

PHYSIQUE-CHIMIE EN BCPST
Comment se préparer à l'entrée en CPGE ?

Le programme de physique-chimie de la classe de BCPST se base sur les acquis du programme de première spécialité.

Attention, bien démarrer l'année de BCPST, et bien suivre par la suite suppose donc un bon niveau de maîtrise de ce programme. **C'est pourquoi, il est fortement conseillé de retravailler son cours de première pendant l'été pour s'assurer qu'on le maîtrise parfaitement, ainsi que les exercices associés.**

Sans prétendre aborder tous les thèmes utiles ni par conséquent constituer une liste exhaustive, les exercices d'entraînement joints avec leurs éléments de correction vous fourniront une première base de travail pour préparer votre entrée en CPGE. Nous vous incitons fortement à les chercher avant d'arriver.

Un conseil général important qui vaut pour la réalisation de tout exercice : pour avoir une idée précise de ce que vous êtes capable de faire, vous pouvez aller chercher des réponses ou relations dans votre cours, mais ne devez surtout pas regarder les corrigés avant d'avoir achevé la rédaction de votre réponse.

En attendant de vous accueillir à la rentrée prochaine au lycée Fermat, nous vous souhaitons un très bel été.

Cécile Manghi, professeure de PC en BCPST1.1 (« Poireaux »)
Pierre Morel, professeur de PC en BCPST1.2 (« Grenouilles »)

EXERCICES DE CHIMIE REVISION PREMIERE

Calculatrice et classification périodique autorisées pour y répondre

Exercice 1 : Synthèse d'un ester

On désire synthétiser l'acétate d'isoamyle qui est l'arôme artificiel de banane utilisé en confiserie. Pour cela, on mélange des volumes $V_1 = 30$ mL d'acide acétique et $V_2 = 33$ mL d'alcool isoamylique $C_5H_{12}O$ (ainsi que quelques gouttes d'acide sulfurique catalyseur). Après un chauffage du milieu réactionnel pendant plusieurs heures, en plus de l'acétate d'isoamyle, on obtient $V_3 = 3,6$ mL d'eau. La transformation est-elle totale ?

Données :

- | | |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| - Masse volumique de l'acide acétique | $\mu_1 = 1,05 \text{ kg.L}^{-1}$ |
| - Densité de l'alcool isoamylique | $d_2 = 0,81$ |

Exercice 2 : Titrage redox

On trouve en jardinerie des solutions aqueuses de sulfate de fer ($Fe^{2+}_{(aq)}$, $SO_4^{2-}_{(aq)}$) destinées à éviter la prolifération de mousses sur les pelouses. On désire titrer le fer présent dans cette solution.

Pour cela, on commence à réaliser une dilution de la solution commerciale.

- a- Sachant qu'on souhaite un facteur de dilution de 50, préciser la verrerie nécessaire et schématiser les opérations qui permettent d'obtenir 100 mL de solution diluée. On notera C_2 la concentration inconnue en fer dans la solution diluée.

On titre, par colorimétrie en milieu acide (H^+ sera considéré en excès devant toutes les autres espèces), un volume $V'_2 = 25$ mL de solution diluée par une solution titrée de permanganate de potassium ($K^+_{(aq)}$, $MnO_4^-_{(aq)}$) de concentration $C = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$. On observe qu'une couleur violette persiste dans le milieu réactionnel pour un volume de réactif titrant versé de 21,0 mL.

- b- Ecrire la réaction support de dosage (supposée totale, MnO_4^- (aq) étant l'oxydant et Fe^{2+} (aq) étant le réducteur). Comment appelle-t-on le moment particulier du dosage qui correspond à la persistance de la couleur violette en solution ? Quelle relation existe entre les quantités de matière à ce moment ?
- c- En déduire la concentration en fer de solution diluée, en mol.L^{-1} .
- d- L'étiquette de la solution commerciale porte l'indication 60 g.L^{-1} en fer. Est-ce cohérent avec le résultat du dosage ?

Données : Couples redox mis en jeu en milieu acide : MnO_4^- (aq) / Mn^{2+} (aq) et Fe^{3+} (aq) / Fe^{2+} (aq)
 L'ion permanganate MnO_4^- (aq) présente une couleur violette intense en solution ; les autres espèces ne sont que très faiblement colorées.
 Masse molaire du fer : $M = 55,8 \text{ g.mol}^{-1}$

Exercice 3 : Mélange de deux solutions

On dispose de deux solutions aqueuses :

- S_1 est une solution de $\text{NaCl}_{(s)}$ de concentration molaire $C_1 = 5,00. 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- S_2 est une solution de $\text{FeCl}_{3(s)}$ de concentration molaire $C_2 = 3,00. 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

On mélange un volume $V_1 = 20 \text{ mL}$ de solution S_1 à un volume $V_2 = 30 \text{ mL}$ de solution S_2 . Après homogénéisation on obtient S. En déduire la concentration de chacun des ions dans la solution S.

On précise que $\text{NaCl}_{(s)}$ et $\text{FeCl}_{3(s)}$ sont des solides ioniques totalement solubles dans l'eau ; l'ion chlorure a pour formule Cl^- (aq).

Exercice 4 : Ion hydrogénocarbonate

L'hydrogénocarbonate de sodium NaHCO_3 , souvent présent dans les eaux gazeuses, facilite la digestion.

- a- Donner les configurations électroniques des atomes qui constituent l'ion hydrogénocarbonate.
- b- En déduire la formule de Lewis de cet ion et sa géométrie autour du C sachant que le C est au centre et que le H est relié à un des atomes d'oxygène.

Exercice 5 : Oxydation d'un alcool

Un alcool saturé **A** a pour masse molaire $M = 60 \text{ g.mol}^{-1}$.

- a- Déterminer sa formule brute et ses formules semi-développées possibles
- b- Sachant qu'il peut s'oxyder en une cétone **B** en gardant la même chaîne carbonée, déterminer les formules semi-développées de **B** et **A** ainsi que leur nom.

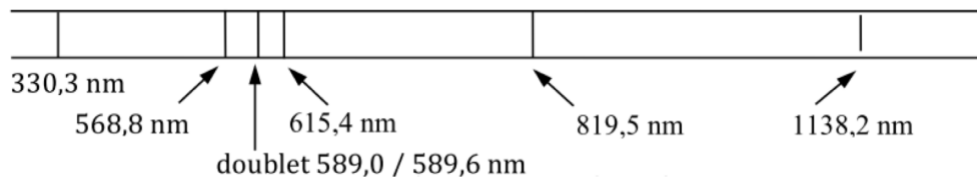
EXERCICES DE PHYSIQUE REVISION PREMIERE

Exercice 6 : lampe à vapeur de sodium

On utilise les lampes à vapeur de sodium pour éclairer des tunnels routiers. Ces lampes contiennent de la vapeur de sodium à très faible pression. Cette vapeur est excitée par un faisceau d'électrons qui traverse le tube. Les atomes de sodium absorbent l'énergie des électrons. L'énergie est restituée lors du retour à l'état fondamental sous forme de radiations lumineuses. Les lampes à vapeur de sodium émettent surtout de la lumière jaune.

Données : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$; $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$

L'analyse du spectre d'émission d'une lampe à vapeur de sodium révèle la présence de raies de longueur d'onde λ bien définie.



1) a) Identifier les longueurs d'onde des raies de ce spectre appartenant au domaine du visible, des ultraviolets et de l'infrarouge.

2) S'agit-il d'une lumière polychromatique ou monochromatique ? Justifier votre réponse.

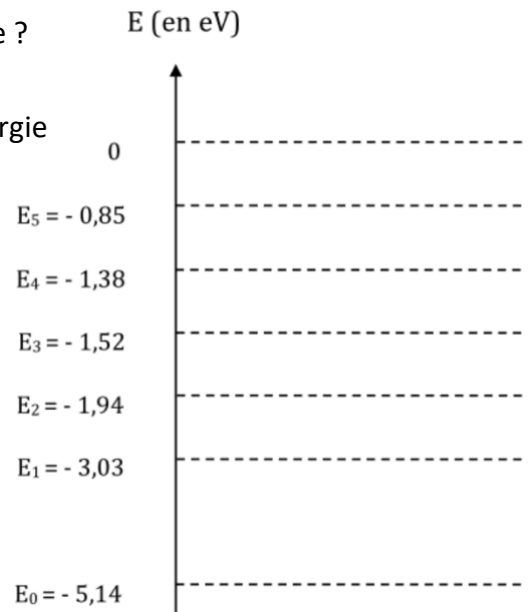
3) Attribuer les termes fondamental et excité aux niveaux d'énergie concernés sur le diagramme énergétique présenté à droite.

On considère la raie jaune du doublet du sodium de longueur d'onde $\lambda = 589,0$ nm.

4) Rappeler la formule de Planck, donnant la relation entre le quantum d'énergie ΔE et λ . Donner la signification et l'unité de chacune des trois grandeurs mises en jeu.

5) Calculer l'énergie ΔE , en J puis en eV, qui correspond à l'émission de cette radiation

6) En justifiant, indiquer par une flèche notée 1 sur le diagramme des niveaux d'énergie la transition correspondante.



L'atome de sodium, considéré maintenant à l'état E_1 , reçoit une radiation lumineuse dont le quantum d'énergie $\Delta E'$ a pour valeur 1,09 eV.

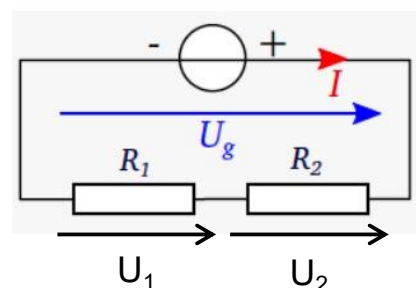
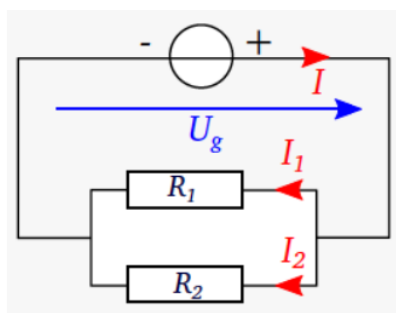
7) Cette radiation lumineuse peut-elle interagir avec l'atome de sodium à l'état E_1 ? Justifier.

8) Représenter sur le diagramme la transition correspondante par une flèche notée 2.

9) La raie associée à cette transition est-elle une raie d'émission ou une raie d'absorption ? Justifier.

Exercice 7 : bilan de puissance dans un circuit linéaire

Soit le circuit comportant un générateur idéal de tension de force électromotrice $U_g = 12$ V et deux dipôles ohmiques en dérivation, de résistances $R_1 = 90 \Omega$ et $R_2 = 180 \Omega$ (voir figure à gauche).



1/ Calculer la puissance électrique fournie par le générateur du circuit.

2/ Calculer la puissance reçue par chaque dipôle ohmique. Comparer leur somme à la valeur trouvée à la question 1.

3/ Quelle est la conversion d'énergie effectuée par les résistances ?

On associe à présent les résistances R_1 et R_2 en série (voir circuit ci-dessus à droite).

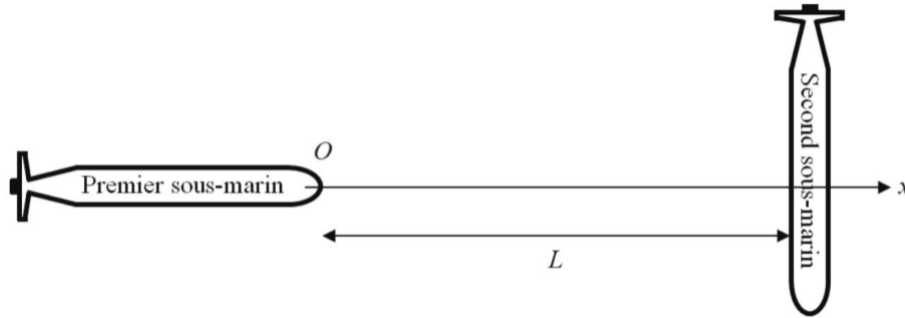
4/ Reprendre les questions 1 et 2.

Exercice 8 : sonar

Un sonar (SOund NAVigation and Ranging) est un dispositif de détection utilisant les ondes acoustiques. Il permet aux marins de naviguer correctement (mesure de la profondeur) ou aux sous-marins de repérer les obstacles et les autres navires.

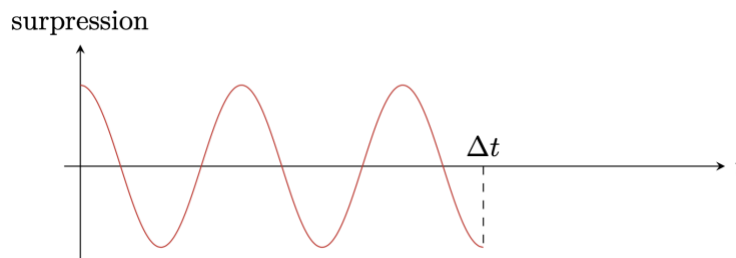
À 10 °C, la vitesse du son dans l'eau de mer est $c_{\text{mer}} = 1,50 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$.

L'avant d'un sous-marin est équipé d'un sonar lui permettant d'éviter d'entrer en collision avec un autre sous-marin. Le sonar est constitué d'un émetteur d'ondes sonores et d'un récepteur capable d'identifier l'écho de l'onde précédemment émise. On note O l'avant du sous-marin équipé du sonar et (Ox) l'axe du sous-marin, correspondant à l'axe de propagation de l'onde sonore. Un second sous-marin se trouve à distance L du premier, dans la configuration représentée ci-dessous.



1. Expliquer le principe de fonctionnement d'un sonar.
2. L'émetteur produit une très brève impulsion sonore. Le récepteur en reçoit l'écho au bout d'une durée $\tau = 400 \text{ ms}$. En déduire la distance L à laquelle se situe le second sous-marin.

À partir de la date $t = 0$, le sonar émet l'impulsion sonore pseudo-sinusoïdale représentée ci-dessous pendant une durée $\Delta t = 500 \text{ } \mu\text{s}$.



3. Déterminer en justifiant la fréquence f de l'onde sonore émise par le sonar.

On s'intéresse à la propagation spatiale de cette impulsion. On la représente alors dans un système d'axe dont l'abscisse est la position x mesurée à partir de l'avant du sous-marin qui émet l'onde ultrasonore.

4. Exprimer et calculer numériquement la longueur spatiale Δx de l'impulsion.
5. Représenter sur la copie l'impulsion sonore à l'instant $t = 12,0 \text{ ms}$ en fonction de x. Calculer numériquement, en justifiant précisément, les positions du début (ou front) de l'impulsion et de sa fin. Un détecteur d'ondes sonores est placé sur le second sous-marin, sur l'axe (Ox).
6. Représenter sur la copie l'évolution de l'amplitude enregistrée par ce détecteur au cours du temps. Calculer numériquement, en justifiant précisément, les instants auxquels le détecteur reçoit le début et la fin de l'impulsion.

Exercice 1 : Synthèse d'un ester

quantités de matières mises en jeu :

$$n_1 = \frac{\rho_1 V_1}{M_1} = \frac{1,05 \cdot 30}{60} = 0,53 \text{ mol} \quad n_2 = \frac{\rho_2 V_2}{M_2} = \frac{0,81 \cdot 33}{88} = 0,30 \text{ mol} \quad n_3 = \frac{\rho_3 V_3}{M_3} = \frac{1,00 \cdot 3,6}{18} = 0,20 \text{ mol}$$

équation de la réaction : $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2 + \text{C}_5\text{H}_{12}\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O} + \text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2$

Le réactif limitant est donc l'alcool et $x_{\max} = n_2 = 0,30 \text{ mol}$.

Or $x_{\text{final}} = n_3 = 0,20 \text{ mol} < x_{\max}$ donc la transformation n'est pas totale.

Exercice 2 : Titrage redox

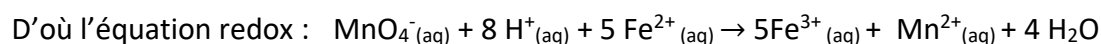
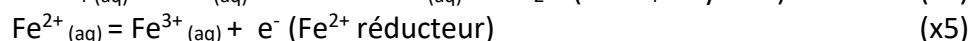
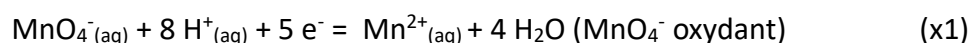
a- On note C_1 la concentration en fer dans la solution commerciale. On veut obtenir $C_2 = \frac{C_1}{50}$.

Le volume V_2 de solution diluée vaut $V_2 = 100 \text{ mL}$; cherchons le volume V_1 de solution commerciale à prélever. On exprime la conservation de la quantité de matière en fer lors de la dilution : $C_2 V_2 = C_1 V_1$

Donc le volume V_1 de solution concentrée à prélever vaut : $V_1 = \frac{C_2 V_2}{C_1} = \frac{V_2}{50} = 2,0 \text{ mL}$

Il faut donc prélever 2,0 mL de solution commerciale avec une pipette jaugée 2 traits, puis l'introduire dans une fiole jaugée de 100 mL. On complète au trait de jauge avec de l'eau distillée et on homogénéise en agitant.

b- Demi-équations redox :



En début de dosage, MnO_4^- est limitant, donc la solution dosée est quasi incolore. A l'équivalence du dosage, les réactifs sont en proportions stœchiométriques. La première goutte de permanganate versée après l'équivalence colore la solution en violet puisqu'il n'y a plus de Fe^{2+} . La persistance de la couleur violette (à la goutte près) permet donc de repérer l'équivalence du dosage (dosage auto-indicateur).

A l'équivalence, les réactifs ont été introduits en proportions stœchiométriques donc :

$$\frac{n_{\text{MnO}_4^-}}{1} = \frac{n_{\text{Fe}^{2+}}}{5}$$

c- D'où $C_2 = 5 \frac{C_1 V_1}{V_2} = 2,10 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

d- La concentration C_1 de la solution commerciale vaut $C_1 = 50 \cdot C_2 = 1,05 \text{ mol.L}^{-1}$

Pour obtenir la concentration massique en fer, on multiplie C_1 par la masse molaire du fer : $c_{\text{Fe}} = C_1 \cdot M_{\text{Fe}}$

Soit $c_{\text{Fe}} = 58,6 \text{ g.L}^{-1}$. On est bien très proche de la valeur affichée sur l'étiquette.

Exercice 3 : Mélange de deux solutions

Les dissolutions des deux solides ioniques sont des transformations totales dans l'eau. On a donc :

- Dans S_1 : $[\text{Na}^+] = [\text{Cl}^-] = C_1 = 5,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$
- Dans S_2 : $[\text{Fe}^{3+}] = C_2 = 3,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et $[\text{Cl}^-] = 3C_2 = 9,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

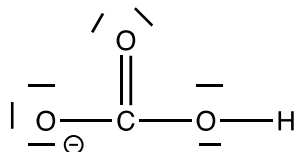
Lors du mélange des deux solutions, il n'y a pas de réaction chimique donc les quantités de matières se conservent. Exprimons qu'une concentration est une quantité de matière divisée par un volume :

$$\text{On en déduit dans S : } [\text{Na}^+] = \frac{C_1 V_1}{V_1 + V_2} = 2,00 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1} \text{ et } [\text{Fe}^{3+}] = \frac{C_2 V_2}{V_1 + V_2} = 1,80 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

- Les ions chlorure proviennent de S_1 et S_2 d'où dans S : $[Cl^-] = \frac{C_1V_1 + 3C_2V_2}{V_1 + V_2} = 7,40 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$

Exercice 4 : Ion hydrogénocarbonate

- a. H : $1s^1$ C : $1s^2 2s^2 2p^2$ O : $1s^2 2s^2 2p^4$
- b. Il y a au total dans l'ion : $1 + 4 + 6 \cdot 3 + 1(\text{charge}) = 24$ électrons de valence soit 12 doublets à placer.
Géométrie trigonale plane au voisinage du C.



Exercice 5 : Oxydation d'un alcool

- a. la formule d'un alcool saturé (cad sans cycle ou liaison multiple) est $C_nH_{2n+1}OH = C_nH_{2n+2}O$ d'où $12n + (2n+2) + 16 = 60 \Rightarrow n=3$ d'où C_3H_8O
soit $CH_3-CH_2-CH_2OH$ ou $CH_3-CHOH-CH_3$
- b. Seuls les alcools secondaires s'oxydent en cétone d'où $B = CH_3-CO-CH_3$ (propan-2-one) et $A = CH_3-CHOH-CH_3$ (propan-2-ol)

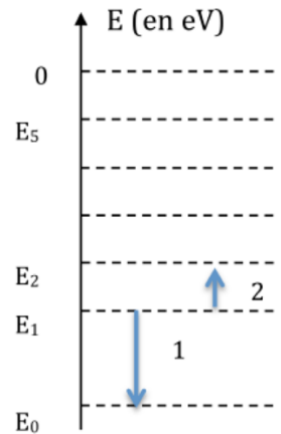
Exercice 6 : lampe à vapeur de sodium

- 1) 4 raies d'émission appartiennent au visible : 568,8 nm ; 589,0 nm ; 589,6 nm ; 615,4 nm
1 raie d'émission appartient à l'U.V : 330,3 nm
2 raies d'émission appartiennent à l'I.R : 819,5 nm et 1138,2 nm.
- 2) Il s'agit d'une lumière polychromatique car constituée de plusieurs longueurs d'onde.
- 3) L'état fondamental correspond au niveau E_0 , les autres états sont des états excités.
- 4) $E = h \times \nu = h \times c / \lambda$ où E est l'énergie d'un photon en J ; h la constante de Planck en J.s ; ν la fréquence en Hz.
- 5) Rappel : 1 nm = 10^{-9} m ; 1 eV = $1,60 \times 10^{-19}$ J

$$\Delta E = \frac{hc}{\lambda} = 6,63 \times 10^{-34} \times 3,00 \times 10^8 / 589 \cdot 10^{-9} \text{ soit } \underline{\Delta E = 3,38 \times 10^{-19} \text{ J}}$$

$$\text{Donc } \Delta E = 3,38 \times 10^{-19} / 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ soit } \underline{\Delta E = 2,11 \text{ eV}}$$

- 6) Il s'agit de la transition du niveau 1 vers le niveau fondamental E_0 . Voir représentation ci-contre.
- 7) L'atome de sodium, considéré maintenant à l'état E_1 , reçoit une radiation lumineuse dont le quantum d'énergie $\Delta E'$ a pour valeur 1,09 eV.
A l'état $E_1 = -3,03$ eV, l'absorption d'un quantum d'énergie 1,09 eV fait passer l'atome au niveau : $-3,03 + 1,09 = -1,94$ eV, c'est à-dire au niveau d'énergie 2.
- 8) Voir représentation ci-contre.
- 9) Il s'agit d'une raie d'absorption car l'atome absorbe de l'énergie pour accéder à ce niveau.



Exercice 7 : bilan de puissance dans un circuit linéaire

1/ Il faut commencer par calculer I .

$$\text{Loi d'Ohm : } U_g = R_1 I_1 \text{ et } U_g = R_2 I_2 ; \text{ loi des nœuds } I = I_1 + I_2 = \frac{U_g}{R_1} + \frac{U_g}{R_2} \text{ d'où } I = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} U_g$$

$$\text{Puissance fournie par le générateur : } P_g = U_g I \text{ d'où } \underline{P_g = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} U_g^2}$$

$$\text{Application numérique : } P_g = \frac{90+180}{90 \times 180} \times 12^2 \text{ soit } \underline{P_g = 2,4 \text{ W}}$$

2/ Puissances reçues par les dipôles ohmiques :

$$P_1 = U_g I_1 \text{ or d'après la loi d'Ohm } I_1 = \frac{U_g}{R_1} \text{ d'où } \underline{P_1 = \frac{U_g^2}{R_1}} ; \text{ par analogie on a } \underline{P_2 = \frac{U_g^2}{R_2}}$$

$$\text{Application numérique : } P_1 = \frac{12^2}{90} \text{ soit } \underline{P_1 = 1,6 \text{ W}} \text{ et } P_2 = \frac{12^2}{180} \text{ soit } \underline{P_2 = 0,8 \text{ W}}$$

On remarque qu'on a bien $P_g = P_1 + P_2$ soit $\underline{\Sigma P_{reçues} = \Sigma P_{cédées}}$.

3/ L'intégralité de l'énergie reçue par les dipôles ohmiques est dissipée sous forme d'énergie thermique par effet Joule.

$$4/ \text{ On commence par calculer } I ; \text{ loi des mailles et loi d'Ohm : } U_g = U_1 + U_2 = R_1 I + R_2 I \text{ d'où } I = \frac{U_g}{R_1 + R_2}$$

$$\text{Puissance fournie par le générateur : } P_g = U_g I \text{ d'où } \underline{P_g = \frac{U_g^2}{R_1 + R_2}}$$

$$\text{Application numérique : } P_g = \frac{12^2}{90+180} \text{ soit } \underline{P_g = 0,53 \text{ W}}$$

Puissances reçues par les dipôles ohmiques :

$$P_1 = U_1 I \text{ et loi d'Ohm } U_1 = R_1 I \text{ d'où } P_1 = R_1 I^2 = R_1 \left(\frac{U_g}{R_1 + R_2} \right)^2 ; \text{ par analogie on a } P_2 = R_2 \left(\frac{U_g}{R_1 + R_2} \right)^2$$

$$\text{Application numérique : } P_1 = 90 \left(\frac{12}{180+90} \right)^2 \text{ soit } \underline{P_1 = 0,17 \text{ W}} \text{ et } P_2 = 180 \left(\frac{12}{180+90} \right)^2 \text{ soit } \underline{P_2 = 0,36 \text{ W}}$$

On vérifie bien à nouveau, à l'arrondi d'affichage des résultats près, que $P_g = P_1 + P_2$ soit $\underline{\Sigma P_{recues} = \Sigma P_{cédées}}$.

Exercice 8 : sonar

1 Le récepteur permet d'avoir accès au temps mis par une impulsion ultra-sonore pour aller se réfléchir sur le second sous-marin et revenir. Connaissant la vitesse du son dans l'eau, un calculateur peut alors en déduire la distance séparant les deux sous-marins.

2 Pendant la durée τ , l'impulsion parcourt une distance $2L$, d'où

$$\tau = \frac{2L}{c} \quad \text{soit} \quad \boxed{L = \frac{c\tau}{2} = 300 \text{ m.}}$$

3 Sur la figure de l'énoncé, on compte deux périodes et demi pendant la durée Δt , donc

$$\Delta t = \frac{5}{2}T \quad \text{soit} \quad T = \frac{2}{5}\Delta t \quad \text{d'où} \quad \boxed{f = \frac{5}{2\Delta t} = 5 \text{ kHz.}}$$

4 La longueur spatiale de l'impulsion vaut

$$\Delta x = c_{\text{mer}} \Delta t = 75 \text{ cm.}$$

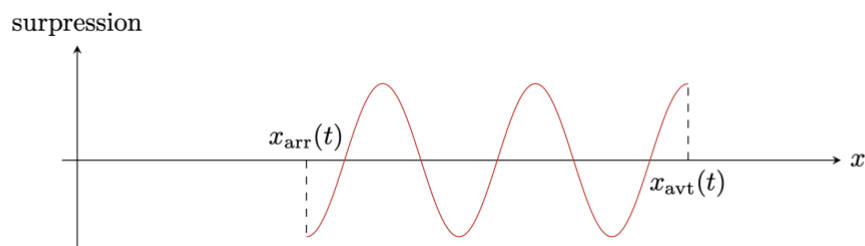
5 À l'instant $t = 0$, l'avant de l'impulsion se trouve en $x = 0$. À l'instant t , il se trouve en

$$x_{\text{avt}}(t) = c_{\text{mer}} t = 18 \text{ m.}$$

L'arrière de l'impulsion est émis du point $x = 0$ au bout de Δt . À l'instant t , il se trouve donc en

$$x_{\text{arr}}(t) = c_{\text{mer}}(t - \Delta t) = 17,25 \text{ m.}$$

L'impulsion est représentée figure 9.



Attention sur la figure : l'avant de l'onde est la partie émise en premier, donc celle pour laquelle la surpression est positive.

6 L'onde met un temps $\tau = 400 \text{ ms}$ pour faire l'aller-retour entre les deux sous-marins, il ne lui faut donc que $\tau/2 = 200 \text{ ms}$ pour parcourir la distance aller. L'impulsion est représentée figure 10.

