

Exercices d'oraux

Table des matières

Sommaire	1
1 Exemples officiels CCP 2017, proposés par le jury du concours	3
1.1 ▶ TSI CCP, exemples officiels 2017, ondes (trombone, VMC)	4
1.2 ▶ TSI CCP, exemples officiels 2017, diagrammes E-pH et piles (accumulateur Pb, pile à combustibles)	6
1.3 ▶ TSI CCP, exemples officiels 2017, transferts thermiques et électronique	8
1.4 ▶ TSI CCP, exemples officiels 2017, thermochimie (synthèse SO ₃)	9
1.5 ▶ TSI CCP, exemples officiels 2017, statique fluides (force sur barrage)	10
1.6 ▶ TSI CCP, exemples officiels 2017, thermodynamique (pompe à chaleur)	11
2 Exemples officiels CCS 2017, proposés par le jury du concours	12
2.1 ▶ TSI CCS, exemples officiels 2017, thermodynamique (cycle Éricsson)	13
2.2 TSI CCS, exemples officiels 2017, optique ondulatoire (exp. Fizeau)	14
2.3 ▶ TSI CCS, exemples officiels 2017, thermochimie (synthèse méthanol)	15
2.4 ▶ TSI CCS, exemples officiels 2017, induction et magnétostatique (pince ampèremétrique)	16
2.5 ▶ TSI CCS, exemples officiels 2017, électronique	18
2.6 ▶ TSI CCS, exemples officiels 2017, optique (identification source)	21
2.7 ▶ TSI CCS, exemples officiels 2017, chimie (autour du mercure)	22

Exemples officiels CCP 2017, proposés par le jury du concours

Préambule du document CCP 2017 et extraits du rapport du jury 2016 :

→ 30' de préparation de l'exercice 1 + 30' de présentation (qui se décomposent en 20' sur l'exercice 1, puis 10' sur un exercice 2 donné en direct)

- L'énoncé de l'exercice 1 est communiqué au candidat dès son entrée dans la salle : **l'intégralité des trente minutes de préparation est consacrée à cet exercice** qui porte sur la chimie ou sur la physique et qui peut comporter des questions d'ordre expérimental et des approches documentaires. Les questions sont en général assez détaillées.

Lors de la présentation, **le candidat expose pendant vingt minutes le travail effectué pendant la préparation.**

- Au bout de 20 minutes de présentation, l'examineur fournit au candidat l'énoncé de l'exercice 2 : **les dix minutes restantes sont consacrées à la résolution de cet exercice** dont l'énoncé est suffisamment court pour être lu en une durée tout à fait raisonnable. Il consiste en une résolution de problème, une approche documentaire ou une approche expérimentale (sans manipulation).

Les candidats disposent d'une calculatrice de type collègue (toute calculatrice personnelle est interdite). Un sujet sur trois porte sur de la chimie, deux sur trois sur de la physique.

1.1 ► TSI CCP, exemples officiels 2017, ondes (trombone, VMC)

Difficulté moyenne, il faut saisir les conditions d'interférences pour les ondes sonores

Exercice 1.1 (30 minutes de préparation – 20 minutes de passage)

La figure 1 représente un trombone de Kœnig. C'est un système interférentiel acoustique constitué d'une entrée (E) et d'une sortie (S) reliées par deux tubes en U dont l'un est muni d'une coulisse télescopique.

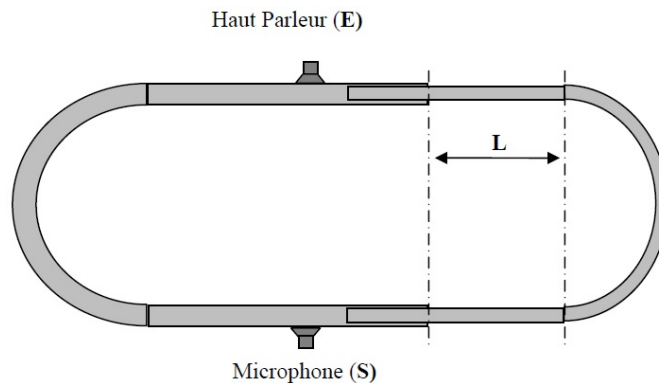


FIGURE 1 – Trombone de Kœnig

Un haut-parleur, placé à l'entrée, émet une onde sonore progressive sinusoïdale à la fréquence f . Un microphone, placé à la sortie, enregistre le son résultant de la superposition des ondes propagées dans les deux tubes. On suppose que les ondes ont la même amplitude dans les deux tubes et que leur propagation guidée a lieu sans amortissement.

1. On note d_1 la distance parcourue par l'onde dans le tube fixe (à gauche) et d_2 la distance parcourue par l'onde dans le tube à coulisse. Lorsque la coulisse est rentrée au maximum dans le tube fixe, les distances d_1 et d_2 sont égales. On note L le déplacement de la coulisse par rapport à cette situation.

1.a. Dans le cas où $L = 0$, le microphone enregistre-t-il un son ? Pourquoi ?

1.b. On considère à présent le cas où $L > 0$. Quelle est la relation entre d_1 , d_2 et L ? En déduire les conditions d'interférences constructives et destructives vérifiées par L , c et f .

1.c. Pourquoi n'est-il pas envisageable d'utiliser une conduite d'aération en forme de trombone de Kœnig pour atténuer le bruit de la ventilation ?

On conçoit des systèmes de contrôle actif du bruit, comme la gaine d'aération de la figure 2, équipée d'un microphone et d'un haut-parleur.

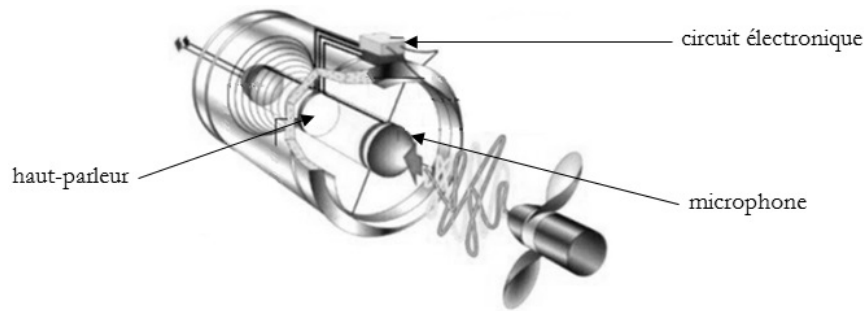


FIGURE 2 – Gaine d'aération, d'après le site Internet www.technofirst.com

1.d. Quelles doivent être les caractéristiques du son produit par le haut-parleur pour que le bruit de la ventilation soit atténué ? Quel doit alors être le rôle joué par le circuit électronique ?

2. On souhaite utiliser le trombone de Kœnig pour étudier la célérité du son dans l'air. On réalise l'expérience décrite dans la partie précédente avec une onde sonore progressive sinusoïdale dont la fréquence est $f = 500$ Hz. En déplaçant la coulisse, on constate que le microphone n'enregistre aucun son aux positions successives de la coulisse notées L_1 et L_2 .

2.a. Montrer, en utilisant les résultats de la partie précédente, que la célérité du son est $c = 2f(L_2 - L_1)$.

On réalise l'expérience pour plusieurs températures. Le tableau suivant donne les résultats des mesures.

θ en °C	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0
L_1 en cm	16,6	16,7	16,9	17,0	17,2	17,3	17,5
L_2 en cm	49,7	50,2	50,6	51,1	51,5	51,9	52,4

2.b. Dresser un tableau donnant les valeurs de la célérité du son pour les différentes températures de l'air.

La théorie des ondes sonores permet d'établir que la célérité c du son dans un gaz supposé parfait s'exprime par

$$c = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}}$$

où γ est le rapport des capacités thermiques du gaz ($\gamma = \frac{C_p}{C_v}$), $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ la constante des gaz parfaits, T la température (en kelvin) du gaz et M sa masse molaire (pour l'air $M = 29,0 \text{ g.mol}^{-1}$).

2.c. Quelle est la courbe la plus judicieuse à tracer si on souhaite vérifier la dépendance théorique de la célérité avec la température dans l'air ?

2.d. Compléter le tableau de valeurs précédent et tracer la courbe sur la feuille de papier millimétré fournie.

2.e. Exploiter cette courbe afin d'en obtenir le maximum d'informations.

2.f. Sachant que les mesures de L_1 et L_2 sont réalisées à l'aide d'un mètre ruban gradué au millimètre, estimer l'incertitude sur la célérité du son dans l'air à $20,0$ °C. Commenter le résultat expérimental à cette température.

1.2 ► TSI CCP, exemples officiels 2017, diagrammes E-pH et piles (accumulateur Pb, pile à combustibles)

Proche du cours d'oxydoréduction. Difficulté moyenne si on se souvient des bases de l'oxydoréduction et des piles pour q. 7.

Exercice 1.2 (30 minutes de préparation – 20 minutes de passage)

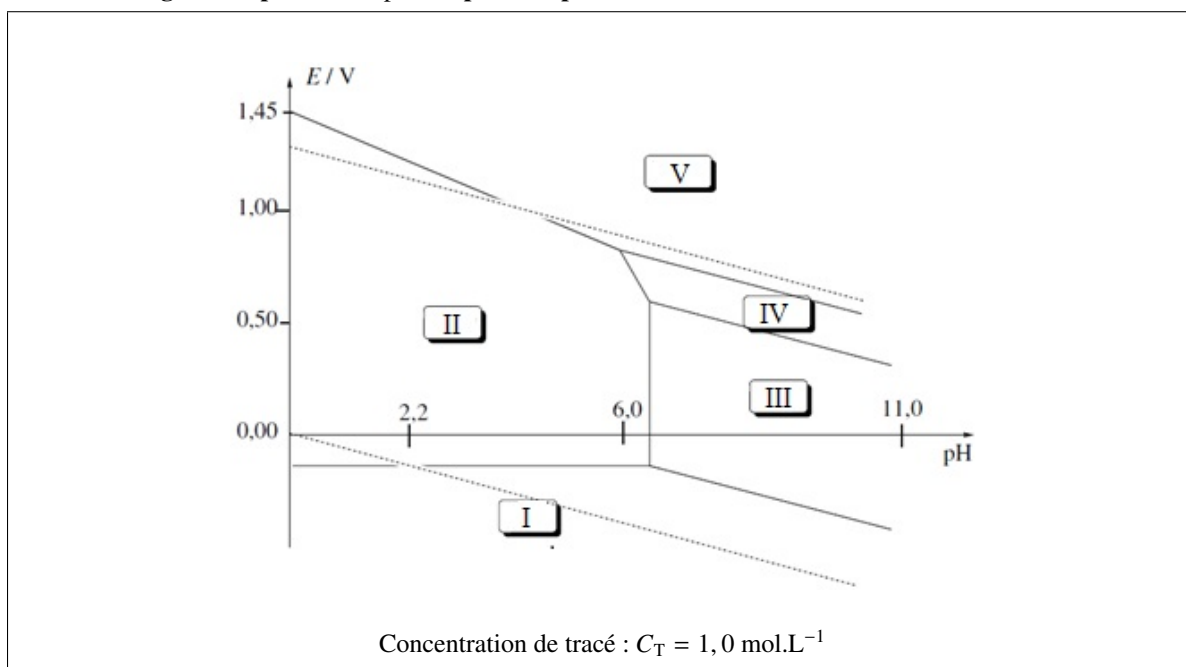
Document 1 : les accumulateurs au plomb (Yves BRÉELLE, Jacques MANDIL, Raymond VIC, « Piles et accumulateurs », *Encyclopædia Universalis*)

Les accumulateurs et les piles à combustible appartiennent à la famille des générateurs électrochimiques. Ils possèdent la propriété de fournir l'électricité à partir de deux réactions électrochimiques réalisées sur deux électrodes baignant dans un électrolyte.

Dans le cas particulier de l'accumulateur au plomb, il s'agit du couple oxydo-réducteur dioxyde de plomb – plomb, en solution acide sulfurique. Les accumulateurs au plomb sont formés de deux électrodes au plomb en milieu acide. L'une de ces électrodes est recouverte d'oxyde de plomb PbO_2 .

Malgré la concurrence de nombreux autres générateurs électrochimiques, l'accumulateur au plomb, grâce à sa robustesse, sa simplicité et son prix faible, rajeuni par l'emploi de matières plastiques, perfectionné sans cesse dans sa technologie, reste compétitif.

Document 2 : diagramme potentiel – pH simplifié du plomb



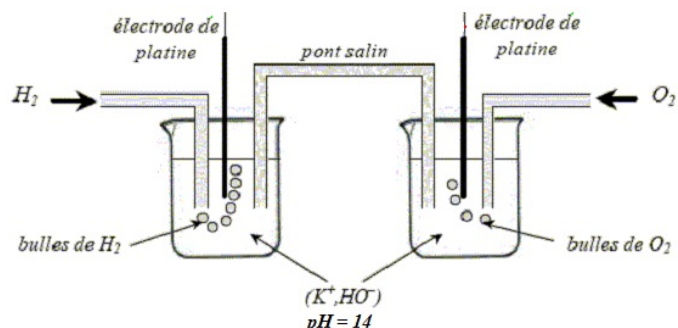
Données à 298 K : potentiels standard à $pH = 0$

Couple	E° en V
$Pb_{(aq)}^{2+}/Pb_{(s)}$	-0,13
$O_{2(g)}/H_2O_{(l)}$	1,23
$H_{(aq)}^+/H_{2(g)}$	0,00

- Indiquer sur le diagramme du document 2 les domaines de prédominance ou d'existence des espèces suivantes : $Pb_{(aq)}^{2+}$; $Pb_{(s)}$; $PbO_{(s)}$; $PbO_{2(s)}$; $Pb_3O_{4(s)}$.
- Déterminer l'équation numérique de la frontière entre les espèces $PbO_{2(s)}$ et $Pb_{(aq)}^{2+}$. Donner le potentiel standard du couple $PbO_{2(s)}/Pb_{(aq)}^{2+}$.
- Les droites en pointillés correspondent aux frontières des couples de l'eau. Retrouver la valeur de la pente de la frontière associée au couple $O_{2(g)}/H_2O_{(l)}$.
- Que peut-on dire de la stabilité du plomb $Pb_{(s)}$ en présence d'eau ? Discuter en fonction du pH de la solution.
- Quelle réaction se produit entre le plomb $Pb_{(s)}$ et le dioxyde de plomb $PbO_{2(s)}$ en milieu acide ? Comment nomme-t-on une telle réaction ?
- Que peut-on dire *a priori* de la cinétique des réactions étudiées dans les deux questions précédentes ? Pourquoi peut-on observer une décharge de l'accumulateur au plomb si celui-ci n'est pas utilisé pendant une durée suffisamment longue ?

7. Document 3 : pile à combustible

Une pile à combustible est un générateur d'électricité qui transforme directement l'énergie chimique d'un combustible en énergie électrique. Il se différencie des accumulateurs par la nature de ses électrodes qui ne subissent aucune modification de structure au cours des réactions électrochimiques mais servent uniquement de support à ces réactions, ce qui permet un fonctionnement continu. On réalise une pile à dihydrogène et dioxygène, dont on donne la représentation ci-dessous.



- 7.a.** Quelles sont les réactions susceptibles de se produire à chaque électrode ? Quelle électrode constitue l'anode ? la cathode ?
- 7.b.** Écrire la réaction chimique qui modélise la transformation qui se déroule lorsque la pile fonctionne. En déduire un avantage et un désavantage des piles à combustible par rapport aux accumulateurs.
- 7.c.** Calculer la force électromotrice de la pile dans les conditions de fonctionnement présentées sur le schéma ci-dessus.

1.3 ► TSI CCP, exemples officiels 2017, transferts thermiques et électronique

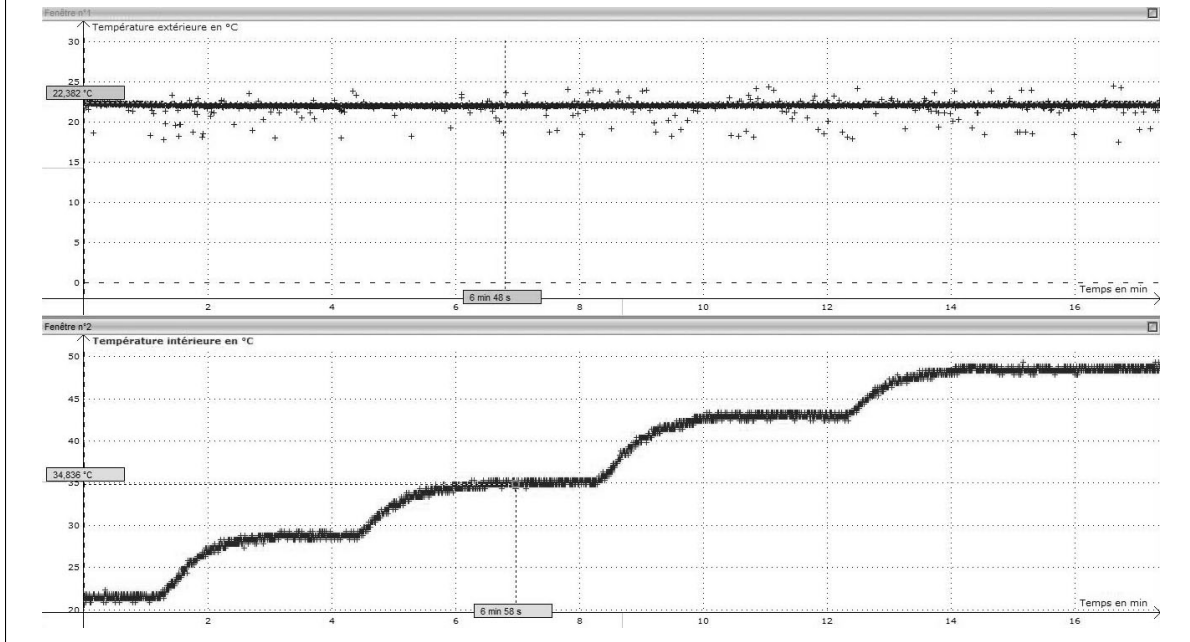
Demande de l'initiative. Difficulté moyenne.

Exercice 1.3 (30 minutes de préparation – 20 minutes de passage)

On dispose d'une boîte en plastique, fermée, pouvant représenter sommairement une maquette de maison. Cette boîte contient une résistance électrique chauffante alimentée par une tension continue réglable. Un capteur de température, relié par une interface à un ordinateur, permet de suivre l'évolution de la température de l'air à l'intérieur de la boîte en fonction du temps. Un autre capteur mesure la température extérieure.

Document 1 : première expérience

On mesure les évolutions temporelles des températures à l'extérieur (fenêtre 1) et à l'intérieur (fenêtre 2) de la boîte.

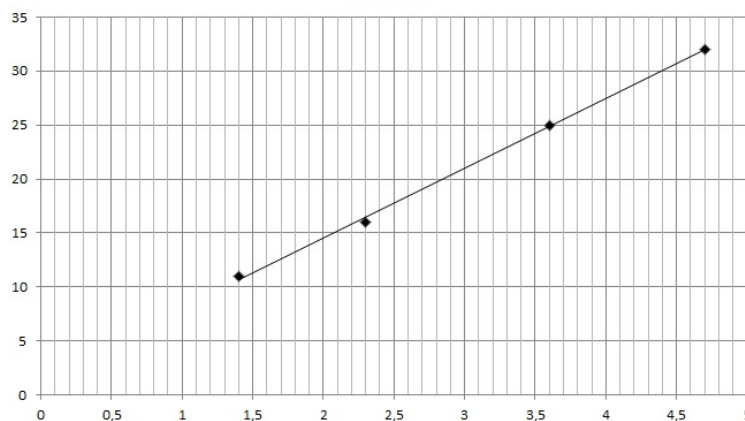


Document 2 : deuxième expérience

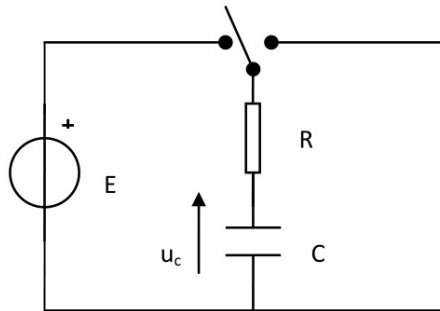
En régime permanent établi, on mesure la puissance P (en W) fournie par la résistance chauffante et la différence de température ΔT (en °C) entre l'intérieur et l'extérieur de la boîte.

P	ΔT
4,7	32
1,4	11
2,3	16
3,6	25

$$\Delta T = f(P)$$



1. Expliquer à quoi correspondent les cinq paliers de température sur la courbe de la fenêtre 2 du document 1.
2. On peut définir une résistance thermique globale de la boîte. Donner la valeur de cette résistance thermique.
3. De quels paramètres dépend cette résistance thermique ? On précisera comment chacun de ces paramètres influencerait les résultats de l'expérience si on le modifiait.
4. On arrête le chauffage à la fin de la première expérience et on laisse la maquette de la maison se refroidir. Proposer un bilan thermique sur la maquette, permettant ainsi de prévoir l'évolution de la température lors de cette phase de refroidissement. On établira en particulier l'équation différentielle vérifiée par la température et sa résolution en faisant intervenir, entre autres, la capacité thermique C de la maquette.
5. On donne le circuit électrique suivant.



Souligner les analogies qui existent entre ce circuit électrique et l'expérience de chauffe et refroidissement de l'intérieur de la boîte en plastique précédente. On établira en particulier l'équation différentielle vérifiée par la tension $u_c(t)$.

6. Un étudiant veut suivre avec un boîtier d'acquisition (impédance d'entrée R_c de l'ordre de $10\text{ M}\Omega$) la tension aux bornes du condensateur dans la phase de charge. Le choix des paramètres est $R = 1\text{ M}\Omega$, $C = 10\text{ }\mu\text{F}$ et $E = 5\text{ V}$. Durée d'acquisition 100 ms , période d'échantillonnage 1 ms , déclenchement manuel.
 - 6.a. En régime permanent, u_c n'atteint pas 5 V . Quel est le problème ?
 - 6.b. Il n'observe pas du tout la courbe de charge du condensateur. Proposer des explications et améliorations.

1.4 ► TSI CCP, exemples officiels 2017, thermochimie (synthèse SO_3)

Exercice 2.1 (pas de préparation – 10 minutes de passage)

Le trioxyde de soufre SO_3 est obtenu industriellement par oxydation du dioxyde de soufre SO_2 par le dioxygène O_2 . L'équilibre a lieu en phase gaz et l'expression numérique de la constante d'équilibre thermodynamique, pour une mole de dioxygène, est donnée par :

$$\ln [K^\circ(T)] = 22\,610 \times T - 21,55$$

où T est la température en kelvin.

Les industriels travaillent à $430\text{ }^\circ\text{C}$ et sous 1 bar , avec un léger excès de dioxygène provenant de l'air (par rapport aux proportions stœchiométriques). On utilise un catalyseur à base de vanadium pour obtenir un rendement industriel acceptable.

Justifier les choix de l'industriel.

1.5 ► TSI CCP, exemples officiels 2017, statique fluides (force sur barrage)

Exercice 2.3 (pas de préparation – 10 minutes de passage)

Le barrage de Guerlédan est un barrage hydroélectrique situé en France. Il est placé sur les eaux du Blavet, il mesure 45 mètres de haut et $L = 206$ m de large. Il forme ainsi le lac de Guerlédan, le plus grand des lacs bretons. Actuellement, de l'eau s'appuie sur une hauteur $H = 10$ m sur une des faces du barrage.

Un défaut de conception peut conduire à une catastrophe. Ce barrage est prévu pour subir une résultante maximale des forces de pression égale à $2,0 \cdot 10^9$ N. Cette limite est-elle respectée dans la situation actuelle ?

1.6 ► TSI CCP, exemples officiels 2017, thermodynamique (pompe à chaleur)

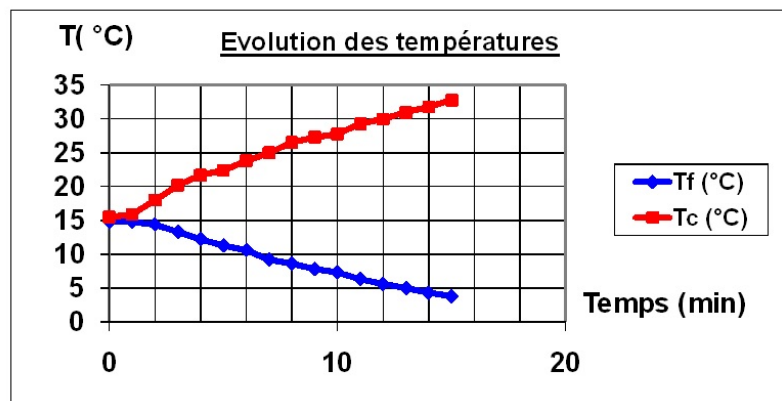
Exercice 2.2 (pas de préparation – 10 minutes de passage)

On dispose d'une pompe à chaleur dont on souhaiterait mesurer l'efficacité.



On a déjà réalisé des mesures de températures d'eau à l'intérieur des deux seaux rouge (T_f) et bleu (T_c).

t (min)	Tf (°C)	Tc (°C)
0	14,8	15,5
1	14,8	15,9
2	14,4	18
3	13,3	20,2
4	12,2	21,7
5	11,3	22,4
6	10,6	23,8
7	9,2	25
8	8,6	26,52
9	7,8	27,3
10	7,3	27,8
11	6,3	29,3
12	5,6	30
13	5	31
14	4,3	31,8
15	3,8	32,8



Quelles mesures et quelles données supplémentaires vous permettraient d'évaluer l'efficacité de cette pompe à chaleur ?

Exemples officiels CCS 2017, proposés par le jury du concours

Déroulement des épreuves orales à CCS : deux épreuves orales (physique-chimie 1 et 2) + un TP.

- **Physique-chimie 1 :** trente minutes de passage sans préparation.

“Cette épreuve s’appuie sur un exercice à l’énoncé bref permettant de tester la réactivité immédiate du candidat sur des thèmes proches du cours.”

- **Physique-chimie 2 :** trente minutes de préparation, trente minutes de passage.

“Les sujets pourront s’appuyer, pendant la phase de préparation, sur l’un ou l’autre des supports suivants : des documents de contexte ; des logiciels de simulation expérimentale et de tracé (à prise en main immédiate) ; des scripts Python à exploiter ; des données numériques, expérimentales, à traiter ; etc.”

Il faut amener votre propre calculatrice pour la préparation et la présentation.

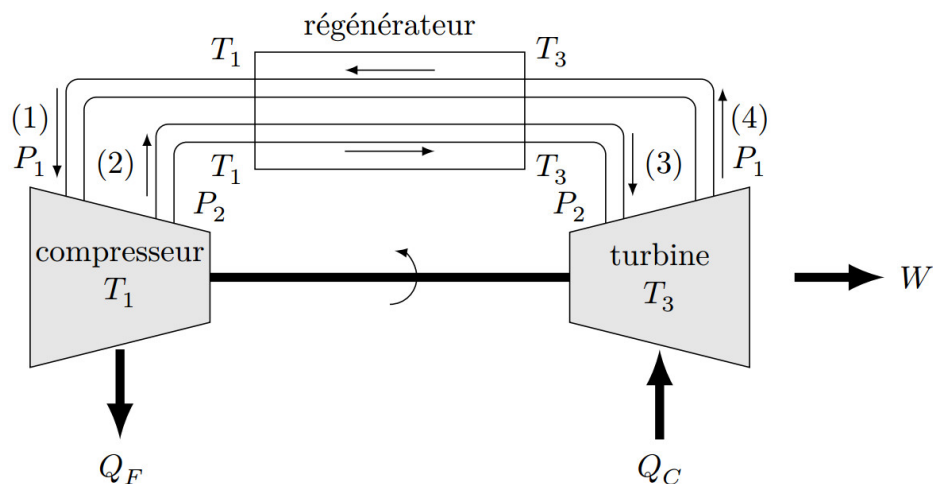
2.1 ► TSI CCS, exemples officiels 2017, thermodynamique (cycle Éricsson)

Physique-chimie 1, pas de préparation, 30' de passage.

Difficulté moyenne. Demande un peu d'autonomie pour calculer η .

Le cycle d'Ericsson, utilisé dans des moteurs à air destinés à la propulsion navale est constitué ainsi :

- Étape (1 → 2) : compression isotherme dans le compresseur (C_p). L'air est maintenu à la température T_1 dans le compresseur où il passe de l'état (1) (p_1, T_1) à l'état (2) (p_2, T_1) avec $p_2 > p_1$. Ce faisant, il cède à l'extérieur le transfert thermique Q_F .
- Étape (2 → 3) : l'air pénètre ensuite dans le régénérateur où il passe de l'état (2) (p_2, T_1) à l'état (3) (p_2, T_3), chauffé de manière isobare par une contre-circulation d'air chaud (cf. étape 4 → 1) provenant de la turbine (ce chauffage ne coûte donc rien).
- Étape (3 → 4) : détente isotherme dans la turbine (T_b). L'air est maintenu à la température T_3 , bien que détendu dans la turbine. Il y reçoit donc un transfert thermique Q_c (coûteux, celui-là). Il passe de l'état (3) (p_2, T_3) à l'état (4) (p_1, T_3).
- Étape (4 → 1) : l'air revient à l'état l'état (1) (p_1, T_1) après passage dans le régénérateur où il est refroidi, en réchauffant le flux l'air qui y circule en sens inverse (cf. étape 2 → 3).



On supposera que le cycle est mécaniquement réversible. L'air est assimilé à un gaz parfait de coefficient $\gamma = c_p/c_v = 1.4$.

1. Représenter le cycle dans un diagramme (p, v) en précisant son sens de parcours.
2. Définir et exprimer le rendement en fonction de T_1 et T_3 .
Commenter le résultat obtenu.
3. Que peut-on en déduire quant à l'entropie créée au cours du cycle ? Est-ce surprenant ?
4. La source froide est l'océan, de température $T_1 = 7^\circ\text{C}$, la chaudière du navire se comporte comme une source chaude de température $T_3 = 627^\circ\text{C}$. Le moteur développe une puissance de 500 kW. Quelle est la puissance fournie par la chaudière ?

2.2 TSI CCS, exemples officiels 2017, optique ondulatoire (exp. Fizeau)

Physique-chimie 1, pas de préparation, 30' de passage.

se trouve aussi dans odt 2015 planche 124

1 classique, 2 difficile et ne teste finalement pas grand chose.

Soit deux trous d'Young T_1 et T_2 distants de $a = 10$ mm, percés dans un écran opaque éclairé sous incidence normale par une source ponctuelle S monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 585.0$ nm. S est située dans le plan médiateur de T_1 et T_2 , au foyer principal objet d'une lentille convergente. On observe les phénomènes d'interférences sur un écran situé à $D = 20$ m des trous d'Young.

L'expérience de Fizeau (1851) consiste à placer devant chaque trou un tube horizontal de longueur $L = 5$ m rempli d'eau ; les deux tubes sont traversés par la lumière sous incidence normale. On crée dans ces tubes deux courants d'eau de même vitesse $u = 7$ m/s, de sens opposés.

L'indice optique du fluide est $n = 1.337$. La vitesse de la lumière est égale à c/n dans le référentiel de l'eau.

1. Déterminer l'ordre d'interférence en fonction de x lorsque le fluide est au repos.
2. On suppose que la vitesse de la lumière dans l'eau en mouvement, mesurée dans le référentiel du laboratoire, vaut $v = c/n \pm u$ (hypothèse H).

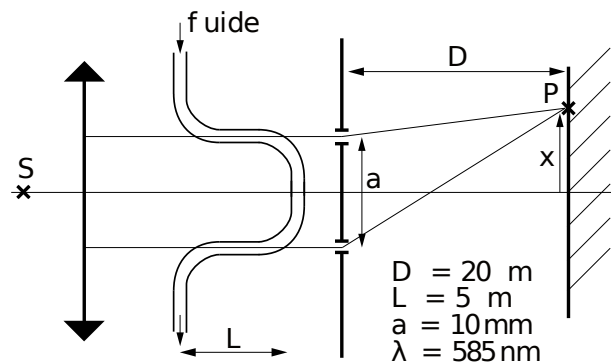
Déterminer la variation de l'ordre d'interférence au point considéré due à l'écoulement d'eau.

On exprimera dans un premier temps le temps de parcours de la lumière dans le bras de fluide en haut, puis en bas.

Sachant qu'on observe un déplacement des franges de $\Delta x = 0.37 \pm 0.05$ mm, que faut-il penser de l'hypothèse H ?

3. Un raisonnement plus fin analysant la propagation d'ondes électromagnétiques dans un milieu en mouvement donne une vitesse de la lumière dans l'eau en mouvement, mesurée dans le référentiel du laboratoire, valant : $v = (c/n \pm u) \times (1 - 1/n^2)$.

Le résultat de ce calcul est-il en accord avec l'expérience ? Conclure.



2.3 ► TSI CCS, exemples officiels 2017, thermochimie (synthèse méthanol)

Physique-chimie 1, pas de préparation, 30' de passage.

Surtout calcul de rendement, proche cours. Difficulté moyenne. 4 et 5 demandent un peu plus de recul.

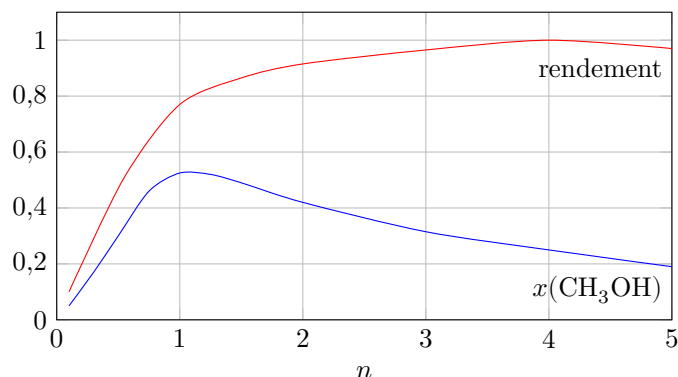
On considère la réaction de synthèse du méthanol : $\text{CO}_{(g)} + 2\text{H}_{2(g)} = \text{CH}_3\text{OH}_{(g)}$.

On donne la constante d'équilibre de la réaction à 573 K : $K^\circ(573\text{ K}) = 2,5 \times 10^{-3}$.

On définit le rendement ρ de la réaction par : $\rho = \frac{\xi_{\text{final}}}{\xi_{\text{max}}}$, où ξ désigne l'avancement de la réaction.

1. Calculer l'enthalpie standard de réaction $\Delta_r H^\circ$ de la synthèse du méthanol. Commenter.
2. On désire obtenir, à l'équilibre, à $T = 573\text{ K}$, en partant des proportions stœchiométriques en CO et H_2 , un rendement en méthanol égal à 70%. Quelle pression doit-on imposer ? Commenter.
3. En opérant à $P = 200\text{ bar}$, dans les proportions stœchiométriques, quelle doit être la température T pour que le rendement en méthanol gazeux à l'équilibre soit égal à 70% ? Commenter.

En opérant à $P = 200\text{ bar}$ et $T = 573\text{ K}$, on fait réagir n moles de dioxyde de carbone avec 2 moles de dihydrogène, n variant entre 0,1 mol et 5 mol. H_2 étant le réactif le plus cher, on le prend comme référence pour définir le rendement de la réaction. On trace les variations du rendement de la réaction et de la fraction molaire du mélange réactionnel à l'équilibre en fonction de n .



4. Expliquer comment on peut obtenir ces courbes par le calcul.
5. Quelle valeur de n vous semble optimale ? Commenter.

Données

Loi de Van't Hoff : $\frac{d(\ln k^\circ)}{dT} = \frac{\Delta_r H^\circ}{RT^2}$

Constante des gaz parfaits : $R = 8,314\text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$

	$\text{CO}_2(g)$	$\text{H}_2(g)$	$\text{CH}_3\text{OH}(g)$
$\Delta_f H^\circ$ (kJ·mol ⁻¹)	-395,5	?	-201,5

(Remarques : il manque probablement $\Delta_f H^\circ$ pour $\text{CO}_{(g)}$: $-110,5\text{ kJ/mol}$; et l'énoncé parle à tort de dioxyde de carbone, alors qu'il s'agit de monoxyde de carbone.)

2.4 ► TSI CCS, exemples officiels 2017, induction et magnétostatique (pince ampèremétrique)

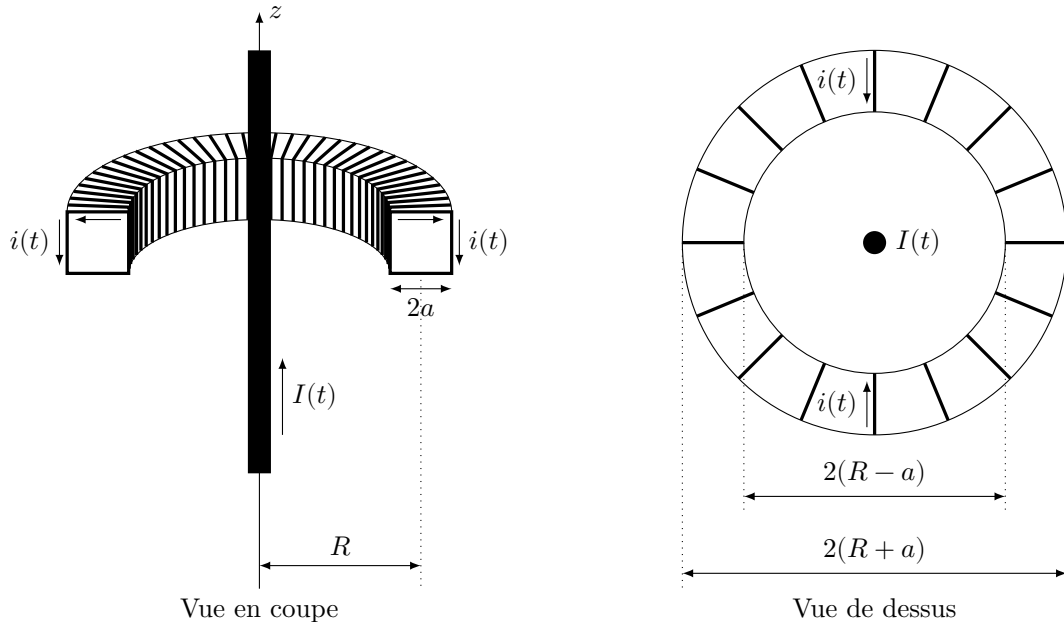
Physique-chimie 1, pas de préparation, 30' de passage.

C'est assez long, mais difficulté moyenne. C'est quasiment le DM 16 sur la pince ampèremétrique.

Attention, erreur d'énoncé question 1 : c'est en fonction de N , $i(t)$ et r . Et sur le schéma vue de dessus les courants $i(t)$ doivent être dans l'autre sens.

Une bobine torique de section carrée de côté $2a$, de rayon moyen R , comportant N spires jointives est fermée sur un ampèremètre de résistance négligeable. La bobine torique a une résistance équivalente notée \mathcal{R} .

La bobine entoure un fil conducteur que l'on supposera rectiligne et infini et dont l'axe coïncide avec celui de la bobine torique ; le conducteur est parcouru par un courant $I(t) = I_0 \cos(\omega t)$. Ce courant variable induit un courant $i(t)$ dans la bobine torique. Vu la symétrie du problème, on travaille en coordonnées cylindriques d'axe Oz .



1. Calculer, en exploitant soigneusement les symétries, le champ magnétique $\vec{B}_{\text{bobine}}(r, \theta, z, t)$ créé par la bobine en tout point, en fonction, notamment, de N , $i(t)$ et \mathcal{R} .
2. Calculer, de même, le champ magnétique $\vec{B}_{\text{fil}}(r, \theta, z, t)$ créé par le fil en tout point, en fonction, notamment, de $I(t)$.
3. Donner la définition de l'inductance mutuelle M entre deux circuits et de l'inductance propre L d'un circuit. On donne ici (*calcul non demandé*) l'inductance propre de la bobine torique et l'inductance mutuelle entre le fil et la bobine torique :

$$L = \frac{\mu_0 N^2 a}{\pi} \ln \left(\frac{R+a}{R-a} \right) \quad M = \frac{\mu_0 N a}{\pi} \ln \left(\frac{R+a}{R-a} \right)$$

Commenter ces expressions.

4. Calculer l'intensité complexe $\underline{i}(t)$ du courant dans la bobine en régime sinusoïdal forcé (régime imposé par le fil central, toujours parcouru par $I(t) = I_0 \cos(\omega t)$).
5. Que devient le rapport $\left| \frac{\underline{i}}{\underline{I}} \right|$ à haute fréquence ? Préciser le sens de l'expression « haute fréquence ».

On donne $N = 10\,000$; $R = 6$ cm ; $a = 1$ cm ; $f = 50$ Hz ; $\mathcal{R} = 0,2 \Omega$.

Pourquoi peut-on qualifier le dispositif de transformateur de courant ? Pourquoi est-ce un appareil très utilisé pour la mesure des forts courants ?

2.5 ► TSI CCS, exemples officiels 2017, électronique

Physique-chimie 2, 30' de préparation, 30' de passage.

On souhaite déterminer l'impédance d'une bobine réelle, constituée d'une inductance L en série avec une résistance r .

On dispose pour cela d'un générateur de tension basse fréquence, parfait, et d'une résistance variable R_0 (boîte AOIP) que l'on met en série avec l'inductance.

Le seul appareil de mesure fourni est un oscilloscope.

- On effectue une première mesure en continu. On relève une résistance $R_0 = 2\ \Omega$ pour une tension aux bornes de R_0 égale à la moitié de celle délivrée par le générateur.
- On effectue une deuxième mesure en régime sinusoïdal établi, à la fréquence $f = 1\ \text{kHz}$, avec $R_0 = 10\ \Omega$. On relève à l'oscilloscope les tensions aux bornes du générateur et de la résistance variable (**figure 1**). Les calibres des deux voies sont les mêmes. La tension aux bornes du générateur correspond au signal d'amplitude la plus grande.

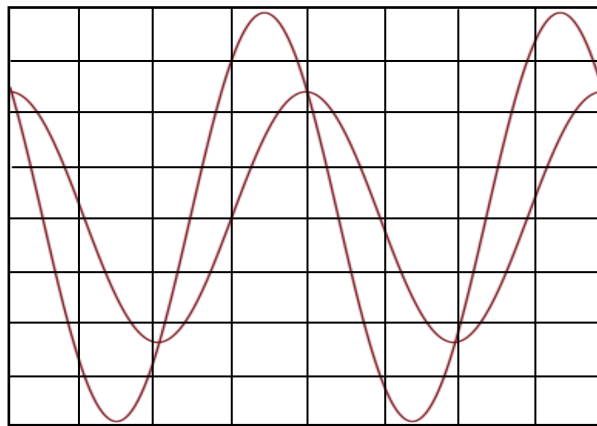


Figure 1

1. Faire un schéma du montage électrique et préciser le mode de câblage de l'oscilloscope.
2. Déterminer les valeurs expérimentales de L et r .
3. Critiquer le protocole expérimental retenu. Peut-on procéder autrement pour la mesure de L et r ?
4. On utilise la bobine précédente dans le montage **figure 2** où $R = 4\ \Omega$ et $C = 1\ \mu\text{F}$.

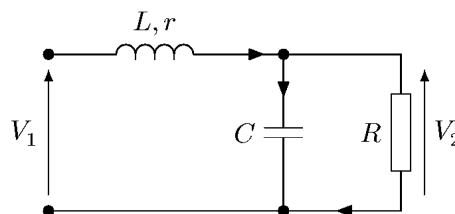


Figure 2

La fonction de transfert du montage se met sous la forme

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{V_2}{V_1} = \frac{H_0}{1 + j\frac{\omega}{Q\omega_0} - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

$$\text{où } H_0 = \frac{R}{R+r}, \omega_0 = \sqrt{\frac{R+r}{RLC}} \text{ et } Q = \frac{R+r}{(L+rRC)\omega_0}.$$

La fonction `diagramme()` du module python joint trace le relevé expérimental du diagramme de Bode en gain du filtre précédent.

Le diagramme est-il conforme à ce qui est attendu ?

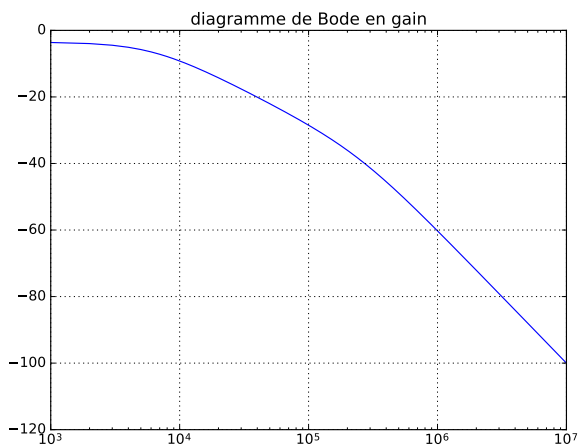
5. On soumet le filtre à un signal d'entrée créneau d'amplitude ± 1 V, de fréquence F_e .

La fonction `trace_spectre(creneau, Fe)` du module python joint trace les spectres en entrée et sortie du filtre, pour une fréquence F_e donnée.

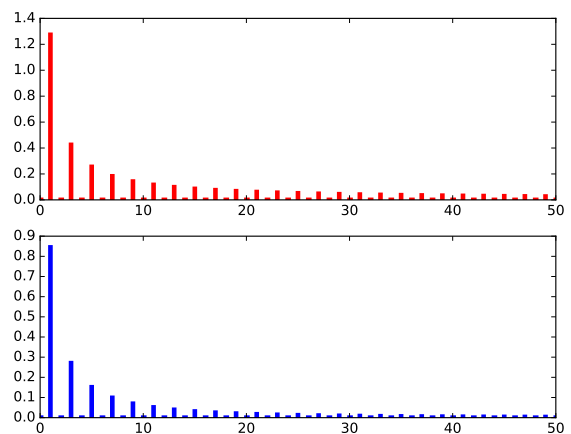
Analyser l'allure des spectres obtenus.

Graphiques obtenus avec le programme python fourni :

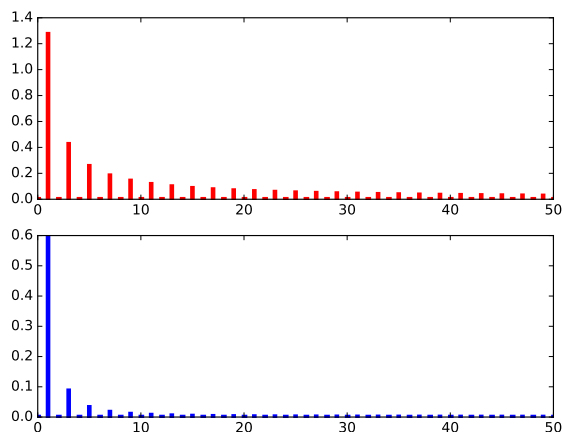
`diagramme()`



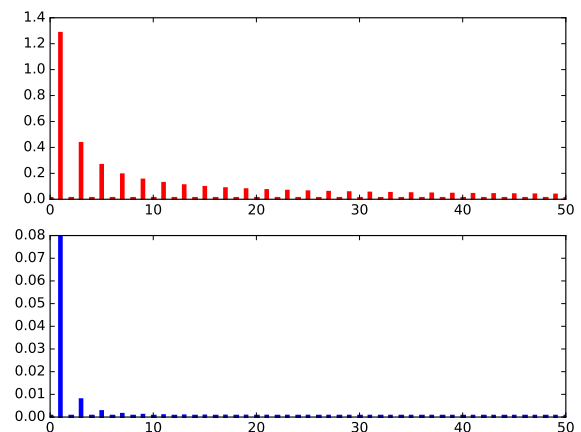
`trace_spectre(creneau, 1.e2)`



`trace_spectre(creneau, 1.e3)`



`trace_spectre(creneau, 1.e4)`



```
# -*- coding: utf-8 -*-
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
from pylab import get_current_fig_manager
import scipy.integrate as integr
from math import *
```

```
L=0.001
r=2.
C=1e-6
R=4.
H0=R/(R+r)
```

```

w0=((R+r)/(R*L*C))*0.5
Q=(R+r)/((L+r*R*C)*w0)

def H(w,H0,Q,w0):
    return(H0/(1.0+1j*w/(Q*w0)-(w/w0)**2))

def diagramme():

    def G(w,H0,Q,w0):
        return(20.0*np.log10(abs(H(w,H0,Q,w0))))

    w = np.linspace(1000,1e7,10000)
    plt.title('diagramme de Bode en gain')
    plt.grid()
    plt.semilogx(w,G(w,H0,Q,w0))
    plt.show()

def creneau(t):
    if t<0: return(-1.0)
    else: return(1.0)

def spectre(signal):

    # coefficients de Fourier réels du signal
    bnSignal = np.zeros(51)
    for k in range(1,51):
        bnSignal[k] = 2.0 * integr.quad(lambda t,k: signal(t)*sin(2*pi*k*t),-0.5,0.5,args=(k))[0]

    anSignal = np.zeros(51)
    anSignal[0] = integr.quad(lambda t: signal(t),-0.5,0.5)[0]
    for k in range(1,51):
        anSignal[k] = 2.0 * integr.quad(lambda t,k: signal(t)*cos(2*pi*k*t),-0.5,0.5,args=(k))[0]

    return anSignal,bnSignal

def trace_spectre(signalentree,Fe):

    # trace du spectre du signal d'entrée
    an,bn=spectre(signalentree)

    for k in range(0,51):
        plt.subplot(211)
        plt.plot([k,k],[0,sqrt((an[k])**2+(bn[k])**2)],'r',linewidth=4)

    for k in range(0,51):
        cn=sqrt((an[k])**2+(bn[k])**2)
        plt.subplot(212)
        plt.plot([k,k],[0,cn*abs(H(2*pi*k*Fe,H0,Q,w0))],'b',linewidth=4)
    plt.show()

```

2.6 ► TSI CCS, exemples officiels 2017, optique (identification source)

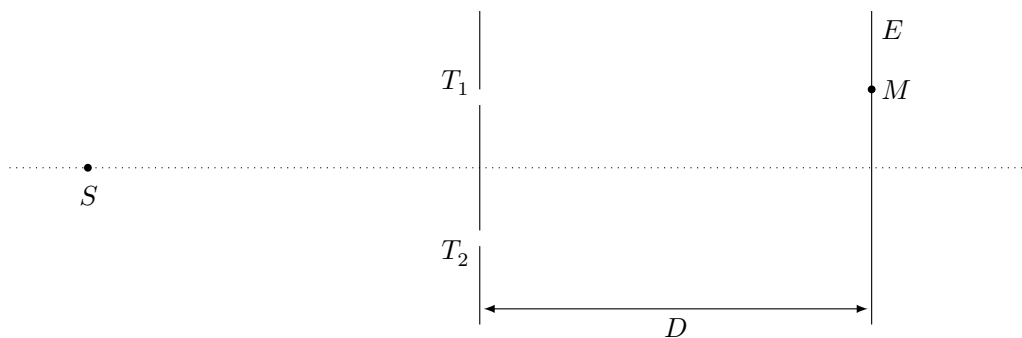
Physique-chimie 2, 30' de préparation, 30' de passage.

1 = cours. Difficulté moyenne pour 2.

Il faut le programme python associé : à faire en salle informatique.

On souhaite déterminer la composition spectrale d'une source ponctuelle S inconnue, émettant à priori dans le visible. On dispose pour cela :

- d'un dispositif interférométrique de type trous d'Young, l'observation de la figure d'interférences se faisant sur un écran situé à distance finie $D = 1$ m des trous d'Young, placé parallèlement aux trous. La source est située à égale distance des deux trous. Les trous d'Young sont distants de $a = 1$ mm ;
- de filtres permettant de sélectionner diverses gammes de longueurs d'ondes
 - filtre 1 : $\lambda(\text{nm}) \in [400; 500]$
 - filtre 2 : $\lambda(\text{nm}) \in [500; 600]$
 - filtre 3 : $\lambda(\text{nm}) \in [600; 750]$



1. Dans le cas d'une source monochromatique, déterminer l'expression de l'intensité en un point M de l'écran.
2. La fonction `enregistrement(i)` du module Python joint trace la figure d'interférences observée sur l'écran lorsque l'on place le filtre n°i devant la source S . Selon le n° du filtre choisi, vous pouvez aussi tracer une ou deux courbes supplémentaires accessibles en appelant la fonction `trace(i)` (la 2ème courbe n'est accessible que pour le filtre n°2).

Déduire de vos observations la composition spectrale de la source.

2.7 ► TSI CCS, exemples officiels 2017, chimie (autour du mercure)

Physique-chimie 2, 30' de préparation, 30' de passage.

Des questions moyennes (2, 3, 4, 5), d'autres assez compliquées (1 et 6, 7).

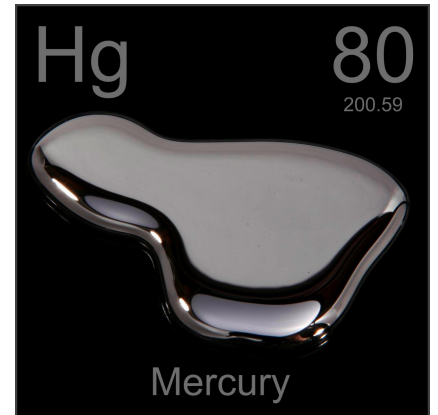
Il faut le programme python associé : à faire en salle informatique.

Le mercure est un élément chimique de symbole Hg et de numéro atomique 80. C'est un métal argenté brillant, le seul se présentant sous forme liquide dans les conditions normales de température et de pression, conditions dans lesquelles il se vaporise toutefois assez aisément.

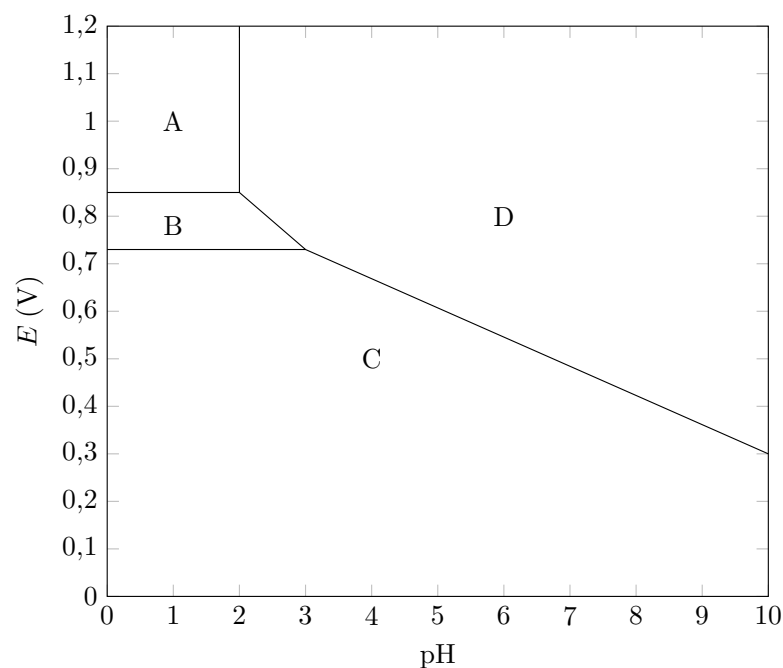
Le mercure est un puissant neurotoxique, mais en dépit de sa haute toxicité, ses utilisations sont très nombreuses :

- applications médicales,
- amalgame de l'or,
- lampes à vapeurs de mercure,
- etc.

1. Déterminer la configuration électronique de l'atome de mercure. En déduire les degrés d'oxydation stables du mercure.

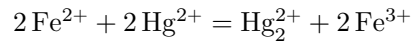


Le diagramme potentiel-pH du mercure est tracé ci-dessous pour une concentration totale en mercure en solution correspondant à l'égalité de leurs concentrations respectives. Les espèces prises en compte sont $\text{Hg}_{(l)}$, $\text{HgO}_{(s)}$, $\text{Hg}_{(aq)}^{2+}$ et $\text{Hg}_2^{2+}_{(aq)}$.



2. Identifier les espèces de chaque domaine.
3. Déterminer les potentiels standard des couples $\text{Hg}^{2+}/\text{Hg}_2^{2+}$ et $\text{Hg}_2^{2+}/\text{Hg}$.
4. Calculer la constante d'équilibre associée à la réaction entre les espèces A et D.
5. Quelle est la pente de la droite séparant les domaines B et D ?

On s'intéresse à présent à la cinétique de la réaction de réduction de Hg^{2+} par Fe^{2+} selon la réaction



dont la loi de vitesse est de la forme $v = k[\text{Fe}^{2+}]^p [\text{Hg}^{2+}]^q$.

On suit la réaction par une méthode appropriée avec différentes concentrations initiales $[\text{Fe}^{2+}]_0$ et $[\text{Hg}^{2+}]_0$. On relève $[\text{Hg}^{2+}]/[\text{Hg}^{2+}]_0$ et on obtient les résultats suivants (le temps est mesuré en unités arbitraires u.a. non précisées).

Expérience n°1 $[\text{Fe}^{2+}]_0 = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}$, $[\text{Hg}^{2+}]_0 = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}$

t (u.a.)	0	1	2	3	∞
$[\text{Hg}^{2+}]/[\text{Hg}^{2+}]_0$	1	0,5	0,33	0,25	0

Expérience n°2 $[\text{Fe}^{2+}]_0 = 0,1 \text{ mol}\cdot\text{L}$, $[\text{Hg}^{2+}]_0 = 0,001 \text{ mol}\cdot\text{L}$

t (u.a.)	0	1	2	4	∞
$[\text{Hg}^{2+}]/[\text{Hg}^{2+}]_0$	1	0,37	0,14	0,018	0

- Quelle méthode de suivi de la réaction pourriez-vous proposer ?
- Déterminer l'ordre global de la réaction ainsi que les ordres partiels p et q . Vous pouvez utiliser et modifier le script Python mis à votre disposition.

Coups de pouce

2.1 – 2 – Le rendement est $|w_{i,tot}|/q_c$. On peut faire comme pour la démonstration du rendement d'un moteur réversible : premier et second principe sur le cycle.

2.2 – 2 – Exprimer $\Delta t = (\text{temps de parcours bras du haut}) - (\text{temps de parcours bras du bas})$. Puis quel est le lien entre la différence de marche δ et la différence de temps de parcours Δt ? (Faire par exemple le calcul pour un chemin optique (AB) : $(AB) = \dots = c(t_B - t_A)$.)

2.3 – 2 – Tableau d'avancement, puis $K^0 = Q_r = \dots$ 3 – Reprendre $K^0 = Q_r = \dots$ de la question précédente, mais cette fois on connaît p donc on peut calculer $K_0(T)$. Il faut ensuite en déduire T en utilisant la version intégrée de la relation de Van't Hoff.

2.6 – Ne pas hésiter à lire le programme, qui contient les réponses. Reste à les justifier.

2.7 – 4 – C'est une réaction acide-base. Écrire l'équation de la réaction. 6 – Il faudrait exprimer le potentiel E de la solution, et voir s'il s'exprime en fonction de l'avancement x de la réaction (faire tableau d'avancement, puis formule de Nerst).