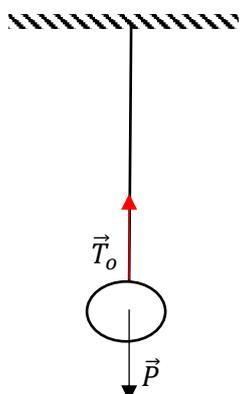


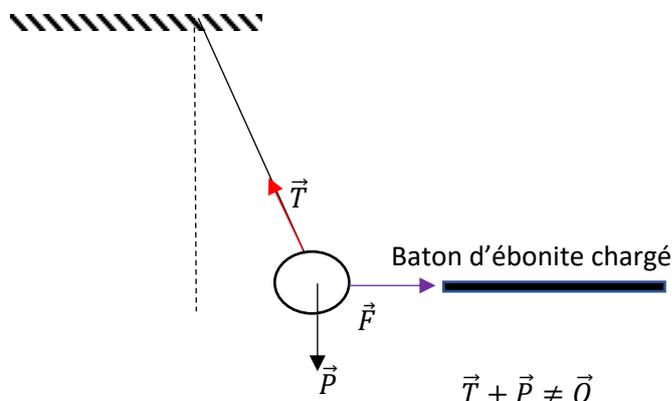
FORCES ET CHAMPS ELECTROSTATIQUES

I. FORCES ELECTROSTATIQUES

1. Loi de Coulomb



La boule est en équilibre sous l'action de son poids et de la tension du fil : $\vec{T}_0 + \vec{P} = \vec{0}$



En approchant un baton d'ébonite chargé d'électricité, le pendule électrique dévie par rapport à la verticale. La boule est en équilibre sous l'action de son poids, de la tension du fil et d'une nouvelle force due à la présence du corps chargé

Cette force, à **distance et répartie**, est appelée force électrostatique ou force électrique

Enoncé de la loi :

Entre deux charges ponctuelles q_A et q_B , placées dans le vide, s'exercent des forces $\vec{F}_{A/B}$ et $\vec{F}_{B/A}$ directement **opposées** dont l'intensité est proportionnelle à la valeur absolue du produit de deux charges électriques et inversement proportionnelle au carré de la distance r les séparant.

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} \text{ et } F_{A/B} = F_{B/A} = F$$

$$F = \frac{K|q_A||q_B|}{r^2} \text{ avec: } \begin{cases} q_{\varepsilon A} \text{ et } q_B \text{ en Coulomb (C)} \\ r \text{ en mètre (m)} \\ K = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ S.I} \end{cases}$$

K est la constante de Coulomb avec $\varepsilon_0 = \text{permittivité du vide}$

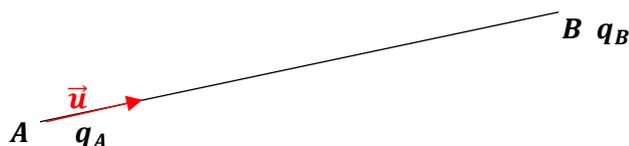
Autre unité de charge électrique :

1 microcoulomb = $1 \mu\text{C} = 10^{-6} \text{C}$;

1 nanocoulomb = $1 \text{nC} = 10^{-9} \text{C}$

1 picocoulomb = $1 \text{pC} = 10^{-12} \text{C}$;

1 femtocoulomb = $1 \text{fC} = 10^{-15} \text{C}$;



$$\vec{F}_{A/B} = \frac{Kq_Aq_B}{r^2} \vec{u} \text{ où } \vec{u} \text{ est un vecteur unitaire partant du point A et dirigé vers le point B}$$

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

2. **Caractéristiques**

- **Direction** : La droite joignant les deux charges ponctuelles : la droite (AB)
- **Sens** :

- $q_A q_B > 0 \begin{cases} q_A > 0; q_B < 0 \\ q_A < 0; q_B > 0 \end{cases}$ charges de signe contraire



- $q_A q_B < 0 \begin{cases} q_A > 0; q_B < 0 \\ q_A < 0; q_B < 0 \end{cases}$ charges de même signe



- **Intensité ou norme** :

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

II. **CHAMPS ELECTROSTATIQUES**

1. **Définition** :

C'est une région de l'espace où toute charge électrique q est soumise à une force électrostatique. Le champ électrostatique noté \vec{E} est donné par la relation :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \Rightarrow \vec{F} = q \vec{E}$$

2. **Caractéristiques**

- **Direction** : \vec{F} et \vec{E} ont même direction
 - **Sens** : Le sens de \vec{E} dépend du signe de la charge q. Si $q > 0$: \vec{F} et \vec{E} ont même sens
 - Si $q < 0$: \vec{F} et \vec{E} sont de sens contraire
- **Norme** :

$$E = \frac{F}{|q|} \quad \text{unité de } E: \begin{cases} \text{Newton par Coulomb : } N \cdot C^{-1} \\ \text{Volt par mètre : } V \cdot m^{-1} \end{cases}$$

3. **Champ électrostatique créé par une charge ponctuelle q**

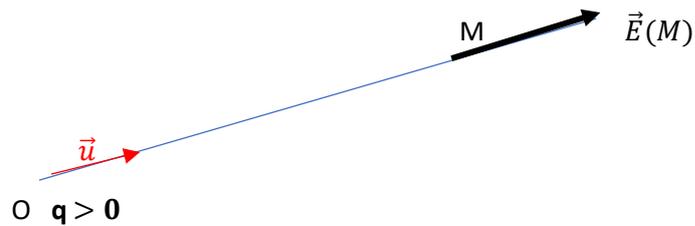
$$\left. \begin{aligned} \vec{F}_{A/B} &= \frac{K q_A q_B}{r^2} \vec{u} \\ \vec{F}_{A/B} &= q_B \vec{E}_A \end{aligned} \right\} \vec{E}_A = \frac{K q_A}{r^2} \vec{u} \quad \text{avec } r = AB$$

q_A : charge source; q_B : charge témoin

Généralisation

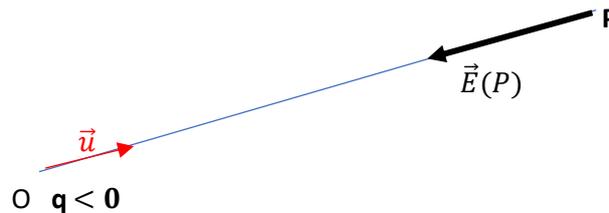
$$\vec{E} = \frac{K q}{r^2} \vec{u} \quad \text{de norme : } E = \frac{K|q|}{r^2}$$

Si la charge source q est positive



Le champ \vec{E} est dirigé de O vers M : Le champ électrostatique est **centrifuge** ou **divergent**

Si la charge source q est négative

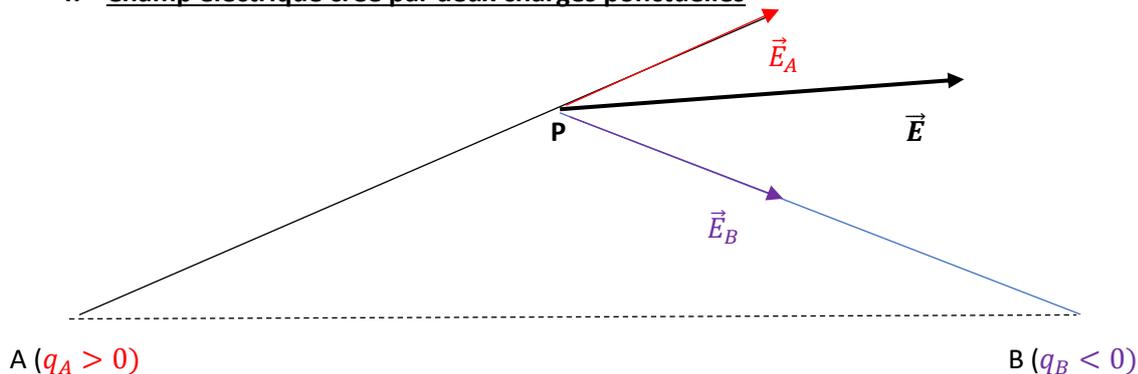


Le champ \vec{E} est dirigé de P vers O : Le champ électrostatique est **centripète** ou **convergent**

Remarque :

A la place de champ électrostatique, on parle souvent de **champ électrique**. En fait, un champ électrostatique est un cas particulier de champ électrique où les charges électriques sont **statiques** (immobiles)

4. Champ électrique créé par deux charges ponctuelles



Principe de superposition : Le champ électrostatique total créé par deux charges ponctuelles est la somme des deux champs individuels créés par chaque charge prise séparément.

$$E_A = \frac{Kq_A}{AP^2}; E_B = \frac{K|q_B|}{BP^2}$$

$$\vec{E} = \vec{E}_A + \vec{E}_B \Rightarrow E^2 = E_A^2 + E_B^2 + 2\vec{E}_A \cdot \vec{E}_B \Rightarrow E^2 = E_A^2 + E_B^2 + 2E_A E_B \cos(\vec{E}_A, \vec{E}_B)$$

Déterminations des caractéristiques du champ électrique résultant

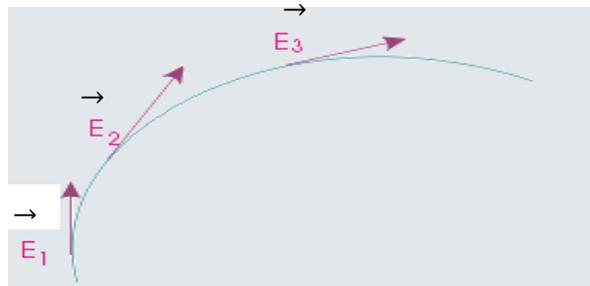
3 méthodes : $\left\{ \begin{array}{l} \text{méthode analytique ou algébrique} \\ \text{méthode graphique} \\ \text{méthode géométrique } (\vec{E}_A \perp \vec{E}_B) \end{array} \right.$

Généralisation

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i \quad \text{et} \quad \vec{F} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i$$

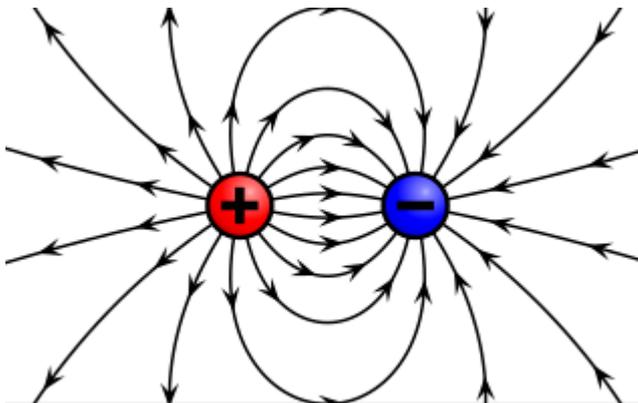
5. Lignes de champ électrostatique

Une ligne de champ est une courbe telle qu'en chacun de ses points, le champ électrostatique \vec{E} soit porté par la tangente à la courbe. Les lignes de champ sont orientées dans le sens de \vec{E}



L'ensemble des lignes de champ est appelé **spectre électrostatique**

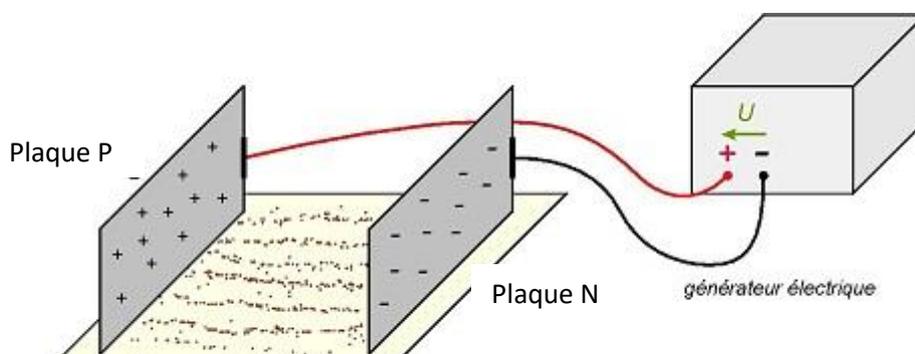
Exemple du dipôle électrique : Les charges des deux sources sont égales en valeur absolue



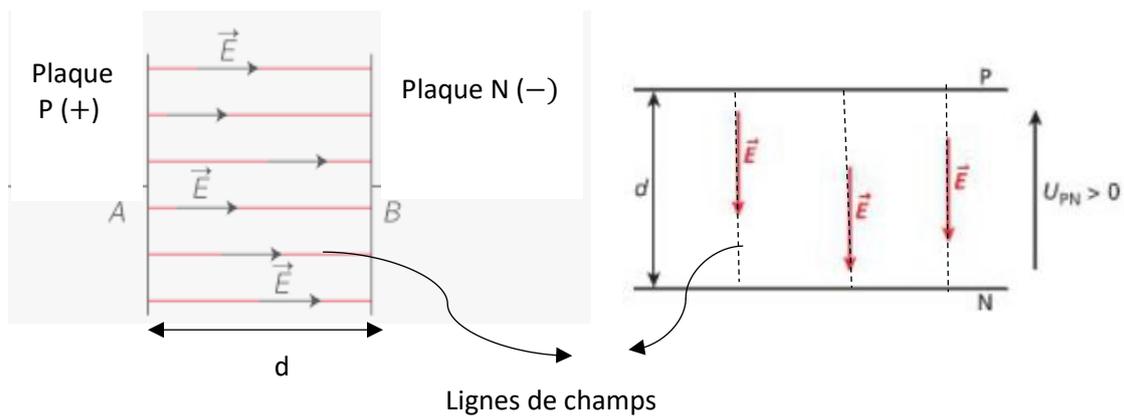
Les lignes de champ s'éloignent de la source chargée positivement et se dirigent vers la source chargée négativement.

6. Champ électrostatique uniforme

Pour obtenir un champ électrostatique uniforme, on utilise un condensateur plan. C'est un système de deux plaques métalliques parallèles, séparées par une distance d . Les plaques sont appelées **armatures**. Chaque plaque est reliée à une borne d'un générateur délivrant une tension constante U



Les lignes de champ sont parallèles, perpendiculaires aux plaques et dirigées de la plaque positive vers la plaque négative et la norme de \vec{E} est constante



EXERCICES D'APPLICATION

Exercice n°1

La somme de deux charges ponctuelles est $8 \mu\text{C}$. Lorsqu'elles sont à 3 cm l'une de l'autre, chacune d'elle est soumise à une force de 150 N. Déterminer les valeurs de ces charges sachant que les deux charges se repoussent

Exercice n°2 :

Deux charges électriques ponctuelles $q_A = 30\text{nC}$ et $q_B = 40\text{nC}$ sont placées respectivement en deux points A et B distants de $AB=2a=10\text{cm}$

1°) Déterminer les forces qui s'exercent sur ces deux charges

2°) Déterminer les caractéristiques des vecteurs champs électrostatiques créés

- a) Au milieu O du segment [AB]
- b) Au point N situé sur la droite AB à l'extérieur de [AB] et à 10cm de A
- c) Au point P situé sur la médiatrice de [A] et à 5cm du point O
- d) En un point M situé à 8cm de la charge q_A et à 6cm de la charge q_B (méthode graphique exigée)

3°) En quel point Q de la droite AB le champ électrostatique est-il nul ? On posera $QB = x$ et on déterminera la valeur de x $K=9 \cdot 10^9\text{SI}$

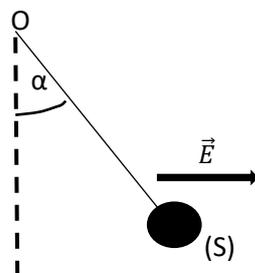
Exercice n°3 :

Une petite sphère de centre S est attachée au point O par un fil isolant de masse négligeable et de longueur $\ell=40\text{ cm}$. La sphère de masse $m=50\text{mg}$ porte la charge électrique q

1°) On la soumet à un champ électrostatique uniforme \vec{E} orienté comme l'indique la figure ci-dessous. Le fil s'incline alors d'un angle $\alpha = 10^\circ$ par rapport à la verticale. En déduire la valeur de la charge électrique q. On donne : intensité du champ électrostatique $E = 10^3 \text{V} \cdot \text{m}^{-1}$

2°) On superpose au champ électrostatique précédent un autre champ uniforme vertical \vec{E}' . Quels doivent être le sens et l'intensité du champ \vec{E}' pour que le fil s'incline d'un angle $\alpha' = 20^\circ$?

3°) Quelle serait l'inclinaison α'' du fil si l'on changeait le sens du champ \vec{E}' sans modifier son intensité ?



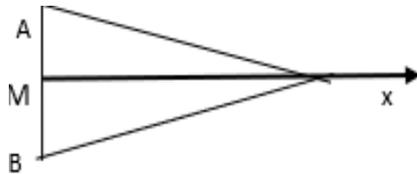
Exercice n°4 :

En deux points A et B distants de $2a=20\text{cm}$, sont placées respectivement deux charges ponctuelles $q_A = q_B = q = -10\text{nC}$

1°) Calculer le module E du champ électrostatique en un point P situé sur la médiatrice de AB, en fonction de $x=MP$, M étant le milieu de AB. On donnera l'expression littérale de E

2°) Pour quelle valeur de x a-t-on E maximum ? Calculer E_{max}

3°) Donner l'allure de la fonction $E = f(x)$



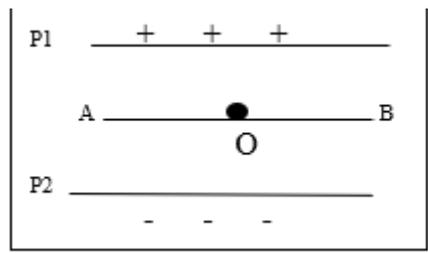
Exercice n°5 :

Un fil de torsion en argent, de constante de torsion $C=13,5 \cdot 10^{-7} \text{N.m.rad}^{-1}$, supporte une barre isolante horizontale de longueur $\ell=30\text{ cm}$ en son milieu O. La barre porte à ses extrémités deux petites sphères ponctuelles A et B porteuses de charges électriques q_1 et q_2 avec $q_1 = -q_2 = q = 1\text{nC}$. Le pendule de torsion ainsi constitué est placé entre deux plaques conductrices planes et parallèles P_1 et P_2 distantes l'une de l'autre de $d=20\text{cm}$. Lorsque les plaques P_1 et P_2 sont électriquement neutres, la barre AB est parallèle aux plaques et le fil n'est pas tordu. On branche les plaques P_1 et P_2 aux bornes d'un générateur Haute tension. Elles portent respectivement les charges Q_1 et Q_2 telles $Q_1 = -Q_2 = Q > 0$. La barre tourne d'un angle $\alpha = 30^\circ$ par rapport à sa position d'équilibre horizontale

1°) Illustrer par un schéma clair, l'interaction entre les plaques chargées et le dipôle (ensemble formé par les charges q_1 et q_2). Faire figurer l'angle α et les forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2

2°) Montrer que l'action du champ électrique sur le dipôle se réduit à un couple de forces électriques

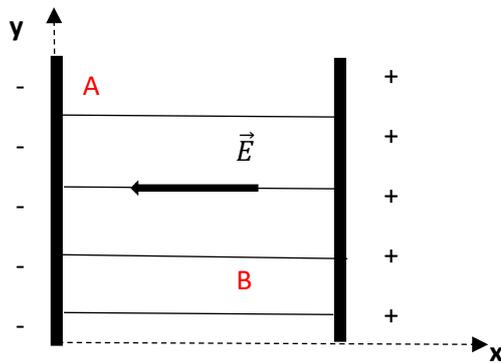
3°) En appliquant le théorème des moments, exprimer l'intensité du champ électrostatique E entre les plaques supposées uniforme en fonction de C , α , q , ℓ . En déduire l'expression de la différence de potentiel (ddp) $U=U_{P_1P_2}$ en fonction de C , α , d , q , ℓ . Calculer la valeur numérique de U



FIN du cours

TRAVAIL DE LA FORCE ELECTROSTATIQUE-ENERGIE POTENTIELLE ELECTROSTATIQUE

I. TRAVAIL DE LA FORCE ELECTROSTATIQUE



$$\vec{F} = q \vec{E}$$

\vec{E} : champ électrique uniforme $\Rightarrow \vec{F}$ est une force constante

Une particule chargée se déplace de A vers B

$$W_{AB}(\vec{F}) = ?$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = q \vec{E} \cdot \overrightarrow{AB}$$

$$\vec{E} \begin{pmatrix} -E \\ 0 \end{pmatrix}; \overrightarrow{AB} \begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \end{pmatrix} \quad W_{AB}(\vec{F}) = -q E (x_B - x_A) \Rightarrow W_{AB}(\vec{F}) = q E (x_A - x_B)$$

Le travail de la force électrostatique, lors du déplacement d'une charge q d'un point A à un point B dans un champ électrostatique uniforme est indépendant du chemin. Il ne dépend que des positions initiale A et finale B : La force électrostatique \vec{F} est une force **conservative**

II. ENERGIE POTENTIELLE ELECTROSTATIQUE

1. Variation d'énergie potentielle électrostatique

système (plaques, charge q) \rightarrow système déformable

\vec{F} : force intérieure conservative

\vec{F} : force électrostatique

Le système possède de l'énergie potentielle **électrostatique**

La variation d'énergie potentielle électrostatique ΔE_p est égale est égale à l'opposé du travail de la force électrostatique $W_{AB}(\vec{F})$

$$\Delta E_p = -W_{AB}(\vec{F}) \Rightarrow E_p(B) - E_p(A) = -q E (x_A - x_B) \Rightarrow E_p(B) - E_p(A) = q E (x_B - x_A)$$

$$E_p = q E x + K \text{ avec } K: \text{une constante} \quad E_p = q E x + K$$

L'énergie potentielle électrostatique est définie à une constante près

$$\text{Choix de la référence: } \begin{cases} \text{origine de l'énergie potentielle: } x = 0 \\ E_p = 0 \end{cases} \Rightarrow K = 0$$

$$E_p = q E x$$

2. Potentiel électrique

Le produit $E x$, dépendant de la norme du champ électrostatique E et de la position de la charge x est appelé **potentiel électrique ou potentiel électrostatique** et est noté V

$$V = E x \Rightarrow E_p = q V$$

3. Différence de potentiel (d.d.p)

$$x_B > x_A \Rightarrow V_B > V_A \Rightarrow V_B - V_A = U > 0. \text{ Posons } d = x_B - x_A$$

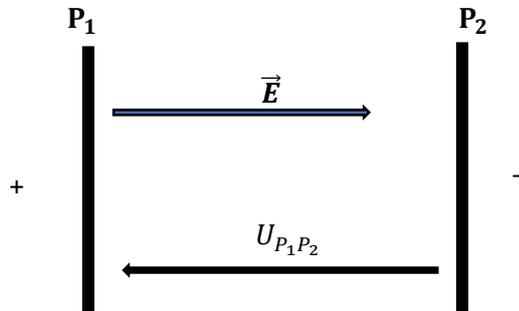
$U =$ tension électrique ou différence de potentiel

$$\left. \begin{array}{l} V_B = E x_B \\ V_A = E x_A \end{array} \right\} V_B - V_A = E (x_B - x_A) \Rightarrow V_B - V_A = E d \Rightarrow U = E d$$

L'intensité du champ électrostatique uniforme E entre les armatures d'un condensateur plan, distantes de d est donnée par :

$\Rightarrow E = \frac{U}{d}$	U : Volt (V)
	d mètre (m)
	E : $V \cdot m^{-1}$

Représentation d'une tension et sens du champ électrostatique



Remarque :

- Le champ électrostatique a le sens des potentiels décroissants : Il est dirigé **toujours** de la plaque positive vers la plaque négative
- La notation U_{AB} d'une tension, désigne une grandeur algébrique, la flèche représentant U_{AB} est dirigée vers le point A

4. Autre expression du travail de la force électrostatique

$$W_{AB}(\vec{F}) = q E (x_A - x_B) \Rightarrow W_{AB}(\vec{F}) = q (E x_A - E x_B) \Rightarrow W_{AB}(\vec{F}) = q (V_A - V_B)$$

$$W_{AB}(\vec{F}) = q U_{AB}$$

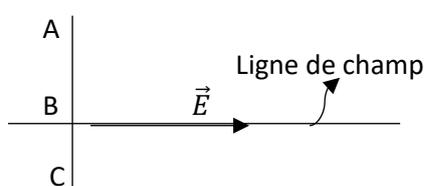
Autre unité d'énergie : l'électronvolt (eV)

$$\left. \begin{array}{l} q = e \\ U = 1 V \end{array} \right\} W(\vec{F}) = 1,6 \cdot 10^{-19} \times 1 = 1,6 \cdot 10^{-19} J \Rightarrow 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} J$$

$1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13}$	$1 \text{ GeV} = 1,6 \cdot 10^{-10}$
--------------------------------------	--------------------------------------

5. Lignes équipotentielles

C'est l'ensemble des points ayant même valeur du potentiel.



$$W(\vec{F}) = q \vec{E} \cdot \overline{AB} \quad V_A - V_B = ?$$

$$W(\vec{F}) = q (V_A - V_B) \quad V_A - V_B = \vec{E} \cdot \overline{AB}$$

$$\vec{E} \perp \overrightarrow{AB} \Rightarrow V_A - V_B = 0 \Rightarrow V_A = V_B$$

Les points A, B et C appartiennent à la même **équipotentielle**. Tes les points situés dans un plan perpendiculaire aux lignes de champ sont au **même potentiel**

III. ENERGIE MECANIQUE D'UNE PARTICULE CHARGEE DANS UN CHAMP MAGNETIQUE UNIFORME \vec{E}

Rappels :

Particule	Charge électrique (C)
Electron	$-e$
Proton	$+e$
Exemple : Ion positif Al^{3+}	$3e$
Exemple : Ion négatif O^{2-}	$-2e$
Exemple Noyau d'hélium 4_2He	$Z e$ avec $Z = 2$

: charge élémentaire e

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

$Z =$ numéro atomique

Particule	Masse
Electron	$9,1 \cdot 10^{-31} kg$
Proton	$1,67 \cdot 10^{-27} kg$
Exemple : Ion positif ${}^{27}_{13}Al^{3+}$	$27 u$
Exemple : Ion négatif ${}^{16}_8O^{2-}$	$16 u$
Exemple Noyau d'hélium 4_2He	$4 u$ avec $A = 4u$

$$m_{atome} \approx m_{noyau} \approx m_{ion}$$

$$m_{ion} = A u \text{ avec } u = 1,66 \cdot 10^{-27} kg$$

$u =$ unité de masse atomique

$$m = \frac{M \rightarrow \text{Masse molaire}(kg \cdot mol^{-1})}{N}$$

N : constante d'Avogadro

$$= 6,02 \cdot 10^{23} mol^{-1}$$

$$E_m = E_c + E_p$$

Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrostatique uniforme

- Le poids de la particule P
- La force électrique F

P négligeable devant F	P non négligeable devant F
$E_m = E_{cinétique} + E_p \text{ électrique}$	$E_m = E_{cinétique} + E_p \text{ électrique} + E_p \text{ pesanteur}$
$E_m = \frac{1}{2} m v^2 + q V$	$E_m = \frac{1}{2} m v^2 + q V + m g z$

Exercices d'application

Exercice n°1 :

Dans le repère $(0, \vec{i}, \vec{j})$ règne un champ électrique uniforme $\vec{E} = 20\vec{i} + 30\vec{j}$ E est exprimé en V/cm. On considère les points A (2,2) ; B (-2, 3) ; C (-5, 4) ; F (0, 4) ; G (6,0). Les coordonnées sont exprimées en cm. Le potentiel est nul au point B.

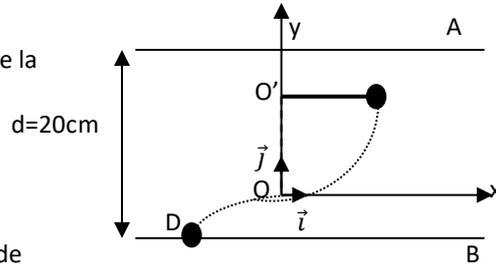
1°) Trouver le potentiel des points A, C, F et G

2°) Trouver le travail de la force électrostatique \vec{F} lorsqu'un ion Mg^{2+} , introduit dans le champ électrostatique, passe de A à G.

3°) Calculer l'énergie potentielle de la particule Mg^{2+} aux points A, C et G. On prendra l'énergie potentielle électrostatique nulle au point B.

Exercice n°2 :

Une sphère conductrice M, assimilable à un point matériel, de masse $m=2g$ et portant une charge q positive, est suspendue en point fixe O' , par l'intermédiaire d'un fil isolant de longueur $\ell=10cm$. Ce pendule ainsi constitué est placé entre deux armatures métalliques A et B, planes et horizontales distantes de $d=20cm$. Le point de suspension O' est situé à $5cm$ au-dessous de l'armature supérieure A. on applique entre les deux armatures, une différence de potentiel $U_{AB}=2000V$, créant alors entre A et B un champ électrostatique uniforme \vec{E} .



1°) Donner les caractéristiques de la force électrostatique et de la force de pesanteur s'exerçant sur la sphère M.

2°) La sphère porte une charge $q=0,5\mu C$.

Le pendule est écarté de sa position d'équilibre d'un angle de 90° , et abandonné sans vitesse initiale. Déterminer la vitesse v_0 de la sphère au passage à la verticale.

3°) Le fil se casse au passage à la verticale. Calculer la vitesse de la sphère au moment où elle touche l'armature B. $g=10N/kg$

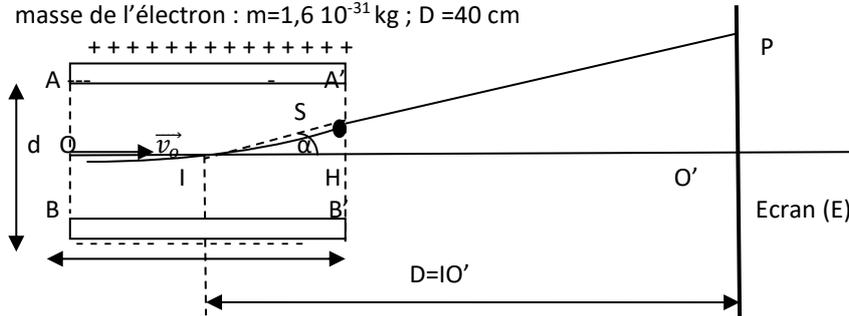
4°) On montre que l'équation cartésienne de la trajectoire du point matériel au-delà du point O dans le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) est : $y = -\frac{1}{2}(g + \frac{qE}{m})\frac{x^2}{v_0^2}$. Calculer les coordonnées du point de contact D. On prendra $g= 10N/kg$

Exercice n°3 :

Dans un tube cathodique d'oscilloscope électronique, un électron émis par le filament chauffé et accéléré par un champ électrostatique arrive en O entre deux plaques AA' et BB' parallèles horizontales avec une vitesse \vec{v}_0 portée par l'axe OHO'. La longueur des plaques est ℓ , la distance les séparant est d . La plaque BB' est au potentiel nul, la plaque AA' au potentiel V_A . L'électron, dévié dans le champ qui règne entre AA' et BB', sort du champ au point S.

Données numériques :

$v_0 = 1,41 \cdot 10^7 m \cdot s^{-1}$, charge de l'électron : $q = -e = 1,6 \cdot 10^{-19} C$; $\ell = 10 cm$; $d = 5 cm$; $V_A = 100 V$; $HS = 5 mm$; masse de l'électron : $m = 9,1 \cdot 10^{-31} kg$; $D = 40 cm$



1°) Calculer le potentiel électrique au point S et au point H

2°) Calculer le travail de la force électrostatique appliquée à l'électron lorsqu'il se déplace de O en S

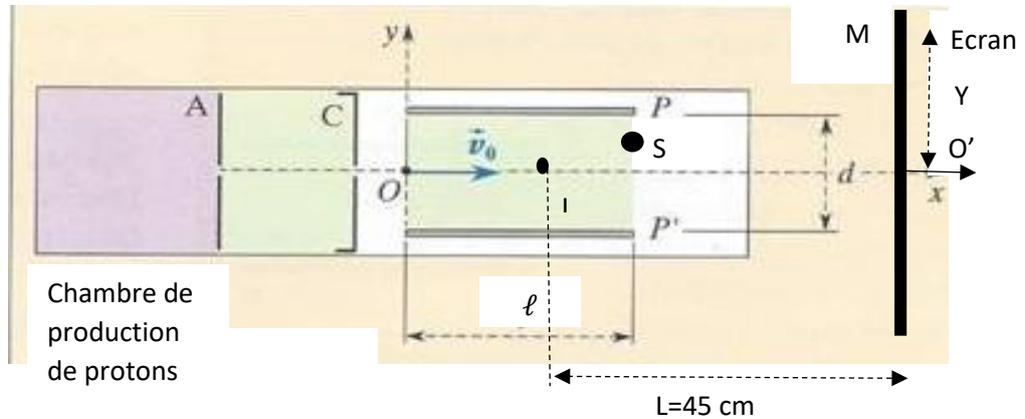
3°) En déduire la vitesse v_S de sortie de l'électron en S

4°) La trajectoire de l'électron entre O et S est un arc de parabole et on admet que la tangente en S à la parabole passe par le point I milieu de OH

- a) A partir de S, en dehors du champ électrique, quelle sera la trajectoire de l'électron ?
- b) L'électron rencontre l'écran fluorescent au point P. En l'absence de champ électrique entre les plaques AA' et BB', le point d'impact de l'électron serait O'. Calculer la déflection électrostatique O'P

Exercice n°4

Dans le dispositif ci-contre, règne un vide poussé. Un faisceau homocinétique de protons et d'abord accéléré par une tension appliquée $U_{AC} = U_0 = 2000 \text{ V}$ entre deux plaques A et C. Les protons pénètrent en O avec une vitesse v_0 entre deux plaques parallèles P et P' distantes de $d = 2,5 \text{ cm}$ et de longueur $\ell = 10 \text{ cm}$, comme le montre le schéma ci-dessous



1. Calculer l'énergie cinétique et la vitesse des protons traversant la cathode
2. Le faisceau homocinétique de protons pénètre en O entre les plaques horizontales P et P'. On impose entre ces deux plaques une tension $U_{P,P'} = U$ qui dévie les protons vers le haut
 - a) Donner la direction et le sens du vecteur champ \vec{E} créé entre les deux plaques pour que le faisceau homocinétique de protons soit dévié vers le haut (point S du schéma).
 - b) Quel est alors le signe de la tension U établie entre les plaques P et P' ?
- 3°) On admet que l'équation de la trajectoire d'un proton pendant sa traversée dans le condensateur est :

$$y = \frac{eEx^2}{2mv_0^2}$$

Les protons sortent du champ électrostatique au point S et sont reçus en M sur un écran placé perpendiculairement à l'axe (Ox) et situé à une distance $L = 45 \text{ cm}$ du centre I du condensateur

- a) Quelle est la nature de cette trajectoire ?
- b) Pour que le faisceau de protons ne soit pas capté à la sortie des plaques lorsque $x = \ell$, l'ordonnée doit vérifier $y < \frac{d}{2}$. Calculer numériquement la valeur maximale U_{max} de U à ne pas dépasser pour que le proton puisse sortir du condensateur sans heurter les plaques.
- c) Quelle est la nature du mouvement des protons entre les points S et M ?

4° On donne $U = 200 \text{ V}$

- a) Déterminer les coordonnées et la vitesse du point S de sortie
- b) Déterminer la déviation angulaire $\alpha = (\vec{v}_0, \vec{v}_S) = (\vec{IS}, \vec{v}_0)$ et la déflexion électrostatique $Y = O'M$, M étant l'ordonnée du point d'impact sur l'écran
- c) Montrer que la déflexion Y est proportionnelle à la tension appliquée U
- d) On appelle sensibilité le facteur $k = \frac{Y}{U}$. Exprimer k en fonction de D, d, ℓ et U puis calculer sa valeur en V/m puis en V/cm

Masse du proton $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$:

SERIE : COMPOSES ORGANIQUES OXYGENES

Exercice n°1

L'alcool amylique est un composé couramment utilisé en synthèse, en particulier pour la synthèse de l'arôme de banane, lui-même utilisé pour parfumer des médicaments et des boissons.

La formule brute de l'alcool amylique est de la forme $C_nH_{2n+2}O$. Deux isomères de l'alcool amylique notés A et B ont la même chaîne carbonée et sont des alcools primaires. L'isomère A est optiquement actif (présence d'un carbone asymétrique dans la molécule), l'isomère B peut réagir avec l'acide éthanóique pour donner un ester ayant une odeur de banane

1°) On procède à l'oxydation ménagée d'une masse de 1,72 g de l'isomère B par un excès d'une solution acidifiée de permanganate de potassium. Le produit obtenu est dissous dans de l'eau distillée. On obtient alors une solution S de volume $V=375$ mL

En présence d'un indicateur coloré approprié, on dose un volume $V_a = 10$ mL de la solution S par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b = 2,9 \cdot 10^{-2}$ mol/L. Le virage de l'indicateur a lieu lorsqu'on a versé un volume $V_b=18$ mL de la solution d'hydroxyde de sodium

- Déterminer la concentration molaire C_a de la solution S
- En déduire la masse molaire et la formule brute de l'alcool amylique
- La molécule de A contient un carbone asymétrique
 - Qu'appelle-t-on carbone asymétrique
 - Ecrire la formule semi-développée de A. Donner le nom de ce composé
- Ecrire la formule semi-développée de B. Donner son nom

2°) En présence d'acide sulfurique et en chauffant en reflux, on fait réagir 16g d'acide éthanóique avec 8 g de l'alcool B. Le composé organique formé a une masse $m' = 7$ g

- Préciser le rôle de l'acide sulfurique dans cette réaction
- Ecrire l'équation bilan de la réaction et nommer le composé organique obtenu
- Le mélange initial est-il dans les proportions stœchiométriques ? Si non préciser le réactif limitant, justifier
- Calculer le rendement de la réaction

Exercice n°2

1°) On dissout dans 200 cm³ d'eau 10 g d'un acide carboxylique A à chaîne linéaire saturée. On prélève 20 cm³ de la solution acide. On y ajoute quelques gouttes à l'aide phénolphtaléine. Ensuite on verse lentement dans cette solution à l'aide d'une burette graduée une solution molaire de soude. Pour obtenir le virage de l'indicateur coloré, il faut verser un volume de 13,5cm³ de solution de soude. Déterminer

- la masse molaire
- la formule semi-développée et le nom de l'acide A

2°) Cet acide carboxylique A est obtenu par oxydation ménagée d'un alcool B avec un corps intermédiaire C. Identifie B et le corps C en donnant leurs noms et leurs formules semi-développées

3°) L'hydratation d'un alcène D donne un mélange d'alcools B' et B

- Lequel des 2 alcools se forme majoritairement ?
- L'oxydation ménagée de B' donne un produit K
 - Ecrire le nom et la formule du composé K
 - Quelle est la propriété commune aux produits K et C ?
 - Donner deux propriétés qui distinguent les produits K et C

Exercice n°3

La combustion complète d'un ester E à chaînes carbonées saturées nécessite un volume de dioxygène 1,25 fois plus important que le volume de dioxyde de carbone formé.

1°) Ecrire l'équation bilan de la réaction et montrer que sa formule brute est $C_4H_8O_2$

2°) Donner tous les esters isomères et les nommer

3°) L'alcool A qui a servi à préparer l'ester est celui obtenu de façon préférentielle lors de l'hydratation du propène. Quel est cet alcool ? Quel est l'acide B qui a réagi avec cet alcool pour préparer l'ester E ?

4°) Un mélange équimolaire de l'acide B et de l'alcool A contient initialement 4,6g d'acide. Le mélange est chauffé en présence d'acide sulfurique (catalyseur)

- Ecrire l'équation bilan de la réaction qui a lieu
- Après plusieurs jours, l'équilibre chimique est obtenu ; l'acide restant est isolé puis dosé par une solution molaire d'hydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$. Il a fallu verser 20cm³ de cette solution pour atteindre le point d'équivalence acido-basique.

- ✓ Définir l'équivalence acido-basique
- ✓ En déduire le nombre de moles de chaque composé à l'équilibre (à l'exception de l'eau)
- ✓ Calculer le pourcentage d'acide estérifié

Exercice n°4

Un acide carboxylique saturé A réagit sur un monoalcool saturé B pour donner un ester E. Un certain volume de solution aqueuse contenant $m=0,40\text{g}$ de l'acide A est dosé par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b=0,5\text{mol/L}$. Le volume de la solution d'hydroxyde de sodium qu'il faut verser à l'équivalence est $V_b=17,4\text{ml}$. L'alcool B peut être obtenu par hydratation d'un alcène. L'hydratation de $5,6\text{g}$ d'alcène produit $7,4\text{g}$ d'alcool B. L'oxydation de l'alcool B donne un composé organique qui réagit avec la DNPH mais ne réagit pas la liqueur de Fehling.

1°) Déterminer les formules semi-développées des composés A, B et E. Préciser la classe de l'alcool B

2°) Ecrire l'équation bilan entre les composés A et B.

Exercice n°5

Au cours d'une séance de travaux pratiques, on veut identifier 3 alcools notés A, B et C. On donne 3 formules brutes C_2H_6O , C_3H_8O et $C_4H_{10}O$. Chacune de ces formules peut être celle de l'alcool A, de l'alcool B ou de l'alcool C. Pour identifier ces alcools, on a réalisé les tests suivants :

On fait l'oxydation ménagée des alcools à l'aide du dichromate de potassium en milieu acide et on constate que A ne donne pas de réaction. B et C réagissent pour donner respectivement les produits organiques B' et C'. Les produits B' et C' donnent avec la DNPH un précipité jaune mais seul B' rosit le réactif de Schiff

1°) Donner les fonctions chimiques de B' et C'. En déduire les classes de A, B et C

2°) Identifier les alcools en donnant leurs formules semi-développées et leurs noms.

Exercice n°6

On réalise la saponification d'un ester E par une solution molaire d'hydroxyde de sodium. Une masse $m=8,8\text{g}$ de cet ester réagit avec 100mL de solution de soude.

1°) a) Ecrire l'équation bilan de la réaction de saponification.

b) Déterminer la masse molaire et la formule brute de cet ester.

2°) Donner les formules semi-développées et les noms des isomères de E.

2°) On recupère l'alcool C formé au cours de la réaction de saponification. Son oxydation ménagée par un excès d'une solution de dichromate de potassium en milieu acide conduit à un acide carboxylique. Le volume $V_a=20\text{cm}^3$ de cet acide de concentration massique $4,6\text{g/L}$ est neutralisé par un volume $V_b=20\text{cm}^3$ d'une solution décimolaire de soude

a- Calculer la concentration molaire et la masse molaire de cet acide. En déduire sa formule brute et celle de l'alcool C.

b- Identifier l'ester (formule semi-développée et nom) En déduire le nom et la formule semi-développée de l'acide carboxylique qui a servi à la préparation de l'ester.

1°) La combustion complète de $3,44\text{g}$ d'un composé organique B de formule C_xH_yO donne de l'eau et 5L de dioxyde de carbone. La densité de vapeur de ce composé est $d=2,97$. le volume molaire est 25L/mol

a) Ecrire l'équation de cette combustion

b) Quelles sont les valeurs de x et y. En déduire la formule brute du composé.

2°) Afin d'établir la structure de B, on verse quelques gouttes de B dans un tube contenant de la 2,4 DNPH et on obtient un précipité jaune. En déduire les formules semi-développées ramifiées que l'on peut envisager pour le liquide B. Indiquer également les noms des produits correspondant à chaque formule.

3°) Une solution de permanganate de potassium en milieu acide est réduite par B

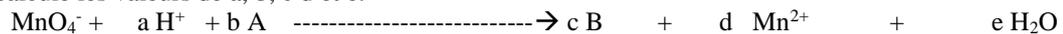
a) A quelle famille de produits B appartient ?

b) Indiquer le ou les noms que l'on peut retenir

4°) Le corps B est en fait l'isomère chiral (présence d'un atome de carbone lié à 4 atomes ou groupes d'atomes différents). Indiquer la formule semi-développée et le nom de C obtenu dans la réaction de B avec le permanganate de potassium.

5°) Le liquide B provient de l'oxydation ménagée d'un alcool A par une solution de permanganate de potassium de concentration $0,2\text{M}$. Préciser son nom, sa classe et sa formule semi-développée.

a) Ecrire l'équation bilan de la réaction d'oxydation de l'alcool A par le permanganate de potassium KMnO_4 après avoir calculé les valeurs de a, b, c, d et e.



On remplacera A et B par leurs formules semi-développées.

b) Quel volume minimal de la solution de permanganate de potassium a-t-on utilisé pour obtenir $3,44\text{g}$ de B ?

Exercice n°7

On y introduit dans un ballon $m_1=12\text{g}$ d'acide éthanoïque, $m_2=23\text{g}$ d'éthanol et 4 gouttes d'acide sulfurique concentré. On laisse ce mélange en attente pendant une semaine. On dose alors les acides restant dans le milieu réactionnel par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C=1,5\text{mol/L}$ en présence de phénolphthaléine. Il faut verser un volume $V=18,7\text{cm}^3$ de la solution de soude pour faire virer la phénolphthaléine. Un dosage préalable montre que 4 gouttes d'acide sulfurique concentré sont neutralisées par $v=2,7\text{cm}^3$ de la solution de soude.

- 1°) Ecrire l'équation de la réaction de la réaction ayant lieu dans le ballon avant le dosage.
- 2°) Déterminer le nombre de moles n_1 d'acide éthanóique présents dans le ballon avant dosage.
- 3°) Déterminer de même le nombre de moles d'ester n_e formé et le nombre de moles d'alcool n_a restant.
- 4°) Calculer le pourcentage x d'alcool estérifié.

Exercice n°8

Un hydrocarbure possède une composition en masse de 85,7% de carbone et 14,3% d'hydrogène. Sa densité de vapeur est de 1,93.

- 1) Déterminer sa formule brute. Déterminer tous les isomères possibles et les noms sachant que cet hydrocarbure est un alcène.
- 2) On effectue les réactions suivantes à partir des isomères de A et A' de cet hydrocarbure.
-en milieu acide, l'hydratation de A conduit à un composé unique B. L'oxydation de B par le dichromate de potassium en milieu acide donne un composé C ne réagissant pas avec le réactif de Tollens mais seulement avec la DNPH. L'hydratation de l'isomère A' en milieu acide conduit aux composés B' et B'' isomères l'un de l'autre ; B'' est majoritaire. B' donne C' puis E par oxydation ménagée. Le composé C' réagit avec la DNPH. C' réagit avec la liqueur de Fehling. Le composé E jaunit le BBT. L'oxydation ménagée de B'' ne donne rien. Donner les formules semi-développées de A, B, C, C', A', B', E, B''.

Exercice n°9

On veut identifier un corps A dont la molécule est à chaîne carbonée saturée et ne possède qu'une fonction organique

Quand on fait réagir l'acide éthanóique sur le corps A, il se forme un ester et de l'eau

- a) Quel est le nom de la réaction ? Donner la famille du corps A
- b) Ecrire l'équation-bilan de la réaction (on utilisera pour A sa formule générale). Quelles sont les caractéristiques de cette réaction ?
- c) A l'état initial, on avait mélangé $v=150\text{ml}$ d'une solution d'acide éthanóique de concentration molaire $C=0,5\text{mol/L}$ avec $m_A=3,70\text{g}$ du corps A. A l'équilibre, il reste $n_1=5 \cdot 10^{-2}$ mol d'acide éthanóique et $m'_A=1,85\text{g}$ du corps A qui n'ont pas réagi.
 - c₁-A partir de ces données, montrer que la masse molaire moléculaire du corps A est $M_A=74\text{g/mol}$
 - c₂ En déduire les formules semi-développées possibles pour le corps A
 - c₃-Une autre méthode montre que la molécule de A est chirale. Quel est le nom de A ?

Exercice n°10

Un composé organique A de masse molaire 88g/mol contient en masse 13,6% d'H ; 68,2% de C et 18,2% d'O

- 1°) Déterminer les masses approximatives de carbone, d'hydrogène et d'oxygène contenues dans une mole du composé A. En déduire la formule brute
- 2°) Le composé A est un alcool à chaîne ramifiée. Donner les formules semi-développées possibles, noms et classes des alcools correspondants.
- 3°) L'un des alcools A est oxydé par le permanganate de potassium en milieu acide. Le produit organique B obtenu réagit avec la 2,4-DNPH et donne test négatif avec le réactif de Schiff. Identifier l'alcool A et nommer le composé B
- 4°) On fait réagir A avec une solution d'acide éthanóique. Donner le nom et les caractéristiques de la réaction. Ecrire l'équation bilan de cette réaction

Exercice n°11

On effectue l'hydrolyse à chaud et en présence de $V = 9 \text{ mL}$ d'une solution molaire d'acide sulfurique d'une masse de $m = 5,8 \text{ g}$ d'un ester ne présentant ni cycle ni liaisons multiples. Après 10 heures, l'équilibre chimique est atteint. Le mélange réactionnel et refroidi puis dosé à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b = 4,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ en présence d'un indicateur approprié. Le volume de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence acido-basique est $V_{bE} = 13,9 \text{ mL}$

1. Sachant que l'acide sulfurique est un diacide fort, déterminer le volume de solution d'hydroxyde de sodium de concentration C_b qui permet de doser de $V = 9 \text{ mL}$ d'une solution molaire d'acide sulfurique
2. Déterminer la quantité de matière d'acide carboxylique formé à l'équilibre
3. Sachant que le pourcentage d'ester hydrolysé est 75,4 % de l'ester, en déduire sa masse molaire puis sa formule brute
4. Cet ester comporte le même nombre d'atomes de carbone dans les deux chaînes carbonées, quelles formules peut-on en déduire ?

Exercice n°12 :

L'hydrolyse d'un ester E de formule brute $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_2$ donne l'acide éthanóique et un autre corps A

On fait l'oxydation ménagée de A et on obtient un corps B qui agit sur la DNPH et n'agit pas sur la liqueur de Fehling

- 1°) Quelle est la formule semi-développée de A ?
- 2°) Existe-t-il un alcool isomère C de A ? Quelle est la formule semi-développée et la classe de C ?
- 3°) Quelle est la formule semi-développée de l'ester E ?