

**Questions de cours**

Rappeler l'expression du nombre de Reynolds en précisant les unités (on donnera plusieurs unités équivalentes pour la viscosité). Que représente la distance qui apparaît dans cette expression ? Quelle est l'allure du profil de vitesse dans une conduite lorsque Re est "petit" ? Lorsqu'il est "grand" ?

Que peut-on dire de la vitesse d'un fluide réel sur la paroi d'une conduite ? Qu'appelle-t-on un fluide "parfait" ? Quelle est la particularité du profil de vitesse d'un fluide parfait ?

Ecrire la relation de Bernoulli (sans élément actif) en précisant les unités. Quelles sont les hypothèses à vérifier pour appliquer cette relation ?

**Exercice de Chimie : Diagrammes potentiel-pH (C1)**

**Entraînement** Oxydation des armatures en fer dans le béton armé

Le caractère fortement basique du ciment permet d'inclure du fer pour former du béton armé. Le diagramme du fer et celui de l'eau sont fournis ci-contre pour  $C_{\text{tracé}} = 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$ . On parle de *corrosion* lorsque l'oxydation du métal forme une espèce soluble, sinon on parle de *passivation* (formation d'une couche solide de métal oxydé, qui protège ensuite le métal contre l'oxydation). Donnée  $pK_e = 14$  à  $25^\circ\text{C}$ .

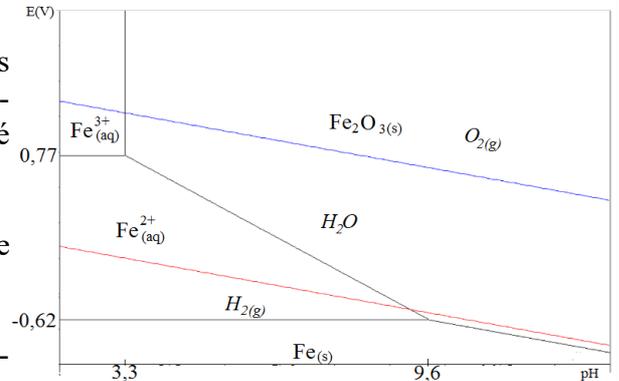
1) Dans une solution au contact d'un ciment à  $\text{pH} = 13$ , sans dioxygène dissous, quelle réaction les armatures en fer peuvent-elles subir ? Ecrire l'équation-bilan. La solidité du béton armé est-elle menacée dans cette situation ?

Au cours du temps, le ciment réagit avec le dioxyde de carbone présent dans l'air, ce qui provoque la diminution du pH.

2) A partir de quel pH la corrosion des armatures en fer va-t-elle se produire ? Ecrire l'équation-bilan.

3) Déterminer à l'aide du diagramme :  $E^0(\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+})$ ,  $E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe})$  et  $pK_s(\text{Fe}_2\text{O}_3)$

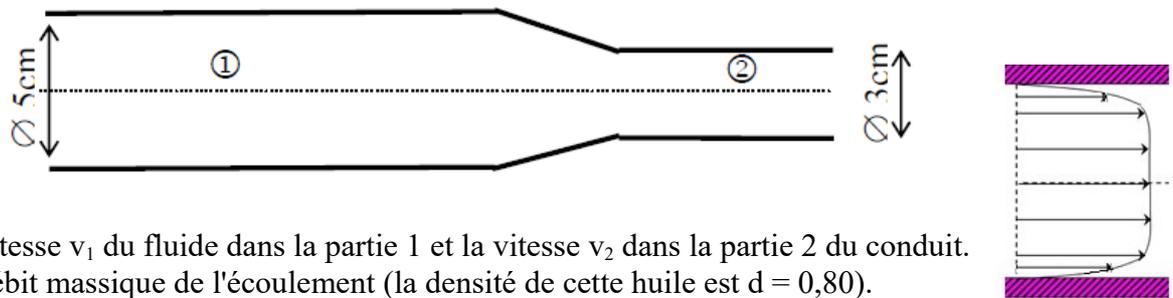
(la constante  $K_s(\text{Fe}_2\text{O}_3)$  est associée à la réaction de dissolution  $\text{Fe}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2 \text{H}_2\text{O} = 2 \text{Fe}^{3+}(\text{aq}) + 6 \text{HO}^-(\text{aq})$ )



**Exercice de Physique : Ecoulements stationnaires (P2)**

**Entraînement** Ecoulement d'huile

De l'huile pour moteur s'écoule de façon stationnaire à travers un conduit représenté ci-dessous, avec un débit de  $0,30 \text{ L.min}^{-1}$ . On assimile d'abord l'huile à un fluide parfait et incompressible.



- 1) Calculer la vitesse  $v_1$  du fluide dans la partie 1 et la vitesse  $v_2$  dans la partie 2 du conduit.
- 2) Calculer le débit massique de l'écoulement (la densité de cette huile est  $d = 0,80$ ).
- 3) Calculer le nombre de Reynolds de l'écoulement dans la partie 1 puis dans la partie 2 du conduit (on utilisera pour  $\eta_{\text{huile}}$  l'ordre de grandeur vu en cours).

L'allure du profil réel de l'écoulement dans la partie 1 est donné ci-contre.

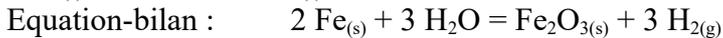
4) En quels points les forces de viscosité sont-elles maximales ? En quels points sont-elles nulles ? Justifier qualitativement.

**Attention:** Colle groupe G lundi 15h (Nottaris), colle groupe C vendredi 7h50 (Lauriau)

## Corrigé

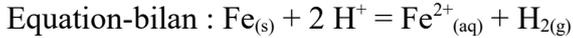
### Oxydation des armatures en fer dans le béton armé

1) Les domaines de  $Fe_{(s)}$  et  $H_2O$  sont disjoints à  $pH = 13$ .  $Fe_{(s)}$  réagit avec  $H_2O$  de façon quantitative pour former  $Fe_2O_{3(s)}$  et  $H_{2(g)}$ .

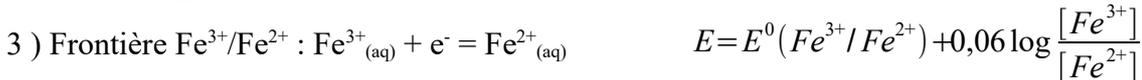


Cette réaction ne remet pas en cause la solidité du béton armé, car les armatures en fer sont protégées par la couche d'oxyde solide  $Fe_2O_{3(s)}$  qui se forme (passivation).

2) Pour  $pH < 9,6$  l'espèce  $Fe^{2+}$  peut se former à partir de  $Fe_{(s)}$  (les domaines de  $Fe_{(s)}$  et  $H_2O$  sont disjoints)



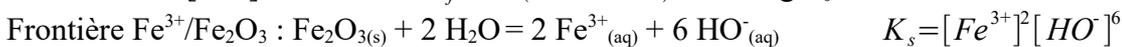
Cette fois l'espèce formée est un ion, les armatures subissent une corrosion.



A la frontière  $[Fe^{2+}] = [Fe^{3+}] = C_0$  donc  $E_f = E^0(Fe^{3+}/Fe^{2+})$ . On lit  $E_f = 0,77 V$  donc  $E^0(Fe^{3+}/Fe^{2+}) = 0,77 V$



A la frontière  $[Fe^{2+}] = C_0$  donc  $E_f = E^0(Fe^{2+}/Fe) + 0,03 \log C_0$  on lit  $E_f = -0,62V$  donc  $E^0(Fe^{2+}/Fe) = -0,44V$



A la frontière  $pH = 3,3$  donc  $[H^+] = 10^{-3,3}$  donc  $[HO^-] = \frac{K_e}{[H^+]} = 10^{-10,7}$  et  $[Fe^{3+}] = C_0 = 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$

On en déduit  $K_s = 10^{-76,2}$  donc  $pK_s = 76,2$ .

### Ecoulement d'huile

1) Le fluide est supposé parfait, donc le profil de vitesse est uniforme :  $D_v = S \cdot v$

D'autre part, l'écoulement est stationnaire et le fluide est incompressible donc le débit volumique se conserve :

$$D_{v,1} = D_{v,2} = D_v = 0,30 \text{ L.min}^{-1}$$

$$D_v = S_1 v_1 = S_2 v_2 \quad \Rightarrow \quad v_1 = \frac{D_v}{\pi R_1^2} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-1} \quad \text{et} \quad v_2 = \frac{D_v}{\pi R_2^2} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m.s}^{-1}$$

2)  $d_{\text{huile}} = \frac{\mu_{\text{huile}}}{\mu_{\text{eau}}}$  donc  $\mu_{\text{huile}} = 8,0 \cdot 10^2 \text{ kg.m}^{-3} \quad \Rightarrow \quad D_m = \mu_{\text{huile}} D_v = 4,0 \cdot 10^{-3} \text{ kg.s}^{-1}$

3)  $Re_1 = \frac{\mu v L}{\eta}$  où  $L$  est une distance caractéristique de l'écoulement (ici le diamètre du conduit)

On prend  $\mu_{\text{huile}} = 0,1 \text{ PI}$  (ordre de grandeur à connaître)

$$Re_1 = \frac{\mu_{\text{huile}} v_1 d_1}{\eta_{\text{huile}}} = 1 \quad Re_2 = \frac{\mu_{\text{huile}} v_1 d_1}{\eta_{\text{huile}}} = 1,7$$

4) Les forces de viscosité sont liées aux différences de vitesse entre les couches du fluide.

Sur le profil fourni, les variations de vitesse sont maximales au niveau des parois (bords du profil), donc les forces de viscosité sont maximales au niveau des parois.

Elles sont nulles au centre de la conduite, car il n'y a pas de variation de vitesse (la couche centrale se déplace à la même vitesse que ses voisines).