

PSI2. Devoir en classe n°6. Samedi 14 mars 2026.**Proposition de solution.****Problème 1.Extrait ccp pc 2010. LE VASE DE TANTALE.**

1.1) Lignes de champ partant de la surface **verticalement** et arrivant **horizontalement** au niveau de B **en se resserrant**.

1.2) Bernoulli : cf cours.

On calcule : $v_B = \sqrt{\frac{2g(h-z_B)}{1-\frac{\sigma^2}{S^2}}}$ et $D_s = \sigma v_B = S v_A$

1.3) Comme h est une fonction décroissante du temps, on a $dh/dt = -v_A$. On utilise les deux relations précédentes pour obtenir : $\dot{h} = -\frac{\sigma}{S} v_B = -\frac{\sigma}{S} \sqrt{\frac{2g(h-z_B)}{1-\frac{\sigma^2}{S^2}}}$.

Dans le cas où $\sigma \ll S$, on obtient : $v_B = \sqrt{2g(h-z_B)}$ et $\dot{h} = -\frac{\sigma}{S} v_B = -\frac{\sigma}{S} \sqrt{2g(h-z_B)}$.

1.4) AN : $D_s = 1,22 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 1,22 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$.

2.1) On applique Bernoulli entre A et D où la pression vaut P_0 . On néglige v_A devant v_D et on obtient : $v_D = \sqrt{2g(h-z_D)}$ puis : $D_s = \sigma v_D = \sigma \sqrt{2g(h-z_D)}$.

2.2) On utilise $D_s = S v_A = -S(dh/dt)$ pour obtenir : $\dot{h} + \frac{\sigma}{S} \sqrt{2g(h-z_D)} = 0$.

2.3) On a une équation différentielle non linéaire mais à variable séparables. Sous forme différentielle, on a $dt = -\frac{S}{\sigma \sqrt{2g}} \frac{dh}{\sqrt{(h-z_D)}}$, qu'on intègre entre l'état initial $(0, h_0)$ et (t_1, z_B) .

On obtient : $t_1 = \frac{S}{\sigma} \sqrt{\frac{2}{g}} \left[\sqrt{(h_0 - z_D)} - \sqrt{(z_B - z_D)} \right]$.

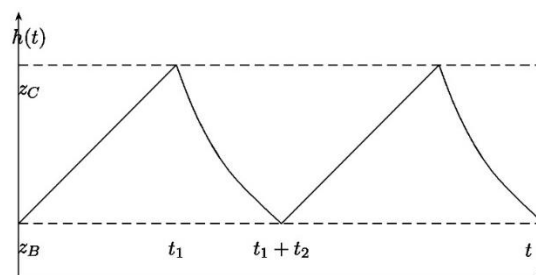
3.1) Il faut reprendre la conservation du débit en ajoutant D_i au niveau de la surface libre : $D_i + v_A S = D_s$. On obtient donc : $\dot{h} + \frac{\sigma}{S} \sqrt{2g(h-z_D)} = \frac{D_i}{S}$.

3.2) Une solution constante $h = h_s$ vérifie $dh/dt = 0$ donc h_s vérifie : $\sigma \sqrt{2g(h_s - z_D)} = D_i$. Il faut physiquement $h_s > z_B$ sinon le siphon ne peut être amorcé.

3.3) Le débit entrant étant constant et le débit sortant nul quand le siphon est désamorcé, on aura une évolution linéaire de $h(t)$ car la section du réservoir est constante.

3.4) On suppose le siphon initialement désamorcé. L'eau commence donc à monter dans le réservoir. A un certain moment, on atteint la hauteur z_C qui amorce automatiquement le siphon. Reprenons alors l'équation du 3.3 : si $D_i > \sigma \sqrt{2g(z_C - z_D)} = D_c$, alors $(dh/dt) > 0$ et le réservoir va déborder. Dans le cas contraire, le réservoir va se vider et on repart vers z_B où le siphon va se désamorcer. ET c'est reparti pour un tour...

3.5) On a la forme graphique suivante :



La période de relaxation vaut alors : $T = t_1 + t_2 \approx \frac{S}{\sigma} \sqrt{\frac{2}{g}} \left[\sqrt{(h_C - z_D)} - \sqrt{(z_B - z_D)} \right] + \frac{S(z_C - z_B)}{D_i}$.

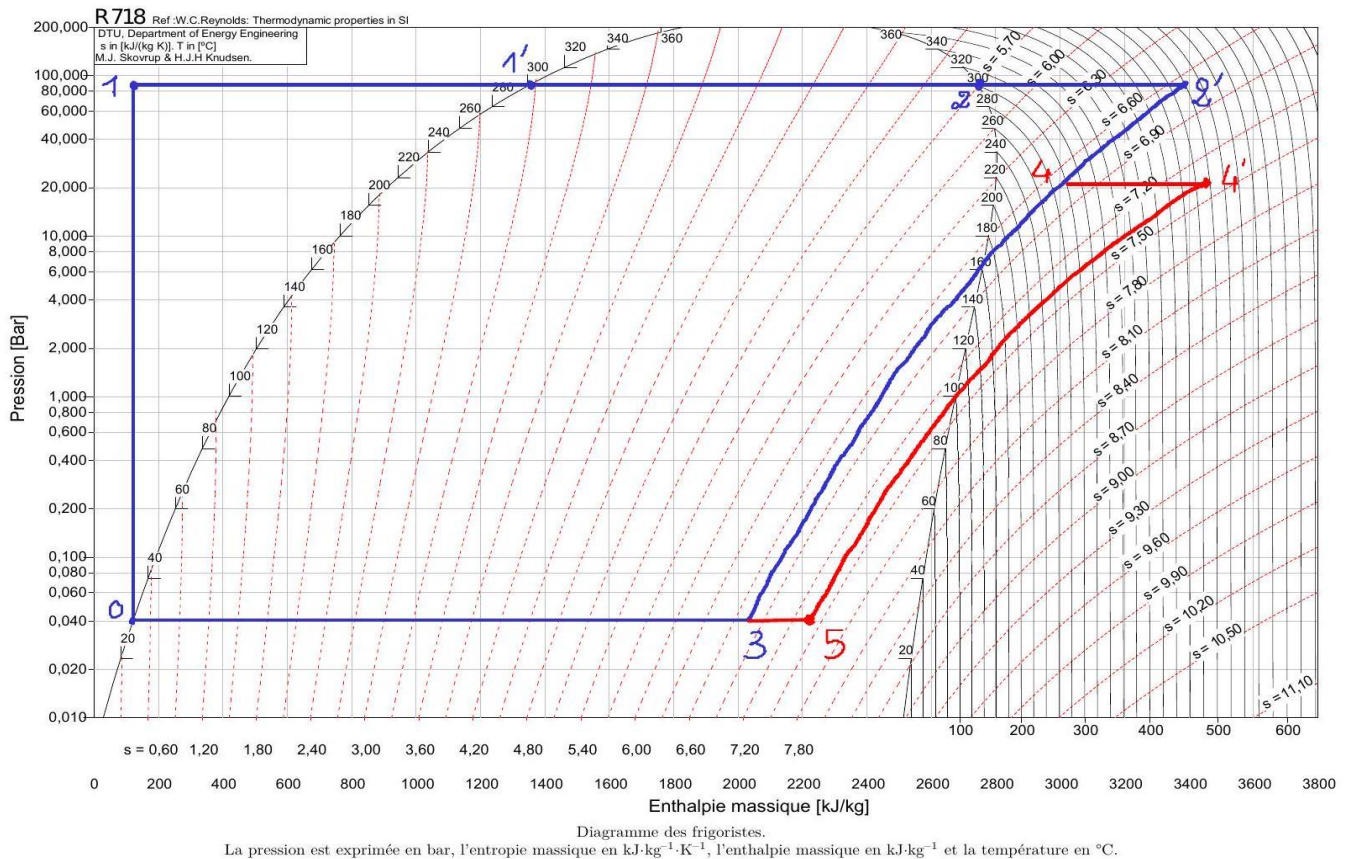
Problème 2.Extrait centrale psi 2024. Cycle de Hirn.

Figure 1 - cycles du circuit secondaire, surchauffe simple (Q18, bleu), double surchauffe (Q22, bleu et rouge)

Q16) Formule du cours : $h_s - h_e = w_u + q$

Q17) D'après le formulaire, pour une masse quelconque d'eau liquide (phase condensée) traversant la pompe de manière isentropique

$$0 = \Delta S = C \ln \left(\frac{T_{\text{sortie}}}{T_{\text{entrée}}} \right)$$

d'où $T_{\text{sortie}} \approx T_{\text{entrée}}$ (la relation précédente donnée par l'énoncé est approchée). Comme l'écoulement est stationnaire, les températures d'entrée et de sortie sont indépendantes du temps, donc $T_1 \approx T_0$.

Comme $h_1 - h_0 = c_p(T_1 - T_0) \approx 0$ on en déduit $h_1 \approx h_0$.

D'après les relations $\Delta S = C \ln(T_f - T_i)$ pour une phase condensée et $\Delta h = c_p(T_f - T_i)$, les isentropiques du diagramme des frigoristes dans la zone liquide sont confondues avec les isothermes et avec les isenthalpes : ce sont donc des segments verticaux.

Q18) Dans le diagramme des frigoristes :

a) la courbe en cloche délimite le domaine diphasique liquide-vapeur; elle est constituée

- de la courbe d'ébullition (partie située à basse enthalpie jusqu'au maximum qui correspond au point critique), qui correspond au liquide saturant,
- de la courbe de rosée (partie située à haute enthalpie, depuis le point critique) qui correspond à la vapeur saturante ;

b) les courbes côté vapeur qui se confondent avec les verticales à basse pression sont les isothermes (comportement du gaz parfait à basse pression, où l'enthalpie ne dépend que de la température) ;

c) les courbes en pointillés tracées dans le domaine diphasique et le domaine de la vapeur, de pente positive sont les isentropiques;

d) les isobares sont les horizontales, les isenthalpes les verticales.

Le tracé du cycle est déterminé de la manière suivante :

- le point 0 est un liquide saturé à la pression $p_3 = 0,040$ bar : le point est à l'intersection de la courbe d'ébullition et de l'isobare $p = 0,040$ bar;
- la transformation $0 \rightarrow 1$ est isentropique dans le domaine liquide jusqu'à la pression $p_2 = 85,8$ bar : elle est représentée par une verticale (Q17) jusqu'à l'intersection avec l'isobare 85,8 bar ;
- la transformation $1 \rightarrow 2'$ est isobare donc représentée par une horizontale menée depuis le point (1), avec des intersections successives avec la courbe d'ébullition (1'), la courbe de rosée (2) et l'isotherme $T_{2'} = 500^\circ\text{C}(2')$;
- la détente $2' \rightarrow 3$ est isentropique, et ramène à la température $T_0 = 29^\circ\text{C}$, (3) étant situé dans le domaine diphasique, à l'intersection de l'isentropique menée depuis (2') et de l'isobare p_3 , puisque (T_0, p_3) correspond à un équilibre liquide-vapeur.

Q19) Pour l'état (2'), $T_{2'} = 500^\circ\text{C}$, $p_{2'} = p_1 = 85,8$ bar, donc d'après l'énoncé $s_{2'} = 6,68 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. Comme la détente $2' \rightarrow 3$ est isentropique, $s_3 = s_{2'} = 6,68 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$. L'état (3) est un mélange diphasique de fraction massique en vapeur x à la pression 0,04 bar, donc on peut écrire

$$s_3 = x s_V(0,04 \text{ bar}) + (1 - x) s_L(0,04 \text{ bar})$$

$$x = \frac{s_3 - s_L(0,04 \text{ bar})}{s_V(0,04 \text{ bar}) - s_L(0,04 \text{ bar})} = \frac{6,68 - 0,42}{8,47 - 0,42} = 0,78$$

De même

$$h_3 = x h_V(0,04 \text{ bar}) + (1 - x) h_L(0,04 \text{ bar}) = 0,78 \times (2554 - 121) + 121 = 2,01 \times 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$x = 0,78 \quad ; \quad h_3 = 2,01 \times 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Q20) Le travail massique utile $w_u = -w_{ind23}$ est fourni par la vapeur traversant la turbine, l'énergie massique dépensée q est fournie à l'eau sous forme de transfert thermique dans le générateur de vapeur. On peut donc définir le rendement par

$$\eta = \frac{w_u}{q}$$

Le premier principe appliqué à l'écoulement dans la turbine (transformation $2' \rightarrow 3$ supposée adiabatique, et pour laquelle le travail massique reçu par le fluide vaut $-w_u$) et dans le générateur de vapeur (transformation $1 \rightarrow 2'$ supposée sans travail échangé) s'écrit

$$-w_u = h_3 - h_{2'}; q = h_{2'} - h_1$$

d'où, comme la transformation $0 \rightarrow 1$ est isenthalpe (Q17), avec $h_1 = h_0 = h_L(0,04 \text{ bar}) = 121 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, et en utilisant la donnée de l'énoncé $h_{2'} = 3391 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ et le résultat de la question Q19 $h_3 = 2,01 \times 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

$$\eta = \frac{h_{2'} - h_3}{h_{2'} - h_1} = \frac{3391 - 2,01 \times 10^3}{3391 - 121} = 0,42$$

Q21) On écrit le premier et le second principe de la thermodynamique pour la machine réversible qui reçoit les transferts thermiques Q_C et Q_F des sources et le travail W ;

$$\Delta U_{\text{cycle}} = 0 = Q_C + Q_F + W; \Delta S = 0 = \frac{Q_C}{T_C} + \frac{Q_F}{T_F} + S_{\text{créé}} = \frac{Q_C}{T_C} + \frac{Q_F}{T_F}$$

On déduit du second principe la relation

$$Q_F = -\frac{T_F}{T_C} Q_C$$

L'efficacité est définie par

$$\eta_C = \frac{-W}{Q_C} = \frac{Q_C + Q_F}{Q_C} = 1 + \frac{Q_F}{Q_C} = 1 - \frac{T_F}{T_C}$$

Pour le fluide $T_C = T_{2'} = 500^\circ\text{C} = 773\text{ K}$ et $T_F = T_0 = 29^\circ\text{C} = 302\text{ K}$, soit

$$\eta_C = 1 - \frac{T_F}{T_C} = 1 - \frac{302}{773} = 0,61$$

$\eta < \eta_C$ car le rendement de Carnot est le rendement maximal qui puisse être obtenu pour un fluide évoluant au contact d'une source froide et d'une source chaude. L'écart s'explique par les irréversibilités du cycle réel.

Q22)

- les états 0 (liquide saturé à $T_0 = 29^\circ\text{C}$ donc $p_3 = 0,04\text{ bar}$), 1,2 (vapeur saturante à $T_2 = 300^\circ\text{C}$ donc $p_2 = 85,8\text{ bar}$) et 2' (vapeur sèche à $T_{2'} = 500^\circ\text{C}$ et $p_2 = 85,8\text{ bar}$) correspondant à la compression isentropique, à la génération de vapeur et à la première surchauffe sont inchangés ;
- la première détente suit l'isentropique depuis 2' jusqu'à son intersection avec l'isotherme $T_4 = 300^\circ\text{C}$;
- la seconde surchauffe suit l'isobare horizontale depuis 4 jusqu'à son intersection avec l'isotherme $T_{4'} = 500^\circ\text{C}$;
- la seconde détente suit l'isentropique depuis 4' jusqu'à son intersection avec la courbe de rosée ($x = 1$, état 5);
- cependant cette intersection ($T = 100^\circ\text{C}$, $P = 1\text{ bar}$) ne correspond ni à l'isotherme $T_0 = 29^\circ\text{C}$ ni à l'isobare $p_3 = 0,04\text{ bar}$ auxquelles est censé correspondre la condensation $5 \rightarrow 0$;
- si on suppose que la détente se poursuit jusqu'à la pression p_3 l'état 5' est diphasé, avec $h_{5'} \approx 2200\text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, ce qui conduit à $x_{5'} = 0,91$, moins riche en liquide que le liquide obtenu avec une surchauffe simple (et valeur qui semble admise pour un fonctionnement correct d'une turbine, même si on peut difficilement dire que $x \approx 1$).

En considérant l'état 5', on lit sur le diagramme les nouvelles valeurs :

$$h_4 = 3000\text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}; h_{4'} = 3450\text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}; h_{5'} = 2200\text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Le travail utile est récupéré sur les deux turbines supposées adiabatiques. Le travail massique reçu par la vapeur dans les turbines vaut :

$$w_{2' \rightarrow 4} = h_4 - h_{2'} = 3000 - 3391 = -391\text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$w_{4' \rightarrow 5'} = h_{5'} - h_{4'} = 2200 - 3450 = -1250\text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

soit un travail massique utile

$$w_u = -(w_{2' \rightarrow 4} + w_{4' \rightarrow 5'}) = 1641\text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

La chaleur massique à fournir à l'eau dans le générateur de vapeur et dans les deux surchauffes sans échange de travail vaut

$$q_{1 \rightarrow 2'} = h_{2'} - h_1 = 3391 - 121 = 3270 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}; q_{4 \rightarrow 4'} = h_{4'} - h_4 = 3450 - 3000 = 450 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

$$q = 3720 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

On en déduit

$$\eta = \frac{1641}{3720} = 0,44$$

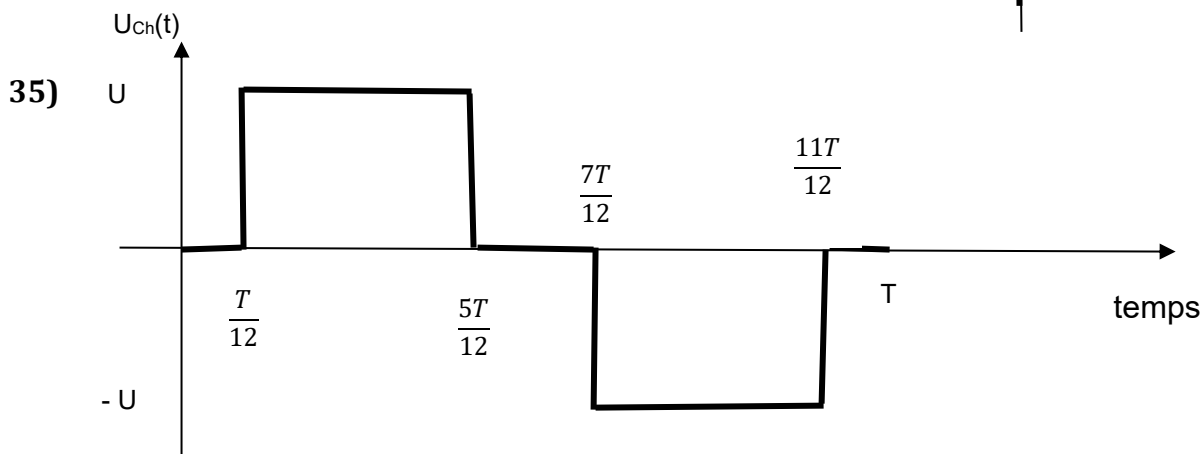
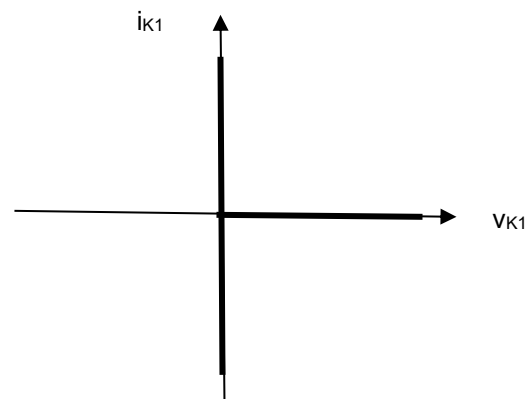
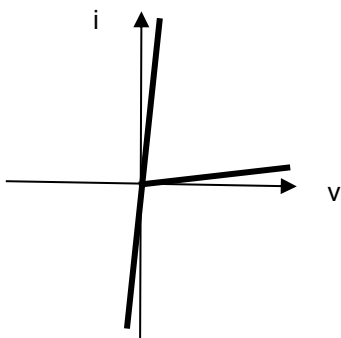
La double surchauffe améliore légèrement le rendement et permet d'obtenir un titre en vapeur plus élevé à la sortie de la turbine basse pression.

Problème n°3. Extrait ccp 2025 psi.

33) a) Onduleur ; b) Redresseur ; c) Hacheur.

34)

Si on considère le transistor et la diode idéaux :



Le signal $U_{ch}(t)$ est centré sur 0 V, $U_{moy} = 0$ V.

$$U_{eff}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)^2 dt = \frac{1}{T} \left(\frac{8T}{12} U^2 \right) = \frac{2U^2}{3}$$

$$U_{eff} = U \sqrt{\frac{2}{3}}$$

36) On se place en parallèle avec la charge, en mode DC on mesure U_{moy} , en mode AC on mesure U_{eff} . On commence par le calibre le plus élevé et on diminue tant que possible pour gagner en précision.

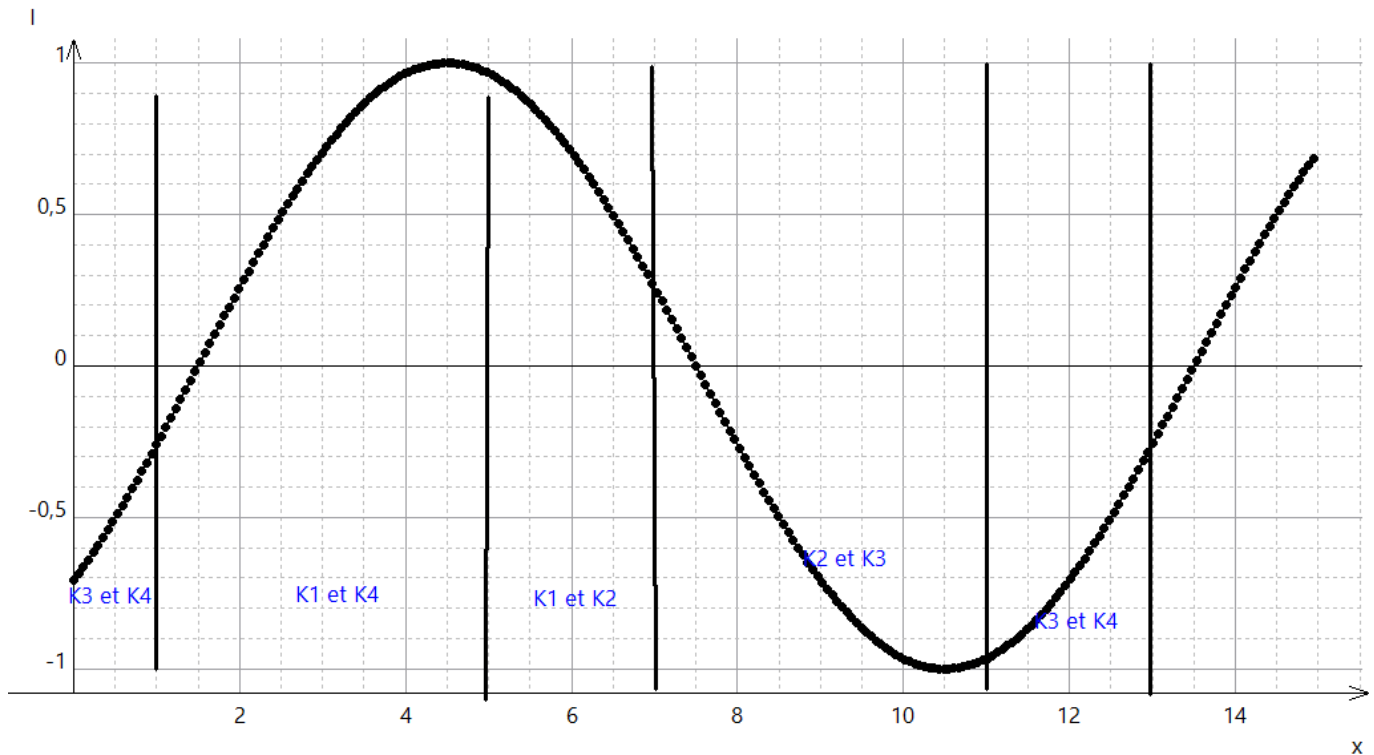
37) $T = 20$ ms, c'est la période du secteur ou le 50 Hz.

38) Le courant est une fonction continue du temps donc la charge est de nature inductive.

Après $t=0$, le premier passage part 0 à lieu à l'instant $T/8$, ce qui conduit à une phase négative.

$$\varphi = -\frac{2\pi T}{8} = -\frac{\pi}{4}.$$

39) Je recopie le courant en indiquant les interrupteurs fermés, donc ceux où passe le courant :



Pour les trois premiers courants, l'intervalle intéressant est entre $T/12$ et $7T/12$. On reconnaît alors $i_{K1}(t)$ comme étant d. Pour le transistor, c'est alors c. Pour la diode b.

La source ne fournit de courant si (K2,K3) fermés ou (K1,K4) fermés. Dans le premier cas, on retrouve $i_{K1}(t)$ donc c'est e.

$i_{K1}(t)$: cas d	$i_{T1}(t)$: cas c	$i_{D1}(t)$: cas b	$i_S(t)$: cas e
---------------------	---------------------	---------------------	------------------

40) A la date $t = \frac{T}{12}$, c'est la diode qui se met à conduire. Donc inutile de commander si tôt le transistor. Par contre il faut le faire à partir de la date $t = \frac{T}{8}$, pour mettre en conduction le transistor.

41) $P_{moy} = \frac{1}{T} \int_0^T U i_S(t) dt = \frac{2UI_{max}}{T} \int_{\frac{T}{12}}^{\frac{5T}{12}} \sin(\omega t + \varphi) dt$ en simplifiant

$$P_{moy} = -\frac{2UI_{max}}{\omega T} \left[\cos\left(\frac{10\pi}{12} + \varphi\right) - \cos\left(\frac{2\pi}{12} + \varphi\right) \right] = \frac{2UI_{max}}{2\pi} 2 \cos\varphi \sin\frac{\pi}{3} = \frac{UI_{max}}{\pi} \sqrt{3} \cos\varphi.$$

$$P_{moy} = \frac{UI_{max}}{\pi} \sqrt{3} \cos\varphi$$

Problème n°4. Extrait ccp 2025 mp.

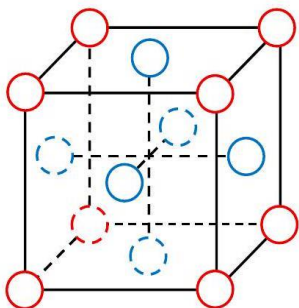
Q31. Un atome de plomb $^{207}_{82}\text{Pb}$ est constitué de 82 protons, de $207 - 82 = 125$ neutrons et 82 électrons.

Q32. Des isotopes sont des atomes ayant le même nombre de protons et des nombres de neutrons différents.

Par définition de la proportion : $x + y + 22 + 52 = 100$.

Par définition de la masse molaire : $\frac{x}{100} \times 204 + \frac{y}{100} \times 206 + \frac{22}{100} \times 207 + \frac{52}{100} \times 208 = 207,2$.

Q33. On représente la maille cubique à faces centrées.



La population de la maille est : $N = 8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ atomes.

La masse volumique se calcule : $\rho_{\text{Pb}} = \frac{m_{\text{atomes}}}{V_{\text{maille}}} = \frac{Nm_{\text{Pb}}^*}{a^3} = \frac{NM_{\text{Pb}}}{N_A a^3}$.

$$\text{AN. } \rho_{\text{Pb}} = \frac{4 \times 207,2 \cdot 10^{-3}}{6,0 \cdot 10^{23} \times (5,0 \cdot 10^{-10})^3} = 1,1 \cdot 10^4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} = 11 \text{ t} \cdot \text{m}^{-3}.$$

Q34. La proportion en masse de la solution est :

$$p = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{m_{\text{solution}}} = 33\% \text{ avec } m_{\text{solution}} = m_{\text{H}_2\text{SO}_4} + m_{\text{H}_2\text{O}}.$$

$$\text{On a donc : } m_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{pm_{\text{H}_2\text{O}}}{1-p}.$$

La concentration molaire volumique est :

$$C = \frac{n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{solution}}} = \frac{m_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{V_{\text{solution}} M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{pm_{\text{H}_2\text{O}}}{(1-p)V_{\text{solution}} M_{\text{H}_2\text{SO}_4}} = \frac{p\rho_{\text{H}_2\text{O}}}{(1-p)M_{\text{H}_2\text{SO}_4}}.$$

$$\text{AN. } C = \frac{0,33 \times 1,0 \cdot 10^3}{(1-0,33) \times 98 \cdot 10^{-3}} = 5,0 \cdot 10^3 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} = 5,0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Remarque : on retrouve presque la valeur annoncée, l'écart provient du fait que l'on trouve 4 lorsque l'on réalise des arrondis pour simplifier les calculs sans calculatrice.

Q35. En considérant l'acide sulfurique fort pour ses deux acidités, il va réagir totalement avec l'eau et libérer deux ions hydrogène $\text{H}_{(\text{aq})}^+$.

$$\text{On a alors : } [\text{H}_3\text{O}_{(\text{aq})}^+] = 2C = 8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}.$$

Le pH est alors :

$$\text{pH} = -\log \left(a(\text{H}_3\text{O}_{(\text{aq})}^+) \right) = -\log \left(\frac{[\text{H}_3\text{O}_{(\text{aq})}^+]}{c^0} \right) = -\log (8) = -3\log (2) = -0,9.$$

On trouve un pH négatif, la concentration en ion oxonium est trop importante pour pouvoir égaliser l'activité de l'espèce avec sa concentration.

Q36. La réaction de dissolution du sulfate de plomb est : $PbSO_{4(s)} = Pb_{(aq)}^{2+} + SO_{4(aq)}^{2-}$ de constante $K_s = 1,6 \cdot 10^{-8}$. Il y a précipitation si le quotient de réaction est supérieur au produit de solubilité : $Q > K_s$.

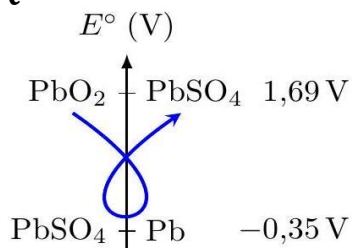
Il faut donc : $\frac{[Pb_{(aq)}^{2+}] \cdot [SO_{4(aq)}^{2-}]}{c^0} > K_s$. Et donc : $[Pb_{(aq)}^{2+}] > \frac{K_s c^0}{[SO_{4(aq)}^{2-}]} = \frac{K_s c^0}{c}$.

Le solide apparaît à partir de la concentration minimale : $[Pb_{(aq)}^{2+}]_{min} = \frac{K_s c^0}{c}$.

$$AN. [Pb_{(aq)}^{2+}]_{min} = \frac{1,6 \cdot 10^{-8} \times 1^2}{4} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ mol} \cdot L^{-1}.$$

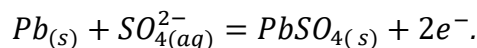
Comme la concentration d'équilibre en ions plomb (II) est très faible, une infime quantité d'ions plomb (II) va provoquer la précipitation de sulfate de plomb. La forme prépondérante sera donc la forme solide $PbSO_{4(s)}$.

Q37.

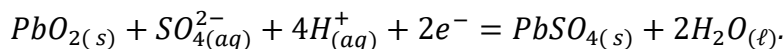


Le schéma de principe de la batterie indique que l'anode correspond au couple $PbSO_{4(s)}/Pb_{(s)}$ et la cathode au couple $PbO_{2(s)}/PbSO_{4(s)}$.

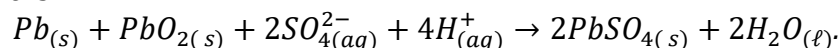
À l'anode la demi-équation électronique est la réaction d'oxydation du couple $PbSO_{4(s)}/Pb_{(s)}$. On a donc :



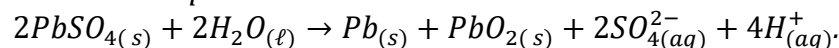
À la cathode la demi-équation électronique est la réaction de réduction du couple $PbO_{2(s)}/PbSO_{4(s)}$. On a donc :



En situation de décharge l'équation bilan est la somme des deux demi-équations électroniques précédentes, on a alors :



En situation de charge la batterie fonctionne en électrolyse, l'anode et la cathode s'inverse et l'équation bilan est la réaction inverse de la précédente :



Q38. La force électromotrice de la batterie est : $e = E_C - E_A$.

On utilise la formule de Nerst :

- pour la cathode : $E_C = E_2^0(PbO_{2(s)}/PbSO_{4(s)}) + \frac{0,06}{2} \log \left(\frac{[SO_{4(aq)}^{2-}] \cdot [H_{(aq)}^+]^4}{c^0} \right)$;
- pour l'anode : $E_A = E_1^0(PbSO_{4(s)}/Pb_{(s)}) + \frac{0,06}{2} \log \left(\frac{c^0}{[SO_{4(aq)}^{2-}]} \right)$.

En bilan on a donc :

$$e = E_2^0(PbO_{2(s)}/PbSO_{4(s)}) - E_1^0(PbSO_{4(s)}/Pb_{(s)}) + \frac{0,06}{2} \log \left(\frac{[SO_{4(aq)}^{2-}]^2 \cdot [H_{(aq)}^+]^4}{c^0} \right).$$

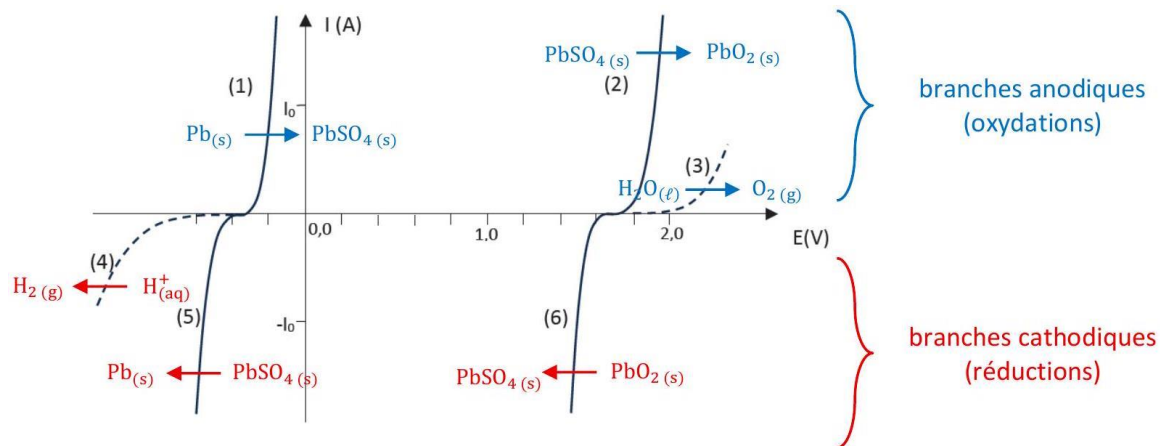
Et finalement :

$$e = E_2^0(\text{PbO}_{2(s)}/\text{PbSO}_{4(s)}) - E_1^0(\text{PbSO}_{4(s)}/\text{Pb}_{(s)}) + 0,06 \log \left(\frac{[\text{SO}_4^{2-}(\text{aq})] \cdot [\text{H}^+(\text{aq})]^2}{c_0^3} \right).$$

$$\text{AN. } e = 1,69 - (-0,35) + 0,06 \times \log(100) = 1,69 + 0,35 + 0,12 = 2,16 \text{ V.}$$

Pour réaliser une batterie de 12 V, il faut associer 6 éléments de batterie en série.

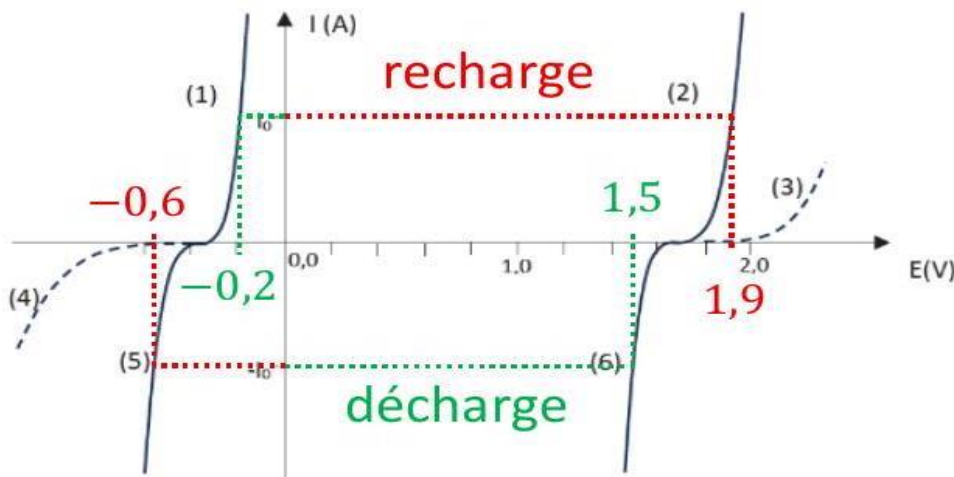
Q39. On associe les couples sur les courbes intensité-potential fournies. En utilisant les valeurs des potentiels à l'équilibre, on identifie le couple $\text{PbSO}_{4(s)}/\text{Pb}_{(s)}$ pour les courbes (1) et (5) et le couple $\text{PbO}_{2(s)}/\text{PbSO}_{4(s)}$ pour les courbes (2) et (6).



Q40. On lit les potentiels cathodique et anodique des deux pôles de la batterie lors de la décharge sur les courbes intensité-potential : $E_C = 1,5 \text{ V}$ et $E_A = -0,2 \text{ V}$.

À la décharge, la tension disponible est : $e = E_C - E_A = 1,7 \text{ V}$.

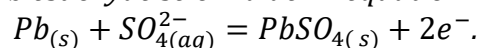
Q41. On lit les potentiels cathodique et anodique des deux pôles de la batterie lors de la recharge sur les courbes intensité-potential : $E_C = -0,6 \text{ V}$ et $E_A = 1,9 \text{ V}$.



La tension nécessaire pour la recharge : $U = E_A - E_C = 2,5 \text{ V}$.

On remarque que l'on est déjà à la limite de l'électrolyse de l'eau. Ainsi si on augmente la tension U on prend le risque de produire des gaz et donc le risque d'une explosion.

Q42. Lors de la décharge, le plomb est oxydé selon la demi-équation :



La stœchiométrie permet d'écrire : $n_{\text{pb}} = \frac{n_e}{2}$.

En notant Q la capacité totale de la batterie, la quantité d'électrons échangés est $n_e = \frac{pQ}{F}$ avec p le pourcentage de la capacité utilisée.

On a donc : $m_{Pb} = n_{Pb} M_{Pb} = \frac{n_e M_{Pb}}{2} = \frac{p Q M_{Pb}}{2 F}$.

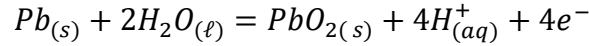
AN. $m_{Pb} = \frac{0,50 \times 40 \times 3600 \times 207,2}{2 \times 96500} = 77 \text{ g}$.

Q43. On lit les données sur la figure fournie : $U = 12 \text{ V}$ et $Q = 40 \text{ A} \cdot \text{h}$.

L'énergie massique de la batterie se calcule : $w = \frac{\varepsilon}{m} = \frac{\mathcal{P} \Delta t}{m} = \frac{U I \Delta t}{m} = \frac{U Q}{m}$.

AN. $w = \frac{12 \times 40}{9,8} = 49 \text{ W} \cdot \text{h} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Q44. Demi-équation de la réaction d'oxydation du plomb en PbO_2 :



La borne positive (cathode) étant le lieu de la réduction en décharge (fonctionnement spontané). Cette réaction d'oxydation aura lieu uniquement pour la charge de la batterie (borne $\oplus$ devient l'anode).

On a vu que la borne positive est l'anode lors de la charge de la batterie, ce n'est donc que dans ce cas là que la dégradation de la batterie aura lieu.