



REPUBLIQUE ISLAMIQUE DE MAURITANIE


Honneur - Fraternité - Justice

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE  
DE LA FORMATION TECHNIQUE  
ET DE LA REFORME  
INSTITUT PEDAGOGIQUE NATIONAL

# PHYSIQUE

5<sup>ème</sup> AS

DERNIÈRE PARTIE



# Institut Pédagogique National

## CHAPITRE IV : FORCE ET CHAMP ELECTROSTIQUE



Après une course par temps sec et ensoleillé, pourquoi en touchant la poignée de la porte de la voiture Sid Ahmed a senti une décharge électrique ?

### OBJECTIFS

- ✓ Savoir électriser un corps par : frottement-influence-contact.
- ✓ Savoir les deux types d'électricités
- ✓ Savoir appliquer la loi de Coulomb
- ✓ Connaître les caractéristiques du champ électrostatique.

# I- PHENOMENE D'ELECTRISATION

## Expérience 1

### 1 - Matériel

- un stylo en matière plastique
- une règle en plexiglas
- des petits morceaux de papier légers
- un morceau de tissu



### 2- Manipulation

Approchons un stylo en matière plastique ou une règle en plexiglas des petits morceaux de papier légers.

#### Observation :

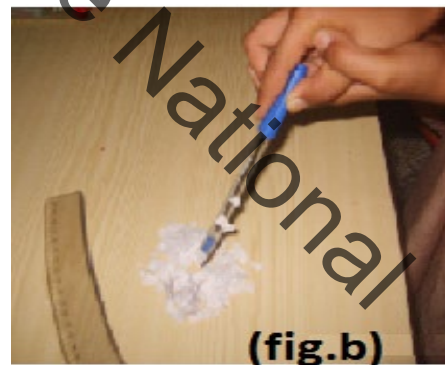
Rien ne se produit.



Frottons le stylo avec un tissu (figure. a) ou sur nos cheveux, puis approchons-le des petits morceaux de papier.

#### Observation :

Les petits morceaux sont attirés par la partie frottée du stylo (figure b).



#### Conclusion :

Le stylo frotté, acquiert des propriétés nouvelles qui lui permettent d'attirer des objets légers : on dit qu'il est électrisé (ou chargé d'électricité) . (Figure. b).

## II- DIFFERENTS TYPES D'ELECTRISATION

### 1 - Electrification Par Frottement

#### Expérience 2

- Frotter un bâton de verre avec un morceau de tissu bien sec et l'approcher des petits morceaux de papier disposés sur la table
- Frotter un bâton d'ébonite avec une fourrure et l'approcher des petits morceaux de papier disposés sur la table

#### Observation

Le verre frotté et l'ébonite frottée attirent les morceaux de papier.

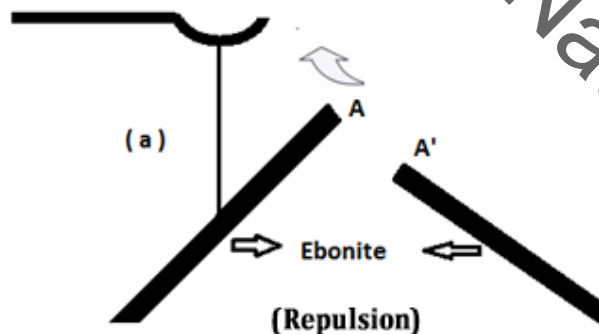
#### Conclusion

On dit que le verre et l'ébonite sont électrisés par frottement. Des charges électriques apparaissent sur le verre et l'ébonite.

### 2- Les Deux Types D'électricités

#### Expérience 3

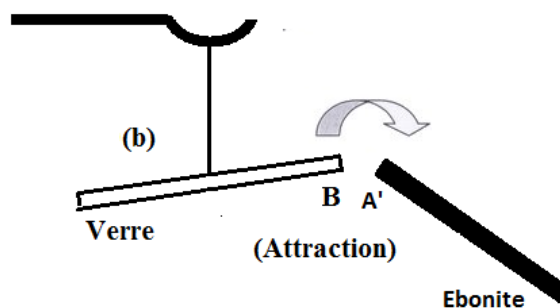
- Après avoir électrisé par frottement les extrémités A et A' de deux bâtons d'ébonite, plaçons l'un de ces bâtons sur un étrier léger suspendu à un fil fin. Approchons de l'extrémité électrisée A du bâton suspendu l'extrémité A' (fig. a).



**Observation :**

Les deux bâtons d'ébonite électrisés se repoussent

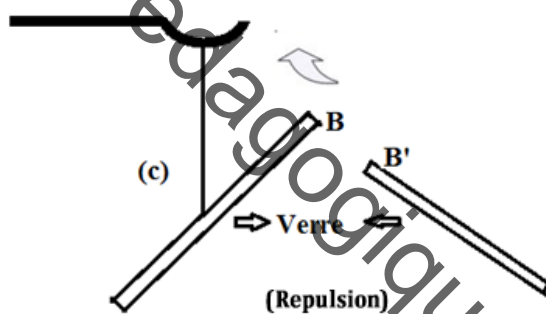
- Remplaçons sur l'étrier le bâton d'ébonite par un bâton de verre dont la partie B a été électrisé par frottement avec du drap puis approchons de B l'extrémité A' du bâton d'ébonite tenu à la main (figure-b).



**Observation :**

Les deux extrémités de deux bâtons s'attirent .

- Remplaçons maintenant le bâton d'ébonite dans la figure (b) par un bâton de verre frotté (figure. c)



**Observation**

Les deux bâtons se repoussent

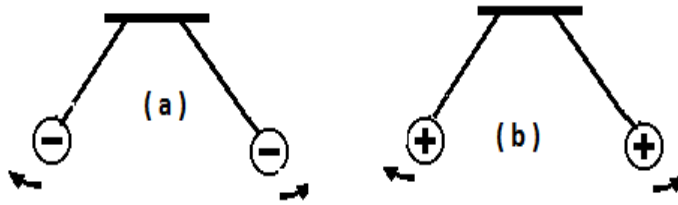
**Conclusions**

Ces expériences facile à répéter avec d'autres corps électrisés conduisent aux résultats suivantes :

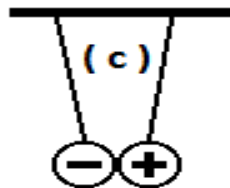
- Les charges électriques que les frottements font apparaître sur l'ébonite et sur le verre sont d'espèces différentes. Il n'existe d'ailleurs que deux sortes d'électricité car l'expérience montre que tout corps électrisé se comporte soit, comme le bâton d'ébonite frotté avec une fourrure, soit comme le bâton de verre frotté avec du drap.

Par convention, on les désigne par :

- électricité positive notée (+), celle qui apparaît sur le verre.
- électricité négative notée (-), celle qui apparaît sur l'ébonite.
- Deux corps chargés d'électricité de signe de même nature se repoussent.



- Deux corps chargés d'électricité de signe différents s'attirent.



### 3- La Charge Electrique

La charge électrique d'un porteur de charges électriques pouvant être positive ( $Q > 0$ ) ou négative ( $Q < 0$ ), est un multiple entier de la charge élémentaire ( $e$ )  $Q = n \cdot e$

Lorsqu'un matériau isolant est frotté par un autre matériau isolant, des électrons sont arrachés par le frottement aux atomes superficiels. L'équilibre des charges proton électron est alors rompu dans les atomes concernés qui se retrouvent alors chargés positivement (déficit d'électrons). D'un autre côté, le corps qui a arraché les électrons les a emportés à sa surface et se trouve à son tour chargé négativement (excès d'électrons).

Dans le système international, les charges électriques s'expriment en coulomb, symbole C.

Dans la nature, la plus petite particule chargée d'électricité a une importance fondamentale : c'est l'électron, portant une électricité (-). Ainsi, on note la charge d'un électron :

$$q_e = -e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

### 4- L'électrisation Par Contact

#### Expérience 4

#### Matériel

- Un petit morceau de polystyrène
- Une feuille d'aluminium





- Un fil isolant
- Un support isolant
- Un bâton de verre électrisé

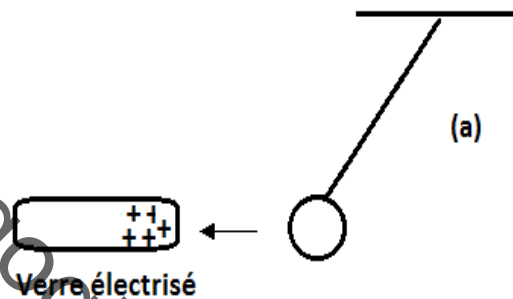
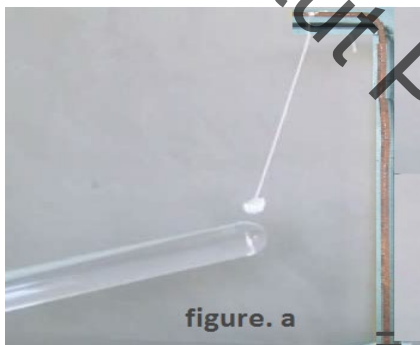
### Manipulation

- Envelopper un petit morceau de polystyrène avec une feuille d'aluminium pour former une boule que l'on fixe par un fil isolant à un support isolant. On constitue alors un pendule électrique
- Approchons le bâton de verre électrisé de la balle du pendule.

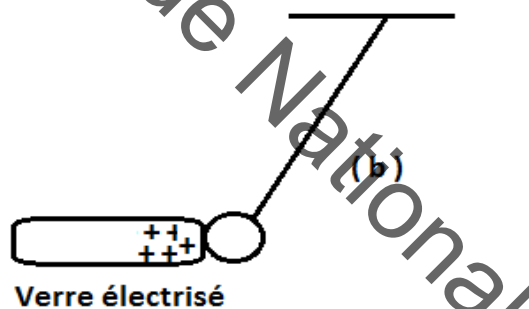


### Observons :

- la balle du pendule est attirée (figure a).

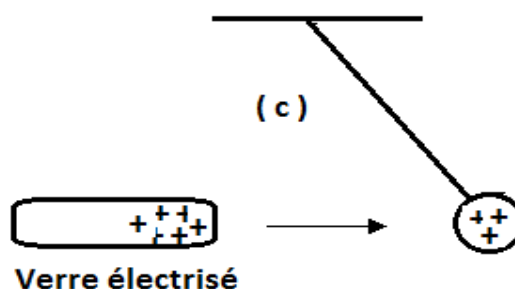
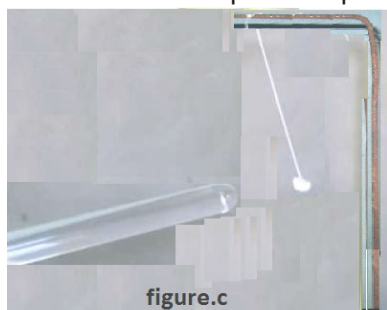


- elle vient en contact avec le bâton de verre (figure b),





- elle est ensuite repoussée par ce même bâton (figure c).

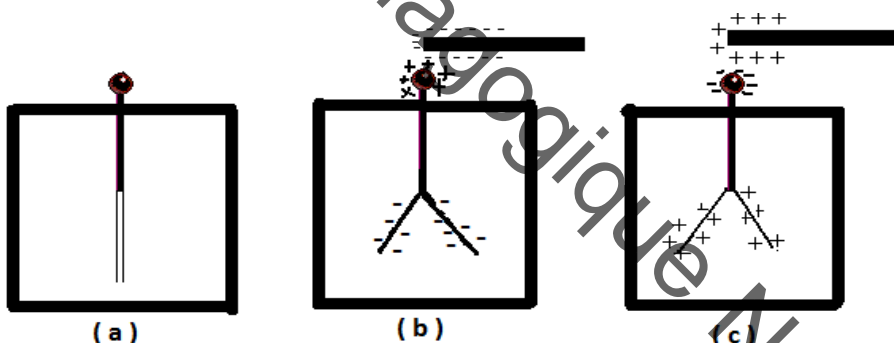


### Interprétation

La balle du pendule était à l'état neutre au départ de l'expérience. Après le contact avec le bâton, elle s'éloigne de celui-ci. Alors la balle s'est électrisée au contact du bâton de verre. Il y a **électrisation par contact** (fig. b).

## 5- L'électrisation Par Induction

Utilisons un électroscope (figure a). C'est un dispositif constitué d'une tige métallique supportant deux feuilles étroites et très fines d'or ou d'aluminium. L'ensemble est placé dans une enceinte transparente et isolante (verre).



Lorsqu'on approche une baguette électrisée de l'électroscope (sans le toucher), les feuilles de l'électroscope s'écartent (figure. b -c). Si on éloigne la baguette, les feuilles retombent.

### Interprétation :

Dans l'expérience précédente l'électroscope, sans contact avec la baguette, n'a pas pu se charger. Il est globalement neutre. Si les lamelles se sont écartées, c'est qu'elles portent des charges de même nature.

Si la baguette est chargée négativement elle pousse les électrons libres de l'électroscope. Ces électrons se retrouvent en excès dans les lamelles qui deviennent négatives et se repoussent. (figure. b).

Si la baguette est chargée positivement, elle attire les électrons libres de l'électroscope. Ces électrons se retrouvent en défaut dans les lamelles qui deviennent positives et se repoussent (figure. c).

## IV- CONDUCTEURS ET ISOLENTS

### Expérience 5

Electrison l'extrémité de deux bâtons, un de cuivre et l'autre d'ébonite.  
Approchons-les des petits morceaux de papiers répandus sur la table.

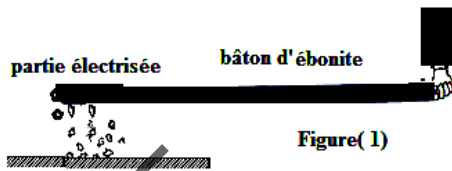


Figure (1)



Figure (2)

Observation

s :

- L'ébonite n'attire les petits morceaux de papiers que sur l'extrémité chargée figure (1):

**C'est un isolant électrique.**

- Le bâton de cuivre attire les petits morceaux de papiers sur tout son corps même en dehors de l'extrémité initialement chargée figure(2):

**C'est un conducteur électrique.**

**Conclusion**

- Les isolants conservent les charges électriques là où elles sont apparues: elles restent localisées.
- Les conducteurs, au contraire repartissent leurs charges électriques sur toute la surface: elles ne restent pas localisées.

### Expérience 6

Prenons deux sphères métalliques, une chargée et l'autre neutre.

- Lorsqu'on met une tige de fer en contact avec les deux sphères métalliques, on constate que la sphère neutre se charge rapidement figure (1).



Figure (1)

- Par contre, si on relie les deux sphères par une baguette en bois, la sphère neutre reste neutre et la sphère électrisée, garde sa charge. figure(2).

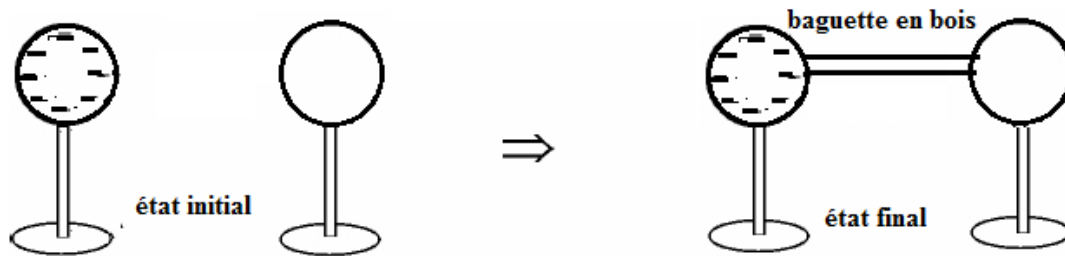


Figure (2)

On dit que les matériaux comme le fer, cuivre ou les métaux en général sont des conducteurs d'électricité tandis que ceux comme le bois, l'ébonite ou le caoutchouc sont des isolants.

## ACTION MUTUELLE DE DEUX CHARGES PONCTUELLES : (LOI DE COULOMB)

Considérons deux charges ponctuelles  $q_1$  et  $q_2$ , (de dimensions négligeables par rapport à la distance qui les sépare), placées dans le vide, au repos et séparées par une distance  $r$ .

Nous savons que deux charges peuvent s'attirer ou se repousser selon leurs signes.

La loi de Coulomb précise les caractéristiques de ces forces électrostatiques entre deux charges.

Les forces d'attraction ou de répulsion qui existent entre deux charges ponctuelles  $q_1$  et  $q_2$  placées respectivement aux points **A** et **B**, ont :

- la même droite d'action, la droite (AB)
- des sens opposés
- la même intensité.

Cette intensité est proportionnelle à  $|q_1|$  et  $|q_2|$  et inversement proportionnelle au carré de la

distance  $r = AB$  qui sépare les deux charges.  $F_{1/2} = F_{2/1} = K \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}$

Avec :

$|q_1|$  et  $|q_2|$ : Valeurs absolues des charges en coulomb [C]

$r$  en mètre [m]

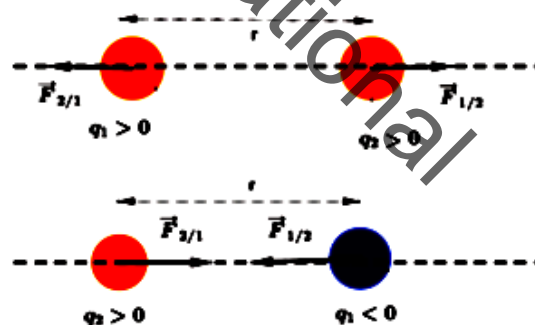
$K = 9 \times 10^9$  en unités SI, constante de proportionnalité;

$F$  en newton [N].

La constante  $K$  peut être exprimé à l'aide d'une autre constante appelée permittivité du vide,

notée  $\epsilon_0$  :  $K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$  avec

$\epsilon_0 = 8,85410^{-12}$  unités S.I .



## Principe de superposition des forces

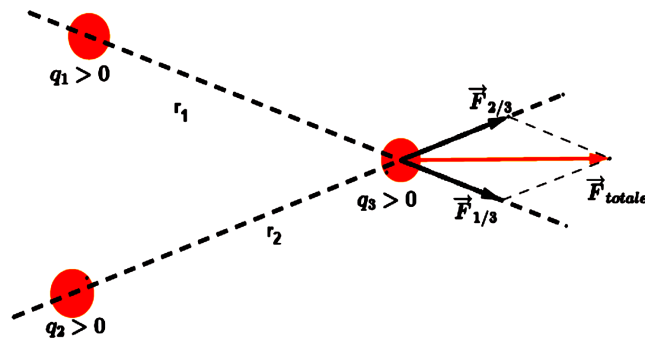
Considérons trois charges ponctuelles  $q_1$ ,  $q_2$  et  $q_3$  fixées respectivement en  $O_1$ ,  $O_2$  et  $M$  (voir figure), on veut déterminer la force totale subie par la particule de charge  $q_3$

La loi de Coulomb décrit uniquement l'interaction entre deux charges. Mais l'expérience montre

que lorsque deux charges exercent simultanément une force sur une troisième charge, la force totale sur cette dernière est la somme vectorielle des forces que les deux charges exercent

Individuellement. On a donc simplement  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 = \vec{F}_{\text{totale}}$ . Ce résultat se généralise à une Distribution quelconque de plusieurs charges.

Il s'agit du principe de superposition qui joue un rôle très important dans l'étude de l'électromagnétisme.



## VI- CHAMP ELECTROSTATIQUE

Par définition, on dit qu'il existe un champ électrique  $\vec{E}$  en un point donné de l'espace où se trouve une charge  $q_0$  si cette charge est soumise à une force  $\vec{F}_e$  telle que :  $\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q_0}$ .

Dans le système international l'unité de  $E$  est  $(V.m^{-1})$   $\vec{E}$  est colinéaire à  $\vec{F}_e$

Le sens  $\vec{E}$  et  $\vec{F}_e$  dépend de signe de  $q_0$ :

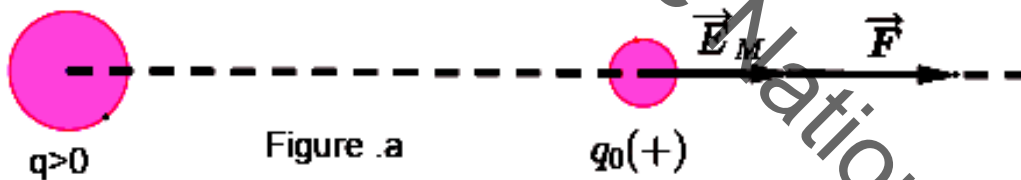


Figure .a

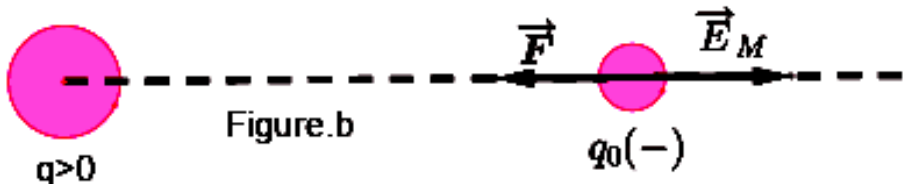


Figure.b

Si  $q_0 > 0$  ;  $\vec{E}$  et  $\vec{F}_e$  de même sens (figure. a).

Si  $q_0 < 0$  ;  $\vec{E}$  et  $\vec{F}_e$  sont de sens opposés (figure. b).

## 1 - Champ créé par une charge ponctuelle

Lorsqu'une charge  $q$  se trouve au point  $O$ , elle crée alors, en tout point  $M$  de l'espace qui l'entoure un champ vectoriel, appelé champ électrostatique exprimé par la relation :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}_e}{q_0} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \vec{u}$$

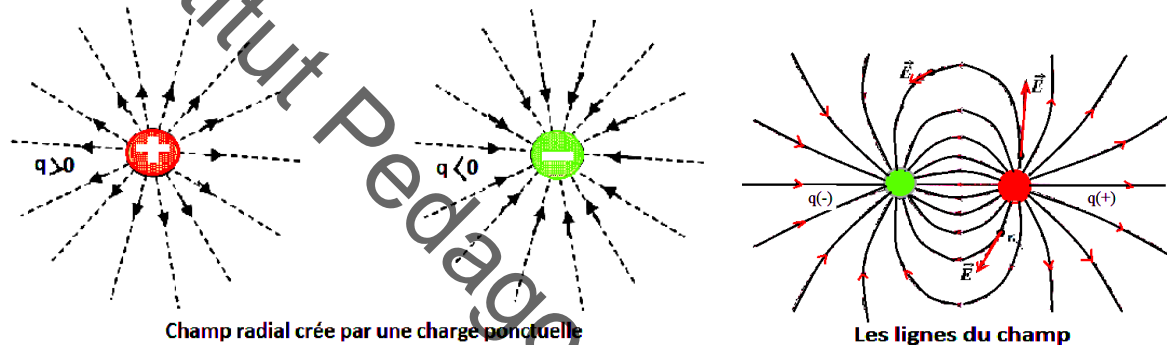
$q$  : la charge présente au point  $O$ .

$q_0$  : une charge test placée au point  $M$ , subit l'action de la force électrostatique.

## 2- Lignes de champ

Une ligne de champ électrostatique est une courbe tangente en chaque point au vecteur champ électrostatique défini en ce point.

L'ensemble des lignes de champ définit une cartographie du champ.

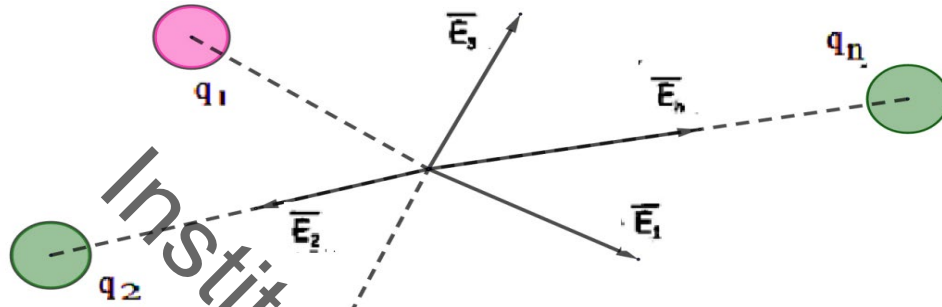


### Propriétés :

- Deux lignes de champ ne se croisent jamais en un point  $M$  sauf si le champ  $\vec{E}$  est nul en  $M$ .
- Une ligne de champ électrostatique n'est pas fermée. Elle part d'une charge  $q(+)$  et se termine sur une charge de signe opposé.
- Pour savoir quelle est la direction du champ en un point  $M$  d'une ligne de champ, il faut y placer une charge positive et regarder la direction et le sens de la force électrostatique qu'elle subit. Sa direction et son sens sont les mêmes que celle du champ.
- Dans le cas d'une charge ponctuelle, les lignes de champ sont des demi-droites qui se coupent au point où se trouve la charge. Si la charge est positive, le champ est dirigé vers l'extérieur, on dit qu'il est partant, il en va de même pour les lignes de champ. Le contraire est vrai pour la charge négative, les lignes de champ convergent vers la charge, le champ dans ce cas est dirigé vers la charge. (Figures précédentes)

### 3- Superposition des champs électrostatiques

Le principe de superposition qui s'applique aux forces électrostatiques s'applique également au champ électrique. Pour calculer le champ créé en un point par un ensemble de  $n$  charges  $q_i$ , on détermine d'abord séparément le champ  $\vec{E}_1$  dû à  $q_1$ , le champ  $\vec{E}_2$  dû à  $q_2$ , etc... Le champ résultant  $\vec{E}$  est égal à la somme vectorielle des champs individuels  $\vec{E}_i$ .  $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$



## Exercices résolus

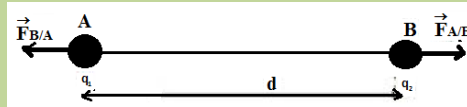
### Exercice 1 :

Deux charges ponctuelles de même signe ayant pour valeurs  $10^{-8}$  C et  $10^{-9}$  C sont distantes de 3cm.

- 1) Représenter les forces qu'elles s'exercent l'une sur l'autre
- 2) Calculer leur intensité.

### Solution.

1)



2)

$$F_{A/B} = F_{B/A} = K \frac{|q_A| \cdot |q_B|}{d^2}$$

$$A.N : F_{A/B} = F_{B/A} = 9 \cdot 10^9 \frac{10^{-8} \cdot 10^{-9}}{(3 \cdot 10^{-2})^2}$$

$$F_{A/B} = F_{B/A} = 10^{-4} \text{ N}$$

### Exercice 2 :

Deux charges ponctuelles égales placées à 10cm l'une de l'autre se repoussent avec une force d'intensité 0,05N. De combien faudrait il les rapprocher pour que la force de répulsion prenne une intensité de 0,1N.

### Solution :

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= K \frac{|q_A| \cdot |q_B|}{d_1^2} \\ F_2 &= K \frac{|q_A| \cdot |q_B|}{d_2^2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^2$$

$$d_2 = d_1 \sqrt{\frac{F_1}{F_2}}$$

A.N

$$d_2 = 10 \sqrt{\frac{0,05}{0,1}}$$

$$d_2 = 7 \text{ cm}$$



### Exercice 3

Quatre charges ponctuelles identiques  $-q$  ( $q > 0$ ) sont fixées aux sommets A, B, C et D d'un carré de côté  $a$ . Une cinquième charge  $q_0 > 0$  est maintenue fixe au centre O du carré. Déterminer la valeur de  $q_0$  en fonction de  $q$  pour que la force électrostatique totale qui s'exerce sur chacune des cinq charges soit nulle.

*Solution.*

force électrostatique  $\vec{F}(o)$  exercée par les quatre charges identiques  $-q$  sur la charge  $q_0$  est nulle quelle que soit la valeur de  $q_0$ . Il reste à évaluer la force totale exercée sur chacune des charges  $-q$ , par exemple la charge placée en A (figure 1).

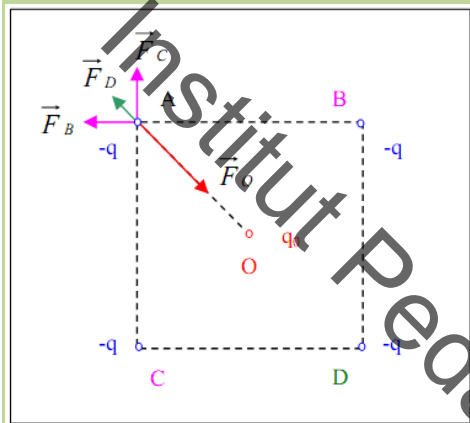


Figure 1

Puisque  $e : \vec{BO} = -\vec{CO}$

$$\vec{BA} + \vec{CA} = (\vec{BO} + \vec{OA}) + (\vec{CO} + \vec{OA}) = 2\vec{OA}; \vec{DA} = 2\vec{OA};$$

$$= \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a^3} \left[ q \left( 2 + \frac{2\sqrt{2}}{4} \right) - q_0 2\sqrt{2} \right] \vec{OA} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 a^3} \left[ q \left( 2 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) - q_0 2\sqrt{2} \right] \vec{OA}$$

La force  $\vec{F}(A)$  est nulle lorsque :

$$q \left( 2 + \frac{\sqrt{2}}{2} \right) - q_0 2\sqrt{2} = 0$$

Ainsi,

$$q_0 = q \left( \frac{2 + \frac{\sqrt{2}}{2}}{2\sqrt{2}} \right) = q \left( \frac{1 + 2\sqrt{2}}{4} \right)$$

# Essentiel

- En frottant un isolant comme l'ébonite ou le verre on l'électrise, c'est-à-dire que l'on fait apparaître des charges électriques sur les parties frottées. Par contre, un conducteur ne peut être électrisé que s'il est tenu par l'intermédiaire d'un manche isolant.
- Il existe deux sortes d'électricité : l'électricité qui apparaît sur le verre et celle qui apparaît sur le bâton d'ébonite.
- Par convention, l'électricité qui apparaît sur le bâton de verre frotté est notée positivement (+) et celle qui apparaît sur le bâton d'ébonite frotté est notée négativement (-). Deux corps qui portent des charges électriques de même signe se repoussent.
- ♦ Deux corps qui portent des charges électriques de signes contraires s'attirent.
- Un corps initialement neutre, amené au contact d'un corps électrisé, prend une charge de même signe que celle de ce corps. On peut aussi l'électriser par l'influence.
- Deux charges électriques ponctuelles exercent l'une sur l'autre des forces opposées dont l'intensité commune est proportionnelle aux valeurs absolues des deux charges et à l'inverse du carré de leur distance :  $F = K \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$  (Formule de coulomb).
- Dans le système d'unités SI ou les unités de force, de longueur et de charge électrique sont respectivement le Newton, le mètre et le coulomb, la constante de proportionnalité  $K$  vaut  $K = 9 \cdot 10^9$
- La valeur absolue de la charge de l'électron est :  $|q_e| = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

# Exercices

## Expérience 1

Une charge  $Q$  est placée aux deux coins opposés d'un carré de côté  $a$ . Une charge  $q$  est placée aux deux autres coins. Si la résultante de la force électrique agissant sur  $Q$  est nulle, comment  $Q$  et  $q$  sont-elles liées.

## Exercice 2

Au sommet  $A$ ,  $B$  et  $C$  d'un triangle équilatéral dont le côté  $a$  pour longueur  $10\text{cm}$ , on place respectivement des charges électriques ponctuelles de valeurs :  $10^{-7}\text{C}$ ,  $10^{-7}\text{C}$  et  $-10^{-7}\text{C}$ . On demande de déterminer les forces électriques résultantes s'exerçant sur chacune de ces trois charges.

## Exercice 3

Deux charges ponctuelles égales placées à  $10\text{cm}$  l'une de l'autre se repoussent avec une force de  $0,05\text{N}$ .

- 1) Calculer la valeur commune  $q$  de ces charges.
- 2) De combien faudrait-il les rapprocher pour que la force de répulsion prenne une intensité de  $0,1\text{N}$ .

## Exercice 4

Deux petites sphères identiques métallisées, ayant chacune une masse  $m = 50\text{mg}$ , sont suspendues au même point d'un support par des fils de soie de même longueur  $l = 50\text{cm}$ . Après électrisation par contact sur le même pôle d'une machine électrostatique, les deux sphères portent des charges égales. Elles s'écartent alors de  $5\text{cm}$ . On demande de calculer la valeur de ces charges en Coulomb.

## Exercice 5

Deux pendules électriques identiques sont formés d'une petite sphère légère et métallisée, de masse  $0,2\text{g}$ , suspendue à un fil de soie de longueur  $1\text{m}$ . On les attache à une barre horizontale en des points distants de  $2\text{cm}$ . Après avoir électrisé les deux sphères par contact sur un même conducteur électrisé, on constate que le fil de l'un des pendules accuse par rapport à la verticale une déviation de  $10^\circ$ . On demande

- 1-La déviation du fil de l'autre pendule
- 2-L'intensité des forces électriques s'exerçant sur les sphères
- 3-La valeur absolue des charges  $q$  et  $q'$  des deux sphères dans les deux cas suivants :
  - a)  $Q = q'$
  - b)  $Q = 3q'$

### Exercice 6

- 1) Quelle est la valeur du champ électrique créé par un proton à une distance de celui-ci égale à  $10^{-10}$  m ?
- 2) Une charge ponctuelle  $q$  crée un champ dont la valeur est 10 N/C à 1 cm de la charge.
  - a) Quelle est la valeur de  $q$  ?
  - b) Quel est le champ créé aux distances (en cm) égales à 2, 3, 4, 5 ? Représenter graphiquement la variation du champ en fonction de la distance à la charge  $q$ .

### Exercice 7

- 1) Deux charges électriques  $+q$  et  $-q$  sont respectivement en A et B telles que  $AB=2a$ .
  - a) Déterminer, en fonction de  $q$ ,  $\epsilon_0$  et  $a$ , les caractéristiques du champ électrostatique au milieu O de AB.
  - b) Déterminer l'intensité  $E_M$  du champ électrostatique au point M tel que  $MA=MB=2a$ .
- 2) Deux charges  $+q$  sont situées en deux sommets opposés d'un carré de côté  $a$ . Le troisième sommet porte la charge  $-q$ . Quel est le champ électrique créé par ces trois charges au quatrième sommet du carré ?

### Exercice 8

- 1) Aux sommets ABCD d'un carré de côté  $a = 5$  cm sont placées les charges  $+q$ ,  $+q$ ,  $+3q$ ,  $+3q$  ( $q = 1,0$  nC). Déterminer les caractéristiques du vecteur champ électrique créé au centre du carré.
- 2) Un pendule électrostatique dont la boule a une masse  $m = 1,0$  g et porte une charge  $q$  est placée dans un champ électrique horizontal et uniforme  $E = 2 \cdot 10^5$  N/C. Sachant qu'à l'équilibre le fil est incliné de  $12^\circ$  par rapport à la verticale, calculer  $q$ .

### Exercices 9

La charge élémentaire  $e$  de l'électron fut déterminée pour la première fois en 1911 par le Physicien américain Robert Andrews Millikan en mesurant le champ électrostatique nécessaire pour maintenir en équilibre, entre les plateaux horizontaux d'un condensateur plan, une gouttelette d'huile portant une charge  $q$  négative.

- a) Faire un schéma du dispositif et représenter les forces qui agissent sur la gouttelette. Indiquer le signe des charges portées par chacun des plateaux.
- b) En admettant que la gouttelette porte deux charges élémentaires, déterminer l'intensité  $E$  du champ électrostatique si le rayon de la gouttelette est  $r = 1 \mu\text{m}$ , la masse volumique de l'huile  $\rho = 800$  kg/m<sup>3</sup>, celle de l'air  $\rho_a = 1,29$  kg/m<sup>3</sup>.

### Exercice 10 :

Trois charges ponctuelles  $+q$ ,  $-q$  et  $-q$  sont placées aux sommets d'un triangle équilatéral de côté  $a$ . Déterminer les caractéristiques du champ électrostatique régnant au centre du triangle. Application numérique :  $q = 0,1$  nC et  $a = 10$  cm.

## HAPITRE V : INTENSITE ET TENSION ELECTRIQUES



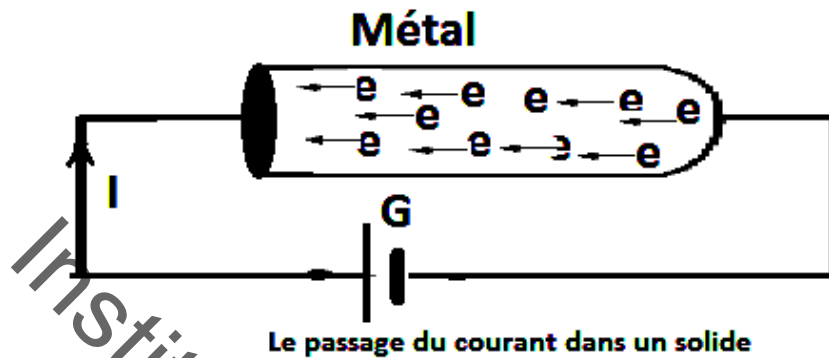
### OBJECTIFS :

- ✓ Savoir mesurer une tension
- ✓ Savoir appliquer les lois des tensions
- ✓ Savoir exprimer une tension sous forme d'une différence de potentiel et la représenter par une flèche
- ✓ Savoir mesurer l'intensité d'un courant
- ✓ Connaître la nature du courant dans les métaux et dans les électrolytes
- ✓ Savoir appliquer les lois relatives à l'intensité : loi d'unicité et loi des nœuds.

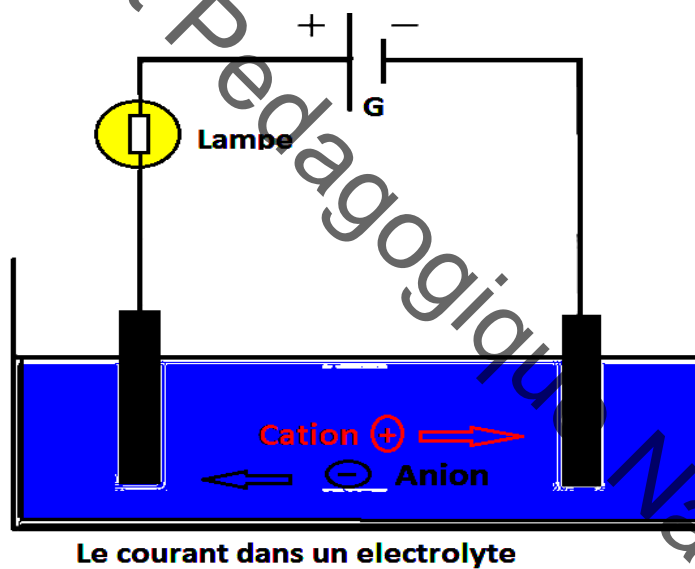
## I- LE COURANT ELECTRIQUE

Le courant électrique est dû à un déplacement collectif et organisé des porteurs de charges.

- Dans un métal, ces porteurs de charge sont des électrons (particules chargées négativement  $q_e = -e$  où  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$  est la charge élémentaire)



- Dans un électrolyte, ce sont des ions (les cations et les anions).



### 1 - Quantité d'électricité

La quantité d'électricité transportée par un électron ou par un ion est la valeur absolue de sa charge. L'unité de quantité d'électricité est le coulomb : symbole **C**.

- La charge d'un électron est en valeur absolue la plus petite charge connue. On la note  $q_e$ .
- **La charge d'un ion :**
  - Pour un ion négatif (anion), qui s'obtient lorsqu'un atome ou un groupe d'atomes gagne un ou plusieurs électrons, la charge est un multiple négatif de celle d'un électron.
  - Pour un ion positif (cation), qui s'obtient lorsqu'un atome ou un groupe d'atomes perd un ou plusieurs électrons, la charge est un multiple positif de celle d'un électron.

## 2- Intensité d'un courant électrique

Soit une section (**S**) d'un conducteur métallique parcouru par un courant électrique.

Pendant une durée  $\Delta t$  donnée, cette section est traversée par **n** électrons (figure ci-contre).

La quantité d'électricité associée à ce transport de charges est :  $Q = n|q_e| = ne$ .

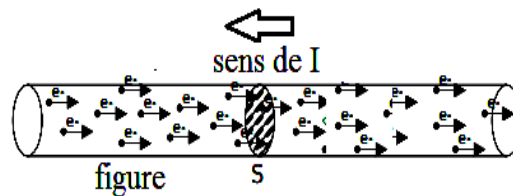
Par définition, l'intensité **I** d'un courant électrique est la quantité d'électricité qui traverse une section du conducteur en une seconde.

Soit  $I = \frac{Q}{t}$  donc  $Q = It$ . Cette définition n'est valable que pour un courant continu.

**Q** est exprimée en Coulomb (C)

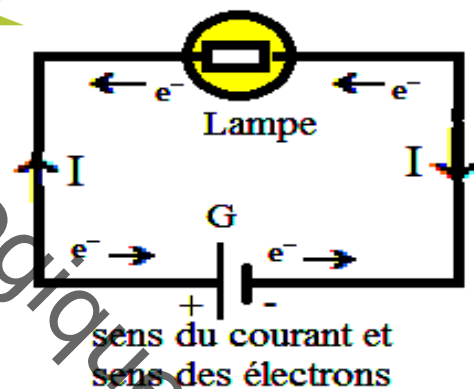
$\Delta t$  exprimé en seconde (s)

**I** est exprimée en ampère (A).



## 3- Sens conventionnel du courant

Par convention, le sens du courant va de la borne positive (+) vers la borne négative (-) à l'extérieur du générateur. Le sens de déplacement des électrons est opposé car les électrons sont des particules chargées négativement.



**Remarque :**

- ✓ Dans un conducteur métallique, le sens du déplacement des électrons est opposé au sens du courant
- ✓ Dans une solution ionique, les ions positifs se déplacent dans le sens du courant, les ions négatifs dans le sens contraire.



## II- MESURE DE L'INTENSITE

On mesure l'intensité d'un courant électrique à l'aide d'un ampèremètre dont le symbole est :



L'ampèremètre est toujours branché en série dans la partie du circuit dont on veut connaître l'intensité du courant circulant. Il doit être branché tel que le courant entre par sa prise marquée **A** ou **mA** ou **+** et qu'il sorte par la prise **COM**.

Si le courant entre par la borne **COM** et sort par la borne **A**, le signe (-) s'affiche.

Avant de mesurer une intensité de courant, il faut se rassurer d'avoir adapté l'ampèremètre à la nature du courant (**DC/AC**) :

- **DC (-)** : courant continu ; un courant qui a toujours le même sens
- **AC (~)** : courant alternatif ; un courant dont le sens alterne plusieurs fois par seconde

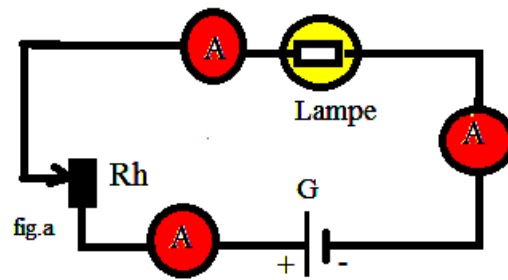
Il faut aussi choisir un calibre de mesure supérieur à l'intensité maximale que l'on veut mesurer. Si on mesure un courant dont on ne connaît pas l'intensité approximative, on commence par le calibre le plus grand, ensuite on descend, si c'est possible, vers les calibres inférieurs (ce qui permet une meilleure précision de mesure).



### III - LOIS RELATIVES A L'INTENSITE

#### 1- Circuit en série : Unicité de l'intensité

Réalisons le montage du circuit de la figure a. branchons trois ampèremètres dans le circuit (entre le générateur et la lampe, entre la lampe et le rhéostat et entre le rhéostat et générateur) ,on constate que les trois ampèremètres indiquent la même intensité.



Pour mesurer l'intensité du courant dans un circuit série, on peut placer l'ampmètre en n'importe quel point du circuit.

**Conclusion :**

Dans un circuit en série, le courant circulant dans tous les dipôle a la même intensité.

**Remarque :**

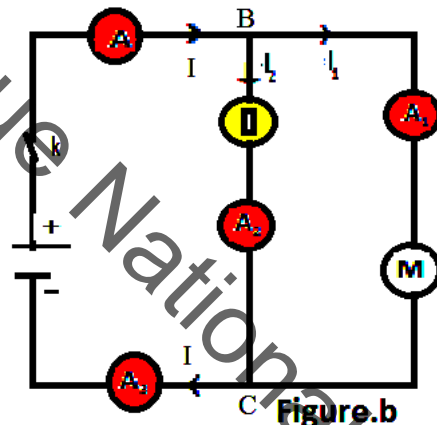
Lorsque l'un des appareils d'un circuit en série tombe en panne, le circuit est ouvert et le courant ne passe plus. Les autres appareils ne fonctionnent plus.

#### 2- Circuit en dérivation : loi des nœuds

Réalisons le montage du circuit de la figure (b) qui présente deux nœuds, en B et en C, et trois branches :

- ✓ la branche principale qui contient le générateur ;
- ✓ une branche dérivée qui contient la lampe
- ✓ une autre branche dérivée qui contient le moteur.

La mesure de l'intensité du courant dans chaque branche montre que :  $I = I_1 + I_2$ . Cette relation traduit la loi des nœuds.



**Conclusion :**

Dans un circuit en dérivation, l'intensité du courant dans la branche principale est égale à la somme des intensités des courants dans les branches dérivées.

**Remarque**

- ✓ **Nœud** : point de raccordement de trois fils au moins.
- ✓ **Branche** : une série de dipôles alignés entre deux nœuds.
- ✓ Dans un montage en dérivation, si l'un des appareils électriques tombe en panne, les autres continuent à fonctionner.

## IV – LA TENSION ELECTRIQUE

### 1- Définition

La tension électrique  $U_{AB}$  entre deux points d'un circuit est la différence de potentiel électrique entre ces deux points :  $U_{AB} = V_A - V_B$ .

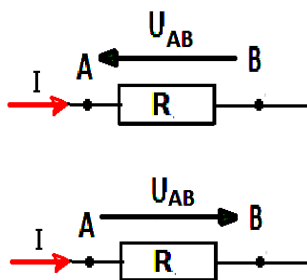
La tension électrique est une grandeur algébrique : elle peut prendre des valeurs positives ou négatives. Son unité est le volt de symbole ( **V** ).

### 2- Mesure

La tension électrique aux bornes d'un dipôle électrique se mesure à l'aide d'un voltmètre que l'on branche en parallèle avec le dipôle :

### 3- Convention récepteur et convention générateur

- Soit un dipôle **AB** pour lequel une intensité **I** a été fléchée, par exemple, de **A** vers **B**. On peut considérer deux tensions aux bornes de ce dipôle :  $U_{AB}$  ou bien  $U_{BA}$ . Si on considère la tension  $U_{AB}$ , (représentée par une flèche de **B** vers **A**), on dit que le dipôle est orienté (ou fléché) en convention récepteur : les flèches de **I** et de **U** sont en sens inverse.
- Si on considère la tension  $U_{BA}$ , (représentée par une flèche de **A** vers **B**), on dit que le dipôle est orienté (ou fléché) en convention générateur : les flèches de **I** et de **U** sont dans le même sens.



Ces deux manières de flécher la tension ou l'intensité n'ont rien avoir avec le signe de  $U_{AB}$  ni de **I** ; cela dépend du type de dipôle dont il s'agit.

En général, une pile est représentée en convention générateur.

### 4- lois des tensions

#### 4-1- Loi d'additivité de la tension dans un circuit en série

##### *Expérience 1*

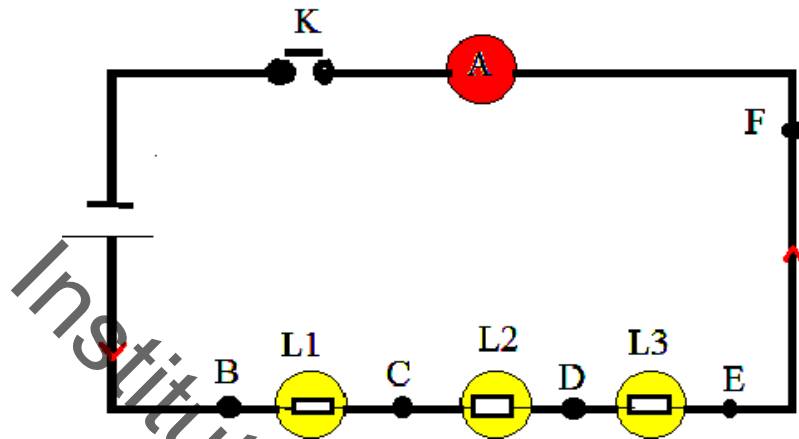
##### **Matériel**

- Un générateur
- Trois lampes

- Un ampèremètre
- Un interrupteur

## Manipulation

Réalisons le circuit en série ci-dessus (figure ci-dessous)



Mesurons à l'aide d'un voltmètre les tensions :  $U_{BC}$  ,  $U_{CD}$  ,  $U_{DE}$  ,  $U_{BE}$  et  $U_{BF}$ .

### Résultats

Les résultats des mesures sont regroupés dans le tableau suivant :

Tensions	$U_{BC}$	$U_{CD}$	$U_{DE}$	$U_{BE}$	$U_{BF}$
Valeurs(V)	3,3	2,4	2,1	7,8	7,8

### Conclusion :

Les résultats des mesures montrent que :

- ✓ Le long d'un circuit en série, les tensions s'ajoutent.
- ✓ En circuit série la tension entre les bornes du générateur est égale à la somme des tensions entre les bornes des autres dipôles.

$$U_{BE} = U_{BC} + U_{CD} + U_{DE}$$

Cette loi est valable quelque soient le nombre, l'ordre et le type des dipôles.

### Remarque :

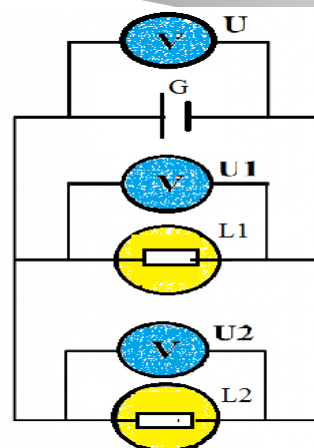
- La tension aux bornes d'un fil de jonction est nulle.
- La tension aux bornes d'un ampèremètre est nulle.

## 4-2- Loi d'unicité de la tension dans un circuit en dérivation

### Expérience 2

#### Matériel

- Un générateur
- Deux lampes
- Deux voltmètres



#### Manipulation

Réalisons un circuit en dérivation figure ci-contre

Mesurons à l'aide d'un voltmètre les tensions :

$U$  : aux bornes du générateur

$U_1$  : aux bornes de la lampe  $L_1$

$U_2$  : aux bornes de la lampe  $L_2$

#### Résultats

Les résultats des mesures sont regroupés dans le tableau suivant :

Tensions	$U_1$	$U_2$	$U$
Valeurs(V)	4,5	4,5	4,5

#### Conclusion :

Les résultats des mesures montrent que :

- ✓ La tension aux bornes de dipôles branchés en dérivation est la même.
- ✓ Dans un circuit où tous les dipôles sont en dérivation toutes les tensions sont alors égales à celle du générateur.  $U_1 = U_2 = U$

## MESURE DE LA TENSION

Les étapes suivantes montrent comment mesurer la tension par un multimètre utilisé en mode voltmètre.

1- brancher le voltmètre aux bornes du dipôle dont on veut mesurer la tension à ses bornes.

Pour que la mesure donnée par le voltmètre soit positive, il faut que :

- ✓ la borne du dipôle reliée à la borne « + » du générateur soit connectée à la borne **V** du multimètre;
- ✓ la borne **COM** du multimètre doit être reliée à la borne du dipôle qui est connectée au pôle « - » du générateur
- ✓ Si les branchements sont à l' envers, le voltmètre affiche le signe « - » devant la valeur.

2- placer le sélecteur dans la zone de mesure de tension continue (  $V \text{ --- } \text{---}$  ) et sur le calibre le plus élevé.

- ✓ Pour que la mesure soit la plus précise, il faut que le calibre du multimètre soit immédiatement supérieur à la valeur mesurée.
- ✓ Si la valeur mesurée est supérieure au calibre utilisé, le multimètre affiche 1 et le multimètre risque d'être endommagé.



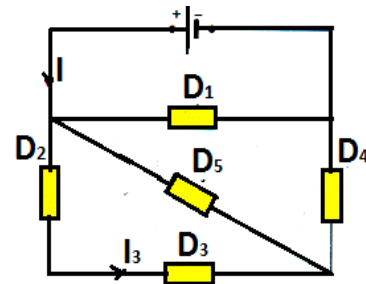
# Exercices résolus

## Exercice 1 :

Soit le montage de la figure ci-contre.

Trouver les sens et les intensités des courants dans les conducteurs  $D_2$ ,  $D_4$  et  $D_5$ .

On donne:  $I = 4,8A$  ;  $I_1 = 2A$  ;  $I_3 = 1,5A$ .



## Solution :

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \Rightarrow I_2 = I - (I_1 + I_3)$$

A.N :  $I_2 = 4,8 - (2 + 1,5) = 1,3A$

$$I = I_1 + I_4 \Rightarrow I_4 = I - I_1$$

A.N :  $I_4 = 4,8 - 2 = 2,8A$

## Sens des courants

## Exercice 2 :

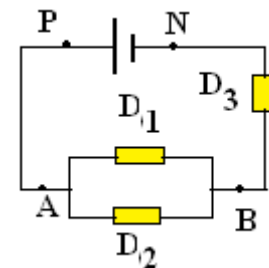
On considère le montage ci-dessous :

Le générateur maintient entre ses bornes une tension constante  $U_{PN} = 6V$ .

1) Représenter les tensions  $U_{PN}$ ,  $U_{AB}$  et  $U_{BN}$  sur le schéma.

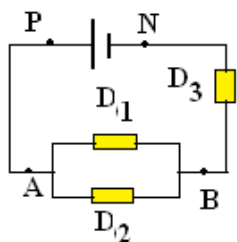
2) Représenter sur le schéma l'appareil permettant de mesurer la tension  $U_{BN}$

3) On mesure la tension  $U_{BN} = 2,5V$ . Déterminer la tension  $U_{AB}$ .

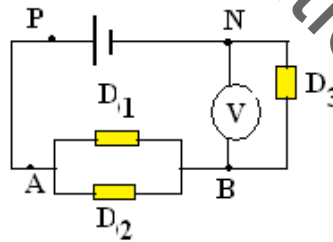


## Solution

1)



2)



3)

$$U_{PN} = U_{AB} + U_{BN} \Rightarrow U_{AB} = U_{PN} - U_{BN}$$

A.N:  $U_{AB} = 6 - 2,5 = 3,5V$



# Essentiel

## Le courant électrique

Le courant électrique est un déplacement d'un ensemble de porteur de charges-

-Dans un métal, les porteurs de charges sont des électrons.

-Dans une solution conductrice, les porteurs de charges sont des ions positifs ou négatifs.

-La quantité d'électricité transportée par un électron ou par un ion est égal au valeur absolue de sa charge électrique.

-L'unité de quantité d'électricité est le coulomb(C).

-Charge d'un électron  $q_e = -1,6 \cdot 10^{-19}$  C.

-Un courant constant transporte une quantité d'électricité  $Q$  proportionnelle à la durée  $t$  de ce courant ; son intensité a pour valeur :  $I = \frac{Q}{t}$ ,  $Q$  : en Coulomb (C)

,  $t$  : en seconde (s)  $I$  : en ampère (A).

-Dans un circuit ne contenant qu'un seul générateur, le courant va de la borne positive(+) vers la borne négative (-) à l'extérieur du générateur.

-Dans un circuit en série, l'intensité du courant est la même dans tous les dipôles.

-Dans un circuit en dérivation, l'intensité du courant dans la branche principale est égale à la somme des intensités des courants dans les branches dérivées :  $I = I_1 + I_2 + \dots$

## La tension électrique

-La tension électrique  $U_{AB}$  entre deux points d'un circuit est la différence de potentiel électrique entre ces deux points :  $U_{AB} = V_A - V_B$ .

-La tension électrique est une grandeur algébrique : elle peut prendre des valeurs positives ou négatives. Son unité est le volt de symbole (V).

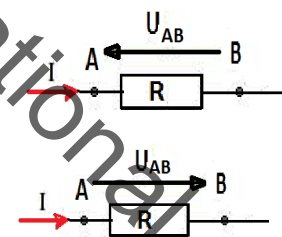
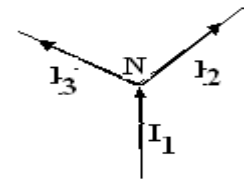
-La tension électrique se mesure à l'aide d'un voltmètre que l'on branche en dérivation aux bornes du dipôles considérés.

Le dipôle est orienté en convention récepteur : si les flèches de  $I$  et de  $U$  sont en sens inverse.

Le dipôle est orienté en convention générateur : si les flèches de  $I$  et de  $U$  sont dans le même sens.

-En circuit série, la tension entre les bornes du générateur est égale à la somme des tensions entre les bornes des autres dipôles.  $U_{BE} = U_{BC} + U_{CD} + U_{DE}$

-Des dipôles branchés en dérivation aux bornes d'un générateur sont soumis à la même tension qui est celle du générateur.  $U_1 = U_2 = U$



# Exercices

## Exercice 1

**Complète le texte suivant.**

La tension électrique est une grandeur qui s'exprime en ..... , en l'honneur d'Alessandro Volta, inventeur de la première pile en 1800. La lettre associée à la tension est ..... On mesure une tension à l'aide d'un ..... qui se branche toujours en ..... aux bornes du dipôle.

## Exercice 2

**Complète le texte suivant.**

L' .... du courant électrique en un point du circuit représente le ..... du courant électrique en ce point. L'unité est l' ..... (symbole ....), choisie en l'honneur du physicien français André-Marie Ampère. Pour mesurer l'intensité du courant électrique en un point du circuit, on utilise un ..... que l'on branche en ..... au point considéré. La lettre ..... désigne l'intensité du courant électrique.

## Exercice 3

Dans une solution de chlorure de cuivre II on immerg<sup>2</sup> électrodes liées à un générateur de courant électrique continu.

1. Dessiner le montage électrique correspondant en représentant le sens de déplacement des porteurs de charges ( les électrons et les ions )
2. Si l'intensité du courant électrique est  $I = 3,2 \text{ A}$ , calculer N le nombre des ions cuivre II  $\text{Cu}^{2+}$  et N' le nombre des ions chlorure  $\text{Cl}^-$  qui se sont déplacés pendant 2 minutes.

## Exercice 4

Une lampe à incandescence alimentée par une batterie d'accumulateurs est parcourue par un courant d'intensité 0,25A. Elle fonctionne 1h30min par jour. Calculer en Coulomb et en Ampère- Heure la quantité d'électricité qui la traverse en une semaine.

## Exercice 5

Dans un tube de télévision, le spot lumineux est dû à l'impact du faisceau d'électrons sur l'écran fluorescent, sachant que ce faisceau a une intensité de 1 mA, combien d'électrons arrivent par minute sur l'écran.

### Exercice 6

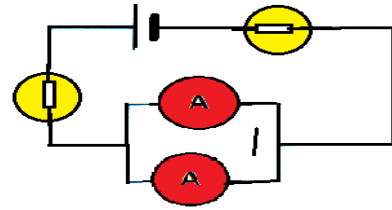
Un circuit série est parcouru par un courant de 0,8A

1) On branche en série dans le circuit deux ampèremètres identiques.

Que vaut l'intensité mesurée par chacun des appareils

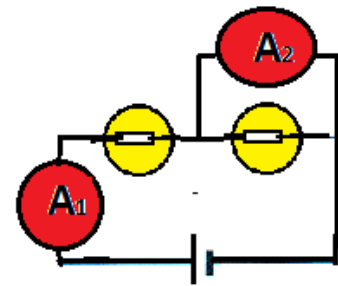
2) On branche les deux ampèremètres identiques en parallèle comme l'indique le schéma.

Quelle est l'intensité mesurée par chaque ampèremètre



### Exercice 7

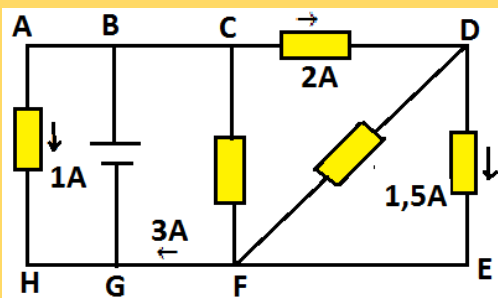
Dans le montage ci-contre l'ampèremètre  $A_1$  indique un courant d'intensité 0,3A. Quelle est l'ordre de grandeur de l'intensité mesurée par l'ampèremètre  $A_2$  (Ampèremètre de bonne qualité)



### Exercice 8

On considère le montage ci-dessous :

Déterminer les intensités des courants dans les branches BC, GB, DF et CF



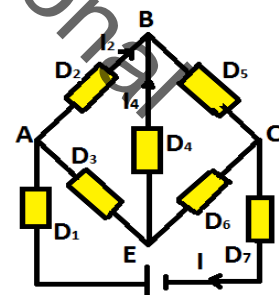
### Exercice 9

Un montage électrique comprend sept dipôles récepteurs.

L'intensité  $I$  qui traverse la pile est de 500mA. Les intensités qui traversent les dipôles  $D_2$  et  $D_4$  sont respectivement égales à 300mA et 100mA.

1) Déterminer le sens et l'intensité du courant dans tous les dipôles.

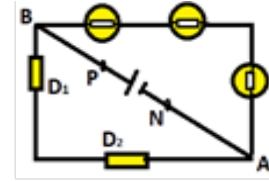
2) Placer trois ampèremètres qui permettraient de mesurer les intensités  $I$ ,  $I_2$  et  $I_4$ .



### Exercice 10

Dans le montage ci-dessous les lampes sont identiques ainsi que les deux dipôles  $D_1$  et  $D_2$ .

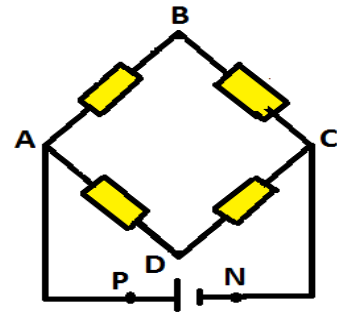
Chaque lampe fonctionne normalement sous une tension de 3,5V. Quelle est la tension  $U_{PN}$  aux bornes du générateur. Quelle est la tension aux bornes de chacun des dipôles  $D_1$  et  $D_2$ .



### Exercice 11

G est une alimentation stabilisée ; la tension  $U_{PN}$  à ses bornes est constante quelque soit l'intensité débitée. Cette tension est réglée sur la valeur 24V.

- 1) Quelle est la tension aux bornes de chacun des dipôles s'ils sont tous identiques.
- 2) On met en court circuit les bornes B et D à l'aide d'un fil parfaitement conducteur. Quelle est la tension aux bornes de chacun des dipôles

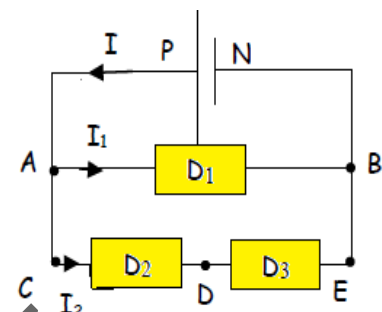


### Exercice 12

- 1) Représenter les tensions  $U_{PN}$ ,  $U_{AB}$ ,  $U_{DC}$ ,  $U_{PN}$ , et  $U_{DE}$ .
- 2) Quelle est la valeur de  $U_{AB}$  ?
- 3) En déduire la valeur de  $I_1$ .
- 4) Quelle est la valeur d' $U_{DC}$  ?
- 5) Quelle est la valeur de  $U_{DE}$  ?

$U_{PN}=20V$ ;  $I=300mA$ ;  $I_2=200mA$

Les dipôles  $D_3$  et  $D_2$  sont identiques



## CHAPITRE VI : DIPOLES PASSIFS



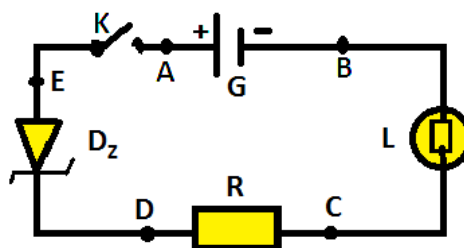
### OBJECTIFS

- ✓ Pouvoir déterminer expérimentalement la caractéristique d'un dipôle passif
- ✓ Savoir appliquer la loi d'Ohm
- ✓ Savoir appliquer les lois d'association des résistances

## I - DEFINITION

### Activité :

- Réaliser le montage du circuit de la figure
- Mesurer la tension aux bornes de chaque dipôle en l'absence de courant électrique (circuit ouvert).



### Résultats des mesures

Dipôles	Lampe (L)	Diode (Dz)	Dipôle Ohmique ( R )	Générateur (G)
Tensions	$U_{BC} = 0$	$U_{CD} = 0$	$U_{DE} = 0$	$U_{AB} = 12V$

On appelle dipôle, un élément de circuit présentant deux bornes ou deux pôles (figure)

Les dipôles dont la tension  $U$  entre leurs bornes est nulle en circuit ouvert est nulle

( $I = 0$  et  $U = 0$ ) sont appelés **dipôles passifs**.

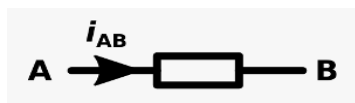
## II- CONVENTION DE SIGNE

Les conventions générateur et récepteur sont une notion importante en électronique, il s'agit d'une convention de signe, qui parle de l'orientation du courant et de la tension.

### 1- Le courant

Le courant correspond à un flux de charges électriques. Comme tout flux, il circule dans une certaine direction, c'est-à-dire qu'il est orienté.

Dans un dipôle, on désigne le sens d'un courant par une petite flèche inscrite sur la branche.



Flèche montrant le courant circulant de **A** vers **B** dans un dipôle quelconque.

Comme il a une orientation, le courant a aussi un signe : il peut être positif ou négatif.

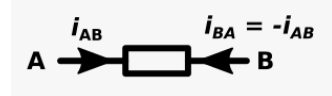
Un courant positif signifie que des charges positives se déplacent dans le sens de la flèche qui définit le sens du courant.

Un courant négatif signifie que des charges positives se déplacent en sens inverse de la flèche.

Pour un flux de charges électriques donné, changer le sens de la flèche changera uniquement son signe, pas le phénomène physique. Le sens de la flèche n'est rien d'autre qu'une convention de signe, pas un schéma de la réalité physique. Par exemple, si un dipôle est

traversé par un courant  $i_{AB}$ , et qu'on change la flèche de sens, alors cette nouvelle notation  $i_{BA}$  sera liée à l'ancienne par la relation  $i_{BA} = -i_{AB}$ .

Le schéma ci-dessous illustre cette relation.



Relation entre un courant et son opposé.

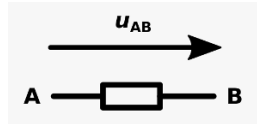
## 2- La Tension

Entre deux points d'un circuit électrique, on peut définir une tension.

La tension entre deux points d'un circuit électrique correspond à la différence de potentielle électrique (ddp) entre ces deux points.

Le potentiel électrique étant une grandeur qu'on peut associer à tout point du circuit.

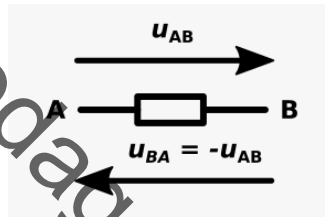
La tension a aussi une orientation : La tension  $U_{AB}$  est la différence de potentielle entre le point A et le point B ( $U_{AB} = V_A - V_B$ ), cette tension se représente par une flèche orientée de B vers A .



Comme elle est orientée, la tension a un signe : elle peut être positive ou négative.

La tension est positive quand le potentiel du point A est supérieur à celui du point B et elle est négative dans le cas contraire.

Comme pour le courant, il s'agit d'une convention de signe : changer le sens de la tension ne change pas la différence de potentiel présente physiquement. La tension « retournée » sera l'opposée de la tension normale.

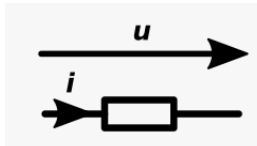


## 3- Orientation relative de la tension et du courant

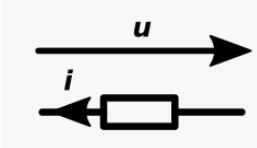
On a vu que le courant et la tension sont tous les deux orientés. Quand on les définit pour un dipôle, il faut aussi orienter l'un par rapport à l'autre. Autrement dit, il faut choisir une convention pour le sens relatif des flèches.

Il y a seulement deux possibilités :

- les flèches sont dans le même sens, et on dit qu'il s'agit de la convention générateur ;
- les flèches sont de sens opposés, et on dit qu'il s'agit de la convention réceptrice.



Convention génératrice, les deux flèches sont dans le même sens.



Convention réceptrice, les deux flèches sont de sens opposés.

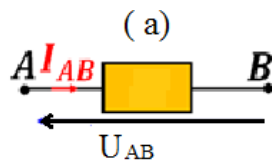


### III- CARACTERISTIQUE D'UN DIPOLE

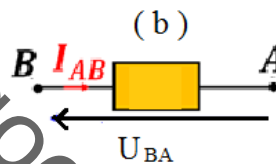
On appelle caractéristique d'un dipôle, la courbe représentant la variation du courant  $I$  traversant un dipôle en fonction de la tension appliquée à ses bornes :  $I = f(U_{AB})$  ou la variation de la tension  $U_{AB}$  à ces bornes en fonction de l'intensité du courant qui le traverse :  $U_{AB} = f(I)$ . Pour un dipôle en bon état de fonctionnement, la relation entre la tension à ses bornes et l'intensité du courant qui le traverse est bijective.

Au cours de l'étude d'un dipôle nous nommons arbitrairement **A**, un des pôles, et **B** l'autre. Pour savoir si le comportement du dipôle dépend du sens du courant qui le traverse, de **A** vers **B** ou de **B** vers **A**, on va tracer deux caractéristiques :

- celle du dipôle **AB**, le courant passant de **A** vers **B**, le dipôle est utilisé en direct (figure .a)



- celle du dipôle **BA**, le courant passant de **B** vers **A**, le dipôle est utilisé en inverse (figure b).



#### Remarque

Un dipôle ne peut pas être utilisé dans n'importe quelle condition sans être endommagé et rendu hors usage. Le constructeur indique en général les valeurs limites de la tension, de l'intensité ou de la puissance à ne pas dépasser. (*valeurs nominales*)

### IV- CARACTÉRISTIQUES INTENSITE - TENSION DE QUELQUES DIPÔLES PASSIFS

#### 1- Caractéristique de la lampe

Étudions comme dipôle, une ampoule type lampe de poche. (figure ci-contre)



une lampe

## Expérience

### Matériel

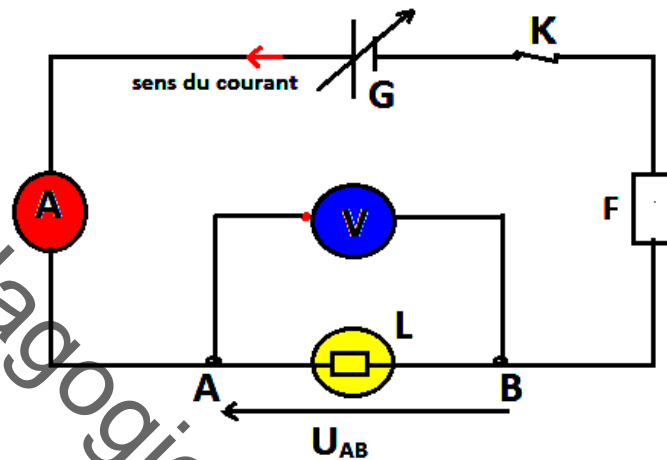
- Une lampe (**L**) : placée de telle sorte que le courant y circule de **A** vers **B**.
- Un générateur de tension variable (**G**)
- Un interrupteur (**K**)
- Un ampèremètre (**A**)
- Un fusible (**F**) : qui permet de ne pas dépasser l'intensité supportée par le dipôle.
- Un voltmètre (**V**)

### Manipulation

Réalisons le montage de la figure ci-contre :

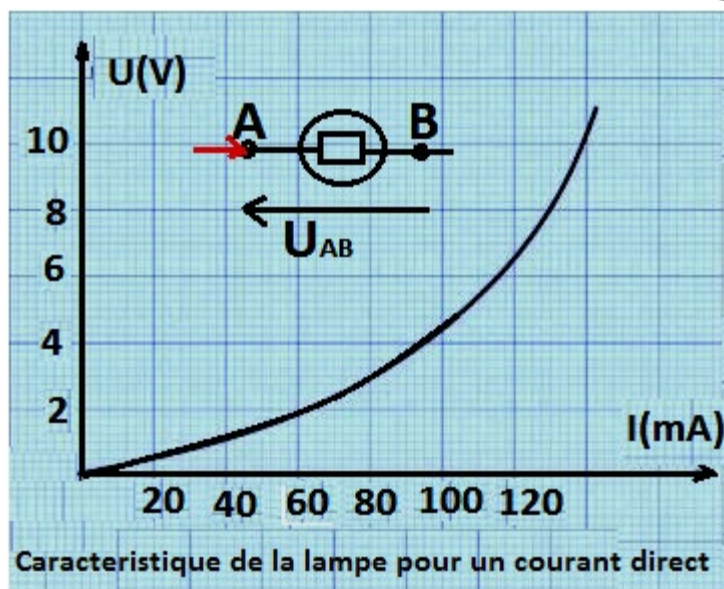
Faisons varier la tension aux bornes de la lampe et notons pour chaque valeur de  $U_{AB}$  l'intensité  $I$  du courant correspondant.

Les résultats de mesures sont regroupés dans le tableau suivant :

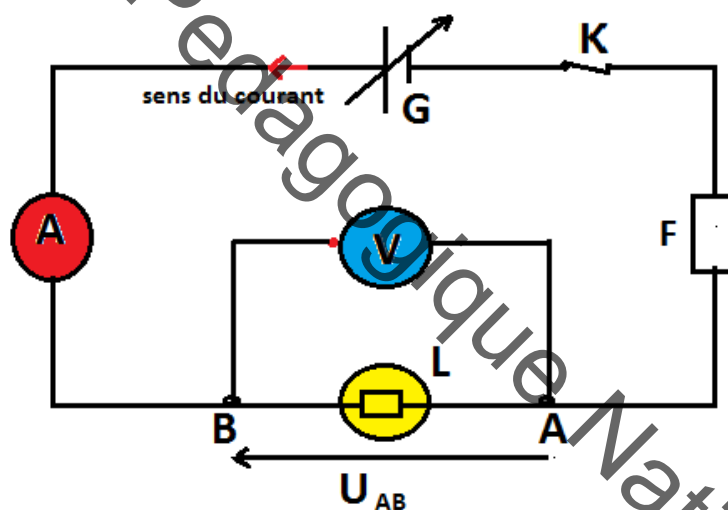


U(V)	0	0,5	1,2	1,8	3,0	4,5	6,5	8,0
I(mA)	0	20	40	60	80	100	120	130

Représentation graphique de la caractéristique  $U_{AB} = f(I)$  de la lampe



Changeons le sens du courant dans le dipôle (L) en inversant le branchement entre ses pôles comme l'indique le montage suivant :



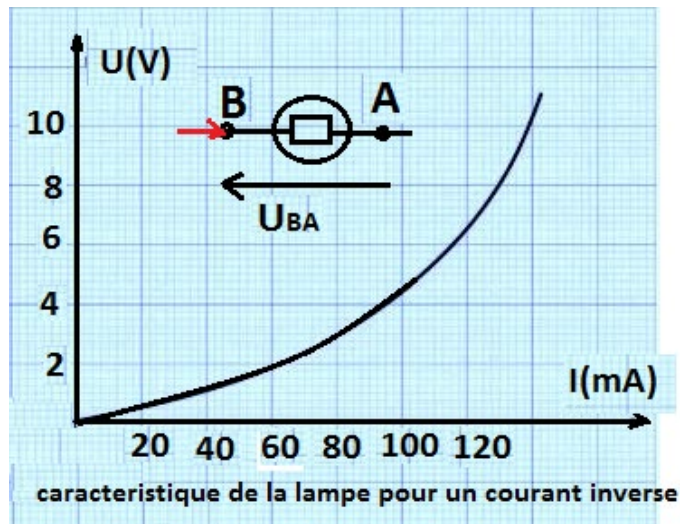
Le courant traverse alors le dipôle de B vers A ; l'intensité est notée  $I_{BA}$  et le voltmètre indique la mesure de  $U_{AB}$ .

Relevons une nouvelle série de couples de mesures ( $U_{BA}$ ,  $I_{BA}$ ) correspondant à différents états de fonctionnement.

Les résultats de mesures sont regroupées dans le tableau suivant :

U (V)	0	0,5	1,2	1,8	3,0	4,5	6,5	8,0
I (mA)	0	20	40	60	80	100	120	130

Représentation graphique de la caractéristique  $U_{BA} = f(I)$  de la lampe

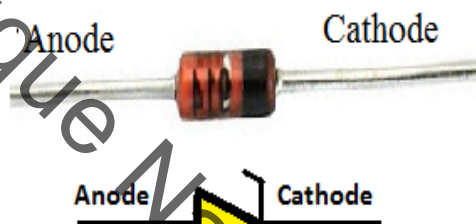


### Exploitation de la caractéristique

- Les deux caractéristiques intensité – tension  $U_{AB} = f(I)$  et  $U_{BA} = f(I)$  passent par le point de coordonnées  $(U = 0 ; I = 0)$  : Le dipôle est un dipôle passif .
- Les bornes **A** et **B** de la lampe sont identiques : ils jouent le même rôle
- La lampe à incandescence est un dipôle passif, non linéaire et symétrique

### 2- Caractéristique de la diode Zener

La diode Zener est un composant électrique dont les propriétés sont semblables à une diode conventionnelle, à la différence que la diode Zener laisse passer le courant inverse lorsque celui-ci dépasse le seuil de l'effet d'avalanche.



### Expérience

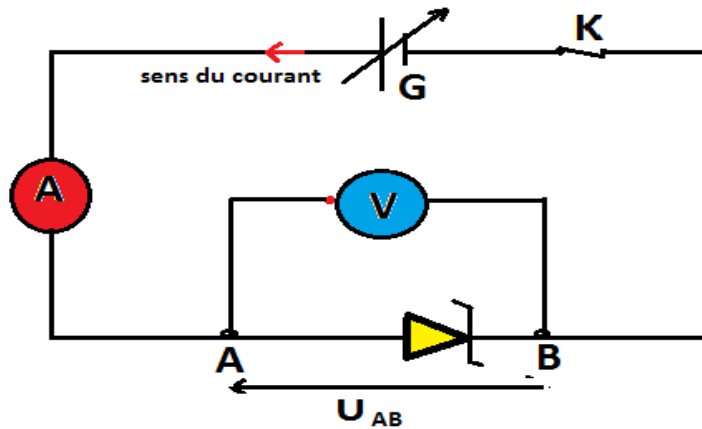
#### Matériel

- Une diode zener : placée de telle sorte que le courant y circule de **A** vers **B**.
- Un générateur de tension variable (**G**)
- Un interrupteur (**K**)
- Un ampèremètre (**A**)
- Un fusible (**F**) : qui permet de ne pas dépasser l'intensité supportée par le dipôle.
- Un voltmètre (**V**)

## Manipulation

Réalisons le montage de la figure suivante

Dans le montage, on remplace le dipôle récepteur par la diode Zener.



Nous relevons une série de couples de mesures ( $U_{AB}$ ,  $I_{AB}$ ), le courant traversant le dipôle de A vers B puis de B vers A. Les différentes mesures sont regroupées dans les deux tableaux suivants :

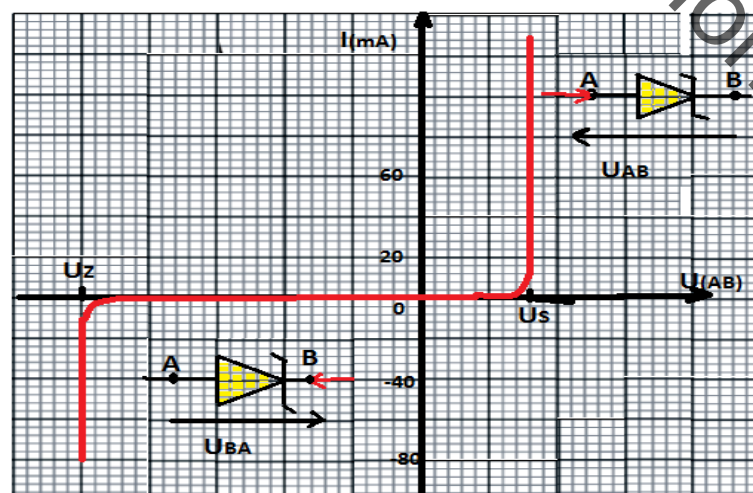
### Polarisation en sens direct :

U(V)	0	6	1,0	1,2	1,4	1,6
I(mA)	0	0	8,0	24	44,0	72

### Polarisation en sens inverse :

U(V)	0	- 4	- 4,8	- 5	- 5,2	- 5,2
I(mA)	0	0	0	- 4	- 20	- 20

### Représentation des résultats de mesures : $I = f(U)$



## Exploitation de la caractéristique :

- La diode Zener est bloquante et se comporte comme Interrupteur ouvert pour  $U_z < U < 0$
- La diode Zener conduit dans le sens direct si  $U > U_s$  et dans le sens inverse si  $U < U_z$
- La diode Zener est un dipôle passif, sa caractéristique n'est ni linéaire ni symétrique

### 3- Caractéristique d'un dipôle ohmique



Un dipôle ohmique est caractérisé par une grandeur électrique appelée résistance. Cette grandeur se note  $R$  et son unité est l'ohm de symbole  $\Omega$ .

Pour tracer sa caractéristique nous réalisons l'expérience suivante

#### Expérience

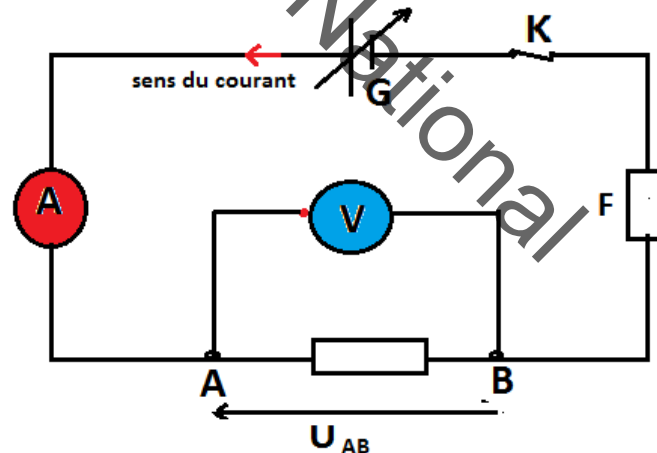
- Un dipôle Ohmique placé de telle sorte que le courant y circule de **A** vers **B**.
- Un générateur de tension variable (**G**)
- Un interrupteur (**K**)
- Un ampèremètre (**A**)
- Un fusible (**F**) : qui permet de ne pas dépasser l'intensité supportée par le dipôle.
- Un voltmètre (**V**)

#### Manipulation

Réalisons le montage de la figure ci-contre

Relevons une série de couples de mesures ( $U_{AB}$ ,  $I_{AB}$ ), le courant traversant le dipôle de **A** vers **B** puis de **B** vers **A**.

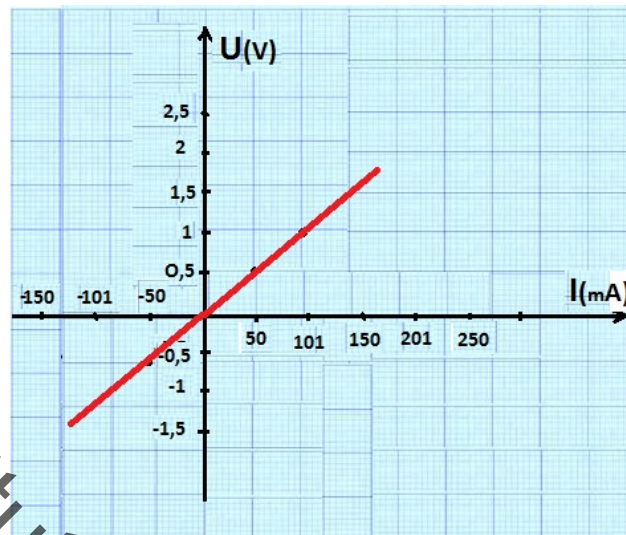
Les différentes mesures sont regroupées dans le tableau suivant :



$U_{AB}(V)$	0	0,5	1	1,5	2	2,5
$I(mA)$	0	50	101	150	201	250
$U_{BA}(V)$	0	-0,5	-1	-1,5	-2	-2,5
$I(mA)$	0	-50	-101	-150	-201	-250



La représentation de ces résultats donne la caractéristique suivante :



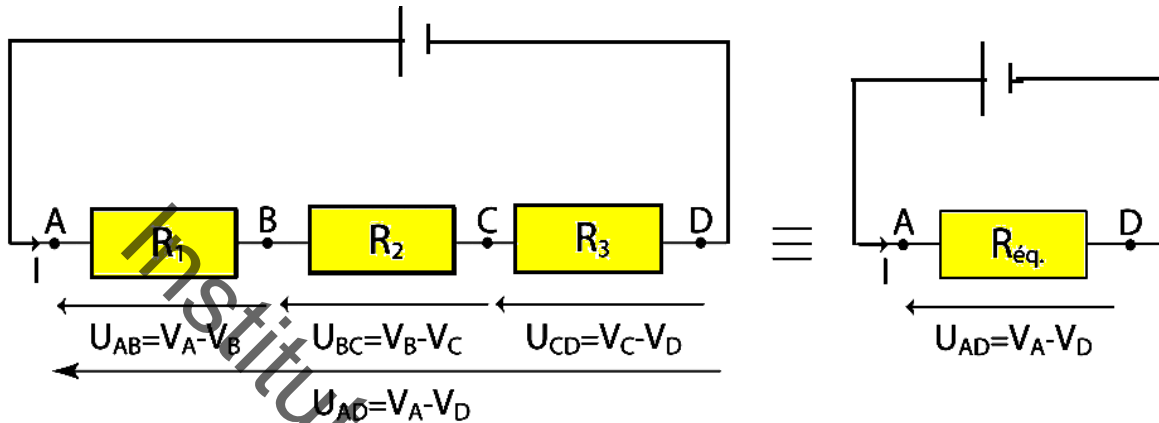
### Exploitation de la caractéristique

- La caractéristique est une droite qui passe par l'origine
- La tension  $U_{AB}$  est proportionnel au courant  $I_{AB}$  ; il existe donc entre eux une relation linéaire de la forme :  $U_{AB} = R I_{AB}$ .  
Cette relation traduit algébriquement la loi d'Ohm.
- Le dipôle étudié est appelé résistance linéaire symétrique ou conducteur ohmique.  
 $R$  : est la résistance du conducteur ohmique, c'est une grandeur constante.
- Pour déterminer la valeur de  $R$  il suffit de prendre un quelconque point de fonctionnement sur la caractéristique et de calculer le quotient  $R = \frac{U_{AB}}{I_{AB}}$  correspondant aux coordonnées de ce point.
- Si la tension est mesurée en volt, l'intensité en ampère, alors la résistance est mesurée en volt par mètre (**V/A**). Le volt par mètre est appelé Ohm (symbole  $\Omega$ ).
- La loi d'Ohm peut également se mettre sous la forme  $I = G U_{AB}$  ou  $G = 1/R$  est la conductance et s'exprime en Siemens (**S**).

## V - ASSOCIATION DE RESISTANCES, CALCUL DE RESISTANCE EQUIVALENTE

On distingue deux façons d'associer des résistances. Elles sont associées soit en série soit en parallèle.

### 1- Association en série



Les résistances  $R_i$  sont toutes traversées par le même courant  $I$ .

La tension  $U_{AD}$  est égale à la somme des tensions aux bornes de chacun des dipôles :

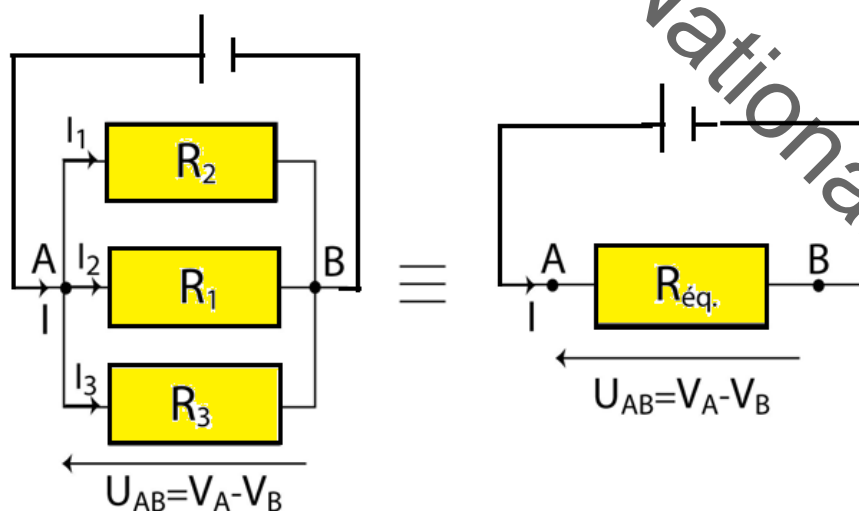
$$U_{AD} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} = R_1 I + R_2 I + R_3 I, \text{ donc } U_{AD} = (R_1 + R_2 + R_3) I = R_{\text{eq}} I$$

D'où la résistance équivalente à l'association de ces dipôles :  $R_{\text{eq}} = R_1 + R_2 + R_3$ .

Dans le cas où  $n$  dipôles sont associés en série, la résistance équivalente s'exprime :

$$R_{\text{eq}} = \sum_{i=1}^n R_i$$

### 2- Association en parallèle





L'association de dipôles en parallèle se caractérise par le fait que tous les dipôles ont leurs bornes en commun deux à deux.

En conséquence de quoi la tension aux bornes de chacun des dipôles est identique

Le courant  $I$  qui alimente ces dipôles branchés en parallèle va alors se répartir dans les dipôles

$$\text{tel que : } I = I_1 + I_2 + I_3 = \frac{U_{AB}}{R_1} + \frac{U_{AB}}{R_2} + \frac{U_{AB}}{R_3} = \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) U_{AB} = \frac{U_{AB}}{R_{\text{éq}}}$$

$$\text{D'ou la résistance équivalente : } \frac{1}{R_{\text{éq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ou on préférera alors dans le cas d'association de dipôles en parallèle utiliser la conductance :

$$G_{\text{éq}} = G_1 + G_2 + G_3$$

Pour l'association de  $n$  dipôles en parallèle on note respectivement la résistance et la

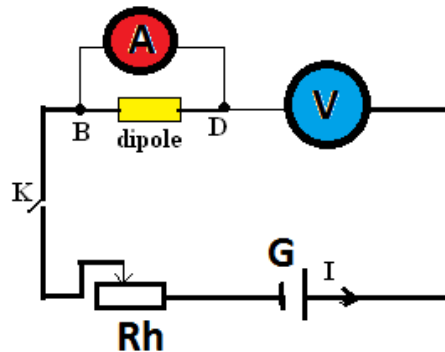
$$\text{conductance équivalentes : } \frac{1}{R_{\text{éq}}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{R_i} \text{ et } G_{\text{éq}} = \sum_{i=1}^n G_i$$

# Exercices résolus

## Exercice 1 :

Un dipôle D est étudié en réalisant le montage ci-contre :

Le constructeur indique :  $47\ \Omega$  ;  $0,5\ W$ . On fait varier la tension aux bornes du dipôle et pour chacune des valeurs, on note l'intensité du courant dans le dipôle. Les résultats sont groupés dans les tableaux (a) et (b) ci-dessous :



	UBA(v)	0	0,5	1	1,5	2
UAB(v)	I(10-3A)	0	11	22	33	44
I(10-3A)	P(10-2w)	0	30,5	42,2	4,9	8,8
P(10-2w)	UBA(v)	2,5	43	83,5	4	4,5
UAB(v)	I(10-3A)	55	466	477	88	99
I(10-3A)	P(10-2w)	13,8	19,8	26,9	35,2	44,6
P(10-2w)		13,8	19,8	26,9	35,2	44,6

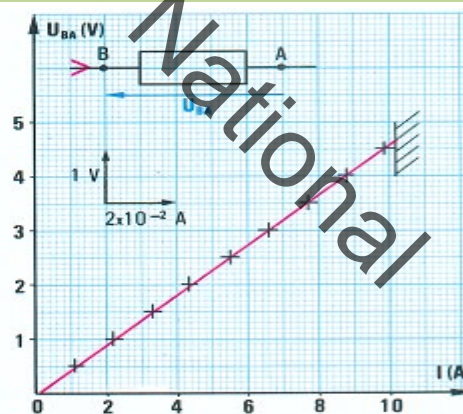
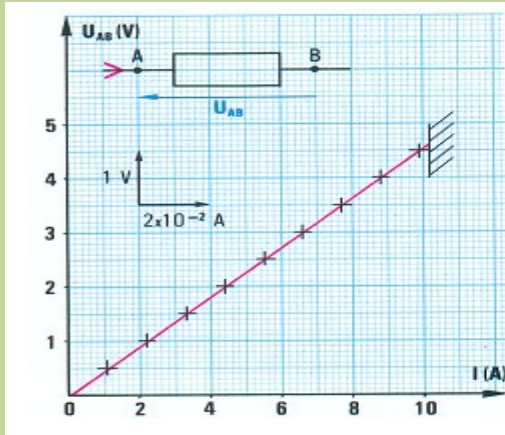
tableau (a)

tableau (b)

- 1) Tracer les caractéristiques  $U_{AB} = f(I)$  et  $U_{BA} = f(I)$  du dipôle utilisé.
- 2) Dédire des graphes précédents, les caractéristiques du dipôle étudié, l'identifier.
- 3) D'après les données du constructeur, dans quelles limites peut-on utiliser le dipôle.

## Solution :

1)



2) Le dipôle passif est symétrique et linéaire : c'est un conducteur ohmique.

$$p_{max} = U \cdot I_{max} \text{ or } U = R \cdot I_{max} \Rightarrow p_{max} = R \cdot I_{max}^2 \Rightarrow I_{max} = \sqrt{\frac{p_{max}}{R}} \quad \text{A.N. : } I_{max} = \sqrt{\frac{0,5}{47}} = 0,1\text{A}$$

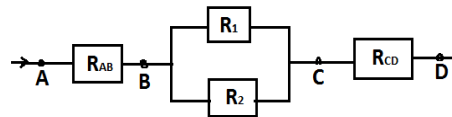
3)

On peut utiliser le conducteur ohmique tant que :  $I \leq I_{max}$

### Exercice 2 :

On considère la portion de circuit que représente le schéma ci-contre.

Sachant que  $R_{AB} = 5 \Omega$ ,  $R_1 = 10 \Omega$ ,  $R_2 = 5 \Omega$ ,  $R_{CD} = 4 \Omega$ .



Calculer :

- 1) La résistance équivalente de la portion BC.
- 2) La résistance de la portion AD
- 3) L'intensité du courant principal et les intensités des courants dérivés lorsque la tension électrique entre A et D vaut 20V.

### Solution :

1- La résistance équivalente de la portion BC :

$$\frac{1}{R_{BC}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \Rightarrow R_{BC} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad A.N : R_{BC} = \frac{10 \cdot 5}{10 + 5} = 3,3 \Omega$$

2- résistance équivalente de la portion AD :

$$R_{AD} = R_{AB} + R_{BC} + R_{CD} \quad A.N : R_{AD} = 5 + 3,3 + 4 = 12,3 \Omega$$

3- Les intensités du courant

$$I = ? \text{ on a : } U_{AD} = R_{AD} \cdot I \Rightarrow I = \frac{U_{AD}}{R_{AD}} \quad A.N : I = \frac{20}{12,3} = 1,6 A$$

$I_1 = ?$  et  $I_2 = ?$  On a :  $R_1 \cdot I_1 = R_2 \cdot I_2$  et  $I = I_1 + I_2$ . Ce qui donne

$$R_1(I - I_2) = R_2 \cdot I_2 \quad I_2 = \frac{R_1 \cdot I}{R_1 + R_2} \quad A.N : I_2 = \frac{10 \cdot 1,6}{10 + 5} = 0,9 A \quad I_1 = I - I_2 \quad A.N : I_1 = 1,6 - 0,9 = 0,7 A$$

# Essentiel

- On appelle un dipôle tout composant électrique (ou associations des composants électriques) possédant deux bornes ou deux pôles.
- Un dipôle passif est un dipôle qui ne peut pas générer un courant électrique de lui-même par lui-même, c-à-d la tension  $U_{AB}$  entre ses bornes est nulle en circuit ouvert ( $I_{AB} = 0$  et  $U_{AB} = 0$ ).
- On appelle la caractéristique l'étude de variation de la tension  $U_{AB}$  entre les bornes d'un dipôle (AB) en fonction de l'intensité du courant électrique  $I$  qui le traverse et l'inverse ( $U_{AB} = f(I)$  ;  $I = f(U_{AB})$ ).
- La lampe est un dipôle passif, sa caractéristique est non linéaire et symétrique.
- La diode Zener est un dipôle passif, sa caractéristique est non linéaire et asymétrique
- La diode Zener conduit dans le sens direct si  $U > U_s$  et dans le sens inverse si  $U < U_z$
- La résistance électrique d'un conducteur est le quotient de la tension appliquée à ses

$$R = \frac{U_{AB}}{I_{AB}}$$

bornes par l'intensité du courant qui le traverse.

La loi d'Ohm

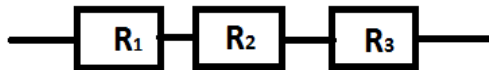
La différence de potentiel ou tension  $U$  (en volts) aux bornes d'une résistance  $R$  (en ohms) est proportionnelle à l'intensité du courant électrique  $I$  (en ampères) qui la traverse :

$$U_{AB} = RI$$

La résistance est l'opposition exercée par un corps au passage d'un courant électrique.

Association de conducteurs ohmiques :

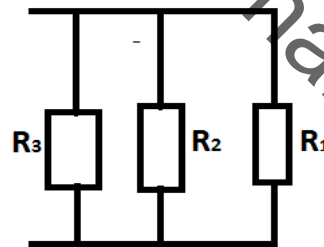
- En série :



$$R_{\text{éq}} = R_1 + R_2 + R_3$$

-En parallèle (en dérivation)

$$\frac{1}{R_{\text{éq}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



### Exercice 1

On veut tracer la caractéristique  $U_{AB} = f(I)$  d'un conducteur ohmique AB.

- 1) Faire le schéma du montage utilisé.
- 2) Par un dispositif approprié, on fait varier l'intensité  $I$  du courant dans le dipôle. Pour chaque valeur de  $I$  on mesure  $U_{AB}$ .

Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

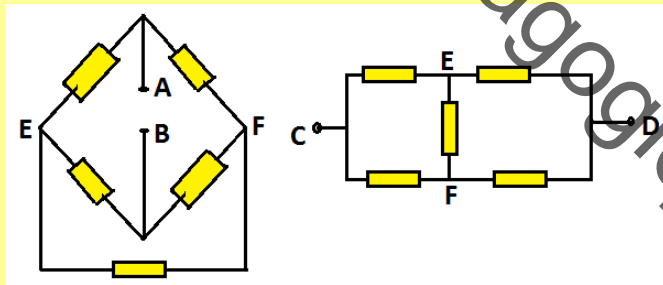
I(mA)	0	15	30	45	60	75	90	105	120
U <sub>AB</sub> (V)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4

- a) Tracer la caractéristique  $U_{AB} = f(I)$  du dipôle considéré.
- b) Dédire du graphe précédent la résistance du conducteur  $R_1$  Ohmique
- c) Tracer sur le même graphique la caractéristique d'un conducteur Ohmique de résistance

$$R_2 = \frac{R_1}{2}.$$

### Exercice 2

Les deux dipôles ci-dessous (A,B) et (C,D) sont constitués de conducteurs ohmiques tous identiques de résistance  $R$ .



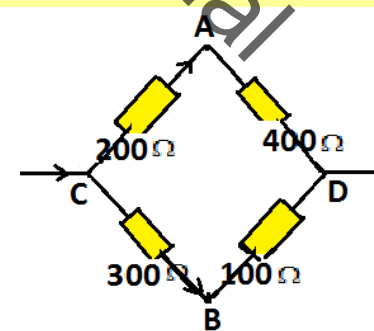
- 1) Peut-on considérer que ces deux dipôles sont identiques.
- 2) Lorsqu'on applique une tension  $U_{AB}$  ou  $U_{CD}$  aux bornes de ces deux dipôles, l'intensité du courant qui circule dans l'un des conducteurs ohmiques est nulle. Lequel et pourquoi ?
- 3) En déduire la résistance du conducteur ohmique équivalent aux deux dipôles

### Exercice 3

On considère le réseau ci-dessous.

Tous les dipôles sont des conducteurs ohmiques.

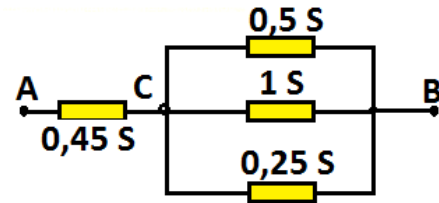
- 1) Calculer la résistance du dipôle équivalent (C,D)
- 2) Si  $I = 0,2A$ , Quelle est la tension  $U_{CD}$  .
- 3) Calculer  $I_1$  et  $I_2$  ; calculer la tension  $U_{AB}$
- 4) Reprendre les mêmes questions dans le cas où on relie A et B par un fil de résistance négligeable.



#### Exercice 4

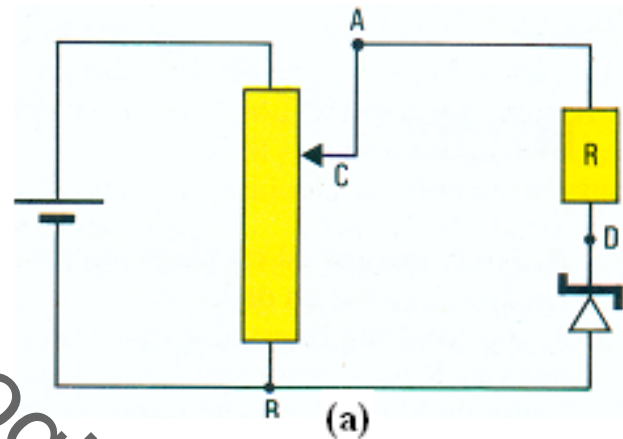
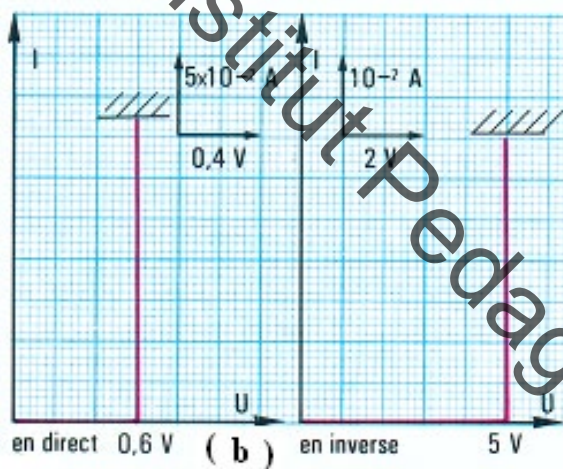
Soit le réseau schématisé ci-contre.

- 1) Calculer la résistance équivalente aux trois conducteurs ohmiques placés en parallèle. Quelle est la résistance du réseau entre les points A et B.
- 2) On applique une tension  $U_{AB} = 6V$ . Calculer l'intensité du courant qui circule entre A et C. En déduire la tension entre C et B. Calculer alors l'intensité du courant dans chaque dipôle.



#### Exercice 5

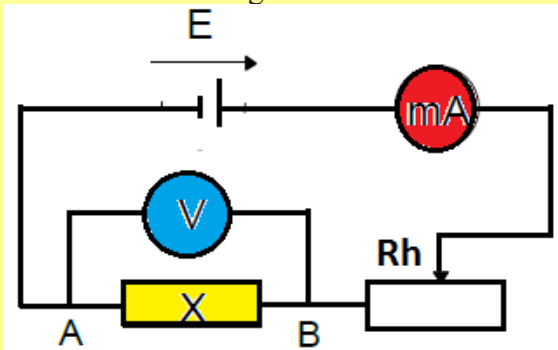
On peut schématiser les caractéristiques d'une diode Zener comme l'indique la figure (a). Elle est utilisée dans le montage de la figure (b)



- 1) La diode est-elle utilisée en direct ou en inverse ?
- 2) Quelle est la relation existant entre les tensions  $U_{BC}$ ,  $U_{DC}$  et  $U_{BD}$ ? Quel est le signe de ces tensions.
- 3) Quand l'intensité du courant dans la diode Zener est  $I_1 = 10mA$ , Quelles sont les valeurs des tensions  $U_{BD}$ ,  $U_{DC}$  et  $U_{BC}$ ? Mêmes questions quand la valeur de l'intensité est  $I_2 = 30mA$ . La valeur de la résistance du conducteur ohmique est  $R = 100\Omega$ .
- 4) Quelle doit être la valeur minimale de la tension  $U_{BC}$  pour qu'un courant circule dans la diode.
- 5) Quelle est la variation de la tension  $U_{BD}$  quand la tension  $U_{BC}$  varie de sa valeur minimale calculée à la question 4 à sa valeur maximale. Justifier le nom de stabilisateur de tension donné à une telle diode.

### Exercice 6

On réalise le montage suivant :

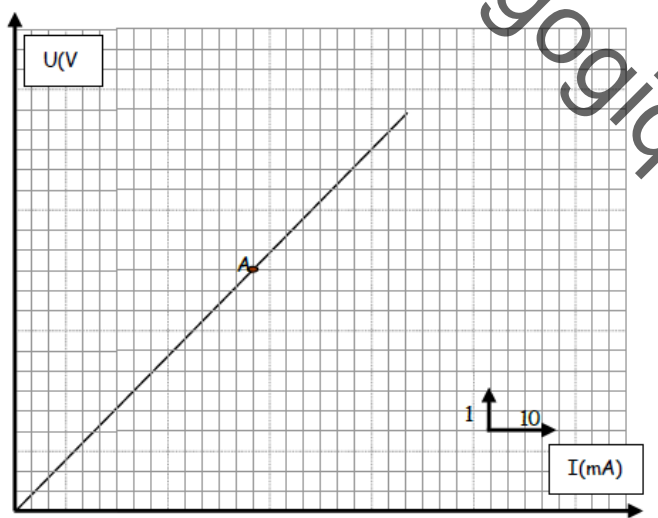


- 1) L'ampèremètre affiche 7.13m et le voltmètre indique 3.29V  
Quelle est la résistance XX du conducteur ohmique placé entre A et B ?
- 2) On déplace le curseur du rhéostat de sorte que le voltmètre affiche 2.03V  
Quelle est alors l'indication de l'ampèremètre ?
- 3) On déplace le curseur du rhéostat de sorte que l'ampèremètre indique 5.12mA  
Quelle est alors l'indication affichée par le voltmètre ?

### Exercice 7

On considère la caractéristique intensité tension d'un dipôle

- 1) Représenter un schéma du montage qui nous a permis de tracer cette caractéristique
- 2) Préciser en justifiant la réponse, la nature du dipôle étudié, déterminer sa résistance



### Exercice 8

On réalise un circuit électrique simple avec une pile dont la tension entre ses bornes est  $U=12V$  et un résistor de résistance  $R=100\Omega$  qui supporte une intensité maximale de 100mA..

- 1) Ne risque-t-on pas d'endommager R ? Justifier.
- 2) Quelle résistance minimale  $R'$  faut-il mettre en série avec R dans le circuit pour pouvoir fermer sans dommage l'interrupteur.
- 3) On branche R et  $R''$  en parallèle,  $R''$  inconnue, et les deux en série avec  $R'$  minimale aux bornes du générateur.

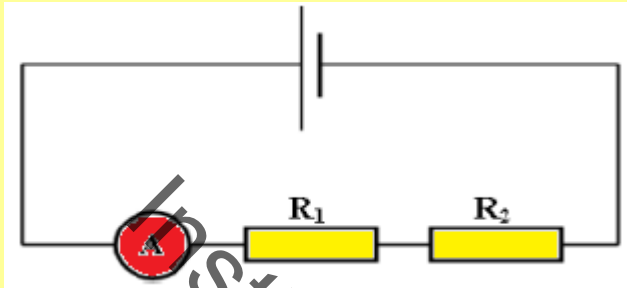


- Déterminer la valeur de  $R''$  pour que l'intensité du courant soit égale à  $0.12A$
- Déterminer l'intensité du courant qui traverse  $R'$  en déduire celui qui traverse  $R$ .

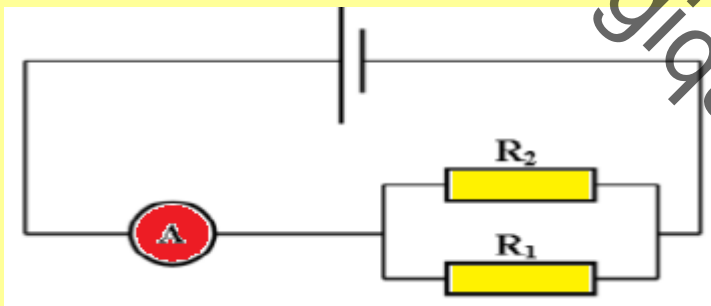
### Exercice 9

Soient les deux dipôles résistors  $R_1=10\Omega$  et  $R_2=20\Omega$ .

- Dans le premier circuit ci-dessous, l'ampèremètre indique un courant d'intensité  $I=0.2A$



- Le circuit est-il en série ou en dérivation ?
  - Représenter le branchement des voltmètres permettant la mesure des tensions  $U_1$  aux bornes de  $R_1$  et  $U_2$  aux bornes de  $R_2$ .
  - Rappeler la loi d'Ohm relative à un résistor.
  - Calculer les tensions  $U_1$  et  $U_2$ .
  - En déduire, en précisant la loi utilisée, la tension aux bornes du générateur.
  - Calculer la résistance équivalente à cette association de  $R_1$  et  $R_2$
- On considère que la tension aux bornes du générateur reste constante. On réalise avec les mêmes dipôles le deuxième circuit suivant :



- Les résistors dans ce deuxième circuit sont-ils associés en série ou en dérivation ?  
En déduire  $R_{eq}'$  la résistance équivalente à cette association de  $R_1$  et  $R_2$
- Combien de voltmètres faut-il utiliser pour mesurer la tension  $U'_1$  aux bornes de  $R_1$  et  $U'_2$  aux bornes de  $R_2$  ?

Préciser la valeur de chacune de ces deux tensions

- Calculer l'intensité du courant  $I_1$  traversant  $R_1$
- Calculer l'intensité du courant  $I_2$  traversant  $R_2$
- En déduire l'intensité  $I'$  du courant mesurée par l'ampèremètre en précisant la loi utilisée.
- Calculer le rapport  $(U \text{ Générateur } / I')$  et le comparer avec la résistance  $R'_{eq}$

- Comparer les intensités du courant  $I$  et  $I'$ .

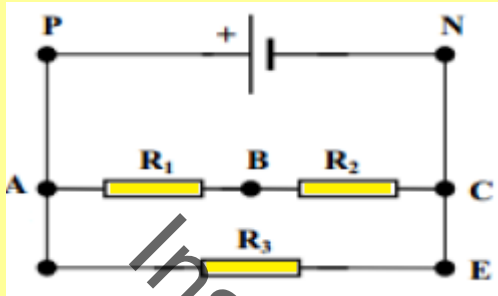
En déduire une comparaison entre les intensités du courant débité par le même générateur dans un circuit en série et un circuit en dérivation comportant les mêmes dipôles.



### Exercice 10

Un circuit électrique comporte un générateur de tension continue et trois conducteurs ohmiques de résistance  $R_1$ ,  $R_2$ , et  $R_3$  (voir schéma). On donne  $R_3=220\Omega$ .

1) Recopier le schéma ci-dessous, y placer le sens conventionnel du courant électrique  
L'intensité mesurée dans la branche PNPN vaut :  $I=69.5\text{mA}$



2) Calculer le nombre d'électrons traversant une section de la branche PN pendant une seconde.

3) Représenter les tensions positives aux bornes de chacun des dipôles. Justifier.

4) La tension électrique aux bornes du générateur est de  $6.20\text{V}$ .

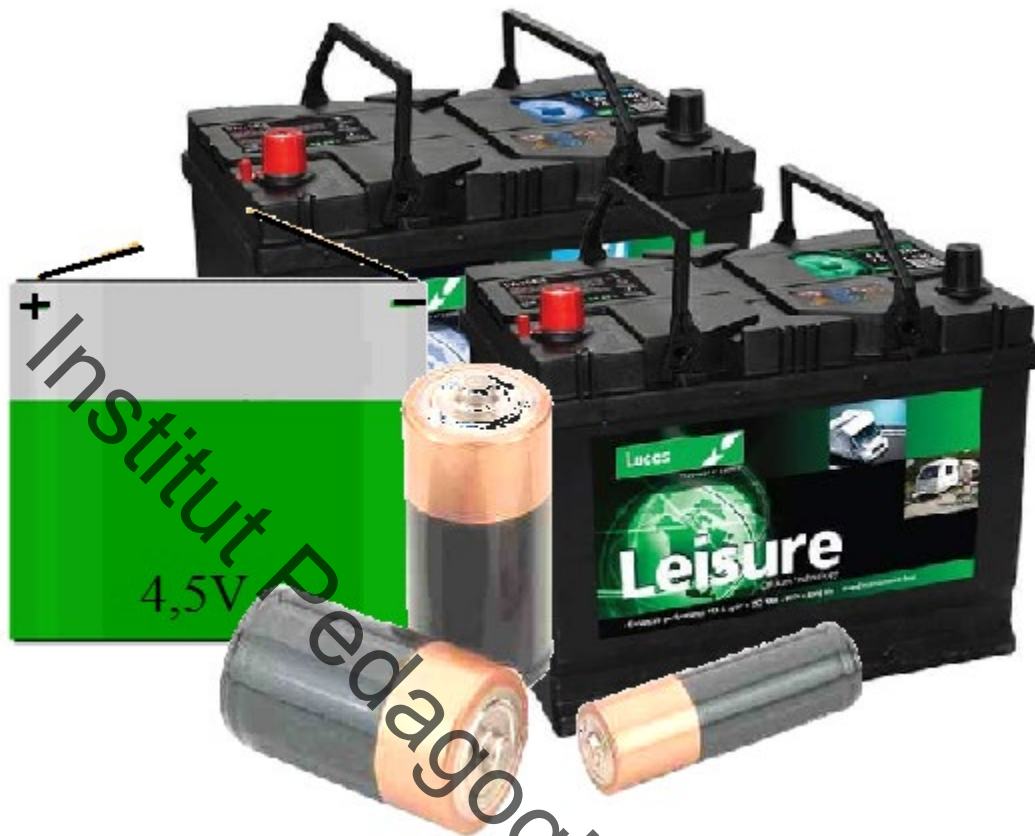
Déterminer les intensités  $I_1$  et  $I_2$  des courants circulant dans les branches ABC et DE. Justifier

5) La tension électrique aux bornes du conducteur ohmique de résistance  $R_1$  est de  $4.13\text{V}$

Déterminer les résistances  $R_1$  et  $R_2$  des conducteurs ohmiques de la branche ABC.

Données :  $e=1.610^{-19}\text{C}$

## CHAPITRE VII: DIPOLES ACTIFS : GENERATEURS



### OBJECTIFS

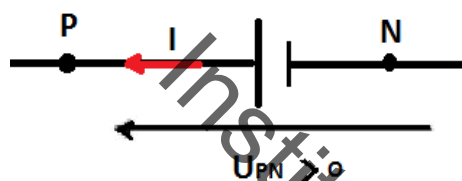
- ✓ Connaitre la loi de fonctionnement d'un générateur linéaire
- ✓ Connaitre la loi de fonctionnement d'un générateur récepteur
- ✓ Pouvoir déterminer le point de fonctionnement d'un générateur
- ✓ Savoir appliquer la loi de Pouillet
- ✓ Savoir appliquer la loi des mailles

## I- DEFINITION

On appelle dipôles actifs tous les dipôles qui peuvent produire soit une tension ou une intensité de manière autonome (un générateur de tension, une pile, ...).

La tension aux bornes d'un circuit ouvert n'est pas nulle.

### 1- Représentation symbolique d'un générateur



Le pôle positif P est représenté par le grand trait le pôle négatif N par le petit trait.

### 2- Convention Générateur

On étudie les dipôles actifs avec la convention génératrice.

Dans la convention génératrice, les flèches symbolisant l'intensité du courant et la tension aux bornes du générateur sont de même sens.

## II-ETUDE D'UN DIPOLE ACTIF LINEAIRE : Une pile

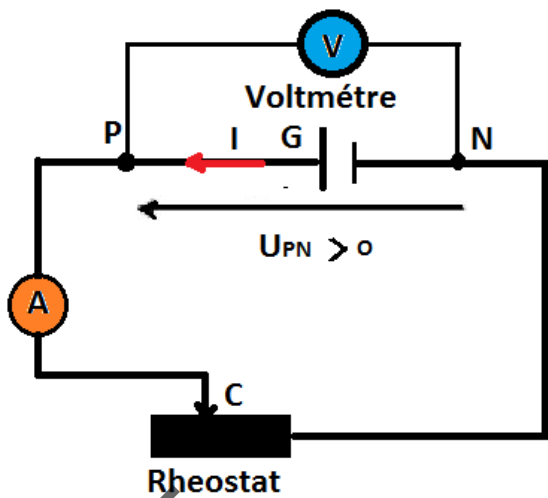
### 1- Expérience

#### Matériel

- Une pile
- Un ampèremètre
- Un rhéostat
- Un interrupteur

#### Manipulation

Réaliser le montage représenté à la figure ci-dessous comportant, en série, la pile à étudier, l'ampèremètre, un rhéostat monté en résistance variable et un interrupteur



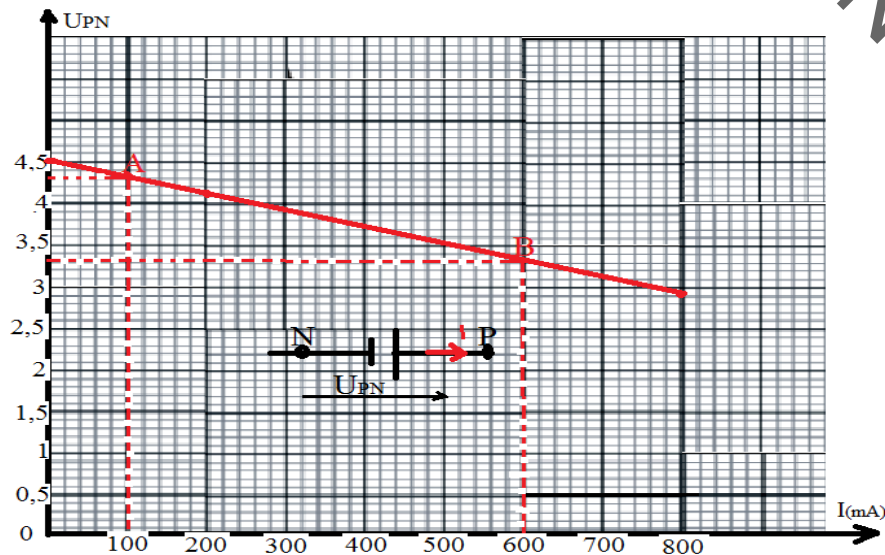
- Ouvrir l'interrupteur et relever les valeurs de l'intensité  $I$  du courant et de la tension  $U_{PN}$  aux bornes du générateur.
- Fermer l'interrupteur puis déplacer le curseur du rhéostat et noter dans un tableau les différentes indications du voltmètre et de l'ampèremètre.
- Tracer, en choisissant une échelle appropriée, la courbe donnant les variations de la tension en fonction de l'intensité  $U_{PN} = f(I)$ .

## Résultats

Tableau des mesures

$I$ (mA)	0	100	200	300	400	500	600	700	800
$U_{PN}$ (V)	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5	3,3	3,1	2,9

Traçons la caractéristique intensité - tension :  $U=f(I)$  :



## 2- Force électromotrice E (f.é.m) et résistance interne r de la pile

La caractéristique représentant  $U_{PN} = f(I)$  est un segment de droite, de coefficient directeur négatif qui ne passe par l'origine des axes.

$U_{PN}$  est une fonction affine de I de la forme :  $U_{PN} = aI + b$

### a-Force électromotrice ou f.é.m E de la pile

Si I est nul nous avons  $U_{PN} = b$  et  $b = 4,5V$ .

Nous pouvons identifier b à la tension à vide du dipôle PN :  $E = 4,5V$ , la f.é.m. d'une pile s'identifie donc à la tension à ses bornes en circuit ouvert (tension à vide de la pile).

### b-Résistance interne r de la pile

Choisissons deux points A et B de la caractéristique (voir fig).

$$A \begin{cases} I_A = 0,1A \\ V_B = 4,3V \end{cases} \quad B \begin{cases} I_B = 0,6A \\ V_B = 3,3V \end{cases}$$

Nous avons  $U_A = aI_A + E$  et  $U_B = aI_B + E$  donc  $U_B - U_A = a(I_B - I_A)$

$$\text{Soit } a = \frac{U_B - U_A}{(I_B - I_A)} \text{ faisons l'application numérique } a = \frac{3,3 - 4,3}{0,6 - 0,1} = -2 = -r$$

La résistance interne r est donc l'opposé du coefficient directeur de la caractéristique.

Nous en déduisons que la tension aux bornes du générateur  $U_{PN}$  est une fonction affine de I tel que :

$$U_{PN} = E - rI$$

$U_{PN}$  : tension (V)

E : f.é.m. (V)

r : résistance interne ( $\Omega$ )

I : intensité (A)

Cette relation nous montre, en particulier, que la tension  $U_{PN}$  lorsque la pile débite ( $I \neq 0$ ) est toujours inférieure à sa f.e.m. E. La différence  $E - U_{PN} = rI$ , porte le nom de chute ohmique de tension aux bornes de la pile. ; elle s'exprime en volt.

## III-INTENSITE DU COURS-CIRCUIT $I_{cc}$ D'UN GENERATEUR

On met la pile en court-circuit (déconseillé) en reliant ses deux pôles par un fil métallique.

On forme ainsi un circuit fermé parcouru par un courant dont l'intensité porte le nom d'intensité de court-circuit  $I_{cc}$ .

Calculer sa valeur théorique pour la pile étudiée.

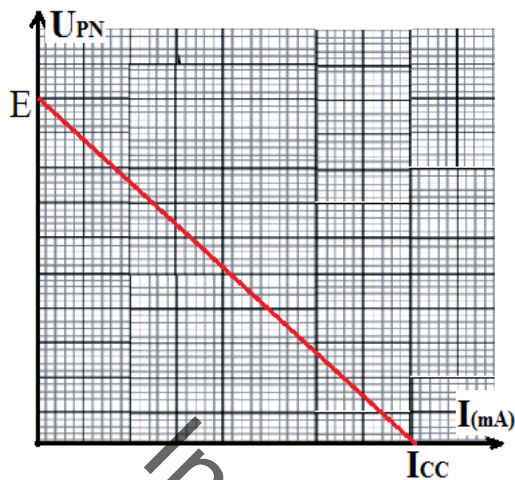
Pour calculer  $I_{cc}$ , on écrit que la tension  $U_{PN}$  est alors nulle (court-circuit) :

$$U_{PN} = 0 \text{ soit } E - rI_{cc} = 0 \text{ ce qui donne : } I_{cc} = \frac{E}{r}$$

On pourrait faire apparaître cette valeur  $I_{cc}$  sur la

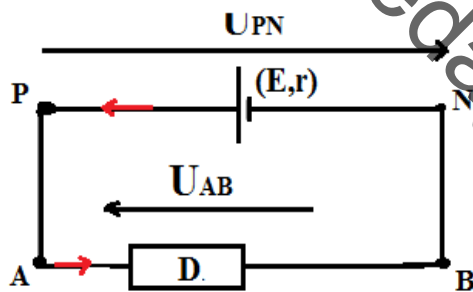


caractéristique ;  $I_{cc}$  est l'abscisse du point d'intersection de la caractéristique avec l'axe horizontal.



## IV-POINT DE FONCTIONNEMENT D'UN CIRCUIT

Lorsque l'on relie un générateur et un dipôle passif ou réactif, il s'établit dans ce circuit fermé un courant électrique  $i$ , et il existe aux bornes communes du générateur et du dipôle une tension électrique tel que :  $U_{PN} = U_{AB}$



### 1- Définition

On n'appelle point de fonctionnement du circuit le point de coordonnées  $(i, u)$  dans le diagramme qui permet de tracer les caractéristiques des composants du circuit.

### 2- Cas d'une pile et un conducteur Ohmique

Quand un conducteur ohmique est alimenté par un générateur électrique, il est possible de prévoir la tension  $U$  commune aux bornes des deux dipôles et l'intensité  $I$  du courant dans le circuit par deux méthodes différentes :

#### a-Méthode graphique :

On cherche le point d'intersection des caractéristiques intensité-tension des deux dipôles.

-La caractéristique de la pile est droite d'équation :  $U_{PN} = E - rI$

avec  $E$  : ordonnée à l'origine et  $-r$  : coefficient directeur.



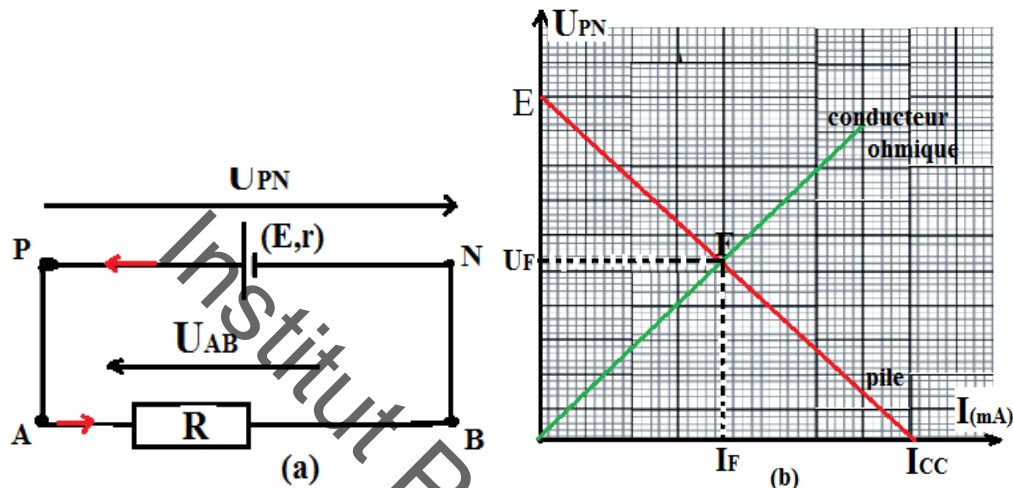
-Elle coupe l'axe horizontal au point d'abscisse  $I_{cc}$  (intensité de court-circuit)

La caractéristique du conducteur ohmique est la droite passant par l'origine  $O$  et d'équation :  $U_{AB} = RI$

$R$  : Coefficient directeur de la droite.

La **figure(a)** montre le schéma du circuit et la **figure (b)** la construction du point de fonctionnement.

$F$  : est le point de fonctionnement du circuit de coordonnées  $(I_F, U_F)$ .



### b-Méthode analytique :

#### Remarque :

Cette méthode n'est valable que si on connaît la relation entre  $U$  et  $I$  (loi d'Ohm) pour chaque dipôle.

Considérons le montage (a) précédents.

Il existe la même tension aux bornes de chacun des dipôles.

Aux bornes de la pile :  $U_{PN} = E - rI$

Aux bornes du dipôle ohmique :  $U_{AB} = RI$ .

Lorsque les deux dipôles sont branchés ensemble le courant  $I_F$  et la tension  $U_F$

Correspondant au point de fonctionnement du circuit vérifient l'égalité :  $U_{PN} = U_{AB}$

Donc  $E - rI = RI \Rightarrow E = I(R + r)$ , nous en tirons  $I = \frac{E}{R + r}$  et  $U_{PN} = U_{AB} = \frac{RE}{R + r}$

## V-DIPOLES ACTIFS RECEPTEURS

Ce sont des dipôles consommant de l'énergie électrique et qui en transforme une partie sous une autre forme d'énergie. Pour ces dipôles actifs récepteurs, l'intensité entre toujours par le pôle « + » et ressort par le pôle « - » à l'inverse d'un dipôle actif générateur

### Etude d'un électrolyseur

Un électrolyseur est constitué de deux électrodes trempant dans une solution conductrice du courant (ici solution de soude de concentration 0,1mol/L).



Electrolyseur

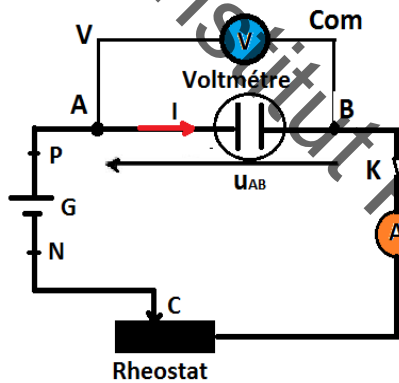
# 1-Expérience

## Matériel

- Un générateur,
- Un rhéostat (monté en résistance variable),
- Un interrupteur,
- Un ampèremètre
- Un électrolyseur contenant une solution ionique (soude  $0,1\text{mol.L}^{-1}$ ).

## Manipulation

Réaliser le circuit série schématisé ci-dessous



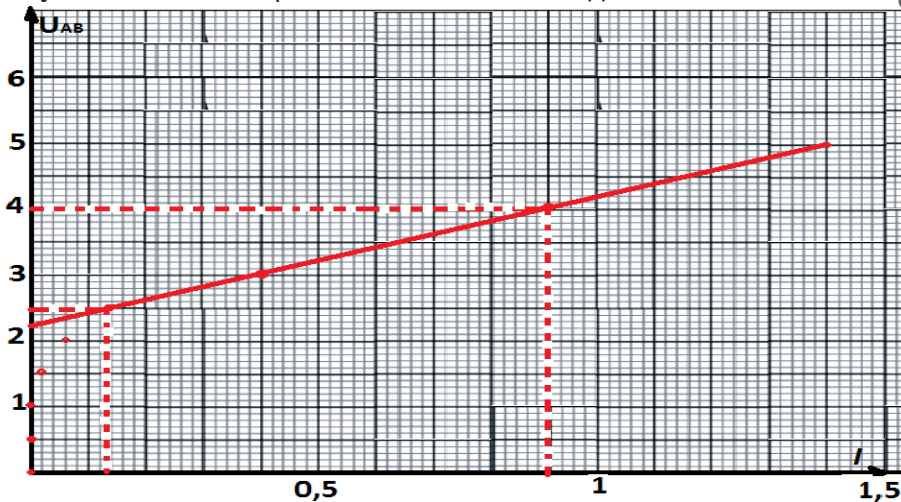
Faisons varier l'intensité  $I$  du courant dans le circuit, en déplaçant le curseur du rhéostat et noter dans un tableau les différentes valeurs des couples  $(I, U)$ , mesurés par le voltmètre et de l'ampèremètre.

## Résultats

Les résultats des mesures sont regroupés dans le tableau suivant :

$I(\text{A})$	0	0	0	0.02	0.06	0.14	0.4	0.9	1.4
$U(\text{V})$	0	0.5	1	1.5	2	2.5	3	4	5

Traçons la caractéristique intensité- tension  $U=f(I)$  :





## 2-Force contre électromotrice $E'$ et résistance interne $r'$ de l'électrolyseur.

La caractéristique représentant  $U_{AB} = f(I)$  est un segment de droite, de coefficient directeur positif qui ne passe par l'origine des axes.

$U_{AB}$  est une fonction affine de  $I$  de la forme :  $U_{AB} = aI + b$ .

### • Force contre électromotrice ou f.c.é.m $E'$ de l'électrolyseur

La droite coupe l'axe des tensions en un point d'ordonnée  $b = E' = 2,2 \text{ V}$ .

$E'$  est appelée force contre électromotrice (f.c.é.m).

### • La résistance interne $r'$ de l'électrolyseur

Le coefficient directeur  $a$  de cette droite est homogène à une résistance appelée résistance interne de l'électrolyseur.

Choisissons deux points de la droite  $A \begin{cases} I_A = 0,14 \\ U_A = 2,5 \end{cases}$  et  $B \begin{cases} I_B = 0,9 \\ U_B = 4 \end{cases}$

Nous avons  $U_A = aI_A + E'$  et  $U_B = aI_B + E'$  donc  $U_B - U_A = a(I_B - I_A)$

Soit  $a = \frac{U_B - U_A}{(I_B - I_A)}$  faisons l'application numérique  $a = \frac{4 - 2,5}{0,9 - 0,14} = 2 = r'$

Nous en déduisons que la tension aux bornes de l'électrolyseur  $U_{AB}$  est une fonction affine de  $I$  tel que :  $U_{AB} = E' + r'I$

$U_{AB}$  : tension (V)

$E'$  : f.c.é.m. (V)

$r'$  : résistance interne ( $\Omega$ )

$I$  : intensité (A)

Conclusion : La loi d'Ohm pour un électrolyseur.

Dans la convention récepteur, la loi d'Ohm pour un électrolyseur est :  $U = E' + r'I$

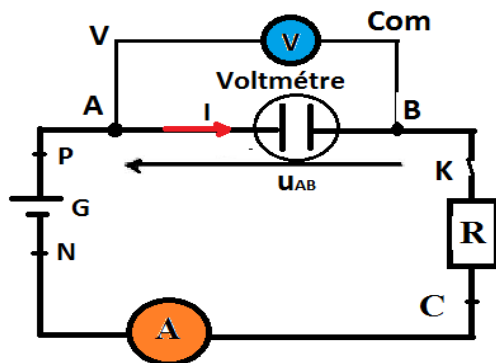
## VI-LOI DE POUILLET

Réalisons le circuit de la figure ci-dessous comprenant

-un générateur ( $E, r$ )

-un électrolyseur ( $E', r'$ )

-un conducteur ohmique de résistance  $R$ .



Les tensions aux bornes des différents dipôles ne pouvant plus être les mêmes, il n'est plus possible de superposer leurs caractéristiques pour trouver un point d'intersection et connaître  $I$ .

La méthode analytique est la seule utilisable dans ce cas, les trois dipôles étant linéaires.

On applique la **loi d'Ohm** pour chacun des dipôles successivement :

Pour un générateur on a :  $U_{PN} = E - r \cdot I$

Pour le récepteur actif on a :  $U_{AB} = E' + r' \cdot I$

Pour le récepteur passif on a :  $U_{BC} = R.I$

On applique la loi d'additivité des tensions :  $U_{PN} = U_{AB} + U_{BC}$

En remplaçant on aura :  $E - r.I = E' + r'.I + R.I$

En regroupant les termes :  $E - E' = (r + r' + R)I$  d'où l'intensité :  $I = \frac{E - E'}{r + r' + R}$

La relation  $I = \frac{E - E'}{r + r' + R}$  est l'expression d'une loi, dite Loi de Pouillet, qui régit les circuits électriques constitués uniquement de dipôles linéaires associés en série.

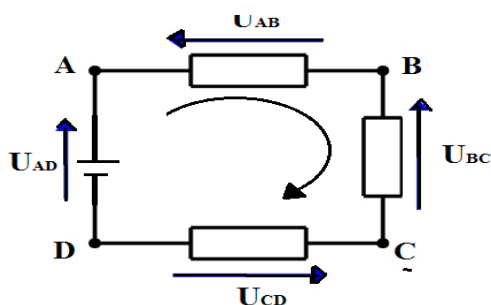
## Enoncé de la loi de Pouillet:

Dans un circuit en série comportant  $n$  générateurs,  $m$  récepteurs et  $k$  conducteurs ohmiques, l'intensité du courant  $I$  est égale au quotient de la somme des f.é.m. des différents générateurs diminuée de la somme des f.c.é.m. des différents récepteurs actifs par la somme des résistances de tous les dipôles :

$$I = \frac{(E_1 + E_2 + \dots + E_n) - (E'_1 + E'_2 + \dots + E'_m)}{(r_1 + r_2 + \dots + r_m) + (r'_1 + r'_2 + \dots + r'_m) + R_1 + R_2 + \dots + R_k} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i - \sum_{j=1}^m E'_j}{\sum_{k=1}^p r_k}$$

## VII-LOIS DES MAILLES

On définit une maille comme étant un ensemble de branches d'un circuit qui forme une boucle. Dans une maille, la somme algébrique des tensions le long de la maille est constamment nulle. Cette loi découle de la définition de la tension comme différence de potentiel entre deux points. La tension entre **A** et **B** est  $U_{AB} = V_A - V_B$  ou  $V_A$  et  $V_B$  étant les potentiels respectifs aux points A et B.

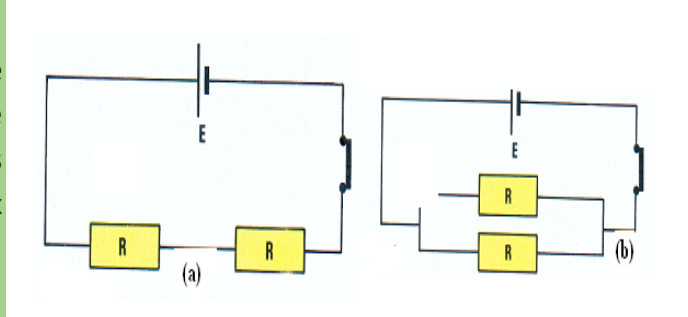


En additionnant toutes les tensions d'une maille et en se servant de cette définition, on obtient un résultat nul :  $U_{AB} + U_{BC} + U_{CD} + U_{AD} = 0$  Ceci est dû au fait qu'en parcourant la totalité d'une maille, on retourne au point de départ, donc on retrouve le potentiel de départ, la différence de potentiel de la maille est ainsi nulle.

## Exercices résolus

### Exercice 1 :

On associe au même générateur de force électromotrice  $E$  et de résistance interne négligeable deux conducteurs ohmiques identiques de résistance  $R$  dans les deux montages ci-dessous ( fig (a) et (b) )



1) Déterminer l'intensité du courant qui traverse le générateur dans les deux cas.

2) Déterminer la tension aux bornes du générateur dans les deux cas

3) Quelle est la tension aux bornes de chacun des dipôles dans le cas (a) et (b)

4) Quelle est l'intensité qui traverse chacun des conducteurs ohmiques dans le cas (b) . On donne  $E = 24V$ ,  $R = 500\Omega$

### Solution

fig (a)

$$I = \frac{E}{R + R} \Rightarrow I = \frac{E}{2R} \quad \text{A.N } I = \frac{24}{2 \cdot 500} = 0,024 \text{ A}$$

fig(b)

$$I = \frac{E}{R_{\text{eq}}} \quad R_{\text{eq}} = \frac{R^2}{2R} \Rightarrow R_{\text{eq}} = \frac{R}{2} \quad \text{A.N : } R_{\text{eq}} = \frac{500}{2} = 250\Omega$$

$$I = \frac{24}{250} = 0,096 \text{ A}$$

2) fig (a)  $U = E$  A.N:  $U = 24V$

fig (b)  $U = E$  A.N:  $U = 24V$

3)

fig (a)  $2U_R = 24 \Rightarrow U_R = 12V$

fig(b)  $U = 24V$

$$I = I_1 + I_2 \text{ Or } I_1 = I_2 \Rightarrow I = 2I_1$$

4)  $I_1 = I_2 = \frac{I}{2}$  A.N:  $I_1 = \frac{0,096}{2} = 0,048 \text{ A}$

# Essentiel

-Dans une solution conductrice

La caractéristique intensité-tension d'un générateur linéaire  $U_{PN} = f(I)$  est une portion de droite de coefficient directeur  $-r$  et d'ordonnée à l'origine  $E$ .

La loi de fonctionnement d'un générateur est:  $U_{PN} = E - rI$

$U_{PN}$  : tension entre ses bornes en volt(V)

$E$  : sa force électromotrice (f.e.m) ou sa tension à vide en volt(V).

$r$  : sa résistance interne en Ohm( $\Omega$ )

$I$  : intensité du courant en Ampère(A)

Dans la convention réceptrice, la loi d'Ohm pour un générateur est:  $U_{AB} = E' + r'I$

$U_{AB}$  : tension entre ses bornes (V)

$E'$  : f.c.é.m. en(V)

$r'$  : résistance interne en( $\Omega$ )

$I$  : intensité en(A)

L'ensemble des valeurs de l'intensité et des tensions aux bornes des dipôles déterminent le point de fonctionnement d'un circuit

L'intensité du court - circuit :  $I_{cc} = \frac{E}{r}$

La loi de Pouillet:

Dans un circuit en série comportant  $n$  générateurs,  $m$  récepteurs et  $k$  conducteurs ohmiques, l'intensité du courant  $I$  est égale au quotient de la somme des f.é.m. des différents générateurs diminuée de la somme des f.c.é.m. des différents récepteurs actifs par la somme des résistances de tous les dipôles

$$I = \frac{(E_1 + E_2 + \dots + E_n) - (E'_1 + E'_2 + \dots + E'_m)}{(r_1 + r_2 + \dots + r_m) + (r'_1 + r'_2 + \dots + r'_m) + R_1 + R_2 + \dots + R_k} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i - \sum_{j=1}^m E'_j}{\sum_{k=1}^p r_k}$$

La loi des mailles :

Dans un circuit fermé comprenant plusieurs dipôles en série, on montre que les tensions entre leurs bornes respectives  $U_1, U_2, \dots, U_n$  dans un sens donné vérifient

la relation :  $U_1 + U_2 + \dots + U_n = 0$

# Exercices

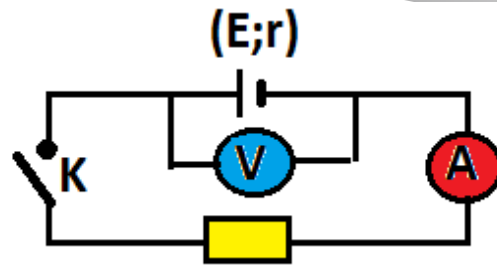
## Exercice 1

Concédons le montage ci-contre; le générateur est une pile de résistance  $r$  et de f.e.m.  $E$ . Le voltmètre et l'ampèremètre ne perturbent pas la mesure.

K ouvert on lit  $U = 4,6V$

K fermé on lit  $U = 4,1V$  et  $I = 0,3A$ .

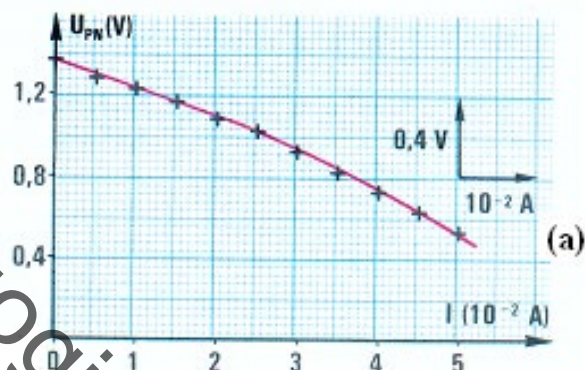
Déterminer la résistance interne de la pile, la résistance  $R$  du conducteur ohmique et la f.e.m. de la pile



## Exercice 2

La caractéristique d'une pile de montre est représentée sur la figure (a).

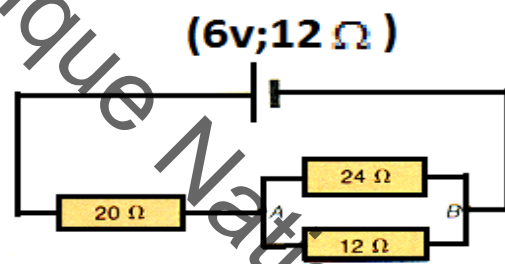
- 1) Quel est son domaine normal d'utilisation ?
- 2) Quelle est sa force électromotrice ?
- 3) Quelle est sa résistance interne ?



## Exercice 3

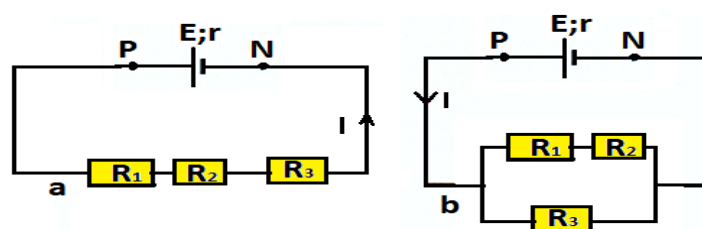
Dans le circuit schématisé ci-dessous, Déterminer :

- 1) l'intensité du courant qui traverse le générateur
- 2) la tension  $U_{AB}$  et les intensités dans chaque conducteur ohmique.



## Exercice 4

On dispose de trois conducteurs ohmiques de résistances  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  que l'on associe successivement à un générateur de force électromotrice  $E$  et de résistance interne  $r$  dans les circuits représentés sur les figures (a) et (b).



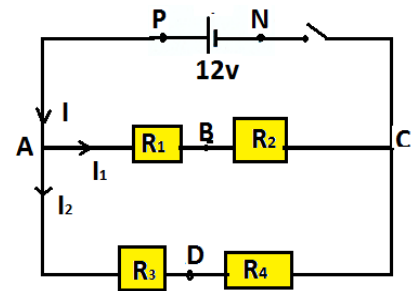
- 1) Déterminer dans chaque cas le dipôle équivalent aux trois conducteurs ohmiques.
- 2) Quel est dans chaque cas le point de fonctionnement du circuit.

Données numériques.  $E = 1,08V$ ,  $r = 25 \Omega$  ;  $R_1 = 2 \Omega$  ;  $R_2 = 5 \Omega$  et  $R_3 = 10 \Omega$

### Exercice 5

On considère le montage du schéma suivant. La pile a une force électromotrice de 12V et une résistance interne négligeable. Calculer les intensités  $I$ ,  $I_1$ ,  $I_2$  ainsi que les tensions  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$  et  $U_4$  aux bornes respectivement de  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  et  $R_4$ .

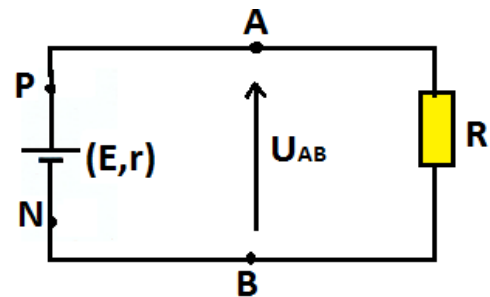
Données numériques :  $R_1 = 2,5 \Omega$  ;  $R_2 = 12,5 \Omega$ ,  $R_3 = 20 \Omega$  et  $R_4 = 5 \Omega$



### Exercice 6

$E = 12 V$  ;  $r = 2 \Omega$  ;  $R = 22 \Omega$

1. Dessiner le schéma équivalent en faisant apparaître les différents éléments du générateur.
2. Flécher le sens réel du courant et toutes les tensions du circuit.
3. Ecrire la loi des mailles, puis en déduire l'expression littérale de  $I$ . application numérique.
4. En déduire  $U_{AB}$ . (expression littérale de  $I$ . application numérique.)



### Exercice 7

Un générateur linéaire débite un courant de 200 mA sous une tension  $U_{AB} = 4 V$ , et un courant de 800 mA sous une tension  $U_{AB} = 1 V$ .

1. Déterminer sa f.e.m  $E$ , sa résistance interne  $r$ , ainsi que son courant de court-circuit  $I_{cc}$ .
2. Ecrire son équation  $U_{AB} = f(I)$  et la représenter graphiquement.
3. Quelle résistance faut t'il connecter aux bornes du générateur pour que celui-ci débite une intensité de 0,5 A ?
4. Déterminer graphiquement, puis algébriquement le point de fonctionnement du système lorsque le générateur est connecte a une résistance  $R = 7,5 \Omega$ .

### Exercice 8

On branche un voltmètre aux bornes d'un dipôle. L'appareil indique 1,5 V.

1. Quelle est la nature du dipôle ?

2. A quoi correspond l'indication du voltmètre ?

**Exercice9**

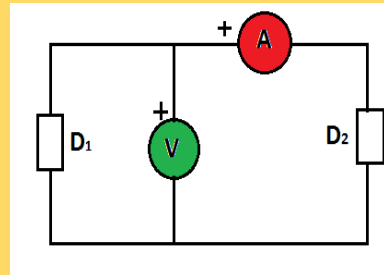
On associe un dipôle actif et un dipôle passif. L'ampèremètre indique 0,5 A.

1. Peut-on en déduire la nature de chaque dipôle ?

On lit maintenant le voltmètre : il indique - 12 V.

2. Quel est le dipôle générateur ? Quel est le dipôle récepteur ?

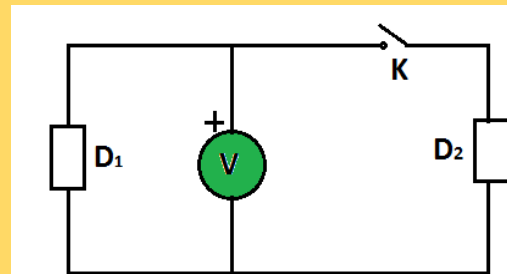
3. Repérer par les signes + et - les bornes du dipôle actif.



**Exercice10**

Lorsque l'interrupteur est ouvert, le voltmètre indique 12 V. Lorsque l'interrupteur est fermé, le voltmètre indique 13 V.

Quelle est la nature (active ou passive) et le fonctionnement (générateur ou récepteur) de chaque dipôle ?



**Exercice11**

La tension mesurée aux bornes d'un générateur à vide est  $E_0 = 36$  V. Lorsqu'il débite dans une charge un courant d'intensité  $I = 5$  A, la tension baisse et devient  $U = 35$  V

1-Donner la relation liant  $U$ ,  $E_0$ ,  $I$  et la résistance interne  $r$ .

2-Calculer la résistance interne  $r$  du générateur.

On branche aux bornes du générateur une résistance  $R$ .

Elle est traversée par un courant  $I = 10$  A.

1-Donner le schéma de montage.

2-Calculer la tension  $U$  aux bornes de  $R$ .

3-En déduire la valeur de  $R$ .

**Exercice12**

Le tableau ci-dessous donne les résultats du relevé de la caractéristique d'une génératrice à courant continu.

I (A)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
U (V)	20	19,8	19,5	19,3	19	18,8	18,5	18,3

Donner le montage permettant de relever ces points.

Tracer la caractéristique  $U = f(I)$ .

Quel type de dipôle est cette génératrice ?

La génératrice débite dans une résistance  $R = 200$  ohms.. Faire un schéma du montage.

En déduire le point de fonctionnement suivant les 2 méthodes connues.

2. A quoi correspond l'indication du voltmètre ?

### Exercice9

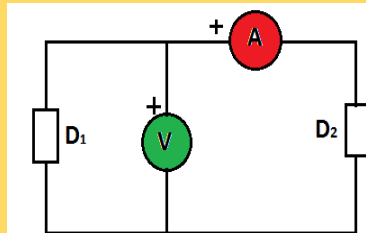
On associe un dipôle actif et un dipôle passif. L'ampèremètre indique 0,5 A.

1. Peut-on en déduire la nature de chaque dipôle ?

On lit maintenant le voltmètre : il indique – 12 V.

2. Quel est le dipôle générateur ? Quel est le dipôle récepteur ?

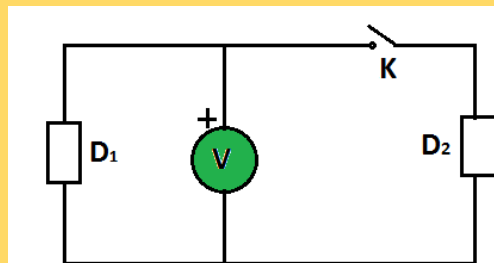
3. Repérer par les signes + et – les bornes du dipôle actif.



### Exercice10

Lorsque l'interrupteur est ouvert, le voltmètre indique 12 V. Lorsque l'interrupteur est fermé, le voltmètre indique 13 V.

Quelle est la nature (active ou passive) et le fonctionnement (générateur ou récepteur) de chaque dipôle ?



### Exercice11

La tension mesurée aux bornes d'un générateur à vide est  $E_0 = 36$  V. Lorsqu'il débite dans une charge un courant d'intensité  $I = 5$  A, la tension baisse et devient  $U = 35$  V

1-Donner la relation liant  $U$ ,  $E_0$ ,  $I$  et la résistance interne  $r$ .

2-Calculer la résistance interne  $r$  du générateur.

On branche aux bornes du générateur une résistance  $R$ .

Elle est traversée par un courant  $I = 10$  A.

1-Donner le schéma de montage.

2-Calculer la tension  $U$  aux bornes de  $R$ .

3-En déduire la valeur de  $R$ .

### Exercice12

Le tableau ci-dessous donne les résultats du relevé de la caractéristique d'une génératrice à courant continu.

$I$ (A)	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$U$ (V)	20	19,8	19,5	19,3	19	18,8	18,5	18,3

Donner le montage permettant de relever ces points.

Tracer la caractéristique  $U = f(I)$ .

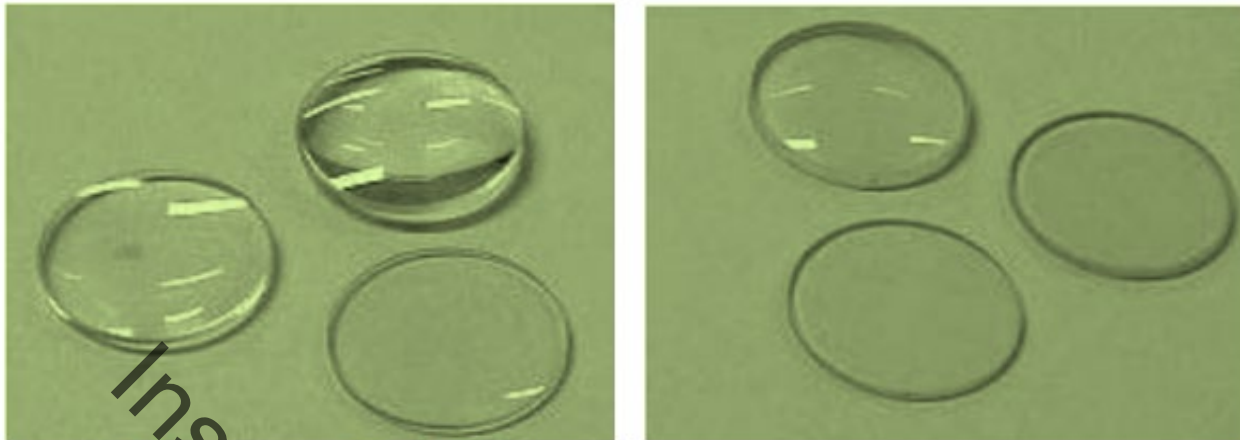
Quel type de dipôle est cette génératrice ?

La génératrice débite dans une résistance  $R = 200$  ohms.. Faire un schéma du montage.

En déduire le point de fonctionnement suivant les 2 méthodes connues.



## CHAPITRE VIII : LENTILLES MINCES



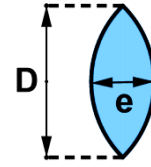
### Objectifs

- ✓ Classer les lentilles en lentilles convergentes et lentilles divergentes.
- ✓ Déterminer graphiquement la position de l'image d'un objet, donnée par une lentille.
- ✓ Appliquer la relation de conjugaison des lentilles minces.

# I- GENERALITES SUR LES LENTILLES

## 1-Définition

Une lentille est un milieu transparent en verre ou en plastique limité par deux dioptries sphériques ou par un dioptré sphérique et un dioptré plan. Lorsque l'épaisseur  $e$  de la lentille en son centre est petite par rapport à son diamètre  $D$ , elle est dite lentille mince.



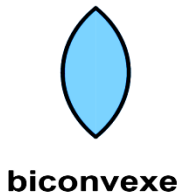
Plusieurs instruments optiques : loupe, lunette astronomique, objectif photographique, microscope;... s'obtiennent par l'association plus ou moins complexe de lentilles. Les verres correcteurs des lunettes portées par de nombreuses personnes sont aussi des lentilles. Ces lentilles permettent d'obtenir des images d'objets éloignés, proches, petits ou grands.

## 2- Les types des lentilles minces

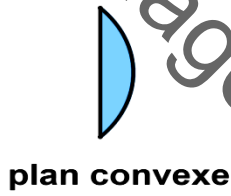
Il existe deux sortes de lentilles minces :

- Lentilles convergentes : ce sont des lentilles dont le centre est plus épais que les bords

### Lentilles convergentes



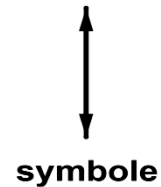
biconvexe



plan convexe



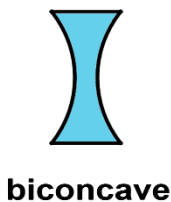
Ménisque convergent



symbole

- lentilles divergentes : ce sont des lentilles dont les bords sont plus épais que le centre

### Lentilles divergentes



biconcave



plan concave



ménisque divergent



symbole

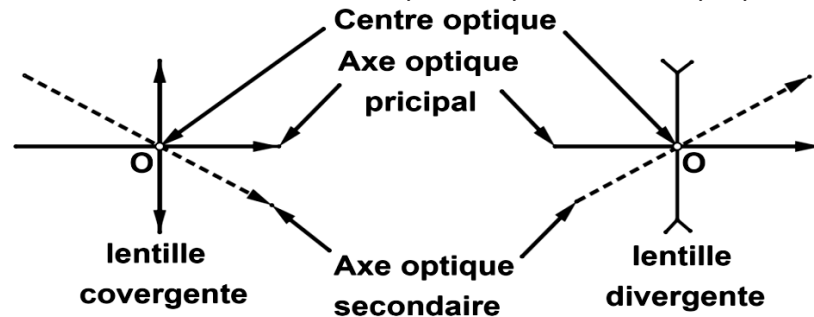
## 3- Propriétés des lentilles

### 3-1- Centre optique et axes optiques d'une lentille

- **Centre optique** : Toute lentille possède un centre optique  $O$ . Tout rayon passant par le centre  $O$  de la lentille n'est pas dévié.

- **L'axe optique**

- L'axe optique principal : C'est l'axe joignant les centres de courbures des faces de la lentille.  
Par convention l'origine de l'axe optique est le centre optique de la lentille et l'axe est dirigé de la gauche vers la droite
- L'axe optique secondaire : C'est toute autre droite passant par le centre optique de la lentille

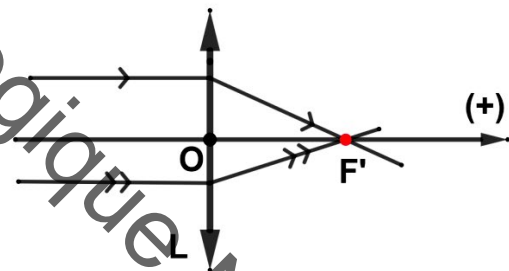
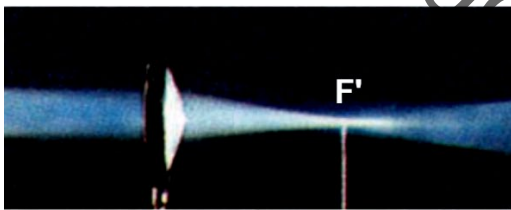


### 3-2- Foyers et plans focaux d'une lentille

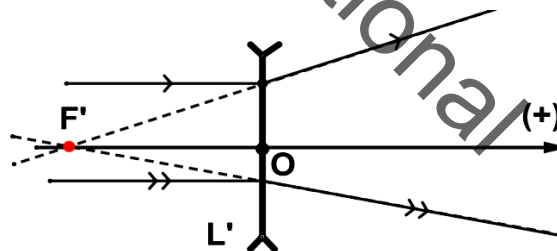
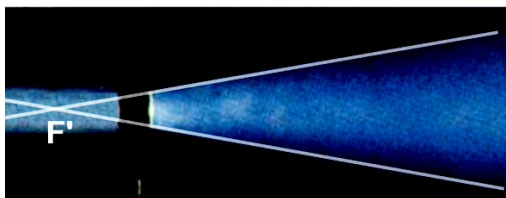
- **Foyer image et plan focal image**

#### Expérience

- On éclaire une lentille (L) convergente avec un faisceau lumineux parallèle à son axe optique principal. Le faisceau lumineux émergent converge vers un point  $F'$ , située sur l'axe optique principal de la lentille.  $F'$  est appelé foyer principal image.

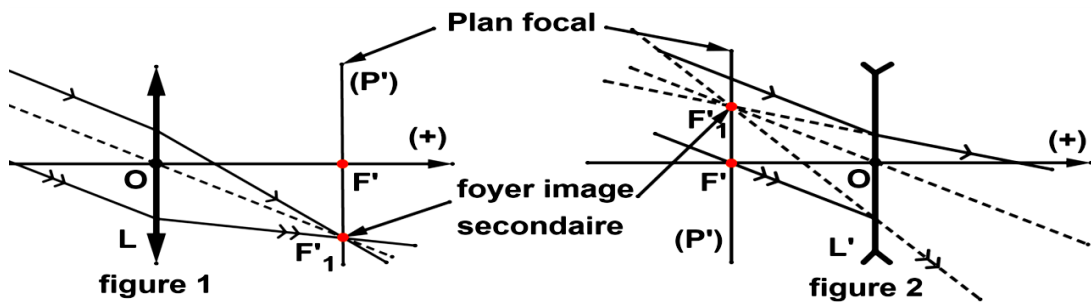


- On éclaire une lentille (L') divergente avec un faisceau lumineux parallèle à son axe optique principal. Le faisceau lumineux émergent semble provenir d'un point  $F'$  située sur l'axe optique principal de la lentille.  $F'$  est appelé foyer principal image

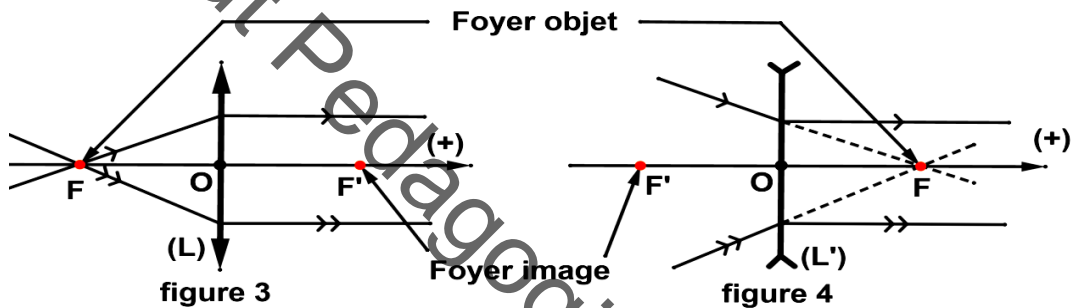


Le plan perpendiculaire à l'axe optique d'une lentille et passant par le foyer image principal  $F'$  est appelé plan focal image ( $P'$ ). Chaque point de ce plan constitue un foyer image secondaire. Les rayons incidents parallèlement à un axe optique secondaire d'une lentille convergente se convergent vers un foyer image secondaire (figure 1).

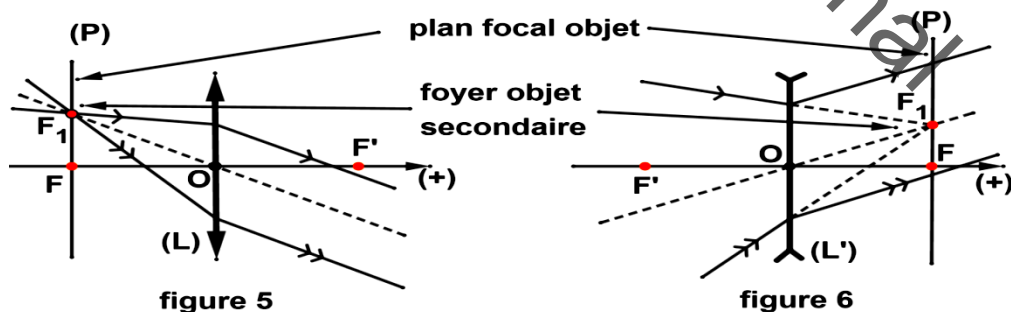
Les rayons incidents parallèlement à un axe optique secondaire d'une lentille divergente émergent de la lentille en semblant provenir d'un foyer image secondaire (figure 2).



- Foyer objet et plan focal objet
  - On éclaire la lentille convergente (L) par une source ponctuelle placée en un point  $F$  de l'axe principal, symétrique de  $F'$  par rapport au centre optique de la lentille. Le faisceau émerge parallèlement à l'axe principal (figure 3).  $F$  est appelé foyer objet principal.
  - On éclaire la lentille divergente ( $L'$ ) par un faisceau de lumière dont les prolongements des rayons convergent en un point  $F$  de l'axe principal, symétrique de  $F'$  par rapport au centre optique de la lentille. Le faisceau émerge parallèlement à l'axe principal (figure 4).  $F$  est le foyer objet principal



Le plan perpendiculaire à l'axe optique d'une lentille et passant par le foyer objet principal  $F$  est appelé plan focal objet ( $P$ ). Chaque point de ce plan constitue un foyer objet secondaire. Les rayons incidents passant par un foyer objet secondaire d'une lentille convergente émergent parallèlement à l'axe optique secondaire passant par ce foyer secondaire (figure 5). Les prolongements des rayons incidents qui émergent parallèlement à un axe optique secondaire d'une lentille divergente se convergent vers un foyer objet secondaire se trouvant sur l'axe secondaire (figure 6).



### 3 - 3 Distance focale et vergence d'une lentille

- **Distance focale** : On appelle distance focale  $f$  d'une lentille, la grandeur scalaire correspondant à la distance qui sépare le centre optique de la lentille et son foyer principal image  $F'$ . Alors  $f' = \overline{OF'}$ , elle s'exprime en mètre (m)  
La distance focale est positive pour les lentilles convergentes car  $OF'$  est comptée positive et elle est négative pour les lentilles divergentes car  $OF'$  est comptée négative.

$$C = \frac{1}{f'}$$

- Vergence : La vergence  $C$  d'une lentille est définie par la relation :  
 $C$  s'exprime en *dioptries* de symbole (δ).

**Remarque** : la vergence s'appelle aussi la convergence.

## II- IMAGES ET OBJETS

### 1- Généralités

#### 1-1- Qu'est-ce qu'un objet ?

On appelle objet ponctuel le point d'intersection des rayons incidents où de leur prolongement.

Un objet est réel si tous les rayons qui lui parviennent sont réels (il n'est pas nécessaire de les prolonger jusqu'à l'objet).

Si un objet **A** est réel, le faisceau incident issu de celui-ci est divergent et de ce fait (un objet réel est situé à gauche de la lentille).

Un objet est virtuel si au moins un des rayons qui lui parviennent est virtuel (il est nécessaire de le prolonger jusqu'à l'objet).

Si un objet **A** est virtuel, le faisceau incident issu de celui-ci est convergent et de ce fait (un objet virtuel est situé à droite de la lentille).

#### 1-2- Qu'est-ce qu'une image ?

On appelle image ponctuelle le point d'intersection des rayons émergents où de leur prolongement.

Une image est réelle si tous les rayons qui lui parviennent sont réels (il n'est pas nécessaire de les prolonger jusqu'à l'image).

Si une image **A'** est réelle, le faisceau émergent converge vers l'image et de ce fait (une image réelle est située à droite de la lentille).

Une image est virtuelle si au moins un des rayons qui lui parviennent est virtuel (il est nécessaire de le prolonger jusqu'à l'image).

Si une image  $A'$  est virtuelle, le faisceau émergent diverge à partir de l'image et de ce fait (une image virtuelle est située à gauche de la lentille)

### 1-3- Qualité des images

Les lentilles présentent des défauts (aberrations géométriques, aberrations chromatiques). Pour obtenir des images de bonne qualité, on doit se placer dans les conditions de Gauss.

### 1-4- Conditions de Gauss

- Le faisceau doit traverser la lentille au voisinage du centre optique.
- Les rayons incidents doivent faire un angle faible avec l'axe optique de la lentille.

Pour réaliser ces conditions, il faut :

- ✓ Diaphragmer la lentille.
- ✓ Observer des objets de petite dimension au voisinage du centre optique.

## 2- Construction de l'image d'un objet ponctuel situé sur l'axe

Pour construire l'image  $A'$  d'un objet ponctuel  $A$  situant sur l'axe principal on construit le point de concours de deux rayons émergents provenant de cet objet ou de leurs prolongement

### 2-1- Objet réel

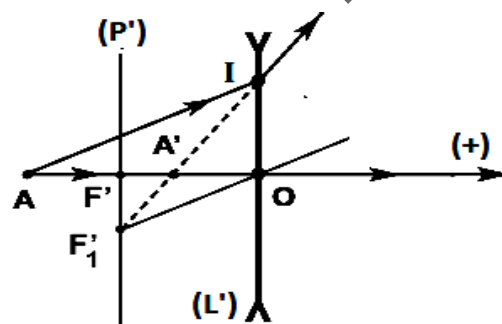
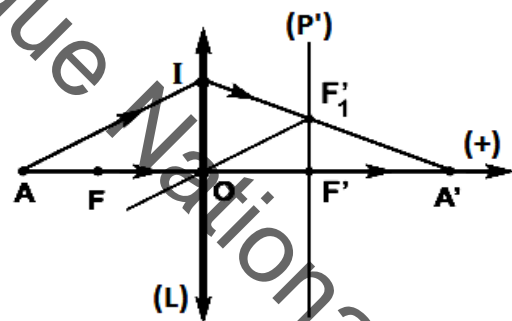
Un objet est réel s'il se trouve dans le demi-espace d'incidence de la lentille (à gauche de la lentille). C'est le point de concours des rayons incidents.

- Pour une lentille convergente (figure ci-contre)
  - ✓ le rayon incident ( $AO$ ), ne subissant pas de déviation (passe par le centre optique)
  - ✓ Le rayon incident ( $AI$ ), parallèle à l'axe secondaire ( $OF'_1$ ), émerge de sorte que le rayon sortant passe par le foyer secondaire image  $F'_1$ .

$A'$ , point de concours des deux rayons émergents est un point image réelle de  $A$

- Pour une lentille divergente (figure ci-contre)
  - ✓ le rayon incident ( $AO$ ), ne subissant pas de déviation (passe par le centre optique)
  - ✓ Le rayon incident ( $AI$ ), parallèle à l'axe secondaire ( $OF'_1$ ), émerge de sorte que le rayon sortant passe par le foyer secondaire image  $F'_1$ .

$A'$ , point de concours des prolongements des rayons émergents est un point image virtuelle de  $A$

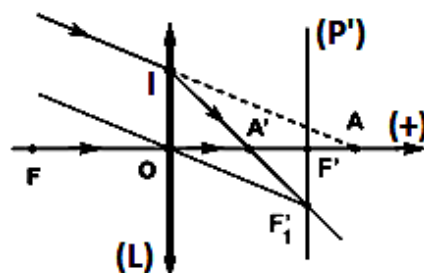




## 2-2- Objet virtuel

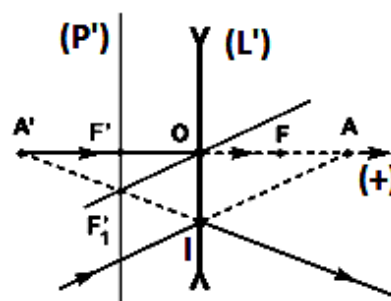
Un objet est virtuel s'il se trouve dans le demi-espace d'émergence de la lentille (à droite de la lentille). C'est le point de concours des prolongements des rayons incidents.

- Pour une lentille convergente (figure ci-contre)
  - ✓ L'objet virtuel **A** est au point de concours des prolongements de deux rayons incidents :  
le rayon incident porté par l'axe principal qui ne subit pas de déviation
  - ✓ le rayon incident en **I** parallèlement à l'axe secondaire (**OF'<sub>1</sub>**), qui émerge selon la direction (**IF'<sub>1</sub>**).



Le point **A'**, point de concours des rayons émergents (**IF'<sub>1</sub>**) et (**OF'**) est un point image réelle de **A**

- Pour une lentille divergente (figure ci-contre)
  - ✓ L'objet virtuel **A** est au point de concours des prolongements de deux rayons incidents :  
le rayon incident porté par l'axe principal qui ne subit pas de déviation
  - ✓ le rayon incident en **I** parallèlement à l'axe secondaire (**OF'<sub>1</sub>**), qui émerge selon la direction (**IF'<sub>1</sub>**).



Le point **A'**, point de concours des rayons émergents (**IF'<sub>1</sub>**) et (**OF'**) est un point image virtuelle de **A**

## 3- Construction de l'image d'un objet étendu

Pour construire l'image **A'B'** d'un objet **AB** plan perpendiculaire à l'axe optique principal, on utilise le fait que son image est plane et lui est parallèle. En particulier, si **A** se trouve sur l'axe, il suffit de construire **B'**. **A'** est la projection orthogonale de **B'** sur l'axe optique principal.

- Pour une lentille convergente, on trace la marche de deux rayons issus de **B** parmi les trois rayons particuliers (rayon passant par le centre optique, rayon incident parallèlement à l'axe optique et rayon incident passant par le foyer principal objet)
- Pour une lentille divergente, on trace la marche du rayon incident parallèlement à l'axe principal et de celui qui passe par le centre optique.

### 3-1- Objet réel

Un objet lumineux en forme de **F** est placé à une distance **d** d'une lentille (**L**) de distance focale **f** connue.

Pour certaines valeurs de la distance **d**, une lentille convergente donne de cet objet une image réelle, recueillie sur un écran placé convenablement dans le demi-espace d'émergence de la lentille.

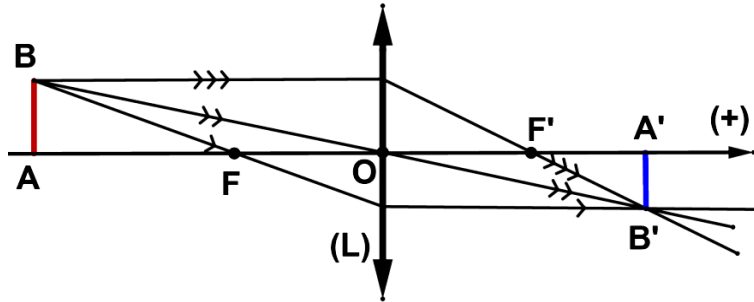
Une lentille divergente donne de même objet une image virtuelle qui se forme dans le demi-espace d'incidence de la lentille ; elle est observée par l'œil en regardant à travers la lentille.

❖ Construction de l'image donnée par une lentille convergente d'un objet réel étendu  
Selon la distance entre l'objet et le centre optique de la lentille, on peut visualiser les cas suivants :

- Distance  $d = OA > 2OF$

L'image  $A'B'$  est :

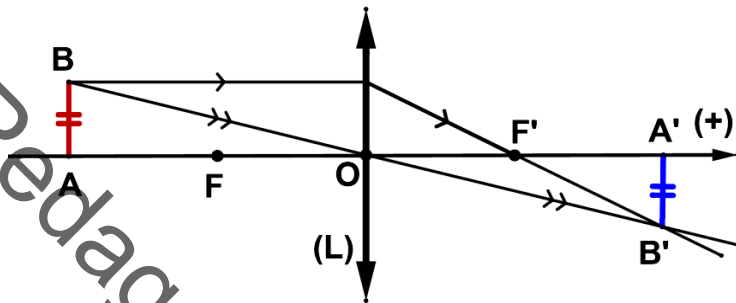
- réelle
- renversée
- de taille plus petite que la taille de l'objet  $AB$
- peut être observée sur un écran placé en  $A'$



- Distance  $d = OA = 2OF$

L'image  $A'B'$  est :

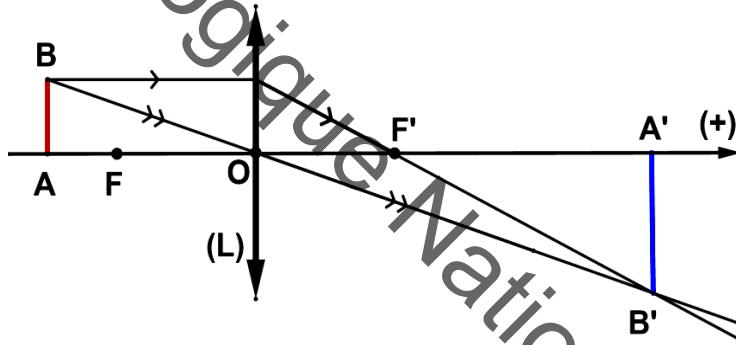
- réelle
- renversée
- de taille égale à la taille de l'objet  $AB$
- peut être observée sur un écran placé en  $A'$



- Distance  $d = OF < OA < 2OF$

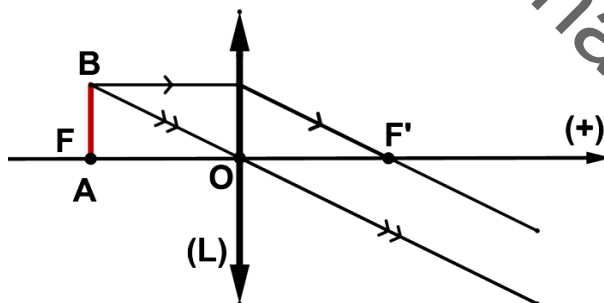
L'image  $A'B'$  est :

- réelle
- renversée
- de taille plus grande que la taille de l'objet  $AB$
- peut être observée sur un écran placé en  $A'$



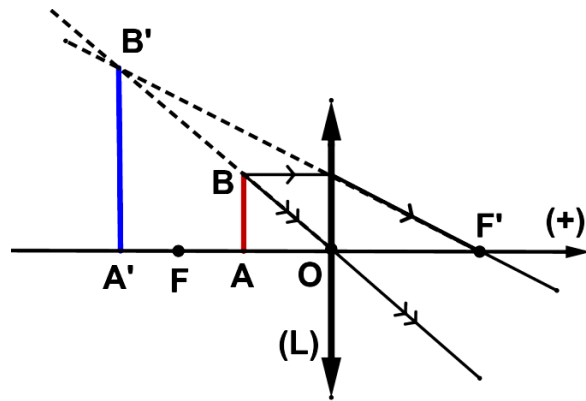
- Distance  $d = OA = OF$

L'image  $A'B'$  se forme à l'infini donc elle n'est pas observable



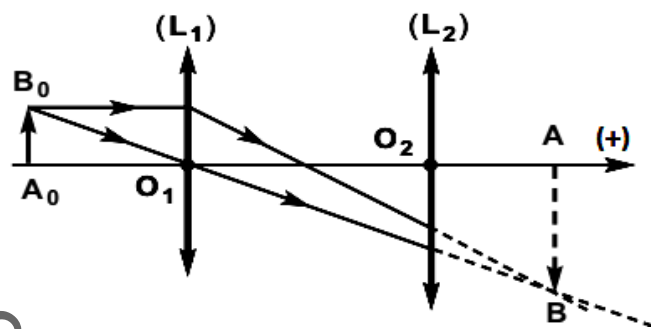


- Distance  $d = OA < OF$   
L'image  $A'B'$  est :
  - virtuelle
  - droite
  - de taille plus grande que la taille de l'objet  $AB$
  - ne peut pas être observée sur un écran mais elle peut être observée par l'œil en regardant à travers la lentille



- ❖ Construction de l'image donnée par une lentille divergente d'un objet réel étendu  
Quelque soit la distance  $d = OA$ , l'image

- $A'B'$  est :
- virtuelle
  - droite
  - de taille plus petite que la taille de l'objet  $AB$
  - ne peut pas être observée sur un écran mais elle peut être observée par l'œil en regardant à travers la lentille

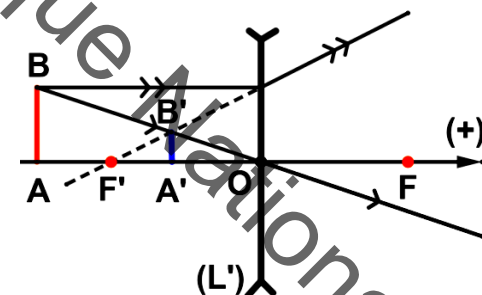


### 3-2- Objet virtuel

Comment obtenir un objet virtuel ?

Une lentille ( $L_1$ ) donne d'un objet réel ( $A_0B_0$ ) une image réelle ( $AB$ ).

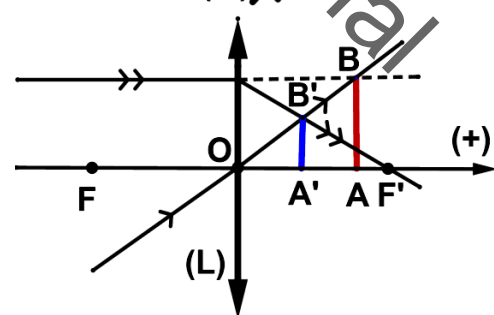
( $AB$ ) est un objet virtuel pour une lentille ( $L_2$ ) placée entre ( $L_1$ ) et ( $AB$ )



- ❖ Construction de l'image donnée par une lentille convergente d'un objet virtuel étendu

Quelque soit la distance entre l'objet virtuel et la lentille convergente elle donne de cet objet une image réelle, droite et plus petite que l'objet.

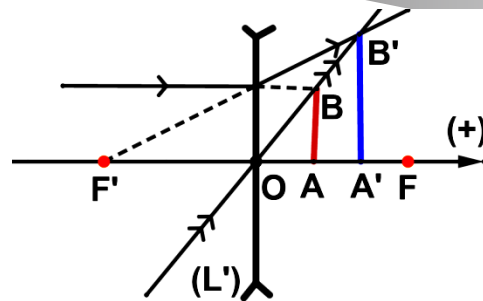
Figure ci-contre



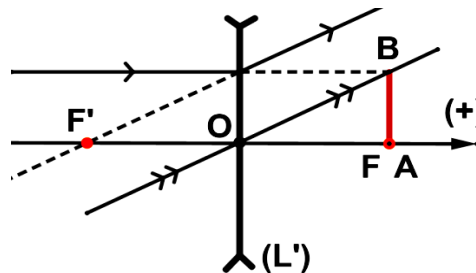
- ❖ Construction de l'image donnée par une lentille divergente d'un objet virtuel étendu

Selon la distance d'un objet virtuel et une lentille divergente on peut visualiser les cas suivants :

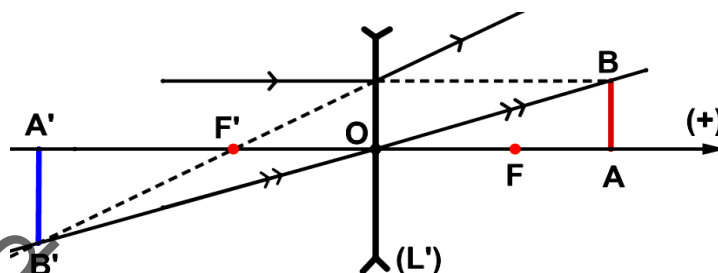
- Distance  $d = OA < OF$   
L'image  $A'B'$  est :
  - réelle
  - droite
  - plus petite que l'objet  $AB$



- Distance  $d = OA = OF$   
L'image  $A'B'$  se forme à l'infini donc pas d'image



- Distance  $d = OA > OF$   
L'image  $A'B'$  est :
  - virtuelle
  - renversée
  - plus grande que l'objet  $AB$



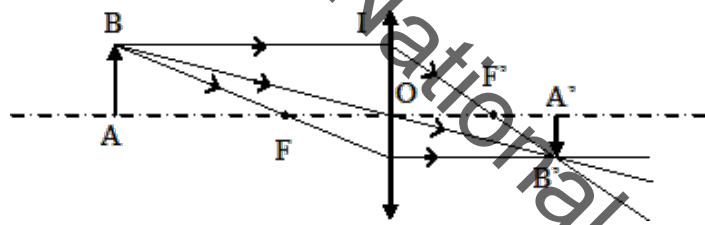
### III- RELATIONS DE CONJUGAISON ET DE GRANDISSEMENT

#### 1- Relation de conjugaison

Soit une lentille de centre optique  $O$ ,  $AB$  un objet plan perpendiculaire à l'axe principal et  $A'B'$  son image donnée par la lentille.

Les points  $A$  et  $A'$  sont situés sur l'axe principal.

Les deux triangles  $F'A'B'$  et  $F'OI$  sont rectangles et ont un angle aigu commun ; ils sont donc



$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{OI}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}} \quad \text{Or } \overline{OI} = \overline{AB}, \text{ donc } \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{F'A'}}{\overline{F'O}} \dots\dots\dots(1)$$

semblables. Ce donne :

De même, les triangles  $OA'B'$  et  $OAB$  sont rectangles et ont un angle aigu commun ; ils sont

$$\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \dots\dots\dots(2)$$

donc semblables. Ce qui donne:

$$\frac{\overline{F'A'}}{\overline{FO}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

par identification de (1) et (2) on trouve :

D'autre part  $\overline{F'A'} = \overline{OA'} - \overline{OF'}$  et  $\overline{F'O} = -\overline{OF'}$

$$\frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{OA'} - \overline{OF'}}{-\overline{OF'}} \Rightarrow \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = -\frac{\overline{OA'}}{\overline{OF'}} + 1$$

Ce qui implique :

$$\text{En divisant par } \overline{OA'}, \text{ on trouve : } \frac{1}{\overline{OA}} = -\frac{1}{\overline{OF'}} + \frac{1}{\overline{OA'}} . \text{ Ce qui permet d'écrire } \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'}} .$$

Cette relation est appelée la relation de conjugaison de la lentille.

## 2- Grandissement

Pour caractériser une image **A'B'** donnée par une lentille d'un objet **AB** par rapport à cet objet,

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$$

on introduit le grandissement

Les deux triangles **OAB** et **OA'B'** sont rectangles et ont un angle aigu commun ; ils sont donc

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$$

semblables. Ce qui donne :

- Si  $\gamma > 0$  ; l'image est droite (même sens que l'objet).
- Si  $\gamma < 0$  ; l'image est renversée (objet et image de même sens).
- Si  $|\gamma| > 0$  ; l'image est plus grande que l'objet.
- Si  $|\gamma| < 0$  ; l'image est plus petite que l'objet.

## 3- Association de deux lentilles minces accolées

L'utilisation d'associations de lentilles minces accolées ou non est fréquente lorsqu'il s'agit d'atténuer les aberrations ou d'augmenter une convergence (oculaires).

Nous considérerons dans cette association que les lentilles **L<sub>1</sub>** et **L<sub>2</sub>** sont amenées aussi près que le permet leur géométrie et qu'ainsi l'épaisseur résultante totale est faible. On admettra alors que les centres optiques des lentilles sont confondus et que l'ensemble est équivalent à une lentille mince unique de centre optique **O**.

Pour un objet **AB**, la lentille **L<sub>1</sub>** donne une image **A<sub>1</sub>B<sub>1</sub>** qui constitue un objet pour la lentille **L<sub>2</sub>**. La lentille **L<sub>2</sub>** donne l'image définitive **A'B'**

- Pour déterminer la vergence de la lentille équivalente on applique les formules des lentilles minces à chacune des lentilles **L<sub>1</sub>** et **L<sub>2</sub>** :

$$\text{➤ Pour la lentille } L_1 : \frac{1}{\overline{OA_1}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'_1}} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{➤ Pour la lentille } L_2 : \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA_1}} = \frac{1}{\overline{OF'_2}} \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OF'_1}} + \frac{1}{\overline{OF'_2}} \dots\dots\dots(3)$$

En additionnant (1) à (2) terme par terme on trouve :

➤ Pour la lentille L :  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$  .....(4)

En identifiant les relations (3) et (4) on trouve :  $\frac{1}{OF'} = \frac{1}{OF'_1} + \frac{1}{OF'_2}$ .

Ce qui permet d'en déduire que  $C = C_1 + C_2$  (formule de Gullstrand)

La vergence d'un système de deux lentilles minces accolées est la somme des vergences de chacune des lentilles minces constituant le système.

- Pour déterminer le grandissement du système formé par les deux lentilles L<sub>1</sub> et L<sub>2</sub> on utilise les formules de grandissement pour chacune des lentilles minces et on montre :

➤ Pour la lentille L<sub>1</sub> :  $\gamma_1 = \frac{\overline{OA_1}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}}$  .....(5)

➤ Pour la lentille L<sub>2</sub> :  $\gamma_2 = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA_1}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}}$  .....(6)

$$\gamma_1 \cdot \gamma_2 = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \gamma$$

En multipliant (5) par (6) terme par terme on trouve :

Le grandissement linéaire du système des deux lentilles minces accolées est égal au produit des grandissements linéaires de chacune des lentilles minces.  $\gamma = \gamma_1 \cdot \gamma_2$

## IV- APPLICATIONS

### 1- Correction des anomalies de la vision

#### 1-1- Description simplifiée de l'œil

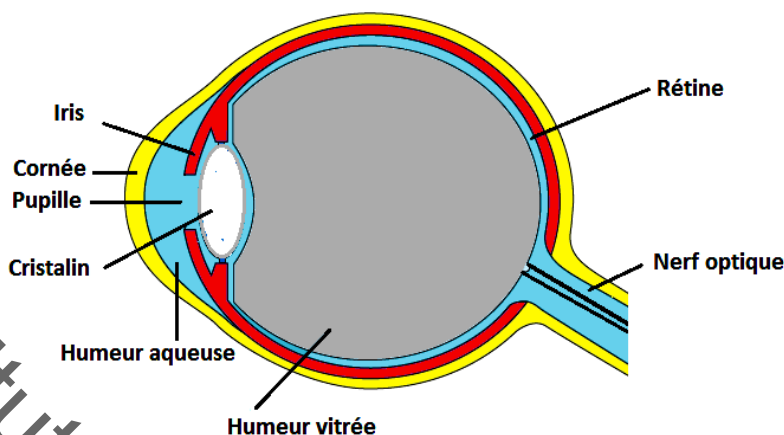
L'œil est un globe d'un diamètre de l'ordre de **2,5cm** ; il comprend :

- la cornée : c'est une membrane transparente, elle est directement en contact avec l'air ambiant ;
- l'humeur aqueuse : c'est un liquide transparent ; avec l'humeur vitrée, elle maintient la pression et donc la forme du globe oculaire ;
- l'iris : c'est un diaphragme qui permet de faire varier la quantité de lumière qui pénètre dans l'œil ;
- le cristallin : c'est la lentille de l'œil ; il s'agit d'une lentille convergente souple, maintenue par des ligaments (zonules) qui sont liés à des muscles (corps ciliaire) ;
- le corps ciliaire : c'est un muscle qui permet de modifier la courbure du cristallin afin d'obtenir un objectif à distance focale variable ;
- l'humeur vitrée (corps vitré) : c'est un corps gélatineux et transparent dont l'indice est égal à **1,336** ; il maintient la rétine contre les parois de l'œil ;
- la rétine : c'est une membrane nerveuse tapissant le fond de l'œil ; épaisse de quelques dixièmes de millimètre, d'une surface voisine de quelques centimètres carrés, elle est

constituée de plus de 130 millions de cellules nerveuses et transforme la lumière en signaux électriques qui sont acheminés par le nerf optique vers le cerveau ;

- la pupille : c'est l'orifice central de l'iris.

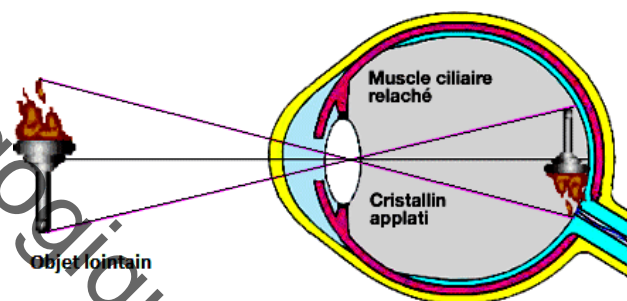
La lumière pénètre dans l'œil par la cornée, traverse l'humeur aqueuse, le cristallin et l'humeur vitrée. La convergence de l'œil est donc assurée à la fois par le cristallin, la cornée et l'humeur vitrée.



### 1-2- Vision des objets et accommodation

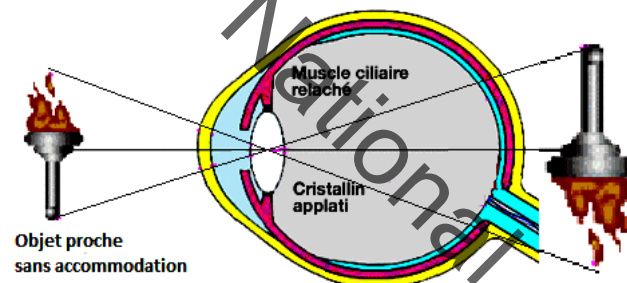
#### • OBJET TRES ELOIGNE

Pour un œil normal, lorsque l'objet observé est à l'infini (très éloigné de l'œil), le corps ciliaire (qui est une muscle) est relâché, le cristallin est peu bombé (aplati) donc peu convergent. L'image de l'objet se forme exactement sur la rétine. L'œil est dit au repos, il n'y a pas de fatigue.

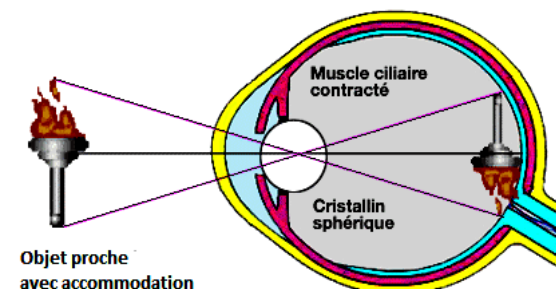


#### • OBJET RAPPROCHE

En regardant un objet rapproché par l'œil au repos (la convergence de l'œil n'est pas modifiée), l'image se forme alors derrière la lentille et l'objet observé paraît flou. Or l'œil a la faculté de modifier à volonté sa vergence afin que l'image se forme sur la rétine.



Cette faculté s'appelle l'accommodation. Pendant l'accommodation, le cristallin est soumis à la pression des ligaments qui le rattachent au corps ciliaire. Il change de forme et sa courbure augmente, il devient plus convergent. L'image de l'objet se forme sur la rétine.

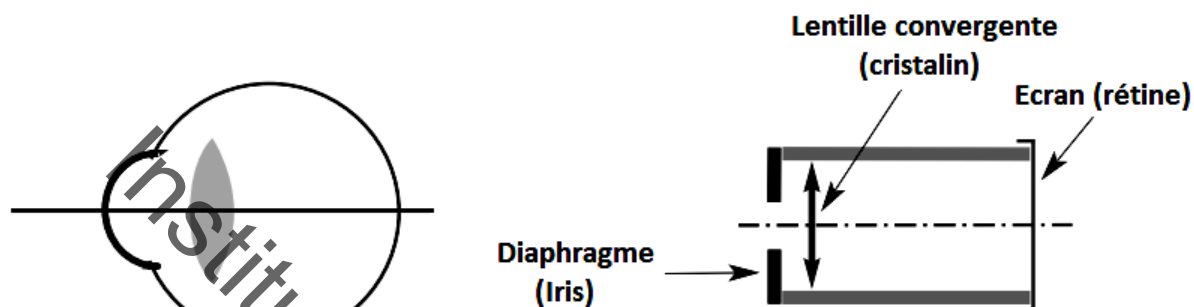


L'accommodation prolongée provoque la fatigue.

### 1-3- Modélisation de l'œil

Pour l'étude de la formation des images et pour la compréhension des anomalies visuelles, on modélise (représente) l'œil par un œil réduit.

Dans ce modèle l'ensemble des milieux transparents de l'œil est assimilé à un système optique simple constitué d'une lentille convergente de distance focale variable, et d'un écran sphérique ou plan (la rétine) à distance fixe de cette lentille



### 1-4- Défauts de l'œil

Un œil peut voir nettement des objets situés dans un domaine de vision limité par deux positions extrêmes appelées respectivement le punctum proximum (**P.P**) et le punctum remotum (**P.R**) .

Le punctum proximum **P.P** correspond à la position la plus proche de l'objet pour laquelle la vision est nette ; le punctum remotum **P.R** correspond à la position la plus éloignée de l'objet pour laquelle la vision est nette

Pour un œil normal :

- le **P.R.** est rejeté à l'infini, sans accommodation ; l'image d'un objet éloigné (à l'infini) se forme sur la rétine.
- le **P.P.** est situé à environ **25 cm** de l'œil.

S'il n'en est pas ainsi, l'œil présente les défauts de myopie, d'hypermétropie ou de presbytie ; ils peuvent être corrigés par des lunettes de vue ou des lentilles de contact.

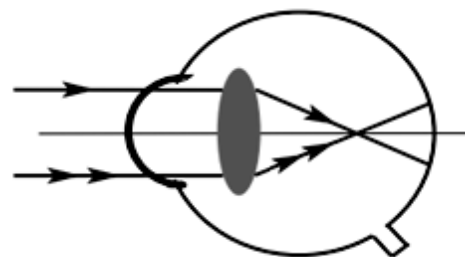
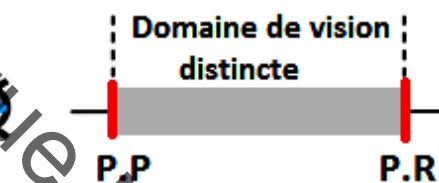
#### • LA MYOPIE

Un myope voit flou les objets éloignés car son œil est trop convergent (l'image d'un objet éloigné se forme en avant de la rétine).

Ce défaut est dû essentiellement à un allongement du globe oculaire suivant l'axe principal.

La position de son punctum remotum n'est plus à l'infini.

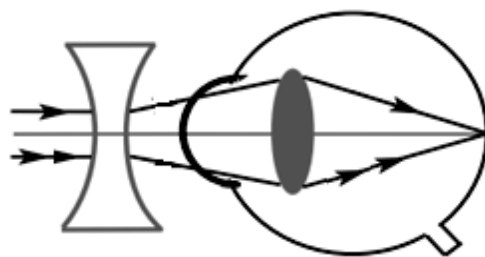
Pour une myopie moyenne, le **P.R** est voisin de **30 cm** et le **P.P** est situé très près de l'œil.



Corriger la myopie revient à rejeter le **P.R** à l'infini. Pour cela un verre correcteur divergent est placé en avant de l'œil.

L'œil corrigé devient moins convergent et l'image d'un objet à l'infini se forme sur la rétine, ce qui correspond à une vision de loin nette.

A cause de la correction, il faut accommoder davantage en vision de près. Un myope retire ses lunettes pour lire avec moins de fatigue.

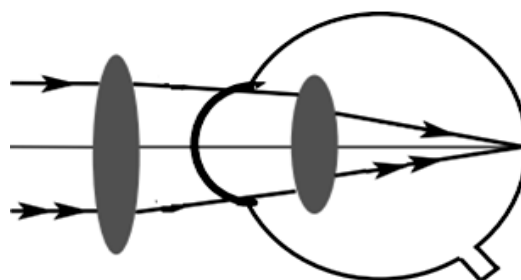
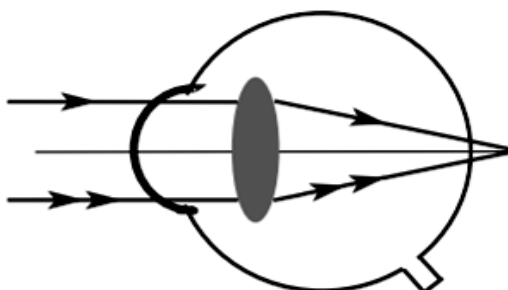


- **L'HYPERMÉTROPIE**

L'hypermétropie est une anomalie de l'œil dans laquelle l'image d'un objet éloigné se forme en arrière de la rétine. L'œil n'est pas assez convergent (il est trop court), son **P.R** est en arrière de l'œil (il est virtuel) et son **P.P** est plus grand que pour un œil normal.

Pour corriger l'hypermétropie, un verre correcteur convergent (lentille de contact ou lunettes de vue) est placé devant l'œil.

La vergence du système {verre correcteur + œil hypermétrope} doit permettre de voir net un objet situé à l'infini (l'image se forme sur la rétine).



- **LA PRESBYTIE**

Avec le temps, le cristallin devient beaucoup moins souple ; il perd progressivement sa capacité à modifier sa courbure. L'accommodation est alors moins efficace, la vision d'objets très rapprochés n'est plus possible.

Ce vieillissement du cristallin, inévitable, et qui survient généralement entre quarante et cinquante ans, porte le nom de presbytie.

La correction de la presbytie est simple, puisque le cristallin n'est plus assez convergent pour la vision rapprochée, il suffit de porter des verres correcteurs convergents pour la lecture par exemple. Cette correction est proche de celle utilisée dans le cas d'un œil hypermétrope, à ceci près qu'elle concerne la vision rapprochée et non pas la vision éloignée.



## 2- La loupe

Une loupe est un instrument d'optique constitué d'une lentille convergente de courte distance focale (quelques centimètres) permettant d'obtenir d'un objet réel de petites dimensions une image virtuelle et droite, plus grande que l'objet. C'est l'instrument d'optique le plus simple qui permet d'augmenter le pouvoir séparateur de l'œil.

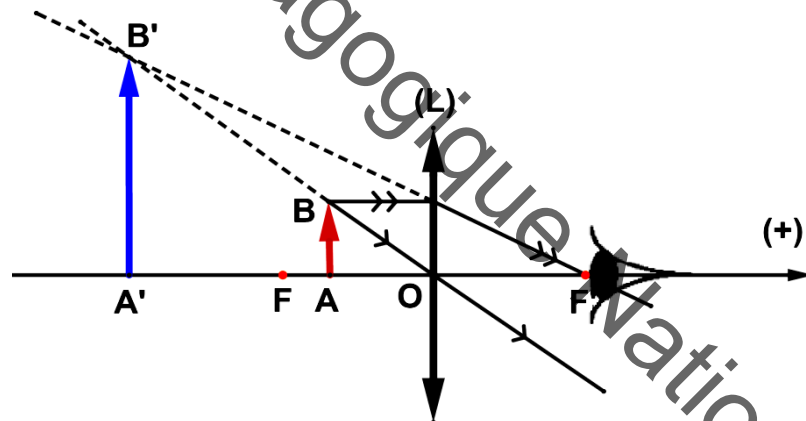
Les plus anciennes loupes retrouvées semblent être des cailloux de verre arrondis et soigneusement polis datant du XV<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Ils sont exposés au musée archéologique d'Héraklion, en Grèce.

Pour ce qui est de l'invention de la loupe comme objet d'optique avec des applications modernes, on l'attribue généralement à Roger Bacon qui était un savant anglais du XIII<sup>ème</sup> siècle (1214-1294). Il a été moine et a étudié la réflexion et la réfraction de la lumière. Il fut accusé de sorcellerie.



### 2-2- Formation de l'image

Pour un objet **AB** placé entre la loupe et son foyer objet **F**, se forme une image **A'B'** virtuelle, droite et plus grande que l'objet voir la figure ci-dessous



Pour un usage optimal de la loupe, l'œil doit travailler sans accommodation.

L'image virtuelle doit donc être vue à l'infini.

Si l'œil est normal (emmétrope) il faudra placer l'objet dans le plan focal objet pour que l'image se forme à l'infini et que l'œil puisse l'observer sans accommodation.

Nous pouvons dire que la loupe rend l'œil normal très fortement myope tout en lui permettant une vision sans accommodation

L'usage le plus efficace de la loupe pour un œil emmétrope consiste à placer dans la mesure du possible l'objet dans le plan focal objet et l'œil dans le plan focal image.

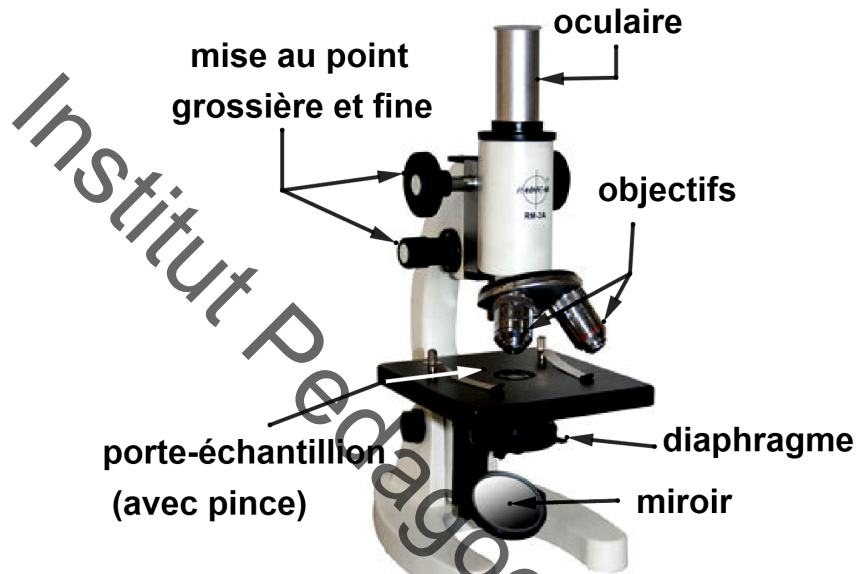


### 3- Le microscope

Le microscope est composé de deux systèmes optiques convergents :

- l'objectif, assimilable à une lentille convergente de courte distance focale (de l'ordre du millimètre) est placé près de l'objet ;
- l'oculaire, placé devant l'œil de l'observateur, est modélisé par une lentille convergente de courte distance focale (de l'ordre du centimètre).

Ces deux systèmes convergents (l'objectif et l'oculaire) sont maintenus à une distance constante l'un de l'autre. L'ensemble peut être déplacé à l'aide d'une vis de mise au point rapide et d'une vis micrométrique



#### 3-2- Modélisation du microscope.

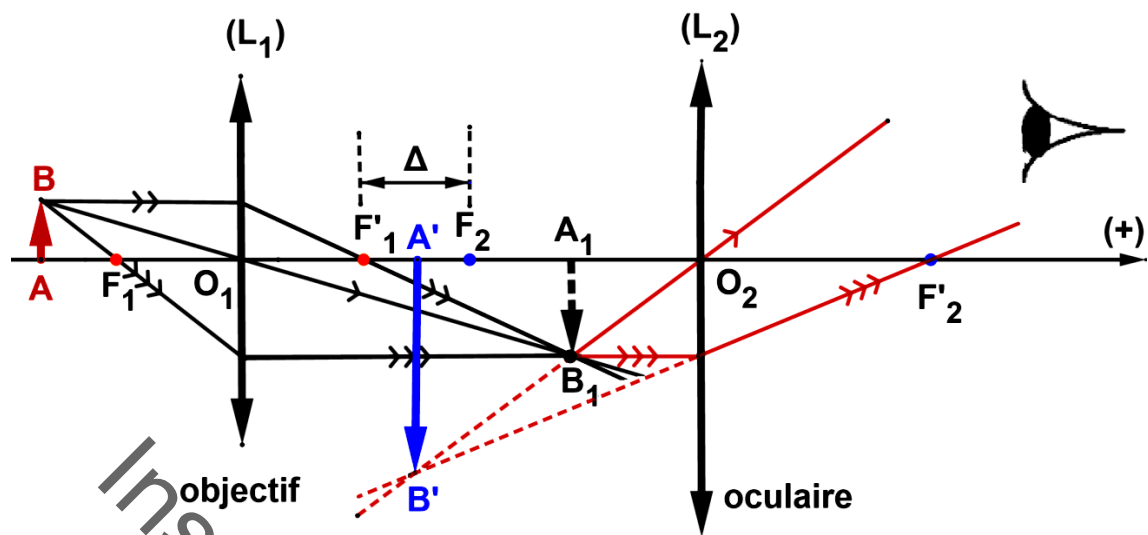
On modélise le microscope en considérant l'objectif et l'oculaire comme des lentilles convergentes.

La distance entre le foyer image  $F'_1$  de l'objectif et le foyer objet  $F_2$  de l'oculaire est appelée intervalle optique  $\Delta = \overline{F'_1 F_2}$ . Cet intervalle optique est de l'ordre de 16 à 18 cm.

#### 3-3- Formation des images

L'objectif  $L_1$  donne, de l'objet  $AB$ , une image intermédiaire  $A_1B_1$  réelle et renversée, proche de l'oculaire. On peut déterminer sa position par construction.

Cette image intermédiaire  $A_1B_1$  devient objet pour l'oculaire qui donne une image définitive  $A'B'$  virtuelle, renversée et agrandie.



En utilisation normale, sans accommodation pour l'œil, l'image définitive  $A'B'$  observée à travers l'oculaire doit être rejetée à l'infini.

L'image intermédiaire  $A_1B_1$  doit donc se trouver dans le plan focal objet de l'oculaire.

#### 4- Les lunettes astronomiques

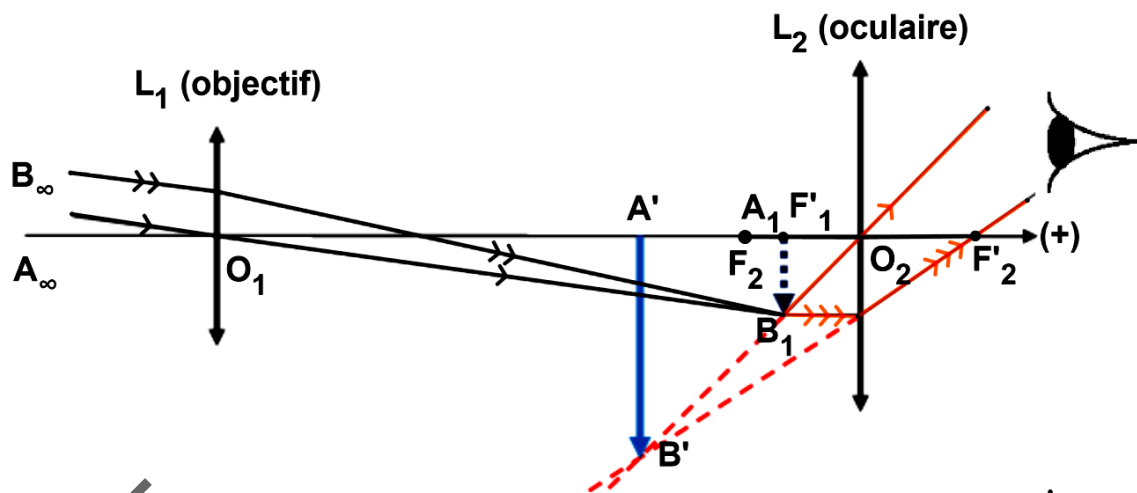
##### 4-1- Définition

Une lunette astronomique est un instrument optique qui permet d'observer des objets très éloignés en augmentant leur taille apparente et leur luminosité. Elle comporte deux systèmes optiques convergents de même axe, placés dans un long tube :

- Objectif : assimilable à une lentille mince convergente de grande distance focale et de grand diamètre appelée diamètre d'ouverture.
- Oculaire : lentille mince convergente de courte distance focale jouant le rôle de loupe dans l'observation de l'image donnée par l'objectif.

##### 4-2- Construction des images

- L'objet est situé à l'infini, par conséquent, l'objectif en donne une image intermédiaire située dans son plan focal image et renversée.
- L'oculaire, disposé de façon à ce que l'image intermédiaire formée par l'objectif soit située entre  $O_2$  et  $F_2$ , donne, de  $A_1B_1$ , une image  $A'B'$  droite par rapport à l'image intermédiaire (donc renversée par rapport à  $AB$ , que l'œil peut observer).  
On utilise les règles habituelles de construction

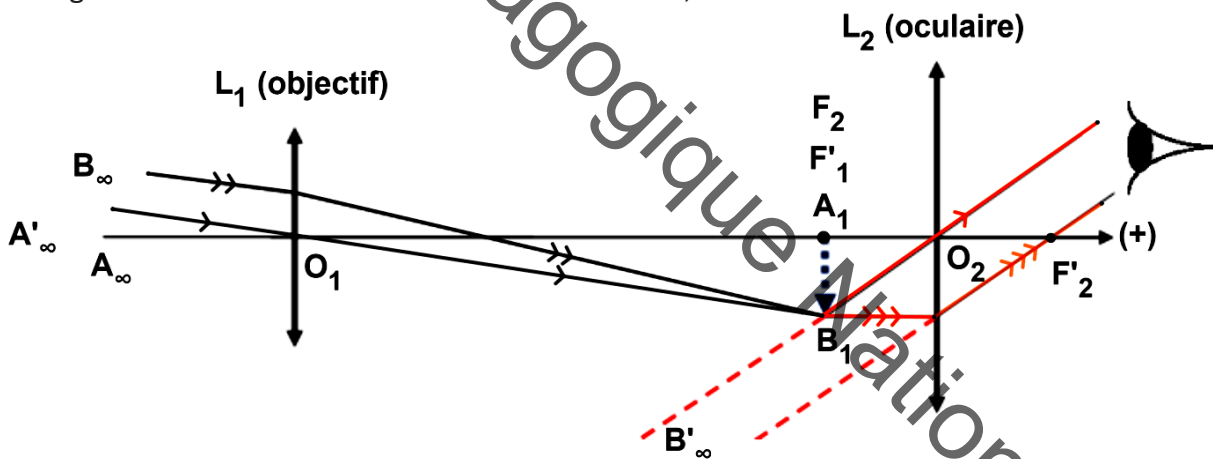


**Remarque :** pour que l'image finale  $A'B'$  se trouve dans les limites du champ de vision de l'observateur, on effectue une mise au point. On l'effectue en déplaçant l'oculaire par rapport à l'objectif.

#### 4-3- Cas particulier

Pour que l'œil observe sans fatigue, c'est-à-dire sans accommoder, il faut que l'image finale coïncide avec le punctum proximum qui se trouve à l'infini.

L'image finale est à l'infini si  $F'_1$  et  $F_2$  sont confondus, la lunette est alors afocale.

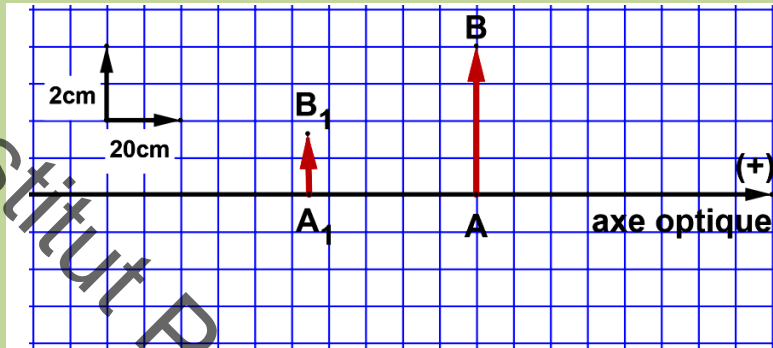


## Exercice résolu

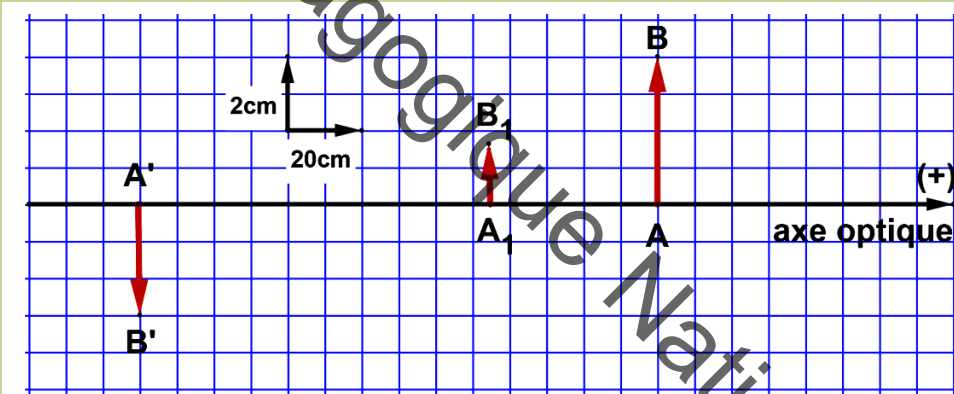
### Exercice 1

1- Une lentille ( $L_1$ ) donne d'un objet virtuel  $AB$ , une image  $A_1B_1$

Déterminer graphiquement la position du centre optique  $O_1$ , la nature (convergente ou divergente) et la vergence  $C_1$  de la lentille ( $L_1$ ).



2- Une deuxième lentille ( $L_2$ ) de centre optique  $O_2$  est accolée derrière ( $L_1$ ) (les deux axes principaux coïncident et les deux centres optiques  $O_1$  et  $O_2$  sont pratiquement confondus en un même point  $O$ ). De l'objet  $AB$ , le système formé par les deux lentilles accolées, donne l'image  $A'B'$



Déterminer graphiquement la nature (convergente ou divergente) et la vergence  $C_2$  de la lentille ( $L_2$ ).

## Solution

1-

- Le rayon incident passant par le centre optique  $O_1$  et B émerge sans déviation en passant par  $B_1$ .

Le centre optique  $O_1$  est alors le point d'intersection entre la droite  $(BB_1)$  et l'axe optique

- Le rayon incident parallèlement à l'axe optique dont le prolongement passe par B converge vers le foyer image principal  $F'_1$

D'après la construction, le foyer principal

image se met à droite par rapport à la lentille donc la lentille est convergente et  $\overline{O_1F'_1} = 60\text{cm}$

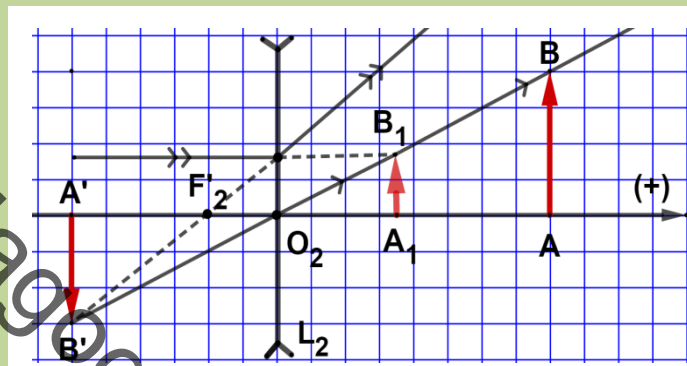
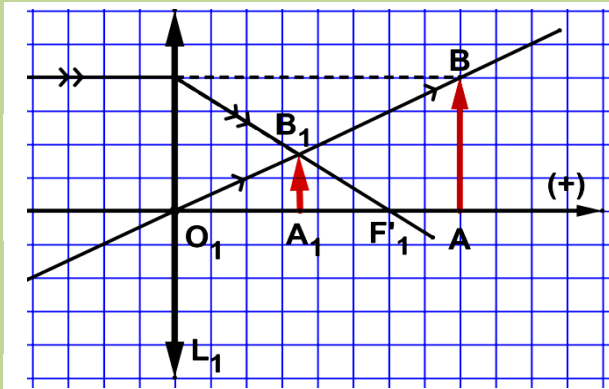
alors sa vergence est  $C_1 = 1,67\delta$

2-  $A'B'$  est l'image de  $AB$  à travers le système  $\{L_1, L_2\}$  et image de  $A_1B_1$  à travers la lentille  $L_2$ .

- Le rayon incident parallèlement à l'axe optique émerge de façon à ce que son prolongement passe par le foyer principal objet et passe par  $B_1$ .

D'après la construction  $F'_2$  se met à gauche par rapport à la lentille  $L_2$  alors

elle est divergente et  $\overline{O_2F'_2} = -20\text{cm}$  alors sa vergence  $C_2 = -5\delta$



## Exercice 2

On dispose de deux lentilles ( $L_1$ ) et ( $L_2$ ) accolées, de vergence respectives  $C_1 = 2,5 \delta$  et  $C_2 = -5 \delta$  et d'un objet  $AB$ . ( $(L_1)$  et ( $L_2$ ) ont le même axe optique et leurs centres optiques  $O_1$  et  $O_2$  sont confondus en un point  $O$ ).

D'un objet  $AB$ , virtuel, situé à  $1,2 \text{ m}$  de  $O$ , le système formé par les deux lentilles accolées, donne une image  $A'B'$  (On supposera que  $A$  est sur l'axe optique).

$$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$$

1- Etablir l'expression de la différence  $\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$  en fonction de  $C_1$  et  $C_2$ .

2- En déduire la position et la nature (réelle ou virtuelle) de l'image  $A'B'$  ainsi que le grandissement du système formé par les deux lentilles.

3- Déterminer graphiquement la vergence  $C$  de la lentille ( $L$ ) qui, placée au point  $O$ , donne de l'objet  $AB$  la même image  $A'B'$ .

4- Comparer  $C$  à  $C_1 + C_2$ . Conclure.

## Solution

1- De l'objet AB, la lentille  $L_1$  donne une image intermédiaire  $A_1B_1$  qui constitue un objet pour la lentille  $L_2$ . La lentille  $L_2$  donne l'image définitive  $A'B'$

Les relations de conjugaisons donnent :

➤ Pour la lentille  $L_1$  : 
$$\frac{1}{OA_1} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'_1} = C_1 \dots\dots\dots(1)$$

➤ Pour la lentille  $L_2$  : 
$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA_1} = \frac{1}{OF'_2} = C_2 \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'_1} + \frac{1}{OF'_2} = C_1 + C_2$$

En additionnant (1) à (2) terme par terme on trouve :

2- La position, la nature de l'image  $A'B'$  et le grandissement.

➤ La position de l'image  $A'B'$  :

$$\frac{1}{OA'} = C_1 + C_2 + \frac{1}{OA}$$

D'après la relation précédente on trouve :

$$\overline{OA'} = \frac{1}{C_1 + C_2 + \frac{1}{OA}}$$

Alors  $\overline{OA} = 1,2m$ . D'autre part, l'objet AB est virtuel alors  $\overline{OA} = -0,6m$ .

Ce qui donne  $\overline{OA'} = -0,6m$

➤ Nature de l'image  $A'B'$  :

$\overline{OA'} < 0$  alors l'image  $A'B'$  est virtuelle.

$$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{AB}$$

➤ Le grandissement du système formé par les deux lentilles

$$\gamma_1 = \frac{\overline{A_1B_1}}{AB} = \frac{\overline{OA_1}}{OA}$$

Le grandissement de la lentille  $L_1$  est

Le grandissement de la lentille  $L_2$  est

$$\gamma_2 = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA_1}}$$

Ce qui donne :  $\gamma_1 \cdot \gamma_2 = \frac{\overline{A'B'}}{AB} = \frac{\overline{OA'}}{OA} = \gamma$ . Ce qui

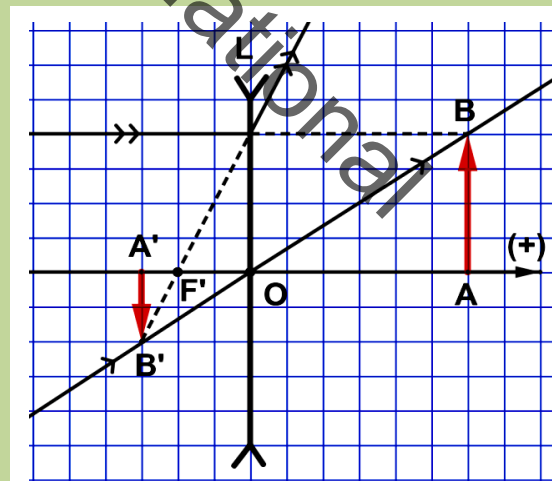
donne  $\gamma = -0,5 < 0$

L'image est alors renversée et de taille égale à la moitié de celle de l'objet.

3- On choisit, sur l'axe optique, l'échelle

**1 div  $\rightarrow$  0,2cm** et on tient compte que le rayon

incident parallèlement à l'axe optique dont le prolongement passe par B émerge de façon à ce que le prolongement du rayon émergent passe par le foyer principal image et passe par  $B'$ .



D'après la construction  $\overline{OF'} = -0,4\text{cm}$  alors la vergence de la lentille L est  $C = -2,5\delta$ .

Par comparaison on trouve que  $C = C_1 + C_2$ .

Conclusion : La lentille équivalente de deux lentilles  $L_1$  et  $L_2$  à une vergence égale à la somme de deux vergence des deux lentilles

### Exercice 3

Le système optique de l'œil est assimilable à une lentille convergente. La rétine se trouve à 17 mm du cristallin.

Lorsque l'œil est au repos, il voit des objets éloignés. On considère l'œil normal dans son domaine d'accommodation.

- 1- Où se trouve l'image quelle que soit la position de l'objet ?
- 2- Comment s'appelle la partie de l'œil modélisable par une lentille mince convergente ?
- 3- Quelle est la valeur de sa distance focale lorsque l'œil n'accomode pas ?
- 4- Calculer sa vergence
- 5- Pour observer un objet proche, l'œil doit accommoder, que cela signifie-t-il ?
- 6- Une personne voit nettement un objet situé à 15 cm de son œil. Calculer la distance focale de l'œil dans cette condition d'observation.

### Solution

1- En considérant que l'œil normal est dans son domaine d'accommodation. L'image se forme sur la rétine.

2- La partie de l'œil modélisable par une lentille mince convergente est Le cristallin.

3- Sans accommodation le sa distance focale de l'œil normal représente la distance cristallin-rétine soit  $f' = 17 \text{ mm}$ .

4- La vergence  $C = \frac{1}{f'} = 58,8\delta$ .

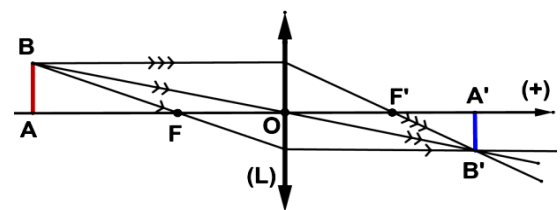
5- Pour observer un objet proche, l'œil doit accommoder, c.a.d que son cristallin se déforme pour augmenter sa vergence.

6- On applique la relation de conjugaison avec  $\overline{OA} = 17\text{mm}$  et  $\overline{OA'} = -150\text{mm}$

$\frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{f'}$ , ce qui donne :  $f' = 1,52 \cdot 10^{-2} \text{ m} = 15,2\text{mm}$

# Essentiel

- Il existe deux sortes de lentilles minces :
  - lentilles convergentes : ce sont des lentilles dont le centre est plus épais que les bords
  - lentilles divergentes : ce sont des lentilles dont les bords sont plus épais que le centre
- Toute lentille possède un centre optique O. Tout rayon incident passant par le centre O de la lentille n'est pas dévié.
- Toute lentille possède un axe optique principal qui est l'axe qui passe par le centre optique de la lentille et qui est perpendiculaire à celle-ci. toute autre droite passant par le centre optique est appelée axe optique secondaire
- Le foyer image principal :
  - pour une lentille convergente : c'est le point de l'axe optique vers lequel se convergent les rayons incidents arrivant parallèlement à l'axe optique
  - pour une lentille divergente : c'est le point de l'axe optique duquel semblent provenir les rayons émergents correspondants aux rayons incidents arrivant parallèlement à l'axe optique
  - Le plan perpendiculaire à l'axe optique d'une lentille et passant par son foyer image principal F' est appelé plan focal image (P'). Chaque point de ce plan constitue un foyer image secondaire.
- Le foyer objet principal :
  - pour une lentille convergente : c'est le point de l'axe optique duquel proviennent les rayons incidents correspondants aux rayons émergents parallèlement à l'axe optique
  - pour une lentille divergente : c'est le point de l'axe optique vers lequel se convergent les prolongements des rayons incidents correspondants aux rayons émergents parallèlement à l'axe optique
  - Le plan perpendiculaire à l'axe optique d'une lentille et passant par son foyer objet principal F est appelé plan focal objet (P). Chaque point de ce plan constitue un foyer objet secondaire.
  - Le plan perpendiculaire à l'axe optique d'une lentille et passant par le foyer objet principal F est appelé plan focal objet (P). Chaque point de ce plan constitue un foyer objet secondaire
- La distance focale d'une lentille est  $f' = \overline{OF'}$
- La vergence d'une lentille est  $C = \frac{1}{f'}$ . (unité dioptrie  $\delta$ ).
  - $C > 0 \rightarrow$  lentille convergente
  - $C < 0 \rightarrow$  lentille divergente
- Objets et images
  - Un objet est réel s'il est situé à gauche de la lentille si non il est alors virtuel
  - Une image est réelle si elle est située à droite de la lentille si non elle est alors virtuelle
- Construction de l'image A'B' d'un objet AB plan perpendiculaire à l'axe optique principal
  - Pour une lentille convergente, on trace la marche de deux rayons issus de B parmi les trois rayons particuliers (rayon passant par le centre optique, rayon incident parallèlement à l'axe optique et rayon incident passant par le foyer principal objet)





➤ Pour une lentille divergente, on trace la marche du rayon incident parallèlement à l'axe principal et de celui qui passe par le centre optique

• Une lentille convergente donne d'un objet :

- une image réelle et renversée si l'objet est réel et placé avant le plan focal image

- une image virtuelle et droite si l'objet est réel et placé entre le centre optique et le plan focal image

- une image réelle et droite si l'objet est virtuel.

• Une lentille divergente donne d'un objet une image réelle, si et seulement si, il est situé entre le centre optique et le plan focal objet.

• Si  $A'B'$  est l'image d'un objet  $AB$  donnée par une lentille de centre optique  $O$  ; ( $A$  et  $A'$  se situent sur l'axe optique) alors :

$$\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'} = C$$

➤ la relation  $\frac{1}{OA'} - \frac{1}{OA} = \frac{1}{OF'}$  est appelée relation de conjugaison

$$\gamma = \frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$$

➤ la grandeur  $\frac{A'B'}{AB} = \frac{OA'}{OA}$  est appelée grandissement

• L'œil est modélisé par une lentille convergente, la faculté de l'œil de former une image nette sur la rétine due à une modification de la courbure des faces de la pupille s'appelle l'accommodation.

• Un myope voit flou les objets éloignés car son œil est trop convergent (l'image d'un objet éloigné se forme en avant de la rétine).

Pour corriger la myopie, un verre correcteur divergent est placé en avant de l'œil.

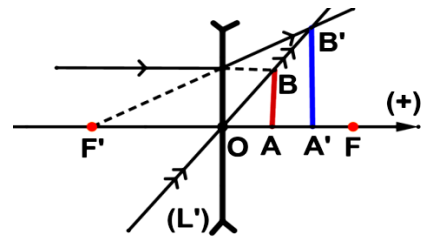
L'hypermétropie est une anomalie de l'œil dans laquelle l'image d'un objet éloigné se forme en arrière de la rétine. L'œil n'est pas assez convergent (il est trop court).

Pour corriger l'hypermétropie, un verre correcteur convergent est placé en avant de l'œil.

• Une loupe est un instrument d'optique constitué d'une lentille convergente de courte distance focale (quelques centimètres) permettant d'obtenir d'un objet réel de petites dimensions une image virtuelle et droite, plus grande que l'objet

• Le microscope est un instrument optique qui permet d'observer des objets très petit en augmentant leur taille apparente. Il est composé de deux systèmes optiques convergents « l'objectif et l'oculaire ». On modélise le microscope en considérant l'objectif et l'oculaire comme des lentilles convergentes.

• Une lunette astronomique est un instrument optique qui permet d'observer des objets très éloignés en augmentant leur taille apparente et leur luminosité. Elle comporte deux systèmes optiques convergents de même axe, placés dans un long tube : objectif et oculaire. On modélise le microscope en considérant l'objectif et l'oculaire comme des lentilles convergentes.



# Exercices

## Exercice 1

Entourer pour chaque proposition la ou les réponse(s) exacte(s). Aucune justification n'est demandée.

1- Une lentille peut être en :

- a) Fer    b) Bois    c) Verre

2- Une lentille à bord épais est :

- a) À faces parallèles                          b) Convergente                                  c) Divergente

3- La distance qui sépare le foyer objet d'une lentille de son foyer image est de 20 cm. La distance qui sépare l'un de ces foyers du centre optique O de la lentille est :

- a) 20 cm    b) 40 cm    c) 10 cm

4- La distance focale d'une lentille divergente ne peut jamais prendre la valeur :

- a) -2,5 cm    b) -10 cm    c) 50 cm

5- Une lentille donne d'un objet une image droite. L'objet est à une distance de la lentille :

- a) Supérieure à  $f$ .    b) Egale à  $2f$ .    c) Inférieure à  $f$ .

6- Une lentille convergente (L) donne d'un objet AB, situé à la distance  $d$  de (L), une image réelle A'B' située à la distance  $d'$  de (L). Si on diminue  $d$ , la distance  $d'$  :

- a) Ne change pas    b) diminue    c) augmente

7- Une lentille convergente (L), de distance focale 25 cm, donne d'un objet AB situé à 50 cm de (L) une image A'B' :

- a) Virtuelle, située à 25 cm de (L)  
b) Virtuelle, située à 50 cm de (L)  
c) Réelle, située à 50 cm de (L)

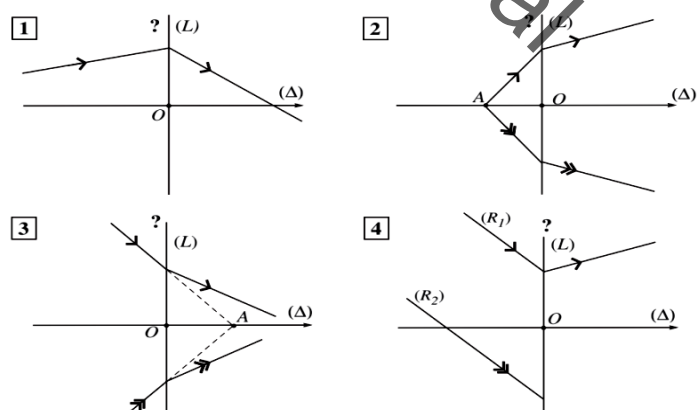
## Exercice 2

1- Dans les quatre situations représentées ci-dessus, à l'aide d'une série de constructions

graphiques qu'il faudra justifier :

- déterminer la position du foyer objet F et du foyer image  $F_0$  de chaque lentille
- conclure quant à la nature de chaque lentille (et compléter sa représentation graphique).

2- Sur la figure 2, quelle est la nature et la position de l'image  $A_0$  de A à travers (L) ?



3- Même question pour la figure 3.

4- Compléter la figure 4 en représentant le rayon émergent provenant du rayon incident (R2) (sur le schéma (R2) est parallèle à (R1)).

### *Exercice 3*

1- Un objet lumineux AB est situé à 250 mm du centre optique d'une lentille convergente de distance focale  $f' = +150$  mm.

1-1- A quelle distance du centre optique se trouve l'image A'B' ?

1-2- L'image A'B' est-elle réelle ou virtuelle ?

2- Un objet lumineux AB est situé à 150 mm du centre optique d'une lentille divergente de vergence  $C = -10\delta$ .

2-1- A quelle distance du centre optique se trouve l'image A'B' ?

2-2- L'image A'B' est-elle réelle ou virtuelle ?

### *Exercice 4*

Un objet AB est placé perpendiculairement à l'axe optique d'une lentille (L) à une distance de 30 cm du centre optique. L'image A'B' de AB est obtenue sur un écran (E) placé à une distance 15 cm derrière la lentille (L).

1- Construire le système : l'objet, la lentille, l'écran et l'image A'B' de AB à l'échelle 1/5.

2- Déduire la nature et le sens de l'image A'B'.

3- Construire le foyer image et le foyer objet de la lentille (L).

4- Déduire la distance focale de (L).

5- La loupe est un instrument qui donne pour un petit objet une image droite, virtuelle et plus grande que l'objet.

5-1- Cette situation étudiée correspond-elle à une loupe ? Justifier.

5-2- Colorier la partie de l'axe optique où il faut placer l'objet pour que la lentille joue le rôle d'une loupe.

### *Exercice 5*

On représente très simplement l'œil comme un système constitué d'une lentille convergente de centre optique O (le cristallin) et d'un écran (la rétine).

La distance lentille-rétine reste constante.

1- Construire l'image d'un objet AB à l'infini dans le cas d'un œil myope, d'un œil normal, d'un œil hypermétrope. Où se situe l'image A'B' dans chaque cas ?

2- Construire très simplement ces mêmes images pour un œil myope et un œil hypermétrope corrigés par une lentille L adéquate.

3- Quelle est l'augmentation de vergence entre le PR et le PP ?

### Exercice 6

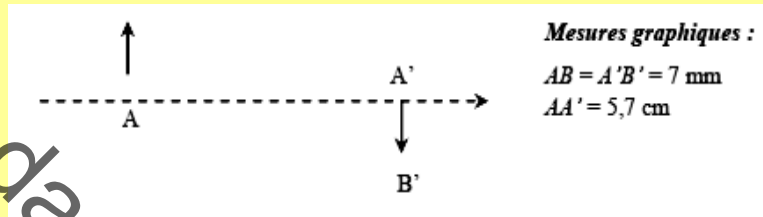
Une lentille mince convergente a pour distance focale  $f$  égale à 4,0 mm. Un objet AB mesurant 0,2 mm est placé à 4,1 mm de son centre optique.

- 1- Quels sont la nature, le sens et la taille de l'image A'B' de l'objet AB ?
- 2- À 18 cm de cette lentille, on place une seconde lentille convergente, de distance focale  $f'$  égale à 16 mm. L'image A'B' de AB formée par la première lentille joue le rôle d'objet pour la seconde.
  - 2-1- Quels sont la nature, le sens et la taille de l'image A''B'' de A'B' ?
  - 2-2- Quel appareil repose sur ce principe ?

### Exercice 7

Une lentille L donne d'un petit objet plan AB, placé sur l'axe optique et perpendiculaire à celui-ci, une image A'B' de même taille que l'objet.

- 1- A partir du schéma, déterminer graphiquement la position du centre optique O de la lentille ainsi que les foyers F et F'.



- 2- En déduire la distance focale  $f'$  et la vergence de la lentille, sachant que l'objet mesure 3 cm et que l'échelle du schéma est identique sur l'axe vertical et sur l'axe horizontal.
- 3- Quel est le grandissement de la lentille ?
- 4- En déduire une méthode expérimentale de détermination de la distance focale d'une lentille. Quelle est la relation entre  $f'$  et la distance objet image  $AA'$  lorsque l'objet et l'image ont la même dimension ?

### Exercice 8

Une lentille de vergence  $C = 5 \delta$ , donne d'un objet réel une image quatre fois plus grande.

- 1- De quel type est la lentille ? Déterminer sa distance focale.
- 2- L'image est réelle. Quelles sont les positions de l'objet et de l'image ?
- 3- L'image est virtuelle. Quelles sont les positions de l'objet et de l'image ?

### Exercice 9

Une lentille L donne d'un objet AB réel une image A'B' de grandissement  $\gamma = 0,5$ .

- 1- Quelle est la nature de l'image A'B' ?
- 2- Montrer que la lentille est divergente.
- 3- La distance entre cet objet et son image est  $d = 6 \text{ cm}$ .
  - 3-1- Déterminer la position de cet objet par rapport à la lentille.

3-2- Calculer la vergence de la lentille. En déduire sa distance focale.

4- Faire une construction géométrique.

### Exercice 10

L'objectif d'un microscope est assimilé à une lentille mince de vergence égale à 200 dioptries.

1- Rappeler le rôle de l'objectif.

2- La grandeur de l'objet à mesurer est de 0,3 mm ; il est situé à 6 mm du centre optique  $O_1$  de l'objectif.

2-1- Donner les caractéristiques de l'image intermédiaire  $A'B'$ , fournie par l'objectif.

2-2- Calculer le grandissement de l'objectif.

2-3- Réaliser la construction de cette image  $A_1B_1$  en utilisant : pour l'échelle horizontale : 1 mm représente 5 mm, pour l'échelle verticale : 1 mm représente 50 mm.

### Exercice 11

Une lentille convergente  $L_1$  est placée à 5 cm d'un objet réel  $AB$  de hauteur 1 cm.  $L_1$  donne de  $AB$  une image réelle  $A_1B_1$  située à 7,5 cm de  $L_1$ .

1- Calculer la vergence de la lentille  $L_1$ .

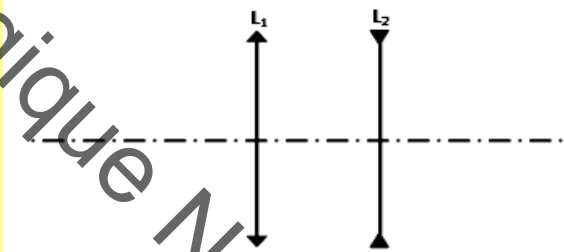
2- A 1 cm de  $L_1$ , on place une lentille  $L_2$  de distance focale égale à 5 cm.

2-1- Déterminer, par le calcul, la nature, la position, le sens et la grandeur de l'image  $A_2B_2$  de l'objet  $AB$  à travers le système optique  $\{L_1 ; L_2\}$ .

2-2- Construire l'image définitive  $A_2B_2$  (choisir une échelle convenable).

3- Les positions des deux lentilles ne sont pas modifiées, l'objet est maintenant suffisamment éloigné pour le considérer pratiquement à l'infini.

Déterminer la nature et la position de l'image  $A_2B_2$  à travers le système optique  $\{L_1 ; L_2\}$ .



### Exercice 12

Le grandissement d'une lentille de vergence  $C$  inconnue est égal à  $\gamma = -2$  pour un objet réel placé à une distance  $|x| = 1,2$  m devant le centre optique de la lentille.

1 - Donner l'expression littérale exprimant la distance focale  $f$  de la lentille en fonction du grandissement  $\gamma$  et de  $x$ .

2 - Calculer la distance focale  $f$  de la lentille.

3 - Calculer la mesure algébrique  $OA' = y$  à laquelle se forme l'image de l'objet.

4 - En déduire la distance  $AA'$  séparant l'objet et son image.

5 - Peut-on affirmer qu'en doublant la distance  $OA$ , on double le grandissement  $\gamma$  ?



Institut Pédagogique National