LA RÉUSSITE

PHYSIQUE

Première C – D – E

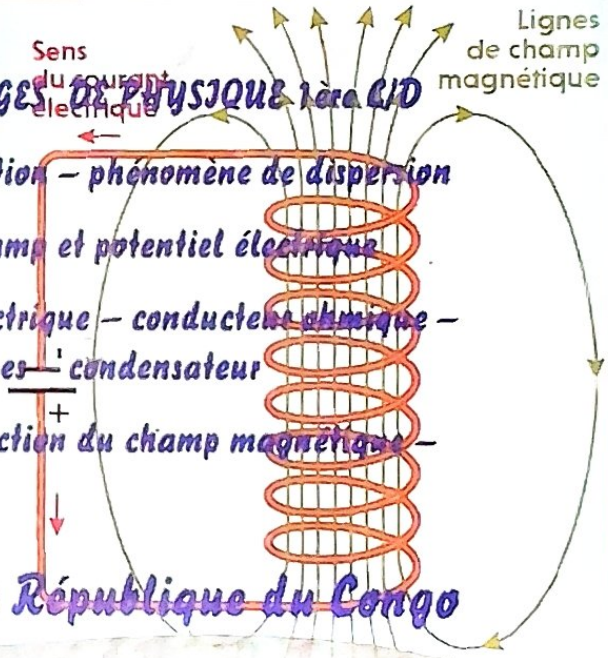
SYNTHÈSE DE COURS ET ÉVALUATIONS AVEC CORRIGÉS DE PHYSIQUE 1ère C/D

Optique : phénomène de réflexion – phénomène de réfraction – phénomène de dispersion

Électrostatique : électrisation – loi de coulomb – champ et potentiel électrique

ÉLECTROCINÉTIQUE : le courant électrique – tension électrique – conducteur ohmique – dipôle actif – Energie et puissance électriques – condensateur

ÉLECTROMAGNÉTIQUE : le champ magnétique – production du champ magnétique – Induction magnétique



Conformément au programme officiel en République du Congo

Auteur
PAUL [illegible]MOUANGA[illegible]
Inspecteur délégué des lycées
Tel : 0[illegible] 442 71.6[illegible] – Pointe – Noire

Édition : 202[illegible]

GRANDEURS PHYSIQUES ET CHIMIQUES ET LEURS UNITES

Grandeurs et symboles	Unités et symboles	Grandeurs et symboles	Unités et symboles
Longueur (L)	Mètre (m)	Masse (m)	Kilogramme (kg)
Temps (t)	Seconde (s)	Volume (V)	Mètre cube (m^3) ou litre (L)
Vitesse linéaire (V)	Mètre par seconde ($m.s^{-1}$)	Masse volumique (ρ)	Kilogramme par mètre cube ($kg.m^{-3}$)
Le faraday	1 F = 96500 C	Densité (d)	Sans unité
Intensité du courant (I)	Ampère (A)	Quantité de matière	Mole (mol)
Tension électrique (U)	Volt (V)	Masse molaire (M)	Gramme par mole ($g.mol^{-1}$)
Fréquence (f ou ν)	Hertz (Hz)	Concentration molaire (C)	Mole par litre ($mol.L^{-1}$)
Force (F)	Newton (N)	Concentration massique	Gramme par litre ($g.L^{-1}$)
Puissance électrique (P = U.I)	Watt (W)		
Vergence	Dioptrie (δ)	Température (T)	Kelvin (K)
Conductance électrique (G = 1/R)	Siemen (S)	Pression (p)	Pascal (Pa) ou atmosphère (atm)
Perméabilité du diélectrique (ε)	Farad par mètre ($F.m^{-1}$)	Constante de pesanteur (g)	Newton par kilogramme ($N.kg^{-1}$)
Energie (W) et travail	Joule (J)	Champ électrique (E)	Volt par mètre ($V.m^{-1}$)
Résistance (R)	Ohm (Ω)	Champ magnétique (B)	Tesla (T)
Capacité (C)	Farad (F)	Flux magnétique (Φ)	Weber (Wb)
Inductance (L)	Henry (H)	Moment magnétique	Ampère mètre carré ($A.m^2$)
Charge électrique (q)	Coulomb (C)	Résistivité électrique (ρ)	Ohm par mètre ($\Omega.m^{-1}$)

AVANT PROPOS

- *Soucieux de l'amélioration des résultats en Sciences physiques en particulier et aux examens d'Etat en général, notre modeste contribution est de mettre à la disposition des élèves des classes de Premières scientifiques, un outil à usage simple et conforme au programme de PHYSIQUE en vigueur en République du CONGO.*

- *Nos précédentes publications portant sur les «PREPA BAC des classes de Ter C/D », les suggestions et préoccupations des utilisateurs, ont conduit à la prise en compte des compétences exigibles dans les classes de Premières Scientifiques pour une meilleure préparation au Baccalauréat. Nos efforts ont été orientés dans le seul but de favoriser une préparation progressive et méthodique du futur candidat, aux différentes évaluations préparatoires de Physique, prévues pendant l'année - scolaire.*

- *Intitulé « **REUSSITE en PHYSITE** », ce manuel contient, pour chaque thème (ou module) :*
  - *Une synthèse de cours ;*
  - *Des exercices avec corrigés bien détaillés ;*
  - *Des consignes nécessaires pour écrire convenablement les résultats d'un calcul.*

NB : La perfection étant une divinité, vos critiques et suggestions seront les bienvenues.

MAKOSSO
Christian
Wellcome

L'auteur

SOMMAIRE

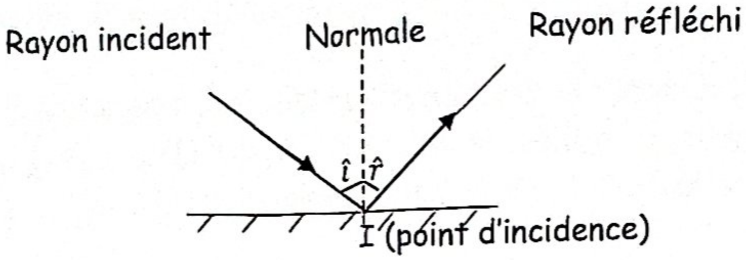
Chapitre 1 : PHENOMENE DE REFLEXION DE LA LUMIERE

1- Les lois de Descartes :

1ère loi : Le rayon réfléchi, est dans le plan d'incidence ;

2ème loi : L'angle réfléchi ($\hat{r}$) est égal à l'angle d'incidence ($\hat{\imath}$) $\Rightarrow$ $\hat{\imath} = \hat{r}$.

Représentation :



2- La formation d'images :

Un miroir plan, donne d'un objet réel, une **image virtuelle** de même dimension, **symétrique** de l'objet par rapport au miroir.

Image d'un point objet A :

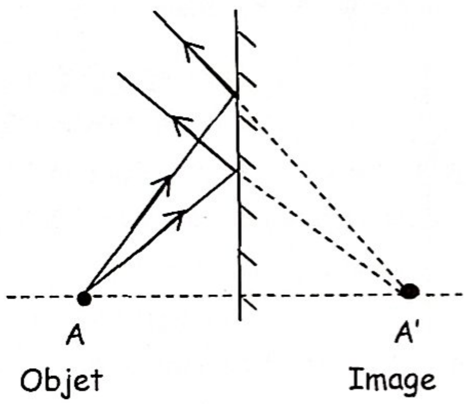
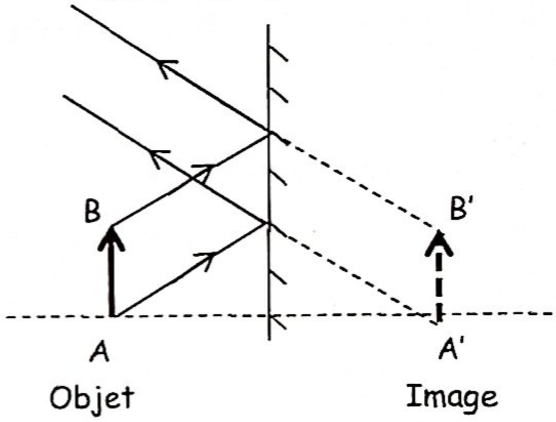
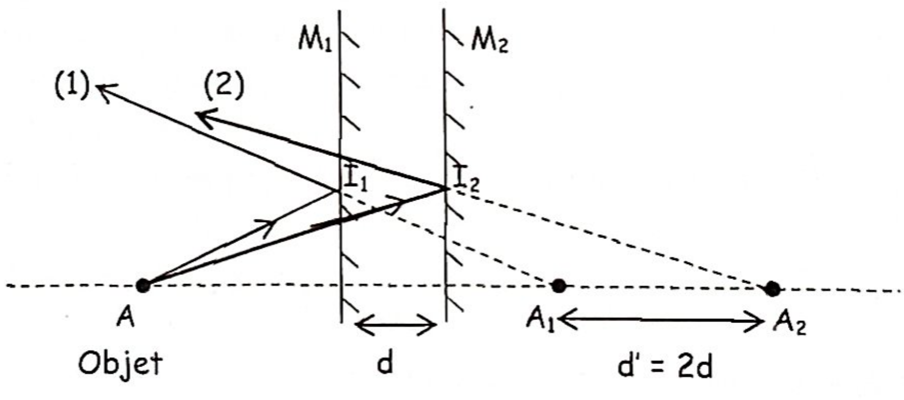


Image d'un objet réel AB :

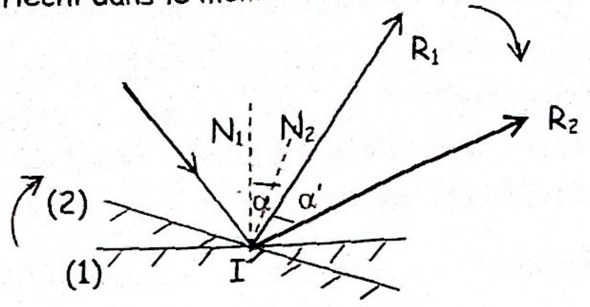


3- Déplacement d'un miroir :

- La **translation** d du miroir, déplace l'image d'une distance $d' = 2d$, dans le même sens.



- Pour un rayon incident fixe, la **rotation d'un angle** α du miroir, fait tourner le rayon réfléchi dans le même sens et d'un angle $\alpha' = 2\alpha$.



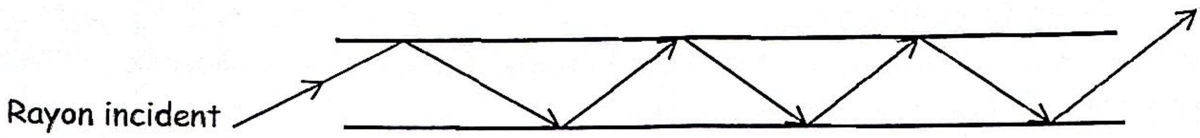
IN_1 : normale au miroir en position (1) et IN_2 : normale au miroir en position (2)

IR_1 : Rayon réfléchi en I, par le miroir en position (1) ;

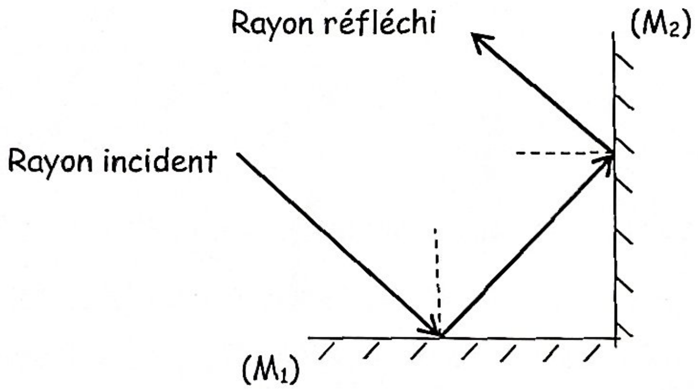
IR_2 : Rayon réfléchi en I, par le miroir en position (2) ;

4- <u>Association de deux ou trois miroirs :</u>

- **Deux miroirs parallèles** : (Cas de la fibre optique)



- **Deux miroirs perpendiculaires :**



Exercice 1 : (résolu)

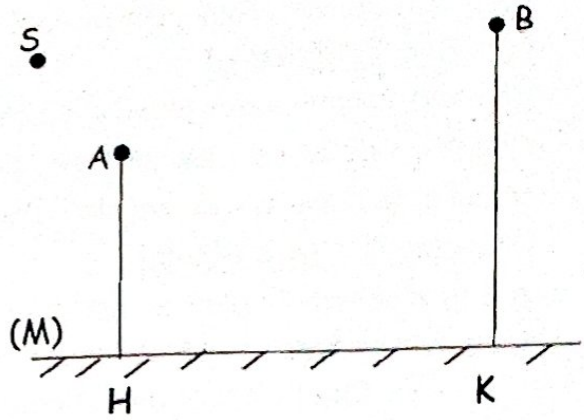
Une source lumineuse ponctuelle S émet un rayon lumineux qui passe par le point A et se réfléchit en I sur un miroir M en passant par le point B.

a)- Représente le rayon incident SAI et le rayon réfléchi IB.

b)- Calcule les distances HI et IK.

c)- Calcule la valeur de l'angle incident.

On donne : $BK = 20\ cm; HK = 36\ cm; AH = 12\ cm.$



Exercice 2 : (résolu)

Un objet ponctuel A, est placé à une distance d = 1m d'un miroir plan.

1- A quelle distance d_1 se trouve – t – il de son image donnée par le miroir ?
2- On déplace le miroir parallèlement à lui-même d'une distance d' = 25 cm, d'abord vers l'arrière puis ensuite vers l'avant.
   a- Schématise chaque cas.
   b- Que devient dans chaque cas, les distances d_2 et d_3 séparant l'objet de son image ?
   c- Généralise ces résultats par un théorème concernant la translation d'un miroir plan.

Exercice 3 : (non résolu)

L'œil d'un observateur est placé en un point O à 2 m du miroir plan.

a) A quelle distance est – il de son image dans ce miroir ?
b) On déplace le miroir parallèlement à lui – même en avant puis en arrière de 25 cm. Comment varie la distance de l'œil à son image ?

Exercice 4 : (résolu)

Un pêcheur à la ligne voit l'image d'un arbre MP, situé à 30 m de lui sur l'autre rive, se terminer juste sur un bouchon B, immobile à 3 m de ses pieds. Sachant que son œil O est à 1,70 m au-dessus de l'eau. Calculer la hauteur de l'arbre.

Exercice 5 : (résolu)

Une source lumineuse S est placée à 1,2 m du plan d'un miroir horizontal. S émet un rayon lumineux SI qui tombe au point I, milieu du miroir de longueur 80 cm.

a) Calculer la distance entre S et S', image de S.
b) Déterminer la valeur de l'angle d'incidence i.
c) Calculer la distance parcourue par la lumière entre S et le point I. en déduire la durée de ce parcours.

Donnée : vitesse de la lumière : $V = 3.10^8 m/s$.

Exercice 6 : (non résolu)

Un observateur de 1,60 m de taille, est placé à une distance D d'un miroir. On avance le miroir d'une distance $d = 10\ cm$. On mesure la distance de l'observateur à la nouvelle image, on constate qu'elle vaut $8d$.

1) A quelle distance est placé le miroir dans la première position ?
2) Le miroir toujours à cette distance D, l'œil de l'observateur est à 1,50 m du sol.

a) A quelle distance du sol doit - on placer le miroir pour qu'il voie complètement ses pieds ?
b) Quelle taille minimale doit - on considérer depuis le sol, au bord supérieur du miroir, pour qu'il se voie en entier ?

Exercice 7 : (résolu)

Un point lumineux est placé à 40 cm au-dessus et sur la normale au centre d'un miroir plan circulaire de 10 cm de diamètre, disposé horizontalement. Le miroir étant à 2 m du plafond, calculer le diamètre du cercle éclairé au plafond par la lumière réfléchie sur le miroir.

Exercice 8 : (non résolu)

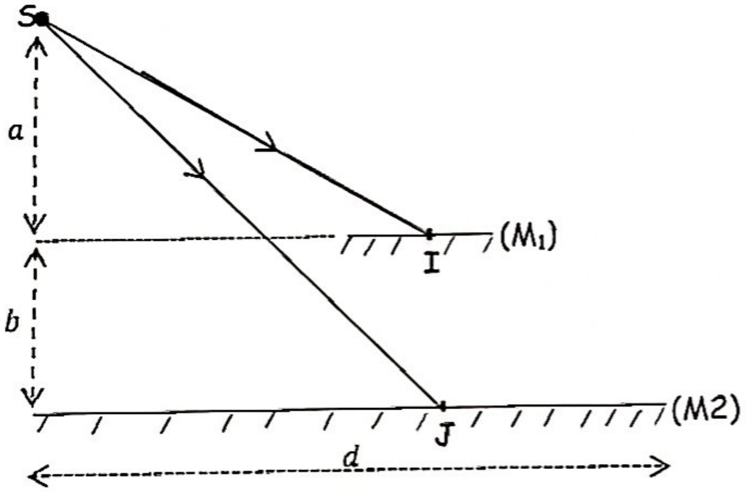
A $1\,m$ d'un miroir plan et parallèlement à celui-ci, on place un écran opaque percé d'un petit trou. Par ce trou, un rayon lumineux tombe normalement sur le miroir.

1) Quelle est la direction du rayon réfléchi ?
2) En inclinant légèrement le miroir, on constate que le rayon réfléchi donne sur l'écran un point éclairé à 2m du trou .De quel angle a-t-on tourné le miroir ?
3) Calculer le chemin parcouru par le rayon réfléchi au cours de cette rotation ?

Exercice 9 : (non résolu)

On considère deux miroirs M_1 et M_2 disposés comme l'indique la figure ci-dessous. Déterminer le sens et l'angle de rotation du miroir M_2 pour que le rayon réfléchi soit parallèle au rayon réfléchi par le miroir M_1.

On donne : $a = 17\ cm$; $b = 20\ cm$; $d = 20\ cm$.



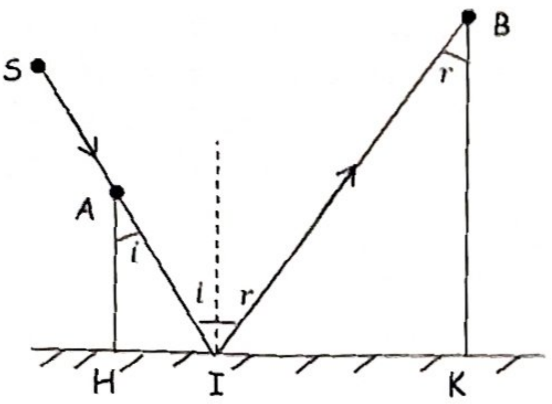
Exercice 10 : (non résolu)

1- Un homme se rapproche d'un miroir plan à une vitesse de 14 m/s. A quelle vitesse son image se rapproche-t-elle du miroir ?
2- L'homme s'arrête à 3m du miroir. A quelle distance se trouve – t – il de son image ?
3- Il recule de 2m. De quelle distance recule son image ?
4- On place cette fois-ci le miroir à 130 cm au-dessus du sol.
   a- . A quelle hauteur du sol doit être son œil pour qu'il voie ses pieds ?
   b- Quelle doit être la taille minimale du miroir pour que l'homme dont l'œil est à 10cm de la tête se voit entièrement ?

NB. Un schéma procédera tous les calculs.

Solution 1 :

a- Représentation des rayons incidents et réfléchi :



b- Distance HI et IK :

$$\tan i = \frac{HI}{AH} \quad et \quad \tan r = \frac{IK}{BK} \Rightarrow \frac{HI}{AH} = \frac{IK}{BK} \Rightarrow HI.BK = AH.IK \ (1)$$

$$HK = HI + IK \Rightarrow IK = HK - IK \ (2)$$

$$De\ (2)\ dans\ (1) \Rightarrow HI.\ BK = AH\ (HK - IK)$$

$$\Rightarrow HI = \frac{AH.\ HK}{BK - AH} \quad AN:\ HI = \frac{12.36}{20+12} = 13{,}5\ cm$$

$$\Rightarrow IK = HK - IK \quad AN:\ IK = 36 - 13{,}5 = 22{,}5\ cm$$

c- Angle incident :

$$\tan i = \frac{HI}{AH} \Rightarrow i = tan^{-1}\left(\frac{HI}{AH}\right) \quad AN:\ i = tan^{-1}\left(\frac{13{,}5}{12}\right) = 48{,}37°$$

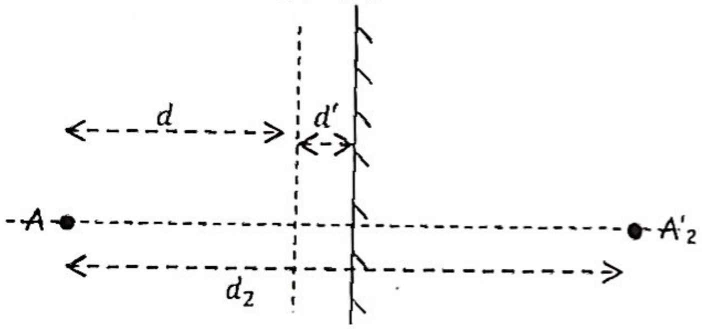
Solution 2 :

1- Distance objet - image :

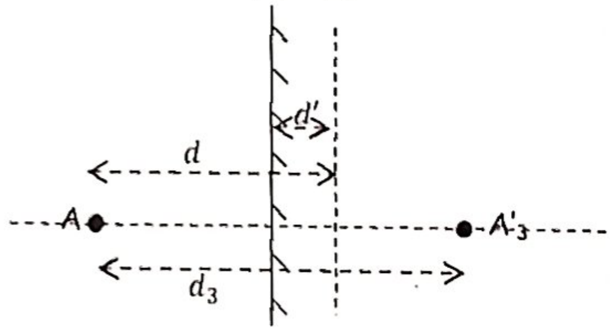
$$d_1 = 2d \quad AN:\ d_1 = 200\ cm$$

2- a)- Schématisation :

Translation vers l'arrière



Translation vers l'avant



b)- Distance objet - image après translation du miroir :

$$d_2 = 2(d + d') = 250\ cm \quad et \quad d_3 = 2(d - d') = 150\ cm$$

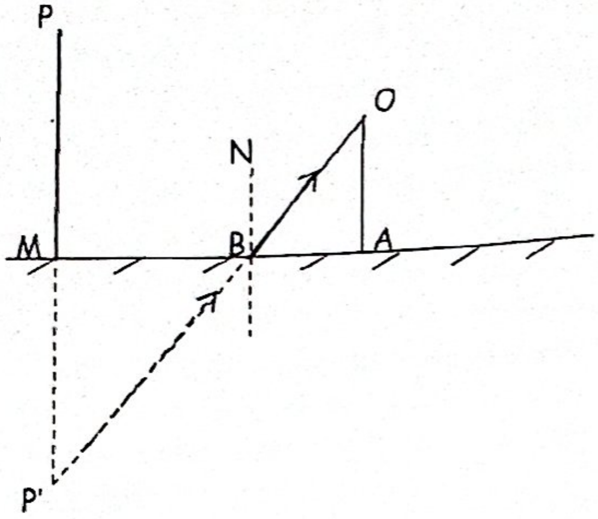
c)- Généralisation du théorème de la translation du miroir plan :

- La translation du miroir plan d'une distance d', translate l'image d'une distance 2d' dans le même sens.

Solution 4 :

MP : hauteur de l'arbre ; OA : distance œil du pêcheur et l'eau ; MB : ombre de l'arbre

Schématisation :



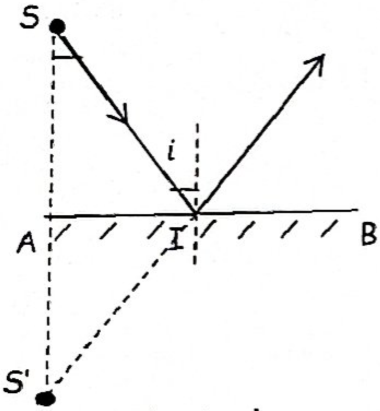
$$\frac{AB}{MB} = \frac{OA}{MP'}$$

$$\Rightarrow MP = MP' = OA.\frac{MB}{AB}$$

$$AN : MP = 1{,}70.\frac{30}{3} = 17\ m$$

Solution 5 :

Représentation :



a)- Distance SS' entre la source S et son image S' : $SS' = SA + AS' = 2.\ 1{,}2 = 2{,}4\ m$

b)- Angle d'incidence i : $\tan i = \frac{AI}{SA} \Rightarrow i = tan^{-1}\left(\frac{AI}{SA}\right) = tan^{-1}\left(\frac{40}{120}\right) = 18{,}43°$

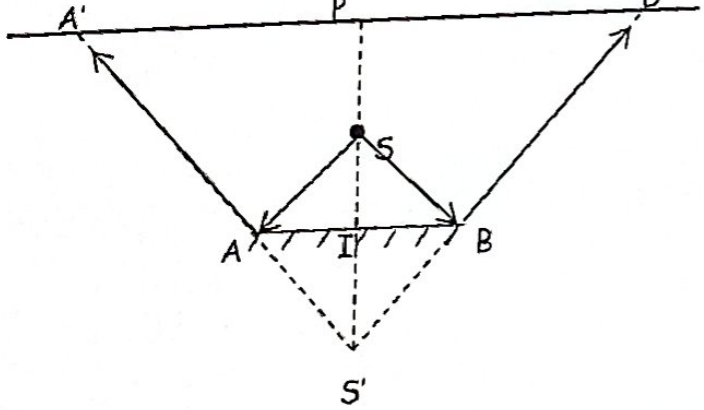
c)- Distance SI : $\sin i = \frac{AI}{SI} \Rightarrow SI = \frac{AI}{\sin i}$ $AN:\ SI = \frac{40}{\sin 18{,}43°} = 126{,}5\ cm$

Durée de parcours : $\Delta t = \frac{SI}{V}$ $AN:\ \Delta t = \frac{1{,}265}{3.10^8} = 4{,}2.10^{-9}s$

Solution 7 :

Diamètre du cercle éclairé au plafond :

Representation :



Triangles semblables : $\widehat{S'AB}$ et $\widehat{S'A'B'}$

$$\frac{A'B'}{AB} = \frac{S'P}{S'I}$$

Diamètre A'B' du cercle éclairé :

$$A'B' = AB.\frac{S'P}{S'I}$$

$$AN:\ A'B' = 10.\frac{240}{40} = 60\ cm$$

Chapitre 2 : PHENOMENE DE REFRACTION DE LA LUMIERE

1- Les lois de Snell – Descartes :

- **1ère Lois de Snell – Descartes :**

Le rayon incident, le rayon réfracté et la normale à la surface de séparation au point d'incidence I, sont contenus dans le plan d'incidence. Les rayons incident et réfracté se trouvent de part et d'autre de la normale.

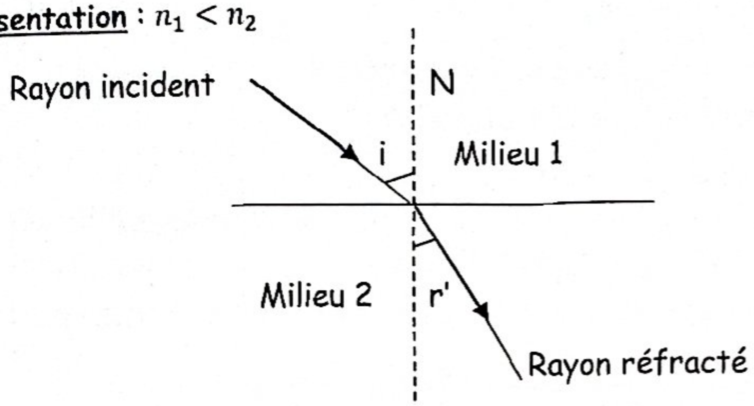
- **2ème loi de Snell – Descartes :**

Les angles d'incidence i et de réfraction r' vérifient la relation :

$$n_1 \sin i = n_2 \sin r' \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r'} = \frac{n_2}{n_1}$$

avec n_1 et n_2 : indices de réfraction des milieux 1 et 2.

Représentation : $n_1 < n_2$



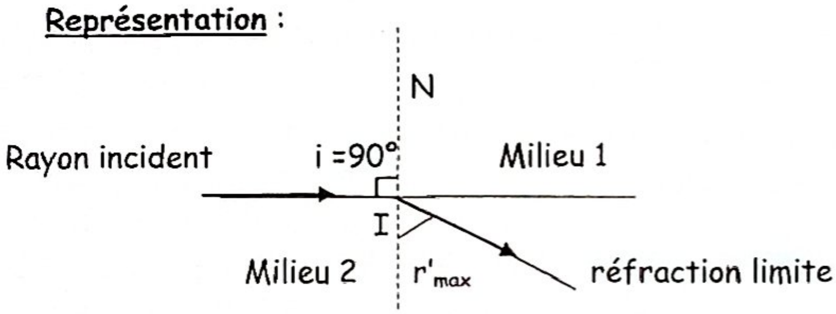
2- Angle de réfraction limite :

Si $n_1 < n_2 \Rightarrow r' < i$: *le rayon réfracté est plus proche de la normale que le rayon incident*

$$\textit{Réfraction limite} \Leftrightarrow \textit{incidence rasante}$$

$$\Rightarrow i = 90° \Rightarrow r = r_{max} \Rightarrow n_1 \sin 90° = n_2 \sin r'_{max} \Rightarrow r'_{max} = sin^{-1}\left(\frac{n_1}{n_2}\right)$$

Représentation :



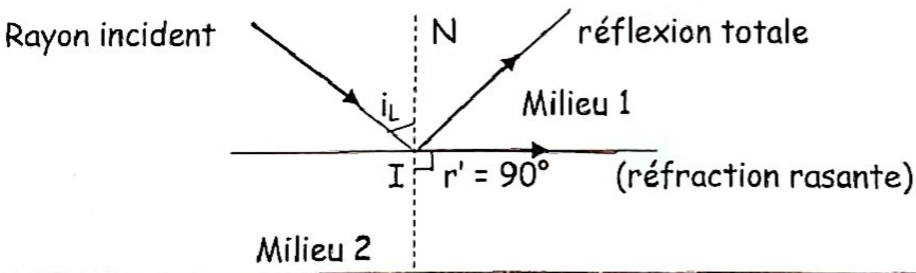
3- Angle d'incidence limite :

Si $n_1 > n_2 \Rightarrow i < r'$: *le rayon incident est plus proche de la normale que le rayon réfracté*

$$\textit{Incidence limite} \Leftrightarrow \textit{réflexion totale et réfraction rasante}$$

$$\Rightarrow r' = 90° \Rightarrow i = i_L \Rightarrow n_1 \sin i_L = n_2 \sin 90° \Rightarrow i_L = sin^{-1}\left(\frac{n_2}{n_1}\right)$$

Représentation :

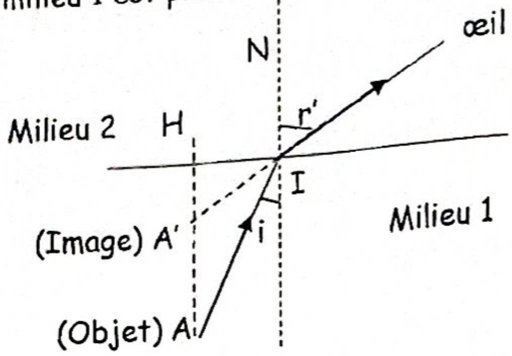


4- Applications :

a- Image d'un objet réel à travers un dioptre plan :

On appelle **dioptre plan**, la surface de séparation de deux milieux transparents d'indices respectives n_1 et n_2.

Cas ou $n_1 > n_2$: milieu 1 est plus réfringent que le milieu 2



NB : L'observateur voit plutôt l'image A' à la place de l'objet réel A.

Détermination du **relèvement apparent** AA' de l'objet réel A :

$$\begin{cases} Triangle\ AHI : \tan i = \dfrac{HI}{AH} \Rightarrow HI = AH\,.\tan i \\ Triangle\ A'HI : \tan r = \dfrac{HI}{A'H} \Rightarrow HI = A'H.\tan r' \end{cases} \Rightarrow AH.\tan i = A'H.\tan r' \ (1)$$

$$Pour\ les\ angles\ petits\ on\ a : \tan i \approx \sin i \ \ et\ \ \tan r' \approx \sin r'$$

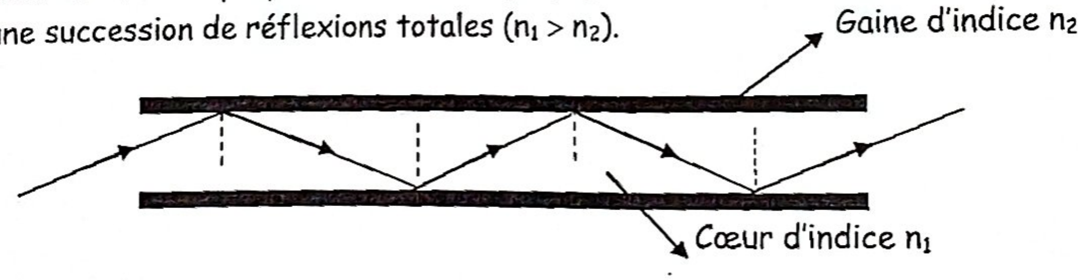
Donc dans (1), on a : $AH.\sin i = A'H.\sin r \Rightarrow \frac{\sin i}{\sin r'} = \frac{A'H}{AH} = \frac{n_2}{n_1}$ $(selon\ Snell - Descartes)$

$$\Rightarrow \frac{A'H}{AH} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow A'H = AH.\frac{n_2}{n_1}$$

$$D'où\ \ \boldsymbol{AA' = AH - A'H = AH\left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)}\ avec\ AH : profondeur\ réelle$$

b- Propagation dans une fibre optique :

Dans une fibre optique, la lumière se propage d'une extrémité à l'autre en subissant une succession de réflexions totales ($n_1 > n_2$).



EVELUATION « PHENOMENE DE REFRACTION »

Exercice 1 : (résolu)

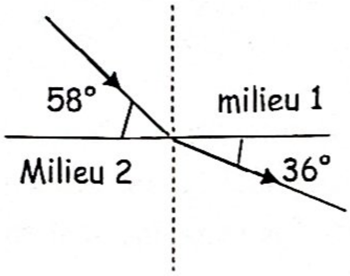
Quelle déviation subit un rayon lumineux incident lorsqu'il traverse la surface de séparation entre l'air et le verre d'indice n = 1,52, dans chacun des cas suivants :

a- Le rayon incident passe de l'air au verre, sous une incidence de 50°.

b- Le rayon incident passe du verre à l'air, sous une incidence de 30°.

Exercice 2 : (résolu)

On donne le schéma représentant le chemin optique d'un rayon lumineux à travers deux milieux transparents d'indices respectifs n_1 et n_2.



a- Donne les valeurs i de l'angle d'incidence i et r' de l'angle de réfraction.

b- Quelle est la relation qui lie i, r', n_1 et n_2 ?

c- Détermine la valeur de n_1, indice de réfraction du milieu 1, sachant que le milieu 2 est l'air.

Exercice 3 : (non résolu)

1) Un rayon lumineux cheminant dans l'air pénètre dans l'eau d'indice $n = 4/3$, sous incidence de 30°. Calculer l'angle de réfraction. En déduire la déviation D subie par le rayon lumineux.

2) Calcule la déviation D subie par un rayon lumineux tombant sous incidence de 30° sur une surface plane séparant deux milieux d'indices respectifs $n_1 = 1,5$ et $n_2 = 2,42$.

Exercice 4 : (résolu)

Une cuve parallélépipédique de 8 cm de profondeur est remplie d'eau. (voir figure)

Un rayon lumineux partant de l'air, passe par A sous une incidence i, est réfracté et touche le fond de la cuve au point E tel que DE = 3 cm.

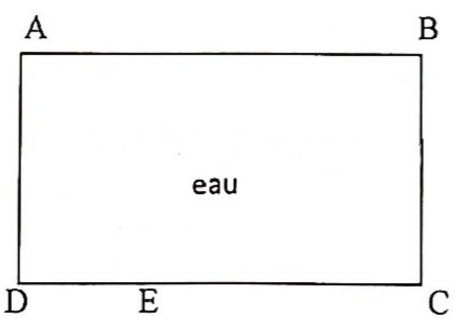
1- Faire la représentation du rayon incident et du rayon réfracté dans l'eau.

2- Calculer l'angle de réfraction r.

3- En déduire l'angle d'incidence i du rayon qui pénètre dans l'eau en A.

4- Quelle est la valeur de l'angle de réfraction limite de ce dispositif ?

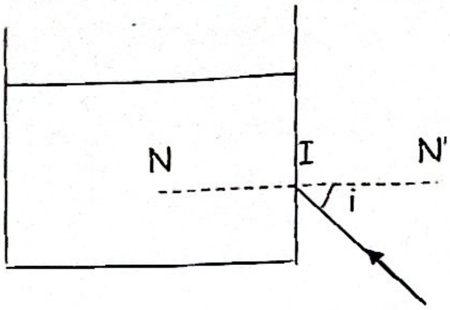
On donne : n(eau) = 4/3 et n(air) = 1.



Exercice 5 : (non résolu)

Une cuve en verre transparent, d'épaisseur négligeable, contient de l'eau d'indice $n_e = 1,33$, jusqu'à une hauteur h = 20 cm.

1- Un rayon lumineux provenant de l'air d'indice $n_a = 1$, arrive dans l'eau au point d'incidence I avec un angle incident i = 60° vers la base (Voir figure).



a- Calcule la valeur de l'angle de réfraction r du rayon lumineux.

b- Trace correctement les trajets des rayons incident et réfracté.

2- On considère maintenant le cas où le rayon incident rase la surface de l'eau jusqu'au point I par la base.

a- Quelle est la valeur de l'angle incident ?

b- Calcule la valeur de l'angle de réfraction.

c- Faire une représentation du phénomène observé.

Exercice 6 : (résolu)

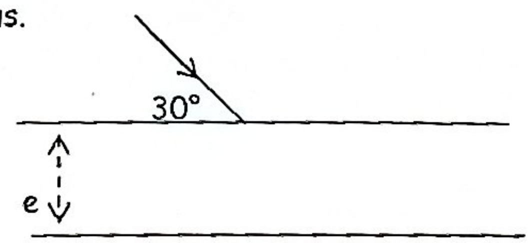
On considère une cuve est remplie d'eau d'indice de réfraction n = 1,33 sur une hauteur de 10 cm. Au fond de la cuve se trouve un miroir M.
Un observateur a son œil sur la verticale du centre du miroir à 15 cm au – dessus de la surface libre de l'eau. On veut déterminer le déplacement de l'image de cet observateur à travers ce miroir.

1- Trace la marche de deux rayons lumineux (l'un vertical et l'autre incliné par rapport à la verticale) issus du miroir, sortant de l'eau et pénétrant dans l'œil O de l'observateur.

2- A quelle distance de O, l'observateur voit – il l'image M' du miroir M ?

Exercice 7 : (résolu)

Un rayon laser se propage dans l'air. Il est dirigé sur une vitre (lame à faces parallèles) comme l'indique la figure ci – dessous.



1- Faire une construction géométrique complète du schéma de la pénétration du rayon dans le verre jusqu'à sa sortie.

2- Calcule la valeur de l'angle d'incidence î sur la première face.

3- En déduire l'angle de réfraction correspondant à cette face.

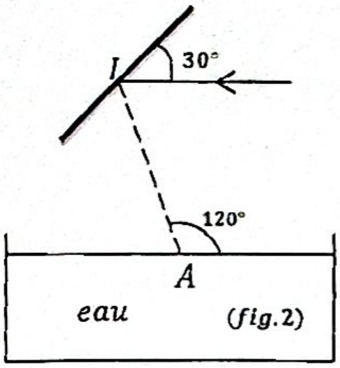
4- Calculer la longueur du rayon qui traverse la lame, sachant que son épaisseur est e = 8cm. On donne : n(air) = 1 et n(verre) = 1,5.

Exercice 8 : (non résolu)

Un rayon lumineux SI se propage horizontalement dans l'air. Il rencontre un miroir plan (M) comme l'indique la figure 2. Le rayon réfléchi touche alors sur la surface plane de l'eau.

a) Calculer les angles d'incidence sur le miroir et sur la surface de l'eau.

b) Calculer l'angle de réfraction sachant que l'indice de l'eau est $n = 4/3$.



$(fig.2)$

Exercice 9 : (non résolu)

Dans le but de déterminer la valeur de l'angle entre deux déviations lumineuses, un pinceau lumineux polychromatique contenant toutes les couleurs de l'arc - en -ciel, est envoyé sous une incidence i = 50° sur la surface de séparation plane de l'air et d'un verre.

L'indice de réfraction du verre pour la lumière bleue est $n_B = 1{,}524$ et pour la lumière rouge $n_R = 1{,}515$.

1- Calculer pour le faisceau bleu, la déviation D_B.
2- Calculer pour le faisceau rouge la déviation D_R.
3- Représente sur un schéma clair, le phénomène de réfraction de la lumière incidente, en respectant les valeurs des angles d'incidence et de réfraction.
4- En déduis la valeur α de l'angle séparant les rayons réfractés des deux lumières bleue et rouge.

Problème : (résolu)

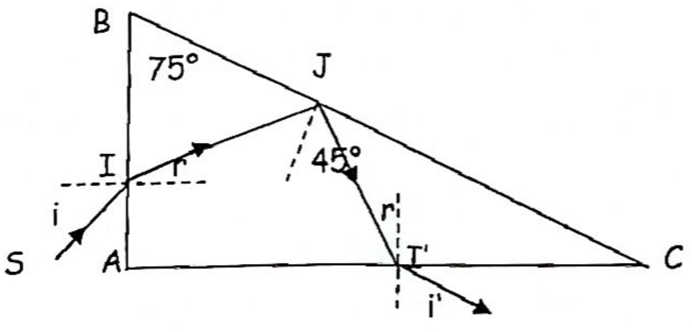
Dans le but de vérifier la loi de la réflexion totale de la lumière, on étudie le trajet de la lumière à travers le dioptre d'un prisme en verre d'indice n = 1,5.

A partir de la figure représentant le chemin optique d'un rayon SI de lumière monochromatique :

1/- Calcule les valeurs des angles de réfraction r et d'incidence en I.

2/- Pour quoi le rayon IJ subit-il une réflexion en J ? Justifie.

3/-Calcule les valeurs des angles d'incidence r' et d'émergence i' en I'.



Solution 1 :

Angle de réfraction :

- Passage de l'air au verre d'indice n = 1,52 pour i = 50° :

$$\sin i = n \sin r \;\Rightarrow\; \sin r = \frac{1}{n}\sin i \;\Rightarrow\; r = sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\sin i\right) \quad AN: \; r = 30{,}26°$$

- Passage de l'eau au verre pour i = 30° :

$$n \sin i = \sin r \;\Rightarrow\; r = sin^{-1}(n \sin i) \quad AN: \; r = 49{,}46°$$

Solution 2 :

a- Valeurs des angles i et r' :

$$i = 90° - 58° = 32° \quad et \; r' = 90° - 36° = 54°$$

b- Relation entre i, r', n_1 et n_2 :

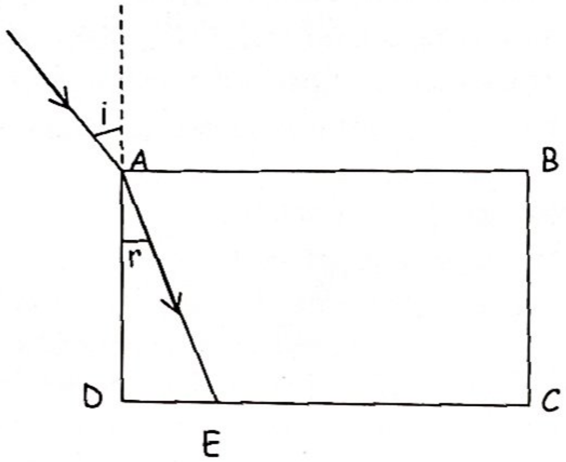
$$n_1 \sin i = n_2 \sin r'$$

c- Valeur de n_1 :

$$n_1 = \frac{n_2 \sin r'}{\sin i} = \frac{1.\sin 54°}{\sin 32°} = 1{,}53$$

Solution 4 :

1- Représentation :



2- Valeur de l'angle de réfraction r : $\tan r = \frac{DE}{AD} = \frac{3}{8} \;\Rightarrow\; r = tan^{-1}\left(\frac{3}{8}\right) = 20{,}55°$

3- Angle d'incidence i :

$n(air).\sin i = n(eau)\sin r \;\Rightarrow\; \sin i = \frac{n(eau)}{n(air)}.\sin r \Rightarrow i = sin^{-1}\left(\frac{n(eau)}{n(air)}.\sin r\right) \quad AN: \; i = 27{,}76°$

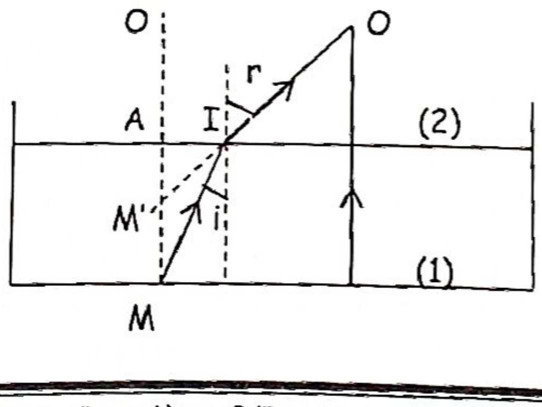
4- Angle de réfraction totale :

Pour i = 90° ⇒ r = r_{max} (angle de réfraction totale), d'où :

$$\sin r_{max} = \frac{n(air)}{n(eau)}.\sin 90° = \frac{3}{4} = 0{,}75 \;\Rightarrow\; r_{max} = sin^{-1}(0{,}75) = 48{,}6°$$

Solution 6 :

1- Marche des rayons lumineux issue du miroir :



2- Distance œil O et image M' du miroir M : $OM' = M'A + AO$

Détermination de M'A :

- Triangle MAI : $\tan i = \frac{AI}{MA} \Rightarrow AI = AM.\tan i$
- Triangle M'AI : $\tan r = \frac{AI}{M'A} \Rightarrow AI = AM'.\tan r$
- $(1) = (2) \Rightarrow AM.\tan i = AM'.\tan r$ $\quad$ *or i et r petits* $\Rightarrow \tan i = \sin i$ et $\tan r = \sin r$

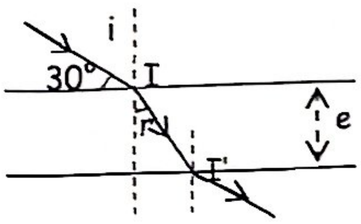
$$\Rightarrow AM.\sin i = AM'.\sin r \Rightarrow \frac{AM'}{AM} = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow AM' = AM.\frac{n_2}{n_1}$$

D'où : $OM' = OA + AM.\frac{n_2}{n_1}$ $\quad AN : \ OA = 15cm \,;\, AM = 10cm \,;\, n_1 = n = 1{,}33 \,;\, n_2 = 1$

$$\Rightarrow OM' = 22{,}5cm$$

Solution 7 :

1- Représentation :



2- Angle d'incidence : $i = 90° - 30° = 60°$

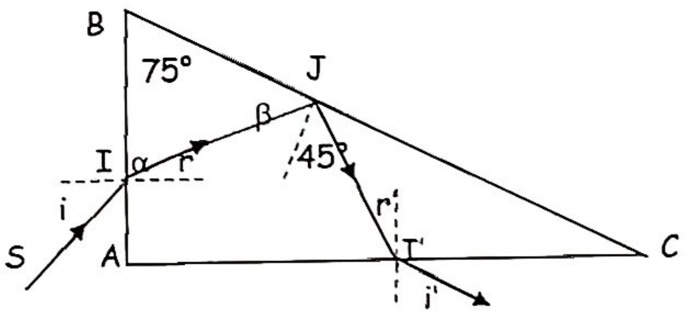
3- Angle de réfraction : $\sin i = n \sin r \Rightarrow r = sin^{-1}\left(\frac{\sin i}{n}\right) = sin^{-1}\left(\frac{\sin 60°}{1.5}\right) = 35{,}3°$

4- Longueur II' du rayon lumineux : $\cos r = \frac{e}{II'} \Rightarrow II' = \frac{e}{\cos r} = \frac{8}{\cos 35{,}3°} = 9{,}8\ cm$

Solution du Problème :

1)- Valeurs des angles d'incidence I et de réfraction r :

Représentation :



- Incidence en J : $\beta = 90° - 45° = 45°$
- Triangle IBJ : $\alpha = 180° - 75° - \beta = 60°$
- Or $r + \alpha = 90° \Rightarrow r = 90° - \alpha = 90° - 60° = 30°$
- Incidence en I: $\sin i = n \sin r \Rightarrow i = sin^{-1}(n \sin r)$ $\quad AN : \ i = sin^{-1}(1{,}5.\sin 30°)$

$$\Rightarrow i = 48{,}6°$$

2)- Le rayon IJ subit une réflexion totale en J, par ce que:

- Valeur de l'angle limite en J : $\sin \lambda = \frac{1}{n} \Rightarrow \lambda = sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) = sin^{-1}\left(\frac{1}{1.5}\right) = 41{,}8°$

Comme l'angle limite est inférieur à l'angle d'incidence en J, la réflexion est donc totale.

3)- Valeurs des angles r' et i' en I' :

$$r' = r = 30° \ (\textit{angles à côtés perpendiculaires})$$

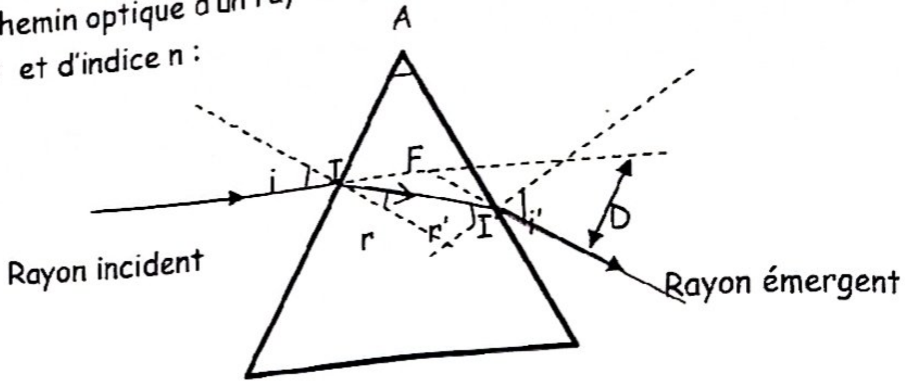
- Incidence en I : $n \sin r = \sin i$
- Incidence en I' : $n \sin r' = \sin i'$
- Or $r' = r \Rightarrow i' = i = 48{,}6°$

Chapitre 3 : PHENOMENE DE DISPERSION DE LA LUMIERE

1- Etude quantitative du phénomène de déviation de la lumière monochromatique :

Représentation du chemin optique d'un rayon lumineux monochromatique, traversant un prisme d'angle A au sommet et d'indice n :

:



i : angle d'incidence ; r : angle de réfraction ; r' : angle d'incidence interne ;
i' : angle d'émergence et D : angle de déviation.

Les formules du prisme d'indice n et d'angle au sommet A :

$$(1)\ \sin i = n \sin r$$
$$(2)\ \sin i' = n \sin r'$$
$$(3)\ A = r + r'$$
$$(4)\ D = i + i' - A$$

2- Minimum de déviation :

- Sous une faible incidence et pour un prisme d'angle A petit, on a :

$$si\ \ i\ \ (petit) \Rightarrow r\ (petit) \Rightarrow \sin i \approx i\ et\ \sin r \approx r \Rightarrow\ déviation\ minimale$$

$$\textbf{Déviation minimale} \Rightarrow \begin{cases} i = n.r \\ i' = n.r' \\ D_{min} = (n-1)A \end{cases}$$

- Si $i = i' \Rightarrow r = r' \Rightarrow$ *déviation minimale* $\Rightarrow \begin{cases} A = 2r \\ D_{min} = 2i - A \end{cases}$

3- Conditions d'émergence d'un rayon lumineux :

Si λ est l'angle de réfraction limite du prisme, il y a émergence du rayon incident si $r' \leq \lambda$:

- **Condition d'émergence imposée à l'angle A du prisme :**

$$A = r + r' \leq 2\lambda \quad \Rightarrow \quad A \leq 2\lambda$$

- **Condition imposée à l'angle d'incidence i :**

$$pour\ r' = \lambda \Rightarrow i' = 90°\ (émergence\ rasante) \Rightarrow r = A - \lambda\ \ et\ \ i = i_0\ \ avec\ \lambda = sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right)$$

$$\Rightarrow \sin i_0 = n.\sin(A - \lambda)$$

4- Phénomène de dispersion de la lumière blanche par un prisme :

Le prisme est un **milieu dispersif** car son indice de réfraction dépend de la longueur d'onde de la radiation monochromatique, qui le traverse.

A la traversée d'un prisme, la lumière blanche qui est **polychromatique**, se décompose en plusieurs radiations monochromatiques, dont les sept principales sont : Rouge, orange, vert, jaune, bleu, indigo et violet, caractérisée chacune par sa **longueur d'onde notée λ** et constituent le **spectre continu** de la lumière blanche.

NB : Domaine de la lumière blanche ou visible : $400\ nm \leq \lambda \leq 750\ nm$ (avec $1\ nm = 10^{-9} m$

EVELUATION « PHENOMENE DE DISPERSION DE LA LUMIERE »

Exercice 1 : (résolu)

Un rayon lumineux de couleur jaune, tombe sur l'une des faces d'un prisme sous une incidence de 50°. Si l'angle du prisme est 70° et son indice de réfraction 1,5, calculer :

a- L'angle de réfraction r ;

b- L'angle d'émergence i' ;

c- La déviation D du rayon émergent.

Exercice 2 : (résolu)

Un prisme d'arrête A = 40° et d'indice n = 1,5, est placé dans l'air.

1- Un rayon lumineux monochromatique arrive sur la face d'entrée sous une incidence i = 40°.

a- Faire le schéma montrant le chemin suivi par la lumière jusqu'à la sortie du prisme.

b- Calculer les valeurs des angles de réfraction interne r et r' et d'émergence i'.

2- Si le rayon incident tombe perpendiculairement sur la face d'entrée du prisme :

a- Faire la représentation du chemin suivi par la lumière jusqu'à la sortie du prisme.

b- Calculer les angles d'émergence i' et de déviation D.

Exercice 3 : (résolu)

Un rayon lumineux atteint la première face d'un prisme sous une incidence de 45°, l'angle du prisme $\hat{A}$ = 60° et son indice n = 1,5.

1. Calcule successivement les valeurs des angles r, r', i' et D
2. Ce prisme est éclairé cette fois-ci par une source monochromatique. L'expérience est réalisée de façon que la déviation soit minimale.
   a) Rappelle les quatre formules fondamentales du prisme.
   b) Etablis les conditions de réalisation d'un minimum de déviation.
   c) Montre qu'au minimum de déviation l'indice du prisme répond à la relation :

$$n = \frac{\sin\frac{(D_m+A)}{2}}{\sin(\frac{A}{2})}$$

   d) En déduis la déviation minimale D_m, ainsi que les valeurs des angles i et r.

Exercice 4 : (résolu)

L'indice de réfraction d'un prisme d'angle A = 60°, est compris entre 1,523 et 1,514. Un faisceau de lumière parallèle, arrive sur le prisme sous une incidence de 40°.

1- Donne l'expression de l'angle de déviation du rayon incident à la sortie du prisme.

2- Calcule pour ces valeurs limites des indices de ce prisme :

a- Les valeurs respectives des angles de réfraction r correspondant ;

b- Les valeurs respectives des angles de réfraction internes r' correspondant ;

c- Les valeurs respectives des angles d'émergence i' correspondant ;

d- Les valeurs des angles de déviation D des rayons lumineux correspondant.

3- En déduire l'écart angulaire entre les deux rayons limites qui émergent du prisme.

Exercice 5 : (résolu)

Un prisme d'indice $n = 1{,}5$ a un sommet $A = 30°$.

1- On fait tomber normalement sur sa face antérieure un rayon lumineux. Déterminer l'angle d'émergence du rayon lumineux ainsi que la valeur de la déviation D.

2- Dans les mêmes conditions d'incidence, quels doivent être :

a- L'indice de réfraction du prisme pour qu'il y ait émergence rasante ?

b- L'angle au sommet A pour qu'il y ait émergence rasante pour $n = 1{,}5$.

Exercice 6 : (résolu)

On veut déterminer la déviation minimale d'un prisme. Pour cela, on considère un rayon lumineux monochromatique qui tombe perpendiculairement à la 1ère face d'un prisme d'angle au sommet $\hat{A} = 30°$.

1- Calcule l'indice de réfraction du prisme, sachant que le rayon lumineux subit une déviation de valeur D = 30°.

2- On considère maintenant un prisme taillé dans le même verre et d'angle au sommet $\hat{A} = 60°$.

a- Quel doit être l'angle d'incidence i, pour que le rayon lumineux émerge en rasant la face de sortie ?

b- Quelle doit - être alors la déviation minimale pour ce prisme ?

Exercice 7 : (Résolu)

On considère un prisme en verre d'indice $n = 1{,}5$ et d'angle $A = 60°$.

1) A quelle condition un rayon lumineux situé dans le plan de section principale arrivant sur une face du prisme sous une incidence i pourra t - il émerger du prisme ? Déterminer cette valeur i_0.

2) Quel est l'angle d'émergence d'un rayon arrivant sous une incidence de 35° ? Quelle est la déviation que subit ce rayon ?

3) On se place au minimum de déviation. Calculer sa valeur D_m ainsi que l'incidence correspondante.

Exercice 8 : (non résolu)

Soit un prisme d'angle au sommet 60° et d'indice n = 1,5. Donner les valeurs des angles d'incidences, de réfraction, de déviation, d'émergence, et faire une représentation, dans les cas suivants :

a- Incidence rasante ;

b- Incidence normale ;

c- Minimum de déviation ;

d- Emergence rasante.

Exercice 9 : (non résolu)

1) L'angle au sommet A d'un prisme est de 30°. On fait tomber normalement sur sa face d'entrée un pinceau lumineux jaune. L'indice de réfraction du verre dans lequel est taillé le prisme étant 3/2, on demande l'angle d'émergence ainsi que la valeur de la déviation D.

2) Les conditions d'incidence étant les mêmes :

a) On demande quelle devrait être la valeur de n pour que le rayon émergent sort en rasant la face postérieure du prisme.

b) Quel devrait être l'angle au sommet d'un prisme d'indice $n = 3/2$ pour que le rayon émergent sort en rasant la face postérieure du prisme ?

3) Un prisme d'indice $n = 3/2$ et d'angle au sommet $A = 44°$, reçoit un pinceau lumineux dans les conditions donnant un minimum de déviation. Quelles sont les valeurs des angles i et D.

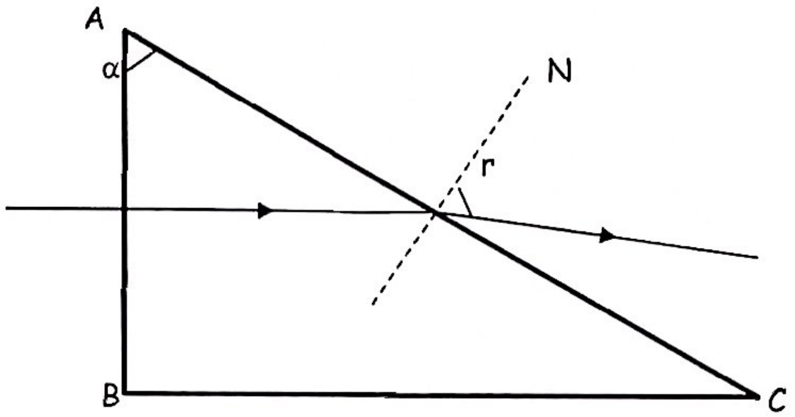
Exercice 10 : (non résolu)

Un prisme en verre d'indice $n = 1{,}51$, a pour section principale un triangle ABC, rectangle en B. On note par α l'angle $\widehat{BAC}$. Le prisme est placé dans l'air d'indice égal à 1. On éclaire la face d'entrée AB sous une incidence normale.

1- Calcule la valeur de l'angle de réfraction r à la sortie du prisme pour $\alpha = 30°$. 1,5pt

2- Soit α_L la valeur limite de l'angle en A à partir de laquelle il y a réflexion totale sur la face AC du prisme. Calcule la valeur α_L. 1,5pt

3- Quelle est la valeur α' de α pour laquelle, après réflexion totale sur AC, le rayon lumineux émerge du prisme perpendiculairement à la face BC ? 1pt



Exercice 11 : (non résolu)

1) L'angle au sommet A d'un prisme est de 30°. On fait tomber normalement sur sa face antérieure un pinceau de lumière jaune du sodium. L'indice du verre dans lequel est taillé le prisme étant 3/2, on demande l'angle d'émergence du pinceau ainsi que la valeur de la déviation D.

2) Les conditions d'incidence étant les mêmes ;

   a) On demande quelle devrait être la valeur de l'indice de réfraction n pour que le rayon émergent sorte en rasant la face postérieure du prisme.

   b) Quelle devrait être l'angle au sommet d'un prisme d'indice $n = 3/2$ pour que dans les mêmes conditions d'incidence, le rayon émergent sorte également en rasant la face postérieure du prisme ?

3) Un prisme d'indice n et d'angle au sommet A reçoit un pinceau lumineux dans les conditions donnant le minimum de déviation. Quelles sont les valeurs de l'angle d'incidence i et de la déviation D ? On donne $n = 3/2$; $A = 44°$.

Solution 1 :

1- Angle de réfraction r :

$\sin i = n \sin r \Rightarrow r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin i}{n}\right)$ $AN : r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin 50°}{1,5}\right) = 30,7°$

2- Angle d'émergence i' :

$\sin i' = n \sin r'$ $or\ r' = A - r \Rightarrow i' = \sin^{-1}[n \sin(A - r)]$

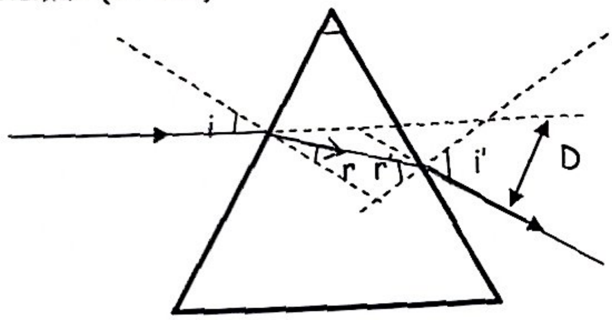
$AN :\ i' = \sin^{-1}[1,5. \sin(70° - 30,7)] = 71,8°$

3- Angle de déviation D :

$D = i + i' - A$ $AN:\ D = 50° + 71,8° - 70° = 51,8°$

Solution 2 :

1- a)- Schéma : (i = 40°)

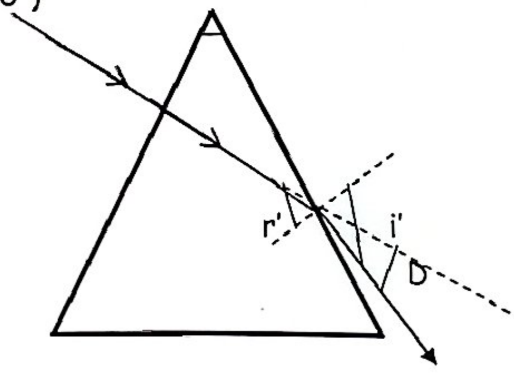


b)- Valeurs des angles internes r et r', et de l'angle émergent i' :

- Valeur de r : $r = \sin^{-1}\left(\frac{\sin i}{n}\right) = \sin^{-1}\left(\frac{\sin 40°}{1,5}\right) = 25,4°$
- Valeur de r' : $r' = A - r = 40° - 25,4° = 14,6°$

Valeur de i' : $i' = \sin^{-1}(n. \sin r') = \sin^{-1}(1,5. \sin 14,6°) = 22,2°$

2- a)- Schéma (i = 0°)



b)- Valeurs de i' et D :

- Angle i' : $i' = \sin^{-1}(n \sin r')$ $or\ r' = A - r\ et\ r = 0° \Rightarrow r' = A$

$\Rightarrow i' = \sin^{-1}(n \sin A) = \sin^{-1}(1,5. \sin 40°) = 74,6°$

- Angle de déviation D : $D = i + i' - A$ $or\ i = 0° \Rightarrow D = i' - A = 74,6° - 40° = 34,6°$

Solution 3 :

1- Valeurs de r, r', i' et D :

- Valeur de r : $r = sin^{-1}\left(\frac{\sin i}{n}\right) = sin^{-1}\left(\frac{\sin 45°}{1,5}\right) = 28°$
- Valeur de r' : $r' = A - r = 60° - 28° = 32°$
- Valeur de i' : $i' = sin^{-1}(n \sin r') = sin^{-1}(1,5.\sin 32°) = 52,6°$
- Valeur de D : $D = i + i' - A \ = 45° + 52,6° - 60° = 37,6°$

2- Déviation minimale :

a- Formules fondamentales du prisme :

$$(1): \sin i = n \sin r\ ;\ (2): \sin i' = n \sin r'\ ;\ (3): A = r + r';\ \ (4): D = i + i' - A$$

b- Condition de réalisation du minimum de déviation :

$$i = i' \Rightarrow r = r' \Rightarrow A = 2r \ et \ D_m = 2i - A$$

c- Montrer que $n = \frac{\sin\left(\frac{D_m+A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$: $De\ (1): \sin i = n \sin r \Rightarrow n = \frac{\sin i}{\sin r}$

$$Or\ minimum\ de\ déviation \Rightarrow i = \frac{D_m + A}{2}\ \ et\ r = \frac{A}{2} \ \Rightarrow n = \frac{\sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right)}{\sin\left(\frac{A}{2}\right)}$$

d- Valeur de D_m : Pour A = 60° et n = 1,5 :

$$\sin\left(\frac{D_m + A}{2}\right) = n \sin\left(\frac{A}{2}\right) \Rightarrow \frac{D_m + A}{2} = sin^{-1}\left(n \sin\frac{A}{2}\right)$$

$$D'où \ \ D_m = 2sin^{-1}\left(n \sin\frac{A}{2}\right) - A \ = 2\,sin^{-1}(1,5.\sin 30°) - 60° = 37,2°$$

Valeurs de i et de r :

$$i = \frac{D_m + A}{2} = \frac{37,2° + 60°}{2} = 48,6° \ \ et \ r = \frac{A}{2} = \frac{60°}{2} = 30°$$

Solution 4 :

1- Expression de l'angle de déviation : $D = i + i' - A$

2- Valeurs limites des indices du prisme :

a- Valeurs des angles de réfraction : $\sin i = n \sin r \ \Rightarrow r = sin^{-1}\left(\frac{\sin i}{n}\right)\ \ pour\ i = 40°$

- $n = 1,514 \Rightarrow r = 25,12°$
- $n = 1,523 \Rightarrow r = 24,96°$

b- Valeurs des angles de réfraction interne : $r' = A - r\ \ pour\ \ A = 60°$

- $n = 1,514 \Rightarrow r = 25,12°\ \ et\ \ r' = 34,88°$
- $n = 1,523 \Rightarrow r = 24,96\ \ et\ \ r' = 35,04°$

c- Valeurs des angles d'émergence : $\sin i' = n \sin r' \ \Rightarrow i' = sin^{-1}(n \sin r')$

- $n = 1,514 \Rightarrow r' = 34,88°\ \ et\ \ i' = 59,97°$
- $n = 1,523 \Rightarrow r' = 35,04°\ \ et\ \ i' = 60,97°$

d- Valeurs des angles de déviation : $D = i + i' - A$

- $n = 1,514 \Rightarrow \ i' = 59,97° \ \ et\ \ D = 39,97°$
- $n = 1,514 \Rightarrow \ i' = 60,97° \ \ et\ \ D = 40,97°$

3- Ecart angulaire entre les rayons limites qui émergent : $\Delta i' = 60,97° - 59,97° = 1°$

Solution 5 :

1- Angle d'émergence i' et angle de déviation D, pour $i \ = \ r \ = \ 0°$:

- Angle d'émergence i' :

$$\sin i' = n \sin r' \quad or \quad r' = A \Rightarrow \sin i' = n \sin A \Rightarrow i' = \ sin^{-1}(n \sin A) = 48{,}6°$$

- Angle de déviation D : $D = i' - A \quad AN: \ D = 48{,}6° - 30° = 18{,}6°$

2- Pour les mêmes conditions $(i = r = 0°)$:

a- Valeur de l'indice de réfraction pour $i' = 90°$:

$$\sin i' = n \sin r' \Rightarrow n = \frac{\sin i'}{\sin r'} \quad or \ i' = 90° \ et \ r' = A = 30° \Rightarrow n = 2$$

b- Angle au sommet pour n = 1,5 :

$$\sin i' = n \sin r' \quad or \ i' = 90° \ et \ r' = A \Rightarrow \sin i' = n \sin A \Rightarrow A = sin^{-1}\left(\frac{\sin i'}{n}\right) = 41{,}8°$$

Solution 6 :

1- Indice de réfraction du prisme pour A = 30° :

$$\sin i' = n \sin r' \Rightarrow n = \frac{\sin i'}{\sin r'} \quad or \ i = r = 0° \Rightarrow i' = D + A \ \ et \ r' = A \Rightarrow n = \frac{\sin(D + A)}{\sin A} = 1{,}73$$

2- Pour $A = 60°$:

a- Angle d'incidence pour $i' = 90°$: $\Rightarrow r' = sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) = 35{,}3°$

$$Or \ \sin i = n \sin r \ \ et \ r = A - r' = 60° - 35{,}3° = 24{,}7° \Rightarrow \ i = sin^{-1}(n \sin r) = 46{,}3°$$

b- Déviation minimale :

$$déviation \ minimale \ \ i = i' \ \Rightarrow \ D_m = 2i - A = 32{,}6°$$

Solution 7 :

1)- Condition d'émergence : $r' \leq \lambda \ et \ A \leq 2\lambda$

$$Or \ \ \lambda = sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) = 41{,}8° \ \Rightarrow \ A = 60° < 2\lambda \ \ donc \ il \ y'a \ \ émergence$$

$$Valeur \ de \ i_o : \ \ Pour \ r' = \lambda \Rightarrow r = A - \lambda \ \ et \ \ i = \ i_o = sin^{-1}[n \sin(A - \lambda)] = 27{,}9°$$

2)- Pour i = 35° :

- Angle d'émergence :

$$i' = \ sin^{-1}(n \sin r') \ \ or \ r' = A - r \ \ et \ r = sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\sin i\right) \ \ AN : r = 22{,}5° ; \ r' = 37{,}5° \ \ et \ i' = 65{,}9°$$

- Angle de déviation : $D = i + i' - A \ = \ 35° + 65{,}9° - 60° = 40{,}9°$

3)- Minimum de déviation :

$$D_m = 2i - A \ \ or \ \ r = r' = \frac{A}{2} \ \ et \ \ i = i' = sin^{-1}\left(n \sin \frac{A}{2}\right) = 48{,}6° \ \Rightarrow D_m = 37{,}2°$$

Solution 8 :

a)- Incidence rasante :

$$i = 90° \Rightarrow \ r = r_{max} \ \Rightarrow r_{max} = sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) = sin^{-1}\left(\frac{1}{1{,}5}\right) = 41{,}8°$$

$$r' = A - r = 60° - 41{,}8° = 18{,}2° \quad \Rightarrow i' = \ sin^{-1}(n \sin r') = 27{,}9° \ \ et \ D = i + i' - A = 57{,}9°$$

b)- Incidence normale :

$$i = 0° \Rightarrow r = 0° \ \Rightarrow \ r' = A = 60° \ \ avec \ \ \lambda = sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\right) = 41{,}8°$$

$$comme \ \ r' > \ \lambda \Rightarrow \ \ émergence \ impossible \ \ donc \ \ refléxion \ totale$$

c)- Minimum de déviation : $r = r' = \frac{A}{2} = \frac{60°}{2} = 30°$

$i = i' = sin^{-1}(n \sin r) = sin^{-1}(1{,}5 \sin 30°) = 48{,}6° \Rightarrow D = 2i - A = 2.48{,}6° - 60° = 37{,}2°$

d)- Emergence rasante :

$$i' = 90° \ \Rightarrow réfraction \ limite \Rightarrow r' = \lambda = sin^{-1}\left(\frac{1}{n}\sin i'\right) = sin^{-1}\left(\frac{1}{1{,}5}\right) = 41{,}8°$$

$$r = A - \lambda = 18{,}2° \Rightarrow \ i = \ sin^{-1}(n \sin r) = 27{,}9° \ \ et \quad D = i + i' - A = 57{,}9°$$

Chapitre 1 : PHENOMENE D'ELECTRISATION - LOI DE COULOMB

1- Interactions entre charges électriques immobiles dans le vide :

- Les corps chargés d'électricité de même signe, se repoussent
- Les corps chargés d'électricité de signes contraires, s'attirent.

2- Loi de Coulomb :

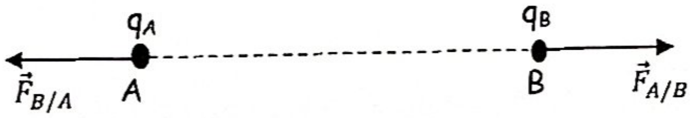
Deux charges électriques q_A et q_B, placées respectivement en A et en B, distantes de d = AB, sur chaque charge s'exerce mutuellement deux forces $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$, opposées dont l'intensité commune a pour expression :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = 9.10^9.\frac{|q_A||q_B|}{AB^2} \quad (en\ N)$$

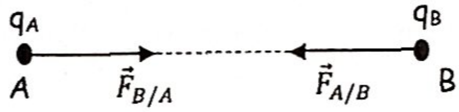
$$Avec\ |q_A|\ et\ |q_B| : \ en\ coulomb\ (C)\ ;\ AB = d : (en\ m)$$

Représentation :

- q_A et q_B chargées de même signe :



- q_A et q_B chargées de signes contraires :



Exercice 1 : (résolu)

Deux ions Na^+ et SO_4^{2-}, sont placés respectivement en A et B, deux points distants de 20 cm. Quelles sont les valeurs respectives q_A et q_B de la charge portée par chaque

1- Quelles sont les valeurs respectives q_A et q_B de la charge portée par chaque ion ?
2- Représente les forces électrostatiques qui s'exercent mutuellement sur chacune des charges.
3- En déduire l'intensité commune de ces forces.

On donne : $e = 1{,}6.10^{-19}C$

Exercice 2 : (résolu)

La boule d'un pendule électrique chargée positivement, est attirée par une force électrique horizontale. A l'équilibre, le fil de suspension de la boule s'incline d'un angle α = 30° avec la verticale. Sachant que le poids de la boule est de $10^{-2}\ N$;

a- Quelles sont les forces qui s'exercent sur la boule à l'équilibre ?
b- Représente sur un schéma annoté les forces concourantes qui s'exercent sur la boule à l'équilibre.
c- Calcule l'intensité F de la force électrique ainsi que la tension du fil.

Exercice 3 : (résolu)

1)- Deux charges $q_A = +10^{-6}\ C$ et $q_B = -3{,}5.10^{-6}C$ sont placées respectivement en A et B distants de 16cm.

Quelle est la valeur commune des forces électrostatiques s'exerçant sur q_A et q_B.

2)- En un point C situé dans le prolongement de AB (du côté de B) tel que AC = 30cm, on place une charge $q_C = -10^{-6}C$.

a- Quelle est la valeur F_{AC} de la force électrostatique exercée par la charge q_A sur q_C ?
b- Quelle est la valeur F_{BC} de la force électrostatique exercée par la charge q_B sur q_C ?
c- Représente en C, les forces $\vec{F}_{AC}$ et $\vec{F}_{BC}$ exercées respectivement par q_A et q_B sur la charge q_C ; en déduire la valeur F de la résultante de ces deux forces.
d- En quel point C placé entre A et B, doit - on placer la charge q_C, pour que cette résultante F soit nulle ?

Exercice 4 : (résolu)

On considère deux charges $q_A = +2.10^{-6}\ C$ et $q_B = -2.10^{-6}C$ placées respectivement en A et B distants de 20cm.

En un point C situé de la médiane de AB et passant en son milieu I, tel que IC = 15cm, on place une charge $q_C = -3{,}5.10^{-6}C$.

a)- Quelle est la valeur F_{AC} de la force électrostatique exercée par la charge q_A sur q_C ?

b)- Quelle est la valeur F_{BC} de la force électrostatique exercée par la charge q_B sur q_C ?

c)- Représente en C, les forces $\vec{F}_{AC}$ et $\vec{F}_{BC}$ exercées respectivement par q_A et q_B sur la charge q_C ; en déduire la valeur F de la résultante de ces deux forces.

Solution 1 :

1- Charge de chaque ion :

$$Na^+ : q_A = +e = +1,6.10^{-19}\ C \quad et \quad SO_4^{-2} : q_B = -2e = -3,2.10^{-19} C$$

2- Représentation des forces :

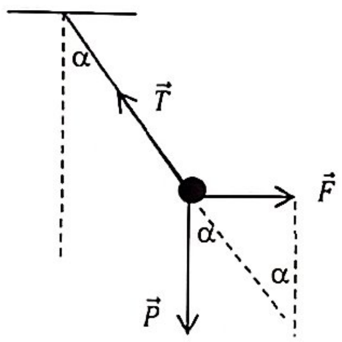
3- Valeur commune des forces :

$$F_A = F_B = 9.10^9.\frac{|q_A|.|q_B|}{AB^2} \quad AN : F_A = F_B = 9.10^9.\frac{1,6\ .3,2.(10^{-19})^2}{(0,2)^2} = 1,15.10^{-26}\ N$$

Solution 2 :

a- Forces s'exerçant sur la boule à l'équilibre : Le poids $\vec{P}$, la tension du fil $\vec{T}$ et la force électrique $\vec{F}$.

b- Schéma annoté :



c- Valeur de la force électrique et de la tension du fil :

$$\tan\alpha = \frac{F}{P} \Rightarrow F = P\tan\alpha \quad AN : F = 10^{-2}.\tan 30° = 5,77.10^{-3}\ N$$

$$\cos\alpha = \frac{P}{T} \Rightarrow T = \frac{P}{\cos\alpha} \quad AN : T = \frac{10^{-2}}{\cos 30°} = 1,15.10^{-2}\ N$$

Solution 3 :

1- Valeur commune des forces s'exerçant sur q_A et q_B :

$$F_A = F_B = 9.10^9.\frac{|q_A|.|q_B|}{AB^2} \quad AN : F_A = F_B = 9.10^9.\frac{10^{-6}\ .3,5.10^{-6}}{(0,16)^2} = 1,23\ N$$

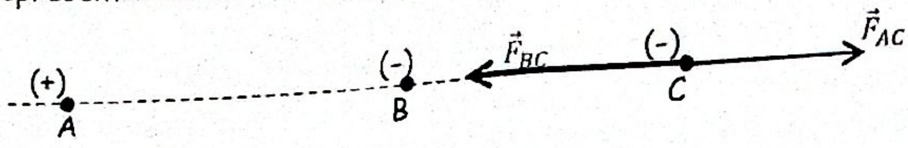
2- a)- Valeur de la force F_{AC} exercée par q_A sur q_C :

$$F_{AC} = 9.10^9.\frac{|q_A|.|q_C|}{AC^2} \quad AN : F_{AC} = 9.10^9.\frac{10^{-6}.\ 10^{-6}}{(0,3)^2} = 0,1\ N$$

b)- Valeur de la force F_{BC} exercée par q_B et q_C :

$$F_{BC} = 9.10^9.\frac{|q_B|.|q_C|}{BC^2} \quad AN : F_{BC} = 9.10^9.\frac{3,5.10^{-6}.\ 10^{-6}}{(0,14)^2} = 1,6\ N$$

c)- Représentation en C des forces $\vec{F}_{AC}$ et $\vec{F}_{BC}$:



- Valeur F de la résultante des forces $\vec{F}_{AC}$ et $\vec{F}_{BC}$:

$$F = F_{BC} - F_{AC} = 1{,}6 - 0{,}1 = 1{,}5\ N$$

d)- Position du point C placé entre A et B, pour que F = 0 :

$$F = F_{BC} - F_{AC} = 0 \Rightarrow F_{BC} = F_{AC} = 9.10^9.\frac{|q_B|.|q_C|}{BC^2} = 9.10^9.\frac{|q_A|.|q_C|}{AC^2}$$

$$\Rightarrow \frac{|q_B|}{BC^2} = \frac{|q_A|}{AC^2} \quad or \quad |q_A| = 10^{-6}C\ ;\ |q_B| = 3{,}5.10^{-6}C \ \ et \ \ BC = AB - AC = 0{,}16 - AC$$

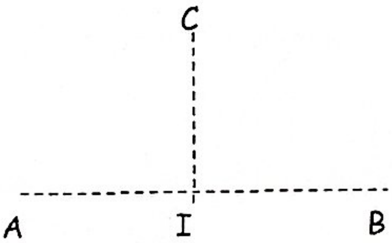
$$\Rightarrow \frac{3{,}5}{(0{,}16 - AC)^2} = \frac{1}{AC^2} \Rightarrow 3{,}5.AC^2 = (0{,}16 - AC)^2 \Rightarrow AC.\sqrt{3{,}5} = 0{,}16 - AC$$

$$\Rightarrow AC = \frac{0{,}16}{1 + \sqrt{3{,}5}} \approx 0{,}06\ m = 6\ cm$$

<u>Solution 4 :</u>

<u>Schématisation</u> :

AB = 20cm ; IC = 15cm



a)- Force exercée par la charge q_A sur q_C :

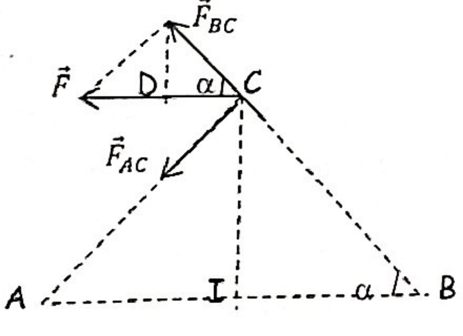
$$F_{AC} = 9.10^9.\frac{|q_B|.|q_C|}{AC^2} = 9.10^9.\frac{|q_B|.|q_C|}{AI^2 + IC^2} = \frac{9.10^9.2.10^{-6}.\ 3{,}5.10^{-6}}{0{,}1^2 + 0{,}15^2} = 1{,}93\ N$$

b)- Force exercée par la charge q_B sur q_C :

$$F_{AC} = 9.10^9.\frac{|q_B|.|q_C|}{BC^2} = 9.10^9.\frac{|q_B|.|q_C|}{BI^2 + IC^2} = \frac{9.10^9.2.10^{-6}.\ 3{,}5.10^{-6}}{0{,}1^2 + 0{,}15^2} = 1{,}93\ N$$

c)- Résultante $\vec{F} = \vec{F}_{AC} + \vec{F}_{BC}$

Représentation :



Module de la résultante :

$$F = .2.DC \quad avec \quad DC = F_{BC}.\cos\alpha$$

$$\Rightarrow F = 2.F_{BC}.\cos\alpha$$

$$or \ \cos\alpha = \frac{BI}{BC} = \frac{BI}{\sqrt{BI^2 + IC^2}} = \frac{0{,}1}{0{,}18} = 0{,}55$$

$$\Rightarrow F = 2.1{,}93.0{,}55 = 2{,}12\ N$$

1- Qu'est – ce que le champ électrostatique ?

Le **champ électrostatique** ou **champ électrique**, est l'espace autour d'un corps chargé, dans lequel toute charge électrique q, est soumise à une **force électrostatique**.

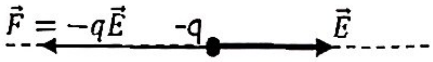
Si $\vec{E}$, représente le vecteur champ électrique, la **force électrostatique** qui s'exerce sur une charge q, a pour expression :

$$\vec{F} = q\vec{E} \quad de\ module \quad F = |q|.E \quad avec\ |q| : en\ C\ ; F : en\ N\ et\ E : en\ V/m$$

Représentation

- Pour $q > 0$: $\vec{E}$ *et* $\vec{F}$ ont le même sens ;

- Pour $q < 0$: $\vec{E}$ *et* $\vec{F}$ sont de sens contraires.



2- Le champ électrique uniforme :

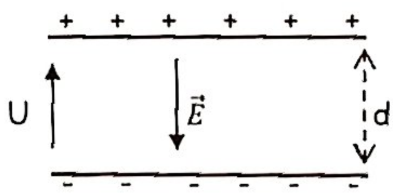
Le champ électrique **uniforme** se crée entre deux plaques métalliques parallèles chargées de signes contraires.

Le vecteur champ électrique uniforme $\vec{E}$ est constant et garde, en tout point :

- La même direction : perpendiculaire aux plaques ;
- Le même sens : orienté de la plaque chargée (+) vers la plaque chargée (-) ;
- Le même module :

$$E = \frac{U}{d} \quad avec : \begin{cases} U : tension\ entre\ les\ plaques\ (en\ V) \\ d : distance\ séparant\ les\ plaques\ \ (en\ m) \\ E :\ \ en\ V.m^{-1} \end{cases}$$

Représentation :



3- Potentiel électrostatique :

Le travail effectué par la force électrique s'exerçant sur une charge q, en déplacement dans l'espace champ, d'un point A pour un point B, est donné par la relation :

$$W_{\vec{F}} = q(V_A - V_B) \quad avec \begin{cases} q : en\ C \\ W_{\vec{F}} : en\ joule\ (J) \end{cases}$$

$$et \quad (V_A - V_B) = U_{AB} : différence\ de\ potentiel\ entre\ les\ points\ A\ et\ B\ (en\ V)$$

Remarque :

- Si $U_{AB} = 0 \Rightarrow$ A et B ont le même potentiel donc sont sur une même ligne parallèle aux plaques.
- Si $U_{AB} > 0 \Rightarrow V_A > V_B$.
- Energie potentielle de la charge q en un point A : $E_{p(A)} = q.V_A$

4- Champ créé par une charge qo en un point M :

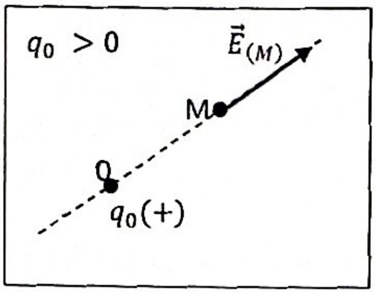
La valeur du champ électrostatique créé en un point M, par une charge q_o placée en un point O, est donné par la relation :

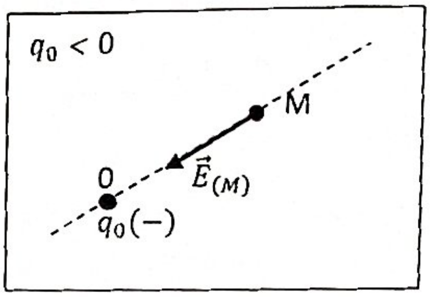
$$E_{(M)} = 9.10^9.\frac{|q_0|}{OM^2}$$

Caractéristiques du vecteur champ $\vec{E}_{(M)}$:

- Point d'application : le point M ;
- Direction : droite passant par les points O et M ;
- Sens : $\begin{cases} si\ q_0>0 \Rightarrow \vec{E}_{(M)}\ est\ orienté\ vers\ \ l'extérieur : (centrifuge) \\ si\ q_0 <0 \Rightarrow \vec{E}_{(M)}\ est\ orienté\ vers\ \ le\ point\ O : (centripète) \end{cases}$

Représentation :



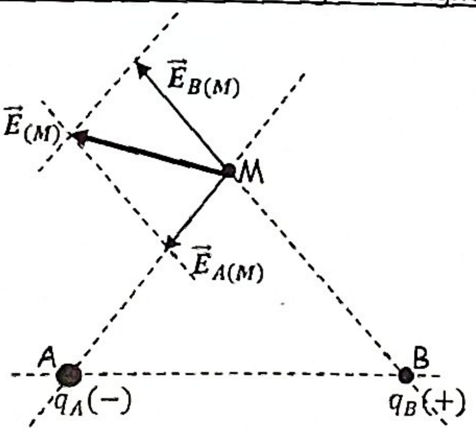


5- Champ résultant créé par deux charges électriques en un point M :

Le champ résultant créé en un point M, par deux charges q_A et q_B placées respectivement en A et en B, est égal à la somme vectorielle des champs $\vec{E}_{A(M)}$ et $\vec{E}_{B(M)}$, créés respectivement par q_A et q_B en ce point.

$$\vec{E}_{(M)} = \vec{E}_{A(M)} + \vec{E}_{B(M)}$$

Exemple : Champ créé en M par deux charges de signes contraires :



Exercice 1 : (résolu)

a- Quelle est la valeur du champ électrique capable d'exercer sur un électron, une force électrostatique opposée à son poids ?

b- Faire la représentation de cette force et du vecteur champ en ce lieu.

Exercice 2 : (résolu)

Deux charges électriques ponctuelles $q_A = q_B = 10^{-8}C$, sont placées l'une de l'autre à une distance AB = 40cm.

1- Calcule l'intensité de la force électrostatique s'exerçant sur chaque charge.

2- Représente et détermine la valeur du champ électrostatique créé par chaque charge, en un point N situé sur le segment AB et à 10 cm de A.

3- En déduire la valeur du champ électrostatique résultant en N.

Exercice 3 : (résolu)

Deux charges électriques $q_A = +10^{-8}C$ et $q_B = -10^{-8}C$, sont placées respectivement en A et B distants de 20 cm.

1- Détermine la valeur commune des forces électriques s'exerçant sur chacune des charges.

2- Représente et détermine la valeur :

a- Du champ électrique créé en A par la charge q_B ;

b- Du champ électrique créé en B par la charge q_A .

c- Du champ électrique résultant créé en un point C situé entre A et B tel que AC = 15cm, par les deux charges q_A et q_B.

Exercice 4 : (résolu)

Deux charges électriques $q_A = +10\mu C$ et $q_B = -10\mu C$, sont placées respectivement en A et B distants de 20 cm.

1- Représente puis calcule le champ électrique résultant créé par ces charges en un point C, tel que les points A, B et C forment un triangle équilatéral.

2- Représente puis calcule la force électrique qui s'exerce sur une charge $q = -2\,\mu C$, placée en C.

On donne : $1\,\mu C = 10^{-6}C$.

Exercice 5 : (résolu)

On considère un pendule électrostatique portant une charge q = +6.10^{-8}C et de masse m = 4mg. Ce pendule est en équilibre entre deux plaques verticales A et B, distantes de d = 8cm et soumise à une tension telle que $|U| = 1000\,V$.

1- Si le pendule s'incline vers la plaque A, donne la polarité des plaques A et B.

2- Représente le vecteur champ entre les plaques et détermine son intensité.

3- Quelles sont les forces qui s'exercent sur le pendule pour le maintenir en équilibre ?

4- Représente ces forces et en déduis la valeur de l'angle d'inclinaison α du pendule.
Données : g = 10N/kg.

Exercice 6 : (résolu)

Entre deux plaques parallèles P et N, distantes de 18 cm, on maintient une différence de potentiel $U_{PN} = 900V$. On considère les points A, B et D du champ électrique créé, tels que : le point A est à 2cm de N, le point B à 3cm de P et le segment BD est parallèles aux plaques tel que BD = 2cm.

1- Quelle est la différence de potentiel entre les points A et B, B et D, A et D.
2- Quelle est l'énergie potentielle d'une charge q = 1 pC, lorsqu'elle est située en A, en B et en D. (On prendra pour origine des potentiels, la plaque négative).
3- Calculer le travail de la force électrique lors du déplacement de la charge de A en D.

On donne : $1\ pC = 10^{-12}\ C$

Exercice 7 : (non résolu)

1- Une charge q = +12nC se déplace d'un point A de potentiel 400V pour un point B de potentiel 180V.
a- Quel est le travail effectué par la force électrique qui s'exerce sur cette charge ?
b- En déduire la valeur E du champ électrique uniforme qui existe entre les points A et B distant de 10cm.
2- On place maintenant la charge q en A et une autre charge q' en un point M milieu de AB, telle que la charge q' soit repoussée par une force électrique d'intensité $F = 10^{-6}N$. Détermine alors le signe et la valeur de la charge q'.

On donne : $1nC = 10^{-9}C$

Exercice 8 : (non résolu)

Deux plaques métalliques A et B planes et distantes de 50 cm, sont placées dans le vide. Un électron se trouvant entre les plaques et est attiré par la plaque B.

1- Donne la polarité des deux plaques A et B.
2- Quels sont le sens et le module du vecteur champ électrique $\vec{E}$, sachant que ce champ est uniforme et la d.d.p entre les plaques A et B est $U_{AB} = -4000V$.
3- Calcule le travail de la force électrique agissant sur cet électron s'il part de la plaque A pour la plaque B.

On donne : $e = 1{,}6.10^{-19}\ C$.

Problème : (résolu)

Le but de cet exercice est de déterminer le signe et la valeur d'une charge électrique placée en un point quelconque d'un espace champ électrostatique uniforme.
On considère alors une charge q = +1,5nC qui se déplace de la plaque A de potentiel $V_A = 400V$ pour la plaque B de potentiel $V_B = 100V$, distantes de 25cm.

1- Calcule le travail effectué par la force électrique s'exerçant sur cette charge.
2- Déduis la valeur E du champ électrique uniforme existant entre les plaques A et B.
3- On place maintenant une autre charge q' en un point O de l'espace champ électrique $\vec{E}$. Cette charge est attirée par la plaque A sous l'action d'une force électrique de valeur $F = 1{,}6.10^{-6}N$. Donne le signe et la valeur de la charge q'.

Solution 1 :

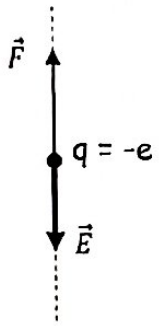
a)- Valeur du champ électrostatique : *Si $\vec{F}$ est opposée au poids $\vec{P}$ de l'électron* $\Rightarrow F = P$

$$\Rightarrow |q|E = mg \ \Rightarrow \ E = \frac{mg}{|q|} \quad AN : E = \frac{9{,}1.10^{-31}.10}{1{,}6.10^{-19}} = \quad V.m^{-1}$$

b)- Représentation de $\vec{F}$ et $\vec{E}$:

$\vec{F}$ est opposée au poids $\vec{P}$ de l'électron $\Rightarrow$ $\vec{F}$ est verticale et orientée vers le haut

$$q = -e \Rightarrow \vec{F} = -e.\vec{E} \Rightarrow \vec{E} \text{ est vertical orienté vers le bas}$$



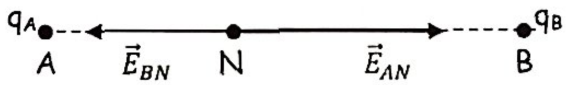
Solution 2 :

1)- Intensité de la force électrostatique s'exerçant sur chaque charge :

$$F_{A/B} = F_{B/A} = \frac{9.10^9|q_A||q_B|}{AB^2} = \frac{9.10^9(10^{-8})^2}{(0{,}4)^2} = 5{,}625.10^{-6}N$$

2)- Représentation des champs électrostatiques créés en N par chaque charge :

$$E_{AN} > E_{BN}$$



Valeur de chaque champ créé en N :

$$E_{AN} = \frac{9{,}10^9|q_A|}{AN^2} = \frac{9.10^9 10^{-8}}{10^{-2}} = 9.10^3 V.m^{-1}$$

$$E_{BN} = \frac{9.10^9|q_b|}{BN^2} = \frac{9.10^9 10^{-8}}{(0{,}3)^2} = 10^3 V.m^{-1}$$

3)- Valeur du champ électrostatique résultant en N :

$$or\ \vec{E}_N = \vec{E}_{AN} + \vec{E}_{BN} \ \ de\ module\ E_N = E_{AN} - E_{BN} = 8.10^3 V.m^{-1}$$

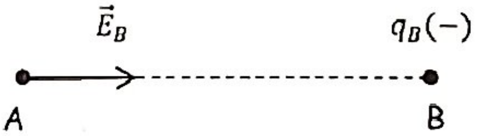
Solution 3 :

1)- Valeur commune des forces électriques s'exerçant sur chaque charge :

$$F = \frac{9.10^9|q_A||q_B|}{AB^2} = \frac{9.10^9.10^{-8}.10^{-8}}{(0{,}2)^2} = 2{,}25.10^{-5}N$$

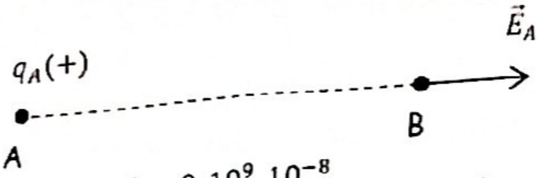
2)- Représentation et valeur du champ électrique :

a)- Créé par la charge q_B en *A* :



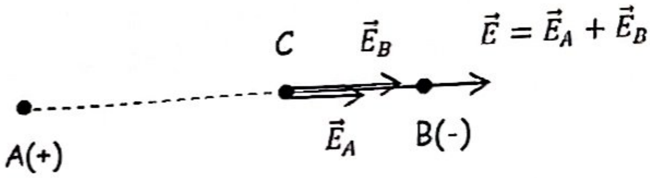
$$E_B = 9.10^9.\frac{|q_B|}{AB^2} = \frac{9.10^9.10^{-8}}{(0{,}2)^2} = 2250\ V/m$$

b)- Créé par la charge q_A en B :



$$E_A = 9.10^9.\frac{|q_A|}{AB^2} = \frac{9.10^9.10^{-8}}{(0,2)^2} = 2250\ V/m$$

c)- Champ résultant en C :

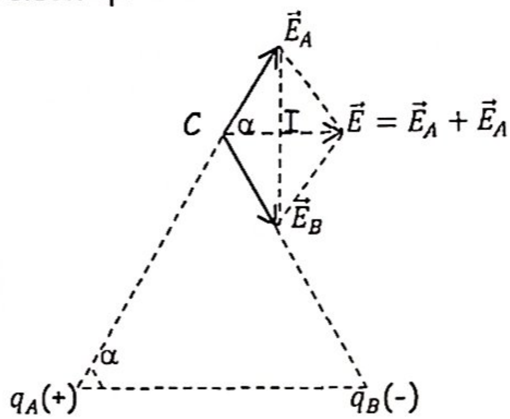


$$E = E_A + E_B\ avec \begin{cases} E_A = 9.10^9.\dfrac{|q_A|}{AC^2} = \dfrac{9.10^9.10^{-8}}{(0,15)^2} = 4000\ V/m \\ E_B = 9.10^9.\dfrac{|q_B|}{CB^2} = \dfrac{9.10^9.10^{-8}}{(0,05)^2} = 36000\ V/m \end{cases}$$

$$E = E_A + E_B = 4000 + 36000 = 40000 = 4.10^4\ V/m$$

<u>Solution 4 :</u>

1)- Représentation du champ électrique résultant en C :



- Valeur du champ résultant en C :

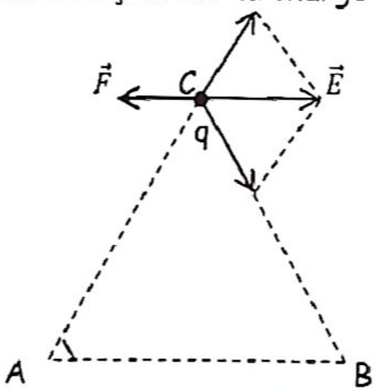
Sachant que : triangle équilatéral $\Rightarrow\ AB = AC = BC\ \ et\ \alpha = 60°$.

$$Pour\ \ |q_A| = |q_B| \Rightarrow E_A = E_B\ \Rightarrow\ E = 2.CI\ avec\ CI = E_A.\cos\alpha$$

$$D'où\ \ E = 2.E_A.\cos 60°\ \ avec\ E_A = 9.10^9.\frac{|q_A|}{AC^2}$$

$$E = 2.9.10^9.\frac{|q_A|}{AC^2}.\cos 60° = 2.\frac{9.10^9.10^{-5}}{(0,2)^2}.\cos 60° = 2,25.10^6\ V/m$$

2)- Représentation de la force s'exerçant sur la charge q(-), placée en C :



Valeur de la force électrique s'exerçant sur la charge q, placée en C :

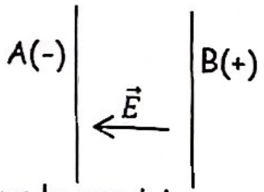
$$F = |q|.E = 2.10^{-6}.2,25.10^6 = 4,5\ N$$

Solution 5 :

1)- Polarité des plaques A et B :

Si le pendule est attiré par la plaque A, donc la plaque A est chargée négativement et la plaque B, chargée positivement.

2)- Représentation du vecteur champ :

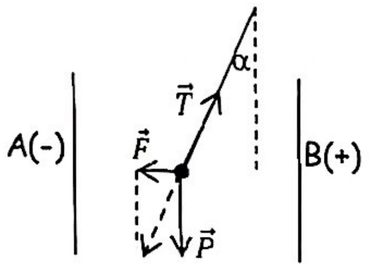


Intensité du vecteur champ :

$$E = \frac{|U|}{d} = \frac{1000}{0,08} = 1,25.10^4 V/m$$

3)- Les forces s'exerçant sur le pendule pour le maintenir en équilibre, sont : son poids $\vec{P}$, la tension $\vec{T}$ du fil et la force électrique $\vec{F} = q\vec{E}$.

4)- Représentation des forces :



Valeur de l'angle d'inclinaison :

$$\tan\alpha = \frac{F}{P} = \frac{|q|.E}{mg}$$

$$\text{d'où } \alpha = tan^{-1}\left(\frac{|q|.E}{mg}\right)$$

$$AN: \alpha = tan^{-1}\left(\frac{6.10^{-8}.1,25.10^4}{4.10^{-6}.10}\right) = 18,75°$$

Solution : 6

1)- Sachant que entre les plaques P et N, existe un champ électrique uniforme de valeur :

$$E = \frac{U_{PN}}{PN} = \frac{900}{0,18} = 5000\, V/m$$

La différence de potentiel entre différents points, est définie par :

- Entre A et B : $V_A - V_B < 0$ car $V_A < V_B \Rightarrow U_{AB} = -E.AB = -5000.0,13 = -650\, V$
- Entre B et D : Le segment BD étant parallèle aux plaques $\Rightarrow$ $V_B = V_D \Rightarrow U_{BD} = 0V$
- Entre A et D : Etant donné que $V_B = V_D \Rightarrow U_{AD} = U_{AB} = -650\, V$

2)- Energie potentielle de la charge :

- En A : $E_{p(A)} = qV_A$ or $U_{AN} = V_A - V_N = E.NA$ et $V_N = 0 \Rightarrow V_A = E.NA = 5000.0,02 = 100V$

$$d'où\ E_{p(A)} = qV_A = 10^{-12}.100 = 10^{-10} J$$

- En B : $E_{p(B)} = qV_B$ or $U_{BN} = V_B - V_N = E.NB \Rightarrow V_B = E.NB = 5000.0,15 = 750V$

$$d'où\ E_{p(B)} = qV_B = 10^{-12}.750 = 7,5.10^{-10} J$$

- En D : Etant donné que $V_D = V_B = 750\, V \Rightarrow E_{p(D)} = qV_D = 10^{-12}.750 = 7,5.10^{-10} J$

3)- Travail de la force électrique si q se déplace de A en D :

$$W_{\vec{F}} = q(V_A - V_B) = 10^{-12}(100 - 750) = -6,5.10^{-10} J$$

Solution du problème :

1)- Travail effectué par la force électrique :

$$W_{\vec{F}} = q(V_A - V_B)\ \ AN:\ W_{\vec{F}} = 1,5.10^{-9}(400 - 100) = 4,5.10^{-7} J$$

2)- Valeur du champ électrique entre les plaques :

$$E = \frac{V_A - V_B}{AB}\ \ AN:\ E = \frac{400 - 100}{0,25} = 1200\, V/m$$

3)- Si la charge q' est attirée par la plaque A, elle est donc chargée négativement.

Valeur de la charge q' :

$$Sachant\ que\ F = |q'|E \Rightarrow |q'| = \frac{F}{E} \Rightarrow q' = -\frac{F}{E}\ \ AN:\ q' = -\frac{1,6.10^{-6}}{1200} = -1,33.10^{-9}\, C$$

Chapitre 1 : LE COURANT ELECTRIQUE CONTINU

1- Nature du courant électrique :

Le courant électrique est le déplacement ordonné des charges électriques. Parmi les charges électriques, on peut citer : les électrons libres et les ions.

- Dans un conducteur métallique, la conduction électrique est due à la présence des électrons libres appelés **électrons de conduction**.
- Dans une solution **ionique aqueuse ou électrolyte**, la conduction électrique est due à la **double migration des ions** entre les molécules du solvant (l'eau).

2- Intensité du courant électrique :

- Quantité d'électricité :

Pour n électrons libres qui traversent la section d'un conducteur métallique pendant une durée t, la quantité d'électricité Q, qui traverse cette section, est donnée par la relation :

$$Q = n.e \ avec \ \ e = \ 1,6.10^{-19}C$$

NB : Si $n = \ N_A = \ 6{,}02.10^{23}\,mol^{-1} \ \Rightarrow \ Q = 1\,faraday\,(F) = 96500\ C$

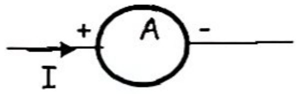
- Intensité d'un courant électrique :

Si Q est la quantité d'électricité qui traverse le section d'un conducteur pendant une durée t, l'intensité I du courant correspondant est donnée par la relation :

$$I = \frac{Q}{t} \quad (en\ A)\ avec\ Q : (en\ C)\ et\ t : (en\ s)$$

3- Mesure de l'intensité du courant :

L'intensité du courant se mesure à l'aide d'un **ampèremètre** monté en série dans le circuit.



NB : Les choix du calibre et de l'échelle de lecture s'imposent.

La valeur de la mesure est : $I = \frac{Lecture\,.calibre}{échelle\ choisie} \ \ (en\ A)$

4- Lois de conservation des charges dans un circuit :

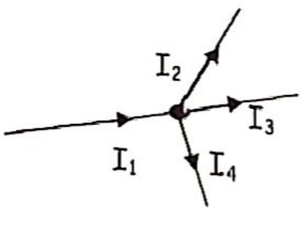
- Unicité de courant :

En tout point d'un circuit électrique en série, l'intensité du courant est la même.

- Additivité de courant ou loi de nœud :

La somme des courants arrivant au niveau du nœud, est égale à la somme des courants qui en partent.

Exemple :



$I_1 \ = I_2 + I_3 + I_4$

Exercice 1 : (résolu)

Les deux circuits suivants sont identiques et comporte un générateur et 5 dipôles numérotés de 1 à 5.

Reproduis le schéma (1) puis indique les numéros des dipôles en plaçant respectivement les nœuds A, B, C et D correspondants.

Schéma 1 :

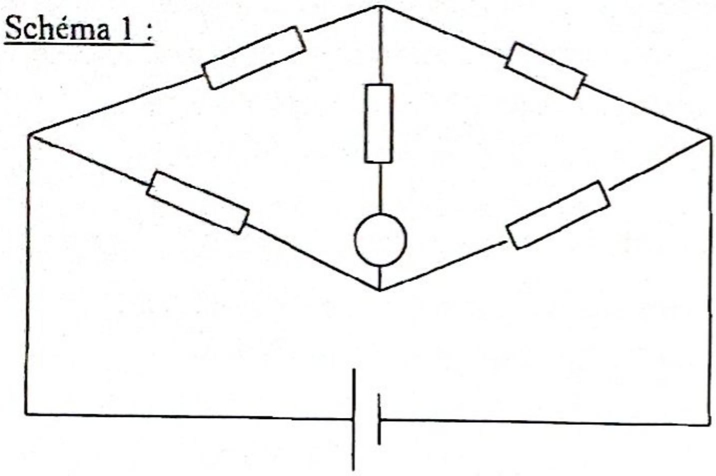
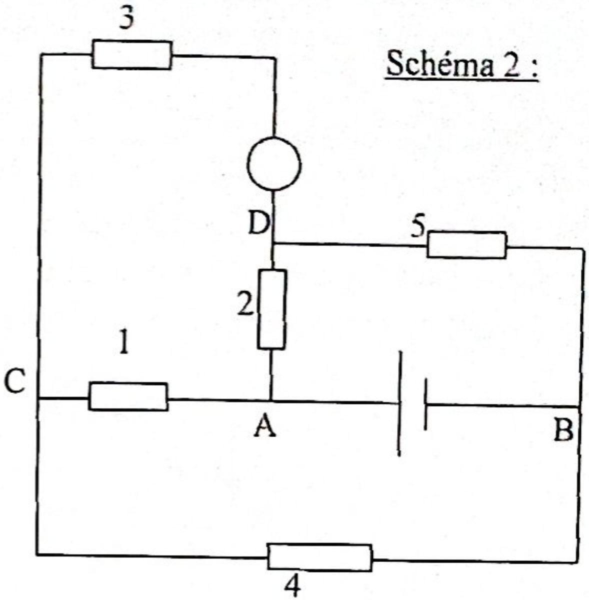


Schéma 2 :



Exercice 2 : (non résolu)

Pour alimenter une ampoule de lampe de poche, on utilise une pile. On dispose d'un ampèremètre avec deux bornes + et -.

a- Faire le schéma du montage qui permet de mesurer l'intensité du courant qui traverse cette ampoule.

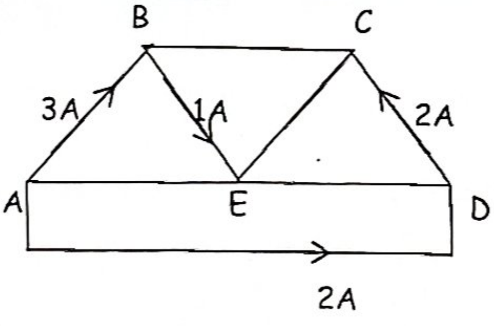
b- L'intensité de ce courant est 0,5A et l'ampèremètre utilisé comporte les calibres suivants : 100mA ; 300mA ; 1A et 3A. Quel calibre adapté faudra – t – il choisir ?

c- La graduation de l'ampèremètre comporte 100 divisions équidistantes. Sur quelle division se place l'aiguille si on utilise le calibre 1A, puis 3A ?

Réponses : b)- Calibre : 1A ; c)- C = 1A ⇒ lecture : 50 div. ; C = 3A ⇒ lecture : 17 div.

Exercice 3 : (non résolu)

Dans la représentation du réseau de la figure ci – dessous, les générateurs ne sont pas représentés.



En appliquant la loi des nœuds :

a- Indique sur le schéma, le sens et l'intensité du courant dans les différentes branches du circuit.

b- Quelle quantité d'électricité quitte le nœud E en 1 minute ?

c- Sachant qu'il n'y a aucun générateur dans la branche ED, que se passe- t – il si on la supprime ?

Exercice 4 : (résolu)

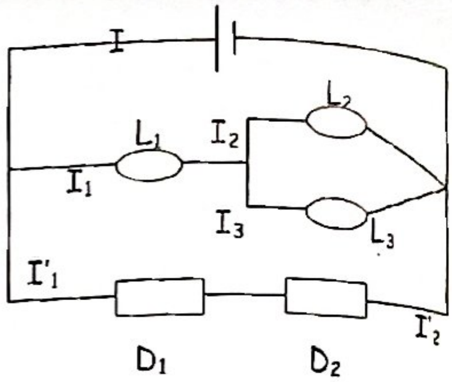
On considère le montage électrique ci - dessous :

a- Reproduire le schéma en précisant les nœuds et les sens des courants I, I_1, I'_1, I'_2, I_2 et I_3.

b- On donne : $I_2 = 3I_3$, $I_1 = I'_1$ et $I = 3A$. Détermine les valeurs de I_1, I_2, I_3, I'_1 et I'_2.

c- Comment sont associées les lampes L_2 et L_3 ?

d- Comment sont associés les dipôles D_1 et D_2 ?



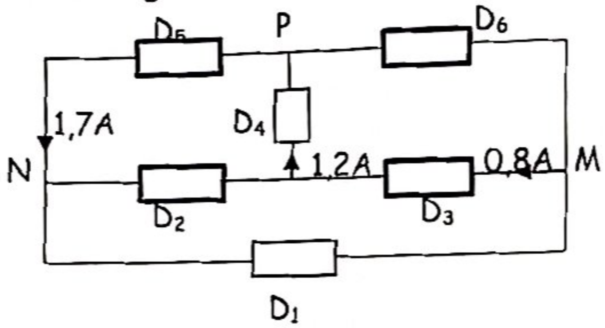
Exercice 5 : (résolu)

Soit le circuit ci – dessous comprenant six dipôles.

On mesure : $I_3 = 0{,}8A$; $I_4 = 1{,}2A$ et $I_5 = 1{,}7A$.

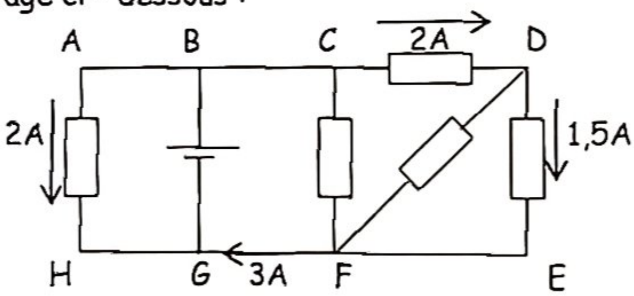
1)- Détermine les sens et les intensités des courants I_1, I_2 et I_6, dans les dipôles D_1, D_2 etD_6 ;

2)- Lequel de ces dipôles est le générateur ?



Exercice 6 : (non résolu)

On considère le montage ci – dessous :



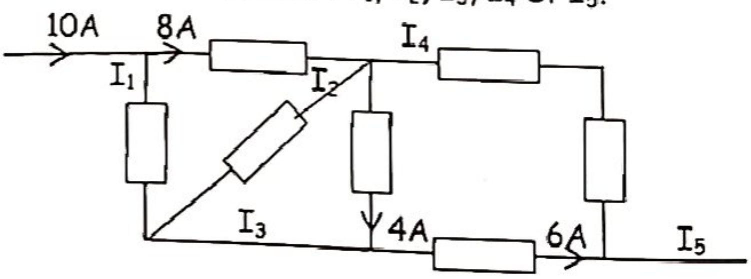
Donne les sens et les intensités des courants dans les branches BC, GB, DF et CF du circuit.

<u>Réponses :</u> $I_{BC} = 3A$; $I_{GB} = 5A$; $I_{DF} = 0{,}5A$; $I_{CF} = 1A$

Exercice 7 : (résolu)

On considère le réseau de la figure ci – dessous, dans lequel certains courants sont connus en intensité et en sens.

Détermine les sens et les intensités des courants I_1, I_2, I_3, I_4 et I_5.

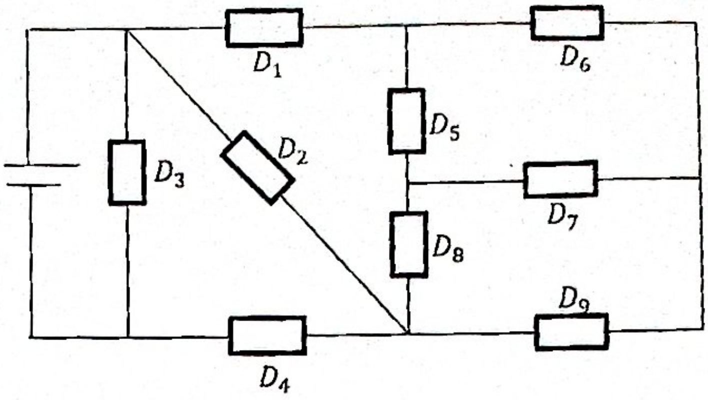


Exercice 8 : (non résolu)

Dans le montage ci-contre, on donne

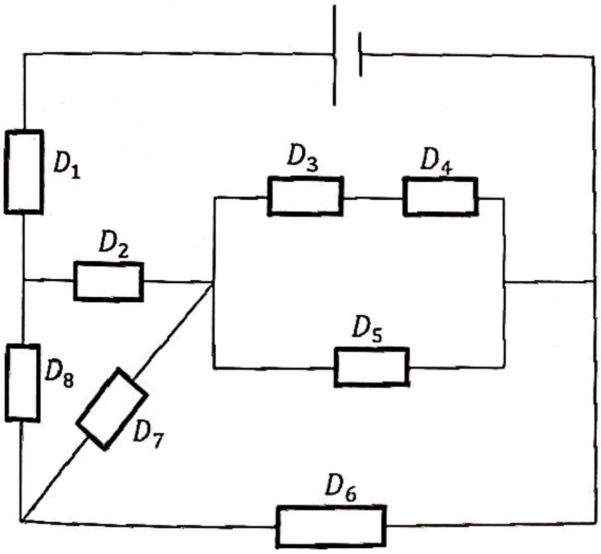
$I_1 = 5A$; $I_2 = 1A$; $I_3 = 4A$; $I_7 = 2A$; $I_8 = 2A$.

1) Indiquer le sens du courant dans chaque branche.
2) Calculer les intensités I ; I_4; I_5 ; I_6 et I_9
3) On utilise un ampèremètre possédant les calibres $4A$; $5A$; $10A$ pour mesurer l'intensité qui traverse le dipôle 4.
   a) Quel est le calibre le mieux adapté ?
   b) Calculer le nombre de divisions que va indiquer l'aiguille sachant que le cadran de l'ampèremètre comporte au total 150 divisions.



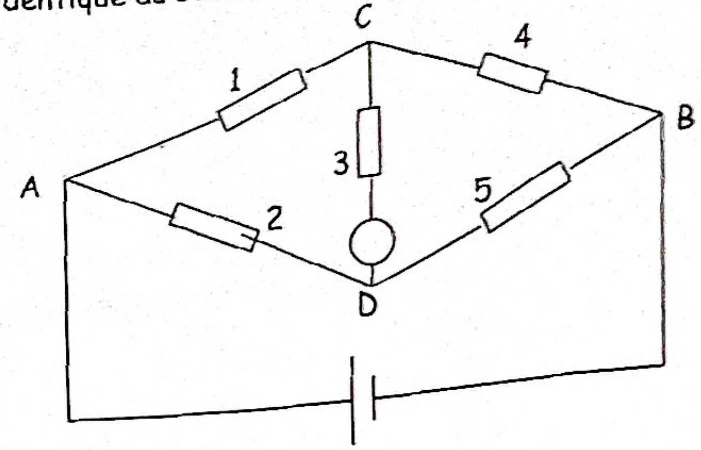
Exercice 9 : (résolu)

Soit le montage ci – dessous. Détermine les sens et les intensités des courants traversant les autres dipôles, sachant que : $I_1 = 6{,}6A$; $I_5 = 2{,}4A$; $I_6 = 3A$ et $I_7 = 0{,}5A$.



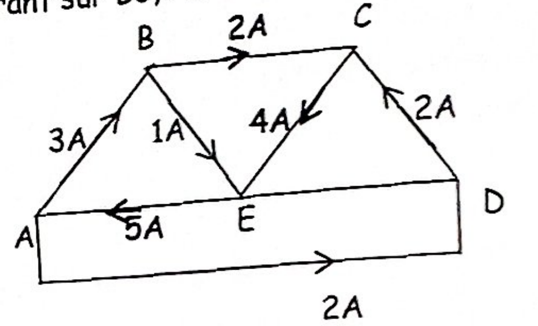
Solution 1 :

Schéma 1 identique au schéma 2 :



Solution 3 :

a)- Sens et intensité du courant sur BC, AE et CE :



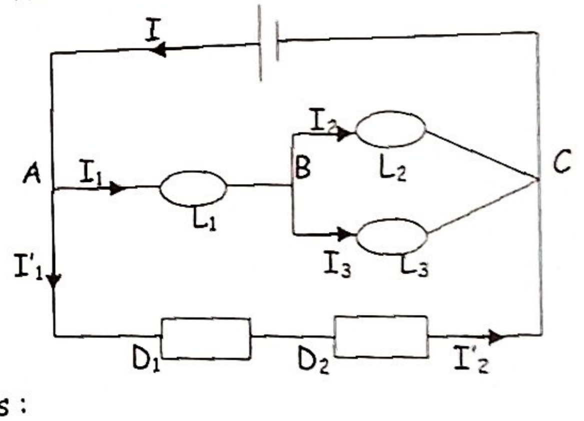
b)- Quantité d'électricité quittant le nœud E :

$$Q = I_{AE}.t \quad AN : \; I_{AE} = 5A\,;t = 1mn = 60s \Rightarrow Q = 300\,C$$

c)- La suppression de la branche ED, n'influence pas les courants dans les autres branches du circuit.

Solution 4 :

a- Schéma en précisant les nœuds et le sens des courants :



b- Valeurs des courants :

Nœud A : $I = I_1 + I'_1 \;\; or\; I_1 = I'_1 \Rightarrow I = 2I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{I}{2} = 1{,}5\,A$

Nœud B : $I_1 = I_2 + I_3 \;\; or\; I_2 = 3I_3 \Rightarrow I_1 = 4I_3 \Rightarrow I_3 = \frac{I_1}{4} = 0{,}375\,A \;\; et\;\; I_2 = 1{,}125A$

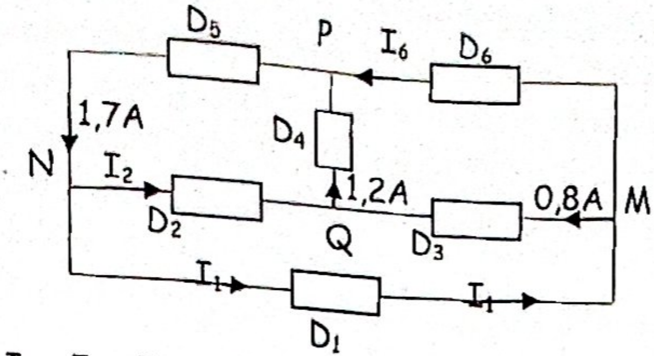
Série AC : $I'_1 = I'_2 = 1{,}5A$

c- L_2 et L_3 sont montées en parallèle.

d- D_1 et D_2 sont montés en série.

Solution 5 :

1)- Sens des courants : I_1, I_2 et I_6 :



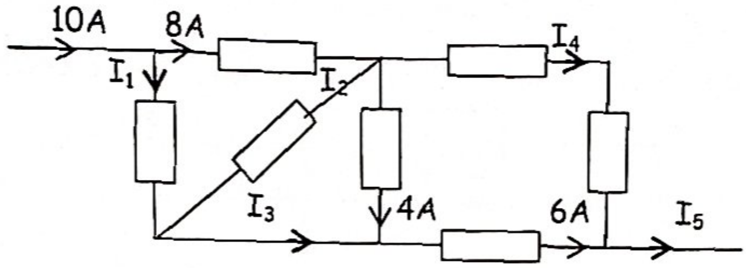
- Nœud P : $I_5 = I_4 + I_6 \Rightarrow I_6 = I_5 - I_4 = 1,7 - 1,2 = 0,5A \Rightarrow I_6 = 0,5A$
- Nœud Q : $I_4 = I_2 + I_3 \Rightarrow I_2 = I_4 - I_3 = 1,2 - 0,8 = 0,4A \Rightarrow I_2 = 0,4A$
- Nœud N : $I_5 = I_2 + I_1 \Rightarrow I_1 = I_5 - I_2 = 1,7 - 0,4 = 1,3A \Rightarrow I_1 = 1,3A$

2)- Le générateur est le dipôle D_5 car il débite le courant principal (I_5 = 1,7A), de plus grande valeur.

Solution 7 :

Sens et intensités des courants :

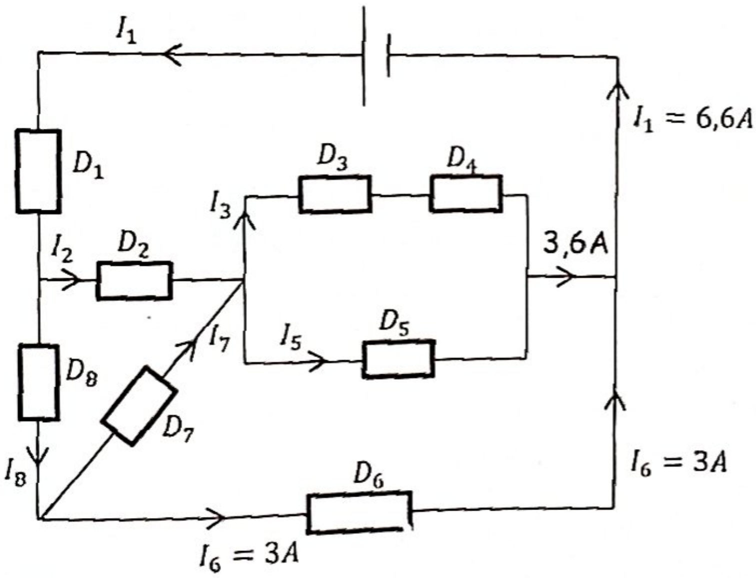
$I_1 = 2A$; $I_2 = 0$; $I_3 = 2A$
$I_4 = 4A$ et $I_5 = 10A$



Solution 9:

On donne : $I_1 = 6,6A$; $I_5 = 2,4\ A$; $I_6 = 3A$ et $I_7 = 0,5A$.

- Sens des différents courants :



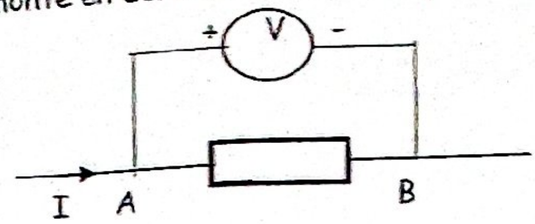
- Intensités I_2 ; I_3 et I_8

- $I_3 + I_5 = 3,6A \Rightarrow I_3 = 3,6 - I_5 = 3,6 - 2,4 = 1,2\ A$
- $I_2 + I_7 = I_3 \Rightarrow I_2 = I_3 - I_7 = 1,2 - 0,5 = 0,7\ A$
- $I_8 = I_7 + I_6 \Rightarrow I_8 = 0,5 + 3 = 3,5\ A$

Chapitre 2 : LA TENSION ELECTRIQUE :

1- Mesure d'une tension électrique :

La tension électrique ou différence de potentiel entre deux points A et B, se mesure à l'aide d'un voltmètre monté en dérivation entre ces points.

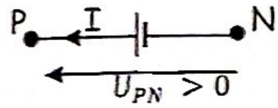


NB : Pour toutes mesures, les choix du calibre et de l'échelle de lecture s'imposent.

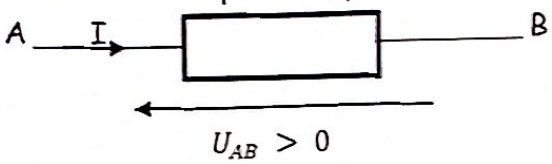
Valeur de la mesure : $U_{AB} = \frac{Lecture\,.\,Calibre}{Echelle}$ $(en\, V)$

2- Lois des tensions :

- Aux bornes d'un fil conducteur, la tension est nulle.
- Aux bornes d'un interrupteur fermé, la tension est nulle.
- Aux bornes d'un interrupteur ouvert, la tension est non nulle.
- Aux bornes d'un générateur :



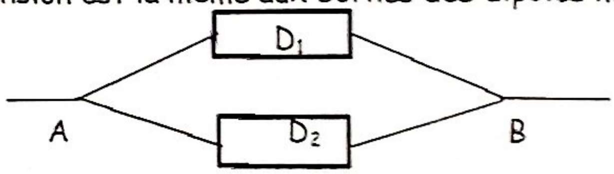
- Aux bornes d'un dipôle AB, parcouru par un courant I, telle que $U_{AB} > 0$.



NB : $U_{BA} = -U_{AB}$

- **Unicité de tension :**

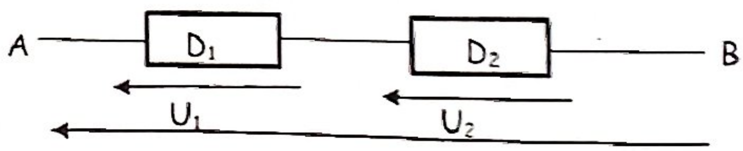
  La tension est la même aux bornes des dipôles montés en parallèle.



$\boxed{U_{AB} = U_1 = U_2}$

- **Additivité de tension :**

  Aux bornes des dipôles montés en série, la tension aux bornes de l'ensemble, est égale à la somme des tensions aux bornes de chaque dipôle.



$$U_{AB} = U_1 + U_2$$

3- Energie électrique consommée par un dipôle :

L'énergie électrique consommée par un dipôle AB parcouru par un courant électrique I pendant une durée t, est : $W_e = I.t.U_{AB}$ $(en\, J)$ $avec$ $I : (en\, A); t : (en\, s)$ et $U_{AB} : (en\, V)$

4- Puissance électrique consommée par un dipôle :

$$P_e = \frac{W_e}{t} \Rightarrow P_e = I.U_{AB} \ (en\, watt)$$

EVALUATION « TENSION ELECTRIQUE »

Exercice 1 :

Soit N, un nœud d'un circuit ne comportant pas de générateur, NA, NB et NC sont trois branches qui aboutissent en N.

a- Un courant circule de A vers N. Quel est le signe de la tension U_{AN} ?

b- La tension U_{BN} est positive. Quel est le sens du courant dans la branche NB ?

c- Quel est le signe de la tension U_{CN} ?

d- Faire une représentation des différents courants et tensions.

Exercice 2 : (non résolu)

Pour une portion de circuit ABC dessinée ci - dessous, on note les tensions $U_{AC} = 12{,}3\ V$ et $U_{CB} = -9{,}6\ V$.

a- Représente ces tensions sur la portion de circuit.

b- Calculer la tension U_{AB}.

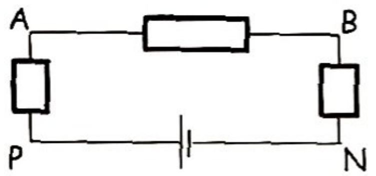
c- On mesure la tension U_{AB} à l'aide d'un voltmètre possédant les calibres 1V, 3V et 10V ; son cadran est gradué en 150 divisions. Quel est le calibre approprié ? Sur quelle graduation l'aiguille s'arrête - t - elle dans ces conditions ?

<u>Réponse</u> : $U_{AB} = 2{,}7V$; calibre : 3V ; lecture : 135 divisions

Exercice 3 :

Soit le circuit ci-dessous, on a mesuré : U_{PN} = 9,0V ; U_{AB} = 2,5V et U_{BP} = -6V.

Représente les tensions U_{PN}, U_{AB}, U_{PA} et U_{BN}, puis calcule les tensions U_{PA} et U_{BN}.

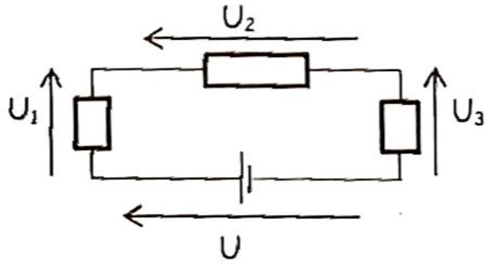


Exercice 4 :

On donne les valeurs des tensions U = 9V, U_2 = 3,5V et U_3 = 3V, dans le circuit ci – dessous.

a- Ecris la relation existant entre les tensions U, U_1, U_2 et U_3.

b- En déduire la valeur de U_1.

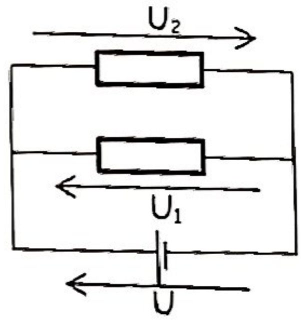


Exercice 5 :

On donne la valeur U = 4,5V, de la tension aux bornes du générateur.

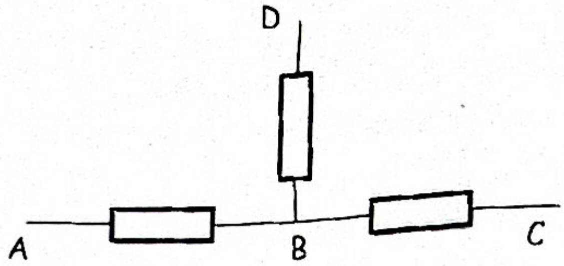
a- Ecris la relation existant entre les tensions U, U_1 et U_2.

b- Quelles sont les valeurs des tensions U_1 et U_2 ?



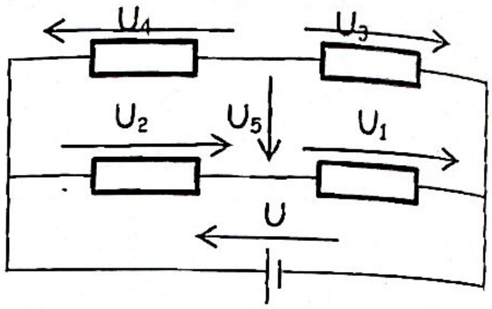
Exercice 6 :

On considère les branches AB, BC et BD d'un circuit (voir figure), soumises à des tensions suivantes : $U_{AB} = 20V$; $U_{CB} = 20V$; $U_{AD} = 30V$. Calculer les tensions U_{AC} ; U_{BD} et U_{CD}.



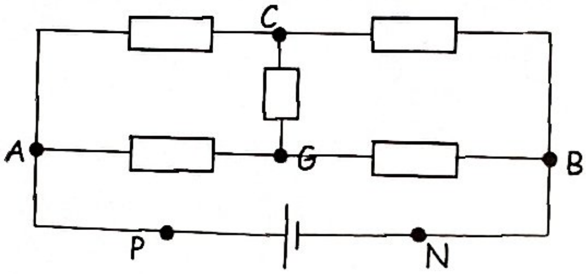
Exercice 7 :

Dans le montage ci - contre, on donne les tensions $U_1 = 3V$; $U = 12V$ et $U_4 = -1{,}5V$.
Quelles sont les valeurs des tensions U_2 , U_3 et U_5.



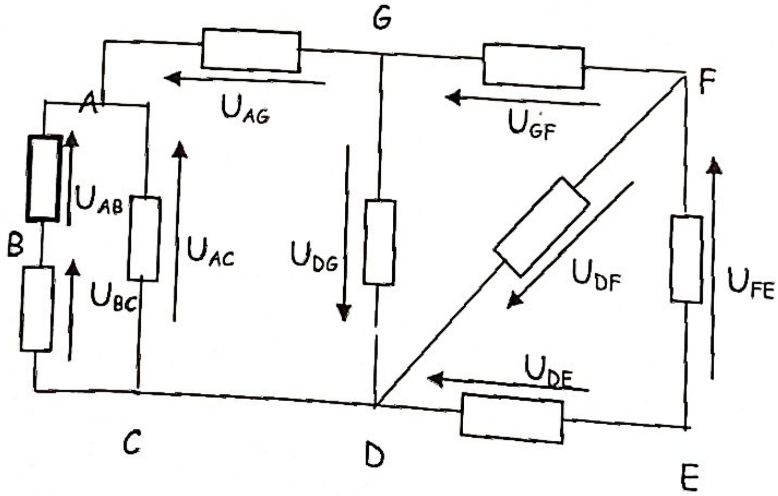
Exercice 8 : (non résolu)

Soit le circuit ci - dessous, on a mesuré : U_{PN} = 9,0V et U_{AC} = 3V et U_{DB} = 2,5V.
Représente les tensions U_{PN}, U_{AC}, U_{DB}, U_{DC}, U_{CB} et U_{AD}. Calcule les tensions U_{EF} et U_{AB}.



Exercice 9 :

Dans le circuit ci - dessous, certains dipôles sont des générateurs. On donne les tensions suivantes : U_{AB} = 5V ; U_{AC} = 12V ; U_{AG} = -8V ; U_{DF} = 3V et U_{FE} = -5V.
Calcule les tensions manquantes : U_{BC} ; U_{GF} ; U_{DE} et U_{DG}.

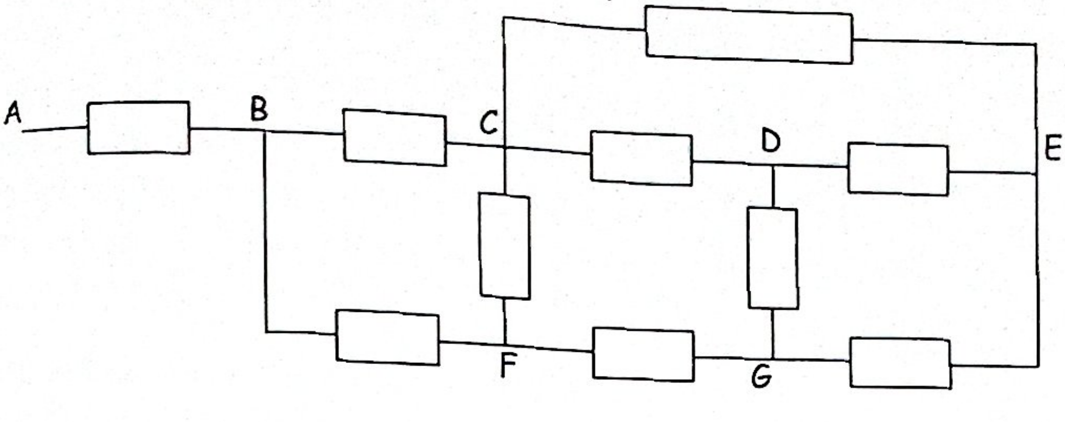


Exercice 10 :

Dans la portion de circuit ci – dessous, on donne les valeurs des tensions aux bornes de certains dipôles : $U_{AB} = 10V$; $U_{BC} = 8V$; $U_{CD} = 12V$; $U_{BF} = 15V$; $U_{FG} = 5V$ et $U_{GE} = 5V$.

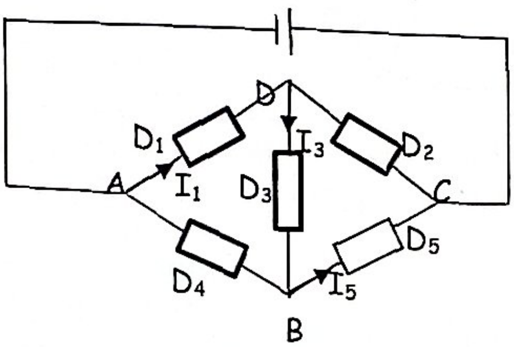
a- Calcule les tensions U_{FC} , U_{DE} , U_{DG} , U_{CE} et U_{GB}.

b- Quel est le sens du courant dans le dipôle CF, sachant qu'il n'y a pas de générateur entre C et F.



Exercice 11 :

On Considère le circuit ci – dessous :



1- A partir des valeurs $I_1 = 2A$, $I_3 = 3,5A$ et $I_5 = 1,4$ A, des courants traversant les dipôles D_1, D_3 et D_5, détermine les sens et les valeurs des intensités I_2 et I_4, des courants dans D_2 et D_4.

2- En déduire la valeur de l'intensité I du courant principal.

3- Un dispositif approprié permet d'annuler la tension U_{BC} aux bornes du dipôle D_5. A partir des valeurs des tensions $U_{AC} = 6V$ et $U_{AD} = 4V$, détermine les tensions U_{DC}, U_{AB} et U_{DB} aux bornes des dipôles D_2, D_4 et D_3.

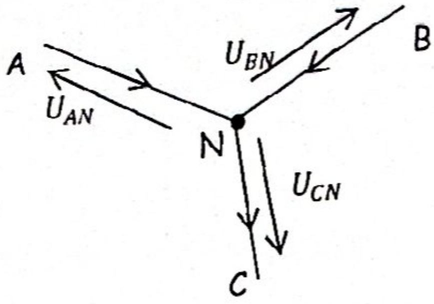
Solution 1 :

a- Si le courant circule de A vers N $\Rightarrow U_{AN} = V_A - V_N > 0$

b- Si $U_{BN} = V_B - V_N > 0 \Rightarrow$ *le courant circule de B vers N.*

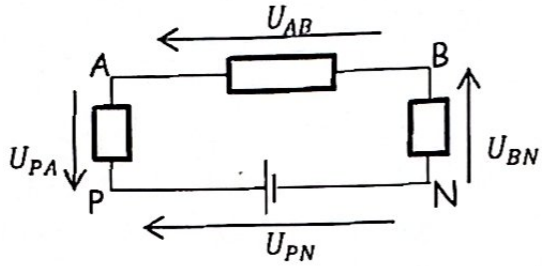
c- Si sur NA, le courant circule de A vers N et sur NB, il circule de B vers N, alors sur NC, en appliquant la loi des nœuds, le courant circule de N vers C $\Rightarrow U_{CN} < 0$.

d- Représentation :



Solution 3 :

Représentation des différentes tensions :



Valeur de U_{PA} : or $U_{BP} = U_{BA} + U_{AP} = -U_{AB} - U_{PA} \Rightarrow U_{PA} = -U_{AB} - U_{BP} = -2,5 + 6 = 3,5V$

Valeur de U_{BN} : Or $U_{PN} = U_{PA} + U_{AB} + U_{BN} \Rightarrow U_{BN} = U_{PN} - U_{PA} - U_{AB} = 9,0 - 3,5 - 2,5 = 3V$

Solution 4 :

a)- Relation entre les tensions : montage en série :

$$U = -U_1 + U_2 + U_3$$

b)- Valeur de U_1 : $U_1 = U_2 + U_3 - U = 3,5 + 3 - 9 = -2,5\ V$

Solution 5 :

a) Relation entre les tensions U, U_1 et U_2 : montage en parallèle :

$$U = U_1 = -U_2$$

b) Valeurs des tensions U_1 et U_2 :

$$U_1 = U = 4,5\ V \text{ et } U_2 = -U = -4,5\ V$$

Solution 6 :

- Tension U_{AC} : $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} = U_{AB} - U_{CB} = 20 - 20 = 0\ V$
- Tension U_{BD} : $U_{BD} = U_{BA} + U_{AD} = -U_{AB} + U_{AD} = -20 + 30 = 10\ V$
- Tension U_{CD} : $U_{CD} = U_{CB} + U_{BD} = 20 + 10 = 30\ V$

Solution 7 :

- Tension U_2 : $U = U_1 + U_2 \Rightarrow U_2 = U - U_1 = 12 - 3 = 9\ V$
- Tension U_3 : $U = U_3 - U_4 \Rightarrow U_3 = U + U_4 = 12 + (-1,5) = 10,5\ V$
- Tension U_5 :

$$(1) : U_5 = U_4 + U_2 = -1,5 + 9 = 7,5\ V ;$$

$$(2) : U_3 = U_5 + U_1 \Rightarrow U_5 = U_3 - U_1 = 10,5 - 3 = 7,5\ V$$

Solution 9 :

- Tension U_{BC} : $U_{AC} = U_{BC} + U_{AB} \Rightarrow U_{BC} = U_{AC} - U_{AB} = 12 - 5 = 7\,V$
- Tension U_{GF} : $U_{DF} = U_{DG} + U_{GF} \Rightarrow U_{GF} = U_{DF} - U_{DG}$

  Sachant que $U_{AG} = U_{DG} + U_{AC} \Rightarrow U_{DG} = U_{AG} - U_{AC}$

  $\Rightarrow U_{GF} = U_{DF} - U_{AG} + U_{AC} = 3 + 8 + 12 = 23\,V$
- Tension U_{DE} : $U_{DE} = U_{DF} + U_{FE} = 3 + (-5) = -2\,V$
- Tension U_{DG} : $U_{AG} = U_{DG} + U_{AC} \Rightarrow U_{DG} = U_{AG} - U_{AC} = -8 - 12 = -20\,V$

Solution 10 :

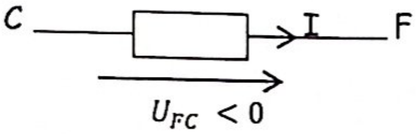
a)- Valeurs des tensions :

* Tension U_{FC} : $U_{FC} = U_{FB} + U_{BC} = -U_{BF} + U_{BC} = -15 + 8 = -7\,V$
* Tension U_{DE} : $(1) : U_{DG} = U_{DE} + U_{EG}$; $(2) : U_{DG} = U_{DC} + U_{CF} + U_{FG}$

  $(1) = (2) \Rightarrow U_{DE} + U_{EG} = U_{DC} + U_{CF} + U_{FG} \Rightarrow U_{DE} = U_{DC} + U_{CF} + U_{FG} - U_{EG}$

  $\Rightarrow U_{DE} = -U_{CD} - U_{FC} + U_{FG} + U_{GE} = -12 + 7 + 5 + 5 = 5\,V$
* Tension U_{DG} : $U_{DG} = U_{DE} + U_{EG} = U_{DE} - U_{GE} = 5 - 5 = 0\,V$
* Tension U_{CE} : $U_{CE} = U_{CD} + U_{DE} = 12 + 5 = 17\,V$
* Tension U_{GB} : $U_{GB} = U_{GF} + U_{FB} = -U_{FG} - U_{BF} = -5 - 15 = -20\,V$

b)- Sens du courant traversant le dipôle CF : *Comme* $U_{FC} < 0 \Rightarrow$ *le courant circule de C vers F.*

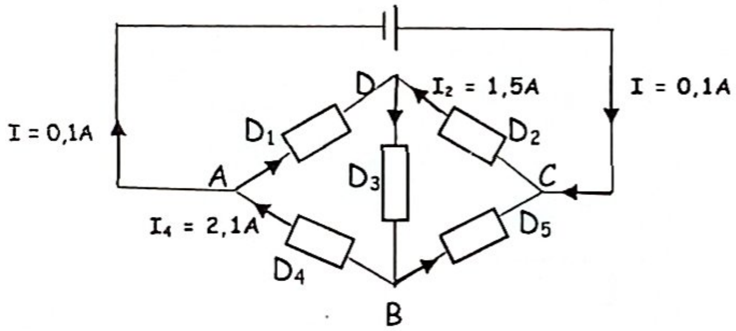


Solution 11 :

1- Sens et valeurs des courants I_2 et I_4 :

*Intensité I_2 : Nœud D : $I_2 + I_1 = I_3 \Rightarrow I_2 = I_3 - I_1 = 3{,}5 - 2 = 1{,}5\,A$

*Intensité I4 : Nœud B : $I_4 + I_5 = I_3 \Rightarrow I_4 = I_3 - I_5 = 3{,}5 - 1{,}4 = 2{,}1\,A$



2- Sens et valeur du courant principal :

*Nœud C : $I_2 = I_5 + I \Rightarrow I = I_2 - I_5 = 1{,}5 - 1{,}4 = 0{,}1\,A$

3- Valeurs des tensions U_{DC}, U_{AB} et U_{DB} :

*Tension U_{DC} : $U_{AC} = U_{AD} + U_{DC} \Rightarrow U_{DC} = U_{AC} - U_{AD} = 6 - 4 = 2V$

*Tension U_{AB} : $U_{AC} = U_{AB} + U_{BC}$ or $U_{BC} = 0 \Rightarrow U_{AB} = U_{AC} = 6V$

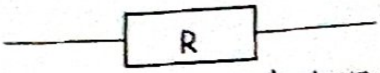
*Tension U_{DB} : $U_{AB} = U_{AD} + U_{DB} \Rightarrow U_{DB} = U_{AB} - U_{AD} = 6 - 4 = 2V$

Chapitre 3 : LE DIPOLE PASSIF : LE RESISTOR OU CONDUCTEUR OHMIQUE

1- Le conducteur ohmique :

Le conducteur ohmique ou résistor, est caractérisé par sa **résistance R**, exprimée en ohm (Ω) et se mesure à l'aide d'un **ohmmètre.**

Symbole du conducteur ohmique :



2- Facteur de résistance d'un conducteur métallique : la résistivité :

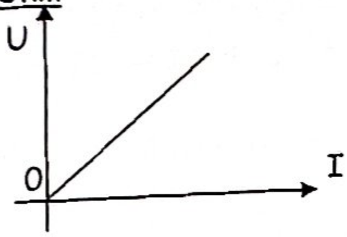
La résistance d'un fil conducteur métallique de longueur L et de section s, est donnée par la relation :

$$R = \rho \frac{L}{s} \quad (en\ \Omega)$$

$avec\ \rho$: $résistivité\ ou\ facteur\ de\ résistance\ (en\ \Omega.m^{-1})$; $L : (en\ m)\ et\ s : (en\ m^2)$

3- Caractéristique intensité – tension : Loi d'Ohm

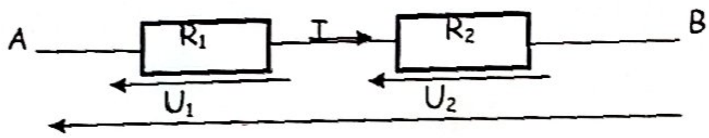
- Forme de la courbe U = f(I) :



- Loi d'ohm aux bornes d'une résistance : $U = R.I \quad (en\ V)\ avec\ R : (en\ \Omega)\ et\ I : (en\ A)$
- La conductance d'un conducteur ohmique, notée G et exprimée en siemen (S), correspond à l'inverse de sa résistance R. $G = \frac{1}{R}\ (en\ S)$

4- Association des conducteurs ohmiques :

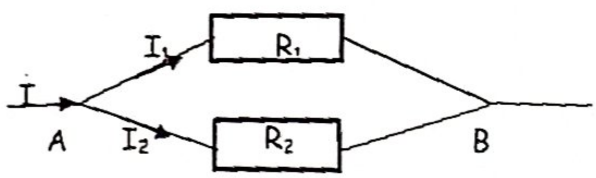
- **Association en série :**



$$U_{AB} = U_1 + U_2$$

$$Or\ U_{AB} = R_{AB}I\ \ et\ U_1 = R_1 I\ \ et\ U_2 = R_2 I\ \Rightarrow\ R_{AB} = R_1 + R_2$$

- **Association en parallèle :**



$$Au\ noeud\ A \Rightarrow\ I = I_1 + I_2\ \Rightarrow\ I = \frac{U_{AB}}{R_{AB}}\ ;\ I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1}\ \ et\ I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2}$$

$$\Rightarrow\ \frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\ \Rightarrow\ G_{AB} = G_1 + G_2$$

5- Energie électrique consommée : Loi de Joule

L'énergie électrique consommée par un conducteur ohmique :

$$W_e = U.I.t\ \ or\ \ U = R.I\ \Rightarrow\ W_e = R.I^2.t$$

Exercice 1 :

Aux bornes C et D d'un circuit, on branche deux conducteurs ohmiques de résistances respectives $R_1 = 10\,\Omega$ et $R_2 = 15\Omega$.

a- Quelle est la résistance équivalente si on les associe en série ? En déduire la tension U_{CD} aux bornes de l'association, si elle est traversée par un courant de 40 mA.

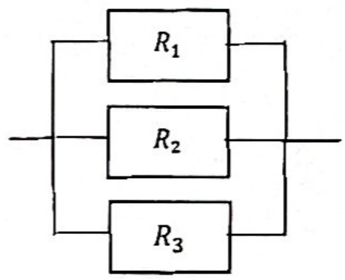
b- Mêmes questions si on les associe en parallèle.

Exercice 2 :

Deux conducteurs ohmiques R_1 et R_2, sont associés de deux manières différentes. Dans un cas, on obtient une résistance équivalente de R_{AB} = 94Ω et dans l'autre cas une résistance de R'_{AB} = 23,5Ω. Précise le mode d'association dans chaque cas et détermine les valeurs de R_1 et R_2.

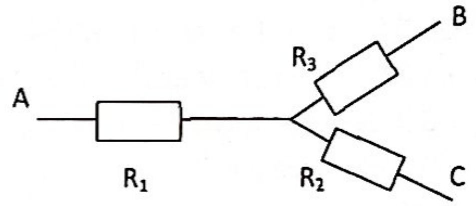
Exercice 3 :

En tenant compte de l'association ci – dessous, détermine la résistance équivalente, sachant que : R_1 = 4Ω, R_2 = 5Ω et R_3 = 5Ω.



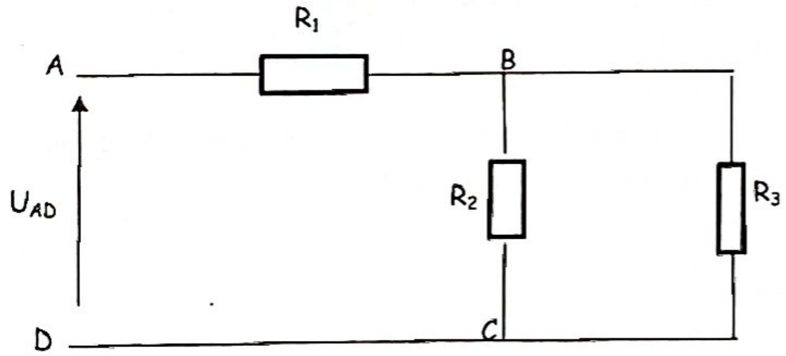
Exercice 4 :

On considère le montage suivant tel que : R_{AB} = 18Ω, R_{BC} = 24Ω et R_{AC} = 30Ω.
En appliquant les lois d'association des résistances, détermine R_1, R_2 et R_3.



Exercice 5 :

On considère le montage ci –dessous, telles que : R_1 = 5Ω, R_2 = 6Ω, R_3 = 8Ω et U_{AD} = 6 V.



1- Après avoir reproduit le schéma, indique le sens du courant qui traverse chaque dipôle.

2- Détermine la résistance équivalente R_{AD} aux bornes du dipôle AD.

3- Calcule :

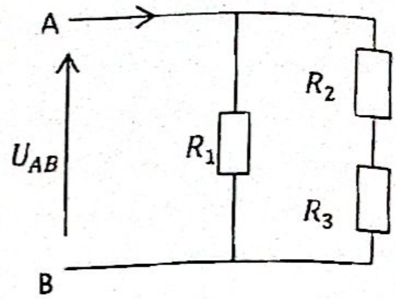
a- Les intensités I_1, I_2 et I_3 des courants traversant respectivement les résistances R_1, R_2 et R_3.

b- Les tensions U_{AB} et U_{BC}.

Exercice 6 :

Aux bornes A et B d'un réseau électrique, on applique une tension $U_{AB} = 12\,V$.

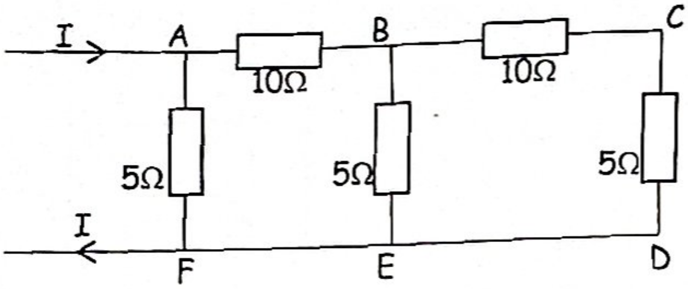
On donne $R_1 = 47\Omega$, $R_2 = 33\Omega$ et $R_3 = 82\Omega$.



1- Calculer l'intensité I_1 du courant dans R_1 ;
2- Calculer l'intensité I_2 du courant dans R_2 et en déduire la tension aux bornes de R_3.
3- Calculer l'intensité I du courant principal et en déduire le rapport $R = \frac{U_{AB}}{I}$.
4- Calculer, à l'aide des lois d'association, la résistance équivalente Re entre A et B, comparer sa valeur au rapport R.

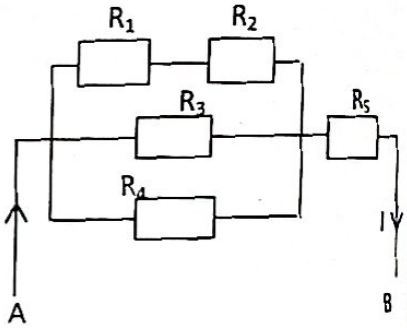
Exercice 7 :

Calculer les intensités des courants dans chacune des branches du réseau ci - dessous, ainsi que les valeurs des tensions U_{BE}, U_{CD} et U_{AF}. On donne : $I = 1,5A$ et $U_{AB} = 4V$.



Exercice 8 :

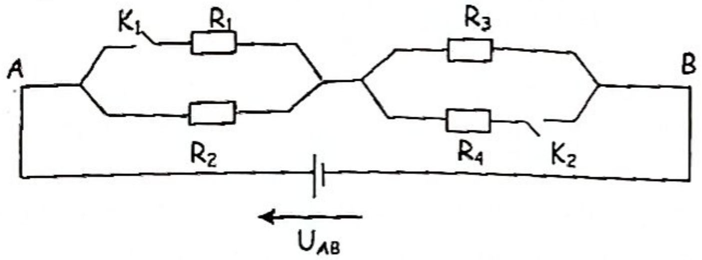
On considère la portion de circuit AB ci - dessous, comprenant les résistances $R_1 = 2\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = R_4 = 4\Omega$ et $R_5 = 8\Omega$, soumise à une tension $U_{AB} = 48V$.



1- Calcule la valeur R de la résistance équivalente.
2- Calcule l'intensité principale I, traversant le dipôle AB.
3- Calcule les tensions aux bornes de R_5 et R_3.
4- Calcule les intensités du courant dans les branches comprenant R_3, R_4, R_1 et R_2.

Exercice 9 : (non résolu)

Des conducteurs ohmiques sont montés entre les points A et B d'un circuit électrique comme l'indique la figure ci – dessous. On mesure la tension $U_{AB} = 12V$.



On donne $R_1 = 12\Omega$, $R_2 = 6\Omega$, $R_3 = 3\Omega$ et $R_4 = 6\Omega$.

1- Détermine la valeur de la résistance équivalente entre A et B lorsque les interrupteurs K_1 et K_2 sont ouverts.
2- Détermine la valeur de la résistance équivalente lorsque les interrupteurs K_1 et K_2 sont fermés.

3- Calcule l'intensité I du courant principal lorsque les deux interrupteurs sont ouverts.

Exercice 10 : (non résolu)

La tension aux bornes du circuit est U = 10V. On donne : $R_1 = 0,4\Omega$; $R_2 = 0,8\Omega$; $R_3 = 0,7\Omega$; $R_4 = 0,1\Omega$; $R_5 = 0,5\Omega$; $R_6 = 0,2\Omega$; $R_7 = 0,3\Omega$ (voir figure).

On demande :

a- La résistance équivalente de l'association.

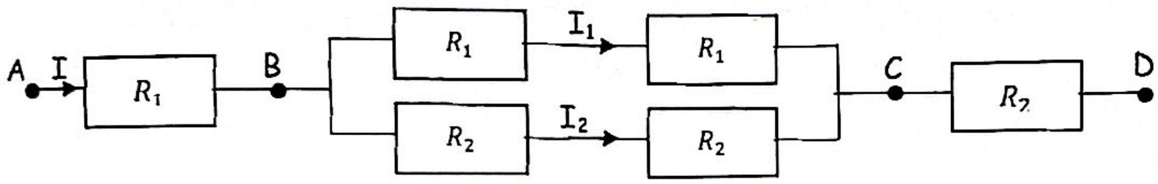
b- L'intensité principale du courant.

c- L'intensité des courants traversant chaque résistance.

d- Les tensions U_{BA} ; U_{AC} ; U_{CD} et U_{DB}

Problème :

Dans le but de vérifier la loi d'additivité des tensions dans un circuit en série, on considère la portion de circuit ci – dessous, renfermant l'association mixte des résistances $R_1 = 10\Omega$ et $R_2 = 15\Omega$. On donne la valeur de la tension $U_{AD} = 7,4V$.



1- Calcule la résistance R_{BC} puis R_{AD}.

2- Quelle est la valeur I de l'intensité du courant principal ?

3- Détermine la valeur de la tension U_{BC}.

4- En déduire les valeurs des tensions dérivées I_1 et I_2.

5- Calcule la tension U_{CD}.

6- Montre que pour cette association, la tension U_{AD} est égale à la somme des tensions U_{AB}, U_{BC} et U_{CD}.

Solution 1 :

a)- Association en série : $R_{CD} = R_1 + R_2 = 25\Omega$; $U_{CD} = R_{CD}.I = 1\,V$

b)- Association en parallèle : $G_{CD} = G_1 + G_2 \Rightarrow R_{CD} = \frac{1}{G_{CD}} = 6\Omega$; $U_{CD} = R_{CD}.I = 0{,}24\,V$

Solution 2 :

- Mode d'association : Pour $R_{AB} = 94\Omega$: montage en série, et pour $R'_{AB} = 23{,}5\,\Omega$: montage en parallèle.
- Détermination de R_1 et R_2 : $\begin{cases} 94 = R_1 + R_2 \\ 23{,}5 = \frac{R_1R_2}{R_1+R_2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 94 = R_1 + R_2 \\ 23{,}5 = \frac{R_1R_2}{94} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_1 + R_2 = 94 & (1) \\ R_1R_2 = 2209 & (2) \end{cases}$

$$de\ (2) \Rightarrow R_2 = \frac{2209}{R_1} \quad dans\ (1): R_1^2 - 94R_1 + 2209 = 0 \Rightarrow R_1 = 47\Omega \quad et \quad R_2 = 47\Omega$$

Solution 3 :

Valeur de la résistance équivalente :

$$\frac{1}{R_{éq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{R_2R_3 + R_1R_3 + R_1R_2}{R_1R_2R_3} \Rightarrow R_{éq} = \frac{R_1R_2R_3}{R_2R_3 + R_1R_3 + R_1R_2}$$

$$AN : R_{éq} = \frac{4.5.5}{5.5 + 4.5 + 4.5} = 1{,}54\Omega$$

Autre méthode : $\frac{1}{R_{éq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \Rightarrow G_{éq} = G_1 + G_2 + G_3$

$$AN : G_{éq} = \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{5} = 0{,}25 + 0{,}2 + 0{,}2 = 0{,}65\,S \Rightarrow R_{éq} = \frac{1}{G_{éq}} = \frac{1}{0{,}65} = 1{,}54\,\Omega$$

Solution 4 :

$$\begin{cases} R_{AB} = R_1 + R_3 \\ R_{BC} = R_2 + R_3 \\ R_{AC} = R_1 + R_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} R_1 + R_3 = 18 \\ R_2 + R_3 = 24 \\ R_1 + R_2 = 30 \end{cases} \Rightarrow R_1 = 12\Omega;\ R_2 = 18\Omega\ et\ R_3 = 6\Omega$$

Solution 5 :

2)- Résistance équivalente : $R_{AD} = R_1 + \frac{R_2R_3}{R_2+R_3} = 5 + \frac{6.8}{6+8} = 8{,}4\ \Omega$

3)- a)- $U_{AD} = R_{AD}.I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{U_{AD}}{R_{AD}} = \frac{6}{8{,}4} = 0{,}7\ A$

$$\begin{cases} I_1 = I_2 + I_3 \\ R_2I_2 = R_3I_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_2 + I_3 = 0{,}7 \\ 6I_2 = 8I_3 \end{cases} \Rightarrow I_2 = 0{,}4A\ et\ I_3 = 0{,}3A$$

b)- Tensions : $\begin{cases} U_{AB} = R_1I_1 \\ U_{BC} = U_{AD} - U_{AD} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} U_{AB} = 3{,}5\ V \\ U_{BC} = 2{,}5\ V. \end{cases}$

Solution 6 :

1)- Intensité I_1 : $U_{AB} = R_1I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{U_{AB}}{R_1} = \frac{12}{47} = 0{,}26A$

2)- Intensité I_2 : $U_{AB} = (R_2 + R_3)I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{U_{AB}}{R_2+R_3} = \frac{12}{33+82} = 0{,}10A$

3)- Intensité principale : $I = I_1 + I_2 = 0{,}26 + 0{,}10 = 0{,}36A$

Rapport $R = \frac{U_{AB}}{I} = \frac{12}{0{,}36} = 33{,}33\ \Omega$

4)- Résistance équivalente : $Re = \frac{[R_1(R_2+R_3)]}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{47(33+82)}{47+33+82} = 33{,}36\ \Omega$

Comparaison : $Re \approx R = 33{,}3\ \Omega$

Solution 7 :

Intensités des courants :

$$I_{AB} = \frac{U_{AB}}{10} = \frac{4}{10} = 0{,}4A\ ;\ I_{AF} = I - I_{AB} = 1{,}5 - 0{,}4 = 1{,}1A$$

$$\begin{cases} I_{BE} + I_{BD} = 0{,}4 \\ 5I_{BE} = 15I_{BD} \end{cases} \Rightarrow I_{BD} = 0{,}1\ A\ \text{ et }\ I_{BE} = 0{,}3A\ ;\quad I_{FE} = I_{BE} + I_{BD} \Rightarrow I_{FE} = 0{,}4\ A$$

Tensions : $U_{BE} = 5\ I_{BE} = 5.0{,}3 = 1{,}5\ V$; $U_{CD} = 5\ I_{BD} = 5.0{,}1 = 0{,}5\ V$; $U_{AF} = 5\ I_{AF} = 5.1{,}1 = 5{,}5\ V$

Solution 8 :

1)- Résistance équivalente : $R = R' + R_5$ $avec$ $\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1+R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} = \frac{1}{8} + \frac{2}{4} = \frac{5}{8} \Rightarrow R' = 1{,}6\ \Omega$

$$R = 1{,}6 + 8 = 9{,}6\ \Omega$$

2)- Intensité principale : $U_{AB} = R.I \Rightarrow I = \frac{U_{AB}}{R} = \frac{48}{9{,}6} = 5\ A$

3)- Tensions :

$U_5 = R_5.I = 8.5 = 40\ V$ et $U_3 = U_{AB} - U_5 = 48 - 40 = 8\ V$ ou $U_3 = R'.I = 1{,}6.5 = 8\ V$

4)- Intensités des courants :

$$I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{8}{4} = 2\ A\ ;\ I_4 = \frac{U_3}{R_4} = \frac{8}{4} = 2\ A\ ;\ I_1 = \frac{U_3}{R_1 + R_2} = \frac{8}{8} = 1\ A$$

$$Vérification :\ I = I_1 + I_3 + I_4 = 1 + 2 + 2 = 5\ A$$

Solution (problème) :

1- Valeurs des Résistances équivalentes R_{BC} et R_{AD} :

- $\frac{1}{R_{BC}} = \frac{1}{2R_1} + \frac{1}{2R_2} = \frac{R_1+R_2}{2R_1R_2} \Rightarrow \boldsymbol{R_{BC} = \frac{2R_1R_2}{R_1+R_2}}$ $AN :$ $\boldsymbol{R_{BC} = \frac{2.10.15}{10+15} = 12\Omega}$
- $\boldsymbol{R_{AD} = R_1 + R_{BC} + R_2}$ $AN :$ $\boldsymbol{R_{AD} = 10 + 12 + 15 = 37\Omega}$

2- Valeur de l'intensité principale :

Loi d'Ohm aux bornes de AD : $U_{AD} = R_{AD}.I \Rightarrow \boldsymbol{I = \frac{U_{AD}}{R_{AD}}}$ $AN : \boldsymbol{I = \frac{7{,}4}{37} = 0{,}2\ A}$

3- Valeur de la tension U_{BC} :

Loi d'Ohm aux bornes de BC : $\boldsymbol{U_{BC} = R_{BC}.I}$ $AN :$ $\boldsymbol{U_{BC} = 12.0{,}2 = 2{,}4\ V}$

4- Valeurs des intensités dérivées I_1 et I_2 :

Loi d'Ohm aux bornes de BC :

- $U_{BC} = 2R_1.I_1 \Rightarrow \boldsymbol{I_1 = \frac{U_{BC}}{2R_1}}$ $AN :$ $\boldsymbol{I_1 = \frac{2{,}4}{2.10} = 0{,}12\ A}$
- $U_{BC} = 2R_2.I_2 \Rightarrow \boldsymbol{I_2 = \frac{U_{BC}}{2R_2}}$ $AN :$ $\boldsymbol{I_2 = \frac{2{,}4}{2.15} = 0{,}08\ A}$

5- Valeur de la tension U_{CD} :

Loi d'Ohm aux bornes de CD : $\boldsymbol{U_{CD} = R_2.I}$ $AN :$ $\boldsymbol{U_{CD} = 15.0{,}2 = 3V}$

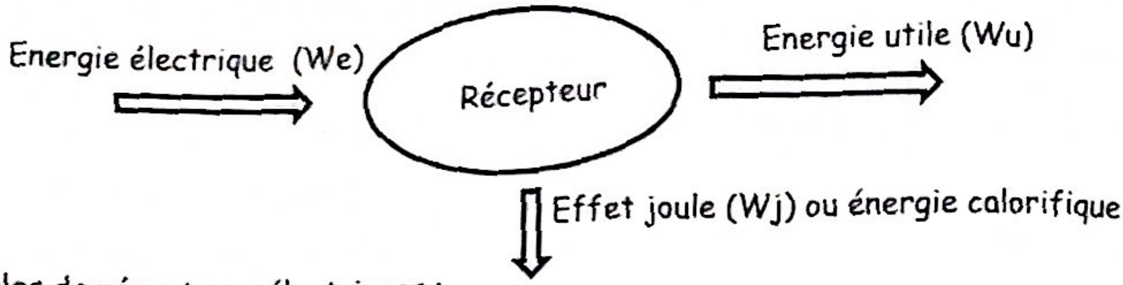
6- Loi d'additivité des tensions d'un circuit en série :

$$\boldsymbol{U_{AD} = U_{AB} + U_{BC} + U_{CD}}\ \ or\ U_{AB} = R_1.I = 10.0{,}2 = 2V \Rightarrow \boldsymbol{U_{AD} = 2 + 2{,}4 + 3 = 7{,}4V}$$

Chapitre 4 : LE RECEPTEUR ELECTRIQUE :

1- Qu'est - ce qu'un récepteur électrique ?

Un récepteur électrique est dipôle qui lors de son fonctionnement, transforme l'énergie électrique reçue en une autre forme d'énergie que l'énergie calorifique.

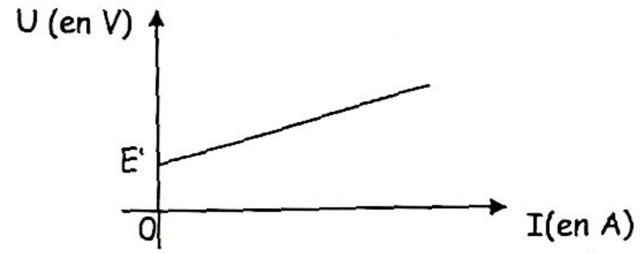


Exemples de récepteurs électriques :

- **L'électrolyseur** : transforme l'énergie électrique en énergie chimique ;
- **Moteur électrique** : transforme l'énergie électrique en énergie mécanique ;

2- Caractéristiques intensité - tension d'un récepteur : Loi d'Ohm :

- La courbe de variation U = f(I) de la tension aux bornes du récepteur :

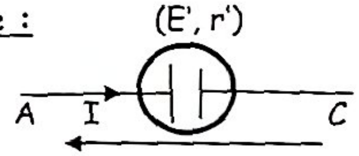


- **Loi d'ohm aux bornes d'un récepteur :** $U = E' + r'.I$
  avec E'*: force contre électromotrice (en V) et* r'*: résistance interne (en Ω) du récepteur*

NB : Le récepteur électrique est caractérisé par sa f.c.e.m. (E') et sa résistance interne r'.

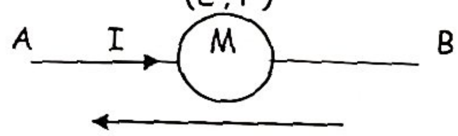
3- Schéma équivalent d'un récepteur électrique :

- Electrolyseur :



$U_{AC} = E' + r'I$

- Moteur électrique :



$U_{AB} = E' + r'I$

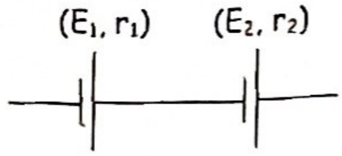
4- Bilan de puissance d'un récepteur électrique :

- Puissance électrique consommée : $P_e = U.I$ *avec* $U = E' + r'.I$
- Puissance utile : $P_u = E'.I$
- Puissance perdue par effet joule : $P_j = r'.I^2$
- Rendement du récepteur : $rdt = \frac{P_u}{P_e}.100 \Rightarrow rdt = \frac{E'}{U}.100$
- Bilan de puissance : $P_e = P_u + P_j$

4- Groupement des générateurs :

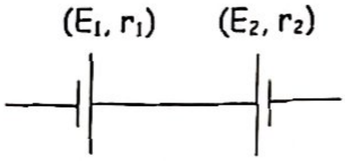
Soient deux piles caractérisées par (E_1, r_1) et (E_2, r_2) :

- **Groupement série en concordance :**



Pour l'association : $\begin{cases} E = E_1 + E_2 \\ r = r_1 + r_2 \end{cases}$

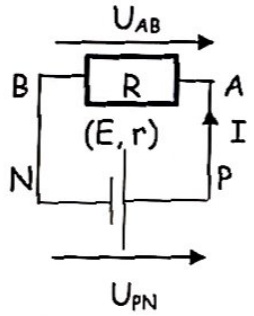
- **Groupement série en opposition : si $E_1 > E_2$**



Pour l'association : $\begin{cases} E = E_1 - E_2 \\ r = r_1 + r_2 \end{cases}$

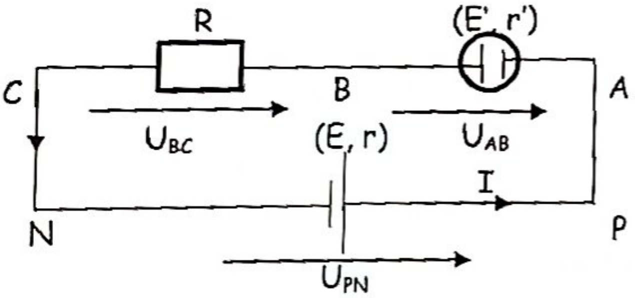
5- Etude des circuits électriques :

a- Circuit série comprenant un générateur et un résistor :



- Loi de fonctionnement du circuit : $U_{PN} = U_{AB} \Rightarrow E - rI = RI$
- Loi de Pouillet : $E = (r + R)I$

b- Circuit série comprenant un générateur, un résistor et un récepteur :



- Loi de fonctionnement du circuit ou loi de maille :

  $U_{PN} = U_{AB} + U_{BC} \Rightarrow E - rI = (E' + r'I) + RI$

  Loi de Pouillet : $E - E' = (r + r' + R)I$

EVALUATION « FONCTIONNEMENT D'UN CIRCUIT ELECTRIQUE »

Exercice 1 : (récepteur électrique)

Un moteur bipolaire est alimenté par un courant de 40A, sous une tension de 240V. Sa résistance interne est $r' = 0,60\Omega$.

1- Détermine la f.c.e.m. E' de ce moteur.
2- Calcule :
   a- La puissance électromagnétique fournie par le moteur ;
   b- La puissance électrique absorbée par le moteur.
   c- Pourquoi la puissance absorbée est – elle supérieure à la puissance fournie ?
   d- En déduire le rendement de ce moteur.

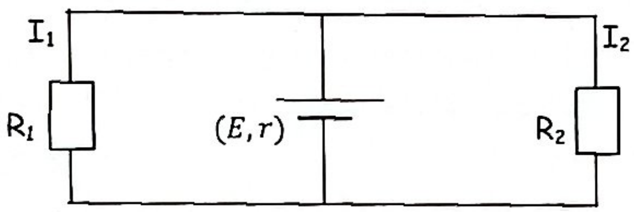
Exercice 2 : (récepteur électrique)

Pour réaliser une électrolyse, on aliment l'électrolyseur par un courant de 2,5A sous une tension de 12V. La puissance consommée par effet joule vaut 6W.

1- Sur un schéma clair, représente le symbole de l'électrolyseur, le sens du courant I qui le traverse lors de son fonctionnement, ainsi que la tension U_{AC} entre l'anode et la cathode.
2- Calcule la résistance interne de cet électrolyseur.
3- Calcule la force contre électromotrice de cet électrolyseur.
4- Cet électrolyseur fonctionne pendant 30min. Quelle énergie chimique fournie- t – il ?
5- En déduire son rendement.

Exercice 3 :

Dans le montage ci – dessous, le générateur a pour f.é.m. E = 14V et pour résistance interne r. Les résistances R_1 et R_2 ont pour valeurs respectives 5Ω et 10Ω. L'intensité I_2 est égale à 1A.



a- Détermine les valeurs des intensités dans chaque branche ainsi que les sens des courants.
b- Calcule la résistance interne du générateur.

Exercice 4 :

Le but de cet exercice est de déterminer les valeurs des résistances x et y. Pour cela on les monte aux bornes d'un générateur de f.e.m. E = 25,2 V et de résistance interne r = 8 Ω, de deux manières différentes.

Si x et y sont montées en série, le générateur débite $I_1 = 0,30$ A.

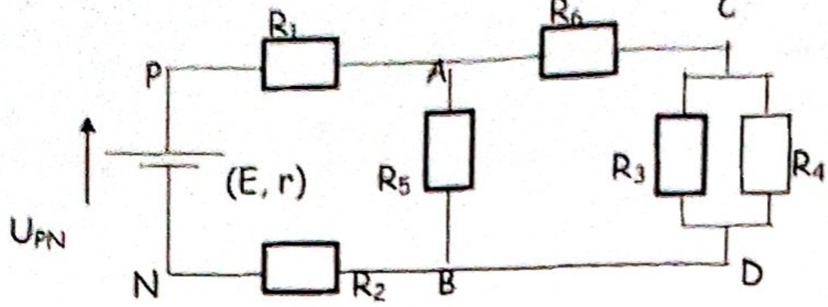
Si x et y sont montées en parallèle, le générateur débite $I_2 = 1,5$ A.

1. Dessine les schémas de ces deux montages.
2. En appliquant les lois d'associations, détermine les valeurs des résistances x et y.

Exercice 5 :

On donne $R_1 = 7\Omega$; $R_2 = 11\Omega$; $R_3 = R_4 = 4\Omega$; $R_5 = 3\Omega$; $R_6 = 2\Omega$ et $U_{PN} = 94V$.

1- Calcule la résistance équivalente R du circuit (voir figure ci - dessous).
2- Détermine l'intensité du courant principal débité par le générateur.
3- Détermine l'intensité du courant dérivé dans R_5 et R_6.
4- Déduire la valeur de r de la résistance interne de la pile pour E = 100V.

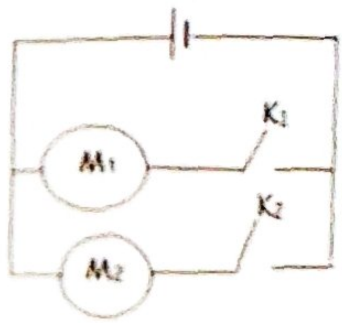


Exercice 6 : (non résolu)

Un élève de la classe de 1ère veut déterminer l'intensité du courant électrique qui traverse un moteur M_2. Pour cela, il réalise le circuit électrique schématisé ci - dessous. Ce circuit comprend :

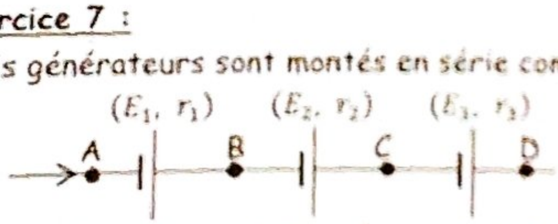
- Un générateur de caractéristiques : ($E = 14$ V ; $r = 1\Omega$)
- Un moteur M_1 de caractéristiques : ($E' = 1{,}6V$; $r'_1 = 2\Omega$)
- Un moteur calé M_2 de résistance interne $r'_2 = 10\Omega$.

1)- L'interrupteur K_1 est fermé et K_2 ouvert. Calcule :
a/- L'intensité du courant débité par le générateur.
b/- La puissance électrique reçue par le moteur M_1.
2)- L'interrupteur K_1 est ouvert et K_2 est fermé. Calcule :
a/- L'intensité du courant qui travers le moteur M_2 ;
b/- La puissance consommée dans le moteur M_2 ;
3)- Les deux interrupteurs sont fermés. Calcule :
a/- L'intensité du courant principal ;
b/- l'intensité du courant qui traverse le moteur M_1.
c/- L'intensité du courant qui traverse la moteur M_2.



Exercice 7 :

Trois générateurs sont montés en série comme l'indique la figure.



On donne les valeurs de leur f.e.m. et de leur résistance interne :

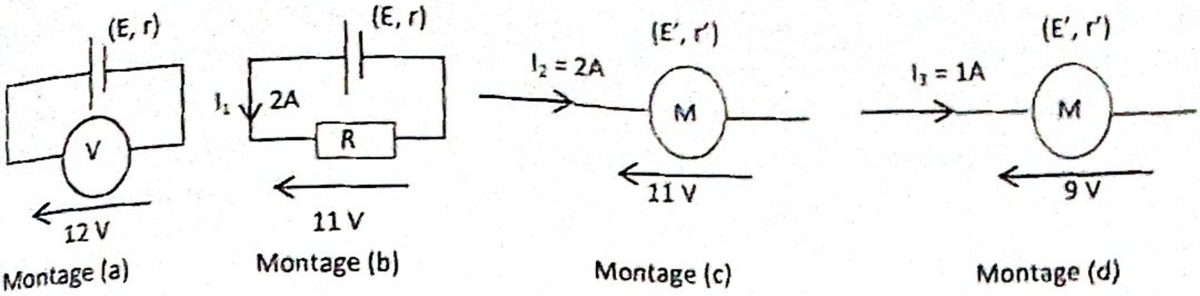
$(E_1 = 12V ; r_1 = 0)$; $(E_2 = 4V ; r_2 = 1\Omega)$; $(E_3 = 6V ; r_3 = 2\Omega)$

Un courant d'intensité I = 0,5A, circule dans le sens indiqué.

Calcule les tensions : U_{BA} ; U_{BD} ; U_{CA} et U_{AD}.

Exercice 8 :

On veut déterminer le rendement d'un moteur (E', r'). Pour cela, il réalise successivement les montages (a), (b), (c) et (d), ci -dessous.



1)- Détermine les valeurs de E, r, E 'et r'.

2)- On monte en série :

- le générateur (E = 12V ; r = 0,5Ω)
- le moteur (E' = 7V ; r' = 2Ω)
- Un résistor R = 10Ω.

a)- Représente le montage de ce circuit.

b)- Calcule l'intensité I du courant dans le circuit.

c)- Calcule les tensions aux bornes de chaque appareil.

d)- Calcule les rendements du générateurs et du moteur.

Exercice 9 : (non résolu)

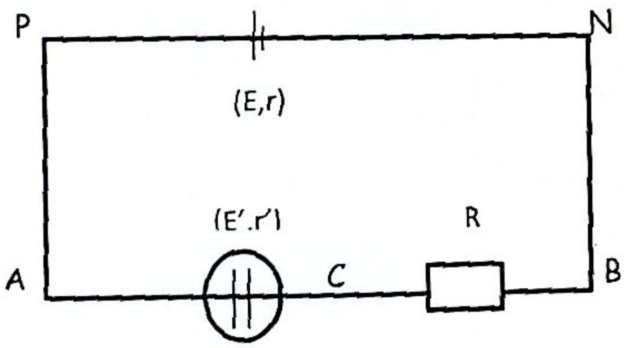
On veut déterminer le rendement d'un générateur, en utilisant le montage ci-dessous :

1)- Calcule l'intensité principale I du courant.

2)- Détermine la tension aux bornes de chaque dipôle.

3)- Evalue numérique le rendement du générateur.

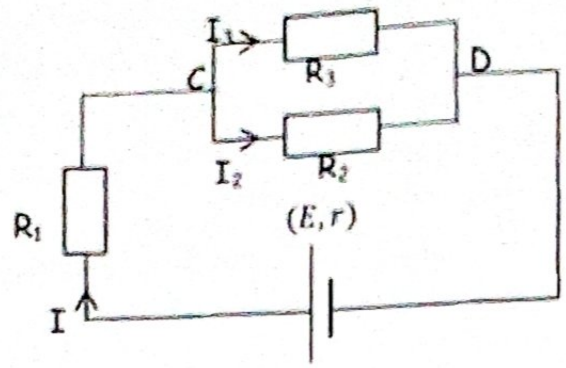
On donne : E = 5,5V ; r = 2Ω ; E' = 3,5V ; r' = 1,5V ; R = 6,5Ω



Réponses : N°9 1)- I = 0,2A ; 2)- U_{PN} = 5,1 V ; U_M = 3,8 V ; U_R = 1,3 V ; 3)- ρ = 92,72 %.

Exercice 10 : (non résolu)

On réalise le montage ci - dessous. On se propose de calculer les intensités I_1, I_2 et I_3, avec $E = 6V$; $r = 2\Omega$; $R_1 = 18\Omega$; $R_2 = 27\Omega$ et $R_3 = 47\Omega$.

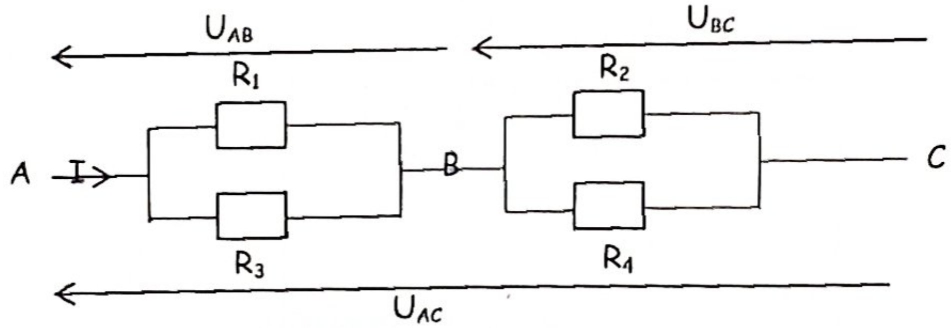


1- Calculer la résistance équivalente, notée R', de l'association en parallèle de R_2 et R_3.
2- Dessine le schéma du circuit en série constitué du générateur, de la résistance R_1 et de la résistance équivalente R'.
3- Calculer la résistance équivalente, notée R, de l'association en série de R_1 et R'.
4- Dessiner le schéma du circuit constitué par le générateur et la résistance R.
5- Calculer l'intensité I du courant débité par le générateur dans ce dernier circuit.
6- Connaissant la résistance R' du dipôle (C, D), calculer la tension U_{CD}.
7- Connaissant U_{CD}, en déduire les intensités I_2 et I_3.

Réponses N°10 : 1)- $R' = 17,15\Omega$; 3)- $R = 35,15\Omega$; 5)- $I = 0,16A$; $U_{CD} = 2,74V$; 7)- $I_2 = 0,10A$; $I_3 = 0,06A$

Exercice 11 : (non résolu)

Dans le but de déterminer la puissance totale dissipée par effet joule dans un circuit électrique, on réalise le montage suivant dans lequel $R_1 = 8\Omega$; $R_2 = 12\Omega$; $R_3 = 2\Omega$; $R_4 = 10\Omega$ et $U_{AC} = 26V$.



1- Détermine les résistances équivalentes : R_{AB} entre R_1 et R_3 puis R_{BC} entre R_2 et R_4.
2- En déduire la résistance équivalente R_{AC} du circuit.
3- Calcule l'intensité du courant principal.
4- Détermine les intensités dérivées I_1, I_3, I_2 et I_4 traversant respectivement R_1, R_3, R_2 et R_4.
5- Calculer la puissance dissipée dans chaque résistance.
6- Calculer la puissance totale dissipée par effet joule dans tout le circuit.

NB : Aide : $P = U.I$; $I = U/R$ et $P_t = P_1 + P_2 + - - - + P_n$

Solution 1 :

1)- f.c.é.m. du moteur : $U = E' + r'I \Rightarrow E' = U - r'I = 240 - 0{,}60.40 = 216\ V$

2)- a)- $P_m = E'I = 216.40 = 8640\ W$

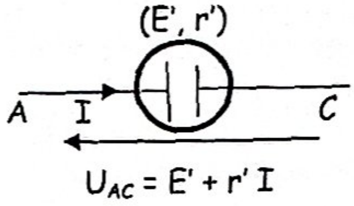
b)- $P_e = UI = 240.40 = 9600\ W$

c)- La puissance absorbée est supérieure à la puissance fournie, parce que lors de son fonctionnement, le moteur libère de la chaleur (perte d'effet joule).

d)- Rendement : $\rho = \frac{P_m}{P_e}.100 = \frac{8640}{9600}.100 = 90\%$

Solution 2 :

1)- Schéma de l'électrolyseur :



2)- Résistance interne de l'électrolyseur :

$$P_j = r'I^2 \Rightarrow r' = \frac{P_j}{I^2} = \frac{6}{2{,}5^2} = 0{,}96\Omega$$

3)- F.c.é.m. de l'électrolyseur ;

$$U_{AC} = E' + r'I \Rightarrow E' = U_{AC} - r'I = 12 - 0{,}96.2{,}5 = 9{,}6\ V$$

4)- Energie chimique fournie :

$$W_{ch} = E'It = 9{,}6.2{,}5.1800 = 4{,}32.10^4 J$$

5)- Rendement :

$$\rho = \frac{E'}{U_{AC}}.100 = \frac{9{,}6}{12}.100 = 80\ \%$$

Solution 3 :

a)- Intensités de chaque branche :

$$R_1I_1 = R_2I_2 \Rightarrow I_1 = \frac{R_2I_2}{R_1} = \frac{10.1}{5} = 2\ A\ ;\ \ I = I_1 + I_2 = 2 + 1 = 3\ A$$

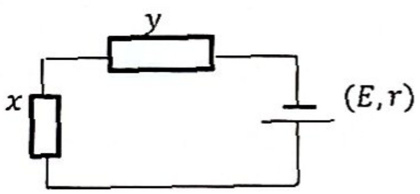
b)- Résistance interne r du générateur :

$$R_2I_2 = E - rI \Rightarrow r = \frac{E - R_2I_2}{I} = \frac{14 - 10.1}{3} = 1{,}33\ \Omega$$

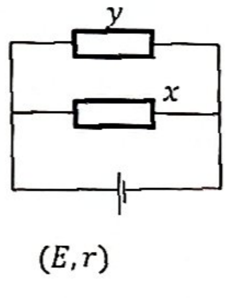
Solution 4 :

1)- Schéma de chaque montage :

Montage en série :



Montage en parallèle :



2)- Valeurs de x et de y :

$$\begin{cases} (1):\ E - rI_1 = (x+y)I_1 \\ (2):\ E - rI_2 = \frac{xy}{x+y}I_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} (1):\ x + y = 76 \\ (2):\ xy = 668{,}8 \end{cases}\ \ de\ (1)\ dans\ (2):\ x^2 - 76x + 668{,}8 = 0$$

$$\begin{cases} Si \ \ x = 65,84\ \Omega \Rightarrow y = 10,16\Omega \\ Si \ \ x = 10,16\ \Omega \Rightarrow y = 65,84\ \Omega \end{cases}$$

Solution 5 :

1)- Résistance équivalente R :

$$R = R_1 + R_2 + R_{AB} \quad avec \ \frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_{AD}} \quad et \ R_{AD} = R_6 + \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 2\Omega$$

$$donc \ \frac{1}{R_{AB}} = \frac{1}{R_5} + \frac{1}{R_{AD}} = \frac{1}{3} + \frac{1}{2} = \frac{5}{6} \Rightarrow R_{AB} = \frac{6}{5} = 1,2\Omega$$

$$D'où \ la \ résistance \ équivalente \ : \ R = R_1 + R_2 + R_{AB} = 7 + 11 + 1,2 = 19,2\Omega$$

2)- Intensité principale :

$$U_{PN} = RI \Rightarrow I = \frac{U_{PN}}{R} = \frac{94}{19,2} = 4,9\ A$$

3)- Intensité des courants dérivés dans R_5 et R_6 :

$$\begin{cases} I_5 + I_6 = I \\ R_5 I_5 = R_{AD} I_6 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_5 + I_6 = 4,9 \\ 3I_5 = 2I_6 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} I_5 = 1,96\ A \\ I_6 = 2,94\ A \end{cases}$$

4)- Résistance interne du générateur :

$$U_{PN} = E - rI \quad \Rightarrow r = \frac{E - U_{PN}}{I} = \frac{100 - 94}{4,9} = 1,2\ \Omega$$

Solution 7 :

Tensions U_{BA} ;U_{BD} ; U_{CA} et U_{AD} :

$$U_{BA} = E_1 - r_1 I = 12\ V;$$
$$U_{BD} = U_{BC} + U_{CD} = -(E_2 - r_2 I) - (E_3 - r_3 I) = -8,5\ V$$
$$U_{CA} = U_{CB} + U_{BA} = (E_2 - r_2 I) + (E_1 - r_1 I) = 14,5\ V$$
$$U_{AD} = U_{AC} + U_{CD} = -U_{CA} - (E_3 - r_3 I) = -17,5V$$

Solution 8:

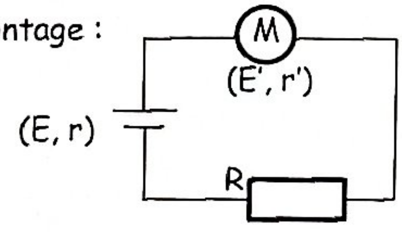
1)- Détermination de : E, r, E' et r' :

$$Du\ montage\ (a) : E = 12\ V; \quad Du\ montage\ (b) : \ U_{PN} = E - rI \Rightarrow r = \frac{E - U_{PN}}{I} = \frac{12 - 11}{2} = 0,5\Omega$$

$$\begin{cases} Du\ montage\ (c) : \ U_1 = E' + r'I_1 \\ Du\ montage\ (d) : \ U_2 = E' + r'I_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E' + 2r' = 11 \\ E' + r' = 9 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} E' = 7\ V \\ r' = 2\Omega \end{cases}$$

2)- Montage en série de (E', r) ; (E', r') et R :

a)- Montage :



b)- Intensité du courant :

Loi de Pouillet :

$$E = (r + r' + R)I \Rightarrow I = \frac{E - E'}{r + r' + R} = 0,4\ A$$

c)- Tensions aux bornes de chaque dipôle :

$$U_G = E - rI = 11,8\ V \ ; \ \ U_M = E' + r'I = 7,8\ V \ ; \ U_R = RI = 4\ V$$

d)- Rendement :

- Générateur : $\rho = \frac{U_G}{E} = \frac{11,8}{12}.100 = 98\ \%$

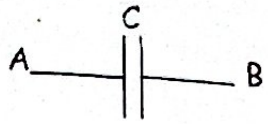
- Moteur : $\rho = \frac{E'}{U_G}.100 = \frac{7}{7,8} = 89,74\ \%$

Chapitre 6 : LES CONDENSATEURS :

1- Description d'un condensateur :

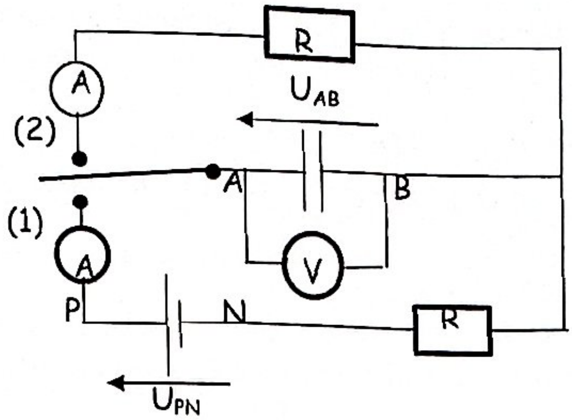
Un condensateur est un composant électronique formé de deux conducteurs appelés **armatures**, dont les surfaces en regard, très proches l'une de l'autre, sont séparées par un isolant ou **diélectrique**.

Symbole :



2- La charge et décharge d'un condensateur :

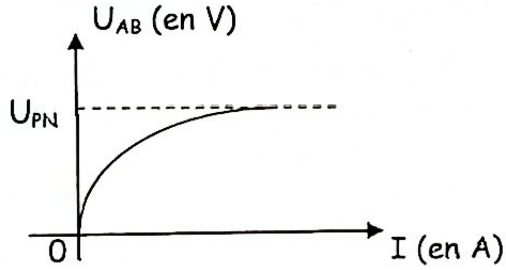
Montage du circuit de charge et de décharge d'un condensateur :



Expérience 1 : Charge du condensateur

Interrupteur fermé en position (1) : L'ampèremètre dévie et une tension $U_{AB} > 0$ apparait aux bornes du condensateur, elle augmente progressivement et devient égale à U_{PN}, la tension aux bornes du générateur : On dit que le **condensateur est chargé.**

Caractéristique intensité – tension de charge : $U_{AB} = f(I)$

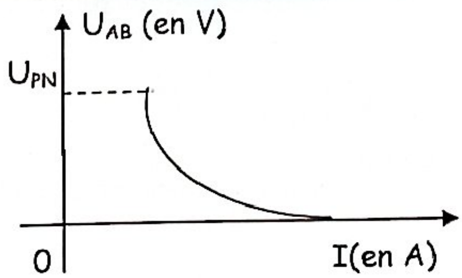


Lors de la charge et à chaque instant, au niveau des armatures A et B, il apparait des charges $q_A(+)$ et $q_B(-)$ telles que $q_A = -q_B$. **La charge du condensateur est alors :** $Q = |q_A| = |q_B|$

Expérience 2 : Décharge du condensateur

Interrupteur fermé en position (2) : L'ampèremètre dévie donc un **courant de décharge** circule dans le circuit ; la tension U_{AB} diminue progressivement jusqu'à s'annuler. On dit que la **décharge** du condensateur est terminée.

Caractéristique intensité – tension de décharge : $U_{AB} = f(I)$



3- La capacité d'un condensateur :

Un condensateur est caractérisé par sa **capacité** notée C et exprimée en **farad** (F).

Si U_{AB} est la tension entre les armatures A et B d'un condensateur de charge Q, la capacité C est définie par la relation :

$$C = \frac{Q}{U_{AB}} \Rightarrow charge\ du\ condensateur :\ Q = C.U_{AB}\ \ avec\ \ U_{AB} : (en\ V)$$

NB :

- Si I est l'intensité de charge du condensateur pendant une durée t, la charge Q est donnée par la relation : $Q = I.t$ en coulomb (C) avec I : (en A) et t : (en s)
- Pour un **condensateur plan** dont la surface commune des armatures est « S » et séparés d'une distance « d » par un diélectrique, sa **capacité** est donnée par la relation :

$$C = \varepsilon \frac{S}{d} \quad en\ farad\ (F)$$

avec ε : *perméabilité du diélectrique* (en $F.m^{-1}$) ; S : (en m^2) et d : (en m)

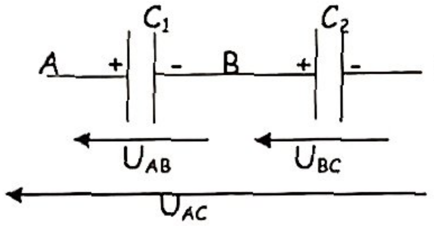
4- Energie emmagasinée par un condensateur :

Pour un condensateur de capacité C, soumis à une tension de charge U_{AB}, à chaque instant il emmagasine une **énergie électrique** dont l'expression est donnée par la relation :

$$W = \frac{1}{2}C.U_{AB}^2 \ \ or\ \ C = \frac{Q}{U_{AB}} \ \Rightarrow\ W = \frac{1}{2}Q.U_{AB}\ \ (en\ J)$$

5- Association des condensateurs :

5-1 : Groupement en série ou en cascade :



$$U_{AC} = U_{AB} + U_{BC} \quad avec\ U_{AB} = \frac{Q_1}{C_1}\ \ et\ \ U_{BC} = \frac{Q_2}{C_2}$$

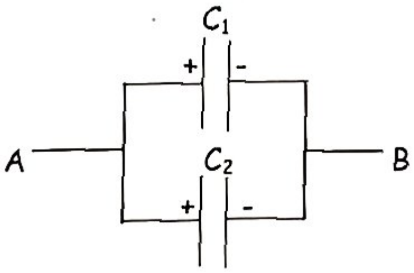
Or la charge de deux condensateurs en série est la même $\Rightarrow\ Q_1 = Q_2 = Q$

D'où $U_{AC} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} = Q\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}\right)$ or $U_{AC} = \frac{Q}{C_{éq}}$

$$\Rightarrow\ \frac{1}{C_{éq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Condensateur en série $\Rightarrow\ \frac{1}{C_{éq}} = \sum \frac{1}{C_i}$

5-2 : Groupement en parallèle ou en surface :



Aux bornes de C_1 : $U_{AB} = \frac{Q_1}{C_1} \Rightarrow Q_1 = C_1 U_{AB}$

Aux bornes de C_2 : $U_{AB} = \frac{Q_2}{C_2} \Rightarrow Q_2 = C_2 U_{AB}$

Or condensateurs en parallèle, la charge totale : $Q = Q_1 + Q_2 \Rightarrow C_{éq}U_{AB} = (C_1 + C_2)U_{AB}$

D'où la capacité équivalente de l'association :

$$C_{éq} = C_1 + C_2$$

Condensateurs en parallèle $\Rightarrow C_{éq} = \sum C_i$

EVALUATION « CONDENSATEURS »

Exercice 1 :

Un condensateur possède deux bornes A et B, reliées respectivement aux armatures A et B.
L'armature A porte la charge électrique $q_A = 2{,}2\mu C$.

1- Quelle est la charge électrique de l'armature B ?
2- L'armature A possède - t - elle un défaut ou un excès d'électrons ?
3- Donner le signe de la tension $U_{AB} = V_A - V_B$.

Exercice 2 :

La capacité d'un condensateur est égale à 2,2μF. La tension U_{BA} entre ses bornes B et A est égale à 50V.
Quelle est la charge électrique portée par l'armature A ?

Exercice 3 :

On dispose de deux condensateurs de capacité respectives C_1 = 1μF et C_2 = 2μF.
Quelle est la capacité du condensateur équivalent à l'association de ces deux condensateurs :

a- En série ?
b- En parallèle ?

Exercice 4 :

Un courant d'intensité constante 30 mA, charge un condensateur de capacité C = 1F. La tension maximale supportée par ce condensateur est égale à 5V.

a- Quelle charge électrique maximale peut emmagasiner ce condensateur ?
b- Quelle est la durée maximale de charge ?

Exercice 5 :

Un condensateur de bornes A et B, est chargé. L'armature A porte la charge $q_A = -1{,}2mC$.

1- Quelle est la charge portée par l'armature B ?
2- Quel est le signe de la tension $U_{AB} = V_A - V_B$?
3- Les bornes A et B du condensateur sont reliées aux bornes C et D d'une résistance R ; le condensateur se décharge.
   a)- Quels sont les porteurs de charge qui se déplacent dans les fils de jonction ?
   b)- Indiquer sur un schéma le sens de déplacement.
   c)- Quel est le sens du courant électrique transitoire ?

Exercice 6 :

On associe en série deux condensateurs de capacité 6,8 nF et 2,2 nF. L'ensemble est soumis à une tension de 12 V.

a- Calculer la capacité du condensateur équivalent.
b- Quelle est la charge commune à chaque condensateur ?
c- Calculer la différence de potentiel aux bornes de chaque condensateur.

Exercice 7 :

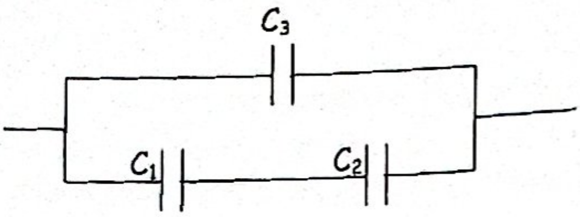
1- Un condensateur de capacité 220 μF, est soumis à une tension $U_{AB} = 1200V$. Calculer :

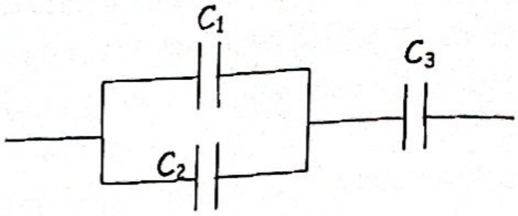
a- La charge du condensateur ;

b- La charge de l'armature B ;

c- L'énergie électrique emmagasinée par ce condensateur.

2- On considère les associations représentées ci - dessous :





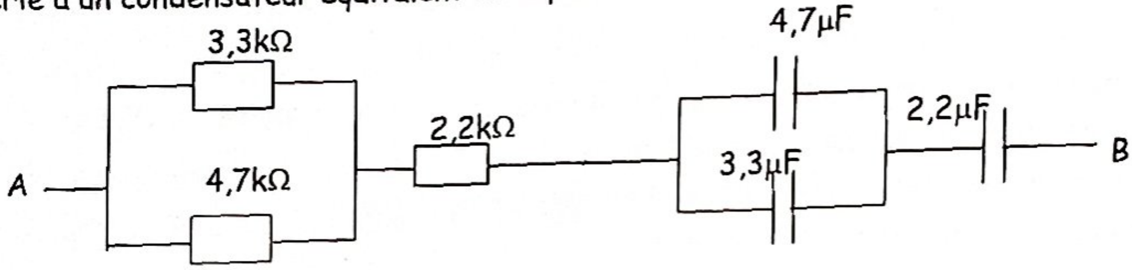
On donne : $C_1 = 10\mu F$; $C_2 = 15\mu F$ et $C_3 = 25\ \mu F$

a- Détermine la capacité équivalente de chaque association.

b- Chaque association étant soumise à 1200 V, calculer la charge de chaque association.

Exercice 8 :

Le schéma représente une association de résistances et de condensateurs. On veut simplifier le schéma électrique en remplaçant l'association par une résistance équivalente R, associée en série à un condensateur équivalent de capacité C.



1- Calculer R et C.

2- L'association est soumise à une tension U_{AB} =3400 V et traversée par un courant de charge d'intensité I = 0,5 A.

a- Quelles sont les tensions aux bornes de R et de C ?

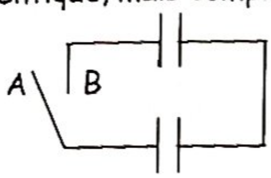
b- En déduire la charge maximale de C.

Exercice 9 :

Un condensateur de capacité 33μF, est chargé sous une tension U_{AB} = 24 V.

1- Calculer la charge portée par chaque armature.

2- Aux bornes A et B de ce condensateur, on relie les bornes C et D d'un autre condensateur identique, mais complètement déchargé.



a- En appliquant le principe de conservation de la charge portée par l'armature A puis celle de l'armature D, calculer la capacité équivalente.

b- Quelle est la nouvelle tension entre les armatures de chaque condensateur ?

c- Calculer l'énergie emmagasinée dans les deux condensateurs.

CORRIGE "CONDENSATEUR"

Solution 1 :

1)- Charge $q_B = -q_A = -2{,}2\ \mu C$;

2)- L'armature A, chargée positivement, possède un défaut d'électrons.

3)- Tension $U_{AB} > 0$.

Solution 2 :

Charge de l'armature A : $U_{BA} > 0 \Rightarrow q_A = -Q = -C.U_{BA} = -1{,}1.10^{-4}C$

Solution 3 :

Capacité équivalente :

a)- Montage en série : $C_{éq} = 0{,}67\ \mu F$

b)-Montage en parallèle : $C_{éq} = 3\ \mu F$

Solution 4 :

a)- Charge maximale : $Q = C.U = 5.10^{-6}\ C$

b)- Durée maximale de charge : $t = \frac{Q}{I} = 1{,}67.10^{-4}s$

Solution 5 :

1)- Charge de l'armature B : $q_B = -q_A = 1{,}2mC$

2)- $U_{AB} = V_A - V_B < 0$

3)- a)- Porteurs de charge dans les fils de jonction : les électrons

b)- Déplacement : de l'armature A vers l'armature B ;

c)- Sens du courant : de l'armature B vers l'armature A

Solution 6 :

a)- Capacité équivalente pour un montage en série : $C_{éq} = 1{,}66\ nF$

b)- Charge commune : $Q = C_{éq}.U = 1{,}99.10^{-8}\ C$

c)- Tension aux bornes de chaque condensateur :

$$U_1 = \frac{Q}{C_1} = 2{,}9\ V \quad et \quad U_2 = \frac{Q}{C_2} = 9{,}1\ V \quad (vérification : U = U_1 + U_2 = 12\ V)$$

Solution 7 :

1)- a)- Charge du condensateur : $Q = C.U_{AB} = 0{,}264\ C$

b)- Charge de B : $q_B = -Q = -0{,}264\ C$

c)- Energie électrique emmagasinée : $W = \frac{1}{2}\ Q.U_{AB} = 158{,}4\ J$

2)- a)- Capacité équivalente pour chaque association :

$$C_{éq(1)} = C_3 + \frac{C_1C_2}{C_1 + C_2} = 31\ \mu F \quad et \quad C_{éq(2)} = \frac{C_3(C_1 + C_2)}{C_1 + C_2 + C_3} = 12{,}5\ \mu F$$

b)- Charge de chaque association :

$$Q_1 = C_{éq(1)}.U = 3{,}72.10^{-2}\ C \quad et \quad Q_2 = C_{éq(2)}.U = 1{,}5.10^{-2}\ C$$

Solution 8 :

1)- Résistance équivalente R : $R = \frac{4,7.3,3}{4,7+3,3} + 2,2 = 4,1\ k\Omega$

Capacité équivalente C : $C = \frac{(4,7+3,3).2,2}{4,7+3,3+2,2} = 1,7\ \mu F$

2)- a)- Tension aux bornes de R et de C : $U_R = R.I = 2050\ V$ et $U_C = U_{AB} - U_R = 1350\ V$

b)- Charge maximale de C : $Q = C.U_C = 2,295.10^{-3}\ C$

Solution 9:

1)- Charge de chaque armature: $q_A = Q = C.U_{AB} = 7,92.10^{-5}\ C$ et $q_B = -Q = -7,92.10^{-5} C$

2)- a)- Capacité équivalente : *association en série* : $C_{éq} = \frac{C}{2} = 1,65\ \mu F$

b)- Tension aux bornes de chaque condensateur : $U' = \frac{U_{AB}}{2} = 12\ V$

c)- Energie emmagasinée par l'ensemble : $W = \frac{1}{2}\ C_{éq}.U_{AB}^2 = 4,75.10^{-4}\ J$

MODULE IV - ELECTROMAGNETIQUE

Chapitre 1 : LE CHAMP MAGNETIQUE

1- Les aimants et bobines :

a- Les aimants :

Tout solide capable d'attirer le métal fer, est appelé aimant.

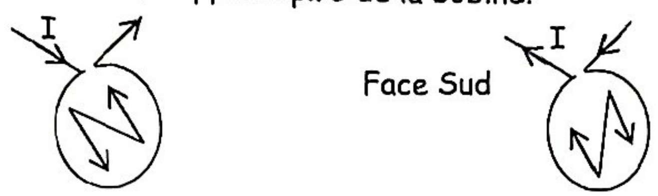
b- Interaction entre pôles - force magnétique :

Un aimant est caractérisé par deux pôles : Nord et Sud.

- Les pôles de même nom se repoussent, tandis que ceux de noms différents s'attirent.
- L'attraction ou la répulsion entre pôles, témoignent les effets des forces **magnétiques opposées**, qui s'exercent mutuellement au niveau de chaque pôle.

c- Analogie aimant - bobine :

- La **bobine** est un cylindre autour duquel s'enroule un fil conducteur parcouru par un courant électrique. Elle constitue un **aimant électromagnétique**.
- Les extrémités de la bobine appelées **faces**, constituent les pôles de l'aimant électrique ainsi constitué.
- Chaque enroulement du fil appelé **spire** de la bobine.



NB : La nature de la face de la spire, dépend du sens du courant.

2- Le champ magnétique :

Le champ magnétique est toute région de l'espace, dans laquelle une aiguille aimantée est soumise à une force magnétique qui l'oriente dans une direction bien définie.

- En tout point de cet espace, le champ magnétique est représenté par un **vecteur champ** noté $\vec{B}$ orienté du pôle Sud vers le pôle Nord de l'aiguille aimantée.
- A l'intérieur d'une bobine, le vecteur champ $\vec{B}$ est perpendiculaire au plan des faces et orienté de la face Sud vers la face Nord.

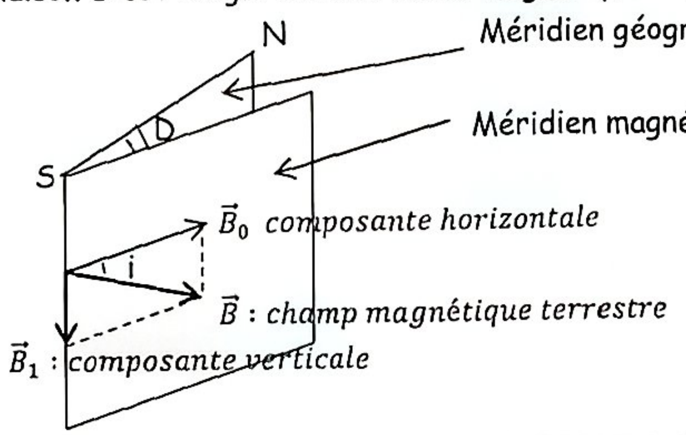
3- Le champ magnétique terrestre :

Au voisinage de la terre, existe un champ magnétique, appelé **champ magnétique terrestre** supposé uniforme pour une région de faible étendue.

Le méridien d'un point est le plan vertical contenant le vecteur champ magnétique.

L'inclinaison i est l'angle du vecteur champ avec l'horizontal.

La déclinaison D est l'angle des méridiens magnétique et géographique.



$$\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}_1$$
avec $B = B_O.\cos i$
et $B_0 = 2.10^{-5}\,T$

1- Champ magnétique créé en un point par un courant rectiligne :

Le champ magnétique créé par un fil conducteur rectiligne, parcouru par un courant I, en un point M situé à la distance d du fil, a pour expression :

$$B = 2.10^{-7}.\frac{I}{d} \quad avec\ I : (en\ A)\ ;\ \ d : (en\ m)\ et\ B\ :\ en\ tesla\ (T)$$

$\vec{B}$: Direction : orthogonal au plan formé par le fil et le point,

Sens : donné par la règle de la main droite : $\vec{B}$ orienté suivant le pouce, le courant entrant par le poignet et la paume ouverte tournée vers le point M.

2- Champ magnétique créé par une bobine plate circulaire :

- A l'intérieur d'une spire de rayon R, parcourue par un courant I, le champ magnétique créé est uniforme, orthogonal au plan de la spire et orienté de la face Sud vers la face Nord ; sa norme est :

$$B = 2\pi.10^{-7}\frac{I}{R} \quad avec\ I : (en\ A)\ ;\ \ R : (en\ m)\ et\ B\ :\ (en\ T)$$

Représentation :

- Pour une bobine à N spires, parcourue par un courant I, le champ magnétique créé à l'intérieur de la bobine, a pour expression :

$$B = 2\pi.10^{-7}\frac{NI}{R} \quad avec\ N : nombre\ de\ spires$$

3- Champ magnétique créé par une bobine longue ou solénoïde :

Au centre d'un solénoïde de longueur L, possédant N spires et parcouru par un courant I, le champ magnétique créé est uniforme :

- Direction : celle de l'axe du solénoïde ;
- Son sens est donné par la règle de la main droite : elle empoigne le solénoïde, le courant entrant par le poignet, sortant par les doigts et le pouce indique le sens de $\vec{B}$;
- Sa norme :

$$B = 4\pi.10^{-7}\frac{N.I}{L} \quad si\ \ n = \frac{N}{L}\ \ (nombre\ de\ spires\ par\ mètre)$$

$$\Rightarrow \quad B = 4\pi.10^{-7}.n\,I$$

Remarque :

S'il y a plusieurs sources de champ magnétique, le champ magnétique résultant, créé en un point est égale à la somme vectorielle des champs magnétiques créés par chacune des sources comme si elles étaient seule :

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \cdots + \vec{B}_n$$

EVALUATION « CHAMP MAGNETIQUE »

Exercice 1 :

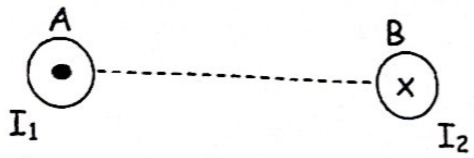
Un fil rectiligne, horizontal, très long, est parcouru par un courant ascendant d'intensité $I = 8,7$ A.

a)- Représente le champ magnétique $\vec{B}$ créé en un point M situé à la distance $d = 5,0$ cm du fil.

b)- Calcule son module.

Exercice 2 :

Deux conducteurs horizontaux distants de 5 cm sont traversés par des courants $I_1 = 300$ A et $I_2 = 200$ A, de sens contraires. Ils traversent le plan de la figure aux ponts A et B. (Voir figure)



a)- En quels points le champ magnétique résultant est - il nul ?

b)- Calcule le champ magnétique au point M milieu de AB.

Exercice 3 :

Un solénoïde horizontal, de longueur $l = 1,0$ m, comportant $N = 1,0.10^3$ spires, est parcouru par un courant $I = 16$ mA.

Calcule le champ magnétique créé à l'intérieur du solénoïde.

Exercice 4 :

Un solénoïde est constitué par une couche de fil de diamètre 0,2 mm isolant compris, bobiné à spires jointives sur un tube isolant, comportant 5 spires par millimètre.

a)- Calculer le champ magnétique à l'intérieur du solénoïde lorsqu'il est traversé par un courant de 0,5 A.

b)- Quelle valeur faut - il donner à I pour que le champ magnétique créé par le solénoïde ait même valeur que la composante horizontale du champ magnétique terrestre, soit $B_0 = 2.10^{-5}\ T$.

Exercice 5 : (non corrigé)

Deux fils F_1 et F_2, parallèles, de section négligeable, de très grande longueur, distants de 2d avec $d = 5,0$ cm, sont parcourus par des courants de même intensité $I = 5,0$ A et de sens contraires. Soient C et D les intersections respectives des deux fils par un plan P qui leur est perpendiculaire.

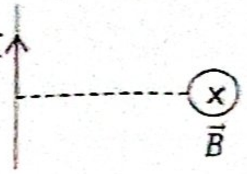
a)- En un point M, milieu de CD, représente et calcule le module du champ créé par les deux fils en ce point.

b)-Même questions, en un point N, situé à la distance x de M sur la médiatrice de CD.

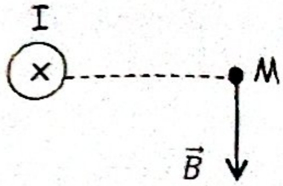
CORRIGE « CHAMP MAGNETIQUE »

Solution 1 :

a)- Champ créé en un point M :



ou

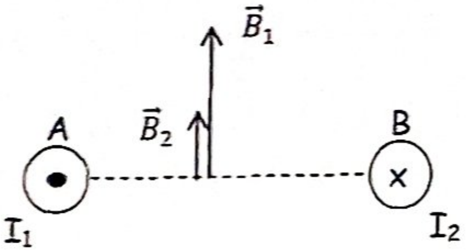


b)- Valeur de B : $B = 2.10^{-7}.\frac{I}{d}$ $AN : B = 2.10^{-7}.\frac{8,7}{0,05} = 3,48.10^{-5}\ T$

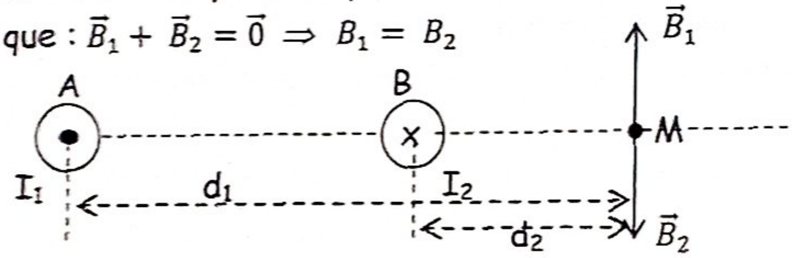
Solution 2 :

a)- Pour que le champ magnétique résultant ($\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$) soit nul, les champs créés par I_1 et I_2 en ce point, doivent être colinéaires et opposés, donc de même module.

- Sur AB et entre les deux conducteurs, $\vec{B}_1$ et $\vec{B}_2$ sont de même sens, donc ce champ ne peut être nul.



- Cette somme ne peut être nulle que si ce point est situé dans le prolongement de AB et du côté de I_2, tel que : $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = \vec{0} \Rightarrow B_1 = B_2$



$$B_1 = B_2 \Rightarrow 2.10^{-7}.\frac{I_1}{d_1} = 2.10^{-7}.\frac{I_2}{d_2} \quad or\ d_1 = AB + d_2 \Rightarrow \frac{I_1}{AB + d_2} = \frac{I_2}{d_2}$$

$$\Rightarrow \frac{300}{5 + d_2} = \frac{200}{d_2} \quad \Rightarrow d_2 = 10\ cm\ \ et\ \ d_1 = 15\ cm$$

Solution 3 :

Champ magnétique créé à l'intérieur du solénoïde :

$$B = 4\pi.10^{-7}.\frac{N}{l}\,I \quad AN : \quad B = 4\pi.10^{-7}.\frac{1000}{1}.0,016 = 2.10^{-5}\ T$$

Solution 4 :

a)- Champ magnétique à l'intérieur du solénoïde :

$$B = 4\pi.10^{-7}.n\,I \ \ avec\ n : nombre\ de\ spire\ par\ mètre$$

$$AN : I = 0,5\ A\ ;\ n = 5\ spires.mm^{-1} = 5000\ spires.m^{-1} \Rightarrow B = 3,14.10^{-3}\ T$$

b)- Valeur de I pour B' = B_O :

$$B = 4\pi.10^{-7}.n\,I \ \ (1)\ \ et\ B' = 4\pi.10^{-7}.n\,I'\ \ (2) \Rightarrow \frac{B'}{B} = \frac{I'}{I} \Rightarrow I' = I.\frac{B'}{B}$$

$$AN\ :\ I' = 0,5.\frac{2.10^{-5}}{3,14.10^{-3}} = 3,18.10^{-3}\ A$$

1- La loi de Laplace :

Un conducteur MN rectiligne de longueur L, parcouru par un courant I, placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, est soumis à la force électromagnétique $\vec{F}$:

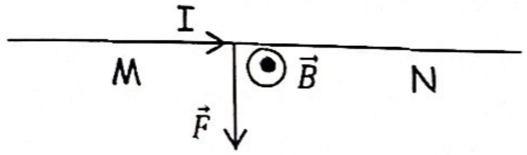
- Sa direction : orthogonal au plan $(\vec{B}, \overrightarrow{MN})$
- Son sens : déterminé par la règle de la main droite tel que le courant entrant par le poignet et sort par les doigts, la paume dirigée dans le sen de $\vec{B}$, le pouce donne le sens de $\vec{F}$;
- Son module :

$$\boldsymbol{F = I.L.B.\sin\alpha}$$

$$avec\ \alpha = (\widehat{\vec{B}\ ,\ \overrightarrow{MN}})\ ; I : (en\ A)\ ;\ L : (en\ m);\ B : (en\ T)\ et\ F : (en\ N)$$

Remarque :

Si $\vec{B} \perp \overrightarrow{MN} \Rightarrow \alpha = 90° \Rightarrow \sin\alpha = 1 \Rightarrow \boldsymbol{F = I.L.B}$



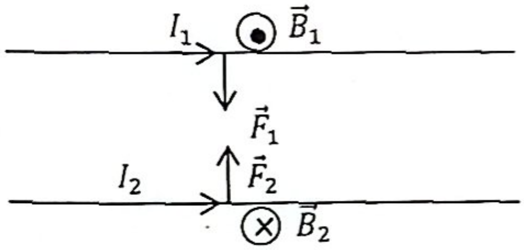
2- Interaction de deux courants parallèles :

Deux courants rectilignes parallèles :

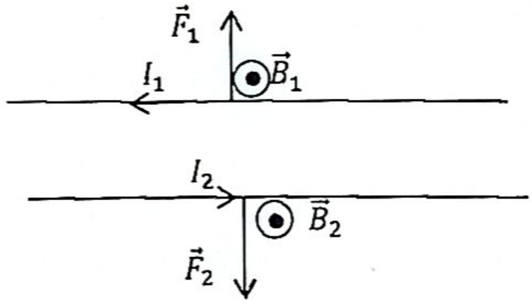
- S'attirent quand ils sont de même sens ;
- Se repoussent quand ils sont de sens contraires.

Représentation :

Courant de même sens :



Courants de sens contraires :



Les forces électromagnétiques $\vec{F}_1$ *et* $\vec{F}_2$ qui s'exercent sur les éléments de conducteurs rectilignes, sont opposées et ont pour module commum :

$$Loi\ de\ Laplace : F_1 = I_1 L\ B_2\ avec\ B_2 = 2.10^{-7}.\frac{I_2}{d}\quad et\quad F_2 = I_2 L\ B_1\ avec\ B_1 = 2.10^{-7}.\frac{I_1}{d}$$

$$\Rightarrow \quad \boldsymbol{F_1 = F_2 = 2.10^{-7}.I_1.I_2.\frac{L}{d}}$$

avec L : longueur de la portion de conducteur ; d : distance entre les deux courants

3- Moment du couple électromagnétique et moment magnétique :

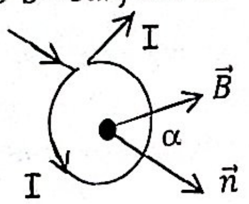
Une bobine plate rectangulaire possédant N spires et parcourue par un courant I, placée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, est soumise à un **couple électromagnétique** pouvant la faire tourner.

Expression du moment du couple électromagnétique Mc :

- Pour une spire :

$$M_c = I.S.B\ sin\alpha$$

$avec\ S : surface\ de\ la\ spire\ (en\ m^2)\ ;\ \alpha = (\vec{n}, \vec{B})\ et\ \vec{n} : normale\ à\ S$



Face Nord

- Pour la bobine à N spires :

$$M_c = I.N.S.B.sin\alpha \quad (en\ N.m)$$

- Le **moment magnétique** de la bobine, est défini par le produit :

$$M_m = I.N.S \quad (en\ A.m^2)$$

4- Travail de la force électromagnétique - flux d'induction :

- Le travail de force magnétique, est défini par la relation :

$$W = I.\Phi \quad (en\ J)$$

$avec\ \Phi = S.B.\cos\alpha\ \ (en\ weber : Wb) appelé\ flux\ d'induction\ coupé$

EVALUATION « LOI DE LAPLACE ET INDUCTION MAGNETIQUE »

Exercice 1 :

Deux conducteurs rectilignes parallèles distants de d = 40 cm, sont parcourus par des courants de même sens et d'intensités respectives $I_1 = 10$ A et $I_2 = 15$ A.
Représente et calcule la valeur commune des forces électromagnétiques qui s'applique sur chaque élément de conducteur de longueur 2 cm ?

Exercice 2 :

Un fil, de longueur 50 cm, est parcouru par un courant de 10 A. Il est entièrement contenu dans un champ magnétique uniforme $B = 10^{-2}$ T, faisant un angle de 20° avec l'horizontale et de sens descendant.

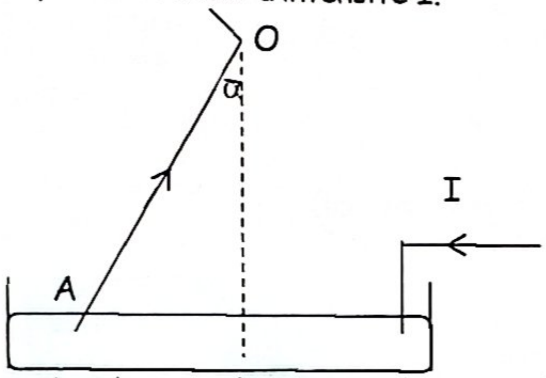
Représente sur un schéma, la force magnétique et calcule son intensité :

a- Lorsque le fil est vertical, le sens du courant étant de bas en haut ;

b- Lorsque le fil est horizontal et perpendiculaire au vecteur $\vec{B}$, le courant traversant la figure de l'avant vers l'arrière.

Exercice 3 :

Un fil conducteur rigide et rectiligne OA (OA = 30 cm) de masse 20g, peut prendre toutes les positions autour du point fixe O. Le contact en A étant assuré par un bain de mercure, le fil est parcouru de A vers O par un courant d'intensité I.



Lorsque le fil est placé en entier dans un champ magnétique uniforme horizontal, à l'équilibre il s'écarte de la verticale d'un angle de 15°.

a- Représente sur la figure : le vecteur champ magnétique et les différentes forces qui expliquent l'équilibre du fil conducteur.

b- Calcule I, sachant que le champ magnétique vaut 0,05 T.

On prendra : g = 10 N/kg

Exercice 4 :

Une bobine plate rectangulaire, mobile autour de son grand axe et comportant 20 spires de 4 cm x 5 cm, est placée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ horizontal dont l'induction est B = 0,1 T. Elle est parcourue par un courant I = 5 A. On la dispose de façon que son grand axe soit vertical et que sa normale $\vec{n}$ fasse un angle de 45° avec $\vec{B}$. Calculer :

a- L'intensité des forces s'exerçant sur les côtés horizontaux d'une spire moyenne.

b- Le moment magnétique de la bobine et le moment du couple électromagnétique qu'elle subit dans le champ magnétique.

c- Le flux d'induction qui traverse la bobine.

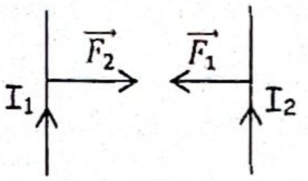
d- Le travail des forces électromagnétiques, lorsqu'on laisse tourner la bobine depuis la position définie ci – dessus jusqu'à la position d'équilibre qu'elle prend librement dans le champ.

CORRIGE « LOI DE LAPLACE - INDUCTION MAGNETIQUE »

Solution 1 :

Représentation des forces s'exerçant sur chaque conducteur :

Les conducteurs parcourus par des courants de même sens s'attirent, on a :



Valeur commune F :

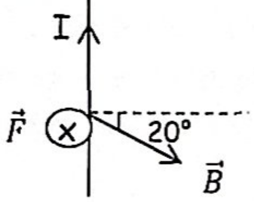
$$F_1 = F_2 = F = 2.10^{-7}.I_1.I_2.\frac{L}{d}$$

$$AN: \ F = 2.10^{-7}.10.15.\frac{0,02}{0,4} = 1,5.10^{-6}\ N$$

Solution 2 :

Représentation de la force magnétique et calcul de son intensité :

a)- Fil vertical et I descendant :



La force $\vec{F}$ est horizontale et orientée vers l'arrière

Intensité F :

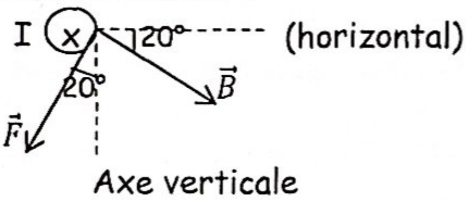
$$F = I.L.B.\sin\alpha$$

$$avec\ \alpha = 90° + 20° = 110°$$

$$AN: F = 10.0,5.\ 10^{-2}.\sin 110°$$

$$F = 4,7.10^{-2}\ N$$

b)- Fil horizontal et entrant :



La force $\vec{F}$ est verticale et incliné de 20°

$$or\ \vec{F}\ \perp \vec{B}\ \Rightarrow\ \alpha = 90°$$

Intensité F :

$$F = I.L.B.\sin 90°$$

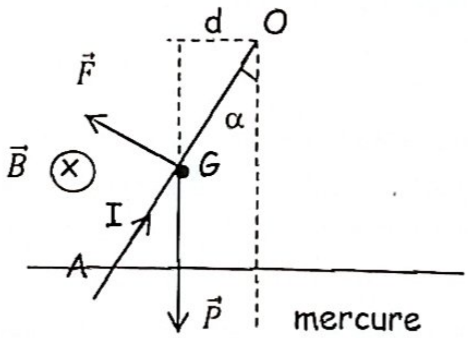
$$AN: F = 10.0,5.\ 10^{-2}.$$

$$F = 5.10^{-2}$$

Solution 3 :

a)- Représentation du vecteur champ magnétique $\vec{B}$ et des forces s'exerçant sur le fil

Les forces sont : $\vec{P}$: *poids du fil* ; $\vec{F}$: *force magnétique.*



b)- Condition d'équilibre de la tige, en rotation autour de l'axe passant par O :

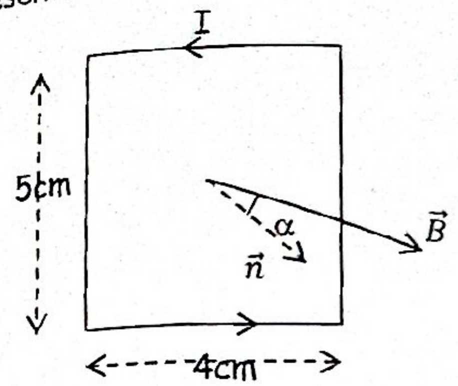
$$M_{\vec{F}/\Delta} + M_{\vec{P}/\Delta} = 0 \quad \Rightarrow \quad F.OG - P.d = 0 \quad avec\ d = OG.\sin\alpha$$

$$\Rightarrow\ F = P.\sin\alpha \quad avec\ F = I.OA.B\ \ et\ \ P = mg\ \Rightarrow\ I = \frac{mg}{OA.B}.\sin\alpha$$

$$AN: \ I = \frac{0,02.10.\sin 15°}{0,3.0,05} = 3,45\ A$$

Solution 4 :

Représentation d'une spire de la bobine plate parcourue par un courant I :



a)- Les deux côtés horizontaux sont parcourus par des courants de sens contraires, les forces qui s'y exercent, sont parallèles, de sens contraires et de même intensité. Elles constituent un couple de forces :

$$F_1 = F_2 = I.l.B \quad AN: \; F_1 = F_2 = 5.4.10^{-2}.10^{-1} = 2.10^{-2}\,N$$

b)- Moment magnétique de la bobine :

$$M_m = I.N.S \quad AN: \; M_m = 5.20.(4.10^{-2}.5.10^{-2}) = 0{,}2\;A.m^2$$

Moment du couple magnétique :

$$M_c = M_m.B.\sin\alpha \quad AN: \; M_c = 0{,}2.0{,}1.\sin 45° = 1{,}4.10^{-2}\,N.m$$

c)- Flux d'induction :

$$\Phi = S.B.\cos\alpha \quad AN: \; \Phi = (4.10^{-2}.\,5.10^{-2}).10^{-1}.\cos 45° = 1{,}4.10^{-4}\;Wb$$

d)- Travail effectué :

$$W = I.\Phi \quad AN: \; W = 5.1{,}4.10^{-4} = 7.10^{-4}\;J$$

SYNTHESE ET FORMULAIRE DE PHYSIQUE

Modules	Notions	Formulaire
OPTIQUE	Réflexion de la lumière	$i = r$
	Réfraction de la lumière	$n_1 \sin i = n_2 \sin r'$
	Dispersion de la lumière Prisme d'indice n et d'angle A	$\sin i = n \sin r$ (1) $\sin i' = n \sin r'$ (2) $A = r + r'$ (3) $D = i + i' - A$ (4)
ELECTROSTATIQUE	Loi de Coulomb	$F_{A/B} = F_{B/A} = 9.10^9 \dfrac{\lvert q_A\rvert\lvert q_B\rvert}{AB^2}$
	Champ électrique uniforme	$E = \dfrac{U}{d}$
	Champ électrique crée par une charge q_0 en un point M	$E = 9.10^9 . \dfrac{\lvert q_0\rvert}{OM^2}$
	Force électrique s'exerçant sur une charge q	$F = \lvert q\rvert . E$
	Travail de la force électrique dans un champ uniforme	$W_{\vec{F}} = q.U_{AB}$
ELECTROCINETIQUE	Quantité d'électricité	$Q = I.t$
	Energie électrique	$W = I.t.U$
	Résistance d'un fil conducteur de longueur l et de section S	$R = \rho . \dfrac{l}{S}$
	Loi d'Ohm aux bornes d'une résistance R	$U = R.I$
	Loi d'Ohm aux bornes d'un générateur (E, r)	$U = E - rI$
	Loi d'Ohm aux bornes d'un récepteur électrique (E', r')	$U = E' + r'.I$
	Puissance électrique	$P = U.I$
	Loi de Pouillet	$E - E' = I.\sum R_i$
	Capacité d'un condensateur AB	$C = \dfrac{Q}{U_{AB}}$
ELECTROMAGNETIQUE	Champ créé par un courant I	$B = 2.10^{-7} . \dfrac{I}{d}$
	Champ créé par une bobine plate à N spires	$B = 2\pi . 10^{-7} . \dfrac{N.I}{R}$
	Champ créé par un solénoïde de longueur l et à N spires	$B = 4\pi . 10^{-7} . \dfrac{N.I}{l}$
	Loi de Laplace	$F = I.l.B.\sin\alpha$
	Interaction de deux courants	$F_1 = F_2 = 2.10^{-7} . I_1 . I_2 . \dfrac{l}{d}$
	Flux d'induction magnétique	$\Phi = S.B.\cos\alpha$