

EPREUVE – UE66A - Physico-Chimie des Matériaux
Durée : 2 h 00 – (Documents non autorisés)

Les traitements thermiques dans la masse des aciers (Partie 1 - 4 pts).

On se propose d'étudier le TTT (signification ?) de l'acier 40CrAlMo 6-12 (Figure 1).

- 1.) Décrire la composition chimique de cet acier en précisant le rôle des éléments d'addition présents.
- 2.) Décrire de manière précise, en fonction du temps, ce qu'il se passe après un refroidissement en 1 seconde de 900°C jusqu'à 650°C puis un maintien d'une heure suivi d'une trempe à l'eau. Représenter la micrographie attendue après un polissage miroir et une attaque chimique au NITAL.
- 3.) Décrire de manière précise, en fonction du temps, ce qu'il se passe après un refroidissement en 2 secondes de 900°C jusqu'à 450°C puis un maintien de 200 secondes, suivi d'une trempe à l'eau.
- 4.) Décrire le principe d'un essai Rockwell.

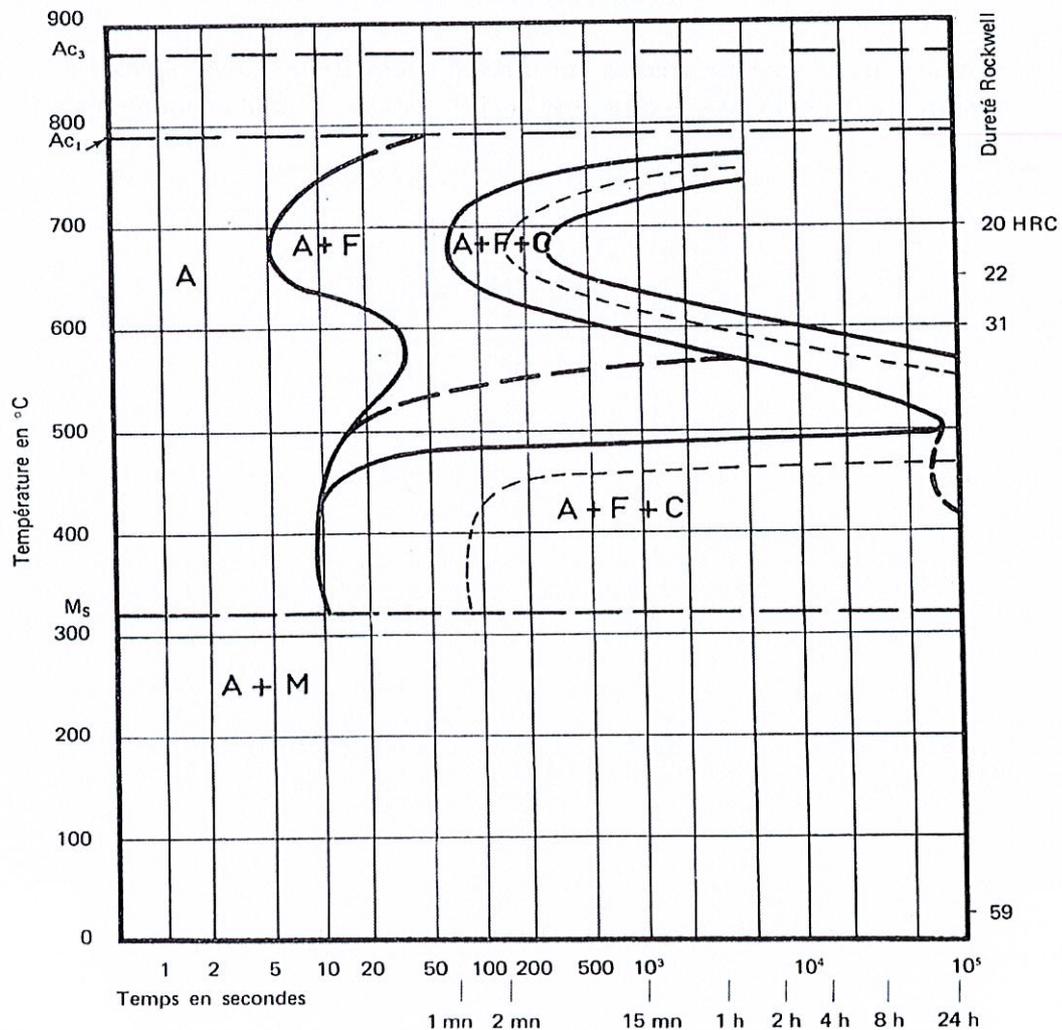


Figure 1: TTT de l'acier 40CrAlMo 6-12

Les traitements thermiques dans la masse des aciers (Partie 2 – 4 pts)

On se propose d'étudier le TRC (signification ?) de l'acier 40 CrAlMo 6-12 (Figure 4).

- 1.) Décrire, en fonction de la température, ce qu'il se passe pour un échantillon ayant subi une trempe permettant d'obtenir une dureté de 53HRC.
- 2.) Décrire, en fonction de la température, à l'aide du TRC de la Figure 4, la micrographie de la Figure 2 obtenue après un polissage miroir et une attaque au NITAL.



44 HRC

Figure 2 – Micrographie de l'acier 40 CrAlMo 6-12

- 3.) Tracer, en la commentant de manière précise, la courbe dilatométrique attendue pour un refroidissement conduisant à un acier trempé présentant une dureté de 36HRC. Utiliser la feuille millimétrée de la figure 3.

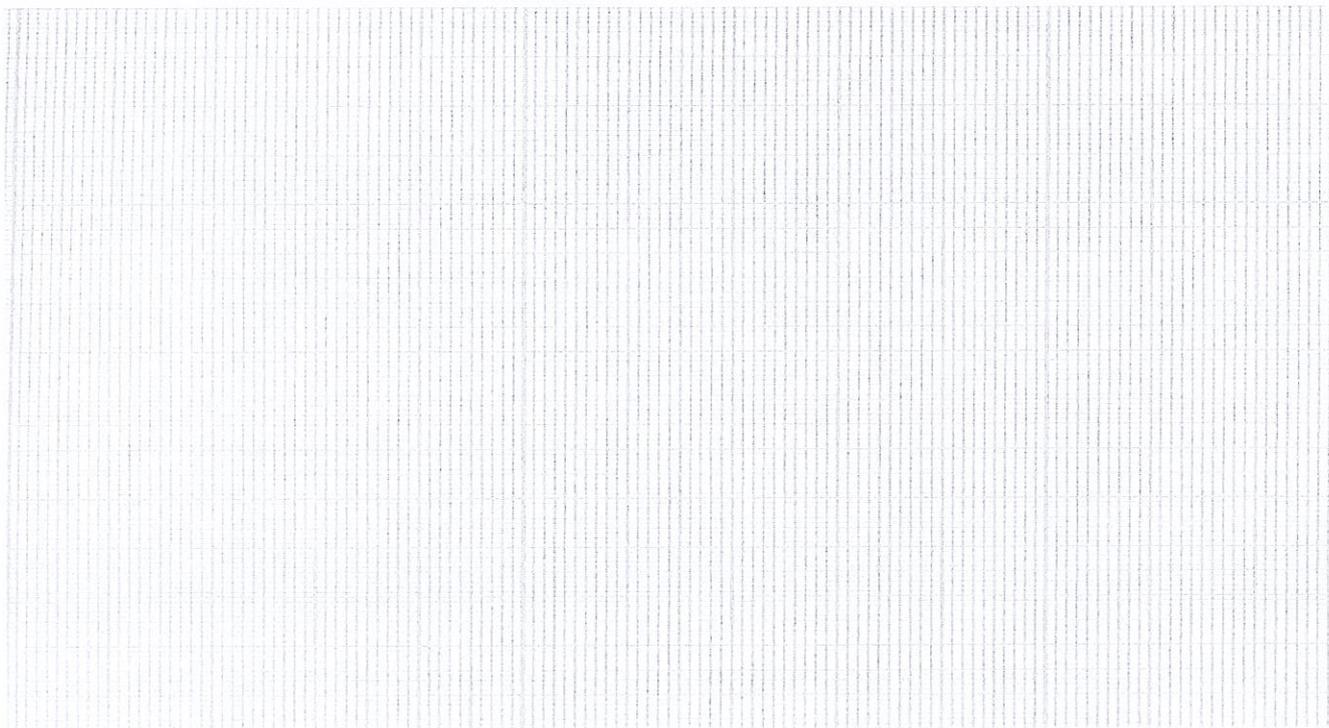


Figure 3 : Courbe dilatométrique à tracer

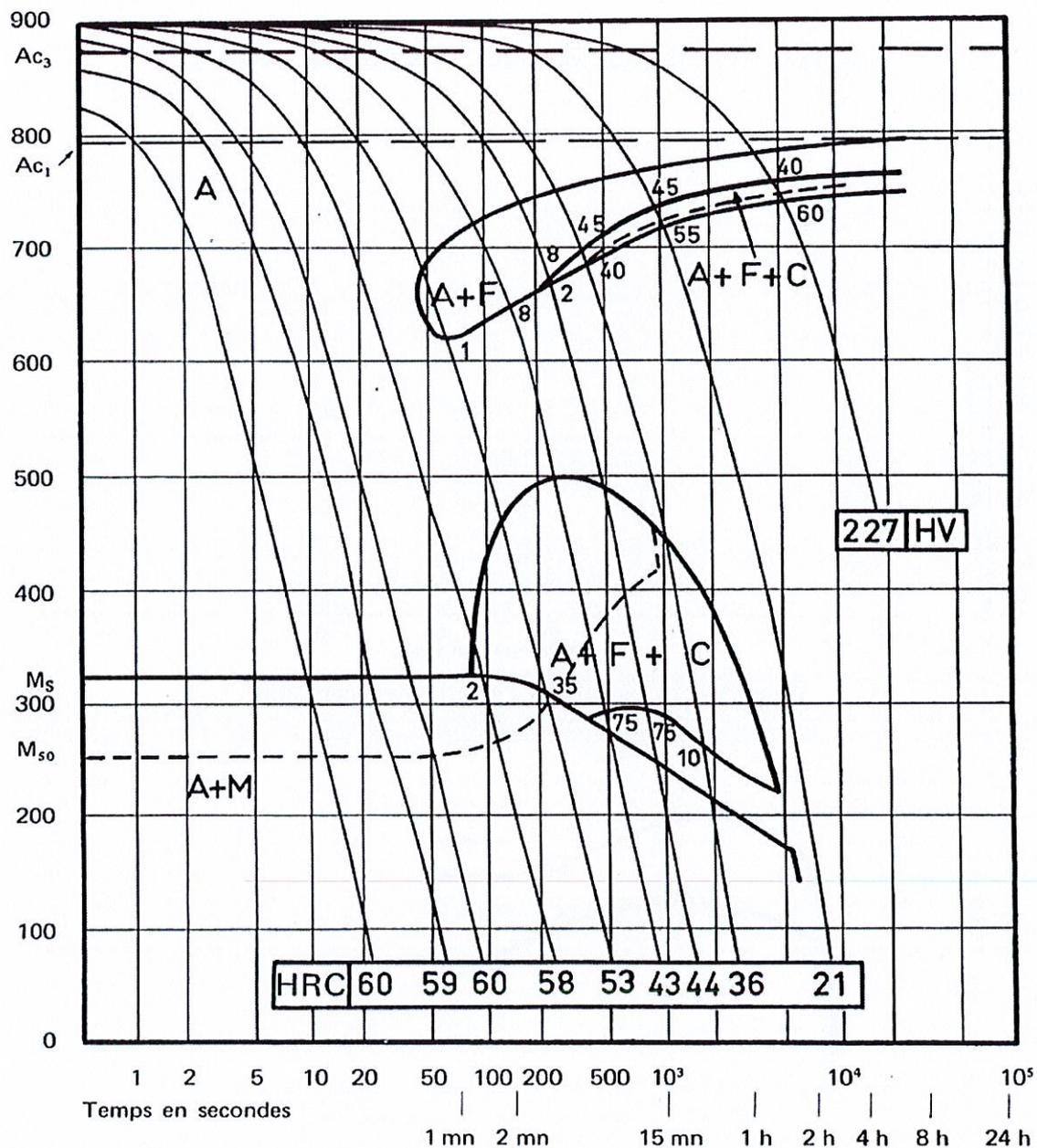


Figure 4 – TRC de l'acier 40 CrAlMo 6-12

Propriétés mécaniques, l'essai de traction (7 pts).

- 1.) Donner le principe d'un essai de traction.
- 2.) La figure 5 présente la courbe de traction conventionnelle d'un acier hypoeutectoïde. Décrire cette figure et déterminer les grandeurs caractéristiques de ce dernier.
- 3.) Donner les définitions des transformations perlitiques, bainitiques et martensitiques.
- 4.) Attribuer, en justifiant votre réponse, à chaque courbe de traction de la figure 6 les phases ou constituants suivants : a.) perlite, b.) ferrite, c.) bainite et d.) martensite revenue.
- 5.) Attribuer, en justifiant votre réponse, les micrographies (A, B, C et D) obtenues après un polissage miroir et une attaque chimique au NITAL de la Figure 7 aux constituants ou phases suivants : 1.) ferrite-perlite, 2.) bainite, 3.) martensite et 4.) martensite revenue.

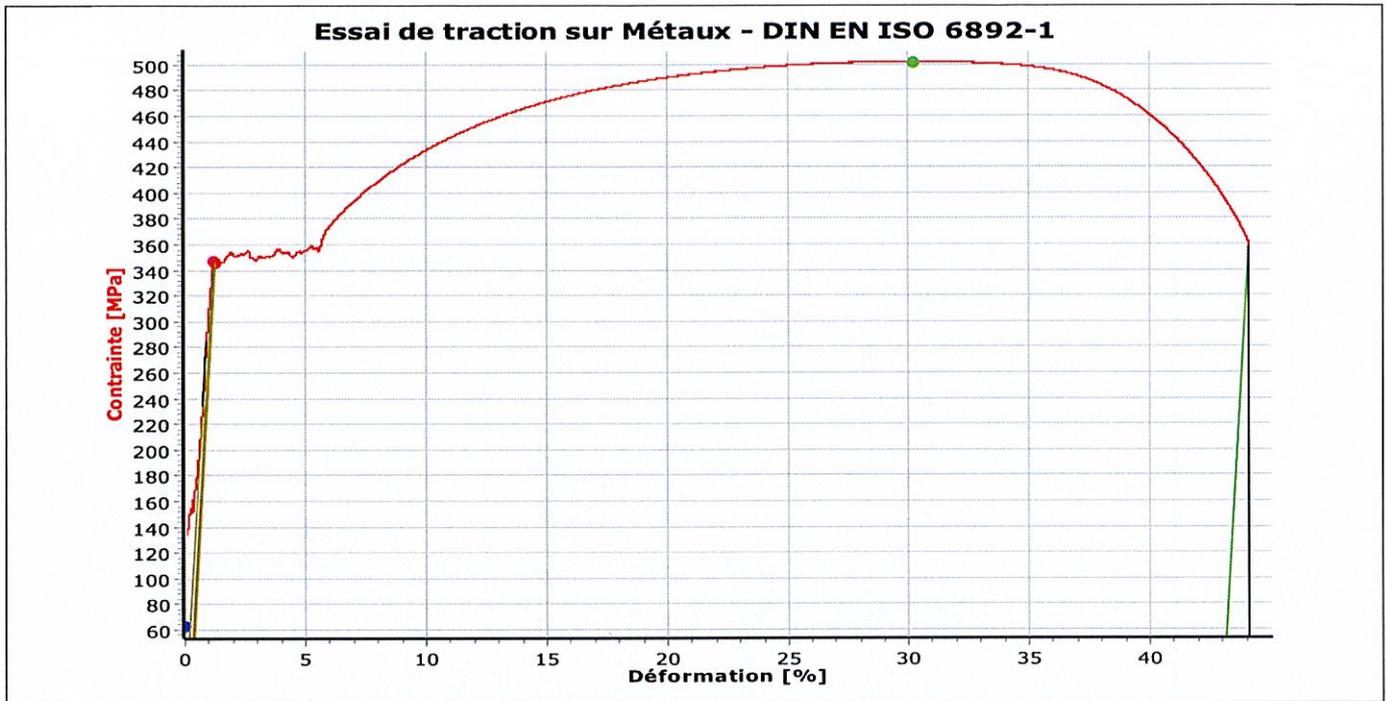


Figure 5 – Courbe traction d'un acier hypoeutectoïde.

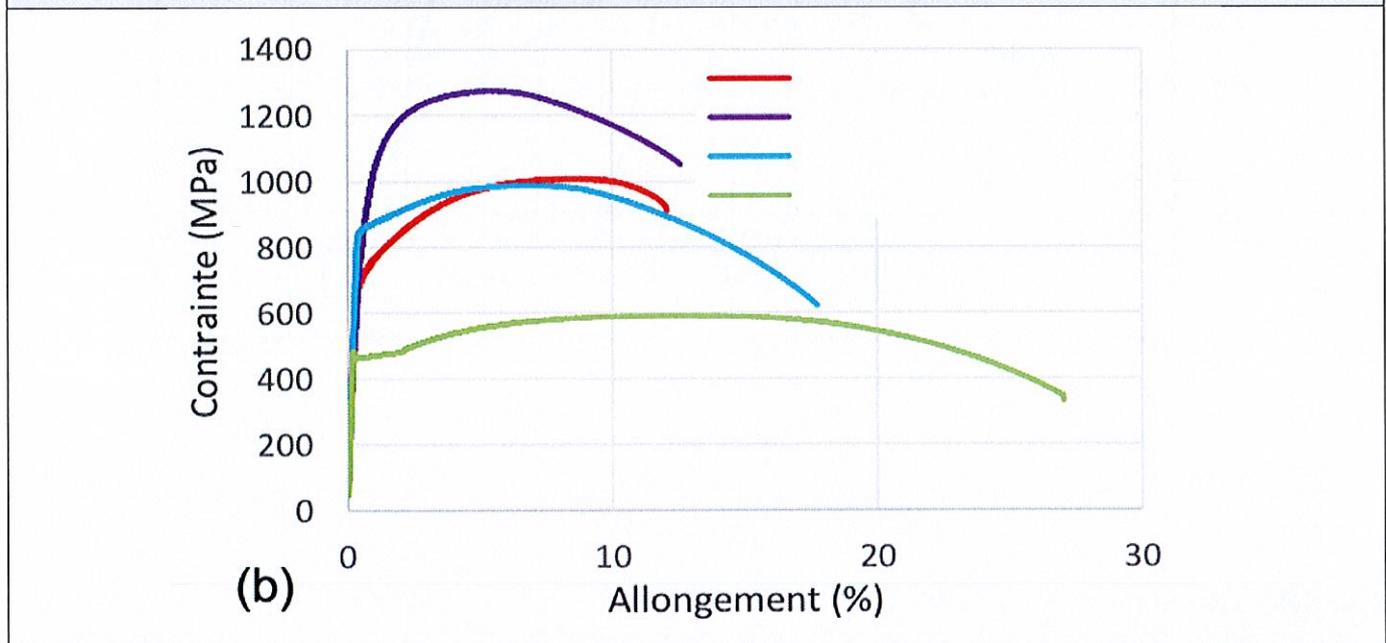


Figure 6 – Courbes traction obtenues sur un même acier ayant subi différents traitements thermiques.

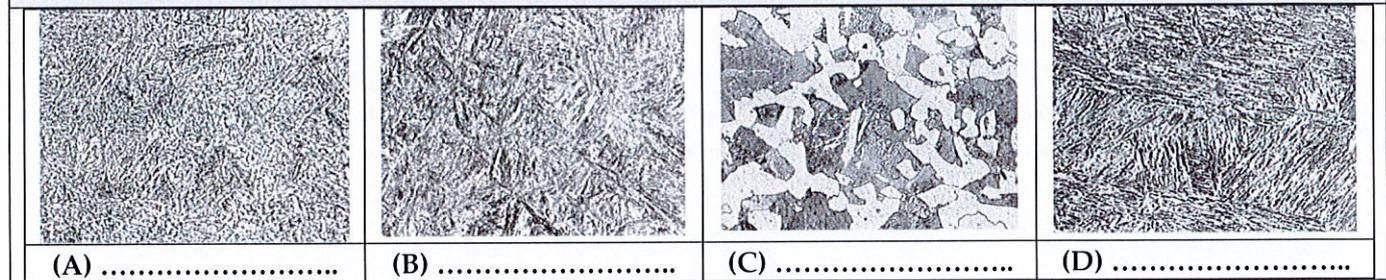


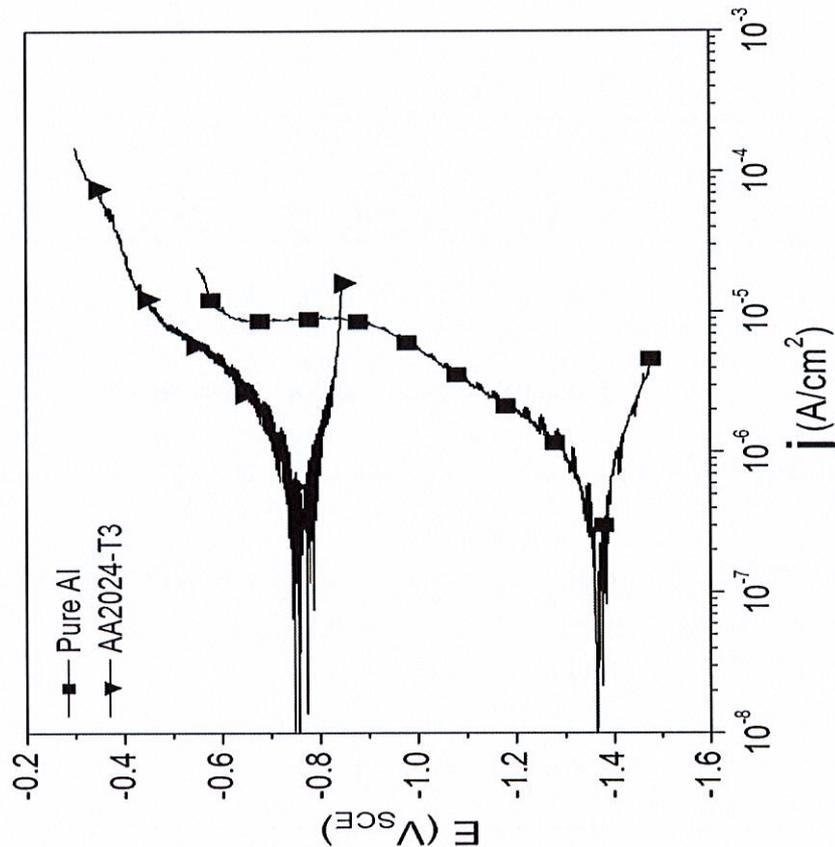
Figure 7 – Micrographies obtenues sur un même acier ayant subi différents traitements thermiques.

EXERCICE : CORROSION ET PROTECTION DES MATERIAUX METALLIQUES (5 points)

Répondre directement sur le sujet, sans justification. Barème : Bonne réponse : +1 pt / Mauvaise réponse : -1 pt / Absence de réponse : 0 / Note minimale de l'exercice : 0 / 5 pts.

On donne ci-dessous les courbes de polarisation en milieu NaCl 0,1 M de deux matériaux métalliques : (d'après Sukiman et coll.)

- Aluminium pur, noté « Al » ;
- Alliage d'aluminium avec du cuivre comme élément d'addition principal pour doper sa résistance à la corrosion, et ayant subi un traitement thermique pour améliorer sa résistance mécanique, noté « AA2024-T3 ».



On souhaite comparer la durée de vie d'une feuille d'aluminium alimentaire d'épaisseur nominale de 8 μm avec celle d'un feuillard d'alliage d'aluminium AA2024-T3 d'épaisseur 30 μm , toutes deux immergées séparément en milieu salin.

1°) Le matériau le plus noble est : Al AA2024-T3

2°) Encercler ou hachurer sans ambiguïté sur la figure la portion de la courbe correspondante à la branche anodique de AA2024-T3.

3°) Au vu des données et des hypothèses suggérées, le taux de corrosion moyen annuel unique estimable pour ces matériaux serait :

- ~0,11 mm/an ~11 $\mu\text{m}/\text{an}$ ~0,11 cm/an une autre valeur

4°) Quelle serait alors la durée séparant la dissolution complète des deux matériaux dans le milieu envisagé ?

- environ 2 jours environ 2 mois environ 2 ans environ 2 heures

5°) Au vu des données, on pourrait envisager une solution de type protection électrochimique :

- En plaquant un revêtement Al sur un substrat AA2024
 En plaquant un revêtement AA2024 sur un substrat Al

Autres données pouvant être utiles :

- o Abaque :

	$\frac{\text{mol}}{\text{m}^2\text{s}}$	$\frac{\text{mol}}{\text{cm}^2\text{s}}$	$\frac{\text{A}}{\text{m}^2}$	$\frac{\mu\text{A}}{\text{cm}^2}$	$\frac{\text{mg}}{\text{dm}^2\text{j}}$	$\frac{\text{mm}}{\text{an}}$
$\frac{\text{mol}}{\text{m}^2\text{s}}$	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	$8.96 \frac{M}{n}$	$0.327 \frac{M}{n \rho}$
$\frac{\mu\text{A}}{\text{cm}^2}$	$\frac{1.04 \times 10^{-7}}{n}$	$\frac{1.04 \times 10^{-11}}{n}$	0.01	1	$8.96 \times 10^{-2} \frac{M}{n}$	$3.27 \times 10^{-3} \frac{M}{n \rho}$
$\frac{\text{mg}}{\text{dm}^2\text{j}}$	$\frac{1.16 \times 10^{-6}}{M}$	$\frac{1.16 \times 10^{-10}}{M}$	$0.112 \frac{n}{M}$	$11.2 \frac{n}{M}$	1	$\frac{3.65 \times 10^{-2}}{\rho}$
$\frac{\text{mm}}{\text{an}}$	$3.17 \times 10^{-5} \frac{\rho}{M}$	$3.17 \times 10^{-9} \frac{\rho}{M}$	$3.06 \frac{n \rho}{M}$	$306 \frac{n \rho}{M}$	27.4ρ	1

M = masse atomique en g/mol, ρ = masse volumique en g/cm³, n = nombre de charges (adimensionnel)

- o Considérer en première approximation les densités de courant de corrosion de ces deux matériaux métalliques identiques, à la valeur $j_{\text{corr}} \approx 10^{-6}$ A/cm²
- o Assimiler AA2024 à Al
- o Prendre $n=3$ pour Al, $M(\text{Al})=27$ g/mol ; $d(\text{Al})=2,7$;
- o $E(\text{SCE})=0,242$ V/ENH
- o Surface totale immergée de chaque feuille : 200 cm²