

Programme de Colle PSI

Semaine 22 : du 25 au 29 mars

En exercice : écoulements libres (portance, traînée). Tout exercice d'oxydo-réduction de SUP et de diagramme potentiel-pH. A partir de mercredi, on pourra proposer des exercices très guidés sur les courbes intensité-potentiel.

Chute de pression dans une conduite horizontale. Résistance hydraulique.	Dans le cas d'un écoulement à bas nombre de Reynolds, établir la loi de Hagen-Poiseuille et en déduire la résistance hydraulique. Exploiter le graphe de la chute de pression en fonction du nombre de Reynolds, pour un régime d'écoulement quelconque. Exploiter un paramétrage adimensionné permettant de transposer des résultats expérimentaux ou numériques sur des systèmes similaires réalisés à des échelles différentes.
2.4.4. Écoulement externe incompressible et homogène autour d'un obstacle	
Force de traînée subie par une sphère solide en mouvement rectiligne uniforme. Coefficient de traînée C_x ; graphe de C_x en fonction du nombre de Reynolds.	Associer une gamme de nombre de Reynolds à un modèle de traînée linéaire ou un modèle quadratique.
Notion de couche limite.	Pour les écoulements à grand nombre de Reynolds décrire qualitativement la notion de couche limite.
Forces de traînée et de portance d'une aile d'avion à haut Reynolds.	Définir et orienter les forces de portance et de traînée. Exploiter les graphes de C_x et C_z en fonction de l'angle d'incidence.

Notions et contenus	Capacités exigibles
8.1. Étude thermodynamique des réactions d'oxydo-réduction	
Relation entre enthalpie libre de réaction et potentiels des couples mis en jeu dans une réaction d'oxydo-réduction.	Citer et exploiter la relation entre l'enthalpie libre de réaction et les potentiels des couples mis en jeu dans une réaction d'oxydo-réduction.
Relation entre enthalpie libre standard de réaction et potentiels standard des couples impliqués.	Déterminer l'enthalpie libre standard d'une réaction d'oxydo-réduction à partir des potentiels standard des couples. Déterminer la valeur du potentiel standard d'un couple d'oxydo-réduction à partir de données thermodynamiques.

La partie « **Étude cinétique des réactions d'oxydo-réduction : courbe courant-potentiel** » se fonde sur les acquis de cinétique chimique de première année et les prolongent par le tracé et l'exploitation de courbes courant-potentiel.

Les courbes courant-potentiel, dont le tracé est proposé en capacité expérimentale, sont un outil essentiel dans la compréhension et la modélisation des systèmes électrochimiques.

L'écart entre le potentiel d'une électrode et son potentiel d'équilibre est appelé surpotentiel plutôt que surtension pour des raisons pédagogiques, en cohérence avec le vocabulaire anglo-saxon correspondant.

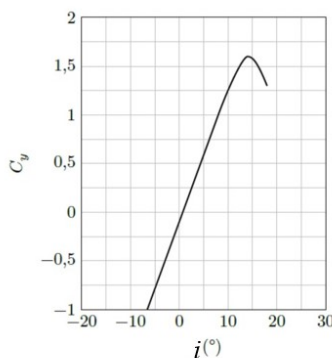
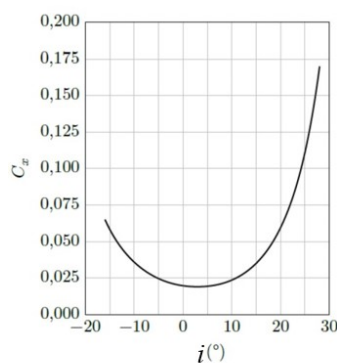
Notions et contenus	Capacités exigibles
8.2. Étude cinétique des réactions d'oxydo-réduction : courbe courant-potentiel	
<p>Courbes courant-potentiel sur une électrode en régime stationnaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - surpotentiel ; - systèmes rapides et systèmes lents ; - nature de l'électrode ; - courant de diffusion limite ; - vagues successives ; - domaine d'inertie électrochimique du solvant. 	<p>Décrire le montage à trois électrodes permettant de tracer des courbes courant-potentiel. Relier vitesse de réaction électrochimique et intensité du courant. Identifier le caractère lent ou rapide d'un système à partir des courbes courant-potentiel. Identifier les espèces électroactives pouvant donner lieu à une limitation en courant par diffusion. Identifier des paliers de diffusion limite sur des relevés expérimentaux. Relier, à l'aide de la loi de Fick, l'intensité du courant de diffusion limite à la concentration du réactif et à la surface immergée de l'électrode. Tracer l'allure de courbes courant-potentiel de branches d'oxydation ou de réduction à partir de données fournies, de potentiels standard, concentrations et surpotentiels.</p> <p>Tracer et exploiter des courbes courant-potentiel.</p>

I Questions de cours à choisir parmi celles-ci

Ecoulements libres

1. Expliquer la notion de couche limite et savoir retrouver son épaisseur caractéristique dans le cas d'une couche collée.
2. Définir la notion de force de traînée et de force de portance.
3. Savoir refaire l'exercice d'application suivant :

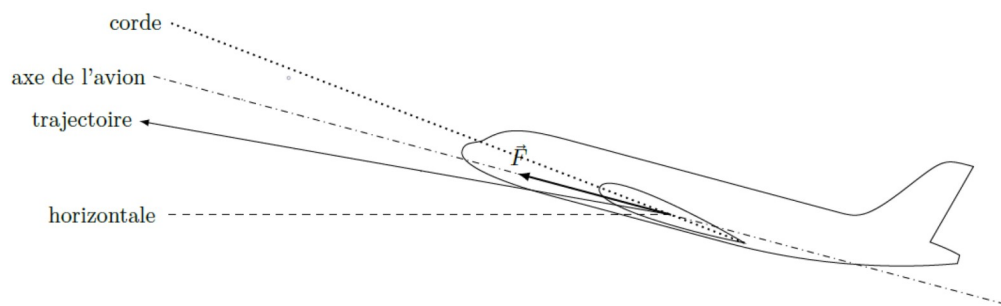
Ci-dessous les allures des coefficients de trainée (gauche) et de portance (droite) en fonction de i pour un profil d'aile tel qu'utilisé sur les Airbus A320.



caractéristiques	valeurs
viscosité dynamique de l'air	10^{-5} Pl
masse volumique de l'air	$1,3 \text{ kg/m}^3$
vitesse commerciale	828km/h
vitesse au décollage	250km/h
longueur corde de l'aile	3,8m
envergure de l'avion	34,10m
masse au décollage	73500kg

- 1- Que vaut le Reynolds de l'écoulement autour de l'A320 ?
- 2- Quelle valeur de i recommandez-vous pour un vol commercial efficace et en toute sécurité ? Que vaut alors la force de portance ? La force de traînée ?

3- On suppose que C_x et C_z sont indépendants de la vitesse dans la gamme de vitesse explorée. Pourquoi les pilotes changent-ils le profil de l'aile au décollage ?



On appelle « angle de calage », l'angle β que fait la corde des ailes avec l'axe longitudinal du fuselage de l'avion. Pour l'avion étudié, il vaut 3° . On appelle « assiette » l'angle A que fait l'axe longitudinal de l'avion avec l'horizontale et « pente » p l'angle que fait le support de la vitesse du centre de masse de l'avion (sa trajectoire) avec l'horizontale. En vol horizontal (pente nulle) et à assiette nulle, la vitesse du centre de masse de l'avion est dirigée suivant son axe longitudinal. En phase de montée ou de descente, le pilote peut modifier l'assiette à pente constante, modifiant ainsi l'angle d'incidence. On suppose que le centre de poussée de l'avion correspond à son centre de masse et que la force de poussée totale \vec{F} produite par les deux turboréacteurs est dirigée selon l'axe longitudinal du fuselage.

- 1-** Représenter les angles i , β , A et p sur le schéma. Indiquer aussi la vitesse de l'air arrivant sur l'avion \vec{v}_∞ .
- 2-** Représenter avec soin sur le schéma les forces de trainée et de portance, ainsi que le poids de l'avion et la poussée des turboréacteurs.
- 3-** En mouvement rectiligne et uniforme, quelle est la relation entre les différentes forces ? Simplifier cette expression dans la phase commerciale du vol (altitude constante et assiette ajustée pour minimiser la consommation de carburant).

Thermodynamique de l'oxydo-réduction

1. Donner les nombres d'oxydation associés à chaque éléments chimique engagés dans une molécule fournie par le colleur (exemples simples uniquement).
2. En reprenant l'exemple de la pile Daniell (pour des concentrations molaires unitaires en Zn^{2+} et en Cu^{2+}) :
 - déterminer les potentiels de Nernst de chacune des demi-piles. On rappelle que $E^\circ(Cu^{2+}/Cu) = 0,34\text{ V}$ et $E^\circ(Zn^{2+}/Zn) = -0,76\text{ V}$.
 - faire un schéma de la pile en indiquant les polarités et toutes grandeurs utiles.
 - Déterminer la réaction ayant lieu spontanément en calculant la constante d'équilibre de l'équation bilan.
 - En fonctionnement spontané, lorsque la pile débite à travers une résistance, indiquer les réactions ayant lieu à chacune des électrodes, le sens du courant, le sens de déplacement des électrons. Identifier cathode et anode.
 - En fonctionnement forcé par un générateur extérieur, indiquer les réactions ayant lieu à chacune des électrodes, le sens du courant, le sens de déplacement des électrons. Identifier cathode et anode.

3. Rappeler l'expression de dG en fonction de l'enthalpie libre de réaction puis en fonction de l'entropie créée et du travail utile échangé. En se plaçant dans le cas particulier d'une transformation réversible, donner, sans démonstration, l'expression de l'enthalpie libre de réaction d'une oxydo-réduction. Retrouver alors par la thermochimie si une réaction d'oxydo-réduction pourra avoir lieu spontanément ou devra être forcée par un générateur extérieur.

Cinétique de l'oxydo-réduction

1. Préciser le sens conventionnel d'orientation du courant pour le tracé d'une courbe $i - E$. En déduire (en le justifiant) le signe du courant selon que l'électrode soit le siège d'une oxydation ou d'une réduction. Faire le lien entre vitesse de réaction $d\xi/dt$ et courant i .
2. Introduire le montage à trois électrodes. Expliquer son intérêt. On précisera en particulier pourquoi un montage à deux électrodes est insuffisant.
3. Allure et tracé qualitatif des courbes $i - E$. Développer les concepts suivants :
 - systèmes lents / rapides et surpotentiels
 - palier de diffusion (on expliquera qualitativement son origine physique)
 - mur du solvant
4. Tracer l'allure de la courbe $i - E$ dans les cas suivants :
 - solution aqueuse telle que $\text{pH} = 1$ contenant du fer(II) à la concentration $[\text{Fe}^{2+}] = [\text{Fe}^{3+}] = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ dans laquelle plonge une électrode de platine.
 - solution aqueuse telle que $\text{pH} = 1$ contenant du fer(II) à la concentration $[\text{Fe}^{2+}] = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (concentration en fer(III) négligeable) dans laquelle plonge une électrode de platine.
 - solution aqueuse telle que $\text{pH} = 1$ contenant du fer(III) à la concentration $[\text{Fe}^{3+}] = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ (concentration en fer(II) négligeable) dans laquelle plonge une électrode de platine.
 - solution aqueuse tel que $\text{pH} = 1$ contenant des ions Ag^+ à la concentration $[\text{Ag}^+] = 0,1 \text{ mol L}^{-1}$ dans laquelle plonge une électrode d'argent.

On rappelle que les couples $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ ($E_1^\circ = 0,77 \text{ V}$) et Ag^+/Ag ($E_2^\circ = 0,80 \text{ V}$) sont rapides.

5. Point de fonctionnement pour deux couples électrochimiques en contact direct : potentiel mixte et courant de fonctionnement. On traitera deux exemples à l'aide des courbes $i - E$:
- un morceau de plomb qui trempe dans une solution acidifiée ($\text{pH} = 0$) et désaérée.
 - un morceau de plomb au contact d'un morceau de platine qui trempent dans une solution acidifiée ($\text{pH} = 0$) et désaérée.

On donne :

- $E^\circ(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) = -0,13 \text{ V}$ et le couple est rapide
- $E^\circ(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0,0 \text{ V}$ et les surpotentiels cathodique valent $\eta_c(\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2 \text{ sur Pb}) = -0,5 \text{ V}$ et $\eta_c(\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2 \text{ sur Pt}) = -0,0 \text{ V}$.

Programme spécifique 5/2

Pas de programme spécifique 5/2 pour cette semaine.