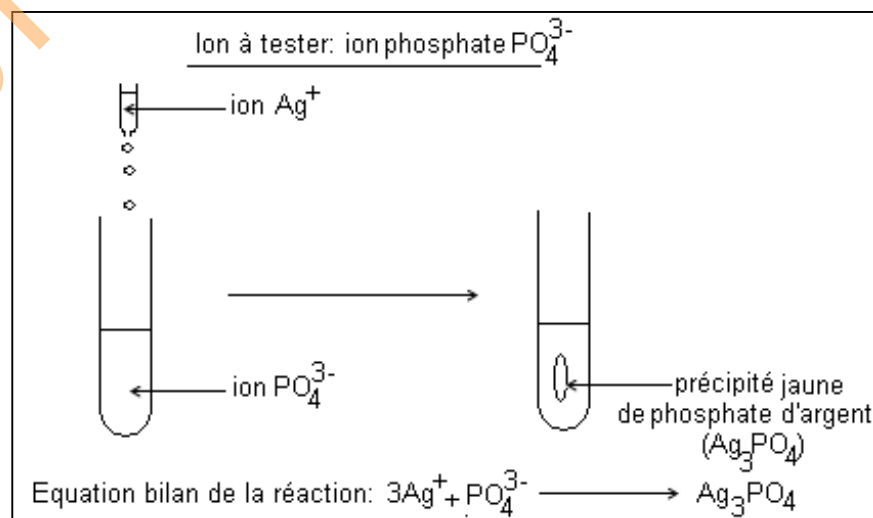
**Exemples**

- Pour l'ion  $\text{Na}^+$  : flamme jaune
- Pour l'ion  $\text{Cu}^{2+}$  : flamme verte
- Pour l'ion  $\text{Ca}^{2+}$  : flamme rouge-orangé

**3- Test des précipitations des ions****3.1- Identification de quelques cations**



### 3.2- Identification de quelques anions





## II- Tableau récapitulatif

### 1- Identification de cations

Ions testé	Réactif	Observations	Formule du précipité
Ag <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Précipité blanc de chlorure d'argent qui noircit à la lumière	AgCl ↓
Ba <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Précipité blanc de sulfate de baryum	BaSO <sub>4</sub> ↓
Fe <sup>2+</sup>	OH <sup>-</sup>	Précipité vert d'hydroxyde de fer II, soluble dans un excès de soude	Fe(OH) <sub>2</sub> ↓
Fe <sup>3+</sup>	OH <sup>-</sup>	Précipité rouille d'hydroxyde de fer III, insoluble dans un excès de soude	Fe(OH) <sub>3</sub> ↓
Cu <sup>2+</sup>	OH <sup>-</sup>	Précipité bleu d'hydroxyde de cuivre II, insoluble dans un excès de soude	Cu(OH) <sub>2</sub> ↓
Zn <sup>2+</sup>	OH <sup>-</sup>	Précipité blanc d'hydroxyde de zinc, soluble dans un excès de soude	Zn(OH) <sub>2</sub> ↓

### 2- Identification d'anions

Ion testé	Réactif	Observations	Formule du corps
Cl <sup>-</sup>	Ag <sup>+</sup>	Précipité blanc de chlorure d'argent	AgCl ↓
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Précipité blanc de sulfate de baryum	BaSO <sub>4</sub> ↓
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	Dégagement de CO <sub>2</sub> trouble l'eau de chaux	CO <sub>2</sub> ↑
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Ag <sup>+</sup>	Coloration de phosphate d'argent	AgPO <sub>4</sub>
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>	Dégagement de NO qui au contact de l'air donne des vapeurs rousses de NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub> ↑

#### Application 1

Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit quand on mélange :

1. Une solution de nitrate d'argent dans une solution de chlorure d'ammonium.
2. Une solution de sulfate de sodium dans une solution de nitrate de baryum.
3. Une solution de bromure de potassium dans une solution de nitrate d'argent.

Application 2

1- On dissout un composé ionique B dans l'eau pour obtenir une solution aqueuse ionique A. Cette solution A réagit avec ;

- l'hydroxyde de sodium : Il se forme un précipité bleu.
- le nitrate d'argent. Il se forme un précipité blanc qui noircit à la lumière.

1.1- Indiquer le réactif et l'ion testé à chaque test.

1.2- Donner la formule statistique et le nom du composé B.

2- Quatre flacons sans étiquette contiennent respectivement, une solution : de sulfate de zinc, de chlorure de sodium, de sulfate de sodium, de chlorure de fer III.

On choisit au hasard, l'un des échantillons et on constate que :

- la solution est incolore
- l'addition de chlorure de baryum conduit à la formation d'un précipité blanc ;
- l'ajout d'une solution diluée d'hydroxyde de sodium ne produit aucun précipité.

2.1- Donner la formule statistique de chacun des solides dissous.

2.2- Faire l'inventaire des ions présents dans chaque solution.

2.3- Donner le nom de la solution étudiée.

Application 3

Leslie dispose de quatre (04) éprouvettes graduées contenant chacune une solution aqueuse ionique qu'elle désire identifier.

Elle réalise les tests suivants dont les résultats sont donnés dans le tableau ci-dessous.

1. Compléter le tableau ci-dessus.

Solutions	Test réalisé	Observations	Ion testé	Nom de la solution
1 Nombre de mole des cations en solution $n_1 = 25 \cdot 10^{-4}$ mol	Test à la flamme	Flamme jaune		
	Ajout de quelques gouttes de sulfate de cuivre II	Précipité bleu insoluble dans un excès de solution		
2 Nombre de moles des anions en solution $n_2 = 6 \cdot 10^{-4}$ mol	Test à la flamme	Flamme jaune		
	Ajout de quelques gouttes de nitrate d'argent	Précipité blanc qui noircit à la lumière		
3 La solution S <sub>3</sub> a été obtenue en dissolvant 6,725g d'un solide ionique X de masse molaire $M = 134,5$ g/mol dans l'eau distillée.	Test à la flamme	Flamme bleue-verte		
	Ajout de quelques gouttes de nitrate d'argent	Précipité blanc qui noircit à la lumière		
4 $C_4 = 3 \cdot 10^{-3}$ mol/L $V_4 = 75$ mL	Test à la flamme	Flamme bleue-verte		
	Ajout de quelques gouttes de sulfate de cuivre II	Précipité bleu insoluble dans un excès de solution		

2. Leslie mélange les (04) solutions ainsi identifiées dans un bécher et complète le volume du mélange avec de l'eau distillée jusqu'à atteindre un volume  $V_e = 140$ mL.

2.1. Calculer les concentrations molaires volumiques des différents ions présents dans le mélange.

2.2. Vérifier que le mélange est électriquement neutre.

## Travaux dirigés

### Exercice 1

Kwasi prépare une solution aqueuse ionique incolore C à partir de la dissolution de 40,25g d'un composé ionique D et de 17g d'un autre composé ionique E dans 0,5L d'eau. Afin d'identifier les ions présents dans la solution incolore C, Kwasi effectue les tests consignés dans le tableau ci-dessous.

Tests	Réactifs	Observations
1	Nitrate d'argent	Précipité blanc qui noircit à la lumière
2	Chlorure de baryum	Précipité blanc qui ne noircit pas à la lumière
3	Hydroxyde de sodium	Précipité blanc qui se dissout dans une solution d'ammoniaque

1. Déterminer les ions présents dans la solution C.
  2. Sachant que le composé ionique D contient l'ion sulfate, donner la formule statistique et le nom des composés ioniques D et E.
  3. Ecrire l'équation-bilan de dissolution de ces composés dans l'eau.
  4. Calculer la concentration molaire volumique des ions sulfate et chlorure présents dans la solution C.
  5. En déduire la concentration molaire volumique des ions zinc.
- On donne :  $M(\text{ZnCl}_2) = 135\text{g/mol}$  et  $M(\text{ZnSO}_4) = 161\text{g/mol}$ .

### Exercice 2

On dispose de trois solutions ; sulfate de fer II, sulfate de cuivre II; carbonate de sodium.

1. Donner les formules statistiques des solides dissous ainsi que celles des ions présents en solution.
2. Préciser la couleur de chaque ion coloré.
3. On réalise les tests suivants :
  - Par addition d'hydroxyde de sodium dans chacune des solutions précédentes, on observe, pour deux d'entre elles, un précipité coloré.
  - La troisième solution, additionnée d'acide sulfurique, donne naissance à un dégagement gazeux incolore.
- 3.1. Nommer les ions identifiés.
- 3.2. Ecrire l'équation-bilan des réactions produites.

### Exercice 3

Kiliane dispose au laboratoire une solution ionique X de couleur bleue, un échantillon d'une solution de chlorure de fer et une solution incolore Y.

1. Il désire identifier la solution ionique X. Pour cela, il réalise les tests suivants.
    - un ajout de quelques gouttes d'une solution de chlorure de baryum ne donne rien, alors qu'un ajout de quelques gouttes d'une solution de nitrate d'argent donne un précipité blanc qui exposé à la lumière, noircit progressivement.
    - il se forme un précipité bleu lorsqu'il ajoute quelques gouttes d'hydroxyde de sodium dans la solution ionique X.
  - 1.1. Donner le nom et la formule des ions que contient la solution ionique X.
  - 1.2. En déduire le nom de la solution ionique X.
  - 1.3. Ecrire la formule statistique du composé susceptible de donner la solution ionique X.
  - 1.4. Ecrire l'équation-bilan des réactions qui ont eu lieu lors des tests réalisés.
  2. Kiliane prélève quelques millilitres de la solution de chlorure de fer.
- Il y verse quelques gouttes d'hydroxyde de sodium. Il apparaît instantanément un précipité rouille.
- 2.1. Donner le nom et la formule du précipité observé.
  - 2.2. Ecrire l'équation-bilan qui conduit à sa formation.

- 2.3. De quel sulfate de fer s'agit-il ?
- 2.4. Quel serait la couleur du précipité qu'observerait Kiliane, s'il s'agissait de l'autre sulfate de fer ? Ecrire l'équation-bilan qui conduirait à sa formation.
3. Kiliane ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré à la solution ionique Y. Il observe un dégagement gazeux qui trouble l'eau de chaux.
- 3.1. Quel est parmi les ions suivants :  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , celui que l'expérience vient de mettre en évidence ? Donner le nom du gaz qui se dégage.
- 3.2. Ecrire l'équation-bilan qui conduit à sa formation.

brainingenius.org

## Chapitre 10

Titre du cours : **Solutions acides et basiques. Mesure de pH d'une solution aqueuse**

### Objectifs spécifiques

- Connaître les propriétés d'une solution acide et d'une solution basique.
- Déterminer le pH d'une solution et les domaines de pH des solutions acides et basiques.

### Plan du cours

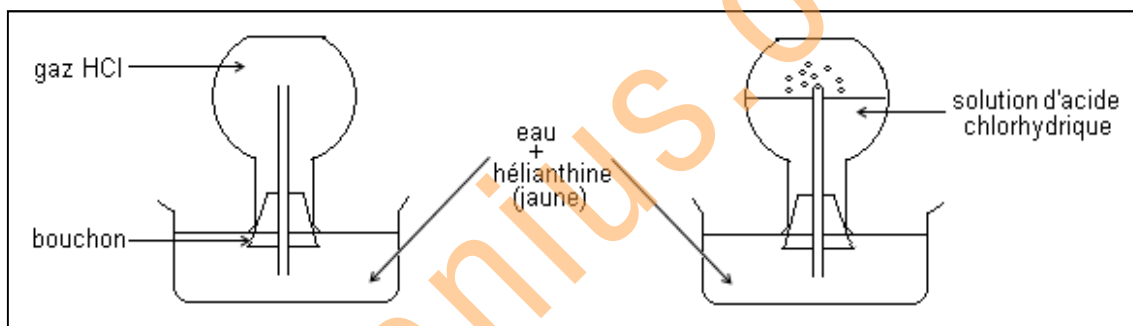
Voir cours

## Solutions acides et basiques Mesure de pH d'une solution aqueuse

### I- Solution acide

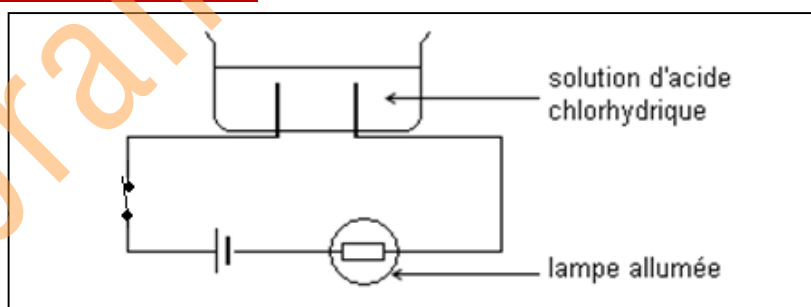
#### 1- Préparation de la solution aqueuse d'acide chlorhydrique

Le chlorure d'hydrogène (HCl) est un gaz incolore, d'odeur piquante, soluble dans l'eau. Voir l'expérience du jet d'eau ci-dessous



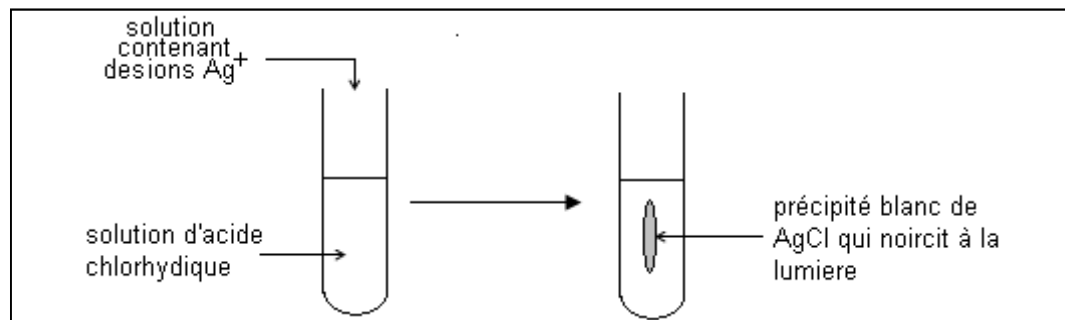
Le chlorure d'hydrogène est très soluble dans l'eau. La solution obtenue est appelée solution d'acide chlorhydrique.

#### 2- Conductibilité électrique



La solution aqueuse d'acide chlorhydrique conduit le courant électrique. Elle contient des ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  et  $\text{Cl}^-$ . C'est un **électrolyte**.

### 3- Mise en évidence de l'ion Cl<sup>-</sup>



Ce test caractérise la présence des ions Cl<sup>-</sup> dans la solution d'acide chlorhydrique.

### 4- Equation bilan de la réaction du chlorure d'hydrogène avec l'eau



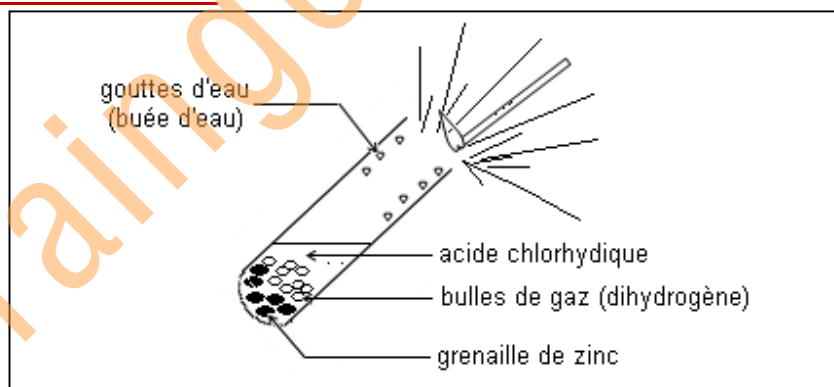
### 5- Propriété de l'ion hydronium (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>)

#### 5.1- Action sur les indications colorées

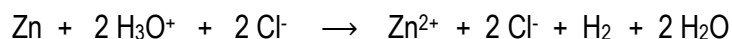
Solution	Eau pure	Acide chlorhydrique
Indication coloré		
Hélianthine	Jaune	Rouge
Bleu de bromothymol	Vert	Jaune
Phénophtaléine	Incolore	Incolore

Les changements de couleur observés avec l'hélianthine et le bleu de bromothymol, sont dus à la présence d'ions H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> dans la solution.

#### 5.2- Action sur les métaux



Equation-bilan de la réaction



Equation simplifiée



Remarque

L'acide chlorhydrique n'attaque pas le cuivre.

Application 1

Dans les CNTP, on dissout 0,224L de chlorure d'hydrogène dans un litre d'eau pure. Calculer

1. La concentration de la solution d'acide chlorhydrique
2. Les concentrations des ions présents.

## II- Solution basique : Solution aqueuse d'hydroxyde de sodium

### 1- Préparation de la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium

L'hydroxyde de sodium ou soude caustique ( NaOH) est un composé ionique déliquescent à l'état pastille et très soluble dans l'eau.

Lorsqu'on dissout l'hydroxyde de sodium dans l'eau, on obtient une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium appelée soude.  $\text{NaOH} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{Na}^+ + \text{OH}^-$

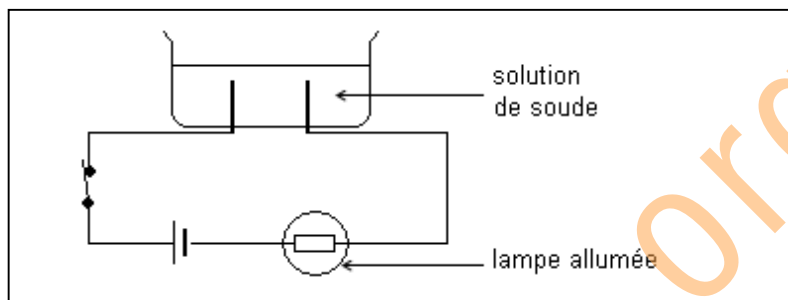
#### Application 2

On désire préparer une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration  $10^{-2}\text{mol.L}^{-1}$ .

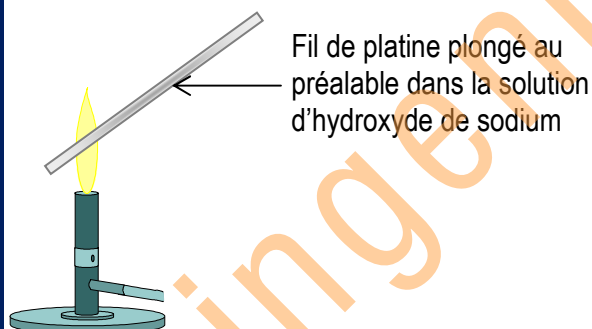
1. Déterminer la masse de NaOH à dissoudre dans 1 L d'eau distillée

2. Donner le mode opératoire

### 2- Conductibilité électrique



La solution aqueuse d'hydroxyde de sodium conduit le courant électrique. C'est un électrolyte qui contient les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{OH}^-$ .



### 3- Identification de l'ion $\text{Na}^+$

La tige de platine préalablement chauffée jusqu'à la disparition de l'incandescence puis trempée dans la solution de soude et replacée dans la flamme prend la couleur jaune.

Elle caractérise la présence d'ions sodium  $\text{Na}^+$  dans la solution d'hydroxyde de sodium.

### 4- Propriété de l'ion $\text{OH}^-$

#### 4.1- Action sur les indications colorées

Les changements de couleur du bleu de bromothymol et de la phénolphthaléine sont dus aux ions hydroxydes  $\text{OH}^-$ .

#### 4.2- Action sur les ions métalliques

Solution contenant les ions métalliques	Observation après action de l'ion $\text{OH}^-$ sur la solution	Equation de la réaction
$\text{Cu}^{2+}$	Précipité bleu hydroxyde de cuivre II	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{OH})_2$
$\text{Fe}^{2+}$	Précipité vert hydroxyde de fer II	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{OH})_2$
$\text{Zn}^{2+}$	Précipité blanc hydroxyde de Zinc	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2$

### 4.3- Action sur l'ion ammonium $\text{NH}_4^+$

Les ions hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ) réagissent avec les ions ammonium pour donner l'ammoniac et de l'eau. L'équation-bilan de la réaction est ;  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$

#### Remarque

On détecte aussi la présence de  $\text{NH}_3$  à partir de réactif de Nessler qui brunit.

## III- Notion de pH

### 1- Définition

Le pH est un coefficient chimique qui détermine l'acidité, la neutralité ou la basicité d'une solution aqueuse. Il est défini par la relation  $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-\text{pH}}$ .

### 2- Mesure de pH

Le pH d'une solution aqueuse se mesure à l'aide d'un pH-mètre ou avec le papier indicateur de pH.

Valeurs du pH de quelques solutions à  $25^\circ\text{C}$  ;

- jus de citron : pH = 2,3
- eau de javel : pH = 10,8
- eau pure : pH = 7.

Une solution à  $25^\circ\text{C}$  dont le pH est ;

- inférieur à 7 est dite solution **acide**
- égal à 7 est dite solution **neutre**
- supérieure à 7 est dite solution **basique**

### 3- pH de l'eau pure à $25^\circ\text{C}$

Le pH de l'eau pure est égal à 7 ( $[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^{-7} \text{ mol/L}$ ).

L'eau étant électriquement neutre, elle contient aussi les ions  $\text{OH}^-$  ( $[\text{OH}^-] = 10^{-7} \text{ mol/L}$ ).

Les ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  et  $\text{OH}^-$  proviennent de la réaction ;  $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$  appelée réaction **d'autoprotolyse de l'eau**.

### 4- Effet de la dilution sur le pH

#### 4.1- Solution d'acide chlorhydrique

C (mol.L <sup>-1</sup> )	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$
pH	2	3	4	5

Lorsqu'on dilue une solution acide, son pH augmente et tend vers celui de l'eau.

#### 4.2- Solution d'hydroxyde de sodium

C (mol.L <sup>-1</sup> )	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$
pH	12	11	10	9

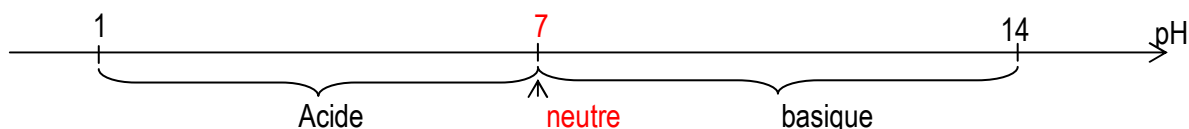
Lorsqu'on dilue une solution basique, son pH diminue et tend vers celui de l'eau

#### Remarque

L'opération de dilution ne transforme pas une solution acide en basique et inversement.

### 5- L'échelle du pH

L'échelle du pH varie de 1 à 14 (à  $25^\circ\text{C}$ )



Application 3

1. On donne la concentration des ions hydronium ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) présents dans les solutions suivantes.

Solution	A	B	C	D	E
$[\text{H}_3\text{O}^+]$ (mol/L)	$6,31 \cdot 10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-7}$	$10^{-3}$	$5,01 \cdot 10^{-13}$
pH					
Nature de la solution					

1.1. Compléter le tableau.

1.2. Comparer le nombre d'ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  et le nombre d'ions  $\text{OH}^-$  respectivement dans les solutions A, C et E.

2. Compléter le tableau ci-dessous d'elles

Solutions	A	B	C	D	E	F
pH	3	7	2,5	8,3	2,7	11,8
$[\text{H}_3\text{O}^+]$ (mol/L)						

3. On dilue 10fois les solutions A, B et F.

Calculer la nouvelle valeur du pH.

Exercice 4

1. Calculer le nombre de moles de chlorure d'hydrogène qu'il faut dissoudre dans l'eau pour préparer 400mL d'une solution d'acide chlorhydrique de pH = 3.

2. En déduire le volume de chlorure d'hydrogène qu'il faut prélever.

On donne  $V_m = 22,4 \text{ mol/L}$ .

3. Quel volume d'eau faut-il ajouter à la solution préparée pour obtenir une solution de pH=3,5 ?

Application 5 On donne en g/mol : Na : 23 ; O : 16 ; H : 1

On désire déterminer le pH d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.

1. Calculer la quantité de matière d'hydroxyde de sodium contenue dans 100cm<sup>3</sup> d'une solution de concentration molaire volumique  $C=10^{-2} \text{ mol/L}$ .

2. En déduire la masse de pastille d'hydroxyde de sodium qui a été dissoute.

3. On montre que :  $[\text{H}_3\text{O}^+].[ \text{OH}^-] = 10^{-14}$ .

Calculer la concentration des ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  présents dans la solution. En déduire le pH de la solution.

4. Quelle est la nature de la solution ?

Travaux dirigésExercice 1

On donne en g/mol : Ca : 40 ; C : 12 ; O : 16 et  $V_m=24 \text{ L/mol}$ .

Kiliane dissout du chlorure d'hydrogène (HCl) dans l'eau. Il obtient une solution d'acide chlorhydrique. L'attaque du carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) connu également sous le nom de calcaire par l'acide chlorhydrique, produit du dioxyde de carbone et du chlorure de calcium ( $\text{CaCl}_2$ ).

1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction.

2. Lors de la réaction, on utilise 6g de calcaire et 300mL d'acide chlorhydrique de concentration  $C = 0,5 \text{ mol/L}$ .

2.1. Les proportions stœchiométriques ont-elles été respectées lors du mélange ? Quel est le réactif en excès ?

2.2. Calculer le volume de dioxyde de carbone obtenu.

Exercice 2 On donne en g/mol : Zn:64 ; Cl:35,5 ; Ag:108 ;  $V_m = 21,4\text{L/mol}$

On dispose d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C = 0,1\text{mol/L}$ .

1. On en prélève  $150\text{cm}^3$  dans lesquels on ajoute du zinc en excès. On observe un dégagement de gaz qui brule en produisant détonation.

1.1. De quel gaz s'agit-il ? Ecrire sa formule chimique.

1.2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui s'est produite.

2. Calculer ;

2.1. La masse de zinc qui a réagi avec l'acide chlorhydrique à la fin de la réaction.

2.2. Le volume de dihydrogène obtenu dans les conditions normales.

2.3. La masse de chlorure de zinc formé.

3. On en fait un second prélèvement de  $100\text{cm}^3$  de la solution d'acide chlorhydrique dans lequel on ajoute une solution de nitrate d'argent en excès. Il apparait un précipité blanc qui est lavé puis séché.

3.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit.

Donner la formule chimique et le nom du précipité.

3.2. Calculer sa masse.

brainingenius.org

Chapitre 11Titre du cours : Réaction acido-basique. DosageObjectifs spécifiques

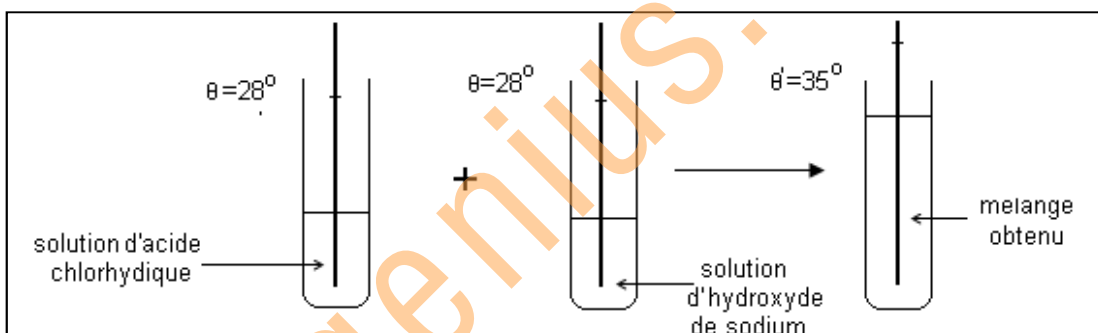
- Connaître les caractéristiques de la réaction entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium
- Réaliser un dosage acide-base
- Utiliser l'équivalence acido-basique pour déterminer la concentration d'une solution.

Plan du cours

Voir cours

Réaction acido-basique / DosageI- Caractéristique de la réaction entre la solution d'hydroxyde de sodium et la solution d'acide chlorhydrique1-Expérience et observation

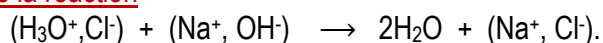
On mélange des volumes égaux de solution aqueuse d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium de même concentration.

2- Conclusion

La réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude dégage de la chaleur. Elle est **exothermique**.

Remarque

Le pH de la solution obtenue est égal à 7 à 25 °C. C'est une solution de chlorure de sodium qui est neutre.

3- Equation bilan de la réaction

L'équation simplifiée est :  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$

II- Dosage1- Définition

Doser une solution contenant une espèce chimique A c'est déterminer la concentration molaire volumique de cette espèce.

Pour cela on utilise un réactif dont on connaît la concentration qui avec A donne une réaction rapide et totale.

Remarque

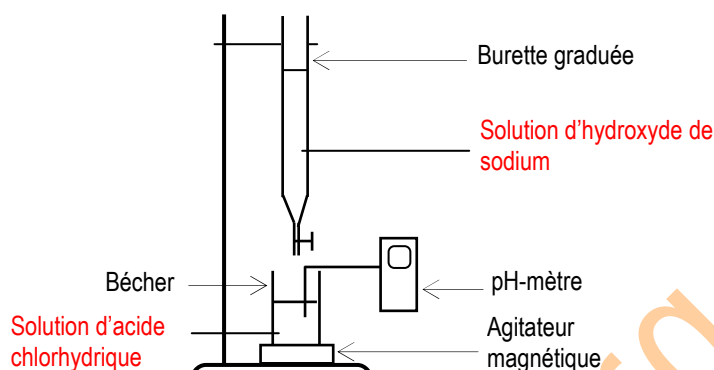
La réaction qui se produit chaque fois qu'une solution d'acide chlorhydrique et une solution d'hydroxyde de sodium réagissent l'une sur l'autre est appelée réaction acido-basique.

Son équation bilan est ;  $\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$ .

Les ions  $\text{Cl}^-$  et  $\text{Na}^+$  n'apparaissent pas dans l'équation bilan parce qu'ils ne participent à la réaction. Ce sont des **ions spectateurs**.

## 2- Mode opératoire

On verse progressivement à l'aide d'une burette graduée, une solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$  dans un bécher contenant 20mL d'acide chlorhydrique de même concentration. On ajoute quelques gouttes de bleu de bromothymol au mélange. Voir la figure ci-contre. On relève le pH du mélange au cours du dosage.



**Dosage d'une solution d'acide chlorhydrique par une solution d'hydroxyde de sodium**

## 3- Tableau de mesures

pH	1	1,2	1,3	1,5	2	7	11,9	12
$V_b$ (mL)	0	4	8	12	16	20	24	28
$n(b) = C_b V_b$ en mol	0	$4 \cdot 10^{-4}$	$8 \cdot 10^{-4}$	$12 \cdot 10^{-4}$	$16 \cdot 10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$24 \cdot 10^{-4}$	$28 \cdot 10^{-4}$

## 4- Exploitation

Pour un volume  $V_b = 20 \text{ mL}$  de base versé ;

- L'indicateur coloré passé du jaune au vert
- Le pH du mélange est alors 7

- On constate que  $C_a V_a = C_b V_b = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

Avec  $C_a V_a = n(\text{H}_3\text{O}^+)$  ; la quantité de matière d'ions hydronium présente dans l'acide chlorhydrique et  $C_b V_b = n(\text{OH}^-)$  ; la quantité de matière d'ions hydroxyde apportées par l'hydroxyde de sodium.

## 5- Définition de l'équivalence acido- basique

L'équivalence acido-basique est obtenue lorsque la quantité d'ions hydroxydes ( $\text{OH}^-$ ) apportée par la soude est égale à quantité d'ions hydronium ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) initialement présente dans la solution d'acide chlorhydrique.  $n(\text{OH}^-)_{\text{apportée}} = n(\text{H}_3\text{O}^+)_{\text{Présente}} \Rightarrow C_b V_b = C_a V_a$

## Application

1. Répond par vrai ou faux

- 1.1. La réaction entre l'acide chlorhydrique et la soude est endothermique.
  - 1.2. Lors de la réaction entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium, le pH à l'équivalence est égal à 7.
  - 1.3. Les ions  $\text{Na}^+$  et  $\text{Cl}^-$  ne participe par à la réaction acido-basique.
  - 1.4. La relation à l'équivalence acido-basique est  $C_a V_a = C_b V_b$ .
2. Qu'est-ce qu'un indicateur coloré ?
3. Qu'appelle-t-on zone de virage d'un indicateur coloré ?

### Travaux dirigés

#### Exercice 1

On mélange  $V_1 = 50\text{mL}$  d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_1 = 15 \cdot 10^{-2}\text{mol/L}$  et  $V_2 = 75\text{mL}$  d'une autre solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_2 = 0,5\text{mol/L}$ .

1. Calculer :

1.1. La quantité de matière d'ions  $\text{H}_3\text{O}^+$  des solutions 1 et 2

1.2. En déduire celle du mélange.

2. Déterminer le pH du mélange

3. Cette solution (mélange) sert à doser une solution de soude de volume  $V_b = 40\text{mL}$ . Il faut un volume  $V = 27\text{mL}$  de solution d'acide pour observer le virage de l'indicateur coloré.

3.1. Que caractérise le virage de l'indicateur coloré ?

3.2. Déterminer la concentration molaire de la solution de soude.

4. Quelle masse de pastille de soude faut-il dissoudre dans  $500\text{mL}$  d'eau pour obtenir la solution de soude précédente ?

On donne en  $\text{g/mol}$  : Na : 23 ; O : 16 ; H : 1.

#### Exercice 2

On mélange un volume  $V_1 = 150\text{cm}^3$  d'une solution de soude de concentration  $C_1 = 0,5\text{mol/L}$  et un volume  $V_2 = 50\text{cm}^3$  d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_2 = 0,1\text{mol/L}$ .

1. Déterminer le nombre de mole d'ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  et  $\text{OH}^-$  apportés par l'acide et la base.

2. Quelle est la nature du mélange obtenu ? Justifier.

3. Quel volume de la solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C = 0,15\text{mol/L}$  faut-il ajouter au mélange pour obtenir une solution neutre ?

*Tome 1*

# Cours de Physique 2<sup>nde</sup>

Annale de cours  
et d'exercices

Proposé par KANGA Henri



### Avant-propos

Mon combat est celui d'une école d'apprentissage, d'éducation et de réussite. Cet objectif est du reste largement partagé par l'ensemble de tous les acteurs de l'école ivoirienne. En effet, l'école est une institution dispensatrice de savoir et de valeurs à même de consolider la société. C'est en cela qu'elle participe au développement de la société dont elle est l'émanation.

Mais cette quête n'est réalisable que si les acteurs et les partenaires de l'école ivoirienne croient en la vertu du courage et de l'effort, aussi bien au niveau de l'apprenant que de l'enseignant. Ne dit-on pas que: « l'effort fait des forts » ?

La tricherie est un fléau et donc un obstacle au développement de nos sociétés. Tricher, c'est se tromper soi-même et ne mène nulle part. Par conséquent la persévérance au travail, l'endurance face aux diverses difficultés et la patience de reprendre une année d'étude en vue de parfaire le niveau et les acquis, valeurs qui cultivées par l'apprenant, l'engagerait résolument sur la voie de la réussite.

Ce faisant, ce document contient des exercices qui le familiariseront avec le type d'épreuve auquel il sera soumis aux devoirs de classe. Il permet un entraînement rigoureux, un bilan partiel au terme des objectifs spécifiques se rapprochant, donc à une préparation optimale qui seule conduit aux bonnes performances, gage de la réussite. Chers collègues, aidez les élèves à s'exercer afin de tirer de ce document les atouts de leur réussite.

**NB :** Les exercices regroupés dans cet ouvrage proviennent de devoirs de classe, de niveau et de livres au programme en classe de seconde. Les démarches utilisées pour la résolution des exercices ne sont pas absolues. Pour améliorer le rendement des apprenants, toutes les remarques et suggestions sont les bienvenues.

KANGA Henri  
Professeur de Lycée

Progression seconde C

Année scolaire 2009 – 2010

	Sem	Physique	Chimie
Sept.	1	Prise de contact	Notion d'éléments chimique
	2	Le mouvement	
Oct.	3		
	4		Structure de l'atome
	5		
6			
Nov.	7	Actions mécaniques ou forces	Classification périodique des éléments chimiques
	8		
Déc.	9	Equilibre d'un solide soumis à deux, puis à trois forces	Ions et molécules
	10	Equilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe	
	11		Mole et grandeurs molaires
	12		
Janv.	13	Principe d'inertie	Equation – bilan d'une réaction chimique
	14	Quantité mouvement	
	15		
	16	Semaine tampon	
Févr.	17	Le courant électrique	Chlorure de sodium
	18	Intensité d'un courant continu	
	19	Tension électrique	Solutions aqueuses ioniques
	20		
Mars	21	Etude expérimentale de quelques dipôles passifs	Tests d'identification de quelques ions
	22		
	23	Semaine tampon	
Avril	24	Etude expérimentale d'un dipôle actif ; point de fonctionnement.	Solutions acides et basiques. Mesure de pH
	25		
	26	Le transistor : un amplificateur de courant	
Mai	27	La chaîne électronique	Réaction acido-basiques. Dosage
	28		
	29	Révision	
30	Révision		

Je ne saurai écrire ce document sans faire un clin d'œil à mes collègues professeurs des Sciences physiques des Lycées modernes 1 et 2 de Soubré.

Mes remerciements sont en particulier adressés au collègue Lobognon Ahouman pour m'avoir remis des documents de cours collectés sur le net. Merci cher collègue.

KANGA Henri

## Mécanique

### Chapitre 1

Titre du cours : **Le mouvement**

#### Objectifs spécifiques

1. Associer un mouvement à un référentiel
2. Déterminer les caractéristiques du vecteur-vitesse d'un point mobile
3. Identifier différents types de mouvements

#### Plan du cours

Voir cours

### Le mouvement

#### I. Caractère relatif du mouvement

##### 1. Notion de référentiel

##### 1.1. Observation

Un élève sur son vélo est ;

- immobile ou au repos par rapport à son camarade qu'il remorque.
- en mouvement par rapport à un autre camarade assis sous un arbre.

##### 1.2. Conclusion

La notion de mouvement d'un corps dépend du solide par rapport auquel le mouvement observé.

On dit que le mouvement a un **caractère relatif**.

L'objet de référence par rapport auquel le mouvement est observé, constitue le **référentiel**. Il doit être toujours précisé pour l'étude de tout mouvement.

##### Exemples de référentiels

Référentiel de Copernic ou héliocentrique (le centre est celui du soleil).

Référentiel géocentrique (le centre est celui de la terre).

Référentiel terrestre.

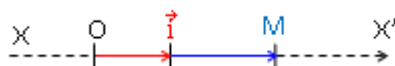
##### 2. Repérage d'un point mobile

##### 2.1. Repère d'espace

A un référentiel d'espace, on lie toujours un repère d'espace qui est un système d'axes permettant de repérer la position des objets.

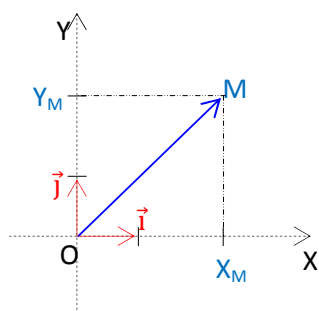
##### Exemples de repères

a - Sur un axe muni du repère  $\mathcal{R}(O, \vec{i})$



Le vecteur position  $\vec{OM} = X_M \vec{i}$ .  
La distance  $OM = X_M$ .

b - Dans un plan muni du repère  $\mathcal{R} (0, \vec{i}, \vec{j})$



Le vecteur position  $\overrightarrow{OM}$

$$\overrightarrow{OM} = X_M \vec{i} + Y_M \vec{j}$$

La distance OM

$$OM = (X_M^2 + Y_M^2)^{1/2}$$

### Remarque

Il existe aussi le repère à trois axes orthogonaux (Ox, Oy, Oz) liés respectivement aux vecteurs unitaires  $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ .

### 2.2. Repère de temps

Il est défini par un instant d'origine pris arbitrairement comme origine des dates ( $t = 0$ ) et une unité de durée (unité légale : la seconde s)

### 3. Trajectoire d'un point mobile

La trajectoire d'un point mobile est l'ensemble des points occupés successivement par un celui-ci pendant son mouvement. La trajectoire est ;

- Rectiligne lorsque les points sont alignés
- Circulaire lorsque les points décrivent un cercle.
- Curviligne lorsque les points forment une courbe quelconque.

## II - Vitesse d'un point mobile

### 1. Vitesse moyenne

La vitesse moyenne d'un point mobile entre deux points  $M_1$  et  $M_2$  est le quotient de la distance parcourue  $M_1M_2 = d$  par la durée  $\Delta t = t_2 - t_1$  du parcours.

$$V_m = \frac{d}{\Delta t}. \quad \text{Avec } d \text{ en m, } \Delta t \text{ en s et } V_m \text{ en m/s.}$$

Remarque:  $V_m$  s'exprime aussi en km/h :  $1\text{m/s} = 3,6 \text{ km/h}$

### 2. Vitesse instantanée

C'est la vitesse à un instant donné. Elle est lue sur le compteur de vitesse (Tachymètre)

Exemple : Le car roulait à 110km/h lorsqu'il a été sifflé par la police.

## III- Vecteur - vitesse

### 1. Vecteur vitesse moyenne

Entre deux positions  $M_1$  et  $M_2$ , le vecteur vitesse moyenne est donné par la relation :  $\vec{v}_m = \frac{\overrightarrow{M_1M_2}}{t_2 - t_1}$

### 2. Vecteur vitesse instantanée

#### 2.1. Expression

Le vecteur vitesse instantanée à l'instant  $t_1$  noté  $\vec{v}_1$  et encadré par les instants  $t_0$  et  $t_2$  très proches

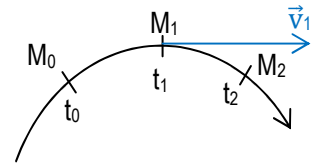
est donné par la relation  $\vec{v}_1 = \frac{\overrightarrow{M_0M_2}}{t_2 - t_0}$ .

Si les positions consécutives occupées par le mobile sont séparées par des intervalles de temps

égaux à  $\tau$ , on a  $t_2 - t_0 = 2\tau$  et donc  $\vec{v}_1 = \frac{\overrightarrow{M_0M_2}}{2\tau}$

## 2.2. Caractéristiques du vecteur - vitesse $\vec{v}_1$

- Point d'application : le point  $M_1$
- Direction : la tangente à la trajectoire au point  $M_1$
- Sens : celui du mouvement.
- Valeur :  $v_1 = \frac{M_0M_2}{2\tau}$  exprimée en m/s.



## IV - Etude de quelques mouvements particuliers

### 1. Etude de l'enregistrement N°1 (voir doc).



#### 1.1. Nature du mouvement

##### Activité 1

- Numéroter les différents points de la trajectoire.
- Relier par des traits discontinus fins les points de la trajectoire et en déduire la nature de trajectoire.

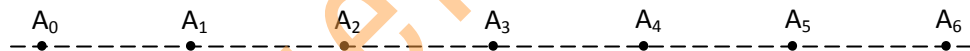
Les points sont alignés : La trajectoire est une droite (rectiligne).

- Mesurer la distance entre deux points consécutifs de la trajectoire et en conclure.

La distance entre deux points consécutifs est la même : le mouvement est uniforme.

- Déduire de qui précède la nature du mouvement.

Le mouvement est rectiligne uniforme



#### 1.2. Généralisation

Un mouvement est dit rectiligne uniforme si la trajectoire est une droite et le vecteur vitesse est constant.

#### 1.3. Calcul de vitesses et représentation des vecteurs-vitesses

##### Activité 2

- Calculer la vitesse du mobile aux dates  $t_2$  ;  $t_4$ .

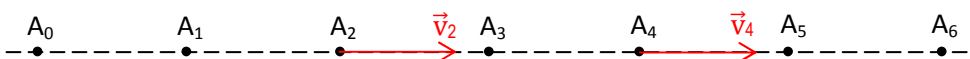
- Représenter les vecteurs - vitesses  $\vec{v}_2$ ,  $\vec{v}_4$ .

- Comparer les vecteurs - vitesses obtenus.

Les vecteur- vitesses ont la même direction, le même sens et la même valeur donc  $\vec{v}_2 = \vec{v}_4$ .

- En déduire la nature du mouvement étudié.

La trajectoire est une droite et la vitesse est constante : le mouvement est rectiligne uniforme.



## 2. Etude de l'enregistrement N°8 (voir doc).



### 2.1. Nature du mouvement

#### Activité 3

- Numéroté les différentes positions de la trajectoire.
- Relier par des traits fins discontinus les points de la trajectoire et en déduire sa nature

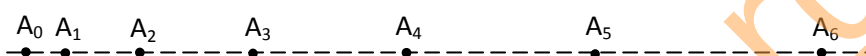
Les points sont alignés : la trajectoire est une droite (rectiligne)

- Mesurer la distance entre deux points consécutifs de la trajectoire et conclure.

La distance entre deux points consécutifs de la trajectoire varie : Le mouvement est varié

- En déduire la nature du mouvement.

Le mouvement est rectiligne varié.



### 2.2. Calcul de vitesses et représentation des vecteurs-vitesses

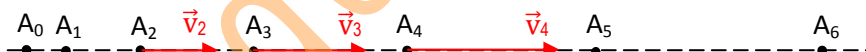
#### Activité 4

- Calculer la vitesse du mobile aux dates  $t_2$ ,  $t_3$  et  $t_4$ .
- Représenter les vecteurs – vitesses en ces points.
- Comparer les vecteurs vitesses obtenus.

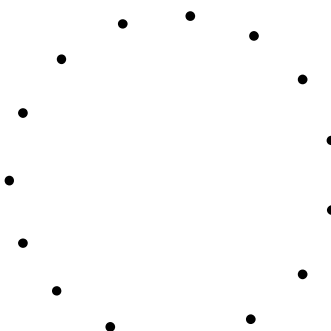
Les vecteurs – vitesses ont la même direction, le même sens mais des valeurs différentes.

- Définir le mouvement étudié.

La trajectoire est une droite et le vecteur-vitesse varie : Le mouvement est rectiligne varié.



## 3. Etude de l'enregistrement N°4 (voir doc).



### 3.1. Nature du mouvement

#### Activité 5

- Numéroté les différentes positions de la trajectoire
- Tracer la médiatrice de chacun des segments  $[M_0M_2]$ ,  $[M_2M_4]$ ,  $[M_4M_6]$  et conclure.

Les médiatrices sont concourantes en un point O.

- Tracer la trajectoire et conclure.

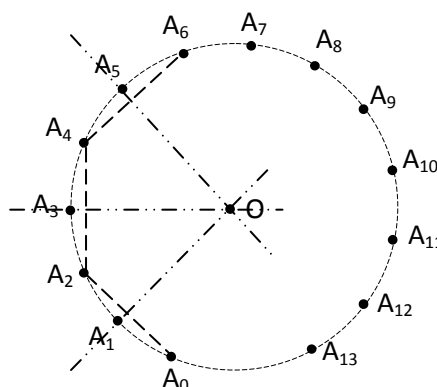
La trajectoire est un cercle.

- Comparer les écarts entre les différentes positions consécutives.

Les écarts sont les mêmes : le mouvement est uniforme.

- Dédurre de ce qui précède la nature du mouvement

Le mouvement est circulaire uniforme.



### 3.2. Calcul de vitesses et représentation des vecteurs-vitesses

#### Activité 6

- Calculer la vitesse du mobile aux dates  $t_2$  ;  $t_4$  et  $t_6$ .

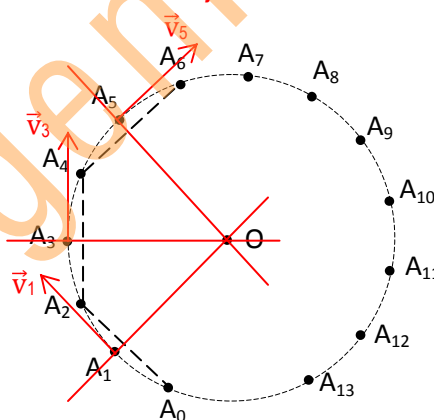
- Représenter les vecteurs – vitesses à ces dates

- Comparer les vecteurs – vitesses correspondants.

Les vecteurs – vitesses ont la même valeur mais des directions différentes

- Définir le mouvement circulaire uniforme.

Un mouvement est circulaire uniforme si la trajectoire est un cercle et la valeur de la vitesse est constante.



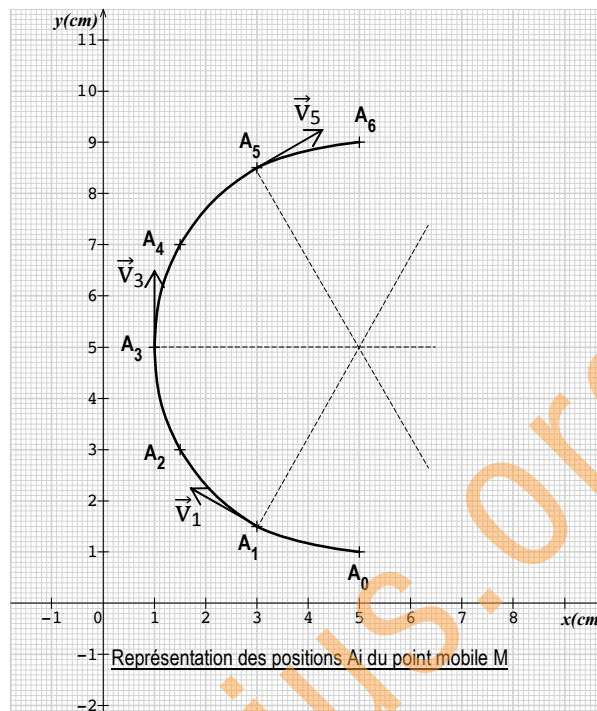
#### Application 1

Les positions  $A_i$  d'un point mobile M sur un plan horizontal à des intervalles de temps réguliers et égaux  $t = 25\text{ms}$  sont données dans le tableau ci-dessous.

Positions $A_i$	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$
Dates $t_i$ (ms)	0	25	50	75	100	125	150
$x_i$ (cm)	5	3	1,5	1	1,5	3	5
$y_i$ (cm)	1	1,5	3	5	7	8,5	9

1. Représenter sur une feuille de papier millimétré les positions  $A_i$  dans le plan muni du repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  tel que  $\|\vec{i}\| = \|\vec{j}\| = 1\text{cm}$ . Quelle est la nature de la trajectoire du mouvement du point mobile M?
2. Calculer les vitesses instantanées  $v_1$ ,  $v_3$  et  $v_5$  du point mobile aux positions  $A_1$ ,  $A_3$  et  $A_5$ .
3. Quelle est la nature du mouvement ? Justifier.
4. Représenter sur la figure les vecteurs vitesses  $\vec{v}_1$ ,  $\vec{v}_3$  et  $\vec{v}_5$  aux positions  $A_1$ ,  $A_3$  et  $A_5$ .

Echelle : 1,5cm pour  $0,8\text{ ms}^{-1}$ .

Correction de l'application 11. Représentons les positions  $A_i$ 

## 2. Calcul de vitesses

$$v_1 = \frac{A_0A_2}{2\tau} = \frac{4 \cdot 10^{-2}}{2 \times 25 \cdot 10^{-3}} = 0,8 \text{ m/s}; \quad v_3 = \frac{A_2A_4}{2\tau} = \frac{4 \cdot 10^{-2}}{2 \times 25 \cdot 10^{-3}} = 0,8 \text{ m/s};$$

$$v_5 = \frac{A_4A_6}{2\tau} = \frac{4 \cdot 10^{-2}}{2 \times 25 \cdot 10^{-3}} = 0,8 \text{ m/s}.$$

Remarque

$$A_0A_2 = \sqrt{(x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2} = 4 \text{ cm}; \quad A_0A_2 = A_2A_4 = A_4A_6 = 4 \text{ cm}.$$

3. La trajectoire est un cercle et la vitesse est constante donc le mouvement est circulaire uniforme.

4. Voir la figure

$$L(\vec{v}_1) = L(\vec{v}_3) = L(\vec{v}_5) = 1,5 \text{ cm}.$$

Application 2

Un train A part d'Abidjan à 8h15mn pour se rendre à Bouaké situé à 460km plus au nord d'Abidjan.

Un autre train B part à 9h pour la même destination.

On donne  $v_A = 108 \text{ km/h}$  et  $v_B = 162 \text{ km/h}$ .

1. A quelle heure chacun des trains A et B arrive-t-il à destination ?
2. Déterminer la distance parcourue par le train A juste avant le démarrage du train B.
3. A quelle heure le train B rattrape-t-il le train A ?
4. En déduire la distance parcourue par le train B à partir d'Abidjan.

Correction de l'application 2

1. Le temps mis par chaque train

$$t_A = 460/108 = 4,26 \text{ h} = 4 \text{ h } 15 \text{ mn } 36 \text{ s}. \quad t_B = 460/162 = 2,84 \text{ h} = 2 \text{ h } 50 \text{ mn } 24 \text{ s}$$

Heure d'arrivée de chaque train

Train A : 12h 30mn 36s.

Train B : 11h 50mn 24s

2. La distance parcourue par le train A

$$D = 108 \times \frac{3}{4} = 81 \text{ km}$$

3. L'heure à laquelle le train B rattrape le train A.

Au dépassement,  $v_A \cdot \Delta t + D = v_B \cdot \Delta t$  donc  $\Delta t = D/(v_A + v_B) = 81/45 = 1,5\text{h}$

Heure ; 10h 30mn

4. La distance  $D' = v_B \cdot \Delta t = 162 \times 1,5 = 243 \text{ km}$ .

Vérification : train A ;  $D' = 108 \times 1,5 + 81 = 243 \text{ km}$ .

### Travaux dirigés

#### Exercice 1

L'enregistrement ci-dessous est la représentation à l'échelle 1/2 du mouvement d'un point mobile M.

L'intervalle de temps entre deux positions consécutives vaut  $\tau=60\text{ms}$ .

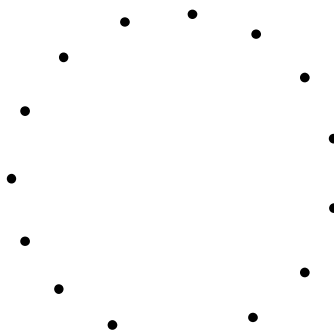


1. Calculer la vitesse instantanée aux instants  $t_2$ ,  $t_3$  et  $t_5$ .
2. Donner la nature du mouvement du point mobile M. Justifier.
3. Représenter les vecteurs vitesses aux instants  $t_2$ ,  $t_3$  et  $t_5$ .  
Prendre  $1\text{cm}$  pour  $0,5\text{ms}^{-1}$ .
4. Calculer vitesse moyenne du point mobile sur la distance  $M_0M_6$ .

#### Exercice 2

La figure ci-dessous est la représentation à l'échelle 1/5 du mouvement d'un mobile autoporteur M attaché au point O le centre de la trajectoire du mouvement. L'intervalle de temps entre deux positions consécutives vaut  $\tau = 50\text{ms}$ . Le mobile M se déplace dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.

1. Calculer la vitesse instantanée aux instants  $t_4$ ,  $t_7$  et  $t_{10}$ .
2. Donner la nature du mouvement du point mobile M. Justifier.
3. Représenter les vecteurs vitesses aux instants  $t_4$ ,  $t_7$  et  $t_{10}$ .  
Prendre  $1\text{cm}$  pour  $0,5\text{ms}^{-1}$ .
4. Déterminer la position du point O et tracer la trajectoire du point mobile M.



#### Exercice 3

L'enregistrement ci-dessous est la représentation du mouvement d'un point mobile M. L'intervalle de temps entre deux positions consécutives vaut  $\tau=50\text{ms}$ .



1. Calculer la vitesse instantanée aux instants  $t_2$ ,  $t_3$  et  $t_5$ .
2. Donner la nature du mouvement du point mobile M. Justifier.
3. Représenter les vecteurs vitesses aux instants  $t_2$ ,  $t_3$  et  $t_5$ . Prendre 1cm pour 0,4ms<sup>-1</sup>.

#### Exercice 4

Un cycliste A quitte le point C et part à la rencontre d'un autre cycliste B venant du point D.

Le cycliste A parcourt le trajet CD en 45mn à la vitesse de 1,6km/h alors que le cycliste B le parcourt en 1h.

1. Calculer :
  - 1.1. La distance CD en km.
  - 1.2. La vitesse du cycliste B en km/h et en m/s.
2. Sachant que les deux cyclistes quittent respectivement les points C et D à 15h :
  - 2.1. Calculer le temps mis par les cyclistes avant la rencontre.
  - 2.2. A quelle heure les cyclistes se rencontrent-ils ?
  - 2.3. A quelle distance du point C a lieu la rencontre ?
  - 2.4. Calculer la distance parcourue par le cycliste B.

#### Exercice 5

Monsieur KANGA, un ingénieur à la SODEXAM résidant à Yamoussoukro, a un rendez-vous avec une société à 9h à Abidjan, distante de 246km. Parti de Yamoussoukro à 6h40mn, il parcourt le trajet Yamoussoukro-Autoroute long de 102km à la vitesse moyenne de 90km/h.

1. Quel temps l'ingénieur KANGA met-il pour atteindre l'autoroute ?
2. A quelle heure arrive-t-il à l'autoroute ?
3. Déterminer, en km/h, la vitesse à laquelle doit rouler l'ingénieur pour arriver à l'heure à son rendez-vous.

#### Exercice 6

Dans le plan rapporté au repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  tel que  $\|\vec{i}\| = \|\vec{j}\| = 1\text{cm}$ , un point mobile M est repéré à la date t par ses coordonnées  $(x, y)$ .

M <sub>i</sub>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	M <sub>5</sub>	M <sub>6</sub>
t(s)	-0,05	-0,02	0,01	0,04	0,07	0,1
X(m)	-1,2	-0,6	0	0,6	1,2	1,8
Y(m)	0,62	0,32	0,02	-0,28	-0,58	-0,88

1. Représenter les positions successives du point mobile M dans le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ .

Echelle : 1cm pour 0,3m sur les deux axes.

2. Tracer la trajectoire du point M.
3. Déterminer la vitesse instantanée du mobile aux positions M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub> et M<sub>5</sub>.
4. Représenter les vecteurs vitesses aux positions M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub> et M<sub>5</sub>. Prendre 1cm pour 7,5m/s.

#### Exercice 7

On photographie la chute d'une bille suivant la verticale, à intervalles de temps réguliers  $\tau = 20\text{ms}$ . Les distances d parcourues par la bille depuis son départ sont indiquées dans le tableau ci-dessous.

Temps	0	1 $\tau$	2 $\tau$	3 $\tau$	4 $\tau$	5 $\tau$	6 $\tau$	7 $\tau$	8 $\tau$
d(cm)	0	0,2	0,8	1,8	3,1	4,9	7,1	9,6	12,5
v(cm/s)	⊗								⊗

1. Représenter à l'échelle 1 les différentes positions occupées par la bille au cours de sa chute.
2. Recopier et compléter la dernière ligne du tableau. Quelle est la nature du mouvement ?

3. Calculer la vitesse moyenne de la bille entre  $t = 0$  et  $t = 8\tau$  en cm/s puis en m/s.
4. Représenter les vecteurs vitesses aux instants  $t = 3\tau$  ;  $t = 5\tau$  et  $t = 7\tau$ . Prendre 1cm pour  $0,5 \text{ ms}^{-1}$ .

### Exercice 8

Les positions d'un point mobile sur un plan à des intervalles de temps égaux  $\tau = 25 \text{ ms}$  sont données dans le tableau ci-dessous.

Positions	$A_0$	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$
Dates	0	$\tau$	$2\tau$	$3\tau$	$4\tau$	$5\tau$	$6\tau$
x(cm)	5	3	1,5	1	1,5	3	5
y(cm)	1	1,5	3	5	7	8,5	9

1. Représenter les positions  $A_i$  dans le plan rapporté au repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  tel que  $\|\vec{i}\| = \|\vec{j}\| = 1 \text{ cm}$ . Prendre 1,5cm pour  $0,8 \text{ ms}^{-1}$ .
2. Déterminer la vitesse instantanée du mobile aux positions  $A_1$ ,  $A_3$  et  $A_5$ .
3. Quelle est la nature du mouvement ? Justifier.
4. Représenter les vecteurs vitesses aux instants  $t = 1\tau$  ;  $t = 3\tau$  et  $t = 5\tau$ .

Titre du cours : **Actions mécaniques ou forces****Objectifs spécifiques**

1. Identifier des actions mécaniques à partir de leurs effets.
2. Modéliser une action mécanique localisée.
3. Modéliser une action mécanique répartie.
4. Appliquer le principe des actions réciproques.
5. Identifier des actions mécaniques qui s'exercent sur un système.

**Plan du cours**

Voir cours

**Actions mécaniques ou forces****I- Manifestation d'une action mécanique****1- Effet dynamique****1.1- Mise en mouvement d'un objet**

Koffi pousse une brouette initialement immobile ; elle se met en mouvement.

Koffi exerce une action mécanique sur la brouette qui la met en mouvement.

Auteur : Les bras de Koffi.

Receveur : La brouette.

Une action mécanique peut donc mettre un objet en mouvement.

**1.2- Modification du mouvement d'un objet**

Drogba marque un but de la tête sur un corner. Sa tête exerce une action mécanique sur la balle qui modifie son mouvement

Auteur : La tête de Drogba

Receveur : La balle

Une action mécanique peut donc modifier la nature du mouvement d'un objet.

**2- Effet statique****2.1- Déformation d'un objet**

Bamba presse un chiffon ; il change de forme. La main de Bamba exerce une action mécanique sur le chiffon qui le déforme.

Auteur : La main de Bamba.

Receveur : le chiffon

Une action mécanique peut déformer un objet.

**2.2- Equilibre d'un objet**

Un livre posé sur une table horizontale reste immobile. La table exerce une action mécanique sur le livre qui le maintient en équilibre.

Auteur : La table

Receveur : Le livre.

Une action mécanique peut maintenir un objet en équilibre.

**3- Définition d'une force**

Une force est une action mécanique capable de :

- Mettre un corps en mouvement ou modifier son mouvement.
- Déformer un corps ou le maintenir en équilibre.

On distingue :

- Les forces de contact : la tension d'un fil ; les forces de frottement
- Les forces à distance : l'attraction terrestre, la force électrostatique, la force magnétique.

## II- Modélisation d'une action mécanique

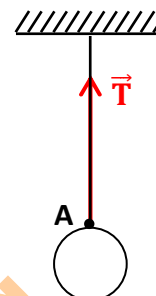
### 1- Caractère vectoriel de la force

Une force est une grandeur vectorielle dont les caractéristiques sont :

- Point d'application : C'est le point où la force agit.
- Direction : la droite suivant laquelle la force agit.
- Sens : Celui du mouvement que la force est susceptible de produire.
- Intensité : C'est la valeur de la force exprimée en newton(N)

### 2- Représentation

Pour représenter une force, il faut choisir une échelle convenable.



### Exemple

Représenter la tension  $\vec{T}$  de valeur 10N du fil sur la figure ci-contre à l'échelle 1cm pour 5N  
Voir la figure ci-dessus.

## III- Etude de quelques exemples de force

### 1- Poids d'un corps

#### 1.1- Définition

Le poids d'un corps est l'attraction exercée par la terre sur ce corps.

C'est une action mécanique à distance répartie en volume

#### 1.2- Caractéristiques

- Point d'application : Le centre de gravité G du corps.
- Direction : La verticale passant par G
- Sens : Du haut vers le bas.
- Intensité  $P = mg$  avec P en N, m en kg et g en N/kg

### Remarque

Le poids d'un corps varie avec le lieu car l'intensité de la pesanteur g varie.

### Exemples

Lieu	Lune	Equateur	Pôle nord	Jupiter
Intensité de la pesanteur g (N/kg)	1,6	9,78	9,83	26

### 2- Tension d'un ressort

#### 2.1- Définition

C'est la force exercée par le ressort sur un corps accroché à l'une de ses extrémités

C'est une action mécanique de contact localisée.

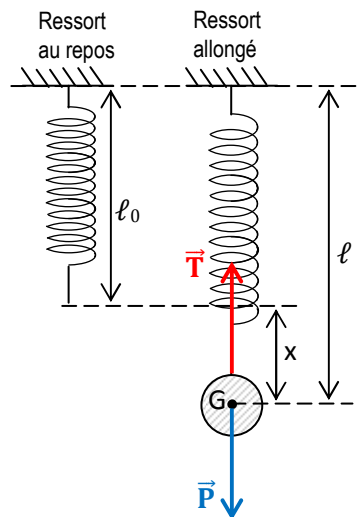
#### 2.2- Caractéristiques

- Point d'application : Point de contact entre le corps et le ressort.
  - Direction : L'axe du ressort.
  - Sens : Voir schéma ci-contre.
  - Intensité : C'est sa valeur T exprimée en N.
- $l_0$  : longueur à vide du ressort.  $\Delta l = x = l - l_0$  : allongement du ressort.

#### 2.3- Etude de l'allongement d'un ressort

##### a/ Protocole-expériences

On utilise le dispositif ci-dessous. On mesure la longueur à vide  $l_0$ . Pour des différentes masses marquées accrochées à l'extrémité libre du ressort, on mesure les différentes longueurs  $l$  correspondantes du ressort.

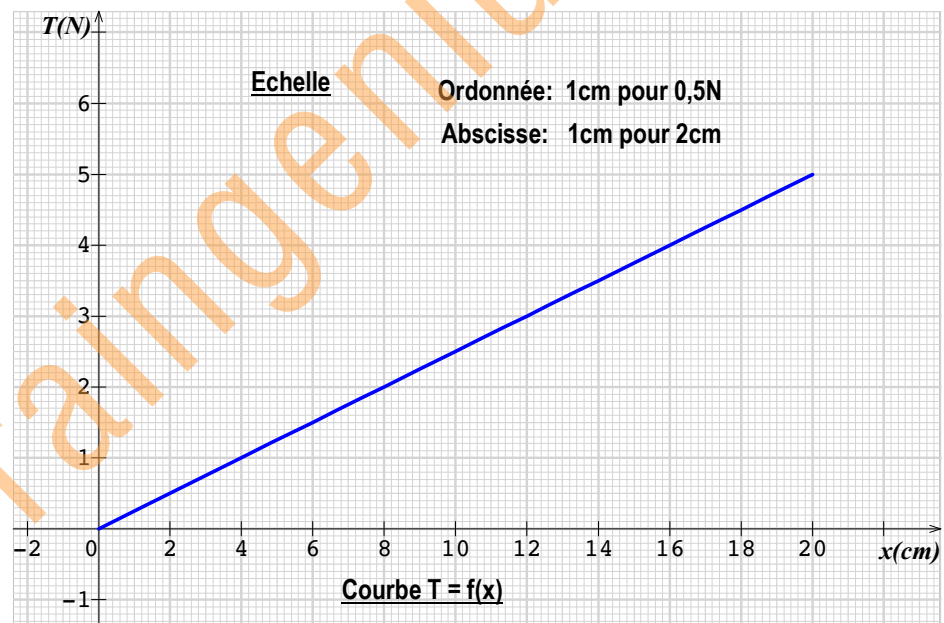


b/ Tableau de mesures

Prendre  $g = 10\text{N/kg}$  et  $l_0 = 3\text{cm}$ .

masses (g)	10	15	20	25	50
$P = T = mg$ (N)	1	1,5	2	2,5	5
$l$ en cm	3,4	3,6	3,8	4,0	5,0
$\Delta l = x = l - l_0$ (cm)	0,4	0,6	0,8	1,0	2,0

c/ Tracé du graphe  $T = f(x)$



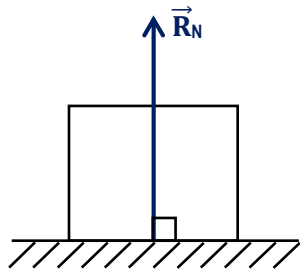
d/ Exploitation de la courbe

La courbe obtenue est une droite passant par l'origine du repère. La tension  $T$  et l'allongement  $x$  sont proportionnels. Le coefficient de proportionnalité noté  $k$  est la constante de raideur (ou la raideur) du ressort. On a  $k = \frac{\Delta T}{\Delta x} = \frac{T}{x} = 25\text{N/m}$ .

e/ Conclusion

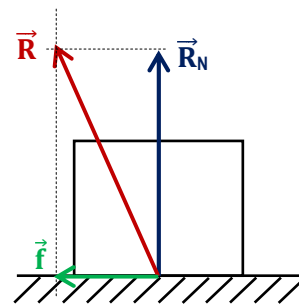
La tension  $T$  d'un ressort est proportionnelle à son allongement :  $T = k \cdot x$  avec  $T$  (en N),  $x$  (en m) et  $k$  (en N/m).

### 3- Réaction du support



Sol parfaitement lisse. La réaction du support est perpendiculaire au support.

On parle de réaction normale  $\vec{R}_N$ .

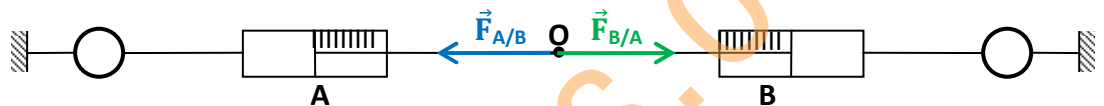


Sol n'est pas lisse. La réaction est inclinée par rapport au support. La réaction  $\vec{R} = \vec{R}_N + \vec{f}$ .

### 4- Poussée d'Archimède (Rappeler les caractéristiques de la poussée d'Archimède).

## IV- Principe des actions réciproques

### 1- Mise en évidence



On constate que les deux forces ont la même direction, des sens opposés et la même valeur (intensité). On dit que les deux dynamomètres A et B sont **en interaction**.

### 2- Énoncé du principe

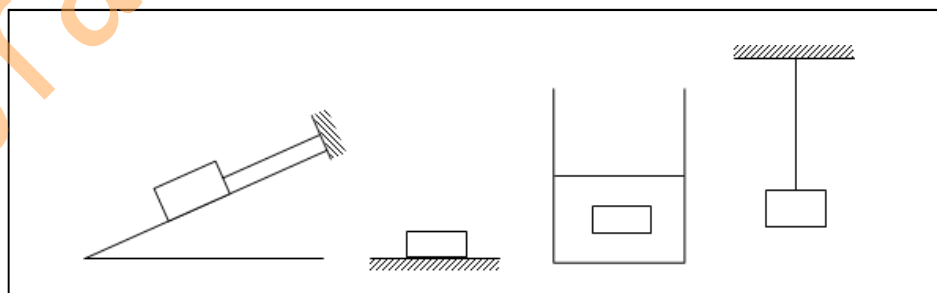
Lorsque deux corps A et B sont en interaction, le corps A exerce une force  $\vec{F}_{A/B}$  sur le corps B et le corps B exerce une force  $\vec{F}_{B/A}$  sur le corps A telle que  $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$

### Exemple

La marche à pied, la propulsion d'une fusée, ... etc.

### Application 1

Représenter sur chaque figure les forces extérieures qui s'exercent sur le solide en précisant à chaque fois si la force est une action mécanique de contact localisé, une action mécanique à distance répartie en volume, une action mécanique de contact répartie en surface.



### Application 2

On accroche à un ressort de masse négligeable fixé à une potence des masses marquées. A vide, la longueur du ressort est  $l_0 = 3\text{cm}$ . Les résultats de l'expérience sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Masse (g)	10	15	20	30	42,5	55
Longueur du ressort (cm)	3,4	3,6	3,8	4,2	4,7	5,2

1. Ecrire la condition d'équilibre pour chaque masse.
2. Déterminer :
  - 2.1. Les différentes tensions du ressort pour ces masses. Prendre  $g = 10 \text{ N/kg}$ .
  - 2.2. Les différents allongements provoqués par chaque masse.
3. Construire la courbe de la tension en fonction de l'allongement.  
Echelle : En ordonnée : 1cm pour 1N et en abscisse 1cm pour  $2 \cdot 10^{-2}\text{m}$ .
4. Calculer la constante de raideur  $k$  du ressort.
5. Quelle est la longueur du ressort lorsqu'on accroche une masse  $m = 62,5 \text{ g}$  ?
6. Calculer la masse à accrocher au ressort pour que sa longueur soit 6,6cm.

### Travaux dirigés

#### Exercice 1

1. Un ressort  $R_1$  a pour constante de raideur  $k_1 = 40 \text{ N/m}$ .
  - 1.1. Calculer sa tension quand son allongement est égal à 15cm.
  - 1.2. Calculer son allongement  $x$  quand sa tension vaut 1,2N.
2. Pour mesurer la constante de raideur d'un ressort  $R_2$ , on lui accroche une masse  $m=150\text{g}$  en un lieu où l'intensité de la pesanteur vaut  $g = 10 \text{ N/kg}$ .  
Sa longueur augmente de 6cm.
  - 2.1. Calculer la constante de raideur du ressort  $R_2$ .
  - 2.2. Quel est son allongement lorsqu'on lui suspend une masse  $m' = 250 \text{ g}$  au même lieu ?
  - 2.3. Quelle masse faut-il lui accrocher pour que son allongement, au même lieu, soit 14cm ?

#### Exercice 2

La longueur à vide d'un ressort est  $l_0 = 25\text{cm}$ . Sa longueur devient 29cm quand on lui accroche une masse  $m = 400\text{g}$  en un lieu où l'intensité de la pesanteur vaut  $g = 9,8 \text{ N/kg}$ .

1. Calculer la constante de raideur du ressort
2. Calculer sa longueur quand on lui accroche une masse  $m' = 750\text{g}$  au même lieu.
3. Calculer la masse  $m$  qu'il faut lui suspendre pour qu'au même lieu sa longueur soit 38cm.

## Titre du cours : **Equilibre d'un solide soumis à deux puis trois forces**

### Objectifs spécifiques

1. Appliquer les conditions d'équilibre d'un solide soumis à l'action de deux forces.
2. Appliquer les conditions d'équilibre d'un solide soumis à l'action de trois forces non colinéaires.

### Plan du cours

Voir cours

## Equilibre d'un solide soumis à deux puis trois forces

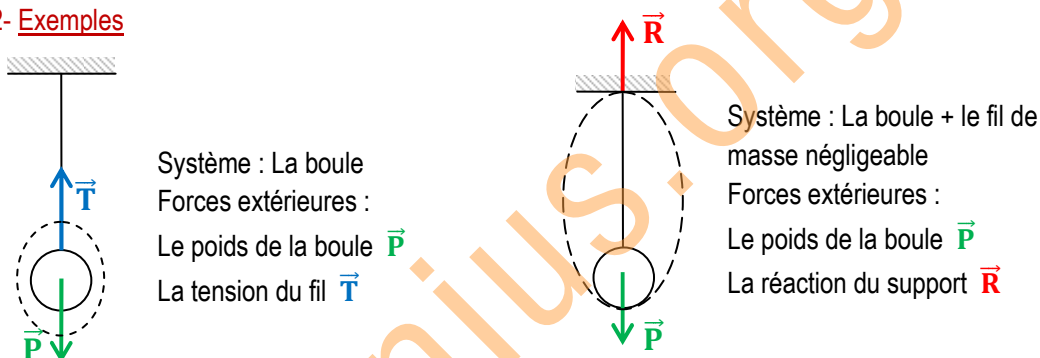
### I- Système

#### 1- Définition

Un système est le solide ou l'ensemble de solide que l'on désire étudier.

Tout ce qui n'appartient pas au système est appelé le milieu extérieur.

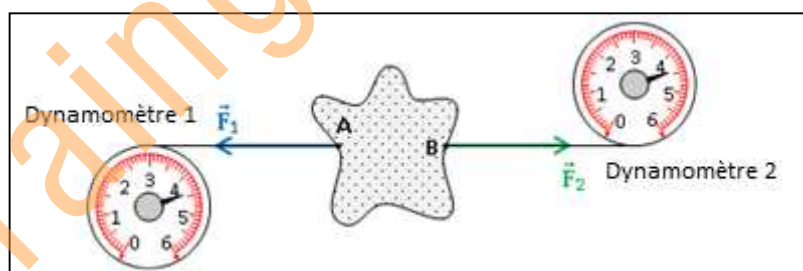
#### 2- Exemples



### II- Conditions d'équilibre d'un solide soumis à deux forces

#### 1- Schéma du dispositif expérimental - expériences

A l'aide du dispositif ci-dessus, on maintient un morceau de polyester de masse négligeable entre deux dynamomètres circulaires reliés par un fil.



#### 1- Résultats

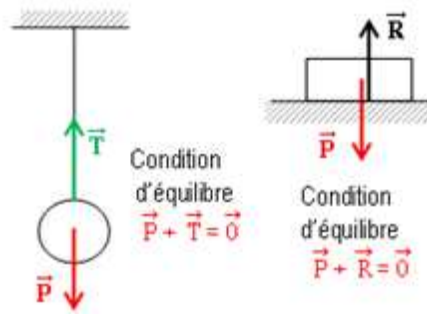
A l'équilibre, l'on constate que ;

- Les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont le même support.
- Les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  sont de sens opposés.
- Les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont la même valeur ( $F_1 = F_2 = 4,5N$ ).

#### 2- Conclusion : Conditions d'équilibre

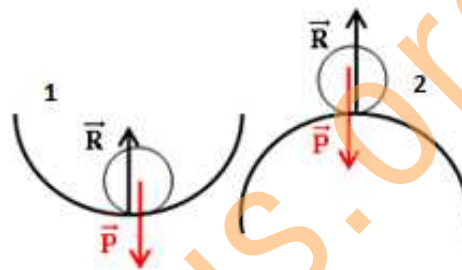
Lorsqu'un solide soumis à l'action de deux forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  est en équilibre, les forces  $\vec{F}_1$  et  $\vec{F}_2$  ont la même droite d'action et de sens contraires ( $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{0}$ ). Donc  $\vec{F}_1 = - \vec{F}_2$  et  $F_1 = F_2$ .

### 3- Exemples d'équilibre



#### Remarque

Il existe un équilibre stable et instable

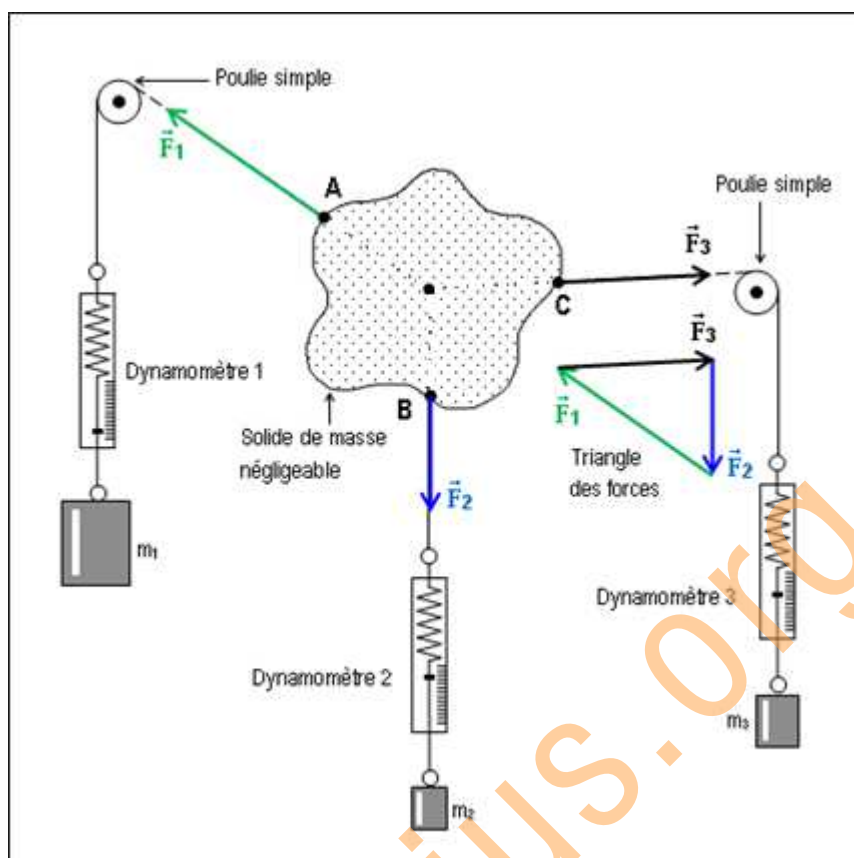


1. Ecartée de sa position d'équilibre, la bille revient. L'équilibre est dit **stable**.
2. Ecartée de sa position d'équilibre, la bille ne revient plus. L'équilibre est dit **instable**.

### III- conditions d'équilibre d'un solide soumis à trois forces non colinéaires

#### 1- Schéma du dispositif expérimental - expérience

A l'aide du dispositif ci-dessus, on maintient un morceau de polyester de masse négligeable entre trois dynamomètres reliés chacun par un fil et à une masse marquée. Deux des fils passent respectivement dans la gorge d'une poulie simple. Voir schéma.



## 2- Résultats

A l'équilibre, on constate que :

- Les forces  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  et  $\vec{F}_3$  sont **coplanaires**.
- Les droites d'actions des forces sont **concourantes**.
- La **somme vectorielle des forces est nulle** (voir le triangle des forces).

## 3- Conclusion : Conditions d'équilibre

Lorsqu'un solide soumis à trois forces  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  et  $\vec{F}_3$  non colinéaires est en l'équilibre :

- les trois forces sont coplanaires (dans le même plan),
- leurs droites d'action sont concourantes,
- la somme algébrique des forces est nulle :  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = \vec{0}$ .

### Méthode de résolution d'un problème de mécanique

Pour résoudre un exercice de mécanique, il faut ;

- Définir le système d'étude
- Faire l'inventaire des forces et les représenter sur un schéma
- Ecrire les conditions d'équilibre et les exploiter.

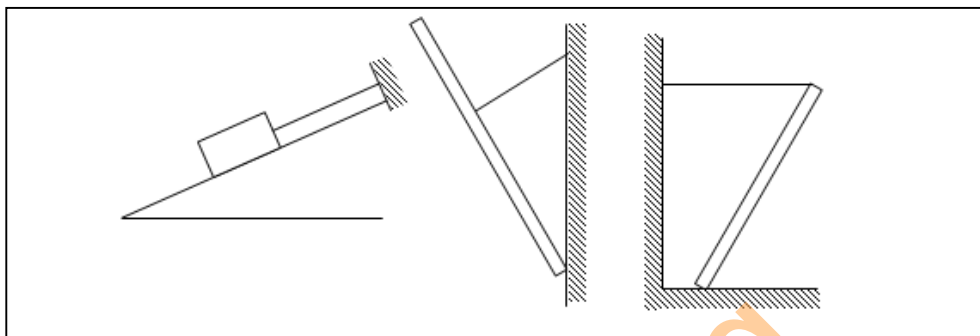
### Application 1

On suspend à un ressort de constance de raideur  $k = 10 \text{ N/m}$  une boule d'acier de poids  $P=0,3 \text{ N}$ .

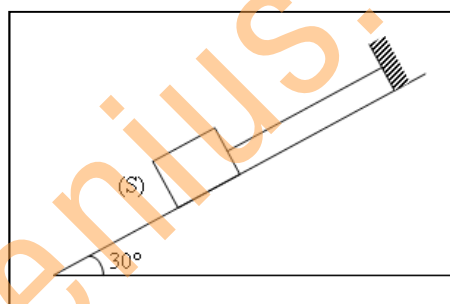
1. Faire un schéma et représenter les forces qui s'exercent sur la boule à l'équilibre.
2. Quelle est la valeur de la tension du ressort ? En déduire l'allongement  $\Delta l$  du ressort.
3. A l'équilibre la longueur du ressort est 38cm. Calculer la longueur à vide du ressort.

Application 2

Faire l'inventaire des forces qui s'exercent sur le solide et les représenter à l'équilibre. On néglige les forces de frottement.

Application 3

1. Trouver graphiquement les valeurs des actions mécaniques qui s'exercent sur le solide (S) de la figure ci-contre. Le poids du solide est  $P=12\text{N}$ . Echelle : 1cm pour 4N
2. Retrouver ces résultats par la méthode analytique.

Application 4

On approche un aimant d'une boule de masse  $m = 40\text{g}$  accrochée à un ressort de longueur à vide  $\ell_0 = 6\text{cm}$  et de constante de raideur  $k = 25\text{N/m}$ , initialement vertical. Elle est attirée par ce dernier qui exerce sur elle une force horizontale  $\vec{F}$ .

A l'équilibre, l'axe du ressort fait un angle  $\alpha = 8^\circ$  avec la verticale.

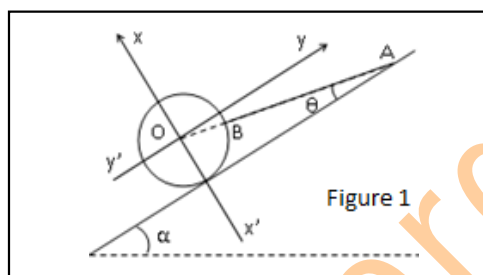
1. Faire un schéma clair et précis de l'énoncé.
2. Représenter les forces extérieures appliquées au système (la boule).
3. Calculer ;
  - 3.1. Le poids de la boule. Prendre  $g = 10\text{N/kg}$ .
  - 3.2. La valeur de la tension du ressort. Déterminer son allongement  $\Delta\ell$ .
  - 3.3. En déduire celle de la force  $\vec{F}$ .
4. Quelle est la longueur du ressort à l'équilibre ?

## Travaux dirigés

### Exercice 1

Une sphère homogène de rayon  $r=8\text{cm}$  et de masse  $m=1,7\text{kg}$  est maintenue le long d'un plan parfaitement lisse incliné d'un angle  $\alpha = 40^\circ$ , par un fil AB de longueur  $\ell= 25\text{ cm}$  et de masse négligeable. Voir la figure 1. Prendre  $g= 10\text{N/kg}$ .

1. Calculer l'angle  $\theta$  que fait le fil avec le plan incliné.
2. Représenter les forces qui s'exercent sur la sphère.
3. Calculer la valeur de chacune des forces.



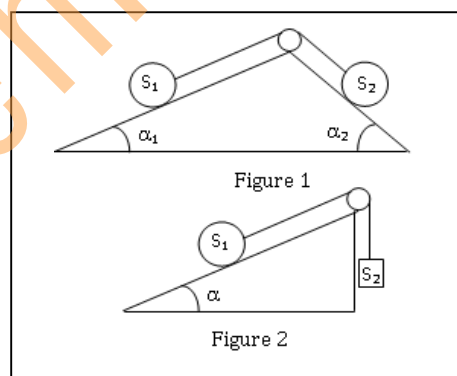
### Exercice 2

On se propose d'étudier les systèmes représentés par les figures 1 et 2.

Le poids du solide  $S_1$  est  $P_1 = 20\text{N}$  et on néglige tous les frottements.

On demande de déterminer dans chaque cas le poids  $P_2$  que doit avoir le solide  $S_2$  pour que le système formé des solides  $S_1$  et  $S_2$  reste en équilibre.

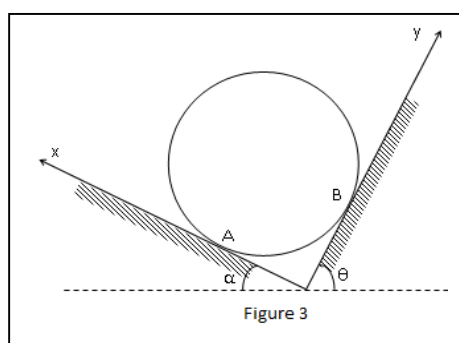
On donne :  $\alpha_1 = 30^\circ$ ,  $\alpha_2 = 45^\circ$  et  $\alpha = 30^\circ$ .



### Exercice 3

Un disque homogène de poids  $P=10\text{N}$  repose sans frottement sur deux plans perpendiculaires entre eux et faisant avec l'horizontale les angles  $\alpha = 20^\circ$  et  $\theta = 70^\circ$ . Voir la figure 3.

1. Représenter les forces qui s'exercent sur le disque.
2. Calculer les valeurs des réactions exercées en A et en B par les supports.

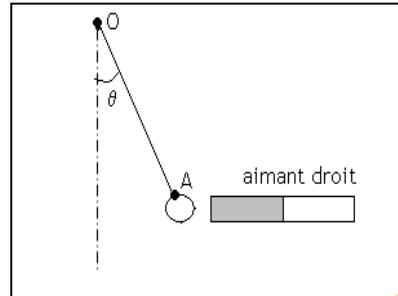


Exercice 4

Une bille en acier de masse  $m = 40 \text{ g}$  est suspendue par un fil OA en O. A l'aide d'un aimant, on exerce sur cette bille une force horizontale d'intensité  $F = 0,2 \text{ N}$ .

Prendre  $g = 10 \text{ N/kg}$ . Déterminer à l'équilibre :

1. L'angle  $\theta$  formé par le fil avec la verticale.
2. La tension du fil.

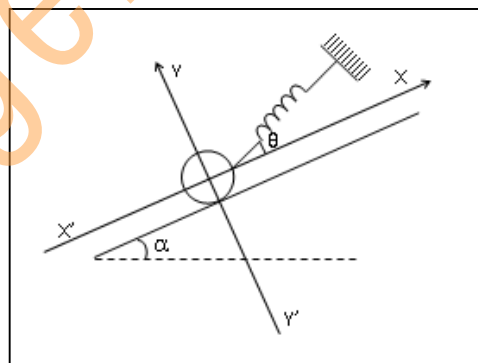
Exercice 5

Un solide de poids  $P = 3 \text{ N}$  repose sans frottement sur un plan incliné faisant un angle  $\alpha = 30^\circ$  avec l'horizontal. La réaction du plan sur A est alors perpendiculaire au plan incliné. Par l'intermédiaire d'un ressort faisant un angle  $\theta$  avec la ligne de plus grande pente du plan incliné comme l'indique la figure.

1. Faire le bilan des forces qui agissent sur le solide puis les représenter.
2. Exprimer la condition d'équilibre et la projeter dans le repère d'axes  $(xx')$  et  $(yy')$ .
3. Exprimer l'intensité  $T$  de la tension du ressort en fonction de  $\theta$ .
4. Calculer  $T$  pour  $\theta = 0^\circ$  et  $\theta = 30^\circ$ .

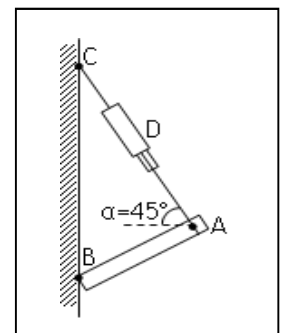
En déduire l'allongement du ressort dans chaque cas. On donne  $k = 50 \text{ N/m}$

5. Donner l'expression de la réaction du plan incliné en fonction du poids  $P$  du solide, des angles  $\theta$  et  $\alpha$ . Calculer sa valeur pour  $\theta = 10^\circ$ .

Exercice 6

La tige AB de poids  $P = 100 \text{ N}$  (figure ci-contre) est articulée en B dans un mur vertical et maintenue en équilibre grâce à un dynamomètre D qui indique  $35 \text{ N}$ .

1. Représenter les forces qui s'exercent sur la tige.
2. Calculer les composantes de la force exercée sur la tige en B.  
En déduire la valeur de cette force.
3. Calculer l'angle  $\theta$  que fait la réaction du mur en B avec l'horizontale.

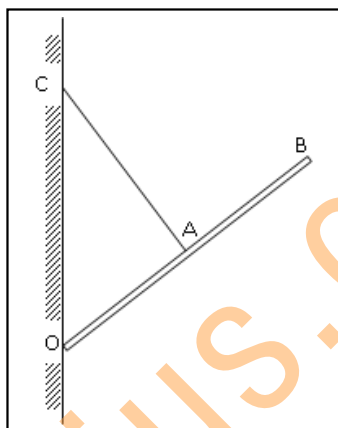


Exercice 7

Une barre homogène  $OB$  de masse  $m = 10 \text{ kg}$  est articulée en  $O$  contre un mur rugueux comme l'indique la figure ci-dessous. Elle est maintenue en équilibre à l'aide d'un fil inextensible et de masse négligeable. Prendre  $g=10\text{N/kg}$ .

On donne :  $\widehat{OAC} = 90^\circ$  ;  $OB = 2 \text{ OA}$  ;  $OB = OC = 2 \text{ m}$ .

1. Définir le système et représenter les forces qui lui sont appliquées.
2. Calculer :
  - 2.1. La mesure de l'angle  $\widehat{OCA}$
  - 2.2. Le poids de la barre
  - 2.3. La valeur de la tension du fil et celle de la réaction du mur.



Titre du cours : **Equilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe****Objectifs spécifiques**

1. Déterminer le moment d'une force par rapport à un axe fixe.
2. Utiliser les conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe.

**Plan du cours**

Voir cours

**Equilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe****I- Effet de rotation d'une force sur un objet mobile autour d'un axe fixe.****1- Expériences et observations**

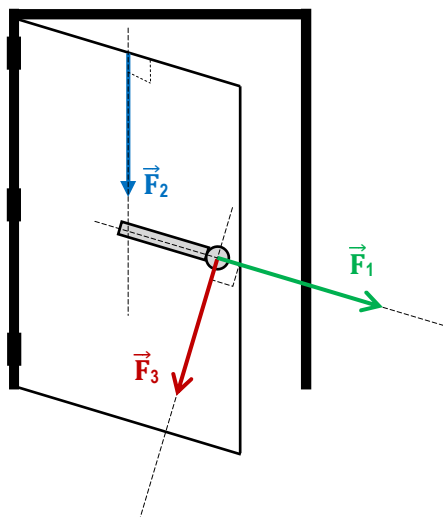
Appliquons respectivement les forces  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  et  $\vec{F}_3$  sur une porte ouverte afin de la faire tourner autour de son cadre. Voir la figure ci-dessous.

- La force  $\vec{F}_1$  dont la droite d'action coupe le cadre (l'axe de rotation) n'a aucun effet de rotation sur la porte.

**Elle ne tourne pas.**

- La force  $\vec{F}_2$  dont la droite d'action est parallèle au cadre (l'axe de rotation) n'a aucun effet de rotation sur la porte. **Elle ne tourne pas non plus.**

- La force  $\vec{F}_3$  dont la droite d'action est perpendiculaire au cadre (l'axe de rotation) produit un effet de rotation de la porte. **Elle se met en mouvement et tourne autour de son cadre.** Elle peut s'ouvrir ou se fermer.

**2- Conclusion**

Une force a un effet de rotation sur un solide mobile autour d'un axe fixe si sa droite d'action ;

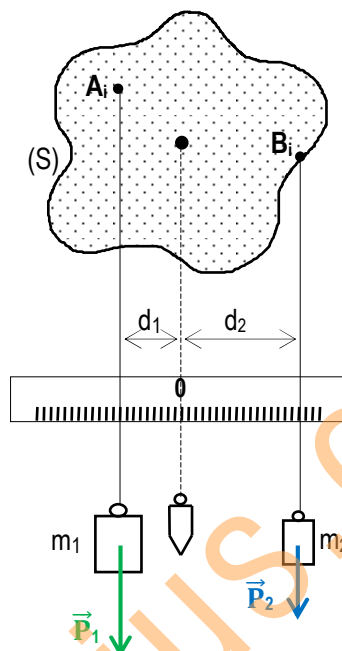
- ne coupe pas l'axe de rotation,
- n'est pas parallèle à l'axe de rotation.

L'efficacité de la rotation du solide dépend de l'intensité de la force et de la position de la droite d'action de la force par rapport à l'axe de rotation.

## II- Moment d'une force par rapport à un axe fixe

### 1- Expériences

A l'aide du dispositif ci-contre réalisons l'équilibre du solide (S) à l'aide de masses marquées. Pour différentes positions  $A_i$  de la masse marquée  $m_1$  à la distance  $d_1$  du fil à plomb, repérons les positions et  $B_i$  de la masse marquée  $m_2$  qui permet d'équilibrer le solide (S).



### 2- Résultats et exploitation

Masses marquées $m_1$ (g)	20	20	40	225
Distance $d_1$ (cm)	2	4,5	3	4
Intensité du poids $\vec{P}_1$ (N)	0,2	0,2	0,4	2,25
<b>Produit <math>P_1 \cdot d_1</math> (N.m)</b>	<b><math>4 \cdot 10^{-3}</math></b>	<b><math>9 \cdot 10^{-3}</math></b>	<b><math>12 \cdot 10^{-3}</math></b>	<b><math>9 \cdot 10^{-2}</math></b>
Masses marquées $m_2$ (g)	40	60	80	300
Distance $d_2$ (m)	1	1,5	1,5	3
Intensité du poids $\vec{P}_2$ (N)	0,4	0,6	0,8	3
<b>Produit <math>P_2 \cdot d_2</math> (N.m)</b>	<b><math>4 \cdot 10^{-3}</math></b>	<b><math>9 \cdot 10^{-3}</math></b>	<b><math>12 \cdot 10^{-3}</math></b>	<b><math>9 \cdot 10^{-2}</math></b>

### 3- Conclusion

Le produit  $F \cdot d$  est une constante. Il caractérise l'effet de rotation et est appelé **moment de la force**.

### 4- Définition du moment d'une force

Le moment  $M_{\Delta}(\vec{F})$  par rapport à un axe fixe ( $\Delta$ ) de la force  $\vec{F}$  est le produit de son intensité par la distance  $d$  entre la droite d'action de la force et l'axe de rotation. On a  $|M_{\Delta}(\vec{F})| = F \cdot d$  où  $F$  (en N),  $d$  (en m) et  $M_{\Delta}(\vec{F})$  en (N.m). La distance  $d$  appelée **bras de levier**.

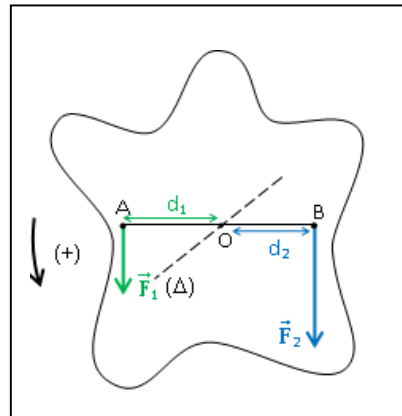
### 5- Moment, grandeur algébrique

- La force  $\vec{F}_1$  tend à faire tourner le solide dans le sens positif choisi.

Le moment de cette force est positif.  $M_{\Delta}(\vec{F}_1) = F_1 \cdot d_1$ .

- La force  $\vec{F}_2$  tend à faire tourner le solide (S) dans le sens contraire.

Le moment de cette force est donc négatif.  $M_{\Delta}(\vec{F}_1) = -F_2.d_2$ .



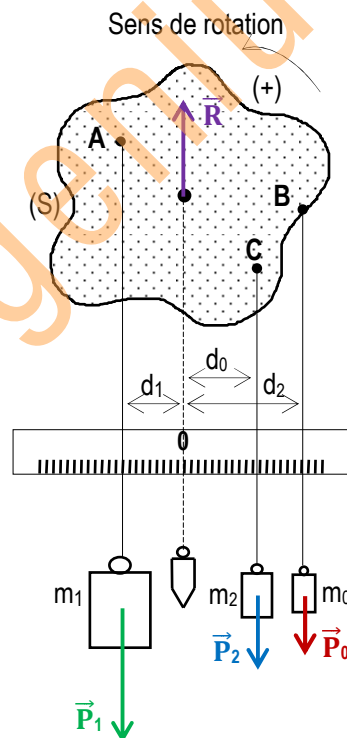
### Remarque

Le moment d'une force dont la droite d'action est parallèle ou sécante à l'axe de rotation est nul.

## III- Conditions d'équilibre d'un solide mobile autour d'un axe fixe

### 1- Schéma du dispositif expérimental - Expériences

Suspendons au solide (S), différentes masses marquées afin de réaliser son équilibre. Voir la figure ci-dessous. On donne :  $m_1= 500g$ ,  $m_2= 150g$ ,  $m_0= 200g$  et  $g=10N/kg$ .



### 2- Résultats

Bilan et représentation des forces appliquées au système

- Le poids  $\vec{P}_0$ ,  $\vec{P}_1$ ,  $\vec{P}_2$ .

- La réaction  $\vec{R}$  de l'axe de rotation.

Calcul de moment des forces

$$M_{\Delta}(\vec{P}_1) = P_1.d_1 = 5 \times 0,03 = 0,15N.m.$$

$$M_{\Delta}(\vec{P}_0) = -P_0.d_0 = -2 \times 0,03 = -0,06N.m. \quad M_{\Delta}(\vec{R}) = 0. \quad (\text{car } \vec{R} \text{ rencontre l'axe de rotation}).$$

$$M_{\Delta}(\vec{P}_2) = -P_2 \cdot d_2 = -1,5 \times 0,06 = -0,09 \text{ N.m.}$$

Calcul de la somme des moments

$$M_{\Delta}(\vec{P}_1) + M_{\Delta}(\vec{P}_0) + M_{\Delta}(\vec{R}) + M_{\Delta}(\vec{P}_2) = 0,15 - 0,06 + 0 - 0,09 = 0.$$

### 3- Conclusion : Théorème des moments

Lorsqu'un solide, mobile autour d'un axe fixe est en équilibre, la somme algébrique des moments par rapport à cet axe des forces extérieures qui lui sont appliquées est nulle.  $\sum \mathcal{M}_{(\Delta)}(\vec{F})_{\text{ext}} = 0$ .

**NB** : A cette condition, il faut ajouter la condition d'équilibre  $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$

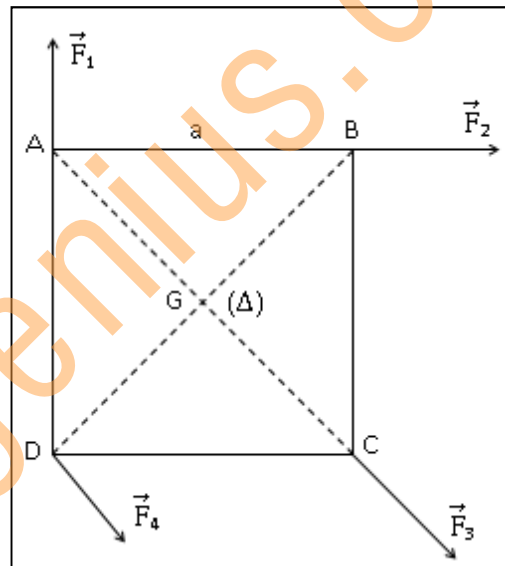
#### Application 1

Une plaque de forme carrée ABCD, de côté  $a$ , est mobile dans le plan vertical, autour d'un axe horizontal ( $\Delta$ ) passant par le centre d'inertie G du carré. Des forces sont appliquées aux sommets A, B, C, D comme l'indique la figure ci-contre.

1. Calculer le moment de chacune des forces par rapport à l'axe ( $\Delta$ )
2. La plaque est-elle en équilibre ? Justifier.

On donne :  $a = 60 \text{ cm}$ ;  $F_1 = F_4 = 1,6 \text{ N}$ ;  $F_2 = F_3 = 2 \text{ N}$

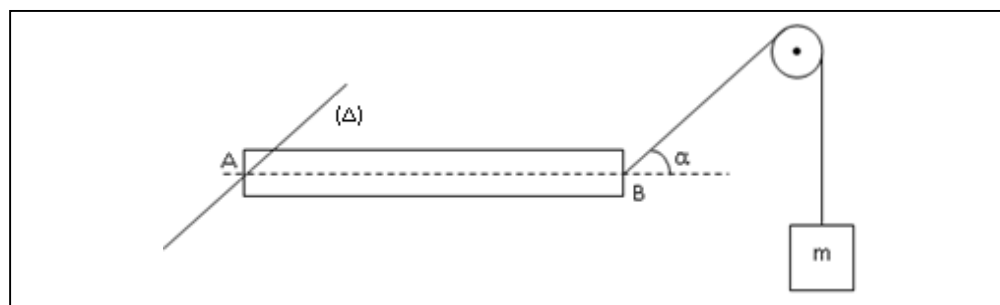
3. On applique une force  $\vec{F}_5$  collinéaire à  $\vec{F}_4$  mais de sens opposé. Calculer la valeur de cette force pour que la plaque soit en équilibre.



#### Application 2 Barre homogène AB de masse $m_1$

Une barre homogène AB de masse  $m_1 = 4 \text{ kg}$  de longueur  $\ell = 1 \text{ m}$  est mobile autour d'un axe fixe ( $\Delta$ ) horizontal passant par le point A. On maintient la barre AB en équilibre en position horizontale grâce à l'action d'un fil passant par une poulie simple et auquel est accroché un solide de masse  $m$ . Le fil fait un angle  $\alpha$  avec l'horizontale comme l'indique la figure ci-dessous.

On prendra  $g = 9,8 \text{ N/kg}$



1. Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées à la barre et les représenter.
2. Ecrire les conditions générales d'équilibre de la barre.
3. Enoncer le théorème des moments.
4. En appliquant ce théorème, déterminer la valeur de la tension  $\vec{T}$  du fil.
5. En déduire la masse  $m$  du solide.
6. Calculer la valeur de la réaction  $\vec{R}$  de l'axe ( $\Delta$ ).

### Application 3 Tige homogène AB de masse négligeable

On remplace la barre homogène précédent par un une tige homogène AB de longueur  $l = 60$  cm, de masse négligeable. A 40 cm du point A, on suspend une masse  $m_1 = 60$  g en C de sorte à réaliser l'équilibre de la tige à l'aide de la masse  $m$ . On donne :  $g = 10$  N/kg et  $\alpha = 60^\circ$ .

1. Faire l'inventaire des forces extérieures appliquées à la barre et les représenter.
2. Calculer la valeur de la tension du fil
3. En déduire la masse  $m$ .

## Travaux pratiques

### Exercice 1

Une barre homogène AB de longueur  $l$  et de masse  $m = 2,5$  kg est articulée contre un mur en son extrémité A, ce qui la rend mobile dans le plan vertical autour de l'axe ( $\Delta$ ) passant par A. La barre est maintenue en équilibre comme l'indique la figure ci-contre à l'aide d'un ressort de constante de raideur  $k = 50$  N/m, horizontal et accroché en son extrémité B.

L'axe de la barre fait un angle  $\alpha$  avec le mur.

1. Faire l'inventaire des forces extérieures qui s'exercent sur la barre à l'équilibre puis les représenter.
2. A l'aide du théorème des moments, donner l'expression littérale de la tension du ressort en fonction de  $m$  ;  $g$  et  $\alpha$ .

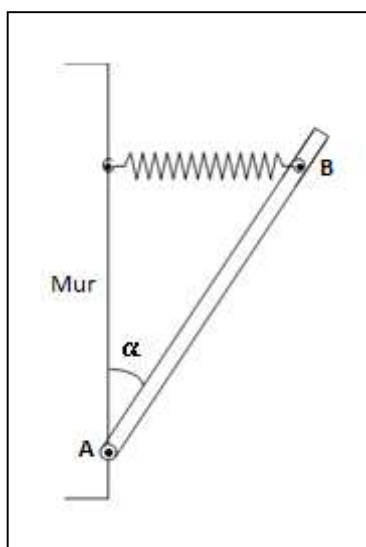
Calculer sa valeur pour  $g = 9,8$  N/kg et  $\tan \alpha = \sqrt{3}$ .

3. La longueur à vide du ressort est  $l_0 = 6$  cm.

Déterminer sa longueur à l'équilibre.

4. Déterminer les composantes de la réaction du mur exercée sur la barre. En déduire sa valeur .

5. Quelle est la valeur de l'angle  $\theta$  que fait la direction de cette réaction avec le mur ?

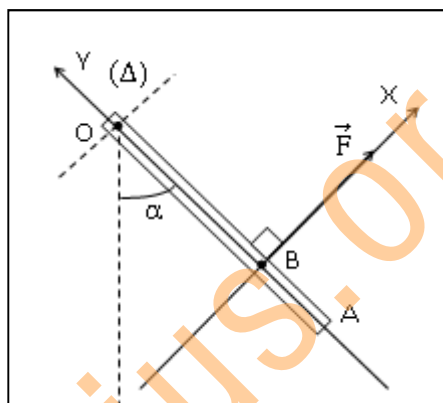


**Exercice 2** Données :  $g = 10 \text{ N/kg}$  ;  $m = 2,5 \text{ kg}$  et  $\alpha = 45^\circ$

La figure ci-contre représente une tige homogène OA de masse  $m$ , et de longueur  $l$ , qui peut tourner dans un plan vertical autour d'un axe horizontal ( $\Delta$ ) passant par O.

Un fil accroché en un point B tel que  $OB = \frac{2}{3} OA$  exerce sur la tige une force  $\vec{F}$  perpendiculaire à la tige. La direction de la tige fait un angle  $\alpha$  avec la verticale.

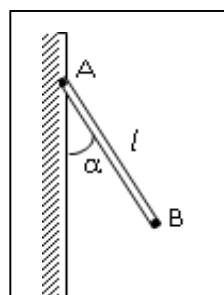
1. Faire l'inventaire des forces extérieures qui s'exercent sur la tige à l'équilibre puis les représenter.
2. Déterminer en fonction de  $m$  et  $\alpha$  la valeur de la force  $\vec{F}$ .
3. Faire l'application numérique.
4. Calculer la valeur de la réaction de l'axe ( $\Delta$ ) exercée sur la tige en O.
5. Quel angle  $\theta$  fait la direction de la réaction de l'axe ( $\Delta$ ) avec la direction de la tige.



**Exercice 3**

Une tige homogène AB, de longueur  $l$  et de poids  $10 \text{ N}$  est articulée en A dans un plan vertical. On demande de déterminer l'angle  $\alpha$  qu'elle forme avec la verticale à l'équilibre dans les cas suivants :

1. On applique à son extrémité B, une force horizontale  $\vec{F}$  de valeur  $3 \text{ N}$ .
2. On applique à son extrémité B, une force  $\vec{F}$  perpendiculaire à la tige et de valeur  $4 \text{ N}$ .



Titre du cours : **Principe de l'inertie****Objectifs spécifiques**

- Déterminer le centre d'inertie d'un solide.
- Déterminer la nature du mouvement du centre d'inertie d'un système isolé ou pseudo-isolé.
- Utiliser le principe d'inertie.

**Plan du cours**

Voir cours

**Principe de l'inertie****I- Définitions****1- Système isolé**

Un système isolé est un système qui n'est soumis à aucune force extérieure.

**2- Système pseudo-isolé**

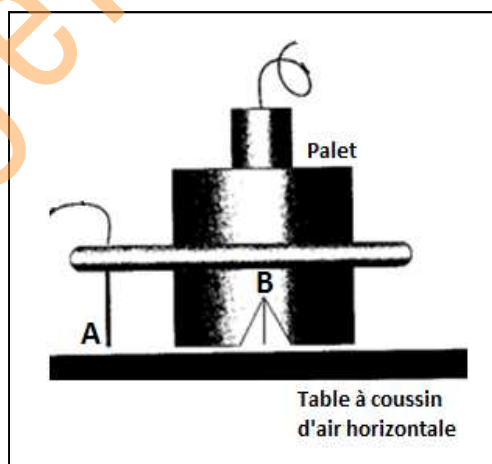
Un système pseudo-isolé est un système qui est soumis à des forces extérieures qui se compensent à chaque instant

**II- Centre d'inertie d'un solide****1- Mise en évidence****a/ Démarche expérimentale**

Lançons un palet en le faisant tourner sur une table à coussin d'air horizontale puis étudions le mouvement de deux de ces points.

- Son centre B (point particulier) et un autre point quelconque A situé à la périphérie.

La trajectoire de chacun de ces points est donnée par le document 11 (document officiel de mécanique).

**b/ Exploitation du document n°11**

Tracer la trajectoire des points A et B. Conclure.

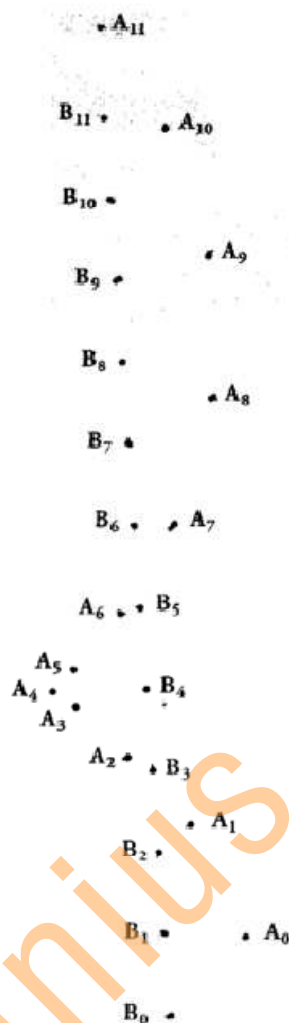
**La trajectoire de B est rectiligne et celle de A est curviligne**

Comparer les écarts entre les différentes positions consécutives du point A d'une part et du point B d'autre part.

**L'écart entre les positions consécutives de B est constant alors que l'écart entre les positions consécutives de A varie.**

Quelle est la nature du mouvement de chaque point ?

**Le point B a un mouvement rectiligne uniforme alors que A a un mouvement curviligne varié.**



### c/ Conclusion

Le point B qui a un mouvement rectiligne uniforme est appelé centre d'inertie du palet

### 2- Définition du centre d'inertie d'un solide.

Le centre d'inertie d'un solide isolé ou pseudo-isolé est le point unique de ce solide qui est animé d'un mouvement rectiligne uniforme. Il sera noté G

### Remarque

Le mouvement du point G définit le mouvement d'ensemble du solide.

Tous les autres points du solide ont un mouvement appelé mouvement propre.

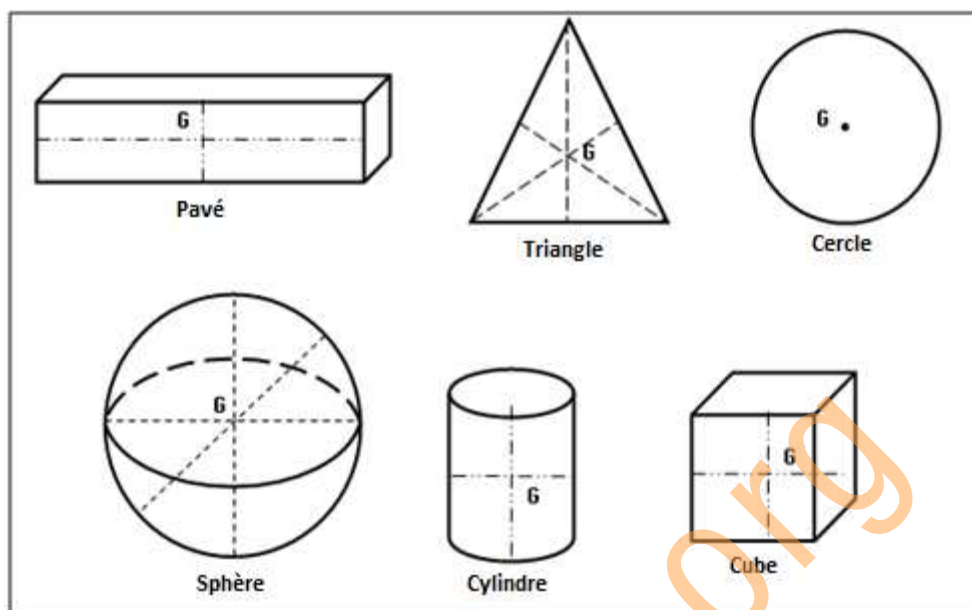
### 3- Principe de l'inertie

Dans un référentiel galiléen, le centre d'inertie d'un solide isolé ou pseudo-isolé :

- Reste au repos s'il est initialement au repos.
- Est animé d'un mouvement rectiligne uniforme s'il est initialement en mouvement.

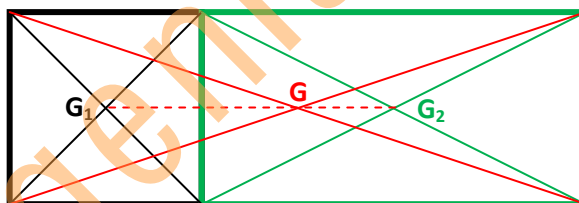
### III- Détermination mathématique du centre d'inertie

#### 1- Centre d'inertie de quelques solides de forme géométrique simple



#### 2- Centre d'inertie d'un système de deux solides

Soit un système constitué de deux solides  $S_1$  et  $S_2$  faits dans la même matière.  $S_1$  de masse  $m_1$  et de centre d'inertie  $G_1$ .  $S_2$  de masse  $m_2$  et de centre d'inertie  $G_2$ . Soit  $G$  le centre d'inertie de l'ensemble.



- Positionner  $G_1$ ,  $G_2$  et  $G$  puis tracer le segment  $[G_1G_2]$ .

- Que constate-t-on ?

$G_1$ ,  $G_2$  et  $G$  sont alignés et  $G$  est plus proche de  $G_2$  (solide le plus lourd)

- Comparer les rapports  $\frac{m_2}{m_1}$  et  $\frac{GG_1}{GG_2}$ . On a  $\frac{m_2}{m_1} = \frac{GG_1}{GG_2} = 2$  donc  $m_1GG_1 = m_2GG_2$ .

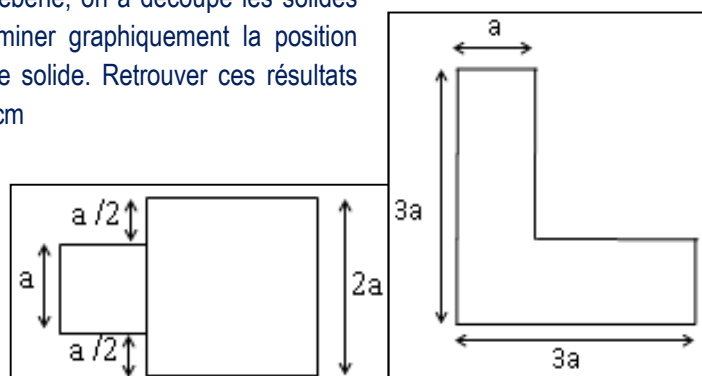
Où encore en notation vectorielle  $m_1\overrightarrow{GG_1} = -m_2\overrightarrow{GG_2}$  ou encore :  $m_1\overrightarrow{GG_1} + m_2\overrightarrow{GG_2} = \vec{0}$  (relation barycentrique).

Soit un point  $O$  fixe de l'espace. On peut définir le centre d'inertie  $G$  de l'ensemble par rapport à  $O$ .

La relation barycentrique devient :  $\overrightarrow{OG} = \frac{m_1\overrightarrow{OG_1} + m_2\overrightarrow{OG_2}}{m_1+m_2}$ .

Application 1

Dans un morceau de bois d'ébène, on a découpé les solides représentés ci-contre. Déterminer graphiquement la position du centre d'inertie de chaque solide. Retrouver ces résultats par le calcul. Prendre  $a = 1,5\text{cm}$

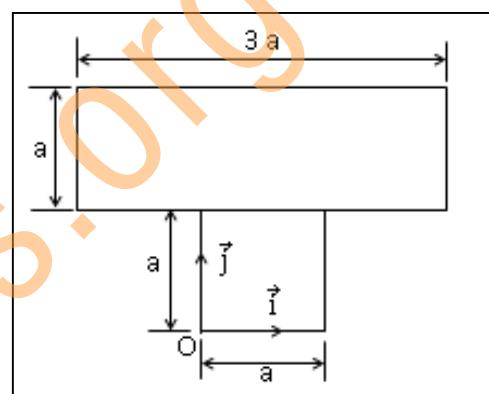
Application 2

On a découpé dans une plaque homogène, le solide schématisé ci-contre.

1. Montrer que la masse du système 1 est le triple de celle du système 2.
2. Déterminer graphiquement la position du centre d'inertie  $G$  du solide, puis à l'aide du repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ , déterminer les coordonnées de  $G$ .

On donne:  $a = 3\text{ cm}$ .

3. En déduire la position de  $G$  par rapport à  $G_1$ .

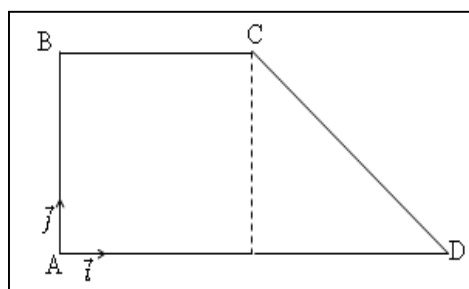
Travaux pratiquesExercice 1

On a découpé dans une plaque homogène le solide ABCD schématisé sur la figure ci-contre.

1. Etablir une relation entre les masses des deux parties de la plaque.
2. Déterminer graphiquement la position du centre d'inertie  $G$  du solide.
3. A l'aide du repère  $(A, \vec{i}, \vec{j})$ , déterminer les coordonnées du centre d'inertie  $G$  du solide.

On donne:  $AB = 4\text{ cm}$ ;  $AD = 8\text{ cm}$ .

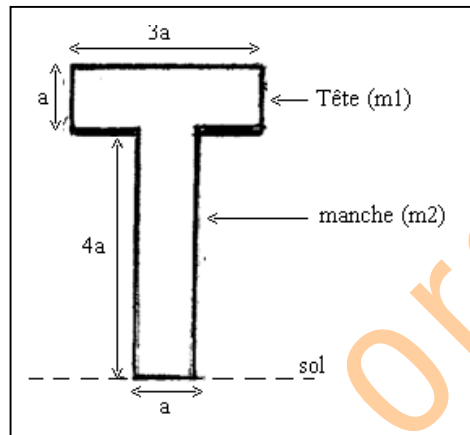
4. En déduire la position de  $G$  par rapport à  $G_1$ , le centre d'inertie de la plaque carré.



Exercice 2

L'objet ci-contre a été découpé sur une plaque homogène d'épaisseur constante. On donne  $a = 1\text{cm}$ .

- Déterminer graphiquement la position du centre d'inertie  $G_1$  de la tête et  $G_2$  de la manche.
- Déterminer le rapport entre les masses  $m_1$  et  $m_2$  des deux parties à partir de leur surface.
- A quelle distance de  $G_1$  se trouve le centre d'inertie  $G$  de l'ensemble ?
- A quelle distance du sol se trouve le centre d'inertie  $G$  de l'objet ?

Exercice 3

Une barre de longueur  $l=40\text{cm}$  est constituée pour moitié d'aluminium de masse volumique  $a_1=2,7\text{g/cm}^3$  et pour autre moitié de cuivre de masse volumique  $a_2=8,9\text{g/cm}^3$ .



- Calculer les masses  $m_1$  et  $m_2$ .
- En déduire la distance  $OG$  entre l'extrémité  $O$  de la barre et son centre d'inertie  $G$ .
- Quelle devrait être la masse  $m$  d'une bille pratiquement ponctuelle qu'il faudrait coller en  $O$  pour que le nouveau centre d'inertie  $G'$  de l'ensemble soit au milieu de la barre ?

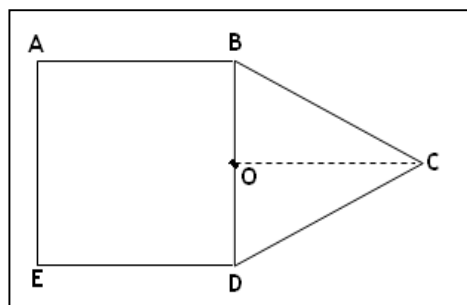
La section de la barre est  $s = 1\text{cm}^2$ .

Exercice 4

La plaque homogène  $ABCDE$ , d'épaisseur constante, représentée ci-contre est formée d'une partie carrée  $ABCE$  de centre d'inertie  $G_1$ , de côté  $a = 3\text{cm}$ , accolée à une partie triangulaire  $BCD$  isocèle en  $C$ , de centre d'inertie  $G_2$ .

- Déterminer graphiquement la position du centre d'inertie  $G$  de la plaque.
- A quelle distance de  $G_1$  se trouve le centre d'inertie  $G$  de l'ensemble ?

On donne  $AB = OC = a = 3\text{cm}$  et  $O$  milieu du côté  $BD$



Titre du cours : **Quantité de mouvement d'un système****Objectifs spécifiques**

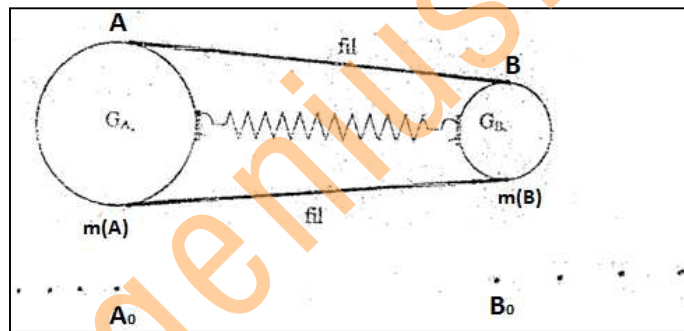
- Caractériser le vecteur quantité de mouvement d'un système.
- Utiliser la loi de conservation de la quantité de mouvement pour la résolution d'un problème.

**Plan du cours**

Voir cours

**Quantité de mouvement d'un système****I- vecteur quantité de mouvement****1- Mise en évidence**

Soient deux solides autoporteurs A et B, de masses respectives  $m_A$  et  $m_B$ , munis de bagues et séparés par un ressort. A l'aide d'un fil nylon, on relie les solides en comprimant le ressort. Les solides étant au repos sur une table à coussin d'air horizontale, on brule le fil qui les relie. On obtient l'enregistrement du document 31 (document officiel de mécanique).

**a/ Analyse du document n°31**

- Numéroté les positions  $A_i$  et  $B_i$  (voir document de mécanique)
- Identifier la nature du mouvement du centre d'inertie de chaque solide.

**Les points sont alignés et régulièrement espacés : Le mouvement du centre d'inertie de chaque solide est rectiligne uniforme.**

- Calculer les vitesses aux points  $A_3$  et  $B_3$  et représenter les vecteurs vitesses correspondants. Représentation : voir figure)

- Calculer et comparer les rapports  $\frac{m_A}{m_B}$  et  $\frac{v_B}{v_A}$

$$\frac{m_A}{m_B} = 2 \text{ et } \frac{v_B}{v_A} = 2 \text{ donc } \frac{m_A}{m_B} = \frac{v_B}{v_A} \text{ ou encore } m_A v_A = m_B v_B.$$

**c/ Conclusion**

$m_A v_A$  est appelé quantité de mouvement du solide A et noté  $p_A$ .

$m_B v_B$  est appelé quantité de mouvement du solide B et noté  $p_B$ .

## 2- Définition du vecteur quantité de mouvement

Le vecteur quantité de mouvement  $\vec{p}$  d'un solide est le produit de sa masse  $m$  par le vecteur vitesse  $\vec{V}_G$  de son centre d'inertie  $\vec{p} = m\vec{V}_G$ .

Sa valeur est  $p = mV_G$ . Où  $p$  est en kg.m/s,  $V_G$  en m/s et  $m$  en kg.

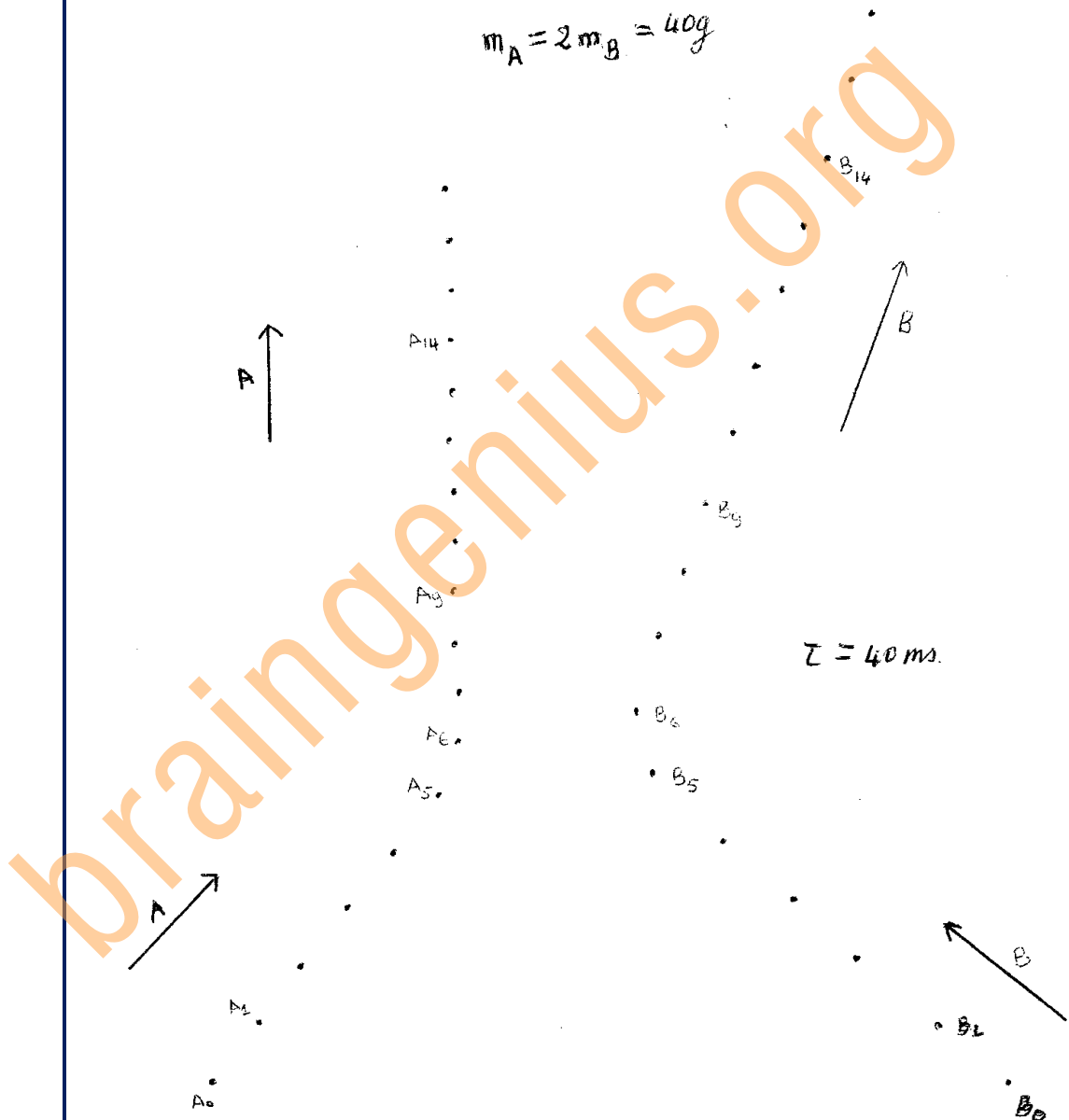
## 3- Vecteur quantité de mouvement d'un système de deux solides

Soit un système  $S$  constitué de deux solides  $S_1$  et  $S_2$  tels que  $\vec{p}_1 = m_1\vec{V}_1$  et  $\vec{p}_2 = m_2\vec{V}_2$ .

Le vecteur quantité de  $S$  est  $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$  donc  $(m_1 + m_2)\vec{V}_G = m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2$ .

## II- Conservation du vecteur quantité de mouvement

### 1- Analyse du document n°22



- Construire les différentes positions du centre d'inertie  $G$  de l'ensemble avant et après le choc (voir document de mécanique figure).

- Quelle est la nature du mouvement de  $G$  ?

**Les points sont alignés et régulièrement espacés : Le mouvement de  $G$  est rectiligne uniforme.**

- Calculer les quantités de mouvement aux points  $A_2$  et  $B_2$  avant le choc et aux points  $A_9$  et  $B_9$  après le choc.

- Représenter les vecteurs quantité de mouvement correspondants.

Echelle : 2 cm pour  $0,65 \cdot 10^{-2} \text{kg.m/s}$ .

Avant le choc

$$\vec{p}_A = m(A) \cdot \vec{v}(A), \quad \vec{p}_B = m(B) \cdot \vec{v}(B) \quad \text{et} \quad \vec{p} = \vec{p}_A + \vec{p}_B = m(A) \cdot \vec{v}(A) + m(B) \cdot \vec{v}(B).$$

Après le choc

$$\vec{p}'_A = m(A) \cdot \vec{v}'(A), \quad \vec{p}'_B = m(B) \cdot \vec{v}'(B) \quad \text{et} \quad \vec{p}' = \vec{p}'_A + \vec{p}'_B = m(A) \cdot \vec{v}'(A) + m(B) \cdot \vec{v}'(B).$$

Remarque

Faire les calculs en prenant  $\tau = 40 \text{ms}$ .

## 2- Conclusion

Le vecteur quantité de mouvement du système avant le choc est égal au vecteur quantité de mouvement du système après le choc :  $\vec{p} = \vec{p}'$ .

## 3- Loi de conservation du vecteur quantité de mouvement

Le vecteur quantité de mouvement d'un système isolé ou pseudo-isolé, déformable ou non, se conserve (reste constant).

### Application 1

Pour deux solides, on a :

- Solide  $S_1$  :  $m_1 = 5 \text{ kg}$  et  $v_{G1} = 1 \text{ m/s}$  ; - Solide  $S_2$  :  $m_2 = 3 \text{ kg}$  et  $v_{G2} = 2 \text{ m/s}$ .

1. Calculer les quantités de mouvement de  $S_1$  et  $S_2$ .
2. Les vecteurs vitesses ont même direction et même sens.
  - 2.1. Calculer la quantité de mouvement du système constitué des solides  $S_1$  et  $S_2$ .
  - 2.2. Représenter les vecteurs quantité de mouvement  $\vec{p}_1$ ,  $\vec{p}_2$  et le vecteur quantité de mouvement  $\vec{p}$  du système formé par les deux solides  $S_1$  et  $S_2$ . Echelle : 1cm pour  $2 \text{kg.m/s}$ .
  - 2.3. Calculer la vitesse du centre d'inertie G du système.
3. Les vecteurs vitesses ont même direction mais de sens contraires.
  - 3.1. Calculer la quantité de mouvement du système constitué des solides  $S_1$  et  $S_2$ .
  - 3.2. Représenter à l'échelle précédente, les vecteurs quantité de mouvement  $\vec{p}_1$ ,  $\vec{p}_2$  et le vecteur quantité de mouvement  $\vec{p}$  du système ( $S_1+S_2$ )
  - 3.3. Calculer la vitesse du centre d'inertie G du système.

### Application 2

Sur la glace d'une patinoire, un jeune garçon de masse  $m_1=40 \text{kg}$  et un homme de masse  $m_2=80 \text{kg}$  se tiennent immobiles en un point O.

Le garçon pousse alors l'homme qui prend un mouvement dirigé de la gauche vers la droite du point O à la vitesse  $v_2=4 \text{m/s}$ . La surface de la glace est horizontale et parfaitement lisse.

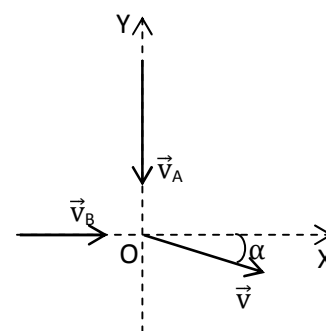
1. Le garçon reste-t-il immobile après avoir poussé l'homme ? Justifier votre réponse.
2. Déterminer l'expression du vecteur vitesse  $\vec{v}_1$  du garçon immédiatement après qu'il ait poussé l'homme. En déduire son sens et sa valeur.

Application 3

Au carrefour de deux routes horizontales et perpendiculaires l'une à l'autre, un véhicule A de masse  $m_A = 1t$  roulant à la vitesse  $v_A = 72km/h$  percute un véhicule B de masse  $m_B = 2,5t$  se déplaçant à la vitesse  $v_B = 54km/h$ .

Après le choc, les deux véhicules restent accrochés l'un à l'autre et ensemble glisse suivant une direction faisant un angle  $\alpha$  par rapport à l'horizontale.

- Déterminer l'angle  $\alpha$ .
- Calculer la vitesse de l'ensemble après le choc.

Travaux pratiquesExercice 1

1. Dans une gare, une locomotive de masse  $m=100t$  vient heurter à la vitesse  $v_1=6km/h$  un wagon de masse  $m'=20t$  au repos. La locomotive et le wagon s'accrochent et le mouvement se poursuit. Calculer la vitesse de l'ensemble après le choc.

2. Dans une gare routière, une remorque de masse  $m = 50t$  vient heurter à la vitesse  $v_1=6km/h$  un véhicule de masse  $m'=2tonnes$  se déplaçant à la vitesse  $v_2=2km/h$  dans la même direction et le même sens que celle-ci.

La remorque et le véhicule s'accrochent et le mouvement se poursuit.

Calculer la vitesse de l'ensemble après le choc.

3. Dans une station service de carburant, un camion-citerne de masse  $m = 25 t$  vient heurter à la vitesse  $v_1 = 6 km/h$  un taxi-brousse de masse  $m' = 2,5 t$  se déplaçant à la vitesse  $v_3 = 3 km/h$  dans la même direction mais en sens inverse que celui-ci.

Le camion-citerne et le taxi-brousse s'accrochent et le mouvement se poursuit. Calculer la vitesse de l'ensemble après le choc.

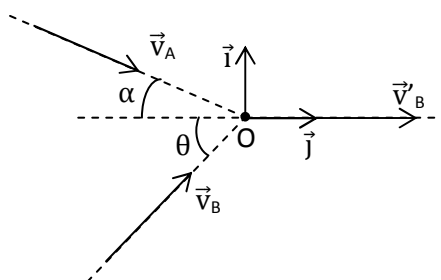
Exercice 2

Deux boules A et B de masses respectives  $m_A$  et  $m_B$  sont animées dans un plan horizontal, d'un mouvement rectiligne et uniforme. Elles se heurtent comme l'indique la figure ci-dessous. La boule A s'immobilise après la collision.

1. En utilisant la conservation du vecteur quantité de mouvement avant et après le choc, donner dans le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ , l'expression de la vitesse  $v_B$  de la boule B avant le choc. Calculer sa valeur.

2. Calculer la valeur de la vitesse  $v_B'$ .

On donne :  $m_A = 200g$ ,  $m_B = 300g$ ,  $v_A = 2m/s$ ,  $\theta = 40^\circ$  et  $\alpha = 35^\circ$ .



Exercice 3

L'enregistrement du document 22 (document officiel de mécanique) représente le choc entre deux palets déplaçant à des intervalles de temps égaux  $\tau$  tel que  $\frac{1}{2\tau} = 100\text{s}^{-1}$  sur une table à coussin d'air horizontale. On lance l'un vers l'autre, deux palets A et B de masses respectives  $m_A=36\text{g}$  et  $m_B=18\text{g}$ .

1. Application numérique1.1. Calculer à la date  $t_2$  :

- les vitesses  $v_A$  et  $v_B$  des palets A et B
- la quantité de mouvement  $p_A$  et  $p_B$  des palets A et B.

1.2. Calculer à la date  $t_{15}$  :

- les vitesses  $v_A'$  et  $v_B'$  des palets A et B
- la quantité de mouvement  $p_A'$  et  $p_B'$  des palets A et B.

1.3. Déterminer la position du centre d'inertie G du système (palet A+B) aux dates  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$  et  $t_{14}$ ,  $t_{15}$ ,  $t_{16}$ .1.4. Calculer la vitesse  $v_G$  du centre d'inertie G du système. Quelle est la nature du mouvement de G ?2. Représentation vectorielleOn fera toutes les représentations à l'échelle : 1cm pour  $58 \cdot 10^{-3}\text{kg.m/s}$ .2.1. Représenter à la date  $t_2$ , les vecteurs quantité de mouvement  $\vec{p}_A$ ,  $\vec{p}_B$  et le vecteur quantité de mouvement  $\vec{p}$  du système (palet A+B).2.2. Représenter à la date  $t_{15}$ , les vecteurs quantité de mouvement  $\vec{p}'_A$ ,  $\vec{p}'_B$  et le vecteur quantité de mouvement  $\vec{p}'$  du système.2.3. Comparer les vecteurs quantité de mouvement  $\vec{p}$  et  $\vec{p}'$  du système.3. Généralisation

3.1. Énoncer le principe d'inertie

3.2. Ce principe est-il vérifié au cours du mouvement du système (palet A+B)?

Exercice 4

L'enregistrement de la figure 2 représente le choc entre deux palets placés sur une table à coussin d'air horizontale.

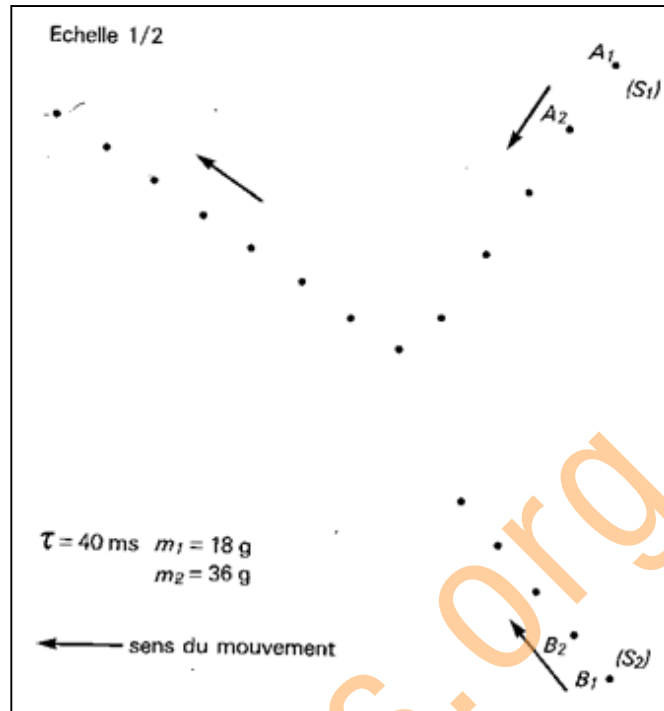
On a lancé l'un vers l'autre les deux palets  $S_1$  et  $S_2$  de masse  $m_1 = 18\text{g}$  et  $m_2 = 36\text{g}$ . Après le choc, on a obtenu le tracé d'une seule trajectoire.

On ignore si le deuxième palet est immobilisé ou si le dispositif de marquage est défaillant.

1. Construire les vecteurs quantités de mouvement  $\vec{p}_1$  et  $\vec{p}_2$  des palets avant le choc.Echelle : 1cm pour  $5 \cdot 10^{-3}\text{kg.m/s}$ .2. Comparer le vecteur quantité de mouvement  $\vec{p}'_1$  après le choc au vecteur  $\vec{p}_1 + \vec{p}_2$ . Conclure.

3. Construire point par point la trajectoire du centre d'inertie G des deux palets, avant et après le choc.

4. Reconstituer, s'il y a lieu les positions manquantes du centre d'inertie du solide  $S_2$ .



## Electricité

Titre du cours : **Le courant électrique**

### Objectifs spécifiques

- Connaître la nature du courant électrique dans les métaux et dans les électrolytes.
- Appliquer la relation  $I = Q/t$ .

### Plan du cours

Voir cours

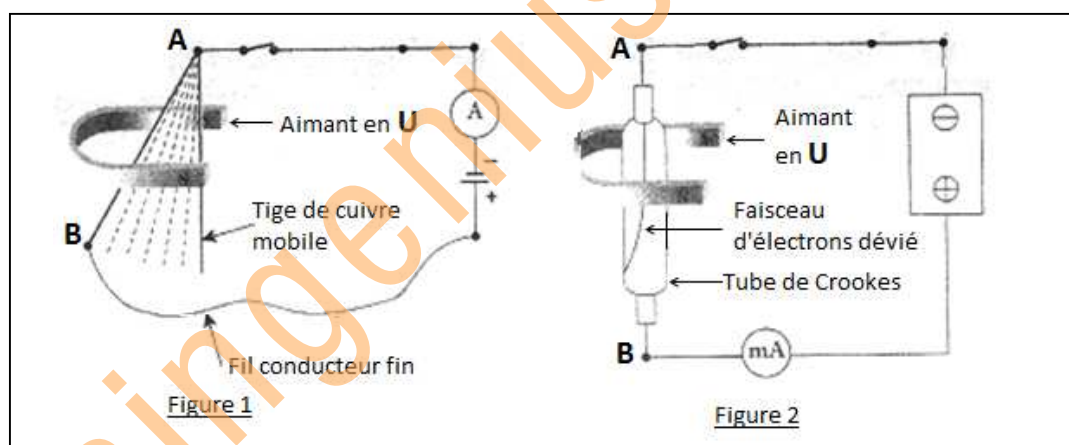
## Le courant électrique

### I- Le courant électrique

#### 1- Nature du courant électrique dans les métaux.

##### a/ Expériences

A l'aide du dispositif ci-dessous, on fait circuler un courant électrique  $I$  d'une part dans la tige de cuivre mobile (figure 1) et d'autre part dans le tube de Crookes (figure 2).



##### b/ Observations

Le faisceau d'électrons et le conducteur métallique sont déviés de la même manière.

Le milliampèremètre indique la circulation d'un courant électrique dans le sens positif (de l'anode vers la cathode)

##### c/ Interprétation

La déviation de la tige métallique montre qu'il existe des électrons libres en mouvement de A vers B.

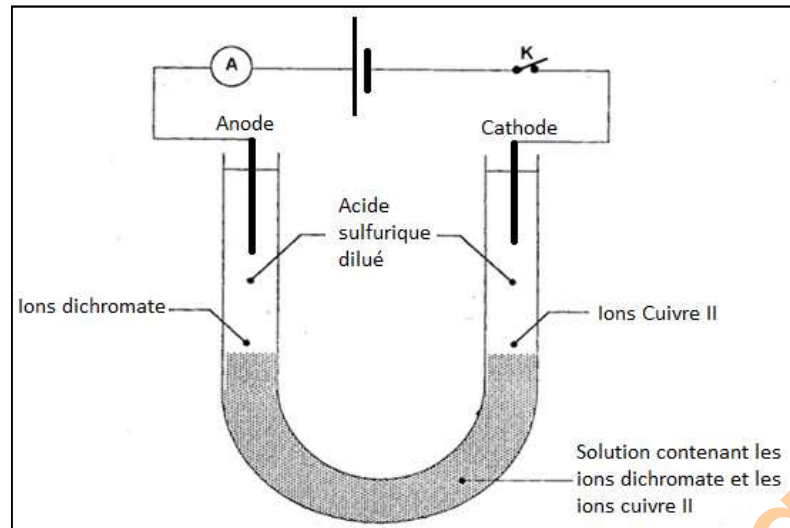
##### e/ Conclusion

Dans un conducteur métallique, le courant électrique est dû à un déplacement d'ensemble d'électrons libres de la borne négative à la borne positive du générateur.

#### 2- Nature du courant électrique dans les électrolytes

##### a/ Expérience et observations

A l'aide du dispositif ci-dessous, on fait circuler un courant électrique  $I$  dans une solution de dichromate de potassium acidifiée.



On observe :

- Une coloration orange à l'anode.
- Une coloration bleue à la cathode

#### b/ Interprétation

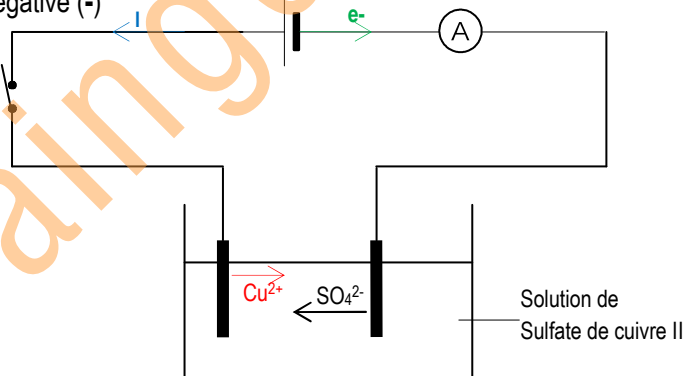
- La couleur orangée à l'anode est due à la présence des ions dichromates ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) : Ils se déplacent donc vers l'anode.
- La couleur bleue à la cathode est due à la présence des ions cuivre II ( $\text{Cu}^{2+}$ ) : Ils se déplacent donc vers la cathode

#### c/ Conclusion

Le courant électrique dans un électrolyte est dû à la double migration des ions : Les cations migrent vers la cathode tandis que les anions migrent vers l'anode.

#### 2- Sens conventionnel du courant électrique

Dans un circuit électrique fermé, le courant à l'extérieur du générateur va de la borne positive(+) à la borne négative (-)



## II - Intensité du courant continu

### 1- Quantité d'électricité

On appelle quantité d'électricité la valeur absolue de la charge portée par l'ensemble des porteurs de charges (ions ou électrons). Elle se note  $Q$  et s'exprime en coulomb (C).

On a  $Q = n|q|$  où  $q$  est la charge de chacun des  $n$  porteurs de charge

#### Exemples

- Pour un électron :  $q = -e$  donc  $Q = e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$
- Pour un ion  $\text{Cu}^{2+}$  :  $q = +2e$  donc  $Q = 2e$ .
- Pour 10 ions carbonate ( $\text{CO}_3^{2-}$ ),  $q = -2e$  donc  $Q = 10|-2e| = 20e$ .

## 2- Intensité du courant électrique

### 2.1- Définition

L'intensité du courant électrique notée  $I$  est la quantité d'électricité qui traverse une section de conducteur par unité de temps. On a  $I = \frac{Q}{\Delta t}$  avec  $I$  en ampère (A),  $Q$  en C et  $\Delta t$  en s.

Elle se mesure à l'aide d'un ampèremètre monté en série. On utilise souvent des multiples et sous multiples de l'ampère.

1 kiloampère (kA) =  $10^3$ A ; 1 milliampère (mA) =  $10^{-3}$  A ; 1 microampère ( $\mu$ A) =  $10^{-6}$ A.

### 2.1- Quelques ordres de grandeur

- Une lampe à incandescence : de 0,1 mA à 5 A. - Un fer à repasser : 5 A. - La foudre : 1000 kA.

Application Données :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C et  $N = 6,02 \cdot 10^{23}$  mol<sup>-1</sup>.

1. Déterminer la quantité d'électricité transportée par une mole d'électron.
2. Calculer la durée de passage d'un courant d'intensité  $I=10$ A pour transporter cette quantité d'électricité.
3. On effectue l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium ( $\text{Na}^+$  ;  $\text{Cl}^-$ ).
  - 3.1. Quels sont les porteurs de charges dans les électrodes, dans l'électrolyte ?
  - 3.2. Quels sont les ions qui se déplacent dans le sens du courant électrique, dans le sens des porteurs de charge qui circulent dans les électrodes ?
  - 3.3. Faire le schéma de l'électrolyse en indiquant le sens du courant électrique, des porteurs de charges dans les électrodes, des porteurs de charge dans l'électrolyte.

## Titre du cours : Intensité d'un courant continu

### Objectifs spécifiques

Appliquer la loi des nœuds.

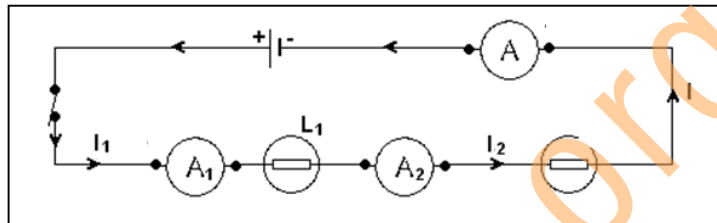
### Plan du cours

Voir cours

## Intensité d'un courant continu

### I - Circuit série

#### 1- Expérience et résultats



Ampèremètres	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
Intensité (A)	$I = 0,11$	$I_1 = 0,11$	$I_2 = 0,11$

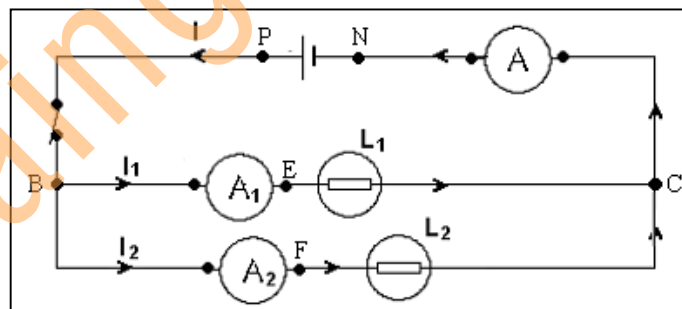
On constate que  $I = I_1 = I_2$ .

#### 2-Conclusion

L'intensité du courant est la même en tout point d'un circuit série : C'est la loi d'unicité de l'intensité du courant.

### II - Circuit avec dérivation (ou circuit en parallèle)

#### 1- Expérience et résultats



B et C sont appelés des nœuds.

BPNC est la branche principale.

BEC et BFC sont les branches dérivées

Ampèremètres	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>
Intensité (A)	$I = 0,142$	$I_1 = 0,064$	$I_2 = 0,078$

On constate que  $I = I_1 + I_2$

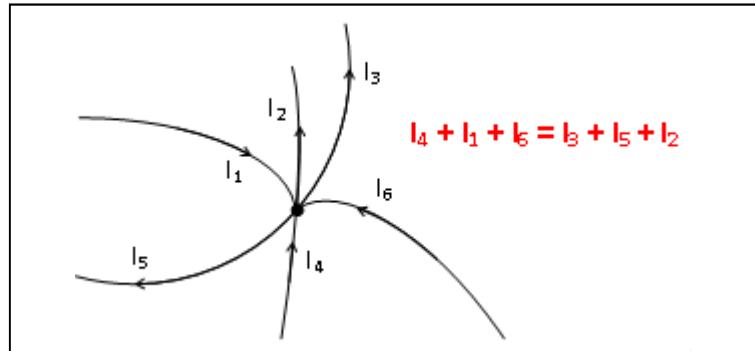
#### 2- Conclusion

Dans un circuit avec dérivation, l'intensité du courant dans la branche principale est égale à la somme des intensités des courants dans les branches dérivées.

### 3- Loi des nœuds

La somme des intensités des courants arrivant à un nœud est égale à la somme des intensités des courants partant de ce nœud.

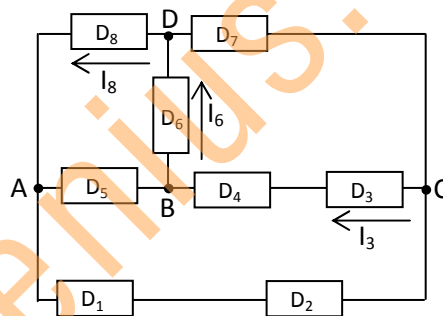
#### Exemple



#### Application 1

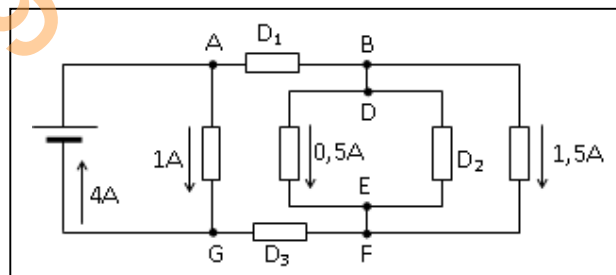
Kiliane réalise le montage suivant comprenant 8 dipôles. On donne:  $I_3 = 2,7A$ ;  $I_6 = 3,1A$  et  $I_8 = 3,6A$ .

1. Déterminer le sens du courant dans chaque branche.
2. Calculer les intensités  $I_1$ ,  $I_5$  et  $I_7$ .
3. Trouver le dipôle susceptible d'être le générateur. Justifier.



#### Application 2

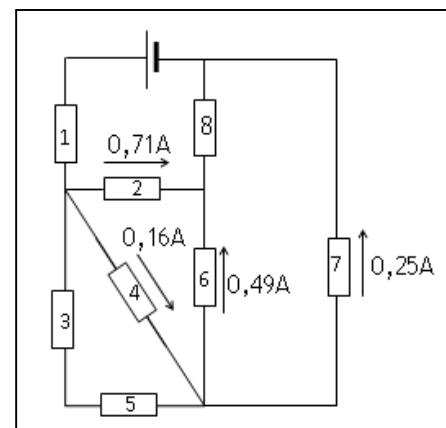
Déterminer le sens et l'intensité des courants qui traversent les dipôles  $D_1$ ,  $D_2$  et  $D_3$  dans le circuit ci-dessous.



#### Application 3

Les valeurs et les sens des intensités  $I_2$ ,  $I_4$ ,  $I_6$  et  $I_7$  sont données sur la figure.

Calculer les valeurs inconnues de l'intensité du courant dans les dipôles.

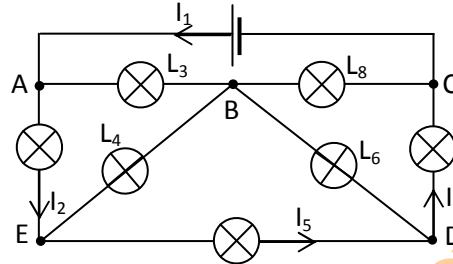


**Tavaux dirigés****Exercice 1**

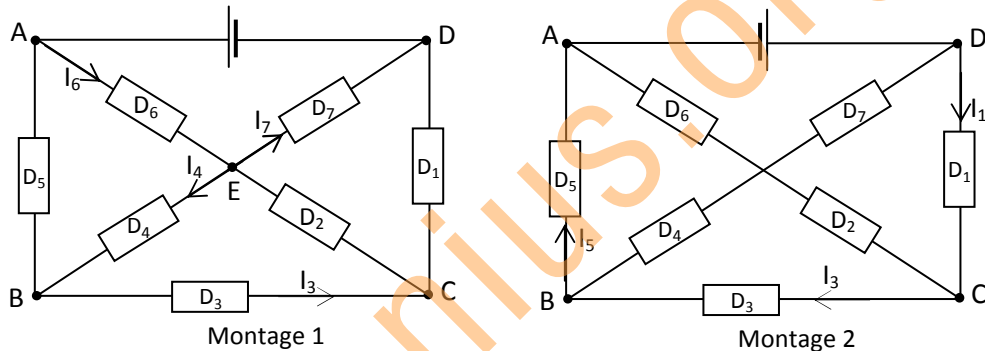
On considère le circuit ci-dessous. Pour  $I_1 = 10\text{ A}$ ;  $I_2 = 4\text{ A}$ ;  $I_5 = 2\text{ A}$  et  $I_7 = 6\text{ A}$ .

Calculer les intensités  $I_3$ ,  $I_6$ ,  $I_4$ , et  $I_8$  des courants qui traversent les lampes  $L_3$ ,  $L_6$ ,  $L_4$ , et  $L_8$ .

Préciser leur sens.

**Exercice 2**

On considère les montages 1 et 2 ci-dessous.



1. Combien de nœuds compte chaque montage ? Citer-les.
2. Pour le montage 1, on donne  $I_6 = 53\text{ mA}$ ,  $I_4 = 15\text{ mA}$ ,  $I_3 = 40\text{ mA}$  et  $I_7 = 28\text{ mA}$ .  
Calculer en mA et préciser le sens des intensités du courant dans les autres branches.
3. Calculer l'intensité du courant électrique dans chaque dipôle du montage 2 pour  $I_1 = 0,39\text{ A}$ ,  $I_3 = 80\text{ mA}$  et  $I_5 = 0,85\text{ A}$ .
4. En déduire l'intensité du courant électrique débitée par le générateur dans chaque montage.

## Titre du cours : Tension électrique

### Objectifs spécifiques

- Mesurer une tension électrique et savoir qu'elle est une grandeur algébrique.
- Appliquer la loi des tensions électriques à l'aide des circuits simples.
- Utiliser l'oscilloscope pour mesurer les caractéristiques d'une tension périodique.

### Plan du cours

Voir cours

## Tension électrique

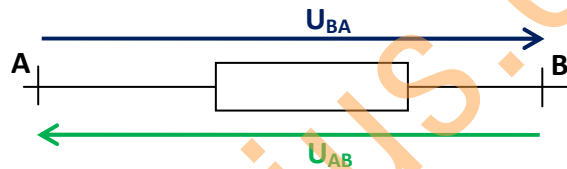
### 1- Notion de tension électrique

#### 1- Définition

On appelle tension électrique entre deux points A et B d'un circuit, la différence d'état électrique ou différence de potentiel (ddp) entre ces deux points.

Elle se note  $U_{AB} = V_A - V_B$  où  $V_A$  est le potentiel au point A et  $V_B$  celui au point B

#### 2- Représentation



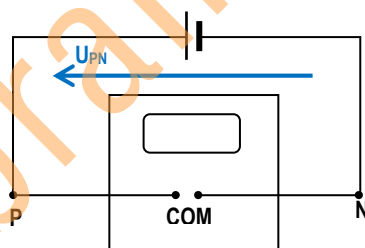
L'unité de mesure de la tension est le volt (V)

**Exemples** : 1 millivolt (mV) =  $10^{-3}$ V, 1 kilovolt (kV) =  $10^3$ V, 1 mégavolt (MV) =  $10^6$  V

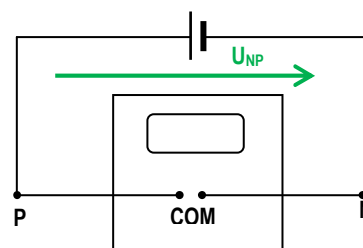
### 3- Mesure

Les appareils de mesure sont le voltmètre (ou le multimètre) et l'oscilloscope. Ils sont branchés avec des dérivations (ou en parallèle) aux bornes du composant électrique dont on désire mesurer la tension.

#### 3.1- A l'aide d'un voltmètre



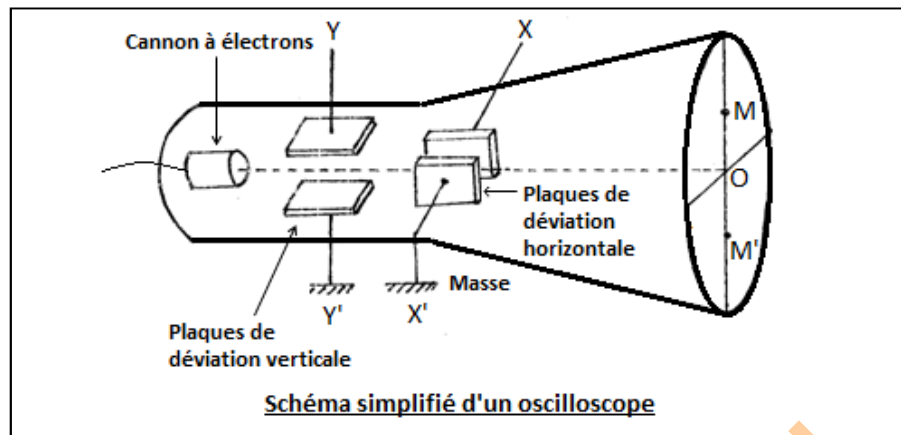
On lit  $U_{PN} = 1,5$  V



On lit  $U_{NP} = -1,5$  V

On remarque que  $U_{PN} = - U_{NP}$ . La tension est donc une grandeur algébrique

### 3.2- A laide d'un oscilloscope

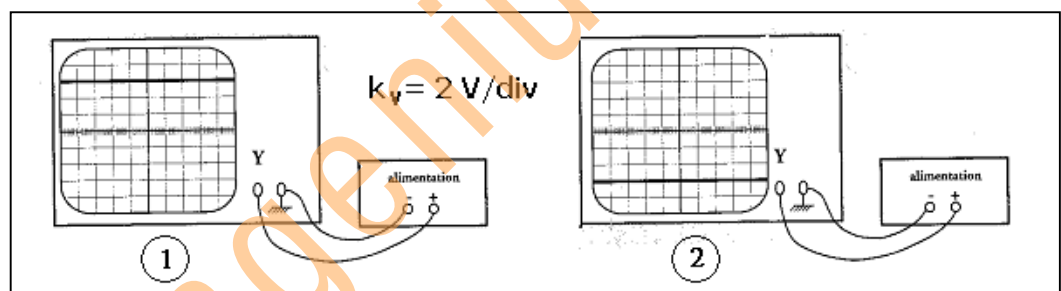


- Le sélecteur de calibre ou sensibilité verticale permet de choisir le calibre kv (Volt/cm ou Volt/div).
- La base de temps ou sensibilité horizontale ou balayage communique au spot un déplacement horizontal de la gauche vers la droite.

#### Remarque

On appelle la masse, tout conducteur de référence dont le potentiel est par convention nul ( $V_M=0$ ). Toutes les tensions sont mesurées par rapport à la masse.

#### Exemples de mesures



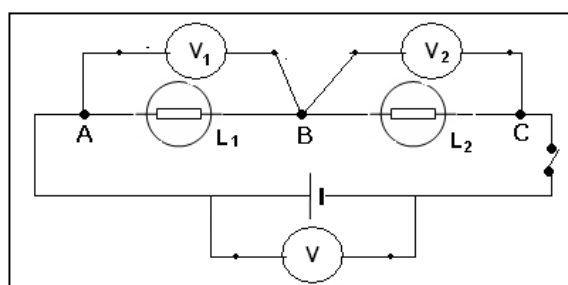
La tension mesurée est proportionnelle à la déviation verticale :  $U = k_v \cdot d$  ( $d$  est la déviation verticale du spot en cm ou en division).

Pour le schéma 1 :  $U_1 = 2 \times 3 = 6 \text{ V}$

Pour le schéma 2 :  $U_2 = -2 \times 3 = -6 \text{ V}$ .

## II- Lois des tensions continues

### 1- Circuit série



### 1.1- Expérience et résultats

On monte deux lampes dans un circuit série, on mesure la tension aux bornes de chacune d'elles puis celle aux bornes du générateur.

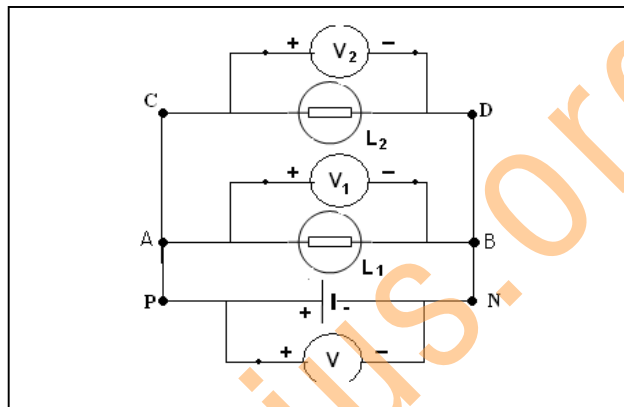
Voltmètres	V	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
Tensions (V)	U <sub>AC</sub> = 6,03	U <sub>AB</sub> = 2,06	U <sub>BC</sub> = 3,96

On constate que  $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$

### 1.2- Conclusion

La tension aux bornes d'un ensemble de dipôles montés en série est égale à la somme des tensions aux bornes de chaque dipôle. C'est la **loi d'additivité des tensions**.

### 2- Circuit avec dérivation



### 2.1- Expérience et observations

On monte deux lampes dans un circuit avec dérivation, on mesure la tension aux bornes de chacune d'elles puis celle aux bornes du générateur.

Voltmètres	V	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>
Tensions (V)	U <sub>PN</sub> = 6	U <sub>AB</sub> = 6	U <sub>CD</sub> = 6

On constate que  $U_{PN} = U_{AB} = U_{CD}$ . APNB et ABDC sont appelés mailles

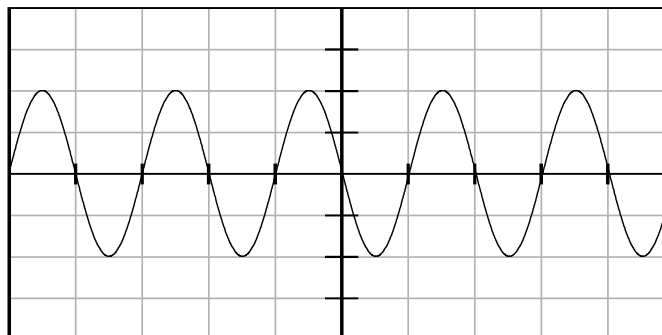
### 2.2- Conclusion

La tension est la même aux bornes d'un ensemble de dipôles montés avec dérivation : C'est la **loi d'unicité de la tension**.

**Remarque** : La tension aux bornes d'un fil de connexion est nulle en circuit fermé.

## III- Tensions variables

### 1- Tension sinusoïdale



Sensibilité verticale : 1V/div.

Balayage : 5ms/div.

$U_m = 2 \times 1 = 2V$ .

### 1.1- Période

La période  $T$  d'une tension sinusoïdale est la plus courte durée au bout de laquelle cette tension se reproduit identiquement à elle-même. Elle s'exprime en seconde (s)

**Exemple** : Pour la tension sinusoïdale ci-dessus,  $T = 5 \times 2 = 10 \text{ms} = 0,01 \text{s}$ .

### 1.2- Fréquence

La fréquence  $N$  ou  $f$  est le nombre de périodes effectuées en une seconde. C'est aussi l'inverse de la période et elle s'exprime en hertz (Hz).  $N = \frac{1}{T}$ .

**Exemple** : Pour la figure sinusoïdale ci-dessus,  $N = 1/0,01 = 100 \text{Hz}$ .

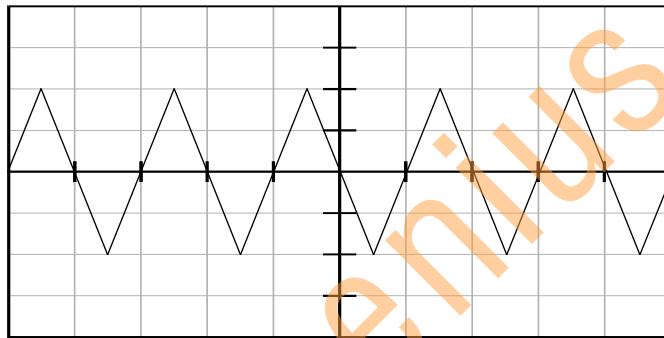
### 1.3- Tension maximale – tension efficace

- La tension maximale ou amplitude d'une tension sinusoïdale est la plus grande valeur que peut prendre cette tension. Elle se mesure à l'aide d'un oscilloscope et se note  $U_m$  ou  $U_{\max}$ .

- La tension efficace est la tension mesurée à l'aide d'un voltmètre en mode alternatif. Elle se note  $U_{\text{eff}}$  ou  $U$ .

- Tension efficace et tension maximale sont liées par la relation :  $U_{\text{eff}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$

### 2- Tension triangulaire ou en dents de scie



◆ Sensibilité verticale : 1V/div.

Balayage : 5ms/div.

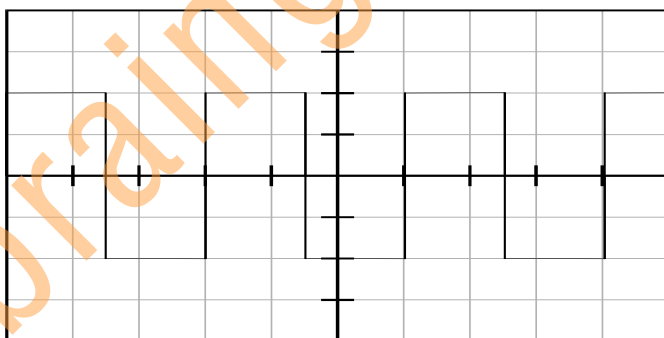
$$U_m = 2 \times 1 = 2 \text{V.}$$

$$U_{\text{eff}} = 2/\sqrt{2} = 1,414 \text{V.}$$

$$T = 5 \times 2 = 10 \text{ms} = 0,01 \text{s.}$$

$$N = 1/0,01 = 100 \text{Hz.}$$

### 3- Tension rectangulaire ou en créneau



Sensibilité verticale : 2V/div.

Balayage : 10ms/div.

$$U_m = 2 \times 2 = 4 \text{V.}$$

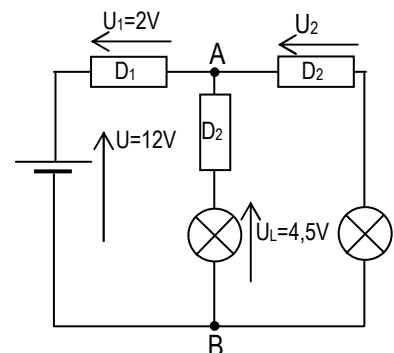
$$U_{\text{eff}} = 4/\sqrt{2} = 2,83 \text{V.}$$

$$T = 10 \times 3 = 30 \text{ms} = 0,03 \text{s.}$$

$$N = 1/0,03 = 33,33 \text{Hz.}$$

### Application 1

On considère le montage ci-contre où les lampes sont identiques. Calculer les tensions  $U_2$  ;  $U_{AB}$ .

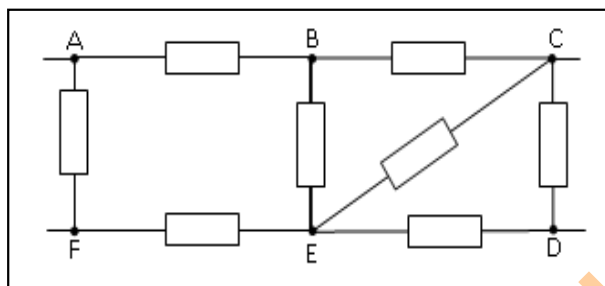


Application 2

On donne pour le réseau de dipôles identiques les tensions suivantes:

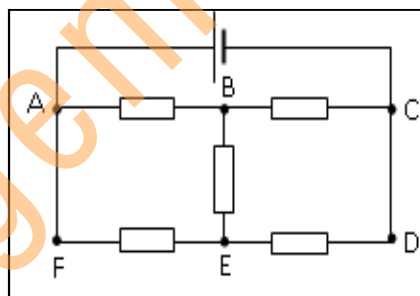
$$U_{AB}=5V ; U_{AC}=15V ; U_{AE}=12V \text{ et } U_{AD}=20V.$$

1. Calculer les tensions  $U_{BC}$  ;  $U_{DE}$  ;  $U_{CD}$  et  $U_{EC}$ .
2. Indiquer le sens des courants dans les 3 branches formant le « triangle » CDE.

Travaux dirigésExercice 1

Dans le circuit ci-contre, on donne :  $U_{AB}=3,5V$ ;  $U_{BC}=5,2V$  et  $U_{FE}=2,7V$ .

1. Calculer les tensions  $U_{BC}$  et  $U_{DE}$ .
2. Donner le sens du courant dans le dipôle BE.

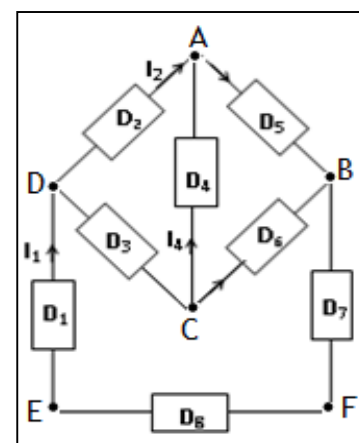
Exercice 2

Le montage ci-contre comporte des récepteurs et un générateur.

On donne:  $I_1=0,8A$ ;  $I_2=0,45A$  et  $I_4=0,2A$ .

$$U_{BE}=7V; U_{EC}=6V; U_{DC}=9V; U_{AF}=22V; U_{EF}=5V.$$

1. Nommer les différents nœuds du circuit.
2. Calculer les intensités du courant électrique  $I_3$  ;  $I_5$  ;  $I_6$  ;  $I_7$  qui traversent respectivement  $D_3$  ;  $D_5$  ;  $D_6$  ;  $D_7$  ;  $D_8$ .
3. Trouver les dipôles susceptibles d'être le générateur. Justifier votre réponse.
4. Calculer les tensions  $U_{CB}$ ,  $U_{ED}$ ,  $U_{DF}$ ,  $U_{AB}$  et  $U_{BF}$ .

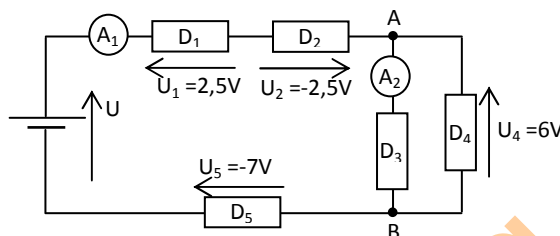


Exercice 3

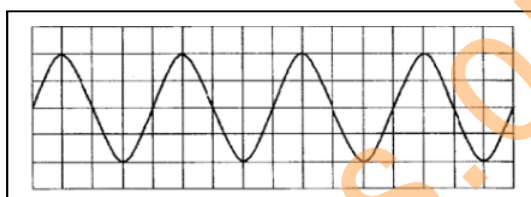
On réalise le montage ci-dessous composé de 5 dipôles et 2 ampèremètres.

L'ampèremètre  $A_1$  indique 0,45A et  $A_2$ , 0,18A.

1. Combien de nœuds compte ce circuit ? Lesquels ?
2. Déterminer l'intensité du courant qui traverse chaque dipôle.
3. Donner la valeur de la tension  $U_{AB}$  et calculer celle de la tension  $U$ .

Exercice 4

On considère la tension variable  $u(t)$  représentée ci-dessous.



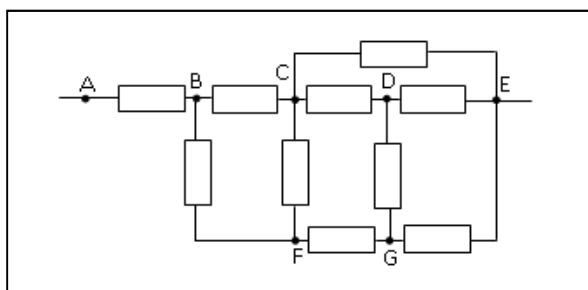
1. Préciser la nature de cette tension.
  2. Déterminer le nombre  $n$  de périodes  $T$  représentées sur le graphique.
  3. Cette tension a été obtenue en 20ms.
    - 3.1. Calculer la période  $T$
    - 3.2. Retrouver cette valeur à partir du graphique.
    - 3.3. En déduire la fréquence  $N$ .
  4. Déterminer la tension maximale et calculer la tension efficace.
- Données : sensibilités utilisées : 5V/div et 1,25 ms/div.

Exercice 5

On donne pour le réseau de dipôles identiques les tensions suivantes:

$$U_{AB} = 10V ; U_{BC} = 8V ; U_{CD} = 12V ; U_{BF} = 15V ; U_{FG} = 5V \text{ et } U_{GE} = 5V.$$

1. Calculer les tensions  $U_{FC}$  ;  $U_{DE}$  ;  $U_{DG}$  ;  $U_{CE}$  et  $U_{GB}$ .
2. Peut-on supprimer la branche DG sans perturber le reste du circuit ? Justifier votre réponse.
3. Donner le sens du courant dans le dipôle CF.



## Titre du cours : Etude expérimentale de quelques dipôles passifs

### Objectifs spécifiques

- Déterminer expérimentalement les caractéristiques  $U = f(I)$  et  $I = f(U)$  de quelques dipôles passifs.
- Utiliser la loi d'ohm.
- Appliquer les lois d'association des conducteurs ohmiques.

### Plan du cours

Voir cours

## Etude expérimentale de quelques dipôles passifs

### I- Définitions

#### 1- Dipôle

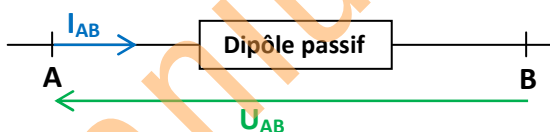
Un dipôle est un composant électrique qui a deux bornes. En circuit ouvert, si la tension à ses bornes est nulle, il est appelé **dipôle passif**.

#### Exemples

Le conducteur ohmique, la lampe à incandescence, la diode à jonction, la diode zéner, l'électrolyseur, ...

#### 2- Caractéristique d'un dipôle

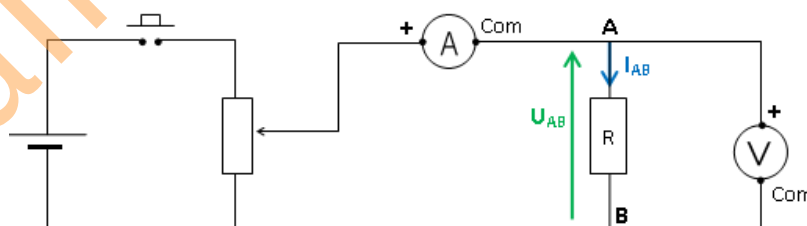
La caractéristique intensité-tension d'un dipôle est le graphe de la fonction  $U_{AB} = f(I_{AB})$ .



### II- Caractéristique d'un conducteur ohmique ou résistor

#### 1- Schéma du dispositif expérimental - expériences

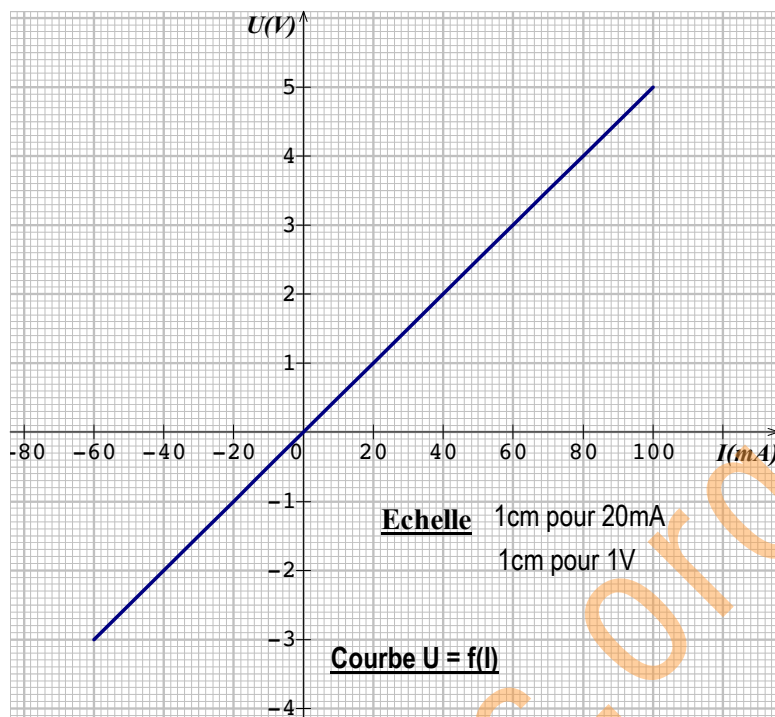
A l'aide du montage schématisé ci-dessous, on fait varier la tension aux bornes du conducteur ohmique et on relève l'intensité correspondante. On obtient les valeurs données dans le tableau de mesures.



#### 2- Tableau de mesures

$U_{AB}$ (V)	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
$I_{AB}$ (mA)	-60	-40	-20	0	20	40	60	80	100

### 3- Graphe $U = f(I)$



### 4- Exploitation du graphe

- Le graphe  $U_{AB} = f(I_{AB})$  est une droite passant par l'origine du repère. Son équation est donc de la forme  $U_{AB} = aI_{AB}$ . Le conducteur ohmique est un **dipôle passif et linéaire**.

- A chaque point de la droite correspond son symétrique par rapport à l'origine du repère. **Le conducteur ohmique est un dipôle symétrique**.

Le coefficient directeur de la droite est  $a = \frac{\Delta U}{\Delta I} = 50 \Omega$ . C'est la résistance du conducteur ohmique. On la note  $R = 50 \Omega$  (dans notre expérience).

### 5- Conclusion : Loi d'OHM pour un conducteur ohmique

La tension aux bornes d'un conducteur ohmique est proportionnelle à l'intensité du courant qui le traverse.  $U_{AB} = RI_{AB}$  avec I en A, U en V et R en  $\Omega$ .

Le conducteur est un dipôle passif symétrique et linéaire.

### Remarques

- La caractéristique tension – intensité  $I_{AB} = f(U_{AB})$  permet de déterminer la conductance du résistor  $I_{AB} = GU_{AB}$  avec  $G = 1/R$  où G est en siemens (S).

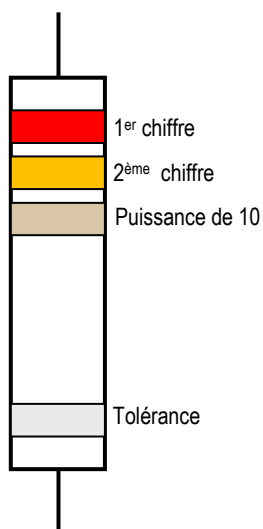
- On peut aussi déterminer la résistance d'un conducteur ohmique par deux autres méthodes.

**a/ Méthode de l'ohmmètre.**

La mesure se fait directement aux bornes du résistor en dehors du circuit.

**b/ Méthode des codes de couleurs.**

**Exemple** : Un résistor (conducteur ohmique) dont les couleurs d'anneau sont dans l'ordre Rouge – Orange – Marron – Argent a pour résistance  $R = (230 \pm 12) \Omega$ .

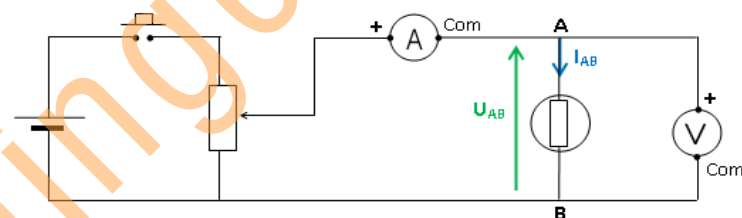


Couleur	1 <sup>er</sup> ou 2 <sup>ème</sup> chiffre	puissance de 10	tolérance
Noir	0	0	20%
Marron	1	1	1%
Rouge	2	2	2%
Orange	3	3	-
Jaune	4	4	-
Vert	5	5	-
Bleu	6	6	-
Violet	7	7	-
Gris	8	8	-
Blanc	9	9	-
Argent	-	-2	10%
Or	-	-1	5%

### III - Caractéristique d'une lampe à incandescence

#### 1- Schéma du montage – Expériences

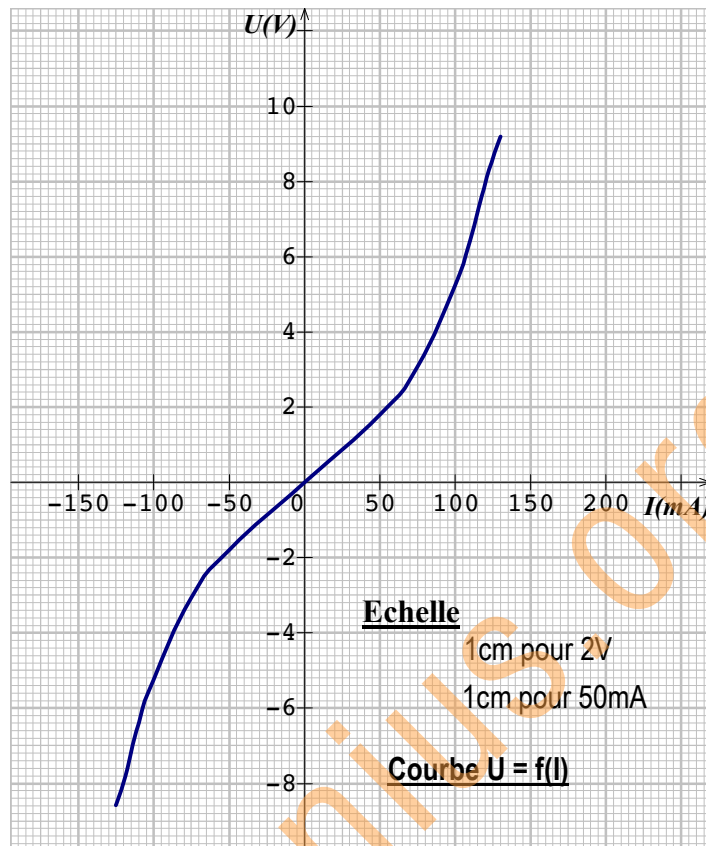
A l'aide du potentiomètre, on fait varier la tension  $U_{AB}$  et on relève les valeurs correspondantes de l'intensité  $I_{AB}$ . On obtient les résultats donnés le tableau ci-dessous.



#### 2- Résultats

I(mA)	-125	-119	-110	-100	-75	-50	0	50	75	100	110	119	124	130
U(V)	-8,58	-7,8	-6,4	-5,24	-3,08	-1,8	0	1,8	3,08	5,24	6,4	7,8	8,58	9,2

### 3. Courbe $U = f(I)$



### 4. Exploitation de la courbe

Le filament de la lampe à incandescence se comporte comme fil métallique très fin parcouru par un courant électrique, donc comme un conducteur ohmique. Sa caractéristique **n'est pas une droite mais est symétrique**.

Le rapport  $R = \frac{U}{I}$  (**résistance statique de la lampe**) n'est pas constant. Lorsque la température du filament croît, la résistance  $R$  statique de la lampe à incandescence augmente.

### 5. Conclusion

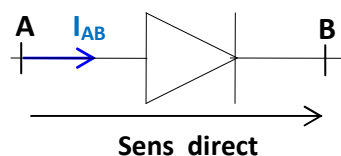
La lampe à incandescence est un dipôle passif symétrique non linéaire.

## IV- Caractéristique d'une diode

### 1- Diode à jonction

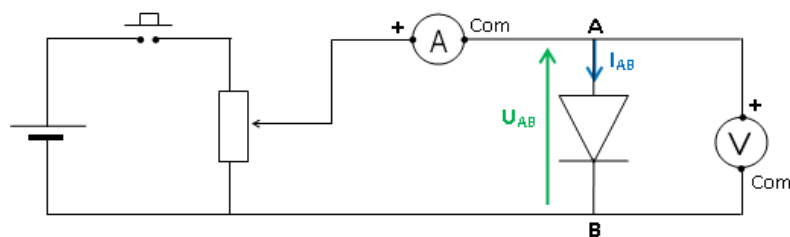
#### 1.1/ Définition

C'est un composant électronique qui ne laisse passer le courant que dans un seul sens appelé sens passant ou sens direct. Son symbole est :



### 1.2- Schéma du dispositif expérimental-expériences

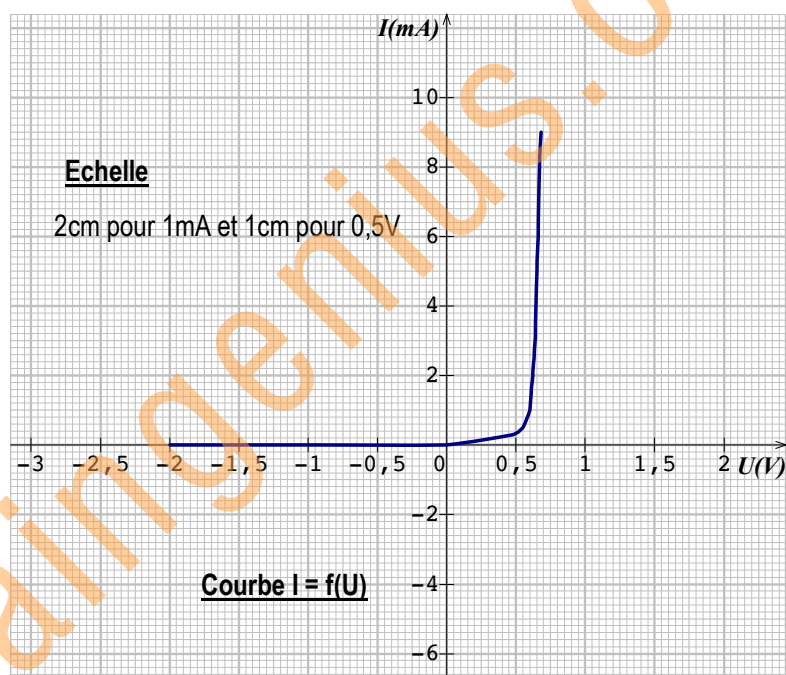
A l'aide du montage schématisé ci-dessous, on fait varier la tension aux bornes de la diode à jonction et on relève l'intensité correspondante. On obtient les valeurs données dans le tableau de mesures.



### 1.3- Tableau de mesures

U(V)	-2	-1	0	0,53	0,57	0,6	0,61	0,62	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,68	0,7
I(mA)	0	0	0	0,5	1,1	2	2,5	3	3,5	4,1	5	6	8	9	40

### 1.4- Graphe $I = f(U)$



### 1.5- Exploitation du graphe

- Pour  $U_{AB} < 0,53$  V,  $I_{AB} = 0$ .

La diode est bloquée. Elle se comporte comme un interrupteur ouvert.

- Pour  $U_{AB} \geq 0,53$  V,  $I_{AB} \neq 0$ .

La diode est dite passante. Elle se comporte comme un conducteur ohmique de faible résistance.

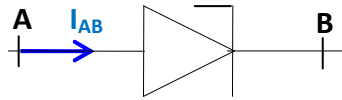
#### Remarque

La valeur  $U_s = 0,53$  V est appelée tension seuil. La diode devient conductrice à cette tension.

## 2- La diode Zéner

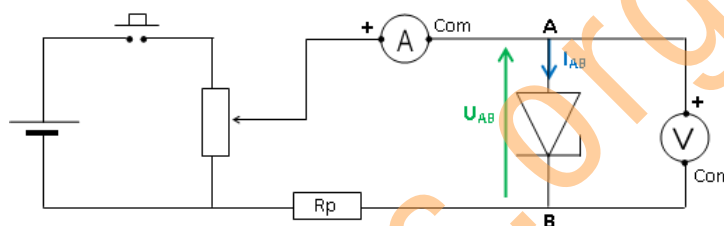
### 2.1- Définition

C'est une diode qui conduit le courant électrique dans le sens direct pour  $U_{AB} \geq U_s$  et en inverse pour  $U_{AB} \leq -U_z$  avec  $U_z > 0$  est la tension Zéner et  $U_s$  est la tension seuil. Son symbole est :



### 2.2- Schéma du dispositif expérimental-Expériences

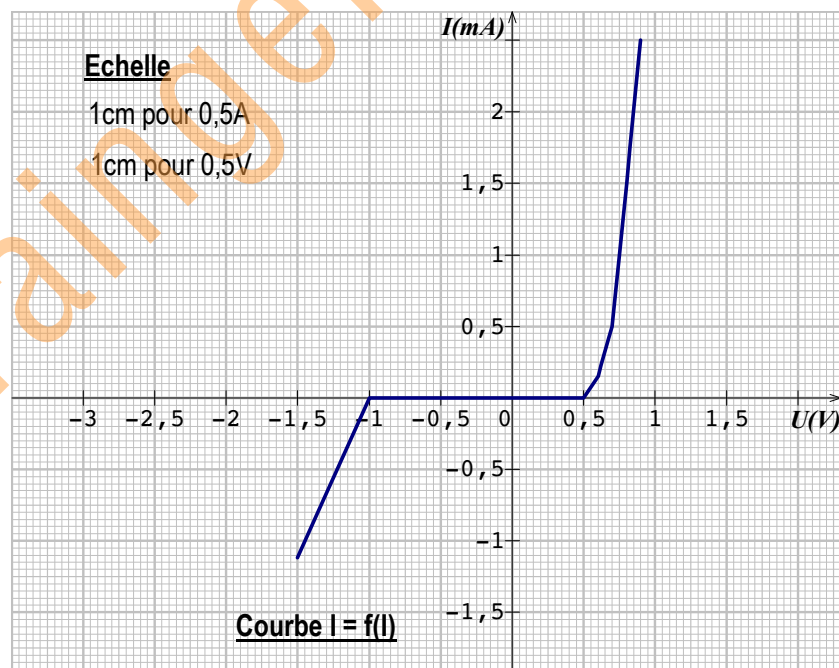
A l'aide du montage schématisé ci-dessous, on fait varier la tension aux bornes de la diode à jonction et on relève l'intensité correspondante. On obtient les valeurs données dans le tableau de mesures.



### 2.3- Tableau de mesures

U(V)	-2,7	-2	-1	0	0,5	0,6	0,7	0,8
I(mA)	-11,5	-0,65	0	0	0	0	0,3	7,5

### 2.4- Graphe $I = f(U)$



### 2.5- Exploitation du graphe

- Pour  $-2 \text{ V} < U_{AB} < 0,7 \text{ V}$ ,  $I = 0$  la diode est non passante.
- Pour  $U_{AB} \geq 0,7 \text{ V}$ ,  $I > 0$ , La diode est passante en direct.
- Pour  $U_{AB} \leq -2 \text{ V}$ ,  $I < 0$ , la diode est passante en indirect.

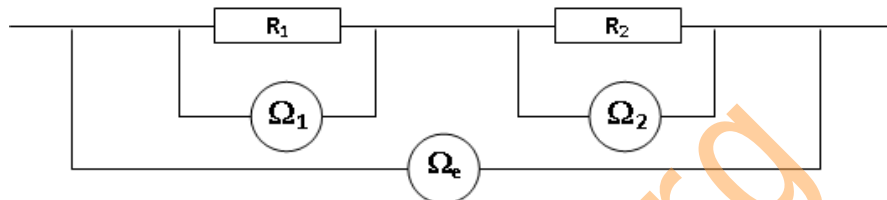
**Remarques**

$U_s = 0,7 \text{ V}$  est la tension seuil.

$U_z = 2 \text{ V}$  est la tension Zener.

$-U_z < U_{AB} < U_s$  la diode est non passante.

La diode est passante lorsque  $U_{AB} \geq U_s$  ou  $U_{AB} \leq -U_z$ .

**V- association de dipôles passifs****1- Association de conducteurs ohmiques****1.1- Association en série****a/ Etude expérimentale**

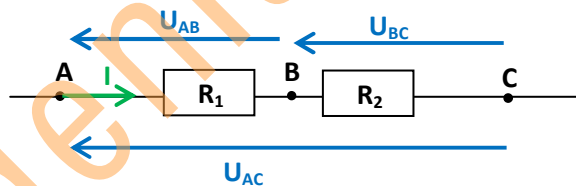
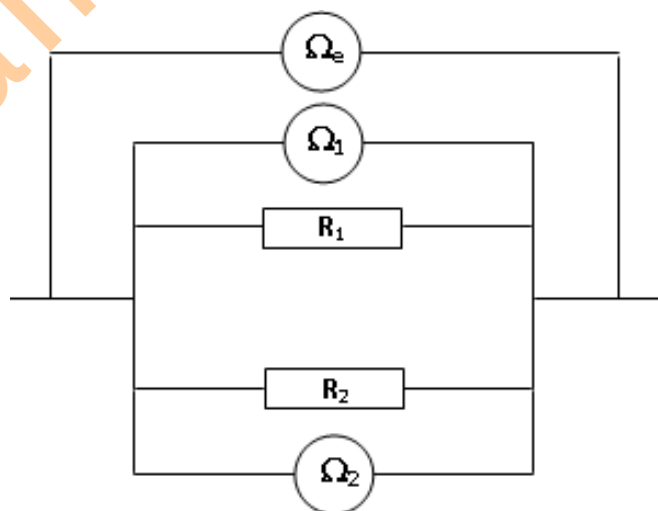
On lit  $R_1 = 80,5 \Omega$  ;  $R_2 = 46,5 \Omega$  et  $R_e = 126,9 \Omega$ . On constate que  $R_e = R_1 + R_2$

D'une manière générale, pour l'association en série de  $n$  conducteurs ohmiques, la résistance équivalente est la somme de toutes les résistances  $R_e = \sum R_i$ .

**b/ Etude Théorique**

Loi d'additivité des tensions  $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$

$R_{\text{eq}}.I = R_1.I + R_2.I$  Donc  $R_{\text{eq}} = R_1 + R_2$ .

**1.2- Association en parallèle****a/ Etude expérimentale**

- Pour  $R_1 = 80,5 \Omega$  ;  $1/R_1 = 0,012 \text{ S}$ . - Pour  $R_2 = 46,5 \Omega$  ;  $1/R_2 = 0,021 \text{ S}$ .

On lit  $R_e = 29,5 \Omega$  ;  $1/R_e = 0,053 \text{ S}$ .

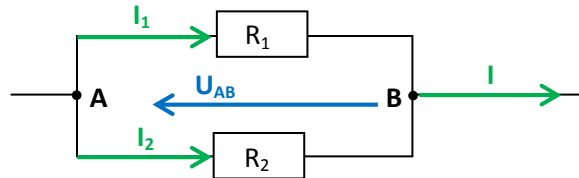
On constate que  $\frac{1}{R_e} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \leftrightarrow R_e = \frac{R_1.R_2}{R_1+R_2}$

D'une manière générale, pour l'association de  $n$  conducteurs ohmiques en parallèle, la résistance équivalente  $R_e$  est telle ;

$$1/R_e = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n.$$

### b/ Etude Théorique

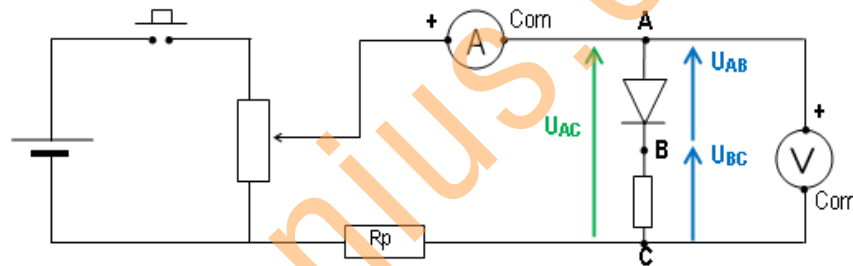
Loi des nœuds  $I = I_1 + I_2$   $U_{AB}/R_{\text{éq}} = U_{AB}/R_1 + U_{AB}/R_2$ . Donc  **$1/R_e = 1/R_1 + 1/R_2$** .



## 2- Association en série d'un résistor et d'une diode à jonction

### 2.1- Schéma du dispositif expérimental-Expériences

A l'aide du montage schématisé ci-dessous, on fait varier la tension aux bornes de la branche du circuit contenant une diode à jonction et un conducteur ohmique en série, et on relève l'intensité correspondante. On obtient les valeurs données dans le tableau de mesures.



### 2.2- Tableaux de mesures

#### 2.2.1- Conducteur ohmique (seul)

$U_{BC}(V)$	0	0,5	0,7	0,87	1	1,75
$I (mA)$	0	30	40	50	57	100

#### 2.2.2- Diode (seule)

$U_{AB}(V)$	0	0,25	0,3	0,7	0,85	0,87	0,87	0,87
$I (mA)$	0	0	1	15	30	40	50	60

#### 2.2.3- Association diode – conducteur ohmique

$U_{AC}(V)$	0	0,25	0,81	1,37	1,57	2	2,25
$I (mA)$	0	0	10	30	40	60	75

### 2.3- Courbes $I = f(U)$ (sur le même papier millimétré)

$$1 \text{ cm} \leftrightarrow 10 \text{ mA} \text{ et } 1 \text{ cm} \leftrightarrow 0,25 \text{ V}$$

### 2.4- Exploitation des courbes

- Pour  $I = 30 \text{ mA}$ , Déterminer graphiquement la tension aux bornes du résistor ( $U_{BC}$ ), de la diode ( $U_{AB}$ ) et de l'association ( $U_{AC}$ ). On a  $U_{BC} = 0,5 \text{ V}$  ;  $U_{AB} = 0,85 \text{ V}$  et  $U_{AC} = 1,37 \text{ V}$ .

- Pour  $I = 40 \text{ mA}$ , Déterminer graphiquement la tension aux bornes du résistor ( $U_{BC}$ ), de la diode ( $U_{AB}$ ) et de l'association ( $U_{AC}$ ). On a  $U_{BC} = 0,7 \text{ V}$  ;  $U_{AB} = 0,87 \text{ V}$  et  $U_{AC} = 1,57 \text{ V}$ .

- Pour chaque cas, comparer  $U_{BC} + U_{AB}$  et  $U_{AC}$ .

Pour  $I = 30 \text{ mA}$ , On a  $U_{BC} + U_{AB} = 1,35 \text{ V}$  et  $U_{AC} = 1,37 \text{ V}$ . Donc  **$U_{BC} + U_{AB} \cong U_{AC}$** .

Pour  $I = 40 \text{ mA}$ , On a  $U_{BC} + U_{AB} = 1,57 \text{ V}$  et  $U_{AC} = 1,57 \text{ V}$ . Donc  **$U_{BC} + U_{AB} = U_{AC}$** .

## 2.5- Conclusion

On peut construire point par point la caractéristique d'une association de dipôles montés en série en appliquant la loi d'additivité des tensions.

### Application 1

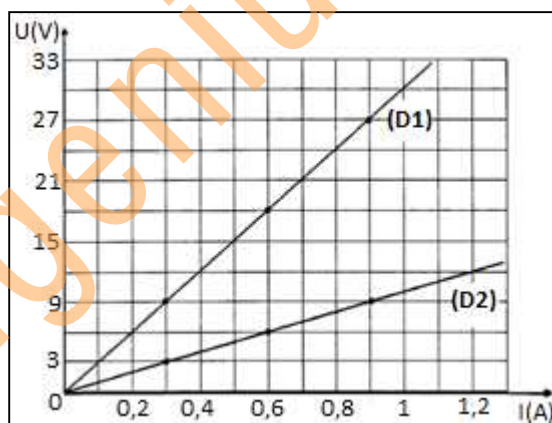
L'étude de la caractéristique d'un composant électronique X donne les résultats suivants :

U(V)	0	2,5	5	7,5	10	15
I (mA)	0	50	100	148	200	300

1. Faire le schéma du montage.
  2. Tracer la caractéristique  $U = f(I)$  de ce composant.
- Echelle : 2cm pour 50mA et 2cm pour 2,5V.
3. Quelle est la nature du dipôle étudié ? Justifier.
  4. Déterminer graphiquement la valeur de la tension correspondant à une intensité de 125mA.
  5. En déduire la valeur de la résistance de ce composant.
  6. On associe en série avec X un résistor dont la résistance est  $R = 60\Omega$ .  
L'ensemble est traversé par un courant d'intensité  $I = 0,15A$ .
  - 6.1 Calculer les tensions  $U_1$  et  $U_2$  respectivement aux bornes de X et du résistor.
  - 6.2 Déduire des résultats précédents, la tension d'alimentation du montage.

### Application 2

Deux conducteurs ohmiques  $D_1$  et  $D_2$  de résistances  $R_1$  et  $R_2$  sont traversés respectivement par un courant d'intensité  $I_1$  et  $I_2$ .



1. Ecrire l'expression de la loi d'Ohm.
2. Les caractéristiques des deux conducteurs ohmiques sont représentées ci-dessous.  
Déterminer la valeur de  $R_1$  et  $R_2$ .
3. Kilane se propose de construire un pont diviseur de tension avec les deux conducteurs ohmiques précédents. L'ensemble des deux conducteurs est alimenté par une pile de tension  $U_e = 12V$ . La sortie est prise aux bornes de  $D_1$ 
  - 3.1 Faire le schéma du montage.
  - 3.2 Ecrire l'expression de la tension de sortie  $U_s$
  - 3.3 Déterminer la tension aux bornes de  $D_1$ .

**Travaux dirigés****Exercice 1**

On relève pour une lampe à incandescence les couples de valeurs (I, U).

$U_{AB}$ (V)	-1,5	-1	-0,5	-0,2	-0,1	-0,05	0	0,05	0,1	0,2	0,5	1	1,5
$I_{AB}$ (mA)	-200	-163	-124	-90	-67	-34	0	35	65	90	120	160	200

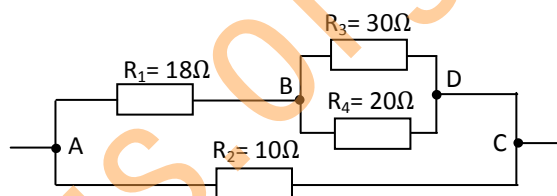
1. Faire le schéma du montage qui a permis de relever I et U.
2. Tracer la courbe intensité-tension. Echelle 1 cm pour 20mA et 1 cm pour 0,25V.
3. Ce dipôle est-il symétrique ?
4. Calculer pour chaque couple de valeurs (U, I), la résistance statique de la lampe  $R_s = U_s / I_s$ . Cette grandeur est-elle constante ?

**Exercice 2**

Quatre conducteurs ohmiques sont montés selon la figure ci-contre.

On donne :  $U_{AC} = 30V$  et  $U_{AB} = 18V$ . Calculer :

1. La résistance équivalente à cette association.
2. La tension aux bornes de chaque conducteur ohmique et l'intensité du courant électrique qui le traverse.



Titre du cours : **Etude expérimentale d'un dipôle actif – Point de fonctionnement****Objectifs spécifiques**

- Déterminer expérimentalement les caractéristiques  $U = f(I)$  pour une pile.
- Appliquer la relation  $U = E - rI$ .
- Appliquer les lois d'association d'un dipôle actif et d'un dipôle passif.
- Déterminer le point de fonctionnement d'un circuit.
- Comprendre la loi de Pouillet.

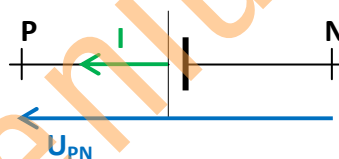
**Plan du cours**

Voir cours

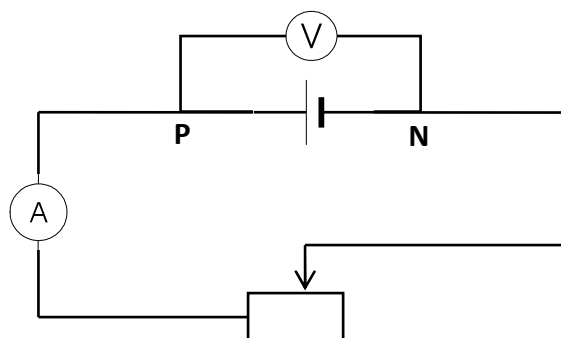
**Etude expérimentale d'un dipôle actif – Point de fonctionnement****I- Etude expérimentale d'un dipôle actif : cas d'une pile****1- Définition d'un dipôle actif**

Un dipôle actif est un dipôle dont la tension à ses bornes est **non nulle** en circuit ouvert. Il possède une borne positive (+) et une borne négative (-).

Les dipôles actifs constituent la famille des générateurs dont le symbole est :

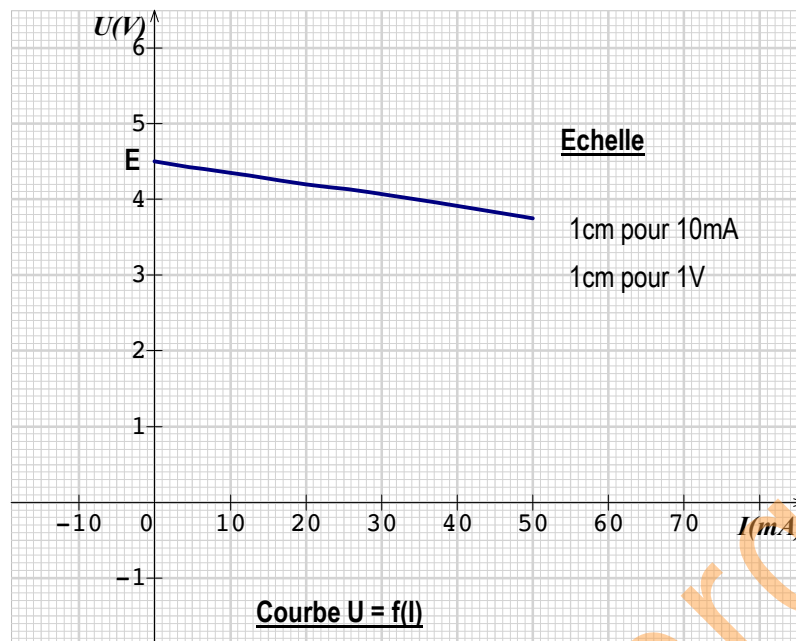
**2- Schéma du dispositif expérimental- Expériences**

A l'aide du montage schématisé ci-dessous, on fait varier la tension aux bornes d'une pile et on relève l'intensité débitée. On obtient le tableau de mesures ci-dessous.

**3- Tableau de mesures**

$U_{PN}$ (V)	4,5	4,425	4,35	4,20	4,05	<b>3,75</b>
$I$ (A)	0	0,045	0,10	0,20	0,31	<b>0,50</b>

**4- Courbe  $U = f(I)$**



### 5- Exploitation de la courbe

La courbe est une droite ne passant pas par l'origine du repère. Son équation est de la forme

$$U_{PN} = a \cdot I + b. \quad a = \frac{\Delta U}{\Delta I} = \frac{U(B) - U(A)}{I(B) - I(A)} \quad a = \frac{3,75 - 4,5}{0,5 - 0} = -1,5 \Omega.$$

On pose  $a = -r$  où  $r$  est appelé résistance interne de la pile. Donc  $r = 1,5 \Omega$ .

$b$ , ordonnée à l'origine, est la force électromotrice (fém.) de la pile notée  $E = b = 4,5 \text{ V}$ .

On a donc  $U_{PN} = 4,5 - 1,5 \cdot I$ ; c'est la loi d'ohm pour la pile.

### 6- Loi d'Ohm pour un générateur

La tension aux bornes d'un générateur de fém.  $E$  et de résistance interne  $r$  est proportionnelle à l'intensité  $I$  du courant qu'il débite.  $U_{PN} = E - r \cdot I$  avec  $U$  en V,  $E$  en V ;  $I$  en A et  $r$  en  $\Omega$

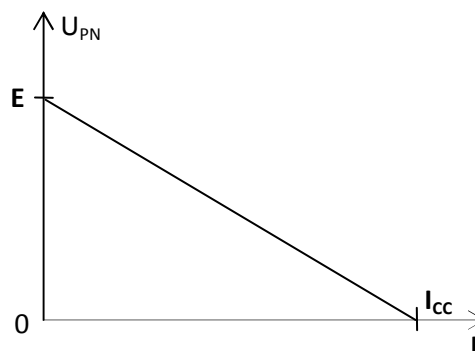
#### Remarque

Si  $r = 0$  ;  $U_{PN} = E$  ; On dit qu'on a un générateur idéal de tension

### 7- Courant de court-circuit

Lorsqu'on relie par un fil conducteur les deux pôles d'un générateur, on l'a court-circuité. Ses deux bornes sont portées au même potentiel.

$U_{PN} = 0$  c'est-à-dire  $E - r I_{CC} = 0$  donc  $I_{CC} = \frac{E}{r}$  est le **courant de court-circuit**.



## II- Association d'un dipôle actif et d'un dipôle passif : point de fonctionnement

### 1- Définition du point de fonctionnement

Lorsqu'on associe un **générateur** (une pile) et un **dipôle passif** dans un circuit simple, l'intensité du courant qui parcourt les deux dipôles est la même et la tension est identique aux bornes des dipôles. Le couple tension - intensité ( $U ; I$ ) pour lequel le fonctionnement du circuit est normal est appelé le point de fonctionnement.

### 2- Détermination du point de fonctionnement

#### 2.1- Méthode graphique : cas d'une pile et d'une lampe

##### 2.1.1- Tableaux de mesures

#### Pour la pile

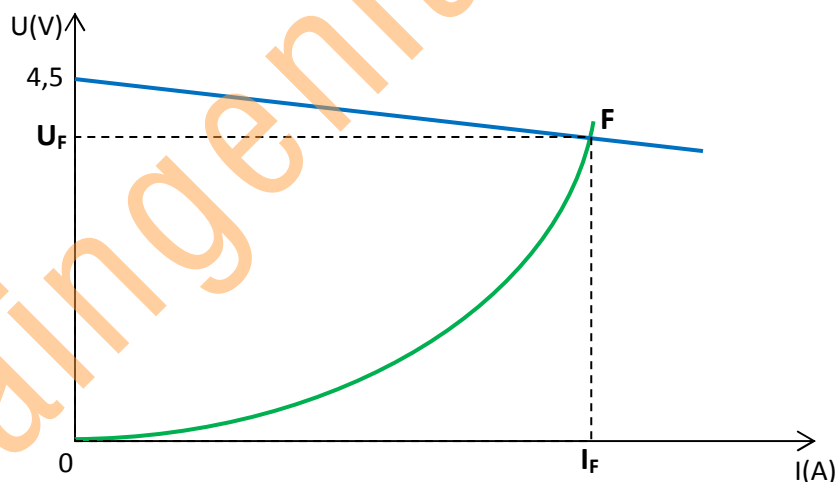
$U_{PN}$ (V)	4,5	4,35	4,20	4,05	3,75
$I$ (A)	0	0,10	0,20	0,31	0,50

#### Pour la lampe

$U_{AB}$ (V)	0	50	75	100	110	119	124	130
$I$ (A)	0	1,8	3,08	5,24	6,4	7,8	8,58	9,2

### b/ Courbes $U = f(I)$

**Echelle :** 1 cm pour 0,5 et 1 cm pour 0,05 A. L'allure des courbes est donnée sur le schéma ci-dessous.



### c/ Conclusion

Le point de fonctionnement  $F(U, I)$  est le point d'intersection des deux courbes.

### d/ Méthode algébrique : Cas d'une pile et d'un résistor

Le point de fonctionnement peut être déterminé par calcul si les dipôles du circuit sont tous linéaires.

#### Exemples

On a  $U_{PN} = U_{PA} + U_{AB} + U_{BN}$  avec  $U_{PA} = U_{BN} = 0$  donc  $U_{PN} = U_{AB}$  c'est-à-dire  $E - rI = RI$ .

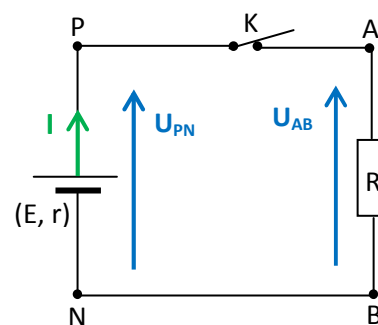
$$\text{D'où } I = \frac{E}{R+r}$$

e/ Généralisation : Loi de Pouillet

L'intensité du courant qui traverse un circuit constitué par des générateurs et des conducteurs ohmiques montés tous

en série est donnée par la relation :  $I = \frac{\sum E}{\sum R}$  où  $\sum E$

représente la somme de toutes les fém. en  $\Omega$  et  $\sum R$  est la somme des résistances de tous les dipôles actifs et passifs.

Application 1

Les mesures ci-dessous ont été effectuées à partir d'un circuit comportant la pile, un interrupteur, un rhéostat, un ampèremètre, un voltmètre et des fils conducteurs.

1. Faire le schéma du montage.
2. Tracer à l'échelle (2cm pour 1V et 2cm pour 1A), la caractéristique intensité-tension de la pile.

$U_{AB}$ (V)	1	1.5	2	2.2	3
$I$ (A)	0,20	0,15	0,10	0,08	0

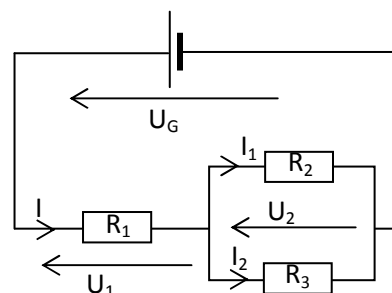
3. En déduire les grandeurs caractéristiques ( $E$ ,  $r$ ) de la pile ainsi que le courant de court circuit  $I_{cc}$ .

Application 2

Considérons le circuit de la figure ci-contre.

La fém. de la pile est  $E = 4,5V$  et sa résistance interne est  $r = 1,5\Omega$ . On donne :  $R_1 = 3\Omega$ ,  $R_2 = 5\Omega$  et  $R_3 = 8\Omega$ . Calculer ;

1. La résistance équivalente à cette association.
  2. L'intensité  $I$  débitée par la pile.
  3. Les tensions  $U_G$ ,  $U_1$  et  $U_2$ .
- En déduire les intensités  $I_1$  et  $I_2$ .

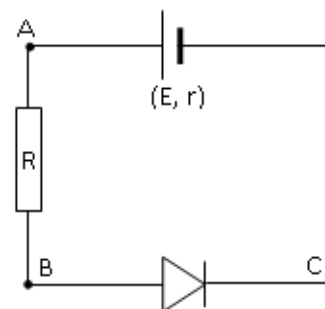
Travaux dirigésExercice 1

On réalise un circuit électrique comprenant un générateur

( $E = 6V$ ,  $r = 2,5\Omega$ ), un conducteur ohmique de résistance

$R = 4,5\Omega$  et une diode au silicium de tension seuil  $U_S = 0,8V$ . La diode est idéale et branchée en sens direct.

1. Calculer l'intensité du courant qui traverse le circuit.
2. En déduire les tensions  $U_{AB}$ ,  $U_{BC}$  et  $U_{AC}$ .



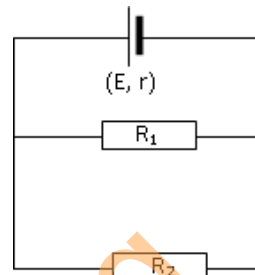
Exercice 2

On réalise le montage de la figure ci-contre.

Le générateur a pour fém.  $E = 12V$  et de résistance interne  $r = 2,5\Omega$ .

Les deux conducteurs ohmiques de résistances respectives  $R_1 = 11\Omega$  et  $R_2 = 6\Omega$  sont montés avec dérivation.

1. Calculer les intensités des courants  $I_1$  et  $I_2$  qui traversent chaque conducteur ohmique.
2. En déduire les tensions  $U_1$  et  $U_2$  correspondantes.
3. Calculer la tension aux bornes du générateur.
4. Retrouver graphiquement les résultats.

Exercice 3

On réalise le montage représenté ci-contre. Le générateur est caractérisé par  $E = 6V$  et  $r = 2,5\Omega$ . Les conducteurs ont une résistance  $R = 6\Omega$ . Calculer ;

1. La résistance équivalente aux trois conducteurs ohmiques placés entre les points A et B.
2. La tension aux bornes du générateur et l'intensité  $I$ .
3. La tension  $U_{AB}$
4. Les intensités  $I_1$  et  $I_2$ .

