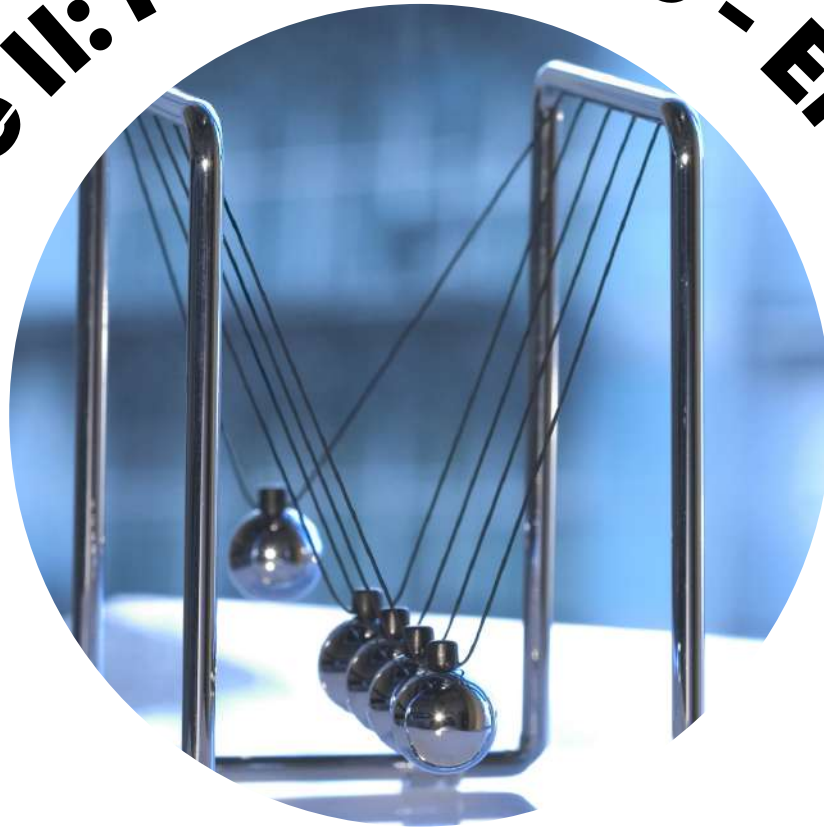


Physique II: Mécanique - Electricité



SCIENCES DE LA
VIE ET DE LA TERRE



Shop



- Cahiers de Biologie + Lexique
- Accessoires de Biologie



Etudier



Visiter [Biologie Maroc](http://www.biologie-maroc.com) pour étudier et passer des QUIZ et QCM en ligne et Télécharger TD, TP et Examens résolus.



Emploi



- CV • Lettres de motivation • Demandes...
- Offres d'emploi
- Offres de stage & PFE

Physique II: Electricité
destiné aux étudiants de la filière SVI (S2)

Pr Soufiane El Adraoui

18 avril 2021

Table des matières

I	Electrostatique	2
1	Charge électrique	3
1.1	Expérience de Coulomb	3
1.2	Charge ponctuelle	4
1.3	Distributions de charges	4
2	Loi de Coulomb	5
3	Champ et potentiel	6
3.1	Cas d'une charge ponctuelle	6
3.2	Principe de superposition	7
3.3	Cas des distributions continues	7

Chapitre

I

Electrostatique

Contents

1	Charge électrique	3
1.1	Expérience de Coulomb	3
1.2	Charge ponctuelle	4
1.3	Distributions de charges	4
2	Loi de Coulomb	5
3	Champ et potentiel	6
3.1	Cas d'une charge ponctuelle	6
3.2	Principe de superposition	7
3.3	Cas des distributions continues	7

Dans tout phénomène physique intervient un "objet" dont la structure confère certaines propriétés à l'espace qui l'entoure. Dans le cas de la gravitation, l'objet est constitué par une masse. En électrostatique, l'objet est une charge, mesurée en coulomb (C).

L'électrostatique est une branche de la physique dans laquelle on étudie les interactions entre les charges électriques immobiles.

Il existe deux types de charge électrique ; Les unes sont dites *positives*, les autres sont dites *négatives*.

1 Charge électrique

La matière est composée d'atomes, eux-mêmes composés de particules élémentaires (protons, neutrons et électrons).

Les protons sont situés dans le noyau d'un atome et les électrons sont à l'extérieur du noyau, mais toujours liés à l'atome. Les protons se repoussent comme les électrons, mais un proton et un électron s'attirent. On considère que ces forces sont causées par une propriété spéciale, qu'on appelle la charge.

Par convention, la charge d'un proton est positive et celle d'un électron négative.

1.1 Expérience de Coulomb

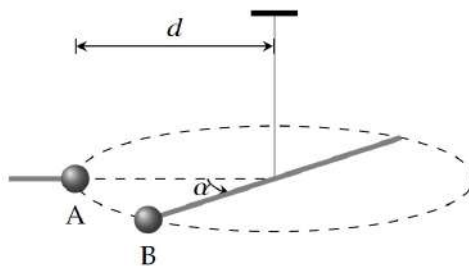


FIGURE I.1 – Expérience de Coulomb

C'est en 1785 que Coulomb met en évidence, à l'aide d'une balance de torsion qu'il a réalisée lui-même, la loi qui porte désormais son nom. L'expérience consiste à fixer une boule de sureau *B* à l'extrémité d'une tige isolante, suspendue en son milieu à un fil d'argent dont on peut contrôler l'angle de torsion. Ce système étant au repos, on approche une autre boule *A* tenue par une tige isolante au contact de la boule *B*. Ensuite, on électrise les deux boules simultanément de sorte qu'elles acquièrent la même charge *Q*. La boule

A est maintenue en place et la boule B s'éloigne sous l'action de la force électrique. À l'équilibre, le moment de la force électrique compense le couple de torsion. Il suffit ensuite d'augmenter, de façon contrôlée, la torsion du fil pour rapprocher les boules et mesurer la force pour des distances plus faibles. C'est ainsi que Coulomb trouva que la force électrique varie en $\frac{1}{r^2}$.

1.2 Charge ponctuelle

Définition 1 Une charge est dite ponctuelle quand on peut concentrer la totalité de la charge en un point. On la note q .

La charge est **quantifiée** : Toute charge est multiple de la charge élémentaire :

$$q = Ze$$

où Z est un entier relatif et

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

La matière est électriquement neutre.

1.3 Distributions de charges

Distribution volumique :

On appelle densité volumique de charge, la répartition en volume d'une quantité de charge. En un point M contenu dans un volume infinitésimal dv , la quantité de charge s'écrit :

$$\rho = \frac{dq}{dv}$$

Son unité est le $\text{C} \cdot \text{m}^{-3}$

La charge totale d'un volume s'obtient à partir de l'intégrale de volume $Q = \iiint_v dq = \iiint_v \rho \cdot dv$

En coordonnées cartésiennes, le volume élémentaire est $dv = dx \times dy \times dz$

Distribution surfacique :

Si l'épaisseur est négligeable devant la dimension du corps considéré, on peut effectuer les approximations suivantes :

$$\sigma = \frac{dq}{dS}$$

Dans ce cas, la charge totale d'une surface s'obtient à partir de l'intégrale de surface : $Q = \iint_S dq = \iint_S \sigma \cdot dS$

Distribution linéique :

$$\lambda = \frac{dq}{dl}$$

Exercice d'application 1 : On suppose que la Terre, considérée comme sphérique de rayon $R = 6400km$, porte une charge négative $Q = -106C$. On considère que les charges sont réparties uniformément sur sa surface avec une densité de charge surfacique σ_T . Calculer σ_T

Solution de l'exercice 1 : La charge est donnée par la formule :

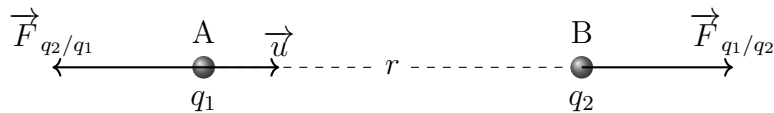
$Q = \iint_S dq = \iint_S \sigma_T \cdot dS$, Les charges sont réparties uniformément sur la surface, donc la densité surfacique est de charge est constante, elle peut être sorti de l'intégrale :

$$Q = \sigma_T \cdot \iint_{sphre} dS = 4\pi R^2 \sigma_T,$$

$$\text{d'où } \sigma_T = \frac{Q}{4\pi R^2} \text{ AN. } \sigma_T = \frac{-106}{4\pi(6400 \times 10^3)^2} \simeq 0.2 \times 10^{-12} C.m^{-2}$$

2 Loi de Coulomb

Soient deux charges ponctuelles q_1, q_2 de même signe, plongées dans le vide et situées respectivement dans les points A et B . La force d'interaction dite électrostatique exercée par q_1 sur q_2 éloignées de r ($r = AB$) est donnée par la loi de Coulomb :



Entre deux charges au repos il s'exerce une force directement proportionnelle au produit des charges et inversement proportionnelle au carré de leur distance. La force est dirigée suivant la ligne qui joint les charges.

$$\vec{F}_{q_1/q_2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \vec{u} = -\vec{F}_{q_2/q_1} \quad (I.1)$$

$$\frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9.10^9 N.m^2.C^{-2}$$

avec ϵ_0 est la permittivité électrique du vide

- Deux charges de même signe se repoussent
- Deux charges de signes opposés s'attirent

Exercice d'application 2 : Quelle est la force s'exerçant entre un proton et un électron situés à une distance de $0.1A^\circ$

Solution de l'exercice 2 : La force est attractive puisque les charges sont de signe opposé :

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_p q_e}{r^2} \vec{u}$$

AN. Le module de la force vaut $F = 9 \times 10^9 \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(0.1 \times 10^{-10})^2} = 23 \times 10^{-7} N$

3 Champ et potentiel

3.1 Cas d'une charge ponctuelle

La seule présence d'une charge ponctuelle q au point A permet de définir deux propriétés en un point B de l'espace environnant :

- une propriété vectorielle, le champ électrostatique qui s'exprime en $(N.C^{-1} \text{ ou } V.m^{-1})$.

$$\vec{E}(B) = \frac{\vec{F}_{q_1/q_2}}{q_2} = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{u}$$

- Une propriété scalaire, le potentiel électrostatique (défini à une constante près), en volts (V) :

$$V(B) = \frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 r} + Cte$$

et une relation entre les deux propriétés :

$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l}$$

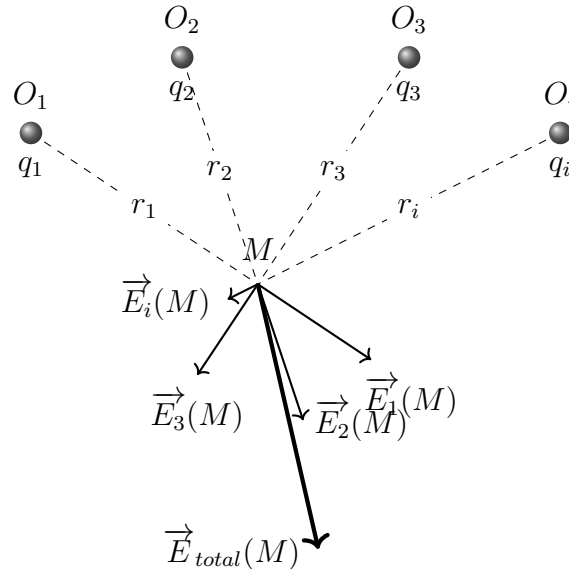
ou encore :

$$\vec{E} = -\overrightarrow{grad} V$$

en coordonnées cartésiennes : $\overrightarrow{grad} V = \frac{dV}{dx} \vec{i} + \frac{dV}{dy} \vec{j} + \frac{dV}{dz} \vec{k}$

Le champ électrique est orienté vers les potentiels décroissants

3.2 Principe de superposition



Soit q_1 en O_1 , q_2 en O_2 , q_3 en O_3 ... De l'addition vectorielle des champs découle le champ total selon principe de superposition des champs

$$\vec{E}_{Total}(M) = \sum_i \vec{E}_i(M)$$

et

$$V = \sum_i V_i$$

3.3 Cas des distributions continues

Distribution volumique

Soit P un point quelconque d'une distribution de charges (solide, gaz, ou plasma) et $dq(P)$ la charge élémentaire contenue en ce point. Le champ électrostatique total créé en un point M par cette distribution de charges est

$$\vec{E}(M) = \int_{distribution} d\vec{E}(M)$$

avec

$$d\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{PM^2} \vec{u}$$

tout se passe donc comme une charge ponctuelle dq était située en un point P de la distribution, créant au point M un champ électrostatique $d\vec{E}(M)$

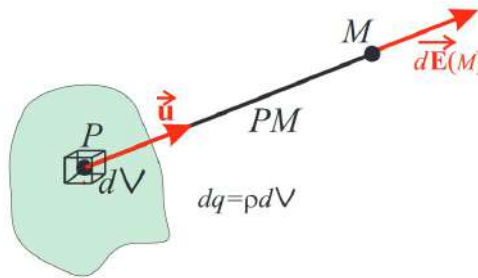


FIGURE I.2 – Un élément de volume dv crée un élément de champ $d\vec{E}$

Le champ électrostatique créé par une telle distribution est donc

$$\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint \frac{\rho(P)}{PM^2} \vec{u} dv$$

$$V(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint \frac{\rho(P)dv}{r}$$

avec $r=PM$

Distribution surfacique

Lorsque l'une des dimensions de la distribution de charges est beaucoup plus petite que les deux autres (ex : un plan ou une sphère creuse), on peut généralement faire une intégration sur une surface produisant un champ total :

$$\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iint \frac{\sigma(P)}{PM^2} \vec{u} dS$$

$$V(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iint \frac{\sigma(P)dS}{r}$$

avec $r=PM$

Distribution linéique

Enfin, si deux des dimensions de la distribution sont négligeables devant la troisième (ex : un fil), on peut exprimer le champ total en fonction de la densité linéique de charge λ :

$$\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\lambda(P)}{PM^2} \vec{u} dl$$

$$V(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\lambda(P)dl}{r}$$

avec $r=PM$

$$\vec{E}(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\lambda(P)}{PM^2} \vec{u} dl$$

$$V(M) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int \frac{\lambda(P) dl}{r}$$

avec $r=PM$

3.4 Lignes de champ

Le tracé des lignes de champ permet d'établir la topographie du champ électrique dans une région de l'espace. La ligne de champ donne l'orientation du champ électrique résultant en un point de l'espace. En tout point, le champ électrique résultant est tangent à la ligne de champ passant par ce point

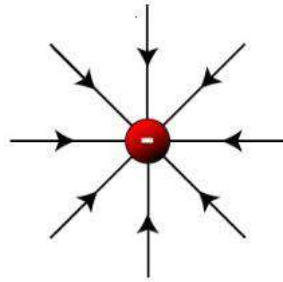


FIGURE I.3 – Lignes de champs d'une charge négative

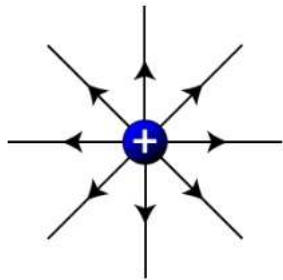


FIGURE I.4 – Lignes de champs d'une charge positive

4 Condensateurs

Un condensateur est un ensemble de 2 conducteurs en influence totale. On appelle $Q = Q_1$ la charge du condensateur. L'espace entre les deux armatures (les deux conducteurs) peut être du vide ou tout autre milieu isolant (diélectrique).

4.1 Capacité du condensateur

Soit un condensateur à l'équilibre, constitué de deux armatures A et B séparées d'une distance e , dont il est appliqué une différence de potentielle $\Delta V = V_A - V_B > 0$ (V_A et V_B étant respectivement les potentiels des armatures A et B il apparaît sur la surface de l'armature A une charge positive Q_A et sur la surface de l'armature B une charge $Q_B = -Q_A = Q$).

La capacité électrostatique de ce condensateur est définie par :

$$C = \frac{Q_A}{V_A - V_B} = \frac{Q_B}{V_B - V_A}$$

La capacité est exprimée en Farad notée (F)

4.2 Association de condensateurs

Il est possible d'associer des condensateurs en série, ou en parallèle afin de calculer la capacité équivalente, notée C_{eq} .

— **En série :**

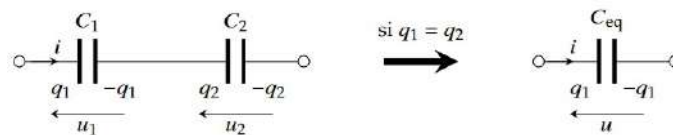


FIGURE I.5 – Capacités montées en série

$$\frac{1}{C_{eq}} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

— **En parallèle :**

$$C_{eq} = \sum_{i=1}^n C_i$$



FIGURE I.6 – Capacités montées en parallèle

4.3 Énergie d'un condensateur

L'énergie électrostatique d'un condensateur est définie par :

$$\mathcal{E}_p = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} C V^2 = \frac{1}{2} Q V$$

Chapitre II

Electrocinétique

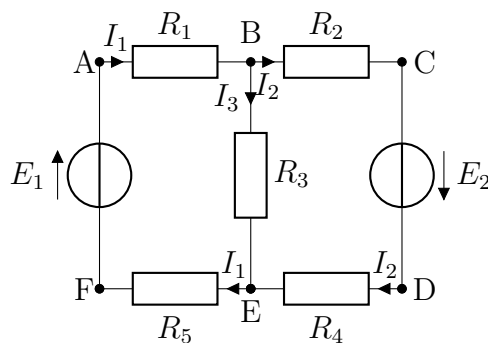
En "Electrocinétique", on étudie les phénomènes électriques liés au passage d'un courant électrique dans un circuit ou une portion de circuit. Les lois de l'électrocinétique permettent de prévoir les valeurs de l'intensité de courant et de la tension en différents points du circuits.

1 Définitions

Un circuit électrique est un ensemble de conducteurs reliés entre eux par des fils de jonction et dans lequel circule un courant électrique.

- Un *dipôle* est un composant électrique limité par deux bornes.
- Un *nœud* est un point commun à plus de deux dipôles.
- Une *branche* est une suite de dipôles entre deux nœuds consécutifs.
- Une *maille* est une partie d'un circuit électrique formant un contour fermé.

Exemple :



- B et E sont des nœuds du circuit
- $ABEFA$ et $BCDEB$ et $ABCDEF A$ sont les mailles du circuit
- $BAFE$ et $BCDE$ et BE sont les branches du circuit

2 Courant électrique

Le courant électrique est un déplacement de porteurs de charge (électrons, ions) dans un conducteur. Le sens conventionnel du courant est celui du déplacement des porteurs de charge positive. C'est donc aussi le sens opposé au déplacement des porteurs de charge négative.

Avant d'étudier un réseau électrique, chaque branche doit être orientée arbitrairement (voir figure ??) en plaçant une flèche sur le trait représentant le fil de jonction.

2.1 Intensité de courant

L'intensité du courant notée I est le débit de charges électriques à travers une section de conducteur.

$$i = \frac{dq}{dt}$$

L'unité de l'intensité du courant est l'ampère (A).

où dq représente la quantité algébrique de charge (en coulombs) traversant la section S du conducteur pendant un intervalle de temps dt (en secondes). Par convention, le sens positif du courant est indiqué par une flèche. Ce sens correspond au sens de déplacement des charges positives. Si ce sont les électrons qui conduisent le courant, alors ils se déplacent dans le sens opposé au courant.

2.2 Densité de courant

la densité de courant J est donné dans le cas d'un conducteur filiforme de section S (constante et très petite devant sa longueur) par :

$$J = \frac{I}{S}$$

2.3 Loi des noeuds

Pour un noeud donné, la somme des intensités des courants qui y arrivent est égale à la somme des intensités des courants qui en repartent.

Exemple : $I_1 + I_4 + I_5 = I_2 + I_3$

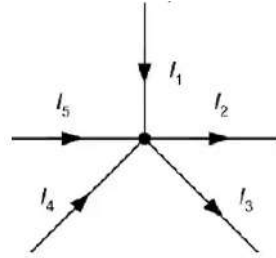


FIGURE II.1 – Exemple de noeud

C'est une conséquence de la conservation de la charge, les charges ne peuvent être ni créées, ni détruites.

En particulier, l'intensité est la même en tout point d'un circuit sans dérivation

3 Tension

3.1 Tension aux bornes d'un dipôle

La tension U_{AB} entre deux points A et B d'un circuit est la différence de potentiel entre ces deux points, soit $U_{AB} = V_A - V_B$

Par convention, la tension U_{AB} sera indiquée par une flèche orientée de B vers A pour les récepteurs (Résistance)

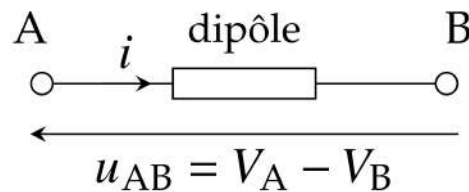
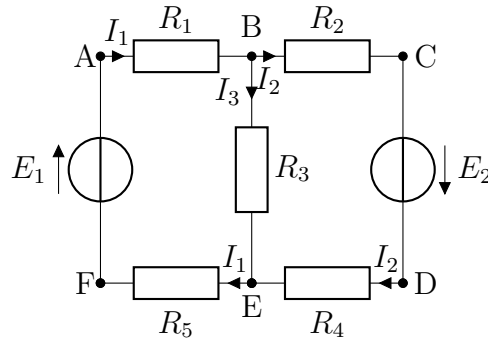


FIGURE II.2 – Tension aux bornes d'un dipôle

3.2 Loi des mailles

On reprend le circuit de la première figure :



Dans la maille $ABEFA$, On choisit arbitrairement un sens de parcours (par exemple :sens anti-horaire)

La somme des tensions aux bornes des dipôles d'une maille est nulle :

$$E_1 - U_1 - U_3 - U_5 = 0$$

4 Loi d'Ohm

La loi d'Ohm établit une relation entre la valeur d'une résistance R , la tension entre ses borne U_{AB} et l'intensité du courant qui circule :

$$U_{AB} = RI$$

U_{AB} en Volt (V) ;

I en Ampère (A) ;

et R en Ohm (Ω).

5 Association des résistances

Il est possible d'associer des résistance en série, ou en parallèle afin de calculer la résisatnce équivalente, notée R_{eq} .

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

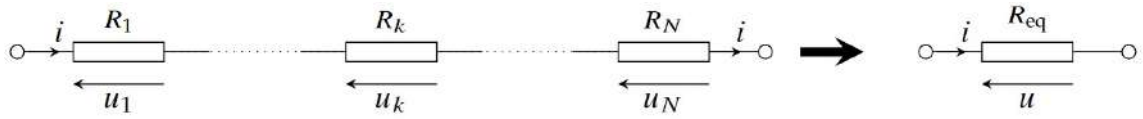


FIGURE II.3 – Résistances montées en série

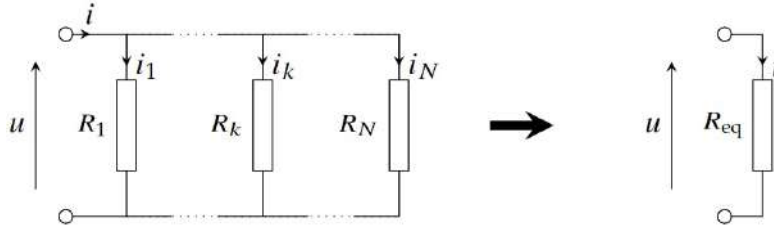


FIGURE II.4 – Résistances montées en parallèle

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

6 Puissance électrocinétique reçue par un dipôle

Pendant dt il y a $\frac{Idt}{q}$ porteurs de charge qui entrent en A , leur énergie est $\frac{Idt}{q} \times qV_A$ (énergie d'un porteur cf électromagnétisme).

Il y en a le même nombre qui sortent en B , leur énergie est $\frac{Idt}{q} \times qV_B$ le dipôle **reçoit** donc l'énergie $\delta W = Idt(V_A - V_B) = UIdt$ ce qui correspond à la puissance **reçue**

$$\mathcal{P} = \frac{\delta W}{dt} = UI$$

Un dipôle à un comportement récepteur si $\mathcal{P} > 0$.

Un dipôle à un comportement générateur si $\mathcal{P} < 0$.

Un dipôle peut avoir un comportement récepteur à certains moments et un comportement générateur à d'autres moments (ex. batterie).

Pour une résistance $U = RI$:

$$\boxed{\mathcal{P} = UI = RI^2}$$

Bon courage



LIENS UTILES 🙌

Visiter :

1. <https://biologie-maroc.com>

- Télécharger des cours, TD, TP et examens résolus (PDF Gratuit)

2. <https://biologie-maroc.com/shop/>

- Acheter des cahiers personnalisés + Lexiques et notions.
- Trouver des cadeaux et accessoires pour biologistes et géologues.
- Trouver des bourses et des écoles privées

3. <https://biologie-maroc.com/emploi/>

- Télécharger des exemples des CV, lettres de motivation, demandes de ...
- Trouver des offres d'emploi et de stage

