

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 (20' sur exercice 1 + 10' sur exercice 2)

- 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)

1.1 – Correction

Remarque : Si on bloque trop sur les questions 1, on peut commencer par la 2 en admettant la relation donnée $c = 2L(L_2 - L_1)$. Quoiqu'il en soit, il faut réfléchir à toutes les questions pendant la préparation. Ici il est donc raisonnable, après 15 ou 20 minutes de préparation, d'attaquer la question 2.

1. a. Oui car la différence de marche $\delta = d_2 - d_1$ est nulle, donc on a des interférences constructives.
b. On a $d_2 = d_1 + 2L$. La différence de marche est $\delta = d_2 - d_1 = 2L$, et l'ordre d'interférence est donc $p = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{2L}{\lambda} = \frac{2Lf}{c}$.

On a interférences constructives (son maximal) si $p = k$ avec $k \in \mathbb{Z}$, soit si $\frac{2Lf}{c} = k, k \in \mathbb{Z}$.

On a interférences destructives (son nul) si $p = k + 1/2$ avec $k \in \mathbb{Z}$, soit si $\frac{2Lf}{c} = k + \frac{1}{2}, k \in \mathbb{Z}$.

- c. Les fréquences supprimées sont données par $f = \frac{c}{2L} \left(k + \frac{1}{2} \right)$ avec $k = 0, 1, 2, \dots$

Ainsi le dispositif n'atténue que quelques fréquences, en nombre fini, et non pas une plage continue de fréquences. Or la ventilation émet dans toutes les fréquences. Ce n'est donc pas très intéressant.

- d. Le son produit par le haut-parleur doit être en opposition de phase par rapport au son qui lui arrive dessus (comme pour les nouveaux casques audio).

2. a. L_1 correspond à $2L_1 = (k + 1/2)\lambda$, et L_2 à l'extinction suivante donc à $2L_2 = (k + 1 + 1/2)\lambda$.
On a donc $2(L_2 - L_1) = \lambda = \frac{c}{f}$, soit $c = 2f(L_2 - L_1)$.

- b. Faire les A.N. sur votre feuille. Bien mettre la température en Kelvin.

- c. On peut tracer $y = c$ en fonction de $x = \sqrt{T}$, puisque la théorie prévoit alors $y = \sqrt{\frac{\gamma R}{M}} x$, soit une droite.

(On peut aussi choisir de tracer $y = c^2$ en fonction de $x = T$.)

- d. On trouve normalement que les points sont alignés, ce qui confirme que la loi théorique est bien vérifiée.

- e. On mesure sur le papier la pente de la courbe : $a = (\text{accroissement des } y) / (\text{accroissement des } x)$.

Attention à l'unité : a a l'unité de c divisée par celle de \sqrt{T} , soit des $\text{m} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K}^{-1/2}$.

Comme on a $y = \sqrt{\frac{\gamma R}{M}} x$, la valeur de a donne alors la valeur de $\sqrt{\frac{\gamma R}{M}}$. Dans l'énoncé on donne

M et R . On peut en déduire la valeur de $\gamma = \frac{a^2 M}{R} = \dots$

On doit trouver une valeur proche de 1.4.

- f. On a une incertitude $\Delta L_1 = \Delta L_2 = \Delta L = 1 \text{ mm}$ car on mesure avec une règle graduée au millimètre.

On a la formule $c = 2f(L_2 - L_1)$.

Donc en première approximation, on a $\Delta c = 2f(\Delta L_2 + \Delta L_1)$ (on pourrait utiliser une formule plus exacte, mais c'est suffisant ici) (on remarque bien qu'on ajoute les incertitudes : elles peuvent se cumuler) (on remarque aussi qu'on néglige l'incertitude sur f), soit $\Delta c = 4f\Delta L = 2 \text{ m/s}$.

On a donc une incertitude relative de $\frac{\Delta c}{c} \sim 1\%$, ce qui est satisfaisant.

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

1.2 – Correction

On remarque d'abord que si bloque trop sur les premières questions, on peut reprendre question 7, qui est indépendante du reste.

1. Pb : n.o. de 0, domaine I.

Pb^{2+} et PbO : n.o. de +II, c'est un couple acide base avec demi-équation $\text{Pb}^{2+} + \text{H}_2\text{O} = \text{PbO} + 2\text{H}^+$, donc Pb^{2+} est l'acide du couple (il cède un proton), et donc Pb^{2+} est dans le domaine II et PbO dans le domaine III.

Pb_3O_4 : n.o. de +8/3, domaine IV.

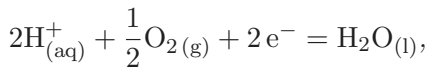
PbO_2 : n.o. de +IV, domaine V.

2. C'est un couple d'oxydoréduction. Demi-équation : $\text{PbO}_2(\text{s}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- = \text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

Formule de Nernst : $E = E_{\text{PbO}_2/\text{Pb}^{2+}}^0 + \frac{0.06}{2} \log \frac{[\text{H}^+]^4}{[\text{Pb}^{2+}]} = E_{\text{PbO}_2/\text{Pb}^{2+}}^0 - 0.12 \text{ pH} - 0.03 \log c_{\text{tracé}} = E_{\text{PbO}_2/\text{Pb}^{2+}}^0 - 0.12 \text{ pH}$ (en volts) car $c_{\text{tracé}} = 1 \text{ mol/L}$.

On en déduit que l'ordonnée à l'origine de la frontière est $E_{\text{PbO}_2/\text{Pb}^{2+}}^0$, et on lit donc sur le graphique que $E_{\text{PbO}_2/\text{Pb}^{2+}}^0 = 1.45 \text{ V}$.

3. Couple $\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}(\text{l})$:



donc $E = E_{\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}}^0 + \frac{0.06}{2} \log \left([\text{H}^+]^2 P_{\text{O}_2}^{1/2} \right) = 1.23 - 0.06 \text{ pH}$ (en volt).

On a utilisé $P_{\text{O}_2} = 1 \text{ bar}$, ce qui est la convention habituelle.

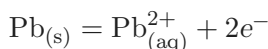
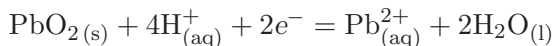
La pente est donc de -0.06 unité pH par volt.

4. (i) Pour $\text{pH} < 2.2$, les domaines de H_2O et Pb sont disjoints, donc la réaction entre le plomb et l'eau est thermodynamiquement possible.

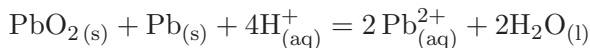
(ii) Pour $\text{pH} > 2.2$, les domaines ont une zone commune, et la réaction n'est donc pas possible : le plomb est alors stable dans l'eau.

5. Pb et PbO_2 ont des domaines disjoints, ils peuvent donc réagir (leur réaction est thermodynamiquement possible).

Les couples en jeu sont $\text{PbO}_2/\text{Pb}^{2+}$ et Pb^{2+}/Pb . Demi-équations :



La somme des deux donne l'équation bilan (plus d'électrons) :



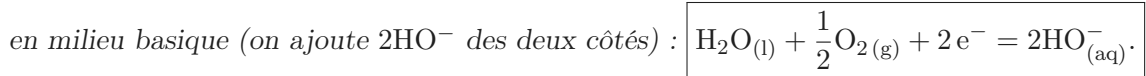
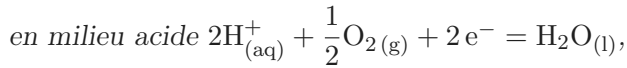
6. D'après le diagramme, la réaction entre H_2O et Pb est thermodynamiquement favorisée pour $\text{pH} < 2.2$, ceci signifie donc que sa constante d'équilibre K^0 est grande. Mais ceci ne donne aucune information sur sa cinétique (donc sur la vitesse à laquelle elle se produit). Par contre, on sait que dans l'accumulateur au plomb une des électrodes est en plomb, le pH est inférieur à 2.2, et l'électrode trempe dans une solution aqueuse. C'est donc que la cinétique de cette réaction est très lente (sinon l'électrode se dissolverait dans l'eau).

Ensuite, la réaction $\text{PbO}_2(\text{s}) + \text{Pb}(\text{s}) + 4\text{H}^+(\text{aq}) = 2\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ est la réaction qui régit le fonctionnement de l'accumulateur. On sait qu'un accumulateur fonctionne bien, c'est donc que cette réaction est rapide.

Enfin, il peut y avoir une décharge lente parce que l'électrode en dioxyde de plomb réagit avec les ions $\text{Pb}^{2+}(\text{aq})$ présent dans la solution (réaction thermodynamiquement possible d'après le diagramme à bas pH). Cette réaction est probablement lente.

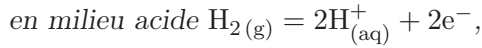
7. a. On est en présence de $\text{H}_2(\text{g})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ et $\text{O}_2(\text{g})$, qui sont les trois espèces qui interviennent dans les couples de l'eau. Il faut donc écrire les demi-équations correspondantes, en milieu basique car $\text{pH} = 14$ (donc faire intervenir $\text{HO}^-_{(\text{aq})}$ plutôt que $\text{H}^+_{(\text{aq})}$).

★ Couple $\text{O}_2(\text{g})/\text{H}_2\text{O}(\text{l})$:



C'est une réduction. Elle a lieu à la cathode.

★ Couple $\text{H}_2\text{O}(\text{l})/\text{H}_2(\text{g})$, ou de façon équivalente $\text{H}^+_{(\text{aq})}/\text{H}_2(\text{g})$:



C'est une oxydation, elle a lieu à l'anode.

- b. Bilan en sommant les deux réactions précédentes : $\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

Avantages : pas d'usure des électrodes car elles ne participent pas aux réactions. Utilisable à volonté tant qu'il y a du gaz en entrée.

Désavantage : il faut stocker et transporter du dihydrogène (gaz inflammable).

- c. Il faut écrire les potentiels de Nernst pour l'anode et la cathode. La fem est donnée par l'un moins l'autre. On trouve 1.23 V.

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

1.3 – Correction

1. L'utilisateur impose cinq tensions successives pour alimenter la résistance chauffante, de plus en plus élevées.

Les cinq paliers correspondent à chaque fois à l'atteinte du régime stationnaire : la température augmente puis se stabilise.

2. Il y a un flux thermique sortant de la boîte donné par $P_{\text{perdue}} = (T - T_{\text{ext}})/R_{\text{th}}$, avec T la température dans la boîte (faire un schéma électrique équivalent) (d'habitude on note P_{perdue} par Φ_{th} , mais peu importe, c'est une puissance perdue en watt).

La résistance apporte une puissance thermique $P_{\text{fournie}} = P$.

En régime permanent (cas de l'expérience 2), un bilan d'énergie sur la boîte indique que $P_{\text{fournie}} - P_{\text{perdue}} = 0$.

Soit : $T - T_{\text{ext}} = P R_{\text{th}}$.

On exploite alors le graphique de l'expérience 2, puisque la pente de la courbe tracée est égale à R_{th} .

On trouve $R_{\text{th}} = 6.4 \text{ W/K}$.

3. De la conductivité thermique des murs de la boîte. Si celle-ci augmente, alors la résistance augmente.

De l'épaisseur des murs de la boîte. Si celle-ci augmente, alors la résistance augmente.

De la surface totale des murs de la boîte. Si celle-ci augmente, alors la résistance diminue.

Remarque : pour un barreau de section S , longueur L et conductivité thermique λ , on montre que sa résistance thermique est $R_{\text{th}} = \frac{L}{\lambda S}$.

4. Il faut montrer que $C \frac{dT}{dt} = P_{\text{fournie}} - P_{\text{perdue}} = P - (T - T_{\text{ext}})/R_{\text{th}}$, puis résoudre. Pour cela :

★ On applique le premier principe version H (car l'évolution est monobare avec $p = p_{\text{ext}}$) à la boîte et ce qu'elle contient, entre les instants t et $t + dt$.

On a donc $dH = \delta Q_{\text{reçu}} = P_{\text{fournie}} dt - P_{\text{perdue}} dt = P dt - \frac{T - T_{\text{ext}}}{R_{\text{th}}} dt$.

De plus, $dH = C(T(t + dt) - T(t)) = C dT$.

On a donc bien $C \frac{dT}{dt} = P - \frac{T - T_{\text{ext}}}{R_{\text{th}}}$, soit $\frac{dT}{dt} + \frac{1}{R_{\text{th}} C} T(t) = \frac{P}{C} + \frac{T_{\text{ext}}}{R_{\text{th}} C}$.

★ Résolution dans le cas où $P = 0$ (c'est la question) : $T(t) = Ae^{-t/\tau} + T_{\text{ext}}$, avec $\tau = R_{\text{th}} C$. On détermine $A = T_0 - T_{\text{ext}}$ avec $T_0 = T(t = 0)$.

5. Interrupteur à gauche : $E = RC \frac{du_c}{dt} + u_c$, qu'on peut écrire $RC \frac{du_c}{dt} = E - u_c$ qui a la même forme que l'équation sur T lorsque la résistance est alimentée. On voit que R est analogue à R_{th} , et C à C . Si interrupteur à droite on remplace E par 0. On a une décharge (analogue à l'arrêt du chauffage dans le cas thermique).

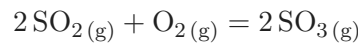
6. a) L'impédance d'entrée du boîtier d'acquisition n'est pas assez élevée devant la résistance R du circuit. Le branchement de la carte d'acquisition revient à placer une résistance $R_e = 10 \text{ M}\Omega$ en parallèle du condensateur. En régime permanent le condensateur est comme un interrupteur ouvert, et un diviseur de tension (faire un schéma !) montre alors qu'on mesure à ses bornes une tension $U = E \times \frac{R_e}{R_e + R} = 4.5 \text{ V}$.

b) $RC = 10 \text{ s}$, donc la décharge du condensateur dure une minute environ. Or le temps d'acquisition de 0.1 s , ce qui ne permet pas du tout de la voir.

1.4 TSI CCP, exemples officiels 2017, thermochimie (synthèse SO₃)

1.4 – Correction

Il faut écrire l'équation de la réaction :



(on peut aussi tout diviser par deux, mais l'énoncé donne K^0 pour une mole de dioxygène, c-à-d pour la réaction telle qu'écrite ci-dessus).

Il faut justifier :

- Le choix de la température plutôt élevée. Il faut raisonner sur $K^0(T)$.
- Le choix de la pression. Il faut utiliser le principe de Le Châtelier pour la pression et conclure qu'ici il faut travailler sous pression élevée.
- Le choix de travailler avec un excès de gaz coté réactifs. Montrer que $Q_r = \frac{n_{\text{SO}_3}^2}{n_{\text{SO}_2}^2 n_{\text{O}_2}} n_{\text{tot,gaz}} \frac{p_{\text{tot}}}{p^0}$.
Puis voir que si n_{O_2} augmente, alors $\frac{n_{\text{tot,gaz}}}{n_{\text{O}_2}} = \frac{n_{\text{O}_2} + n_{\text{SO}_2} + n_{\text{SO}_3}}{n_{\text{O}_2}}$ diminue, donc Q_r également, donc la réaction est déplacée dans le sens...
- Le choix de l'emploi d'un catalyseur : celui-ci agit sur la cinétique de la réaction.

(Remarque : l'énoncé indique que $K^0(T)$ croît avec la température, alors qu'un calcul avec des tables de données montre que $\Delta_r H^0 < 0$ et donc que $dK^0(T)/dT < 0 \dots$)

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

1.5 – Correction

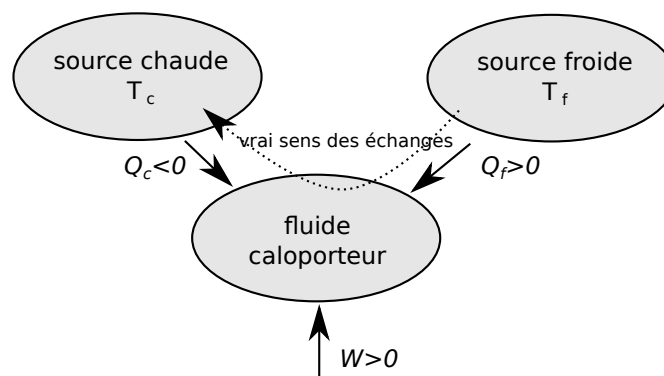
Il faut calculer la résultante des forces de pression, sans oublier que la pression dans l'eau augmente avec la profondeur.

Si on veut faire plus simple, on peut majorer la pression par la pression au fond de l'eau, et voir si la limite est tout de même respectée.

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

1.6 – Correction

On peut commencer par faire un diagramme du fonctionnement :



L'efficacité est $e = \frac{\mathcal{P}_{\text{fournie à source chaude}}}{\mathcal{P}_{\text{compresseur}}} = \frac{-Q_c}{W}$.

On raisonne plutôt sur un cycle infinitésimal. On a donc aussi $e = \frac{-\delta Q_c}{\delta W}$.

Deux moyens de faire :

1. $\mathcal{P}_{\text{compresseur}}$ est donné, donc $\delta W = \mathcal{P}_{\text{compresseur}} \times dt$.

Quant à δQ_c on utilise le premier principe entre les instants t et $t + dt$ à l'eau du seau d'eau chaude :
 $dU_c = \delta Q_{\text{reçu seau}} = -\delta Q_c$.

Or $dU_c = m_c c_{\text{eau}} dT_c$ avec m_c la masse d'eau chaude dans le seau et c_{eau} la capacité thermique massique de l'eau.

$$\text{Donc on a } e = \frac{m_c c_{\text{eau}} dT_c}{\mathcal{P}_{\text{compresseur}} \times dt} = \frac{m_c c_{\text{eau}}}{\mathcal{P}_{\text{compresseur}}} \frac{dT_c}{dt}.$$

Conclusion : on peut mesurer $\frac{dT_c}{dt}$ sur les courbes, mais il manque $m_c c_{\text{eau}}$.

2. On peut utiliser le premier principe sur le fluide frigorigère sur un cycle infinitésimal : $0 = dU = \delta W + \delta Q_c + \delta Q_f$, et donc l'efficacité s'écrit

$$e = \frac{-\delta Q_c}{\delta W} = \frac{\delta Q_c}{\delta Q_c + \delta Q_f} = \frac{1}{1 + \delta Q_f / \delta Q_c}.$$

Or, avec le premier principe sur le seau d'eau chaude on a (fait plus haut) : $m_c c_{\text{eau}} dT_c = -\delta Q_c$.

De même avec le seau d'eau froide on a : $m_f c_{\text{eau}} dT_f = -\delta Q_f$.

$$\text{Donc } e = \frac{1}{1 + \frac{m_f dT_f}{m_c dT_c}}.$$

Conclusion : on peut mesurer $\frac{dT_f}{dT_c}$ sur les courbes : c'est égal à l'accroissement de T_f divisé par celui de T_c , soit environ $-10/17 = -0.6$.

Mais il manque le rapport m_f/m_c , masse dans le seau d'eau froide divisé par la masse dans le seau d'eau chaude.

Remarque : Si les masses sont égales, on trouve une efficacité de 2.5.

Remarque : Si le fonctionnement de la pompe à chaleur est réversible (ce qui n'est pas le cas pour la pompe réelle), alors le second principe appliqué au fluide frigorigère sur un cycle donne $0 = dS = \delta S_e = \frac{\delta Q_c}{T_c} + \frac{\delta Q_f}{T_f}$, et donc $\frac{\delta Q_f}{\delta Q_c} = -\frac{T_f}{T_c}$, et on obtient l'efficacité de Carnot (réversible) : $e = \frac{1}{1 - T_f/T_c}$.
Mais ceci ne s'applique pas ici car le fonctionnement n'est pas réversible.