

# Concours Communs Polytechniques TSI

Session 2017 – Épreuves orales de Physique–Chimie – Exemples d'exercices 1

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

## 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.

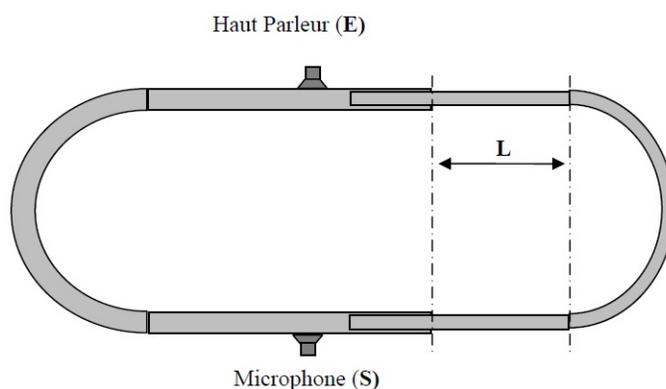


FIGURE 1 – Trombone de Kœnig

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.

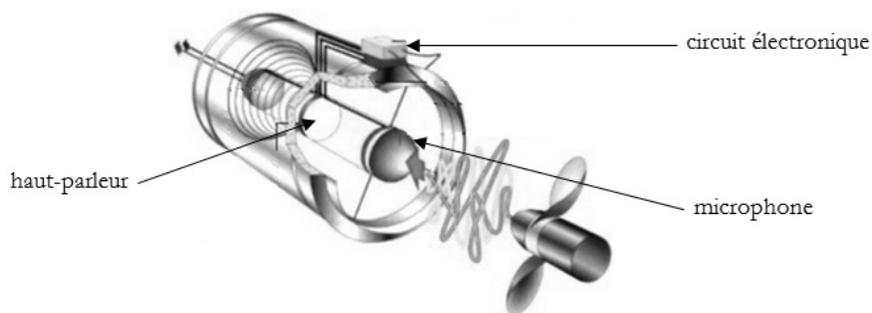


FIGURE 2 – Gaine d’aération, d’après le site Internet [www.technofirst.com](http://www.technofirst.com)

**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.

$\theta$ 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  $\gamma$  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.

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

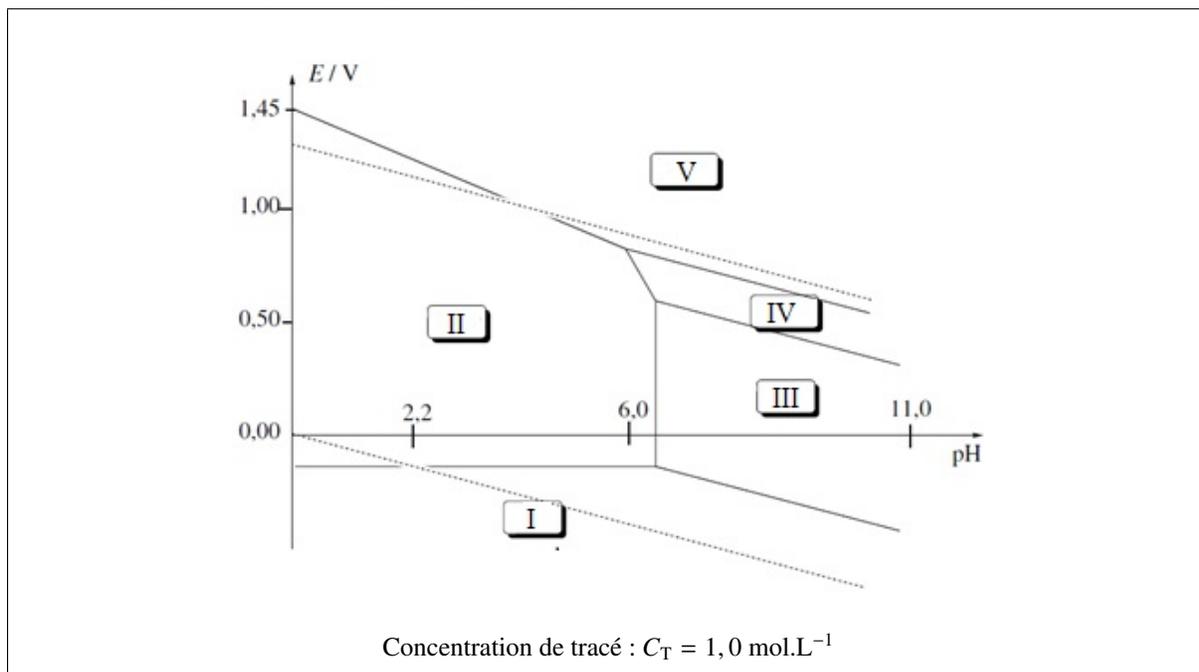
**Document 1 : les accumulateurs au plomb** (Yves BRÉELLE, Jacques MANDIL, Raymond VIC, « Piles et accumulateurs », *Encyclopædia Universalis*)

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



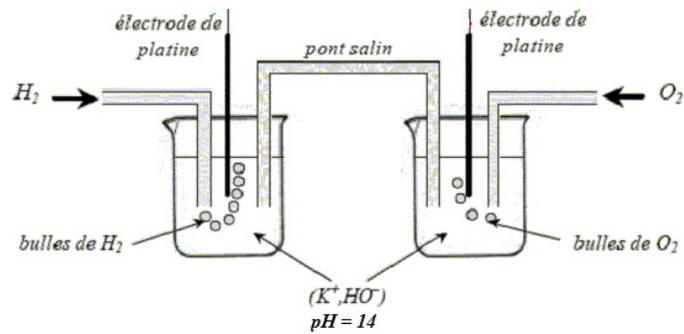
Données à 298 K : potentiels standard à  $pH = 0$

Couple	$E^0$ 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.



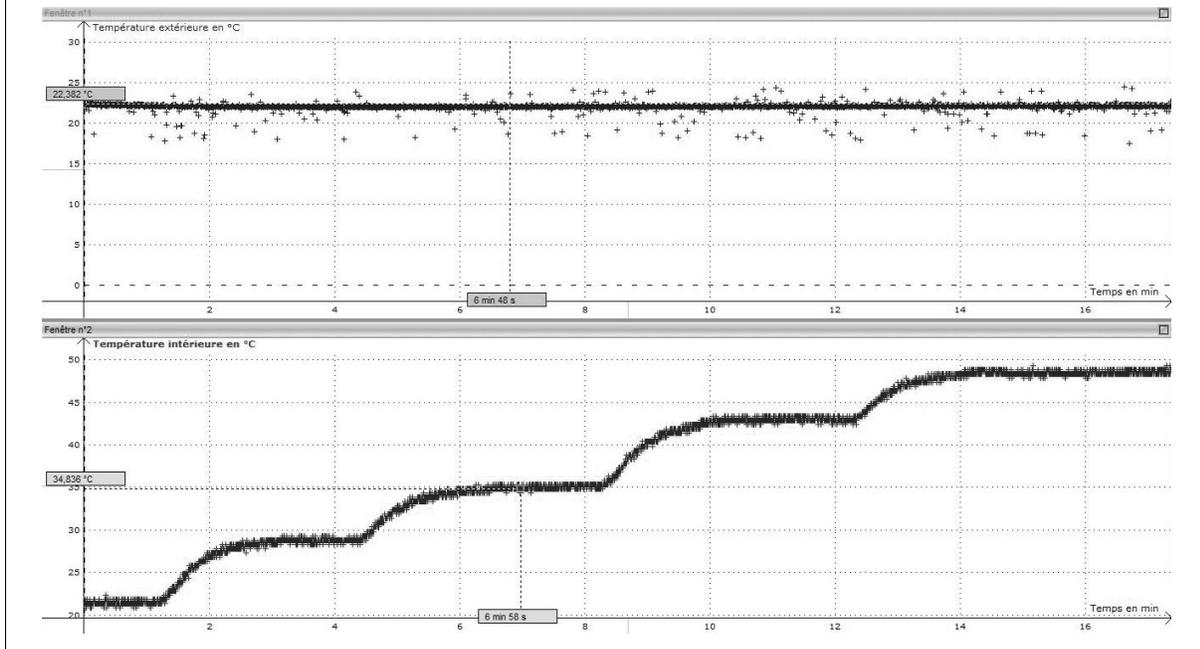
- 7.a.** Quelles sont les réactions susceptibles de se produire à chaque électrode ? Quelle électrode constitue l'anode ? la cathode ?
- 7.b.** Écrire la réaction chimique qui modélise la transformation qui se déroule lorsque la pile fonctionne. En déduire un avantage et un désavantage des piles à combustible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

### 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.

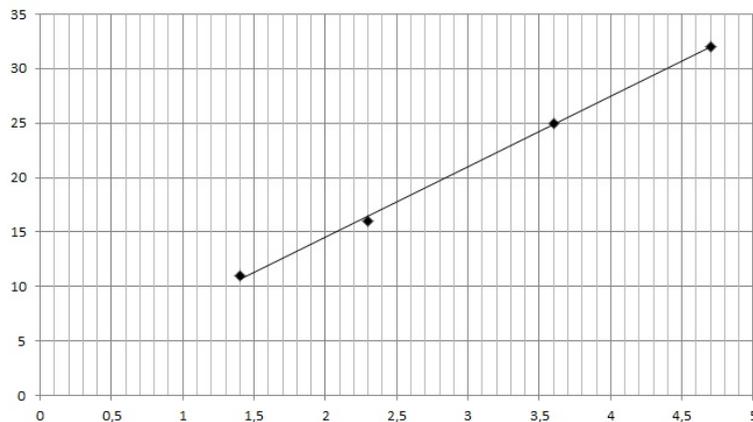


#### Document 2 : deuxième expérience

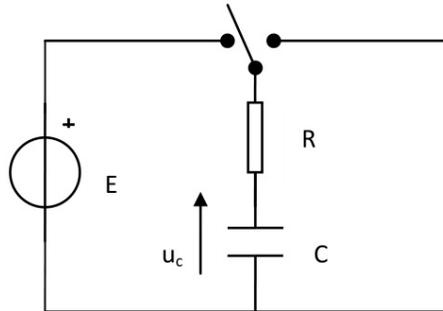
En régime permanent établi, on mesure la puissance  $P$  (en W) fournie par la résistance chauffante et la différence de température  $\Delta T$  (en °C) entre l'intérieur et l'extérieur de la boîte.

$P$	$\Delta T$
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  $100\text{ ms}$ , période d'échantillonnage  $1\text{ ms}$ , déclenchement manuel.
  - 6.a. En régime permanent,  $u_c$  n'atteint pas  $5\text{ V}$ . Quel est le problème ?
  - 6.b. Il n'observe pas du tout la courbe de charge du condensateur. Proposer des explications et améliorations.

# Concours Communs Polytechniques TSI

## Session 2017 – Épreuves orales de Physique–Chimie – Exemples d'exercices 2

---

Au bout de vingt 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).

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

Le trioxyde de soufre  $\text{SO}_3$  est obtenu industriellement par oxydation du dioxyde de soufre  $\text{SO}_2$  par le dioxygène  $\text{O}_2$ . 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.**

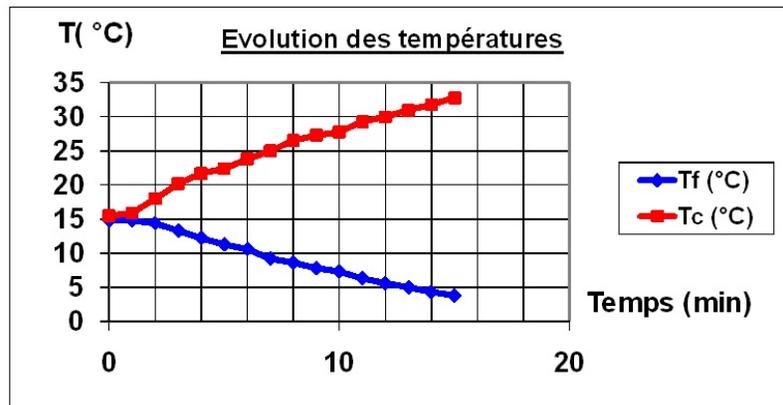
### Exercice 2.2 (pas de préparation – 10 minutes de passage)

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 ( $T_r$ ) 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 ?**

### 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 ?**