

### Les traitements thermiques dans la masse des aciers (4 points)

On se propose d'étudier le TTT de l'acier C55.

- Identifier les différents domaines du TTT représenté sur la Figure 1.
- Décrire de manière précise ce qu'il se passe après un refroidissement en 1 seconde de 900°C jusqu'à 600°C puis un maintien de 15 minutes suivi d'une trempe à l'eau. Représenter la micrographie attendue après un poli miroir et une attaque chimique au Nital.
- Décrire de manière précise ce qu'il se passe après un refroidissement en 1 seconde de 900°C jusqu'à 400°C puis un maintien de 15 minutes suivi d'une trempe à l'eau. Représenter la micrographie attendue après un poli miroir et une attaque chimique au Nital.
- Rappeler le principe d'un essai de dureté. Quelles sont les différentes méthodes que vous connaissez ? Expliquer leurs différences.

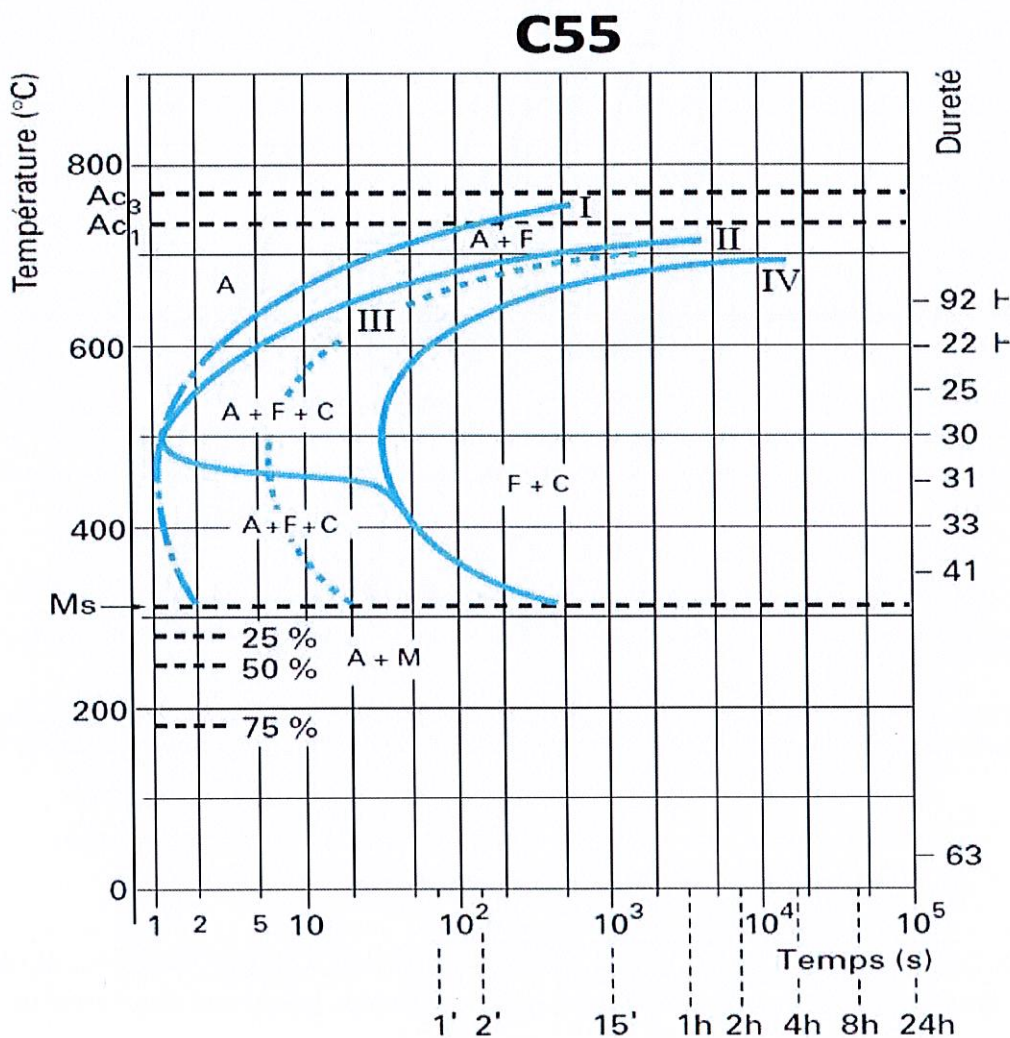


Figure 1: TTT de l'acier C55

## Les traitements thermiques dans la masse des aciers (6 points)

On se propose d'étudier les TRC des aciers 45Mn5 et C70.

- Expliquer les principales différences entre ces deux aciers.
- Identifier les différents domaines des TRC des Figures 2a et 2b.
- Pour l'acier 45Mn5, décrire ce qu'il se passe pour un échantillon ayant subi une trempe permettant d'obtenir une dureté de 35HRC.

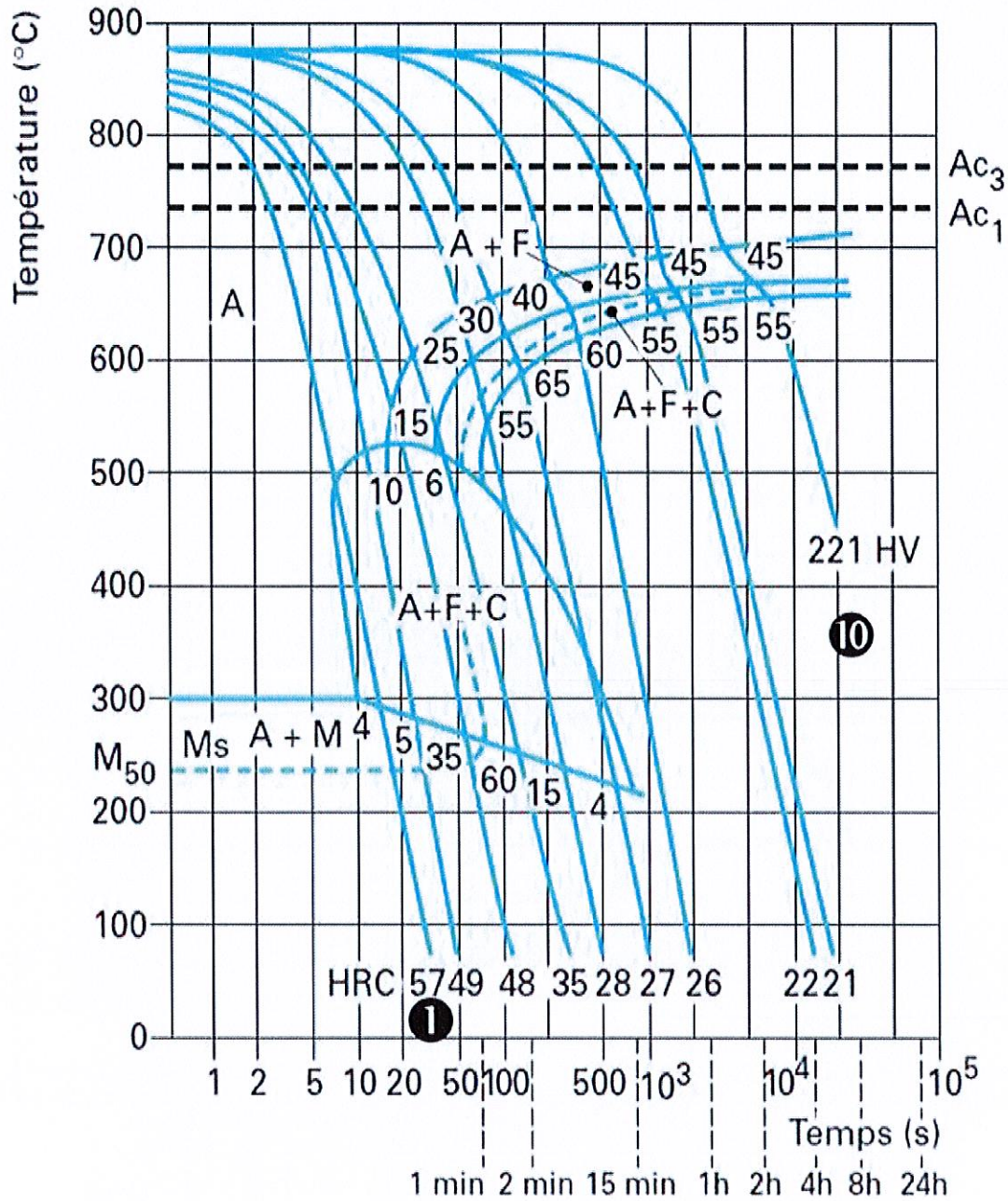


Figure 2a – TRC de l'acier 45 Mn5

- Tracer sur la figure 3a pour l'acier 45M5, en la commentant de manière précise, la courbe dilatométrique attendue pour un refroidissement conduisant à un acier trempé présentant une dureté de 27HRC.



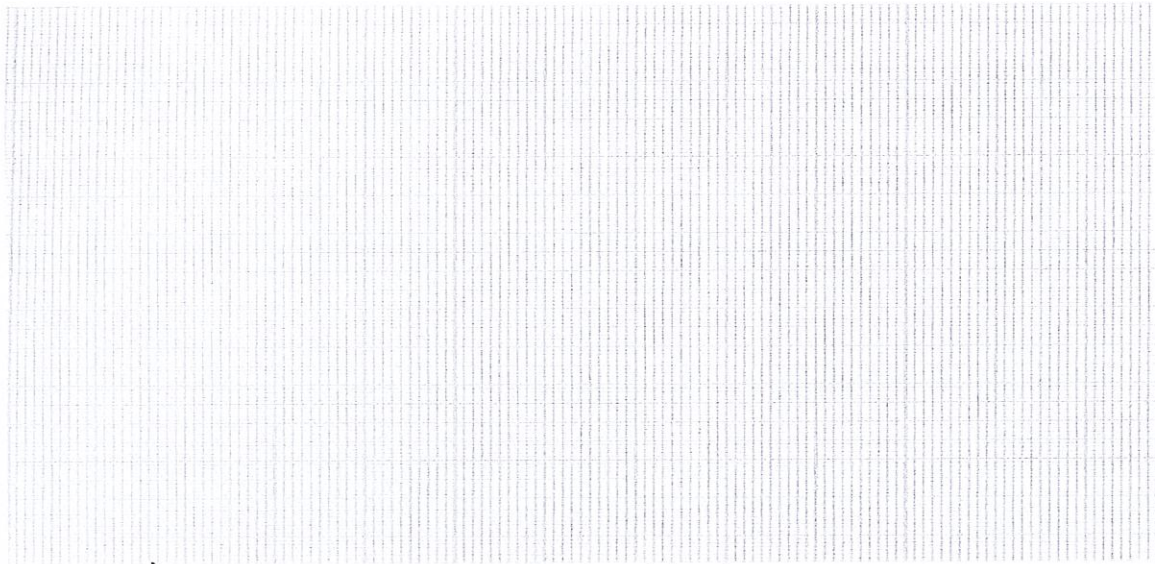


Figure 3a : Courbe dilatométrique à tracer.

- Pour l'acier C70 (Figure 2b), décrire ce qu'il se passe pour un échantillon ayant subi une trempe permettant de d'obtenir une dureté de 38HRC.

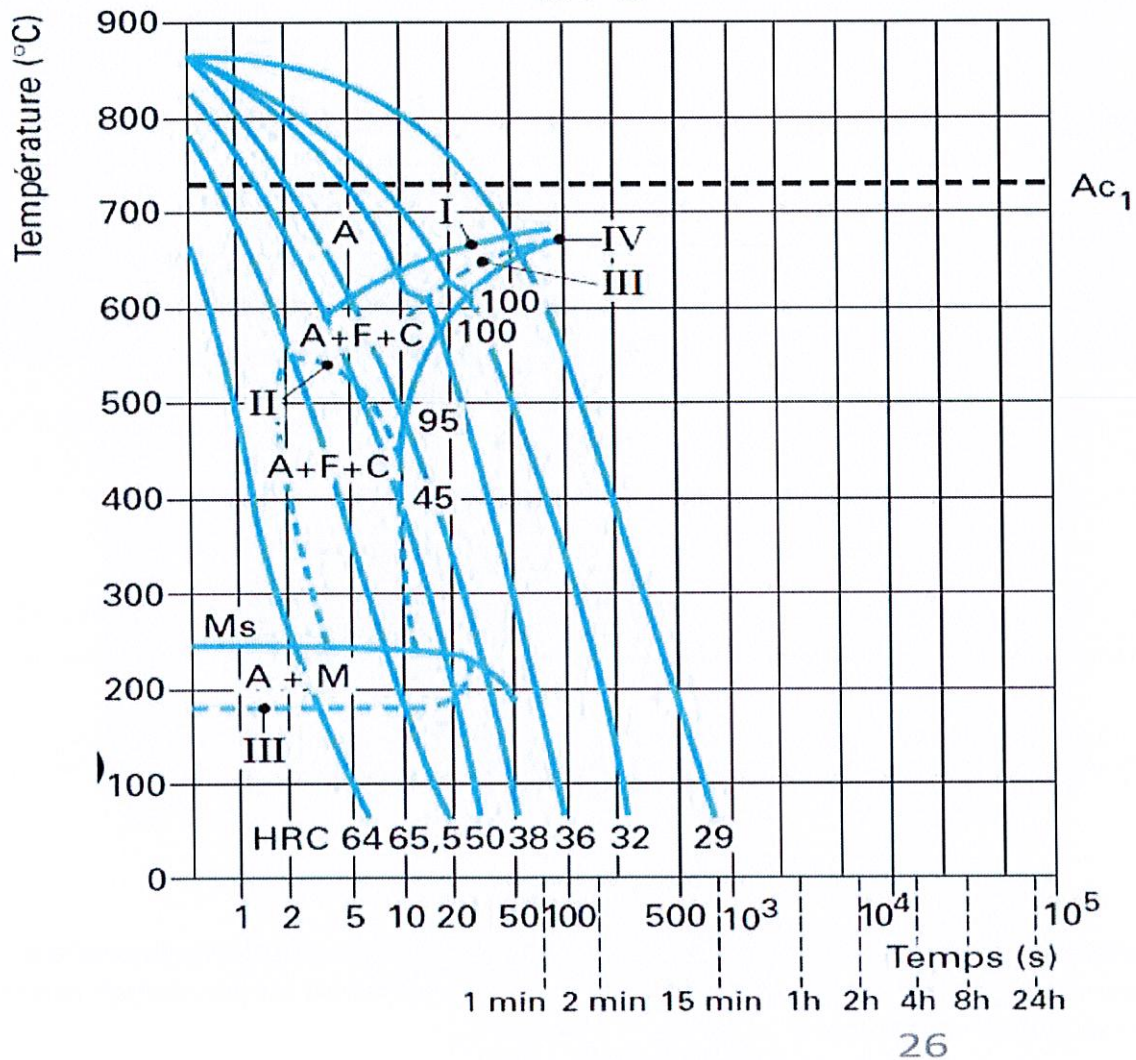


Figure 2b : TRC de l'acier C70

26

- ❑ Tracer sur la figure 3b pour l'acier C70, en la commentant de manière précise, la courbe dilatométrique de revenu de 25°C jusqu'à 650°C de la pièce trempée possédant une dureté de 64HRC.

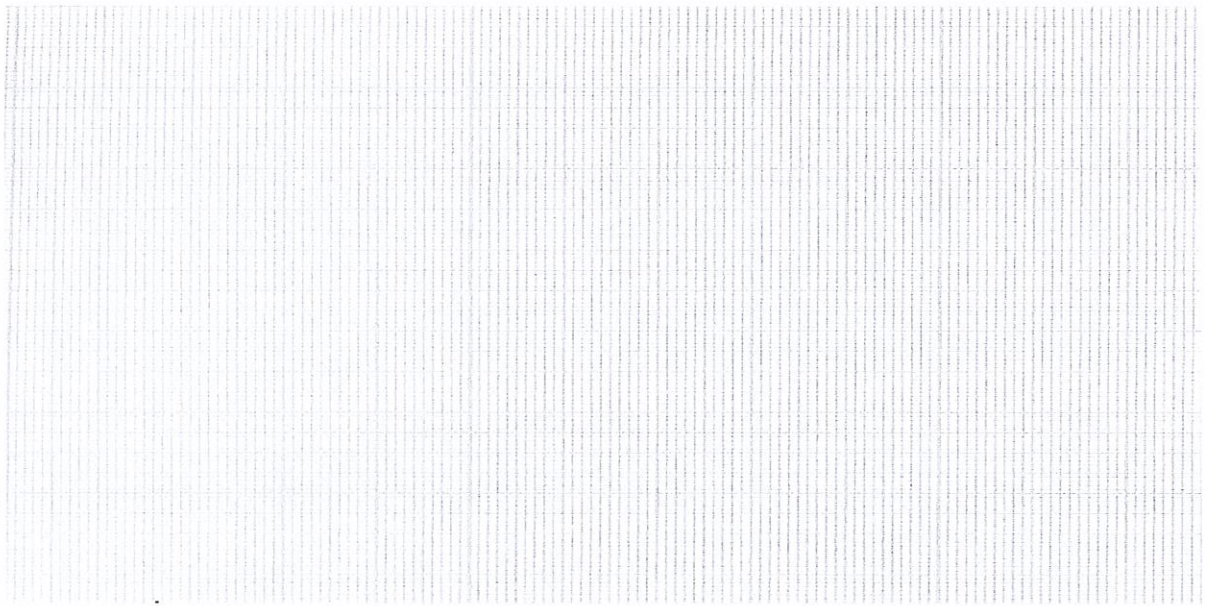


Figure 3b : Courbe dilatométrique à tracer.

### Propriétés mécaniques, l'essai de traction (3 points)

La figure 4 présente des courbes de traction d'aciers contenant différents pourcentages de carbone.

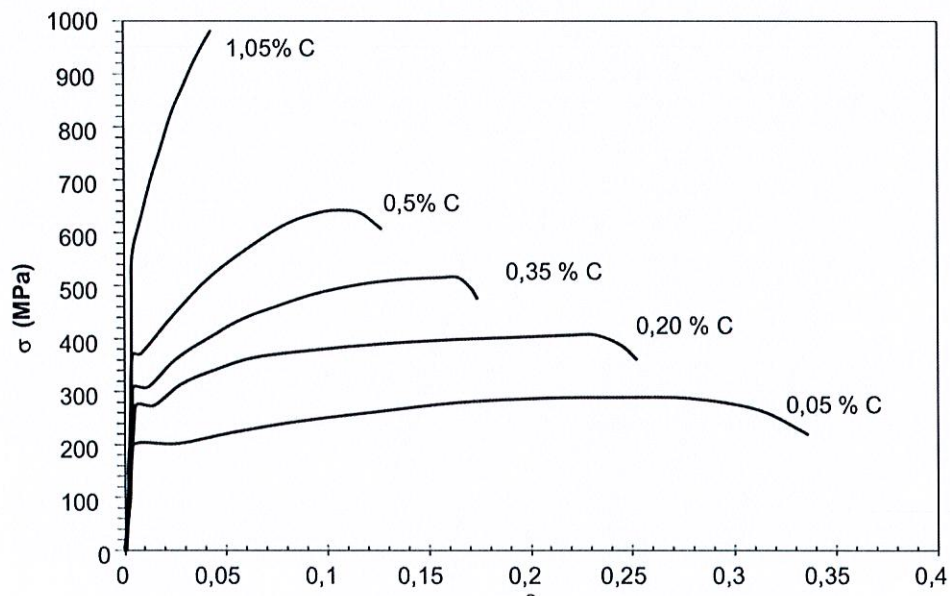


Figure 4 : Essais de traction de différents aciers.

- ❑ Rappeler le principe d'un essai de traction et préciser les grandeurs habituellement accessibles.
- ❑ A partir de la Figure 4, tracer l'évolution de  $R_e$  et du  $A\%$  en fonction du pourcentage de carbone et commenter les résultats obtenus.
- ❑ Citer d'autres moyens de durcissement des aciers.



**Propriétés mécaniques, l'essai de résilience (2 points)**

- Sur la figure 5, sont représentés quatre différents faciès de rupture notés de 1 à 4. Quatre valeurs d'énergie de rupture ont été obtenues expérimentalement, 3J, 84J, 176J et >à 300J. Attribuer pour chaque faciès, l'énergie de rupture associée en justifiant vos choix.
- Quelles sont les différents types de rupture que l'on peut rencontrer dans des aciers ?

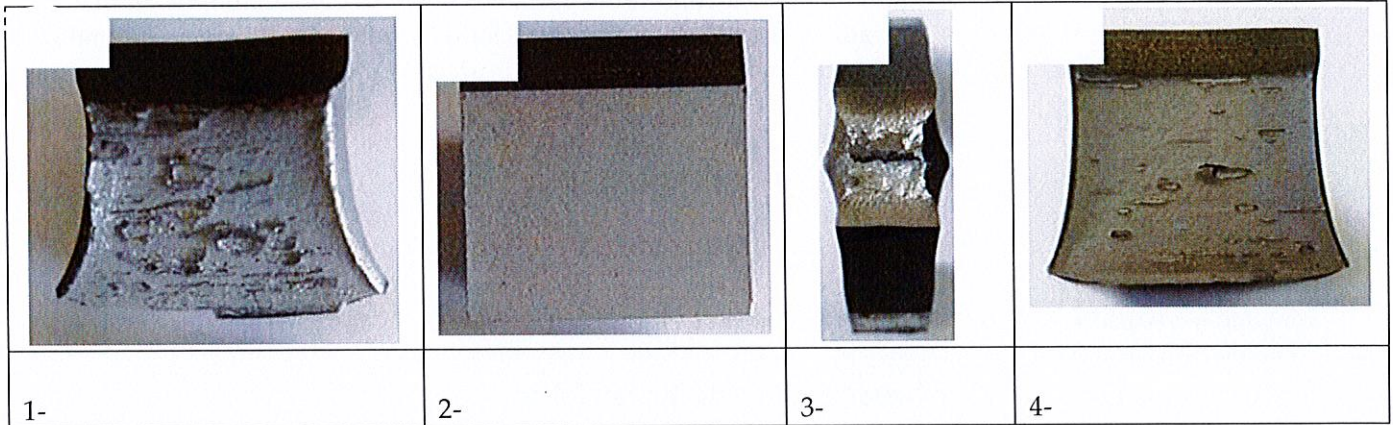


Figure 5 : Faciès de rupture de différentes éprouvettes de résilience

**Q.C.M. Corrosion (5 points)**

Cocher la ou les bonnes réponses pour chaque question. Aucune justification n'est demandée. Barème : bonne réponse : +1 point / mauvaise réponse : -1 point / absence de réponse : 0 point. Note minimale de l'exercice : 0/5.

- Le tableau 1 ci-dessous présente les densités de courant équivalentes à un taux de corrosion de **1 g/(m<sup>2</sup>.jour)** pour différents métaux.

Réaction	Densité de courant :
$Al = Al^{3+} + 3e^-$	0,124 A/m <sup>2</sup>
$Cd = Cd^{2+} + 2e^-$	2,98 μA/cm <sup>2</sup>
$Cu = Cu^{2+} + 2e^-$	0,0352 A/m <sup>2</sup>
$Mg = Mg^{2+} + 2e^-$	9,19 μA/cm <sup>2</sup>
$Ni = Ni^{2+} + 2e^-$	0,0831 A/m <sup>2</sup>
$Sn = Sn^{2+} + 2e^-$	1,88 μA/cm <sup>2</sup>

Tableau 1

Question n°1 : Cocher le métal ou les métaux pour le(s)quel(s) la valeur de densité de courant fournie dans le tableau est erronée :  Al  Cd  Cu  Mg  Ni  Sn

- Lors d'une expérience réalisée à faible polarisation, la pente de polarisation linéaire  $\Delta E^{exp}/\Delta I^{exp}$  obtenue pour du fer dans une solution corrosive à pH acide vaut 2 mV/(μA.cm<sup>2</sup>).

Question n°2 : En utilisant la loi de Stern-Geary sous la forme  $i_{cor} = (\beta_a \beta_c / (\beta_a + \beta_c)) \Delta E^{exp} / \Delta E^{exp}$  avec  $\beta_a = \beta_c = 0,1$  V, le taux de corrosion du fer ainsi calculable est de :

- environ de 1.10<sup>-4</sup> mm/an
- environ de 3.10<sup>-4</sup> mm/an
- environ 1,2 mm/an
- environ 0,1 mm/an
- environ 0,3 mm/an
- environ 12 μm/an

- Soit un métal M ( $M = M^{3+} + 3e^-$ ) se corrodant avec un taux de corrosion de **0,01 A/m<sup>2</sup>**.

Question n°3 : Le nombre de moles d'électrons relâchés par la consommation de ce métal M est :

- Environ de  $1.10^{-8}$  mol/m<sup>2</sup>/s       environ de  $1.10^{+1}$  nmol/m<sup>2</sup>/s       environ de  $1.10^{-1}$  μmol/m<sup>2</sup>/s  
 environ de  $1.10^{-3}$  mmol/m<sup>2</sup>/s       environ de  $3,5.10^{-8}$  mol/m<sup>2</sup>/s  
 incalculable, il manque la valeur de la masse molaire de M pour procéder à l'application numérique

- Soit une plate-forme métallique off-shore pesant près de 35 kt. On se propose d'estimer la perte de masse de la partie immergée de surface S d'un tel édifice après une période de fonctionnement sur une durée de 25 années dans l'hypothèse où le métal M' représente ses jambes qui se consumerait de manière active ( $M' = M'^{n+} + ne^-$ ) et ce, sans aucun moyen de protection. Des expériences réalisées au laboratoire ont permis de déterminer les densités de courant de corrosion sur un échantillon de métal en milieu eau de mer : ( $M'=Fe, n=2$ )

En conditions simulant une mer calme :  $j_{corr,1} = 6 \text{ mA/dm}^2$

En conditions simulant une mer agitée :  $j_{corr,2} = 120 \text{ μA/cm}^2$

Question n°4 : En supposant que 75% du temps la mer soit calme, la masse calculable à l'aide de la loi de Faraday est :

- égale à environ 2,5% de la masse globale de la plateforme  
 égale à environ 85 tonnes  
 égale à environ 0,6 ‰ de la masse globale de la plateforme  
 comprise entre 10 et 30 tonnes  
 comprise entre 3 et 4 tonnes  
 de valeur supérieure à toutes celles listées ci-dessus

Données pouvant être utiles :

Métal	Cu	Cd	Ni	Fe	Sn	Al	Mg
M (g/mol)	63,5	112,4	58,7	55,8	118,7	27	24,3
Densité	8,96	8,65	8,01	7,87	7,31	2,70	1,74

Abaque Landolt :

	$\frac{\text{mol}}{\text{m}^2\text{s}}$	$\frac{\text{mol}}{\text{cm}^2\text{s}}$	$\frac{\text{A}}{\text{m}^2}$	$\frac{\mu\text{A}}{\text{cm}^2}$	$\frac{\text{mg}}{\text{dm}^2\text{j}}$	$\frac{\text{mm}}{\text{an}}$
$\frac{\text{mol}}{\text{m}^2\text{s}}$	1	$10^{-4}$	$9.65 \times 10^4 n$	$9.65 \times 10^6 n$	$8.64 \times 10^5 M$	$3.15 \times 10^4 \frac{M}{\rho}$
$\frac{\text{mol}}{\text{cm}^2\text{s}}$	$10^4$	1	$9.65 \times 10^8 n$	$9.65 \times 10^{10} n$	$8.64 \times 10^9 M$	$3.15 \times 10^8 \frac{M}{\rho}$
$\frac{\text{A}}{\text{m}^2}$	$\frac{1.04 \times 10^{-5}}{n}$	$\frac{1.04 \times 10^{-9}}{n}$	1	100	$8.96 \frac{M}{n}$	$0.327 \frac{M}{n \rho}$

$M =$  masse atomique en g/mol,  $\rho =$  masse volumique en g/cm<sup>3</sup>,  $n =$  nombre de charges (adimensionnel)

1 an=365,25 jours, R=8,314 S.I., Température : 300 K, S=500 m<sup>2</sup>, F=96 500 C/mol,  $\rho(\text{eau}) = 1 \text{ g/cm}^3$

N° anonymat :

Chimie des Matériaux

6/6

L3 Chimie