

Exercice 01 – Pollution ammoniacale.....(5 points)

Q1- Définir un acide selon Brønsted.

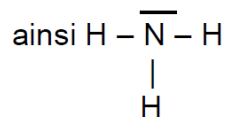
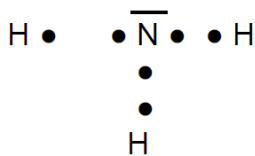
Selon Brønsted, un acide est une espèce chimique capable de céder un proton H^+ . 0,5 pt

Q2- Établir le schéma de Lewis de l'ammoniac.

$Z(N) = 7$ donc l'atome d'azote possède 7 protons et 7 électrons.

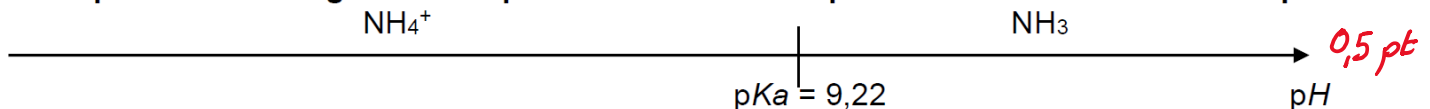
Sa structure électronique est $(1s)^2 (2s)^2 (2p)^3$, il possède 5 électrons sur sa couche 2, donc 5 électrons de valence.

$Z(H) = 1$ donc l'atome d'hydrogène possède un seul électron de valence.



1 pt

Q3- Représenter le diagramme de prédominance du couple ion ammonium / ammoniac.



0,5 pt

Q4- Identifier, en justifiant, l'espèce ammoniacale prédominante dans l'échantillon prélevé.

$pH = 7,2 < pKa$ donc l'acide NH_4^+ prédomine sur la base NH_3 .

0,5 pt

On réalise un titrage par suivi conductimétrique d'un volume $V = 200,0$ mL de l'échantillon prélevé.

Pour le titrage, on prépare $50,0$ mL d'une solution titrante S de concentration en quantité de matière $c_1 = 3,50 \times 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ en hydroxyde de sodium ($Na^+(aq)$, $HO^-(aq)$) en diluant dix fois une solution mère S_0 disponible au laboratoire.

Q5- Choisir, en justifiant, la verrerie utilisée pour mettre en œuvre la dilution de la solution S_0 parmi la liste de matériel à disposition :

- un bécher
- un erlenmeyer de 50 mL
- une fiole jaugée de $50,0$ mL
- des pipettes jaugées : $5,0$ mL ; $10,0$ mL ; $50,0$ mL
- des éprouvettes graduées de 5 mL et 10 mL

On procède à une dilution, déterminons le volume de solution mère à prélever.

Solution mère S_0

Solution fille S

V_0 à prélever

$V = 50,0$ mL

C_0

$C_1 = C_0/10$

Au cours d'une dilution, la quantité de matière de soluté se conserve.

$$C_0 \cdot V_0 = C_1 \cdot V_1$$

$$V_0 = \frac{C_1 \cdot V_1}{C_0}$$

$$V_0 = \frac{\frac{C_0}{10} \cdot V_1}{C_0}$$

$$\text{ainsi } V_0 = V_1 = \frac{V_1}{10}$$

$V_0 = 5,00$ mL à prélever avec une pipette jaugée de $5,0$ mL

Il faudra aussi utiliser un bécher contenant la solution mère, et une fiole jaugée $50,0$ mL pour effectuer la dilution.

Après chaque ajout de solution titrante S, on mesure la conductivité σ de la solution. La figure 1 ci-après donne l'évolution de la conductivité σ en fonction du volume V_1 de solution titrante S.

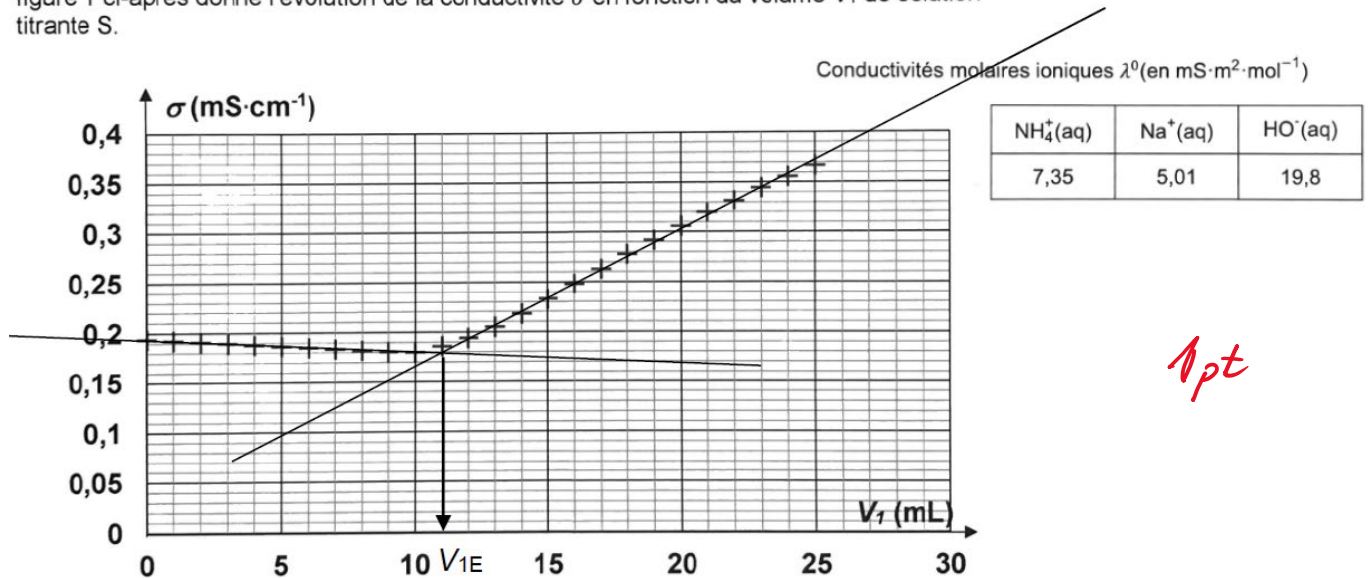
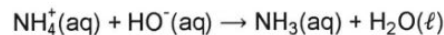


Figure 1 : Courbe expérimentale du titrage conductimétrique de l'échantillon d'eau

L'équation de la réaction support du titrage est la suivante :



Q6- Justifier sans calcul l'évolution de la courbe de la figure 1 avant et après l'équivalence.

La conductivité de la solution dépend de la concentration des ions et de leur conductivité molaire ionique, suivant la loi de Kohlrausch $\sigma = \sum_i \lambda_i \cdot [X_i]$.

Concentration	Avant l'équivalence	Après l'équivalence
NH_4^+	diminue	nulle
Na^+	augmente	augmente
HO^-	nulle	augmente

Avant l'équivalence, les ions Na^+ remplacent au fur et à mesure les ions NH_4^+ , or $\lambda(\text{Na}^+) < \lambda(\text{NH}_4^+)$, donc la conductivité diminue.

Après l'équivalence, la concentration en ions augmente donc la conductivité augmente. 0,5 pt

Q7- Déterminer la valeur du volume V_{1E} d'hydroxyde de sodium verse à l'équivalence en explicitant la méthode utilisée.

Le volume équivalent est égal à l'abscisse du point d'intersection des deux demi-droites modélisant l'évolution de la conductivité.

On lit $V_{1E} = 11,0 \text{ mL}$. 0,5 pt

Q8- Indiquer si l'échantillon d'eau de rivière est pollué par l'azote ammoniacal.

Pour répondre à cette question, le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

Il faut déterminer la concentration en masse d'azote ammoniacal. Pour cela, on utilise le titrage. À l'équivalence, on a versé les réactifs dans les proportions stœchiométriques $n_{\text{NH}_4^+} = n_{\text{HO}^-}$,

$$C \cdot V = C_1 \cdot V_{1E}$$

$$C = \frac{C_1 \cdot V_{1E}}{V}$$

$$C = \frac{3,50 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \times 11,0 \text{ mL}}{200 \text{ mL}} = 1,93 \times 10^{-5} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

$$\frac{3.5E-4 \times 11}{200}$$

$$1.925E-5$$

$$C_m = C \cdot M(\text{NH}_4^+)$$

$$C_m = 1,925 \times 10^{-5} \times (14,0 + 4 \times 1,0) = 3,47 \times 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{L}^{-1} = 0,347 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$$

Cette concentration est supérieure à celle annoncée de $0,10 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ donc l'eau de la rivière est polluée.

$$1.925 \text{E}^{-5} \times 18$$

$$3.465 \text{E}^{-4}$$

0,5 pt

Remarque : Ne pas tenir compte du facteur 10 de dilution qui ne concernait que la préparation préalable de la solution titrante de HO^- .

Exercice 02 – Arôme de poire.....(4 points)

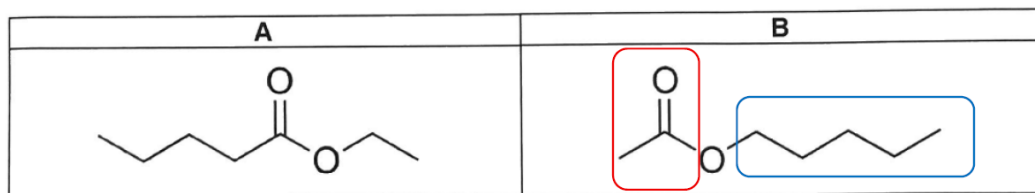
Partie 1 – l'éthanoate de pentyle

L'éthanoate de pentyle, de formule brute $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$, est un ester qui possède plusieurs isomères de constitution.

Q1- Définir un isomère de constitution.

Des isomères de constitution possèdent la même formule brute mais des formules (semi-)développées différentes.

Parmi les deux isomères A et B ci-dessous se trouve la molécule d'éthanoate de pentyle.



0,5 pt

Q2- Identifier, en justifiant, l'isomère dont la formule correspond à celle de l'éthanoate de pentyle.

A se nomme pentanoate d'éthyle.

B se nomme éthanoate de pentyle, avec une partie avec 2 atomes de C et l'autre avec 5 atomes C.

C'est donc l'isomère B.

0,5 pt

Q3- Justifier que le spectre infrarouge présenté sur la figure 1 ci-après peut correspondre aux deux isomères A et B.

Le spectre IR montre une bande de forte intensité entre 1730 et 1750 cm^{-1} qui correspond à la liaison $\text{C}=\text{O}$ des esters.

Les liaisons $\text{C}-\text{H}$ sont également identifiables entre 2900 et 3100 cm^{-1} .

0,5 pt

Partie 2 – Synthèse organique

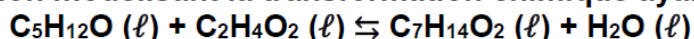
Q4- Citer deux avantages que présente un montage de chauffage à reflux.

Le chauffage à reflux permet d'augmenter la température qui est un facteur cinétique, cela augmente la vitesse de réaction.

Lors du chauffage certaines espèces peuvent se vaporiser, le réfrigérant à boules permet de récupérer ces espèces sous forme liquide dans le ballon.

0,5 pt

L'équation de la réaction modélisant la transformation chimique ayant lieu s'écrit :



La constante K de cet équilibre, qui dépend peu de la température, a pour valeur $K = 4$.

Q5- Exprimer puis calculer le quotient réactionnel initial $Q_{r,0}$.

$$Q_{r,0} = \frac{[\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2]_{\text{ini}} \cdot [\text{H}_2\text{O}]_{\text{ini}}}{[\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}]_{\text{ini}} \cdot [\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2]_{\text{ini}}}$$

0,5 pt

Initialement il n'y a pas encore de produits formés donc $[\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2] = [\text{H}_2\text{O}] = 0$.

Ainsi $Q_{r,0} = 0$.

Q6- En déduire le sens d'évolution spontanée de la transformation.

Le quotient de réaction est nul et donc inférieur à $K = 4$. Ainsi la transformation évolue spontanément dans le sens direct.

0,25 pt

Q7- Déterminer la valeur de l'avancement maximal $x_{\max}$ de la réaction.

Il faut déterminer qui est le réactif limitant. Pour cela, calculons la quantité de matière de pentan-1-ol.

$$n_1 = \frac{m_1}{M_{\text{pentanol}}} = \frac{\rho \cdot V_1}{M_{\text{pentanol}}} = \frac{d_{\text{pentanol}} \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot V_1}{M_{\text{pentanol}}}$$

$\frac{0.814 \times 54}{88}$	4.995×10^{-1}
------------------------------	------------------------

$$n_1 = \frac{0,814 \times 1,00 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1} \times 54,0 \text{ mL}}{88,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}} = 0,500 \text{ mol}$$

0,5 pt

Pour l'autre réactif, on a aussi introduit 0,500 mol.

Ainsi les réactifs ont été introduits dans les proportions stœchiométriques.

Les coefficients stœchiométriques étant égaux à 1, on en déduit que $x_{\max} = n_1 = n_2 = 0,50 \text{ mol}$.

Q8- Calculer la valeur du rendement r de la réaction en utilisant le graphique de la figure 2.

$$\text{Rendement} = r = \frac{n_{\text{ester expérimental}}}{n_{\text{ester max}}}$$

Graphiquement, sur la figure 2, on détermine la quantité de matière d'ester obtenue expérimentalement : $n_{\text{ester expérimental}} = 0,33 \text{ mol}$

$$r = \frac{0,33}{0,50} = 0,66 = 66\%$$

0,5 pt

Q9- Choisir, en justifiant, une (des) proposition(s) pour améliorer le rendement de la réaction parmi les propositions suivantes :**a) Augmenter la température du mélange réactionnel.**

Non demandé : cela permet simplement d'atteindre plus rapidement l'état final d'équilibre sans modifier le rendement.

b) Éliminer l'eau au fur et à mesure de sa formation.

$$Q_r = \frac{[\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2] \cdot [\text{H}_2\text{O}]}{[\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2] \cdot [\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}]}, \text{ si on élimine l'eau alors } [\text{H}_2\text{O}] = 0 \text{ donc } Q_r = 0 < K.$$

La transformation évolue en sens direct jusqu'à la consommation totale du réactif limitant. Cela permet d'augmenter le rendement.

En éliminant l'eau, on empêche la réaction en sens inverse. Ce qui explique aussi que le rendement augmente ainsi.

Il faudrait modifier le protocole expérimental afin de remplacer le chauffage à reflux par un Dean-Stark.

c) Augmenter la quantité de matière d'acide éthanoïque.

Le mélange initial était stœchiométrique, en augmentant la quantité de matière d'acide éthanoïque on a alors un réactif en excès. Cela permet d'augmenter le rendement.

d) Augmenter la quantité d'acide sulfurique.

Non demandé : l'acide sulfurique est le catalyseur, toujours utilisé en petite quantité. Augmenter sa quantité ne modifie rien.

0,25 pt

Exercice 03 – Effet Doppler et aviation.....(5 points)

Données : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ | $f_{\text{émise}} = 3 \text{ GHz} = 3 \times 10^9 \text{ Hz}$ | $\Delta t = 1 \mu\text{s}$ | $T = 100 \mu\text{s}$ | $\tau = 9,0 \mu\text{s}$

I. Localisation de l'avion

Question 1 – Comparaison de τ et τ'

Pour un avion situé plus loin, le temps de retard τ' est plus grand que τ . En effet, la salve doit parcourir une distance plus grande avant de revenir au radar.

Conclusion : $\tau' > \tau$ (le retard augmente avec la distance).

1pt

Question 2 – Distance de l'avion (d'après doc. 2)

D'après le doc. 2, le retard mesuré est : $\tau = 9,0 \mu\text{s} = 9,0 \times 10^{-6} \text{ s}$.

L'onde parcourt un aller-retour jusqu'à l'avion, donc la distance d est :

$$d = c \times \tau / 2$$

$$d = (3,00 \times 10^8 \times 9,0 \times 10^{-6}) / 2$$

$$d = 2700 / 2$$

$$d = 1\,350 \text{ m} = 1,35 \text{ km}$$

1pt

Question 3 – Distance maximale de localisation

Pour pouvoir localiser un avion, la salve réfléchie doit revenir avant l'émission de la salve suivante.

La période d'émission est $T = 100 \mu\text{s}$, et la durée d'une salve est $\Delta t = 1 \mu\text{s}$.

Le retard maximal autorisé est donc : $\tau_{\text{max}} = T - \Delta t = 100 - 1 = 99 \mu\text{s} = 99 \times 10^{-6} \text{ s}$

$$d_{\text{max}} = c \times \tau_{\text{max}} / 2$$

$$d_{\text{max}} = (3,00 \times 10^8 \times 99 \times 10^{-6}) / 2$$

$$d_{\text{max}} = 29\,700 / 2$$

$$d_{\text{max}} = 14\,850 \text{ m} \approx 14,85 \text{ km}$$

1pt

Justification : Au-delà de cette distance, l'écho reviendrait après le début de la salve suivante, ce qui rendrait la localisation impossible (confusion entre les salves).

Question 4 – Respect de la réglementation (doc. 3)

L'avion est repéré à une distance $d = 800 \text{ m}$, avec un angle $\theta = 40^\circ$ par rapport au sol.

L'altitude de l'avion est :

$$h = d \times \sin(\theta)$$

$$h = 800 \times \sin(40^\circ)$$

$$h = 800 \times 0,643$$

$$h \approx 514 \text{ m} \approx 1\,687 \text{ ft}$$

1pt

D'après le doc. 3, pour une agglomération dont le diamètre est inférieur à 1 200 m, l'altitude minimale est de 1 600 ft.

Or $h \approx 1\,687 \text{ ft} > 1\,600 \text{ ft}$.

Conclusion : Le pilote respecte bien la réglementation en vigueur.

II. Vitesse de l'avion

Calcul de la vitesse v

La relation de l'effet Doppler donnée est :

$$\Delta f = (2v \times \cos\theta \times f_{\text{émise}}) / c$$

On cherche v, donc on isole :

$$v = (\Delta f \times c) / (2 \times f_{\text{émise}} \times \cos\theta)$$

Données : $\Delta f = +770 \text{ Hz}$ | $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ | $f_{\text{émise}} = 3 \times 10^9 \text{ Hz}$ | $\theta = 40^\circ$

$$v = (770 \times 3,00 \times 10^8) / (2 \times 3 \times 10^9 \times \cos 40^\circ)$$

$$v = (770 \times 3,00 \times 10^8) / (2 \times 3 \times 10^9 \times 0,766)$$

$$v = (2,31 \times 10^{11}) / (4,596 \times 10^9)$$

$$v \approx 50,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$$

1pt

Conversion en $\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$:

$$v = 50,3 \times 3,6 \approx 181 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$$

Résultat : $v \approx 50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \approx 181 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$

Le signe positif de Δf indique que l'avion se rapproche du radar, ce qui est cohérent avec le schéma (avion en approche).

Exercice 04 – Condensateur d'un flash.....(6 points)

Partie I – Charge du condensateur

1. Voir démonstration du focus **Méthode 3.**

2. $\tau = RC = 1,00 \times 10^3 \times 150 \times 10^{-6} = 0,150 \text{ s}$

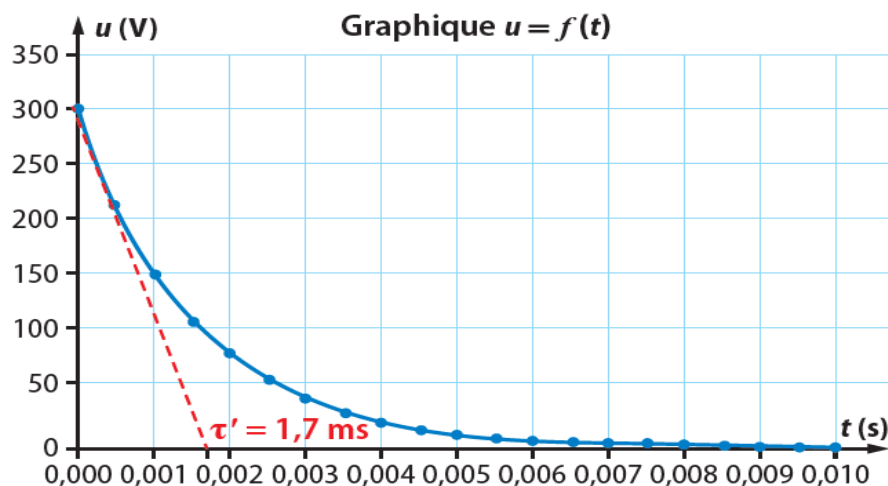
3. En fin de charge $u = U_2 = 300 \text{ V}$. Or :

$$q_A = C \times U_2 = 150 \times 10^{-6} \times 300 = 4,50 \times 10^{-2} \text{ C}$$

1pt
0,5pt

Partie II - Décharge

1. a. On trace la tangente à $t = 0$ et on lit la valeur du temps à l'intersection avec l'axe des abscisses :



1pt

On trouve $\tau' = 1,7 \text{ ms}$.

b. $\tau' < \tau$. Si on attend la décharge totale, ce qui est le cas au bout de $5\tau' = 8,5 \text{ ms}$, on voit que cette valeur reste très faible, ce qui est en accord avec l'émission d'un éclair bref.

0,5 pt

2. D'après la loi des mailles : $u + u_r = 0$, or $u_r = r \times i$,

$$\text{et } i = \frac{dq}{dt} = C \times \frac{du}{dt}, \text{ d'où : } u + r \times C \times \frac{du}{dt} = 0$$

On divise par $r \times C$, et on retrouve bien $\frac{u}{r \times C} \times \frac{du}{dt} = 0$.

0,5 pt

3. On dérive la solution proposée :

$$\frac{du}{dt} = \frac{d\left(U_0 \times e^{-\frac{t}{\tau'}}\right)}{dt} = -\frac{U_0}{\tau'} \times e^{-\frac{t}{\tau'}}, \text{ avec } \tau' = r \times C$$

On injecte la solution et sa dérivée dans l'équation différentielle et on vérifie qu'on trouve bien zéro :

$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} + \frac{u}{r \times C} &= -\frac{U_0}{\tau'} \times e^{-\frac{t}{\tau'}} + \frac{U_0 \times e^{-\frac{t}{\tau'}}}{r \times C} \\ &= \frac{U_0}{r \times C} \times e^{-\frac{t}{\tau'}} + \frac{U_0 \times e^{-\frac{t}{\tau'}}}{r \times C} = 0 \end{aligned}$$

1 pt

4. U_0 est la tension initiale aux bornes du condensateur avant la décharge (c'est donc la tension de charge du condensateur).

0,5 pt

5. $U_0 = U_2 = 300 \text{ V} > 250 \text{ V}$, cette valeur est en accord avec la production de l'éclair.

0,5 pt

Appliquer l'analyse des unités au temps caractéristique d'un dipôle RC

Énoncé Le temps caractéristique τ d'un dipôle (R, C) est donné par la relation $\tau = RC$.

- Montrer que $1 \, \Omega \times F = 1 \, s$.



Résolution

La résistance R s'exprime en fonction de la loi d'ohm :

$R = \frac{U}{I}$. Donc d'un point de vue des unités, on peut écrire :

$$\Omega = \frac{V}{A}$$

Méthode

1 L'unité de la résistance électrique n'est pas une unité de base du système international comme la seconde ou l'ampère. On cherche donc à exprimer son unité en fonction d'autres unités en utilisant des expressions connues comme ici la loi d'ohm.

La capacité du condensateur C s'exprime en fonction de la tension à ses bornes :

$C = \frac{Q}{U}$ donc : Faraday $\longrightarrow F = \frac{C}{V}$ ← Coulomb
← Volt

Le débit de charge Q est lié à l'intensité par la relation : $Q = I \times t$ donc $C = A \times s$.
En regroupant ces trois expressions cela donne :

2 Faire attention aux simplifications possibles.

$$\begin{array}{ccccccc} \Omega \times F & = & \frac{V}{A} \times \frac{C}{V} & = & \frac{C}{A} & = & \frac{A \times s}{A} & = & s & \text{seconde} \\ \uparrow & & \uparrow & & & & & & & \\ \text{Ohm} & & \text{Ampère} & & & & & & & \end{array}$$