EXERCICE I

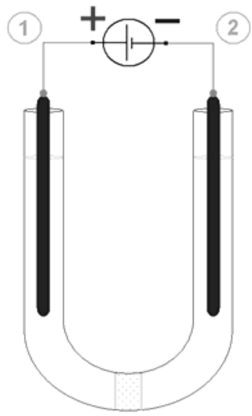
Lorsqu'on trempe une lame métallique de zinc dans une solution de dibrome, une réaction chimique intervient entre le métal et le dihalogène, qui produit des ions bromure et des ions zinc II.
La constante d'équilibre de cette réaction vaut : $\mathbf{K = 5 \cdot 10^{61}}$.

I-1- Ecrire l'équation-bilan de cette réaction.

On dissout **22,6 *g*** de bromure de zinc ($ZnBr_2$) dans **500 *m*L** d'eau pure.

I-2- Calculer les concentrations des ions $\mathbf{Zn^{2+}}$ et $\mathbf{Br^-}$ en solution.

On verse **100 *m*L** de la solution dans un tube en U, muni en son milieu d'une paroi poreuse perméable aux ions.
Deux électrodes de graphite disposées à chaque branche du tube sont reliées par un générateur de **f.e.m. = 2,5 V**, selon le schéma ci-contre :
L'intensité peut être mesurée à l'aide d'un ampèremètre intégré au générateur (non représenté sur la figure).



I-3- Indiquer sur le schéma le sens du courant (si courant il y a) dans les différentes parties du montage :

- conducteur métallique (entre le générateur et les électrodes),
- solution aqueuse.

Au bout de quelques minutes, la solution dans la branche (1) prend une teinte brunâtre.

I-4- Préciser les équations des réactions électrochimiques qui interviennent à chaque électrode.

I-5- Préciser la nature (en fonction de leur rôle électrochimique) des électrodes.

I-6- Donner le bilan de l'électrolyse et préciser la constante d'équilibre **K′**.

Au bout d'une heure d'électrolyse, on débranche le générateur. La pesée de l'électrode de la branche (2) montre qu'elle a gagné : $\Delta m = m_{\text{finale}}$ (électrode (2)) - m_{initiale} (électrode (2)) $= \mathbf{122\ mg}$.

I-7- Calculer les quantités des produits de l'électrolyse au bout d'une heure.

I-8- Quelle a été l'intensité moyenne du courant pendant l'heure qu'a duré l'électrolyse ?

Après une heure d'électrolyse, on remplace le générateur par un résistor de résistance **R**.

I-9- Cocher les cases sur le document réponse se rapportant au système dans cette nouvelle situation.

I-10- Au bout de plusieurs dizaines de minutes, l'intensité finit par s'annuler. Déterminer alors les concentrations des ions en solution.

Données : M(Zn) = 65,4 *g.mol*$^{-1}$, M(Br) = 79,9 *g.mol*$^{-1}$,
1 Faraday = 96500 C , *e* = 1,6.10^{-19} C, N_A = 6,023.10^{23} *mol*$^{-1}$.

REPONSES A L'EXERCICE I

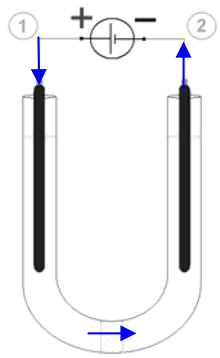
I-1- Equation-bilan : **$Zn + Br_2 \rightarrow Zn^{2+} + 2\ Br^-$**

I-2-

[Zn^{2+}] = 0,2 *mol*.L^{-1}

[Br^-] = 0,4 *mol*.L^{-1}

I-3-



I-4- Equation électrode (1): **$2\ Br^- \rightarrow Br_2 + 2\ e^-$**

Equation électrode (2) : **$Zn^{2+} + 2\ e^- \rightarrow Zn$**

I-5- Electrode (1) : **Anode** Electrode (2) : **Cathode**

I-6- Equation-bilan : **$Zn + Br_2 \rightarrow Zn^{2+} + 2\ Br^-$** **K' = 2 . 10^{-62}**

I-7- ***n*(Zn) = 1,87 . 10^{-3} *mol*** ***n*(Br_2) = 1,87 . 10^{-3} *mol***

I-8- **$I_{moyenne}$ = 100 *m*A**

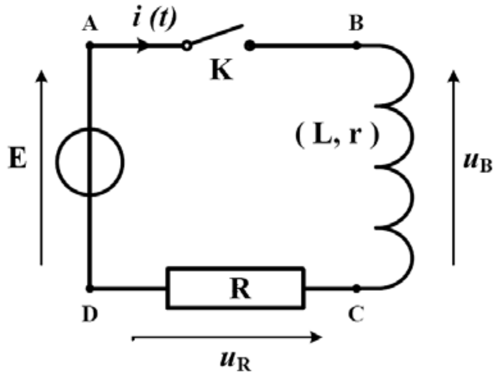
I-9- *(Cocher les réponses exactes)*

- ■ Electrode (1) = pôle (+)
- □ Electrode (1) = anode
- ■ L'électrode (1) est le siège d'une réduction
- □ Le système est à l'équilibre
- □ Le résistor est traversé par un courant allant de (2) vers (1)
- □ Le courant qui circule est alternatif
- ■ [Br^-] augmente globalement au cours du temps
- ■ [Zn^{2+}] augmente globalement au cours du temps

I-10- **[Zn^{2+}] = 0,2 *mol*.L^{-1}** **[Br^-] = 0,4 *mol*.L^{-1}**

EXERCICE II

Afin de déterminer la résistance d'une bobine, on réalise un circuit série comprenant :



- un générateur de tension continue **E** de **4,50 V** et de résistance interne négligeable,
- la bobine d'inductance **L = 150 *m*H** de résistance ***r*** inconnue,
- une résistance étalonnée **R** de **10,0 Ω** ,
- un interrupteur **K**.

On branche aux bornes de la résistance **R** une carte d'acquisition informatisée permettant de visualiser les variations de la tension $u_R(t)$ après la fermeture de l'interrupteur **K** à $t = 0$.

II-1- Indiquer les points où doivent être branchés la masse **M** et la voie d'entrée **Y** de la carte d'acquisition.

II-2- Donner l'expression de la tension aux bornes de la bobine $u_B(t)$ en fonction de $i(t)$.

II-3- Justifier qu'en introduisant la tension $u_R(t)$ aux bornes du résistor **R**, l'équation différentielle suivie par $u_R(t)$ s'écrit sous la forme : $\mathbf{E} = (1 + \frac{r}{\mathbf{R}})\, u_R + \frac{\mathbf{L}}{\mathbf{R}} \frac{du_R}{dt}$.

La solution de cette équation différentielle est de la forme : $u_R(t) = \mathbf{A} + \mathbf{B}\, exp\, (-t / \tau)$.

II-4- Donner les expressions de **A** et τ en fonction des éléments du circuit.

II-5- Déterminer l'expression de **B** à partir de la condition initiale sur la valeur de u_R à la fermeture de l'interrupteur K.

II-6- A partir de l'enregistrement de $u_R(t)$, déterminer, en indiquant précisément la méthode utilisée, la valeur numérique de τ. En déduire la valeur de la résistance ***r*** de la bobine.

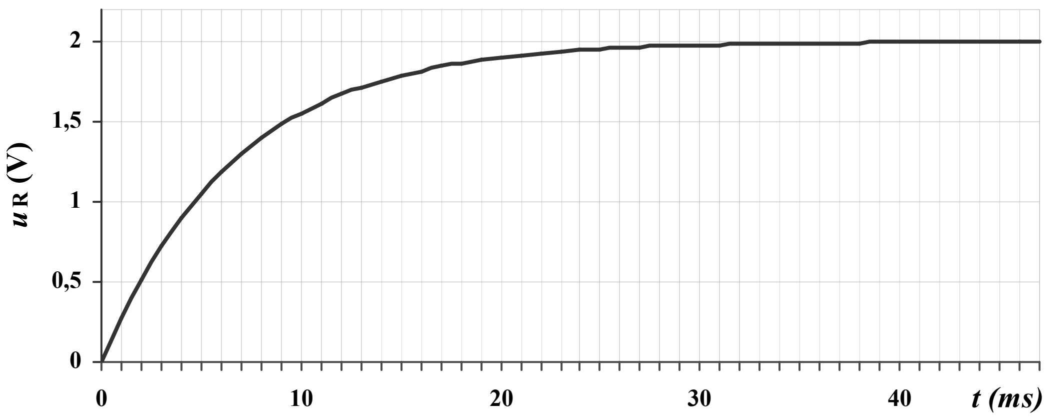
Après un temps suffisamment long Δt, le régime permanent est atteint et on branche aux bornes B et C de la bobine un voltmètre numérique qui indique **2,494 V** pour la tension u_B.

II-7- Calculer l'ordre de grandeur de la valeur minimale de Δt.

II-8- Donner l'expression de la tension u_B en régime permanent

II-9- Donner l'expression et calculer la valeur de ***r*** à partir de la valeur de la tension lue sur le voltmètre.

II-10- Donner l'expression et calculer l'énergie $\mathbf{W_B}$ emmagasinée dans la bobine.



REPONSES A L'EXERCICE II

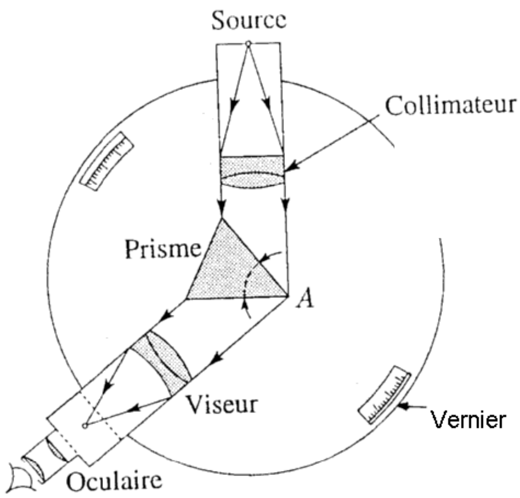
II-1-	Masse **M** : **D**	Entrée **Y : C**
II-2-	Tension : $u_B(t) = r\,i + L\dfrac{di}{dt}$	
II-3-	Justification : $E = u_R + u_B$ avec $u_R = R\,i$ *donc* $E = (R + r)\,i + L\dfrac{di}{dt}$	
II-4-	Expressions : $A = \dfrac{R\,E}{R + r}$	$\tau = \dfrac{L}{R + r}$
II-5-	Condition initiale : $u_R\,(t = 0) =$ **0 V**	Expression : **B** = **-A**
II-6-	Méthode : **de la tangente à l'origine** Constante : $\tau = 7\ ms$	Résistance : $r = 11{,}4\ \Omega$
II-7-	Durée $\Delta t = 5\,\tau = 35\ ms$	
II-8-	Expression : $u_B = \dfrac{r\,E}{R + r}$	
II-9-	Expression : $r = \dfrac{R\,u_B}{E - u_B}$	Application numérique : $r = 12{,}4\ \Omega$
II-10-	Expression : $W_B = \frac{1}{2}\,L\,I^2$	Application numérique : $W_B = 3{,}0\ mJ$

EXERCICE III

La spectrométrie est une technique de mesure des longueurs d'ondes correspondant aux raies émises par une source lumineuse. Comme chaque atome (ou chaque molécule) est caractérisé par un ensemble de raies d'émission occupant des positions bien précises dans le spectre, on peut donc déterminer la composition chimique d'une source à partir de l'analyse de la lumière qu'elle émet : ceci est réalisé couramment en astrophysique pour connaître les éléments qui constituent certaines étoiles.

On envoie sur un prisme un faisceau lumineux. Le rayon traverse le prisme, puis y sort en étant dévié vers sa base. En mesurant à l'aide d'un goniomètre le minimum de déviation, on peut ainsi déterminer l'indice ***n*** du verre crown constituant ce prisme.

On notera $\boldsymbol{c = 3 \cdot 10^8}$ $\boldsymbol{m.s^{-1}}$ la célérité de la lumière dans le vide.



III-1- La propriété fondamentale à l'origine de la spectroscopie à prisme est que son indice de réfraction dépend de la longueur d'onde. Comment qualifie-t-on un tel milieu ?

La dépendance de l'indice du prisme vis-à-vis de la longueur d'onde est correctement décrite par la loi empirique de Cauchy : $\boldsymbol{n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2}}$. Sans indication particulière, les longueurs d'ondes données sont considérées mesurées dans le vide ou l'air.

On utilise une lumière bleue de longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda_1 = 486{,}1}$ ***nm***. On mesure $\boldsymbol{n_1 = 1{,}522}$.
Puis, on utilise une lumière rouge de longueur d'onde $\boldsymbol{\lambda_2 = 656{,}3}$ ***nm***. On trouve $\boldsymbol{n_2 = 1{,}514}$.

III-2- Quelle est la fréquence $\boldsymbol{f_1}$ de la lumière bleue avant son passage dans le prisme ?

III-3- Quelle est sa fréquence $\boldsymbol{f_1'}$ dans le prisme ?

III-4- Calculer sa longueur d'onde λ_1' dans le prisme.

III-5- Calculer les valeurs de **A** et **B** (B en nm^2).

On souhaite maintenant déterminer la longueur d'onde d'un laser Argon.

III-6- Quelle est la nature de l'onde associée au laser ?

Pour plus de précision, on remplace le prisme précédant par un nouveau en verre flint, caractérisé par

$n(\lambda) = \mathbf{A'} + \dfrac{\mathbf{B'}}{\lambda^2}$ avec $\mathbf{A' = 1{,}666}$ et $\mathbf{B' = 12\ 040}$ $\boldsymbol{nm}^2$.

On mesure alors pour ce laser un indice optique $\boldsymbol{n_3} = \mathbf{1{,}712}$.

III-7- Pourquoi les mesures avec ce nouveau prisme seront-elles d'une meilleure précision qu'avec le prisme en verre crown ?

III-8- En déduire la longueur d'onde λ_3 de ce laser.

III-9- Quelle est sa couleur ?

REPONSES A L'EXERCICE III

III-1- Qualificatif : **Dispersif**

III-2- Expression : $f_1 = \dfrac{c}{\lambda_1}$ — Application Numérique : $f_1 = \mathbf{6{,}17 \cdot 10^{14}\ Hz}$

III-3- Expression : $f_1' = f_1$ — Application Numérique : $f_1' = \mathbf{6{,}17 \cdot 10^{14}\ Hz}$

III-4- Expression : $\lambda_1' = \dfrac{\lambda_1}{n_1}$ — Application Numérique : $\lambda_1' = \mathbf{319}$ ***nm***

III-5- **A** = **1,504** — **B** = **4188** ***nm²***

III-6- *(cocher les réponses exactes)*

☐	Mécanique	☒	Monochromatique
☒	Electromagnétique	☐	Polychromatique
☐	Acoustique	☒	Lumineuse

III-7- Explication : **B′ > B : le verre du prisme est plus dispersif, le dispositif de mesure est donc plus sensible aux variations de longueur d'onde.**

III-8- Expression : $\lambda_3 = \sqrt{\dfrac{B'}{n_3 - A'}}$ — Application Numérique : $\lambda_3 = \mathbf{511}$ ***nm***

III-9- *(cocher la réponse exacte)*

☐	Blanc	☐	Rouge
☐	Infrarouge	☐	Ultra-Violet
☐	Orange	☒	Vert
☐	Rayons X	☐	Violet

EXERCICE IV

Le thermomètre de Galilée est un instrument de mesure de la température ambiante T. Il est constitué d'un tube cylindrique en verre scellé contenant un liquide transparent dans lequel sont plongés des boules numérotées de masses différentes mais de volume identique **V**. Dans toute l'étude, on suppose chaque boule parfaitement sphérique et de densité homogène (en réalité, les boules ont deux extrémités en pointe, un petit médaillon indiquant la température étant accroché à l'extrémité inférieure).

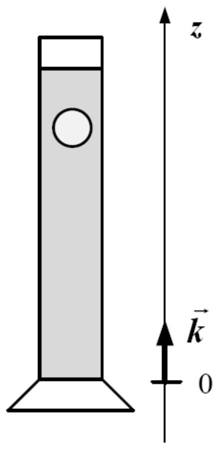
La particularité du thermomètre provient du fait que la masse volumique du liquide **ρ(T)** diminue sensiblement quand la température **T** (en degrés Celsius) augmente.

Données : $\boldsymbol{\rho(20°) = 1001}$ $\boldsymbol{kg.m^{-3}}$

$\boldsymbol{\rho(21°) = 1000}$ $\boldsymbol{kg.m^{-3}}$

Volume boule : $\mathbf{V = 10^{-6}}\, \boldsymbol{m^3} \mathbf{= 1}\, \boldsymbol{cm^3}$

Accélération de la pesanteur : $\boldsymbol{g = 10\ m.s^{-2}}$



$\vec{k}$ vecteur unitaire

A **T = 20°C**, la boule **A**, complètement immergée, est en équilibre dans le liquide.
A **T = 21°C**, c'est la boule **B** qui est en équilibre dans le liquide.
On note respectivement $\boldsymbol{\rho_A}$ et $\boldsymbol{\rho_B}$ les masses volumiques des boules **A** et **B**.

Etude en statique :

IV-1- Nommer les forces qui s'exercent sur la boule **A**.

IV-2- Par application de la première loi de Newton, écrire l'équation vectorielle d'équilibre s'appliquant au centre de gravité de la boule **A**, immobile, en équilibre dans le liquide, en fonction de $\boldsymbol{g}$, **ρ(20°)**, $\boldsymbol{\rho_A}$, **V** et $\vec{k}$.

IV-3- En déduire la masse volumique $\boldsymbol{\rho_A}$ de la boule **A**. Quelle est alors la masse volumique $\boldsymbol{\rho_B}$ de la boule **B** ? Calculer la différence de masse des boules **A** et **B**, soit $\boldsymbol{\Delta m = m_A - m_B}$, exprimée en milligramme.

IV-4- La température ambiante est de **21°C**. On suppose que le tube ne contient que les deux boules **A** et **B**. Représenter sur un schéma les positions respectives des 2 boules.

Etude en dynamique :

La température ambiante est maintenant de **20°C**. La boule **B** est maintenue au fond du tube jusqu'à l'instant $t_0 = 0\ s$. A l'instant $t_0 = 0$s, elle est libérée et se met alors en mouvement pour remonter dans le liquide. Soit $\boldsymbol{v}$ sa vitesse en $\boldsymbol{m.s^{-1}}$ et $\boldsymbol{t}$ le temps en seconde. La force de frottement subie par la boule **B** dans sa remontée est représentée par $\vec{\mathbf{F}} = -\boldsymbol{\lambda}\, \boldsymbol{v}\, \vec{k}$ avec $\boldsymbol{\lambda = 10^{-4}\ kg.s^{-1}}$.

IV-5- Par application de la deuxième loi de Newton, écrire l'équation vectorielle s'appliquant au centre de gravité de la boule B en fonction de $\boldsymbol{g}$, **ρ(20°)**, $\boldsymbol{\rho_B}$, **V**, λ, $\boldsymbol{v}$, $\boldsymbol{dv/dt}$ et $\vec{k}$ **.**

La vitesse $\boldsymbol{v(t)}$ de la boule **B** obéit alors à une équation différentielle de la forme $\dfrac{dv}{dt} = \alpha - \beta\, v$ (I):

IV-6- Quelles sont les unités respectives de **α** et **β** ?

IV-7- Exprimer **α** et **β** en fonction de $\boldsymbol{g}$, **ρ(20°)**, $\boldsymbol{\rho_B}$, **V** et λ . Calculer **α** et **β**.

IV-8- Exprimer la vitesse limite $\boldsymbol{v_{lim}}$ de la boule **B** et calculer sa valeur.

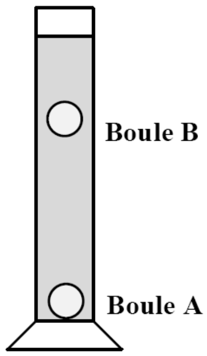
On se propose maintenant d'appliquer la méthode numérique d'Euler à la résolution de l'équation différentielle (I). Cette méthode permet de calculer, pas à pas, les valeurs de la vitesse de la boule **B** à différents instants. Δt est le pas de calcul en temps. A l'instant $t_0 = 0$s, $v(t_0) = 0\ ms^{-1}$ et $\left(\frac{dv}{dt}\right)_{t=t_0} = \alpha$.

Les formules donnant la vitesse aux instants t_1, t_2, et t_3 sont :

$$v(t_1) = v(t_0 + \Delta t) = v(t_0) + \Delta t\left(\frac{dv}{dt}\right)_{t_0} \qquad v(t_2) = v(t_1) + \Delta t\left(\frac{dv}{dt}\right)_{t_1} \qquad v(t_3) = v(t_2) + \Delta t\left(\frac{dv}{dt}\right)_{t_2}$$

IV-9- On pose $\Delta t = 5\ s$. Calculer les vitesses $v(t_1)$, $v(t_2)$ et $v(t_3)$.

REPONSES A L'EXERCICE IV

IV-1-	Bilan des forces : **Poussée d'Archimède et poids**	
IV-2-	Equation : $\rho(20°)\ V\ g\ \vec{k}\ -\ \rho_A\ V\ g\ \vec{k} = .\ \vec{0}$	
IV-3-	$\rho_A = 1001\ kg.m^{-3}$ $\rho_B = 1000\ kg.m^{-3}$ $\Delta m = 1\ mg$	**IV-4-** Placer les boules **A** et **B** 
IV-5-	Equation : $\rho(20°)\ V\ g\ \vec{k}\ -\ \rho_B\ V\ g\ \vec{k}\ -\ \lambda\ v\,\vec{k} = \rho_B\ V\ dv/dt\ \vec{k}$	
IV-6-	Unité : α en $m.s^{-2}$	β en s^{-1}
IV-7-	Expressions littérales : $\alpha = \frac{\rho(20°) - \rho_B}{\rho_B} g$ $\beta = \frac{\lambda}{V\ \rho_B}$	Applications numériques : $\alpha = 0{,}01\ m.s^{-2}$ $\beta = 0{,}1\ s^{-1}$
IV-8-	$v_{lim} = \frac{\alpha}{\beta}$	$v_{lim} = 0{,}10\ m.s^{-1}$
IV-9-	$v(t_1) = 0{,}050\ m.s^{-1}$ | $v(t_2) = 0{,}075\ m.s^{-1}$	$v(t_3) = 0{,}0875\ m.s^{-1}$