CENTRALE PSI 2012

(1)

Corrosion.

II] B. (1)

	n.o.
Fe	0
Fe^{2+}	+II
Fe_3O_4	+II et +III : en fait 2 Fe+III et 1 Fe+II qui correspondent aux 4 O -II.
Fe_2O_3	+III
Fe^{3+}	+III

Fe_2O_3 sera stable en milieu basique et Fe^{3+} en milieu acide.

→ immunité : $Fe_{(s)}$ zone où le métal est inattaquable.

→ $Fe_2O_{3(s)}$ et $Fe_3O_{4(s)}$: passivation, le métal est recouvert d'une couche protectrice.

→ Fe^{2+} et Fe^{3+} zone de corrosion.

(2) • En l'absence de valeur pour P_{H_2}, nous prenons $P_{H_2} = 1\,\text{bar}$, donc : $H^+ + e^- = \frac{1}{2}H_{2(g)}$ et,

$$E = -0{,}06\,pH.$$

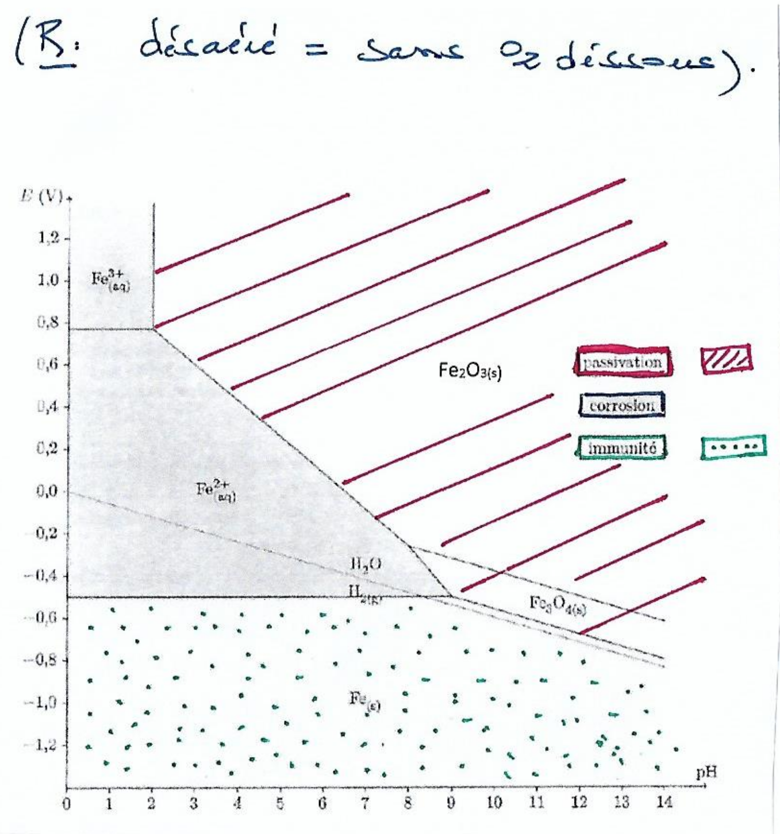
Voir l'ensemble ci-contre :

• En milieu désaéré et acide, le seul oxydant possible est H^+, d'où :

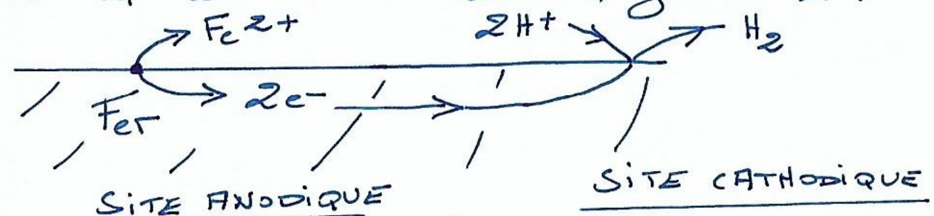
(2)

$$Fe_{(s)} + 2H^+ \longrightarrow Fe^{2+} + H_{2(g)}.$$

(R : désaéré = sans O_2 dissous).



(3) D'après son nom, un site anodique est le lieu d'une oxydation :



On retrouve en fait le schéma d'une pile de corrosion : il est difficile de réaliser une oxydation sans réduction concomitante...

(4) L'altération du film laisse le métal "à nu" face à l'attaque des oxydants éventuels, d'où la corrosion possible, soit directe, soit sous forme de pile (cf (3)).

II) C) (1) Le texte donne $pK_a(RNH_3^+/RNH_2)$:

$$\underset{}{RNH_3^+} \quad \underset{10-11}{|} \quad RNH_2 \longrightarrow pH$$

L'ajout d'amine conduit à

$$RNH_2 + H^+ = RNH_3^+$$

d'où, si la quantité de RNH_2 est suffisante, la neutralisation des acides du milieu.

Il faudra, d'après le diagramme $E(pH)$ garder le $pH > (8,5 ; 9)$ pour que H_2O et $Fe(s)$ aient un domaine commun.

(2) (a) plus il y a d'inhibiteur,

→ plus le potentiel de début de corrosion est élevé

→ plus la densité de courant de corrosion est faible.

C'est surtout le second effet qui est important : la densité de courant (donc la vitesse de corrosion) est divisée par

environ 1000 sur la plage $[-0,5V ; 0,3V]$ pour le fer sans et avec inhibiteur (0,3%).

(b) • On lit $J_{corr}(0,4V ; 0,3\%) \simeq 9\,10^{-6}\ A\,cm^{-2}$ (contre 10^{-3} sans inhibiteur)

• Il n'y pas de courant dans l'ECS (mesure de ddp entre ET et ECS ⇔ impédance ∞ du voltmètre).

• $J_{CE}\,S_{CE} = J_{ET}\,S_{ET}$ car $I_{CE} = I_{ET}$ (S_{CE} et S_{ET} sont les surfaces des ET et CE)

• S'il n'y a pas de CE, il n'y a pas de mesure de i possible...

N.B. : Revoir le polycopié sur le tracé des courbes $i(E)$.

(c) Voir page suivante.

(d) Avec les valeurs trouvées en (c) :

$$\begin{cases} P_{0,2\%} = -67\% \\ P_{0,3\%} = -90\% \end{cases}$$

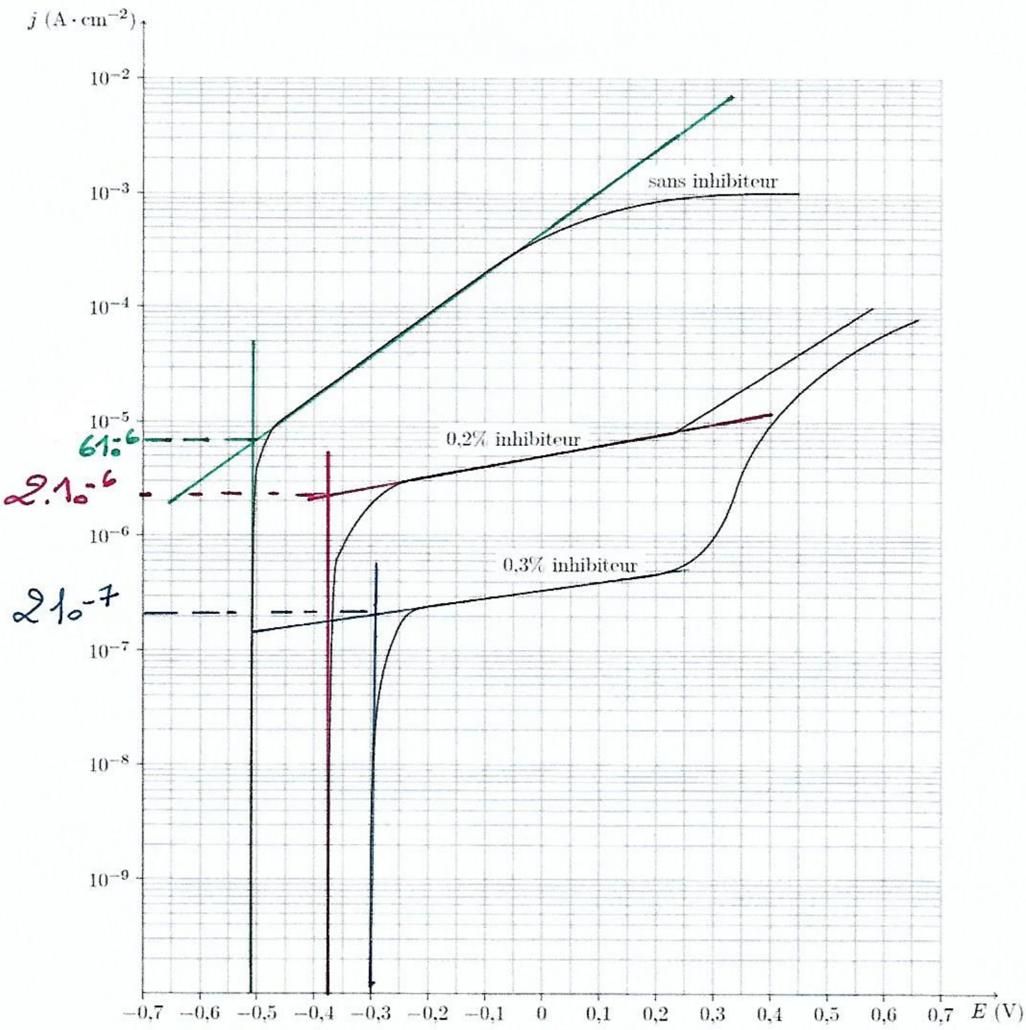

j (A · cm⁻²)
10⁻²
10⁻³
10⁻⁴
10⁻⁵
10⁻⁶
10⁻⁷
10⁻⁸
10⁻⁹
sans inhibiteur
0,2% inhibiteur
0,3% inhibiteur
6.10⁻⁶
2.10⁻⁶
2.10⁻⁷
−0,7
−0,6
−0,5
−0,4
−0,3
−0,2
−0,1
0
0,1
0,2
0,3
0,4
0,5
0,6
0,7
E (V)

Figure C

Correction :Ecluse

1. La question est assez classique avec une application du théorème de Bernouilli ; le fluide est pesant et parfait, en écoulement stationnaire, irrotationnel et incompressible, on peut donc écrire le théorème de bernouilli entre un point de la surface libre du fluide en amont et un autre sur la surface libre également mais en aval :

$$P_0 + \rho g h + \frac{1}{2}\rho v^2 = P_0 + \rho g h' + \frac{1}{2}\rho v'^2$$

d'où l'on tire :

$$h' = h + \frac{1}{2g}\left(v^2 - v'^2\right) \qquad (e)$$

Par ailleurs, le caractère stationnaire de l'écoulement et l'incompressibilité du fluide assure la conservation du débit volumique avec :

$$v'h' = vh \;\Rightarrow\; v' = v\frac{h}{h'}$$

qui injecté dans (e) donne :

$$h' = h + \frac{v^2}{2g}\left[1 - \left(\frac{h}{h'}\right)^2\right)$$

$$\Leftrightarrow\; h'^3 = hh'^2 + \frac{v^2}{2g}h'^2 - \frac{v^2}{2g}h^2$$

$$\Leftrightarrow\; h'^2(h'-h) - \frac{v^2}{2g}(h'+h)(h'-h)$$

et finalement :

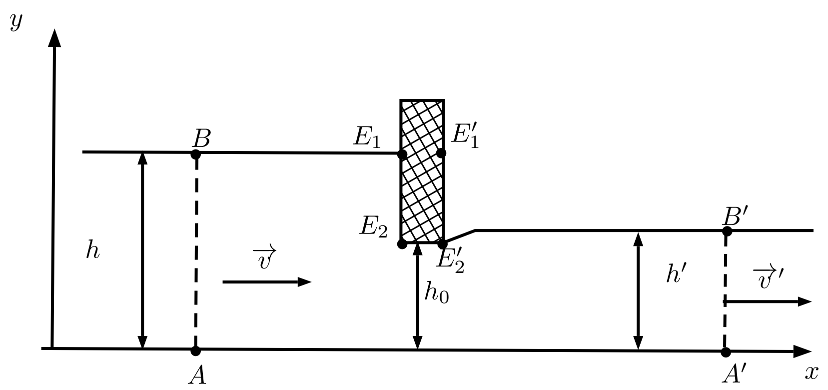
$$2gh'^2 - v^2h' - v^2h = 0$$

On a donc à résoudre ce polynôme en h' dont la solution positive est :

$$h' = \frac{v^2 \pm \sqrt{v^4 + 8ghv^2}}{4g} = \frac{v^2}{4g}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{8gh}{v^2}}\right)$$

L'application numérique donne : $h' \simeq 2\ m$

2. La démarche à mettre en œuvre est un bilan de quantité de mouvement ; elle est assez classique donc on sera pointilleux : définition du système, écriture soignée des termes de quantité de mouvement aux 2 dates, puis les actions de pression sur la surface du système.



Puis on définit le système fermé constitué **à l'instant** t de la masse de fluide contenue dans une surface de contrôle ainsi qu'une petite masse élémentaire δm en amont animée d'une vitesse v. A l'instant $t + dt$ le système fermé s'est déplacé, et comporte la masse contenue dans la surface de contrôle, ainsi que la petite masse δm mais cette fois en aval et donc animée d'une vitesse v'. On peut écrire :

$\overrightarrow{p}^f(t) = \overrightarrow{p}^o(t) + \delta m\overrightarrow{v} = \overrightarrow{p}^o(t) + \rho Lhv \cdot dt\overrightarrow{v}$ et $\overrightarrow{p}^f(t+dt) = \overrightarrow{p}^o(t+dt) + \delta m\overrightarrow{v'} = \overrightarrow{p}^o(t+dt) + \rho Lh'v' \cdot dt\overrightarrow{v'}$

soit :

$$\frac{d\overrightarrow{p}}{dt} = \rho L\left(h'v'^2 - hv^2\right) \cdot \overrightarrow{e_x}$$

En projection sur $\overrightarrow{e_x}$, on a donc : $\boxed{\dfrac{dp_x}{dt} = \rho L\left(h'v'^2 - hv^2\right)}$

Les actions exercées sur le système se limite à son poids $-m\overrightarrow{g} \cdot \overrightarrow{e_y}$ et les efforts de pression sur toute sa surface $ABE_1E_2'B'A'$:

$$\overrightarrow{F} = -\oiint_S p \cdot \overrightarrow{n}_{ex} dS$$

En projection sur $\overrightarrow{e_x}$, il reste :

$$F_x = L\int_0^h p \cdot dy - L\int_0^{h'} p' \cdot dy + R_{vanne/fluide}$$

Les pressions p et p' sont déterminées par application du théorème de Bernouilli entre la surface et les profondeurs respectivement $h-y$ et $h'-y$; on trouve sans peine :

$$p = P_0 + \rho g(h-y) \quad \text{et} \quad p' = P_0 + \rho g(h'-y)$$

Donc :

$$\begin{aligned} F_x &= L\int_0^h (P_0 + \rho g(h-y)) \cdot dy - L\int_0^{h'} (P_0 + \rho g(h'-y)) \cdot dy + R_{vanne/fluide} \\ &= Lp_0(h-h') + \rho gL\left(\frac{h^2}{2} - \frac{h'^2}{2}\right) + R_{vanne/fluide} \end{aligned}$$

Le théorème de la résultante cinétique pour le système fermé en projection sur l'axe [Ox) donne donc :

$$\frac{dp_x}{dt} = \rho L\left(h'v'^2 - hv^2\right) = Lp_0(h-h') + \rho gL\left(\frac{h^2}{2} - \frac{h'^2}{2}\right) + R_{vanne/fluide}$$

Par principe des actions réciproques, on peut donc exprimer l'action du fluide sur la vanne :

$$+R_{fluide/vanne} = \rho L\left(hv^2 - h'v'^2\right) + Lp_0(h-h') + \rho gL\left(\frac{h^2}{2} - \frac{h'^2}{2}\right)$$

Enfin, il s'exercice la pression P_0 sur une hauteur $h-h'$ du flanc droit de la vanne. L'action correspondante projetée sur $[Ox)$ est : $-LP_0(h-h')$

Ainsi, la résultante des actions exercées par l'air et le fluide sur la vanne (V) est :

$$\begin{aligned} R_T &= R_{fluide/vanne} - LP_0(h-h') \\ &= \rho L\left(hv^2 - h'v'^2\right) + \rho gL\left(\frac{h^2}{2} - \frac{h'^2}{2}\right) \end{aligned}$$

et enfin :

$$\boxed{R_T = \rho Lv^2h\left(1 - \frac{h}{h'}\right) + \rho gL\left(\frac{h^2}{2} - \frac{h'^2}{2}\right)}$$

On obtient nuémriquement $R_T = 9,45.10^5\ N$

L'effort sur la vanne est considérable ! (En même temps, c'est une belle écluse ! 15 m de large tout de même.)