

Contenu :

Pour les 3/2 sauf Claire MP-MPI – Ex 1 : Condensateur terrestre	1
électrostatique	
Pour les 5/2 et Claire – Ex 1 : Séparation de charges dans un plasma à une dimension	2
électrostatique	
MP – Ex 2 : Du trioxyde d'uranium au tétrafluorure d'uranium	3
thermochimie	
MPI – Ex 2 : Interrupteurs commandés	6
logique combinatoire	
MPI – Ex 3 : Mélange d'espèces acido-basiques	6
<i>réactions acide-base</i>	

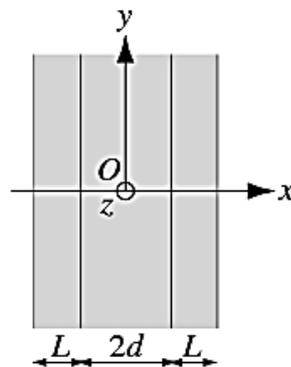
Pour les 3/2 sauf Claire MP-MPI – Ex 1 : Condensateur terrestre

→ ex 7 TDEM1

Pour les 5/2 et Claire – Ex 1 : Séparation de charges dans un plasma à une dimension

Un plasma est un milieu gazeux ionisé dans lequel la répartition des charges négatives (principalement des électrons) et des charges positives (les cations) satisfait approximativement la neutralité électrique. Une éventuelle séparation des charges positives et négatives fait en effet naître un champ électrique qui tend à la faire disparaître. Dans cet exercice, on examine ce champ électrique et on introduit la longueur de Debye qui caractérise la séparation des charges due à l'agitation thermique des charges du plasma.

Pour simplifier, on considère le plasma comme un milieu continu à une dimension constitué de cations mono-chargés immobiles et d'électrons en agitation thermique à la température T . Les cations sont uniformément répartis, en concentration n , entre deux plans parallèles infinis distants de $2d$. Les électrons, en même nombre global que les cations, sont uniformément répartis dans un volume qui englobe celui qu'occupent les cations et a une épaisseur supplémentaire L de chaque côté (voir figure ci-dessous). On repère un point M de l'espace par ses coordonnées cartésiennes dans le repère $(Oxyz)$ dont l'origine est sur le plan médian de la distribution et l'axe Ox est normal aux plans limitant les distributions de charges.



1. Indiquer les propriétés de symétrie de la distribution de charges et leurs conséquences sur le champ électrique et le potentiel créés en tout point de l'espace.
2. a. Déterminer le champ électrique \vec{E}_c créé en tout point de l'espace par les cations.
b. En déduire le potentiel électrostatique V_c correspondant en choisissant $V_c(x=0) = 0$.
c. Représenter graphiquement les variations du champ et du potentiel.
3. a. Déterminer le champ \vec{E}_e et le potentiel V_e créés en tout point de l'espace par les électrons.
b. En déduire une représentation graphique du champ E et du potentiel V créés par l'ensemble du plasma.
c. Calculer la variation d'énergie potentielle d'un électron du plasma se déplaçant entre les abscisses $x = d$ et $x = d + L$.
4. a. En admettant que la barrière d'énergie potentielle qui vient d'être mise en évidence est de l'ordre de l'énergie cinétique moyenne d'agitation thermique $\frac{1}{2}k_B T$, k_B étant la constante de Boltzmann, et que $L \ll d$, estimer la longueur L appelée longueur de Debye.
b. Commenter la variation de L avec la densité n du plasma et la température T des électrons.
c. Application numérique : calculer L pour $n = 10^6$ ou 10^{14} cations par cm^3 et $T = 300$ ou 10^8 K.

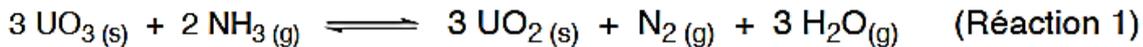
MP – Ex 2 : Du trioxyde d'uranium au tétrafluorure d'uranium

Réduction du trioxyde d'uranium en dioxyde d'uranium

Le dioxyde d'uranium est le plus souvent obtenu par réduction du trioxyde d'uranium via l'action d'un gaz réducteur comme le dihydrogène ou l'ammoniac ou via l'action d'un solide réducteur comme le carbone.

Réduction du trioxyde d'uranium par l'ammoniac

Le trioxyde d'uranium est réduit en dioxyde d'uranium par l'ammoniac selon la réaction :



Q14- Calculer l'enthalpie standard de réaction $\Delta_r H_1^\circ$ à 298 K pour cette réaction de réduction. A l'aide d'un raisonnement permettant d'établir le sens de variation de la constante d'équilibre thermodynamique K_1° de la réaction avec la température, indiquer si la formation de UO_2 est favorisée à haute ou basse température.

Q15- Calculer l'entropie standard de réaction $\Delta_r S_1^\circ$ à 298 K.

Q16- En supposant que $\Delta_r H_1^\circ$ et $\Delta_r S_1^\circ$ sont indépendants de la température, déterminer l'enthalpie libre standard de réaction $\Delta_r G_1^\circ(T)$.

Q17- Calculer la constante d'équilibre K_1° à 900 K. Conclure.

Réduction du trioxyde d'uranium par le carbone solide

Dans le cas de la réduction du trioxyde d'uranium par le carbone solide, la réaction se produit grâce à la mise en contact des poudres des solides des deux phases. Le déroulement de la réaction va alors dépendre fortement de la qualité du mélange. Afin de mieux comprendre et contrôler les phénomènes mis en jeu au cours de la carboréduction, des études ont été réalisées sur l'effet d'un broyage du mélange des deux poudres par une analyse thermogravimétrique (Figure 3), technique qui consiste en la mesure de la variation de masse d'un échantillon en fonction de la température (pour une température variant de la température ambiante à 900 °C dans notre cas).²

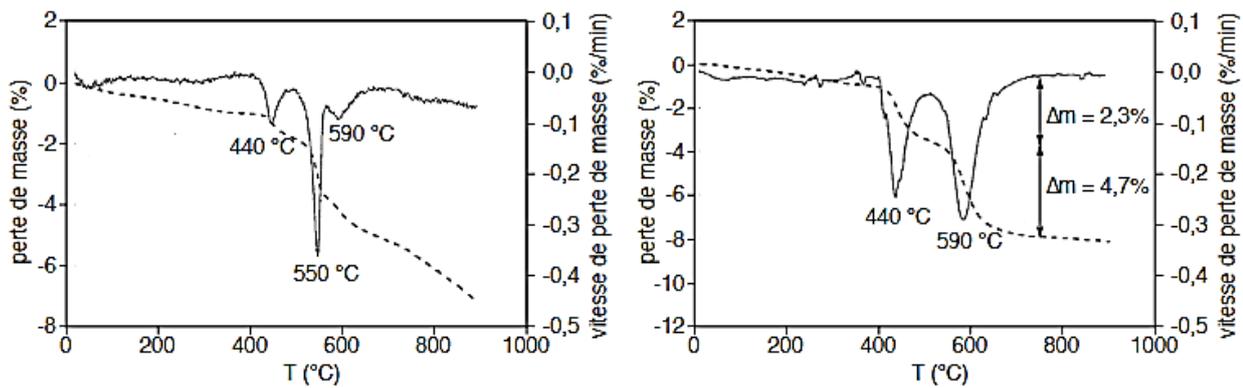
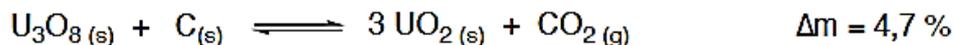
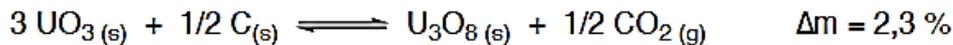


Figure 3. Courbes de perte de masse (pointillés) et vitesse de perte de masse (trait plein) pour le mélange non broyé (gauche) et broyé (droite).²

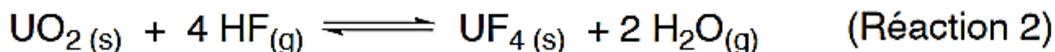
D'après les calculs de perte de masse théorique et compte tenu de la stœchiométrie UO_3/C du mélange, les pics de perte de masse situés à 440 °C et 590 °C sont attribués aux deux transformations suivantes (les pertes de masses étant données pour le mélange broyé) :



Q18- A l'aide de la Figure 3, expliquer si le broyage du mélange solide favorise la formation du dioxyde d'uranium et proposer une interprétation possible.

Obtention du tétrafluorure d'uranium

Le dioxyde d'uranium est transformé en tétrafluorure d'uranium au cours d'une hydrofluoration par voie sèche selon la réaction 2 :



Cet équilibre a été étudié sous une pression de 1 bar en faisant passer du fluorure d'hydrogène gazeux sur du dioxyde d'uranium solide. Le rapport des pressions partielles à l'équilibre $x = \frac{P_{\text{HF}}}{P_{\text{H}_2\text{O}}}$ est égal à 10^{-2} dans le gaz sortant à 200 °C.

Q19- En déduire la constante d'équilibre thermodynamique K_2° de la réaction à cette température.

Annexe 1. Constantes usuelles et approximations de calculs.

Constante d'Avogadro : $N_A \approx 6.10^{23} \text{ mol}^{-1}$.

Constante des gaz parfaits : $R \approx 8 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$.

On considèrera : $\frac{4}{\sqrt{3}} \approx 2,3$; $\ln x \approx 2,3$ et $\frac{RT}{F} \times \ln x \approx 0,06 \times \log x$ à 298 K ; $\pi \approx 3$; $110^3 \approx 1,3.10^6$; $120^3 \approx 1,7.10^6$; $530^3 \approx 150.10^6$.

Annexe 2. Principaux isotopes de l'uranium et abondances naturelles et masse molaires.

$^{238}_{92}\text{U}$ (99,27%), $^{235}_{92}\text{U}$ (0,72%), et $^{234}_{92}\text{U}$ (0,005%).

Masse molaire de l'oxygène $^{16}_8\text{O}$: $16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

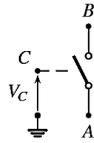
Annexe 6. Données thermodynamiques (considérées indépendantes de la température).

Espèce	N_2 (g)	NH_3 (g)	HF (g)	H_2O (g)	UO_2 (s)	UO_3 (s)	UF_4 (s)
$\Delta_f H^\circ$ ($\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$)	0	-47	-270	-240	- 1100	- 1200	- 1900
S_m° ($\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)	190	190	170	190	80	100	150

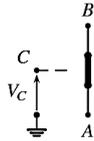
MPI – Ex 2 : Interrupteurs commandés

Les portes logiques électroniques sont mises en œuvre à l'aide de blocs semi-conducteurs qui fonctionnent comme des interrupteurs commandés en tension. C'est un composant à 3 bornes A, B et C qui se comporte comme un interrupteur entre les bornes A et B qui est ouvert ou fermé selon la valeur du potentiel V_C :

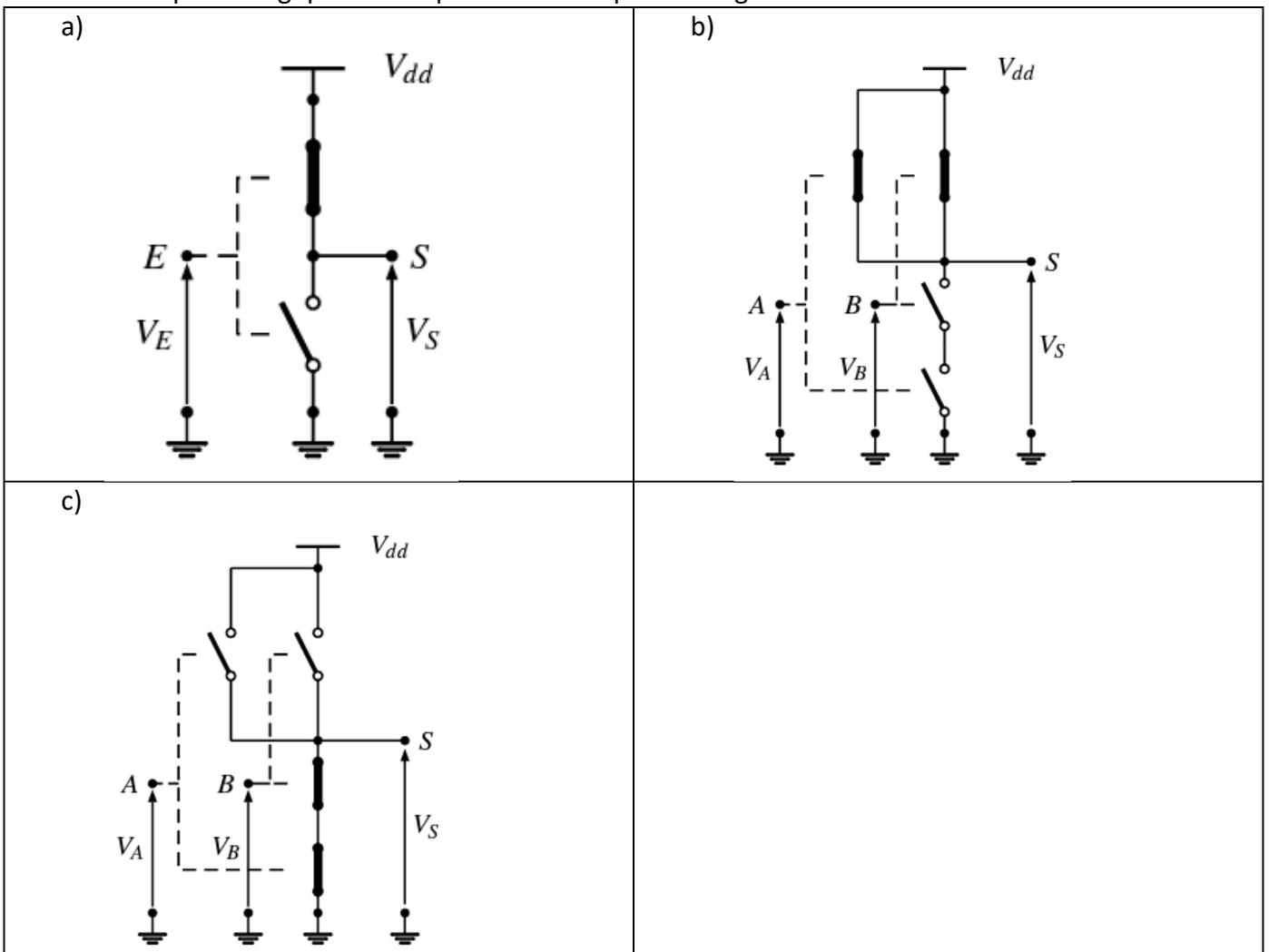
- soit l'interrupteur est ouvert pour $V_C = 0$ et fermé pour $V_C = V_{dd}$



- soit l'interrupteur est fermé pour $V_C = 0$ et ouvert pour $V_C = V_{dd}$

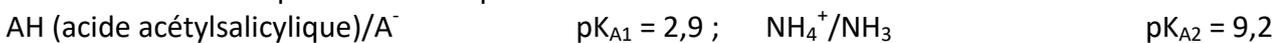


Les figures ci-dessous donnent la réalisation de portes logiques avec des interrupteurs commandés. Identifier les portes logiques correspondant à chaque montage.



MPI – Ex 3 : Mélange d'espèces acido-basiques

On considère les couples acido-basiques suivants :



Dans un volume V d'eau distillée, on met en solution AH, A⁻, NH₄⁺ et NH₃.

- ☞ Prévoir la réaction qui va se produire spontanément : donner son équation bilan et la valeur de sa constante d'équilibre K°.