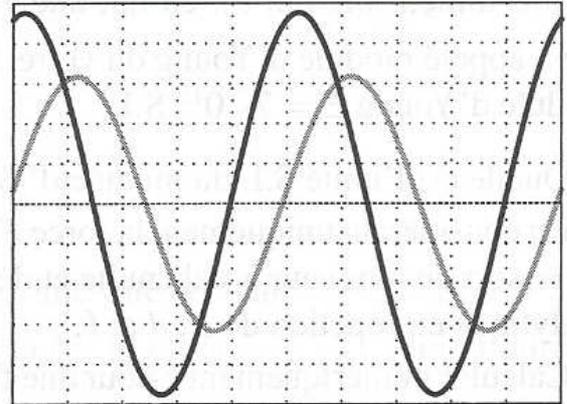


## SIGNAUX ET PROPAGATION

### Sign 1. Signaux sinusoïdaux

La figure représente un écran d'oscilloscope avec deux signaux sinusoïdaux de même fréquence  $s_1(t)$  (en noir) et  $s_2(t)$  (en gris). L'axe central représente le niveau zéro pour les deux signaux.



Echelle de temps : 20ms/div Echelle verticale : 1V/div

- 1) Déterminer la fréquence des signaux
- 2) Calculer le déphasage de  $s_2$  par rapport à  $s_1$
- 3) Représenter les deux signaux dans la représentation de Fresnel.
- 4) Représentez son spectre de Fourier

### Sign 2. Calculs sur les cordes d'une guitare électrique.

Une guitare électrique comporte six cordes en acier. Le tableau ci-dessous fournit pour chaque corde, la valeur de sa fréquence fondamentale et son diamètre. Toutes les cordes ont une longueur  $L = 0,63$  m et une masse volumique  $\rho = 7800$  kg.m<sup>-3</sup>.

| Corde n°                           | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| $f_1 =$ Fréquence fondamentale(Hz) | 82.5 | 110  | 147  | 196  | 247  | 330  |
| Diamètre (mm)                      | 1.12 | 0.89 | 0.70 | 0.55 | 0.35 | 0.25 |

Déterminer  $T$  en fonction de  $\rho$ ,  $\pi$ ,  $d$ ,  $L$  et  $f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi}$  pour le mode fondamental. Calculer numériquement les tensions nécessaires pour que la guitare soit accordée.

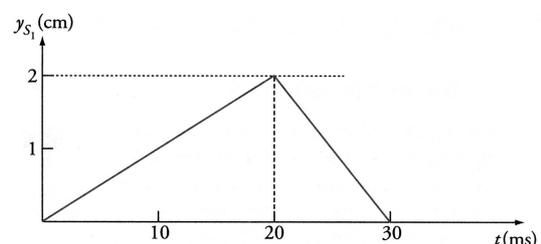
### Sign 3. Ondes le long d'une corde tendue

Une corde tendue entre deux points  $S_1$  et  $S_2$  distants de 5,0m est soumise à une perturbation en  $S_1$ .

1. Quelle est la nature de l'onde se propageant le long de la corde ?
2. La célérité des ondes le long d'une corde vérifie la relation  $c = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$  avec  $T$  valeur de la tension de la corde et  $\mu$  masse linéique de la corde. Les unités S.I sont utilisées.

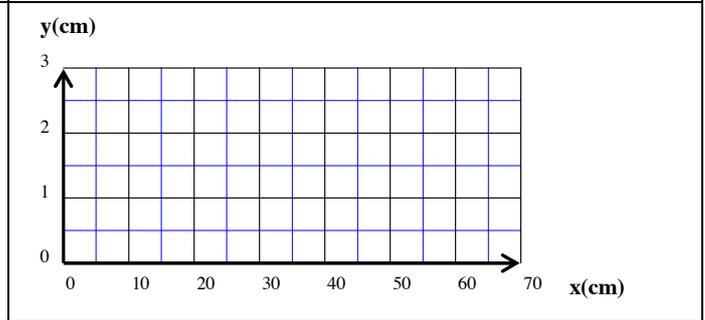
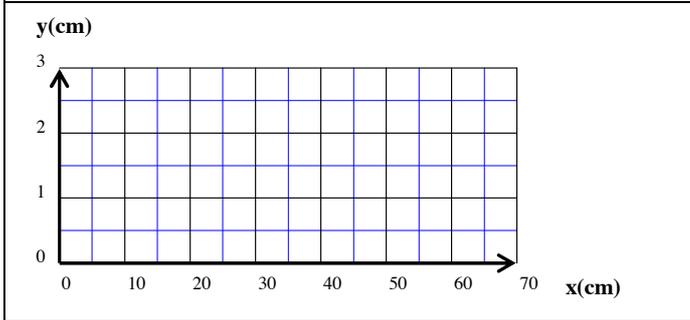
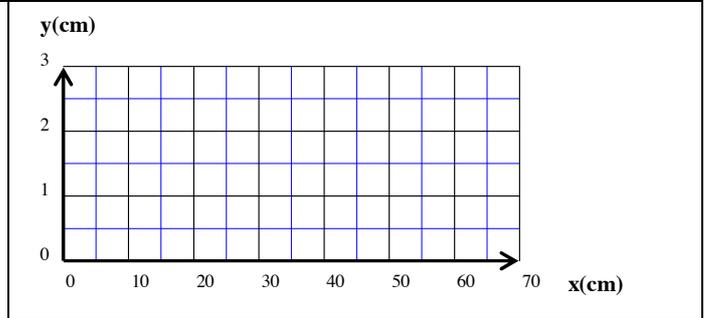
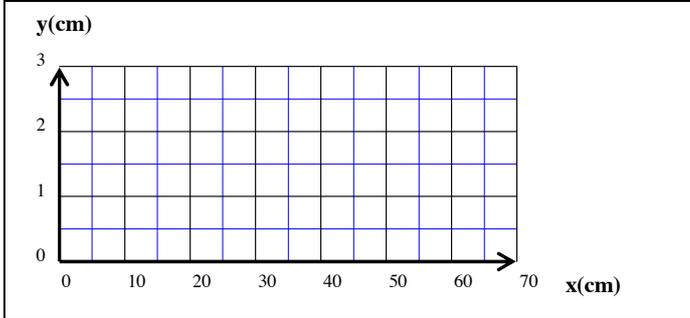
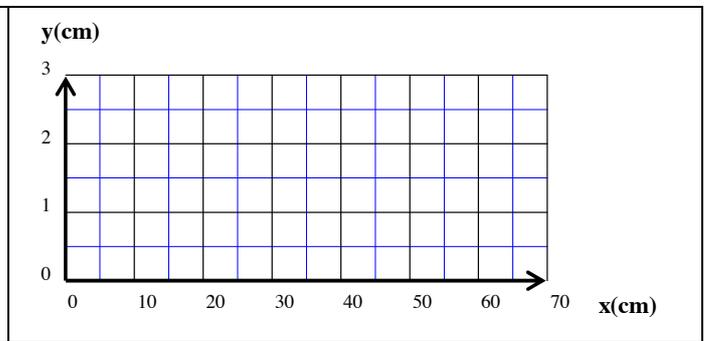
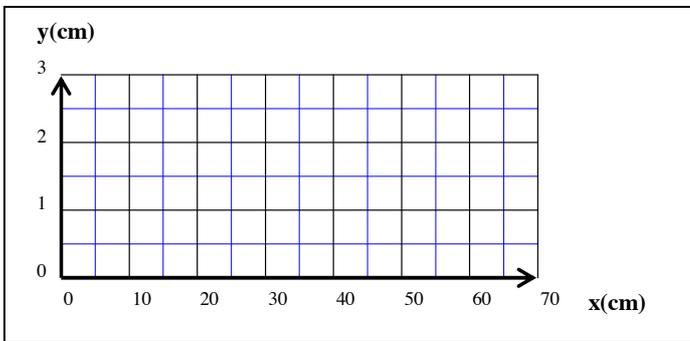
Vérifier l'homogénéité de cette relation. Calculer la

valeur de la célérité sachant que la corde a une masse  $m = 500$ g et que la force de tension vaut  $T = 10,0$ N .



3. La variation de l'élongation du point  $S_1$  au cours du temps est représentée ci-contre.

- a. Quelle est la longueur  $\ell$  de corde affectée par la perturbation ?
- b. Représenter l'aspect de la corde aux dates suivantes : 0,010 s ; 0,020s ; 0,030 s ; 0,040s ; 0,050 s ; 0,060 s (l'amortissement est supposé négligeable).



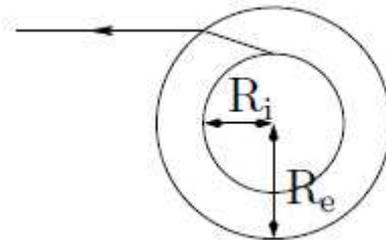
## OPTIQUE

### Opt 1. Sherlock

Une lentille marquée +5 dioptries donne une image renversée agrandie 4 fois d'un objet lumineux réel. Où sont l'objet et l'image ?

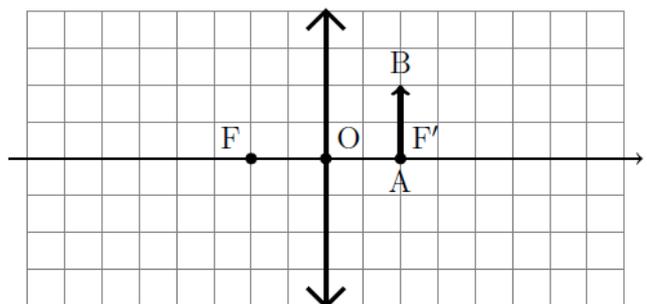
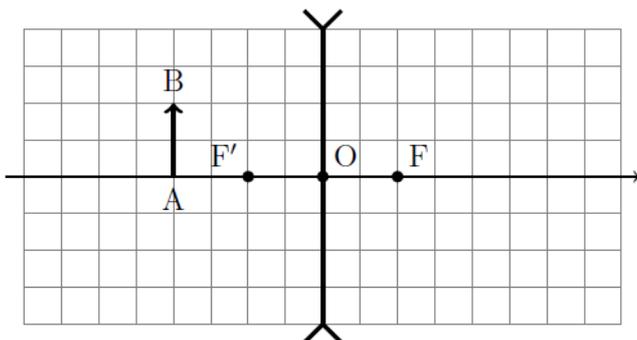
### Opt 2. Tube à essai

Lorsque l'on regarde un tube à essai rempli de liquide coloré, on ne « voit » pas l'épaisseur du verre : le liquide coloré semble occuper la totalité du cylindre. En revanche, ce n'est pas le cas pour un thermomètre. Soient  $R_e$  et  $R_i$  les rayons externes et internes du cylindre de verre d'indice  $n = 1,50$ . Chercher la valeur de  $R_i$  pour que le phénomène ait lieu.

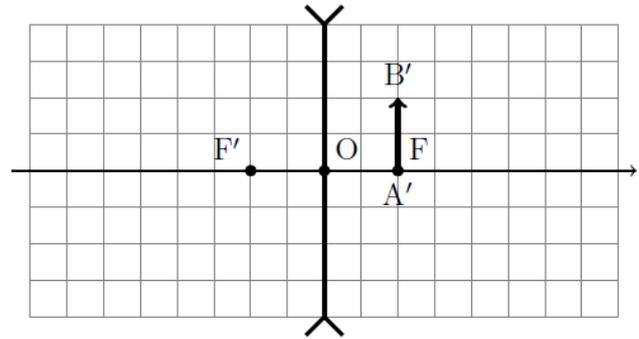
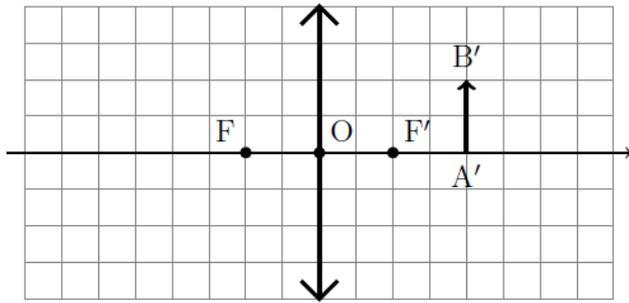


### Opt 3. Rayons à tracer

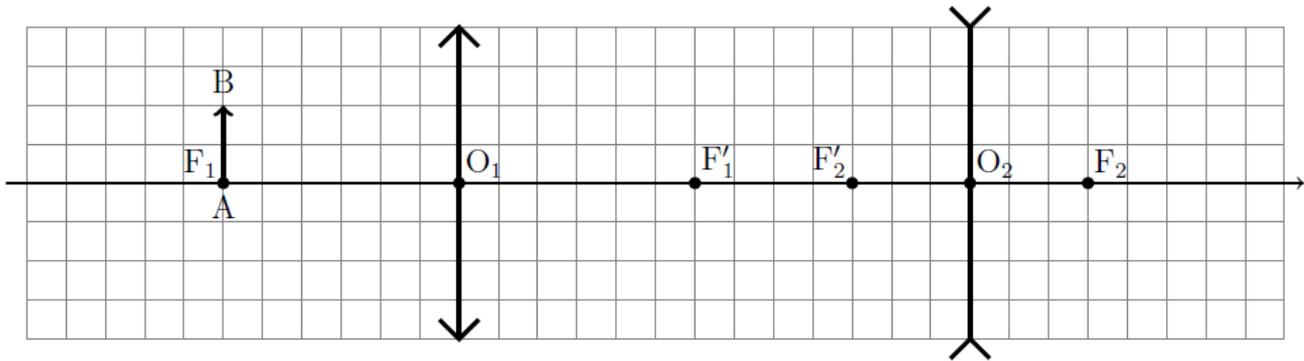
Trouver les positions des images  $A'B'$  correspondant aux objets  $AB$  tracés.



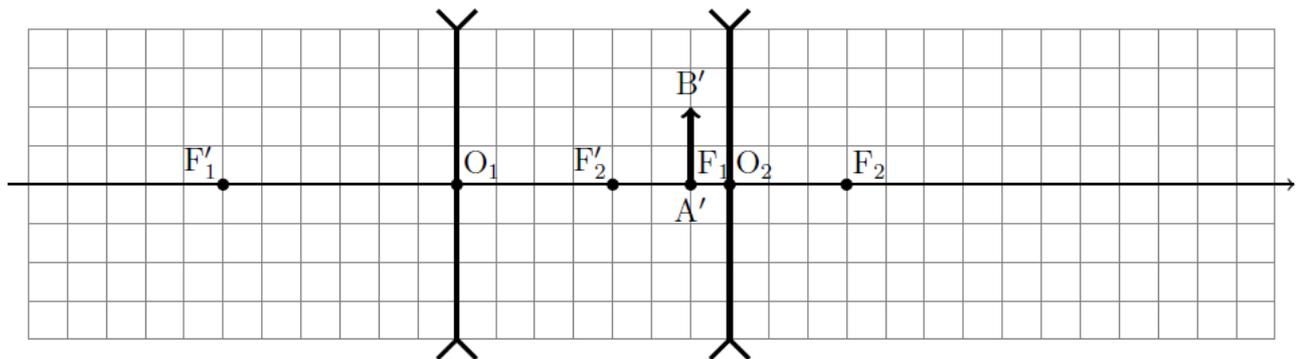
Trouver les positions des objets AB à l'origine des images A'B' dessinées.



Trouver la position de l'image finale A'B' obtenue à partir de l'objet AB fourni.



Trouver la position de l'objet AB à l'origine de l'image finale A'B' dessinée.



#### Opt 4. Lunette de Galilée

Une lunette de Galilée comprend :

- Un objectif assimilable à une lentille mince ( $L_1$ ), de centre  $O_1$  et de vergence  $V_1 = +5 \text{ } \delta$
- Un oculaire assimilable à une lentille mince ( $L_2$ ), de centre  $O_2$  et de vergence  $V_2 = -20 \text{ } \delta$

1. Déterminer la nature et les valeurs des distances focales images  $f'_1$  et  $f'_2$  des lentilles

2. La lunette est du type afocal :

(a) Préciser la position relative des deux lentilles, la valeur de la distance  $d = O_1O_2$  et l'intérêt d'une lunette afocale.

(b) Dessiner, dans les conditions de Gauss, la marche d'un rayon lumineux incident, issu d'un point objet à l'infini, faisant  $\theta$  avec l'axe optique et émergent sous l'angle  $\theta'$ .

(c) En déduire le grossissement de cette lunette en fonction des angles  $\theta$  et  $\theta'$ , puis des distances focales  $f'_1$  et  $f'_2$ . Valeur du grossissement ?

3. Un astronome amateur utilise cette lunette, normalement adaptée à la vision d'objets terrestres, pour observer deux cratères lunaires : Copernic (diamètre 96 km) et Clavius (diamètre : 240 km). On rappelle que la distance Terre-Lune est de 380 000 km.

(a) L'astronome voit-il ces deux cratères lunaires : À l'œil nu ? (acuité visuelle :  $3 \cdot 10^{-4}$  rad). À l'aide de cette lunette ? Justifier vos réponses.

(b) La planète Vénus, de 12 150 km de diamètre, occultera Jupiter (de diamètre 145 800 km) le 22 novembre 2065. L'occultation sera-t-elle visible à l'œil nu ? En utilisant la lunette ? Dans cette configuration, la distance Terre-Vénus sera  $D_{TV} = 45 \cdot 10^6$  km.

## ELECTROCINETIQUE

On se propose à travers ces quatre petits exercices n'utilisant qu'un circuit RC de base de réviser les points fondamentaux du programme de MPSI et PCSI de première année. On veillera à la qualité de la rédaction et de la langue dans la résolution des exercices. L'exercice 3 est difficile et demande beaucoup de recul physique et mathématique. « **Mal nommer les choses, c'est ajouter au malheur de monde** » **Albert Camus**

### Elec 1. Réponse indicielle d'un circuit RC.

1) Rappeler les ordres de grandeurs des résistors et des capacités utilisées en TP.

2) Rappeler le mode d'utilisation d'une boîte de résistor AOIP. Dans quelles types de situations sont elles utilisées. Dans quelles situations utilise-t-on des condensateurs électrochimiques ? Quels en sont les avantages et les inconvénients.

3) On considère désormais le circuit RC suivant :

Le condensateur est initialement déchargé c'est-à-dire que ses armatures sont déchargées. A  $t=0$ , l'interrupteur est mis sur la position de la figure ci contre. On a  $R = 1\text{k}\Omega$ .  $U_0$  est un générateur de force électromotrice constante de valeur 10V C est une boîte de condensateur du laboratoire.

Dans toute la suite du problème, on prendra  $U_0 = 10\text{ V}$ .

a) Montrer que  $U_c(t)$  vérifie une équation du type :

$$\tau \frac{dU_c(t)}{dt} + U_c(t) = U_0.$$

b) Résoudre cette équation différentielle et préciser la signification physique de  $\tau$ . A partir de quelle date peut-on considérer que le condensateur est chargé à 99%? Quelle est l'énergie stockée dans le condensateur ? En donner un équivalent mécanique simple.

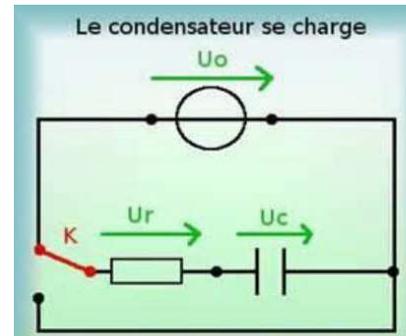
c) On fait en TP une acquisition à l'aide de LATIS PRO en ajustant  $\tau$  à 1ms. Quelle est dans ce cas la valeur de la capacité du condensateur? Quel doit être typiquement le temps d'acquisition ? Faire un dessin du montage.

d) Dans certains « mauvais » manuels, on voit écrit : « le condensateur est chargé au bout d'un temps très long » ou « le condensateur est chargé au bout de  $5\tau$  ». Comment pourrait-on améliorer ces deux phrases ? Laquelle vous semble la plus juste ?

4) Le condensateur étant chargé, on déconnecte le circuit du générateur en changeant la position de l'interrupteur. Déterminer alors la tension  $U_c(t)$  aux bornes du condensateur et le courant qui le traverse en convention récepteur.

5) Tracer le graphe de  $\frac{dU_c(t)}{dt}$  en fonction de  $U_c(t)$  lors de la charge et de la décharge. Ce graphe est appelé portrait de phase.

6) Le régime permanent dans ce cas est appelé régime permanent continu. A quelle figure géométrique se résume-t-il dans le diagramme de phase?



### Elec 2. Réponse d'un circuit RC à un créneau.

1) Le condensateur étant à nouveau déchargé, on remplace le générateur constant par un générateur variable d'amplitude  $E(t)$  dépendant du temps. Dans un premier temps, on alimente le circuit par un

créneau UNIQUE d'amplitude  $U_0$  et de durée  $T$ . On a donc  $E(t) = U_0$  pour  $0 < t < T$  et  $E(t) = 0$  sinon. Dessiner l'amplitude du créneau en fonction du temps.

Déterminer l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes du condensateur. On distinguera soigneusement l'intervalle  $[0, T]$  de l'intervalle  $[T, +\infty[$ .

2) Pour quelle raison PHYSIQUE la tension est continue en  $t = T$  ?

3) En déduire la solution par morceau du problème et dresser le portrait de phase.

4) Faire le graphe de la tension aux bornes du condensateur en fonction du temps en fonction du paramètre adimensionné  $a = \frac{T}{\tau}$ . On représentera en particulier les cas où  $a \ll 1$  et  $a \gg 1$ . On commentera

PHYSIQUEMENT le résultat.

### **Elec 3. Réponse d'un circuit RC à un créneau périodique de période T.**

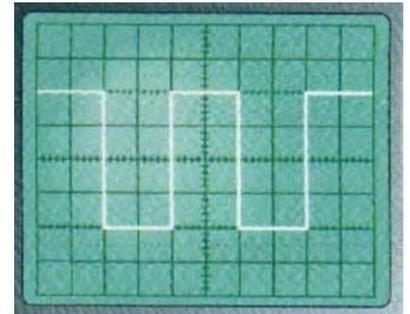
Le générateur  $E(t)$  est maintenant un générateur créneau d'amplitude minimale NULLE et d'amplitude maximale  $U_0$ . On note  $T$  la période du signal.

1) Représenter  $U_0$  sur cet oscillogramme. Quelle est la sensibilité verticale en tension ?

2) Quelle est la valeur moyenne de ce signal en fonction de  $U_0$ .

3) De manière triviale, l'équation différentielle vérifiée par ce circuit est :

$$\tau \frac{dU_c(t)}{dt} + U_c(t) = E(t).$$



Quelle est la durée typique du régime transitoire ? Le verra-t-on sur un oscilloscope classique ? Qu'en serait il pour un phénomène mécanique du premier ordre ? d'un phénomène thermique (Refroidissement d'une enceinte) ? Donner alors les ordres de grandeurs des constantes de temps.

**Nb On pourra effectuer une étude documentaire.**

4) On se place en **régime permanent périodique (RPP)** aux bornes du condensateur. Préciser ce que cela veut dire. Montrer qu'en RPP la moyenne de la tension aux bornes du condensateur est égale à la moyenne de  $E(t)$  sur une période.

5) On admet que le RPP est une fonction périodique de période  $T$ , correspondant à une « oscillation » entre une valeur  $V_{\max}$  et une valeur  $V_{\min}$ . Dessiner sur un même graphe et **sans aucun calcul**, l'allure de  $U_c(t)$  et  $E(t)$  en **RPP**.

6) Justifier physiquement que  $V_{\max}$  et  $V_{\min}$  ne sont fonctions que de  $U_0$  et du rapport adimensionné  $a = \frac{T}{\tau}$ .

7) Préciser notamment **sans aucun calcul** l'allure de  $U_c(t)$  lorsque  $a \ll 1$  et  $a \gg 1$ .

8) On peut voir écrit dans des livres de TP que si, on visualise un régime transitoire de charge du condensateur. Qu'en pensez-vous ?

9) Calculer maintenant rigoureusement  $V_{\max}$  et  $V_{\min}$ , on pourra pour faciliter les 2 ou 3 lignes de calcul

poser  $\alpha = \exp\left(-\frac{a}{2}\right)$ . On exprimera le rapport  $\frac{V_{\max}}{U_0}$  et  $\frac{V_{\min}}{U_0}$  en fonction de  $\alpha$ .

10) Quand  $a \ll 1$ , le signal est quasi triangulaire périodique. Quelle opération mathématique simple lie le créneau périodique et le signal triangulaire périodique. Sur quelle valeur de tension est alors centré le triangle ? Justifier.

11) Faire le portrait de phase en RPP de ce circuit. Comment définiriez vous à partir d'un portrait de phase, l'existence dans un système physique d'un RPP.

12) Proposer un montage permettant de visualiser ce portrait de phase sur un oscilloscope ce graphe ? On pourra penser au mode XY et on pourra utiliser un transformateur d'isolement, c'est-à-dire où le rapport primaire/ secondaire vaut 1.

#### **Elec 4 Réponse d'un circuit RC à un signal sinusoïdal.**

On remplace maintenant le générateur de tension crête à crête par un générateur sinusoïdal d'amplitude  $U_0$ , de fréquence  $f$  du type :  $E(t) = U_0 \cos(2\pi ft)$

- 1) Déterminer la fonction de transfert  $\underline{T} = \frac{U_c}{E}$  de ce circuit considéré comme un filtre en prenant comme signal de sortie la tension aux bornes de  $C$ . Comment appelle-t-on dans ce cas le RPP.
- 2) Montrer sans calcul qu'il s'agit d'un filtre passe bas du premier ordre.
- 3) Faire le diagramme de Bode en phase et en amplitude. On déterminera au préalable la fréquence de coupure  $f_c$  du filtre qu'on aura proprement défini. Donner sa valeur numérique.
- 4) Montrer par des arguments simples que le circuit est moyenneur et intégrateur si  $f \gg f_c$ . Quel lien faites-vous avec l'exercice précédent?
- 5) On suppose maintenant que  $E(t) = U_0 + U_0 \cos(20\pi f_c t) + U_0 \cos(200\pi f_c t)$ . En utilisant votre diagramme de Bode, donner « à la louche », la tension réelle  $U_c(t)$ . Le faire ensuite de manière rigoureuse. Faire le spectre de la tension d'entrée et celle de sortie (aux bornes du condo). Expliquer.
- 6) Le signal est dans le cas vu précédemment quasiment continu. Définir un paramètre physique adimensionné qui définirait le taux d'ondulation autour de la moyenne du signal aux bornes de  $C$ . Le calculer.
- 7) Ce montage pourrait-il servir d'onduleur ? Argumenter votre réponse.

### **MECANIQUE**

#### **Mec 1. Relation fondamentale de la dynamique et énergie**

**A-** Une voiture de masse  $m = 1000$  kg descend une route de pente 10% à la vitesse constante de 90 km/h.

- 1) Faire un schéma avec toutes les forces mises en jeu.
- 2) En négligeant les frottements de l'air, quelle force doit exercer la route sur la voiture par l'intermédiaire des pneus ?

**B-** La voiture freine: elle passe de 90 km/h à 0 en 5 secondes.

- 1) En supposant que le freinage se fait à accélération constante, quelle est la distance parcourue pendant ce temps.
- 2) En déduire la hauteur de chute de la voiture. Que vaut alors le travail du poids lors du freinage ?
- 3) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, que vaut le travail des forces de frottements lors de ce freinage.

**C-** La voiture monte la même route à la vitesse constante de 90 km/h. Que vaut la puissance du moteur ?

#### **Mec 2. Mouvement de particules chargées**

Deux grilles de mêmes dimensions sont espacées d'une distance  $d = 10$  cm. Une différence de potentiel  $U = 100$  V est appliquée entre ces deux grilles. Des ions argent ( $I$ ) ( $= Ag^+$ ) sont émis par un four au niveau d'une des grilles avec une vitesse très faible.

- 1) Faire un schéma de la situation. Dans quel sens doit-on polariser les grilles pour que les ions soient accélérer ?
- 2) En appliquant un théorème de la mécanique, exprimer alors la vitesse des ions à la sortie du dispositif en fonction de la tension  $U$ .
- 3) Une fois sortis du système de grilles, les ions pénètrent dans une chambre vide où règne un champ magnétique  $\mathbf{B}$  uniforme et constant.
  - a) Comment réalise-t-on un tel champ magnétique.

- b) Montrer que la norme de la vitesse des ions sera constante dans la chambre magnétique.
- c) Retrouver simplement l'expression du rayon de courbure de la trajectoire d'un ion dans un champ magnétique.
- d) Les ions argent n'ont pas tous la même masse : pourquoi ? Comment peut-on les « peser » avec le dispositif décrit ici ?

### **Mec 3. Moment cinétique et solide en rotation**

Une équerre d'étagère en forme de L est formée de deux parties orthogonales : la première de masse  $m$  et de longueur  $L$  formant la base du L et la seconde, de masse  $2m$  et de longueur  $2L$ .

On appelle  $O$  le point commun entre les deux bras du L. Cette équerre est posée au niveau de  $O$  sur un axe horizontal. Tous les frottements sont négligés.

1) Faire un schéma de la situation.

2) A l'équilibre, le L est renversé : on appelle  $\alpha_{eq}$  l'angle que fait le grand côté du L avec la verticale. Que vaut cet angle ?

3) A partir de la position d'équilibre, on applique une petite « pichenette » au L : celui-ci va se mettre à osciller légèrement à une fréquence propre que l'on déterminera. On donne  $J_z = mL^2/3$  le moment d'inertie d'une tige homogène de longueur  $L$  et de masse  $m$  par rapport à un axe ( $Oz$ ) passant par une des extrémités de la tige, et orthogonale à cette dernière.

4) On fait tourner l'équerre autour du point  $O$  à la vitesse angulaire  $\omega$  : que vaut l'énergie cinétique de l'équerre dans le référentiel du laboratoire ?

### **Mec 4. Force centrale de gravitation**

Un satellite est en orbite circulaire basse d'altitude  $h = 200$  km autour de la Terre. Ce satellite est utilisé pour surveiller la calotte glaciaire du Groënland.

1) Dans quel référentiel travaille-t-on ?

2) Faire un schéma de la situation.

3) Montrer que le mouvement est plan et que la vitesse est constante.

4) Quelle est la période de révolution de ce satellite ? On donne l'accélération de la pesanteur  $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup> et  $R_T = 6400$  km (rayon de la Terre)

5) Le satellite est frappé par une petite météorite de telle sorte que le vecteur vitesse à un instant donné est inchangé en direction mais modifié en norme : la nouvelle vitesse juste après le choc vaut 0,9 fois la vitesse juste avant. La distance du satellite par rapport à la Terre juste après le choc est peu modifiée par rapport à sa valeur juste avant le choc. Est-ce que le satellite risque de s'écraser sur Terre ?

## **THERMODYNAMIQUE**

### **Ther 1. La pression de l'air dans l'atmosphère et de l'eau dans l'océan. (PCSI uniquement)**

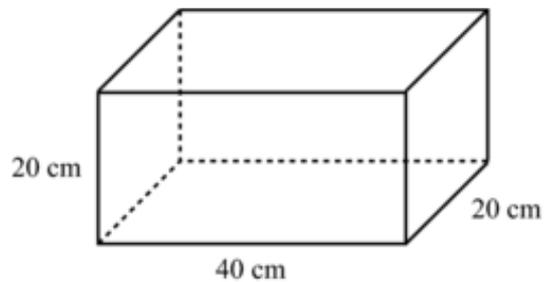
Le but de cet exercice est de comparer les pressions à une altitude de 1000m (dans l'air) et une profondeur de 1000m dans l'océan, le tout dans le champ de pesanteur constant d'accélération  $g = 9,8$  m.s<sup>-2</sup>. On assimilera dans un premier temps l'air à un gaz parfait diatomique de masse volumique  $\mu_{air} = 1,2$  kg.m<sup>-3</sup> et l'eau de mer à un liquide incompressible de masse volumique  $\mu_{eau} = 1,0 \cdot 10^3$  kg.m<sup>-3</sup>. On supposera de plus les températures de l'air et de l'eau uniformes et égales à 16°C.

a) Déterminer à partir de la relation fondamentale de la statique des fluides les expressions littérales des pressions souhaitées. Faire l'application numérique.

b) Justifier que la seule différence de valeurs numériques de la masse volumique ne suffit pas d'expliquer la différence des valeurs obtenues. Conclure en cherchant toutes les origines de la différence observée.

### **Ther 2. Force de pression au niveau d'un récipient parallélépipédique**

Dans cet exercice on s'intéresse à l'évolution de la force résultante sur une paroi d'un récipient parallélépipédique en fonction du volume d'eau versé. On verse un volume  $V$  (en L) dans ce récipient et aimerait savoir quelle est la force résultante sur la face avant (de dimensions  $40\text{cm} \times 20\text{cm}$ ) en fonction du volume d'eau versé.



A partir de la relation fondamentale de la statique des fluides, déterminer la pression dans l'eau en fonction de l'altitude  $z$  et du volume  $V$  versé, puis à partir de l'expression de la force de pression sur une surface  $dS$  l'intégrer pour avoir la force de pression résultante. Afficher le graphe  $F(V)$ .

### Ther 3. Amortisseur à air

Dans un amortisseur à air, l'air contenu dans l'amortisseur est comprimé par l'enfoncement d'un piston dans un cylindre contenant initialement  $400\text{mL}$  d'air à  $1,0\text{bar}$  et  $20^\circ\text{C}$ . L'amortisseur doit absorber une certaine énergie cinétique en  $5\text{ms}$ . On suppose que l'air se comporte comme un gaz parfait diatomique. On constate que la pression de l'air monte à  $20,0\text{bar}$  lors de la transformation.

- Exprimer la capacité calorifique à volume constant  $C_{v,mol}$  d'un gaz parfait en fonction de  $n$ ,  $R$  et  $\gamma$ .
- Justifier que la transformation de l'air dans le piston peut être considéré comme adiabatique.
- Dans l'hypothèse que la transformation est aussi réversible, déterminer la température finale du gaz puis la valeur de l'énergie cinétique absorbée.
- Dans l'hypothèse que la transformation n'est pas réversible, justifier en utilisant l'expression de l'entropie d'un gaz parfait que la température finale sera supérieure à la température finale dans le cas adiabatique et réversible. Est-ce que l'énergie cinétique absorbée est alors supérieure ou inférieure à celle du cas adiabatique et réversible ?

Expression de l'entropie d'un gaz parfait : 
$$S(T, V) = S(T_0, V_0) + nC_{v,mol} \ln\left(\frac{T}{T_0}\right) + nR \ln\left(\frac{V}{V_0}\right)$$

### Ther 4. Détente dans une turbine de centrale nucléaire

Le but de cet exercice est de déterminer de deux manières différentes le travail massique fourni lors de la détente de vapeur d'eau saturante dans la turbine d'une machine à vapeur : Cette détente est suffisamment rapide pour que les transferts thermiques n'aient pas le temps d'être quantitatifs : nous supposons donc la détente adiabatique. Pour simplifier, nous la supposons aussi réversible, ce qui suppose notamment que les frottements sont négligeables.

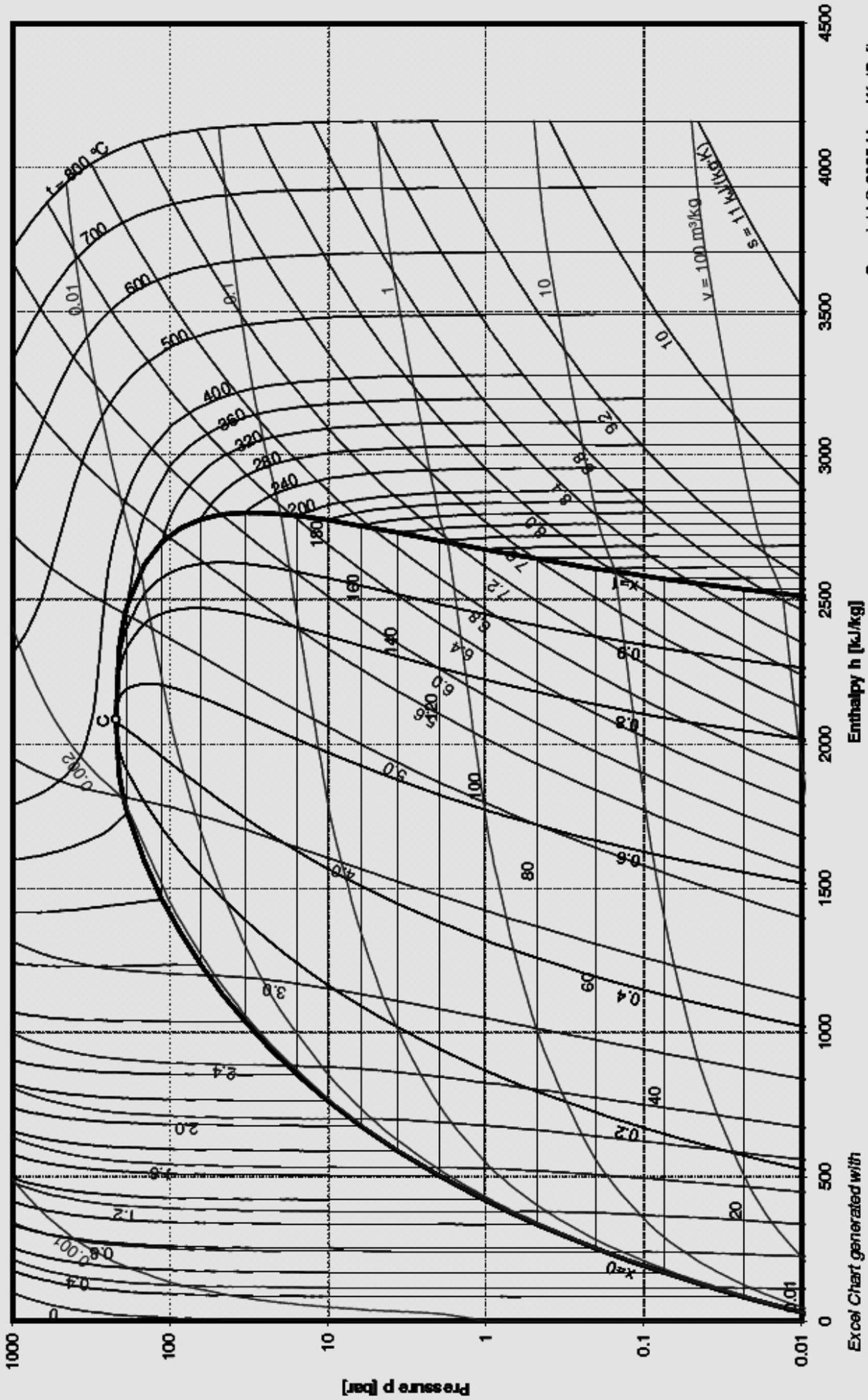
L'état initial I correspond à une vapeur saturante ( $x_{v1} = 1$ ) à la température  $T_1 = 485\text{K}$  (à la pression  $P_1 = f(T_1) = 20\text{bar}$ ). L'état final F correspond à un mélange liquide-vapeur à la température  $T_2 = 373\text{K}$  (à la pression  $P_2 = f(T_2) = 1\text{bar}$ ).

Calculer le titre en vapeur  $x_{v2}$  dans l'état final puis le travail massique utile  $w_u$  récupéré au niveau de la turbine. On utilisera pour cela le premier principe pour les écoulements stationnaires :  $\Delta h = w_u + q$

- En utilisant le diagramme  $P-h$  joint
- En utilisant uniquement les données sélectives suivantes : chaleur latente de vaporisation à  $373\text{K}$  :  $L_{373} = 2257\text{kJ/kg}$  ; chaleur latente de vaporisation à  $485\text{K}$  :  $L_{485} = 1900\text{kJ/kg}$  ; capacité calorifique de l'eau liquide  $c = 4,1\text{kJ/(kgK)}$  supposée indépendante de la température.

# Diagramme P-h de l'eau

logP-H diagram



Excel Chart generated with  
Steam97 Excel Add-In

Copyright © 2005 MegaWatSoft

### Ther 5. Rendement d'un moteur

Dans un moteur à deux temps, le cycle effectué par le fluide peut être modélisé par trois phases : isobare – isochore – isentropique. On donne le rapport entre les pressions à la fin et au début de l'isochore :  $a = 5$ . Le fluide est assimilé à l'air se comportant comme un gaz parfait diatomique de coefficient  $\gamma = 1,4$  ; lors de l'isobare la pression est de 1,0 bar et au début de l'isochore la température est de 20°C.

a) Expliquer le fonctionnement du moteur en précisant ce que « font » les différentes phases.

b) Tracer le cycle dans le diagramme de Clapeyron.

Définir le rendement du moteur puis le déterminer en fonction de  $a$  et  $\gamma$  si l'on suppose que le fluide se comporte comme un gaz parfait, que le système est fermé et que les transformations sont réversibles.

d) Comparer le rendement de ce moteur à celui de Carnot où la température de la source chaude est la température la plus élevée du cycle et la température de la source froide la plus faible du cycle.

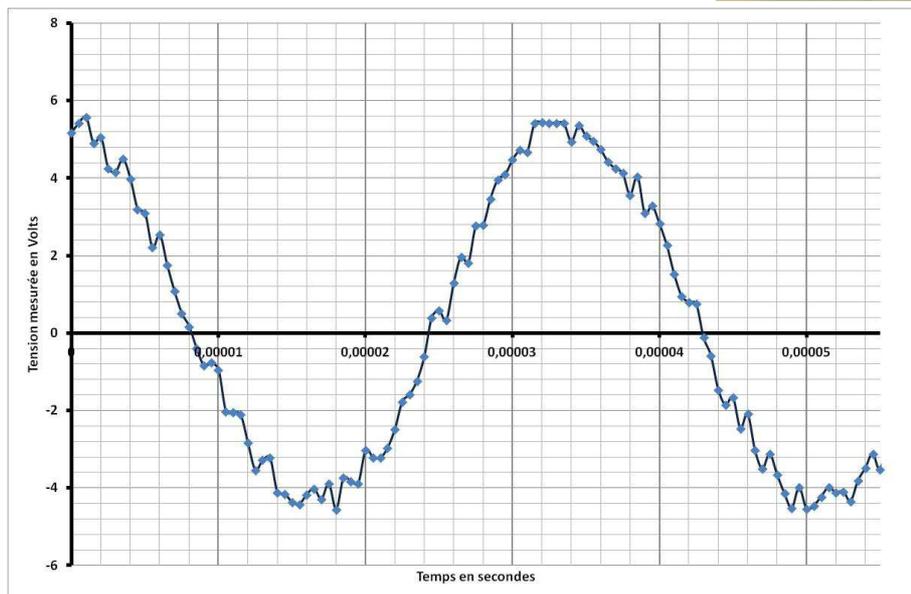
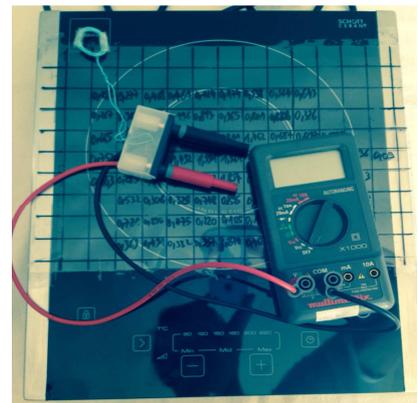
## INDUCTION

### Ind 1. Bobine sur plaque à induction

On place une petite bobine comportant 10 spires sur une plaque à induction. Le diamètre d'une spire est de 3 cm

Le graphe de la tension mesurée aux bornes de la bobine est indiqué ci dessous, lorsque la spire est placée à plat au centre de la plaque à induction.

Que pouvez-vous déduire de cette expérience?



### Ind 2. Carte d'accès

Une carte permet de commander à distance la barrière d'accès d'un parking. L'antenne de la barrière est une boucle de courant de rayon 5 cm qui comporte 200 tours et qui est alimentée par un courant alternatif d'amplitude 2,5 A. Elle émet régulièrement un train d'ondes à la fréquence de 400 Mhz. La carte d'accès, de la taille d'une carte de crédit (5 cm par 8 cm), comporte une boucle de 200 tours de fils. L'antenne crée un champ magnétique qui induit dans la carte une tension électromotrice. Celle-ci alimente un circuit qui réémet une onde modulée selon un code qui est spécifique à la carte.

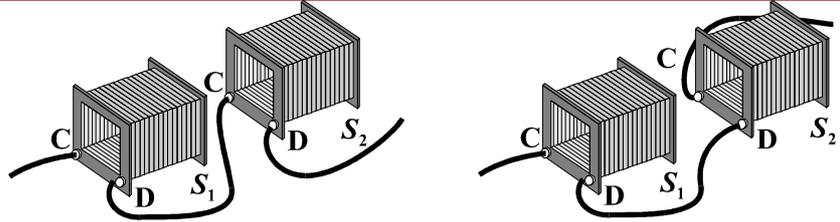
(a) La carte est présentée dans l'axe de l'antenne, à une distance de 80 cm. Calculer la valeur du champ magnétique au centre de la carte. On donne le champ magnétique d'axe Oz créé par une spire de rayon R à une distance d de son centre  $B_z = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{[R^2 + d^2]^{\frac{3}{2}}}$ .

$$B_z = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{[R^2 + d^2]^{\frac{3}{2}}}$$

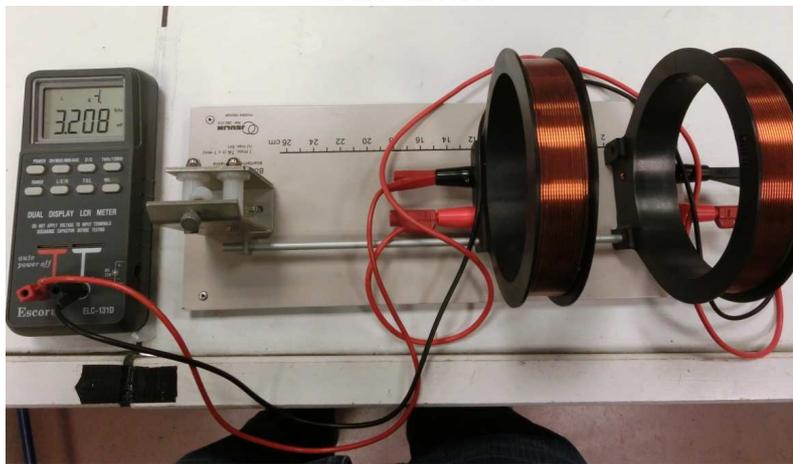
(b) Quelle est la tension électromotrice induite dans la boucle de la carte en fonction de l'angle formé par l'axe de l'antenne et la normale à la surface de la carte ?

**Ind 3. Mutuelle de deux bobines de Helmholtz**

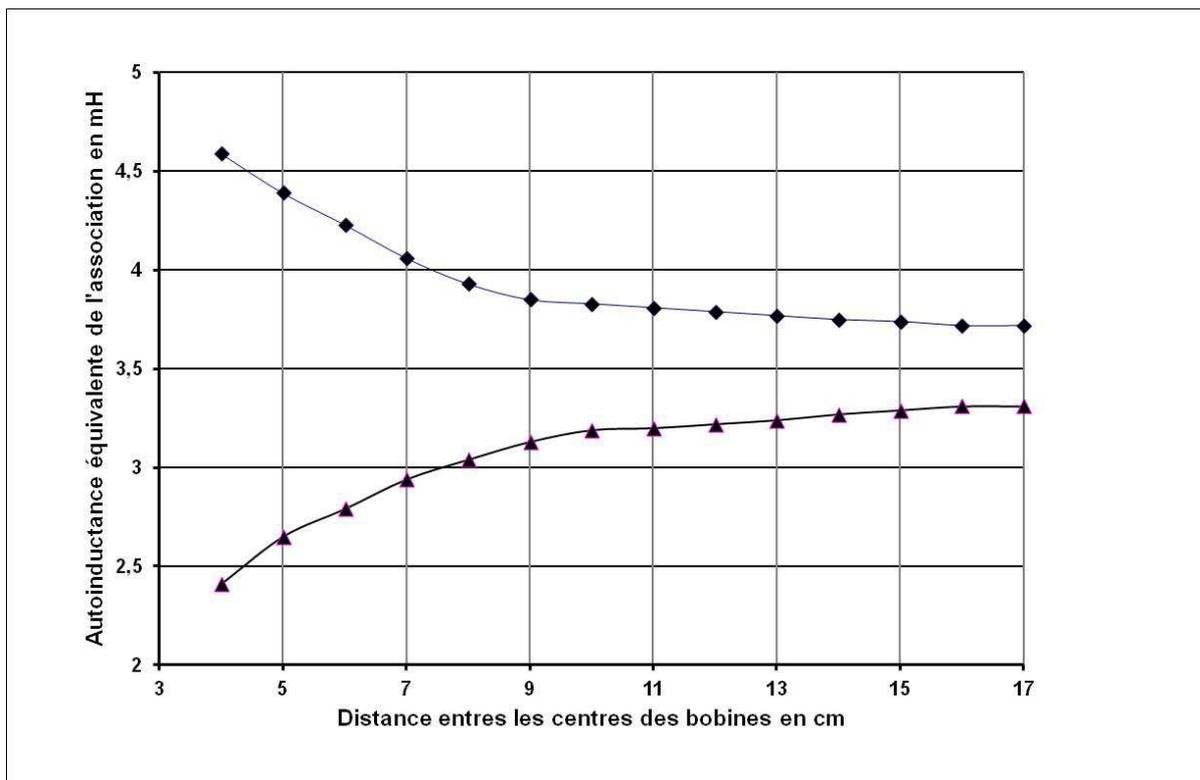
On considère deux bobines identiques d'inductance propre  $L_1 = L_2 = L$ . L'inductance  $L_{eq}$  de l'association de ces deux bobines dépend de la distance qui les sépare et de leur sens de branchement.



**Exemple de branchement et mesure de l'inductance avec un LC-mètre.**

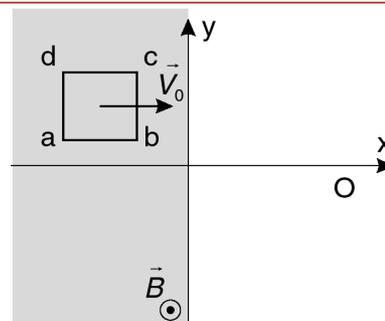


Le graphe donnant l'évolution de  $L_{eq}$  en fonction de la distance  $d = O_1O_2$  entre les centres des bobines est indiqué ci-dessous pour les deux branchements possibles. Déterminez l'inductance propre L et l'inductance mutuelle M de deux bobines de Helmholtz pour une distance  $d = O_1O_2 = 7 \text{ cm}$ .



#### Ind 4. Entrée d'un cadre dans une zone de champ magnétique

Un cadre rigide  $abcd$ , carré de côté  $r$ , de masse  $m$ , de résistance électrique  $R$  peut glisser sans frottements mécaniques sur un plan horizontal  $Oxy$ . Dans le domaine  $x < 0$ , il règne un champ magnétique vertical  $\vec{B} = B\vec{e}_z$ . Pour  $x > 0$ ,  $\vec{B}$  est nul. On note  $t = 0$ , l'instant où le segment  $bc$  atteint la position  $x = 0$ . La vitesse du cadre à cette date est  $V_0\vec{e}_x$ .



1. Montrer rapidement que pour  $t < 0$ , le mouvement est uniforme
2. On se place pour  $t > 0$ , mais le cadre reste partiellement immergé dans la zone de champ magnétique : le segment  $ad$  n'a pas atteint la cote  $x = 0$ . Calculer l'intensité du courant induit. Préciser le sens sur un schéma.
3. En déduire la force de Laplace qui s'exerce sur le cadre.
4. Exprimer la vitesse du cadre tant que le cadre n'est pas totalement sorti de la zone de champ magnétique.
5. Montrer que si le champ magnétique est suffisamment intense, le cadre ne parviendra pas totalement dans la zone  $x > 0$ .
6. Faire un bilan énergétique du processus dans ce cas.

## CHIMIE

### Ch1. Cinétique :

**Compétences évaluées :** Utiliser les appareils de mesure (pH, conductance, absorbance) en s'aidant d'une notice.

Établir une loi de vitesse à partir du suivi temporel d'une grandeur physique. Mettre en œuvre une méthode de suivi temporel. Exprimer la loi de vitesse si la réaction chimique admet un ordre (0,1 ou 2) et déterminer la valeur de la constante cinétique à une température donnée. Exploiter les résultats d'un suivi temporel de concentration pour déterminer les caractéristiques cinétiques d'une réaction. Proposer et mettre en œuvre des conditions expérimentales permettant la simplification de la loi de vitesse. Approche documentaire : à partir de documents, découvrir la notion de mécanismes réactionnels.

La cinétique est suivie à l'aide d'un spectrophotomètre.

1. Que représente l'absorbance ?

Rappeler la loi de Beer-Lambert qui relie l'absorbance  $A$  d'une espèce à sa concentration et expliquer comment on procède pour la vérifier expérimentalement.

2. On étudie une réaction totale :  $R \rightarrow P$  en mesurant l'absorbance  $A$  de la solution, proportionnelle aux concentrations des espèces en solution :  $A = A_s + \varepsilon_R(\lambda)\ell[R] + \varepsilon_P(\lambda)\ell[P]$ .  $A_s$  est la valeur de  $A$  pour le solvant pur,  $\ell$  la longueur de la cuve et  $\varepsilon_R \neq \varepsilon_P$ . A  $t=0$ ,  $[R]_0 = C_0$  et  $[P]_0 = 0$ .

2.1 La cinétique est d'ordre 1 par rapport à  $R$ , de constante de vitesse  $k$ . Etablir la loi  $[R](t)$ .

- 2.2. En déduire que  $\ln\left(\frac{A(t) - A_\infty}{A_0 - A_\infty}\right) = -kt$  où on note  $A(t)$ ,  $A_0$ ,  $A_\infty$  respectivement les valeurs de  $A$  à l'instant  $t$ , à l'instant initial et quand  $t \rightarrow \infty$ .

3. On étudie la réaction  $FeL + 3H_{aq}^+ \xrightarrow{k} Fe^{3+} + H_3L$  où  $FeL$  est un complexe coloré du fer(III)

Cette écriture peut-elle représenter le mécanisme de la réaction ?

4. On mélange rapidement une solution de  $FeL$  et une solution d'acide afin d'obtenir les concentrations initiales suivantes :  $[FeL]_0 = 10^{-4} mol.L^{-1}$  et  $[H_3O^+]_0 = 0,88 mol.L^{-1}$

On mesure l'absorbance  $A$  de cette solution en fonction du temps pour une longueur d'onde de 400nm. A cette longueur d'onde, seule  $FeL$  a une absorbance notable.

| t(s) | 20     | 50     | 100    | 200    | 1000   |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A    | 0,0661 | 0,0492 | 0,0298 | 0,0108 | 0,0028 |

4.1 Quel est l'ordre observé ? Comment appelle-t-on cette méthode ?

4.2 Expliquez la méthode expérimentale et graphique pour vérifier que l'ordre partiel est 1 par rapport à FeL et en déduire la constante  $k_{app}$ .

4.3 Comment pourrait-on déterminer l'ordre partiel par rapport à  $[H_3O^+]$  ?

## Ch2. Cristallographie:

**Compétences évaluées :** Déterminer la population, la coordinance et la compacité pour une structure fournie.

Déterminer la valeur de la masse volumique d'un matériau cristallisé selon une structure cristalline fournie.

Relier le rayon métallique, covalent, de van der Waals ou ionique, selon le cas, aux paramètres d'une maille donnée.

Le cuivre est un cristal métallique à structure cubique à faces centrées.

1. Dessiner la maille. Quelles sont la population, la coordinance et la compacité.

2. Sachant que la masse volumique est  $8,6 \text{ g.cm}^3$ , déterminer le rayon métallique du cuivre.

3. Le cuivre est-il un bon conducteur ? Justifier.

Dans un cristal métallique à structure cubique à faces centrées, on peut former un alliage d'insertion lorsqu'un atome A peut occuper un des sites tétraédriques de la structure. Ce type d'alliage se rencontre notamment dans le cas de carbures ou d'hydrures (de platine par exemple).

4. Représenter sur un schéma la formation d'un tel alliage. Pourquoi observe-t-on un alliage de ce type lorsque l'atome inséré (carbone, hydrogène) est de rayon assez faible ?

**Données :**  $M(\text{Cu})=63,5 \text{ g.cm}^3$ ,  $N_A = 6,6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

## Ch3. Atomistique et E-pH:

**Compétences évaluées :**

Établir la configuration électronique d'un atome dans son état fondamental (la connaissance des exceptions à la règle de Klechkowski n'est pas exigible). Prévoir la formule des ions monoatomiques d'un élément.

Relier la position d'un élément dans le tableau périodique à la configuration électronique et au nombre d'électrons de valence de l'atome correspondant.. Positionner dans le tableau périodique et reconnaître les métaux et non métaux.

Établir un schéma de Lewis pour une entité donnée. Relier la structure géométrique d'une molécule à l'existence ou non d'un moment dipolaire permanent.. Déterminer direction et sens du vecteur moment dipolaire d'une molécule ou d'une liaison.

Attribuer les différents domaines d'un diagramme fourni à des espèces données. Retrouver la valeur de la pente d'une frontière dans un diagramme potentiel-pH.. Justifier la position d'une frontière verticale. Prévoir une éventuelle dismutation ou médiamutation.

Le numéro atomique du manganèse est  $Z=25$ .

1. Quelle est sa configuration électronique ? A quel groupe appartient-il ? Préciser les électrons de valence ?

2. Quel est l'ion le plus probable ?

On donne ci-contre le diagramme E-pH pour le manganèse, obtenu pour une concentration totale en espèce dissoute :  $C=10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$ .

Les coordonnées des points A, B et C sont les suivantes :

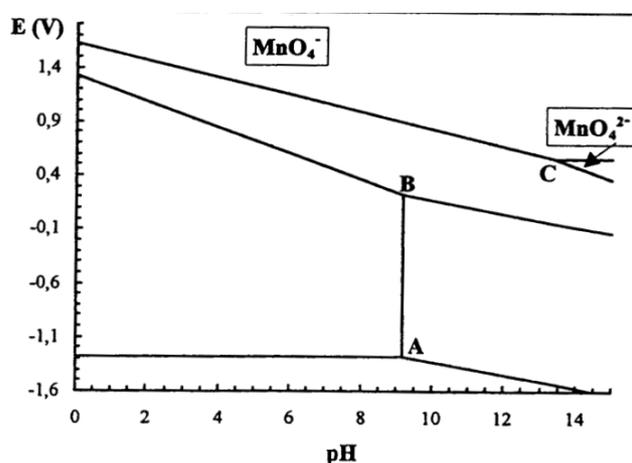
A ( $pH = 9,15, E = -1,28V$ ),

B ( $pH = 9,15, E = 0,22V$ ),

C ( $pH = 13,4, E = -0,56$ )

Les espèces du Mn sont  $MnO_4^-$ ,  $MnO_{2(s)}$ ,  $MnO_4^{2-}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $Mn_{(s)}$ ,  $Mn(OH)_{2(s)}$

3. Donner le nombre d'oxydation de Mn dans  $MnO_4^-$  et  $MnO_4^{2-}$



4. Préciser pour chacun, une structure de Lewis. Les ions ont-ils un moment dipolaire?
5. Indiquer sur le diagramme, les domaines de toutes les espèces et justifier brièvement.
6. Calculer le produit de solubilité de  $Mn(OH)_2$
7. Rechercher la pente de la frontière entre les domaines  $MnO_{2(s)}$  et  $Mn^{2+}$
8. Déterminer le potentiel standard du couple  $MnO_{2(s)}$  et  $Mn^{2+}$
9. Pour un pH inférieur à 13,4, qu'arrive-t-il à  $MnO_4^{2-}$ ? Ecrire la réaction correspondante.

#### Ch4. Dosage du lait :

##### Compétences évaluées :

Pratiquer une démarche expérimentale illustrant les transformations en solutions aqueuses.

Identifier et exploiter la réaction support du titrage (recenser les espèces présentes dans le milieu au cours du titrage, repérer l'équivalence, justifier qualitativement l'allure de la courbe).

Mettre en œuvre un protocole expérimental correspondant à un titrage direct ou indirect.

Exploiter une courbe de titrage pour déterminer la concentration d'une espèce dosée.

Exploiter une courbe de titrage pour déterminer une valeur expérimentale d'une constante thermodynamique d'équilibre.

Procéder à l'évaluation de type B de l'incertitude type dans des cas simples (instruments gradués)

Évaluer l'incertitude-type d'une mesure obtenue à l'issue de la mise en œuvre d'un protocole présentant plusieurs sources d'erreurs indépendantes dans les cas simples d'une expression de la valeur mesurée sous la forme d'une somme, d'une différence, d'un produit ou d'un quotient.

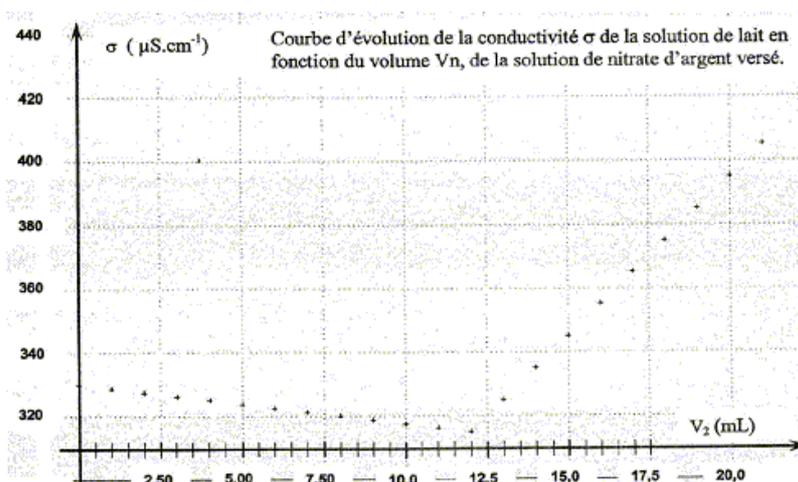
Exprimer le résultat d'une mesure par une valeur et une incertitude associée à un niveau de confiance

On se propose de déterminer les masses en ions chlorure et en acide lactique présents dans un lait.

#### I- Dosage par conductimétrie :

1. On prélève un volume  $V_0 = 20,0$  mL de lait (solution  $S_0$ ) et on les introduit dans une fiole jaugée de volume  $V_S = 100,0$  mL. On complète avec de l'eau distillée et on homogénéise pour obtenir une solution  $S$ , de concentration  $C_S$ . Quel rapport existe entre la concentration  $C_0$  de la solution  $S_0$  et la concentration  $C_S$  de la solution  $S$  ?
2. On verse un volume  $V_1 = (10,0 \pm 0,1)$  mL de la solution  $S$  dans un bécher et on y ajoute environ 250 mL d'eau distillée. Indiquer précisément le protocole à suivre pour prélever 10,0 mL de solution  $S$  (matériel utilisé, manipulations à effectuer).
3. On plonge ensuite dans le bécher une cellule conductimétrique. Initialement et après chaque ajout, mL par mL, d'une solution aqueuse de nitrate d'argent ( $Ag^+_{(aq)} + NO_3^-_{(aq)}$ ) de concentration  $C_2 = (5,00 \pm 0,01) 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$  on détermine la conductivité du milieu réactionnel. Indiquer, sur un schéma annoté, le dispositif expérimental à mettre en place.

Le suivi conductimétrique du dosage permet d'obtenir la courbe d'évolution de la conductivité  $\sigma$  du milieu réactionnel en fonction du volume  $V_2$  de la solution de nitrate d'argent versé. La transformation chimique, rapide, entraîne la formation d'un précipité  $AgCl(s)$ , solide blanc, pratiquement insoluble dans l'eau, qui noircit à la lumière.



4. Ecrire la réaction. Montrer qu'elle est totale.

5. Quelle est l'origine de la conductivité initiale de la solution ?

6. A quoi servent les 250 mL d'eau ?

7. En utilisant les valeurs des conductivités molaires ioniques données ci-dessous, interpréter la variation de la valeur de la conductivité  $\sigma$  du milieu réactionnel au cours du dosage.

À 25°C :  $\lambda_{Cl^-} = 76,3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{S} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $\lambda_{NO_3^-} = 71,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{S} \cdot \text{mol}^{-1}$  ;  $\lambda_{Ag^+} = 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{S} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

8. Déterminer, en utilisant cette courbe, le volume  $V_{2E}$  de solution de nitrate d'argent versé à l'équivalence.

9. En déduire la concentration molaire  $C_S$  en ions chlorure initialement présents dans la solution S, puis celle  $C_0$  dans le lait. Faire un calcul d'incertitude.

10. La masse d'ions chlorure présents dans un litre de lait doit être comprise entre 1,0 g et 2,0 g. Calculer la masse d'ions chlorure présents dans le lait étudié et conclure.

Données :  $pK_s(\text{AgCl})=9,8$ , Masse molaire des ions chlorure :  $M(\text{Cl}^-) = 35,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

## II- Dosage de l'acide lactique :

Un lait frais ne contient pas d'acide lactique. En vieillissant, le lactose présent dans le lait se transforme en acide lactique, noté par la suite HA. On dose l'acide lactique, considéré comme le seul acide présent dans le lait étudié, par une solution d'hydroxyde de sodium :  $\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$  (soude) de concentration  $C_B = (5,00 \pm 0,01) \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . On prélève un volume  $V_A = (20,0 \pm 0,1) \text{ mL}$  de lait que l'on place dans un bécher et on suit l'évolution du pH en fonction du volume  $V_B$  de soude versé.

1. Écrire l'équation de la réaction qui se produit lors du mélange. Quelles caractéristiques doit présenter cette réaction pour être adaptée à un dosage ? Est-ce le cas ici ?

2. Le tracé du graphe représentant l'évolution du pH en fonction du volume de soude versé. En déduire la concentration d'acide lactique présente dans le volume  $V_A$  de lait. Précision.

3. On considère qu'un lait frais a une concentration en acide lactique inférieure à  $1,8 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ . Quelle est la masse d'acide lactique présente dans un litre de lait ? Conclure ?

4. Où lit-on graphiquement  $pK_{A3}$  ? Est-ce toujours le cas ?

Données : couples acide/base :  $\text{HA}_{(aq)}/\text{A}^-_{(aq)}$  :  $pK_{A3} = 3,9$ .

Masse molaire moléculaire de l'acide lactique :  $M(\text{HA}) = 90 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

