



Corrigé de l'Examen Final du 1^{er} semestre – MP 912

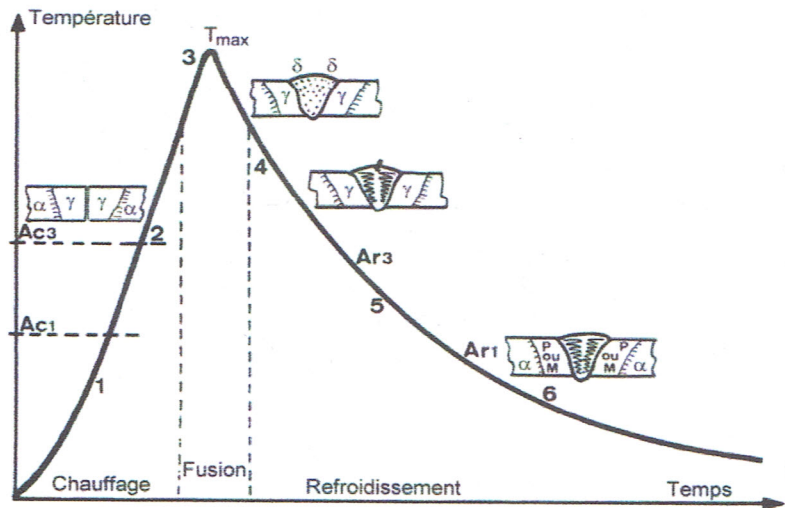
Exercice .1 :(5 points)

Répondez en donnant la bonne réponse les questions suivantes :

1. Définition : L'acier inoxydable est un alliage de fer comportant au moins 10,5% de chrome (Cr) et au plus 1,2% de Carbone (C) nécessaire pour garantir la formation d'une couche de surface auto-régénératrice (couche passive) qui apporte la résistance à la corrosion.
- Classes : Ferritiques, Austénitiques, Martensitiques, Duplex
2. Expliciter la bonne désignation, ainsi que la classification de ces deux nuances d'aciers suivante :
- X5CrNiCuNb 16-4 (17-4 PH) : Acier fortement allié avec 0.05% du Carbone, 16% du chrome, 4% du Nickel et faible pourcent du niobium. C'est acier Inox Austénitique durcis par précipitation.
- X2CrNiMoCuN 25-6-3 : Acier fortement allié avec 0.02% du Carbone, 25% du Chrome, 6 % du Nickel, 3% du Molybdène, des faibles traces du Cuivre et Azote. Sa classe et un acier Inox Duplex.
3. Le nom des trois différents types de corrosion : **Corrosion Intergranulaire- Corrosion par Piqures- Corrosion sous contrainte.**
4. Donnez la définition du phénomène de passivation : La passivation c'est l'interaction entre le chrome d'acier Inox et l'aire ambiant pour former une couche passive qui apporte la résistance à la corrosion.
- Son équation caractéristique : $4C_r + 3O_2 \rightarrow 2C_rO_3$
5. Que représente le phénomène engendré dans la figure ci-contre : C'est le phénomène du cycle thermique du soudage.
- Définition : c'est la variation de la température en fonction du temps lors d'une opération de soudage a un point dans le cordon de soudure.



0,28 - Le complément dans la figure ci-dessous



Exercice n° 2 : (10 points)

On désire de souder les deux types d'aciers suivant :

(a) : [X5CrNi18-10 à 0.06%C-1.8%Mn-0.4%Si-9.5%Ni-18%Cr], (b) : [X5CrNiMo 17-12-2 à 0.05%C- 1.7%Mn- 0.3%Si-12.2%Ni-17.5%Cr-2.8%Mo], qui font partie généralement pour la construction des citernes de stockage pour multiples model, en raison de leur particularité sécurité/hygiène élevée, résistance mécanique amélioré, bonne ductilité et soudabilité, etc. Le diagramme métallurgique spécifique le plus complet, et lié à ces deux aciers est donné dans la Figure 2.1 (Voir Annexe 1). On vous demande de :

1pl- (0,5+0,5) 1- Donner le nom de ce diagramme : C'est le diagramme métallurgique Schaeffler /Bystram

- Ces caractéristiques par rapport aux autres diagrammes : c'est un diagramme qui détermine les zones de risques (différentes natures de fissures) concernant le traitement thermique des Inox.

(0,5+0,5) 2- Complément le diagramme voir la figure, le nom de la zone grisée : Zone de sécurité

0,5+0,5 3- Le nom du composé (σ) : C'est un composé intermétallique qui se forme à partir de 480°C Son caractéristique principale dans ces aciers : Fragilisation à chaud qui va induire amorce de fissures.



0,5 4- Lors de l'élaboration ou soudage de ces aciers Inox, le Carbone et l'Azote se réunissent avec le Chrome pour donner des constituants tels que $(Cr,Fe)_{23}C_6$, $(Cr_2N)M_3N_2$: le nom de ce phénomène que se produise : c'est le phénomène de précipitation de chrome.

0,25 - Le nom de ces deux composés : Carbure de chrome et Nitrure de Chrome.

0,25 Leur impact négatif sur les aciers Inox : Appauvrissement du Chrome, ce qui va induire le risque élevé d'oxydation ou de corrosion.

1,5 5- Identifier la structure métallurgique après soudage (sans apport) de ces deux aciers (a) et (b) : Calcule du Chrome équivalent pour les deux aciers (a) et (b).

$Cr_{eq} = 18.6\%$ $Ni_{eq} = 12.2\%$ (a), pour (b) : $Cr_{eq} = 20.75\%$ $Ni_{eq} = 14.55\%$, puis traçage sur le diagramme donné en Annex 1, le point (c) sera situé a coté du point (a).

1,5 6- Identifier la structure métallurgique après soudage de ces deux aciers de même nuance [X4CrNi 18-12 à 0.06%C – 1.8%Mn- 0.30%Si- 12.5%Ni- 17.7%Cr] soudés avec un métal d'apport caractérisé par un équivalent Cr =28% et équivalent Ni=18% par procédé Mig. Calcule du Chrome équivalent pour les deux aciers (d), $Cr_{eq} = 18.15\%$ $Ni_{eq} = 15.2\%$ (a), pour le métal d'apport (e), $Cr_{eq} = 28\%$ $Ni_{eq} = 18\%$ (a), puis mesuré la distance entre d et e la multiplié fois le taux de dilution ici c'est 28%.

Donc on a : de * dilution %= 0.84 mm

0,5 a- la désignation de cet assemblage soudé, ainsi qu'elle est le nom principal (nature) de ce type de fissure :

- C'est un assemblage bout à bout (Forme Plate) avec un joint de soudure de type convexe.
- Le nom principal (nature) de la fissure : C'est une fissure **à chaud**

0,5 b- Ce types de fissures peuvent apparaitre dans :

- Elle se forme à tres haute température : Au centre de la soudure (bain de fusion)
- Au joint de grains

0,5 c- Les causes à l'origine de la fissuration à chaud :

- Composition chimique ;
- Contraintes appliquées lors de la solidification.



Exercice n° 3 : (5 points)

0,5 pt
(0,5+0,5) 1- Quel est le type de ce diagramme : C'est un diagramme de phase binaire a miscibilité partielle Compléter le : **Voir L'annexe 2.**

0,5 pt
(0,5+0,5) 2- Indiquer le liquidus et le solidus **Voir L'annexe 2.** Pour quelle type d'acier, ce diagramme est spécifique : Ce diagramme de phase est **spécifique pour les aciers Inox Type Ferritiques.**

1 pt
(0,5+0,5) 3- Indiquer dans les régions numérotées, le nombre de phase et la variance. (V=3-P).

Région 1 : Monophasé ; V=3-P V=2

Région 2 : Biphase ; V=3-P V=1

Région 3 : Biphase ; V=3-P V=1

Région 4 : Monophasé ; V=3-P V=2

0,5+0,5
(0,5+0,5) 4- Identifier le point caractéristique de cette transformation et donner ses coordonnées :
Le Point **Eutectique (E)** : 22% en Masse- 1505°C

0,8
(0,8) 5- Donner le nom du composé (σ) : **Composé Intermetallique dus au (Carbures ou Nitrures)**

0,25
(0,25) Sa température d'existence dans ce diagramme : **475°C – 820°C**

0,25
(0,25) Sa caractéristique principal : **Fragilisation par phase σ entre 475°C- 820°C**

0,25
(0,25) Nommer le type de la transformation : **Température de Début de fragilisation**

1 pt
(0,5+0,5) 6- Les phases en présence et leurs proportions :

$$f_{\alpha} = \frac{42 - 38}{42 - 35} = 4/7 = 0.57 \Rightarrow 57\% \text{ de Ferrite}$$

$$f_{\sigma} = 1 - f_{\alpha} = 1 - 0.57 = 0.43 \Rightarrow 43\% \text{ du Composé } \sigma$$

Annexe 1

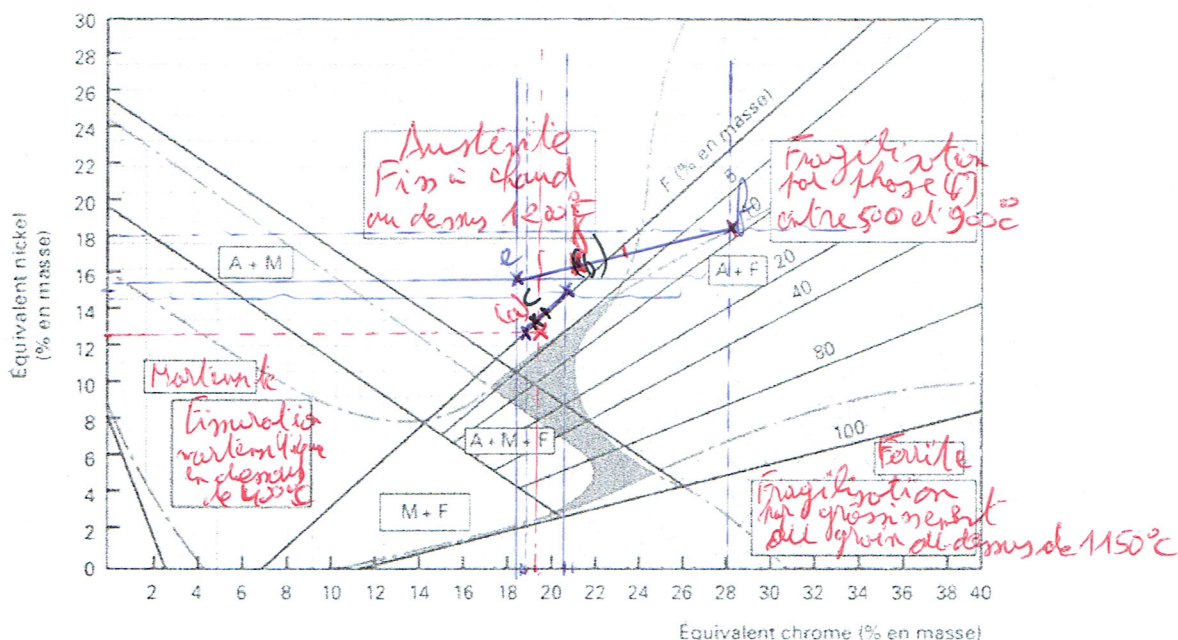


Figure 2.1 Diagramme Métallurgique des Aciers Inox

On donne aussi :

- Équivalent chrome : $\% Cr + 3 (\% Si) + \% Mo$
- Équivalent nickel : $\% Ni + 0,5 (\% Mn) + 21 (\% C) + 11,5 (\% N)$
- A austénite
- F ferrite
- M martensite

- Diagramme de Pryce et Andrews donnant la structure des aciers inoxydables

- Équivalent chrome : $\% Cr + \% Mo + 1,5 (\% Si) + 0,5 (\% Nb)$
- Équivalent nickel : $\% Ni + 30 (\% C) + 0,5 (\% Mn)$
- A austénite
- F ferrite
- M martensite

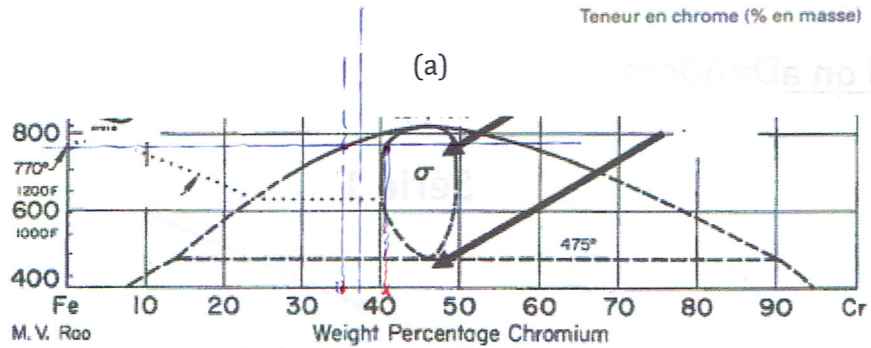
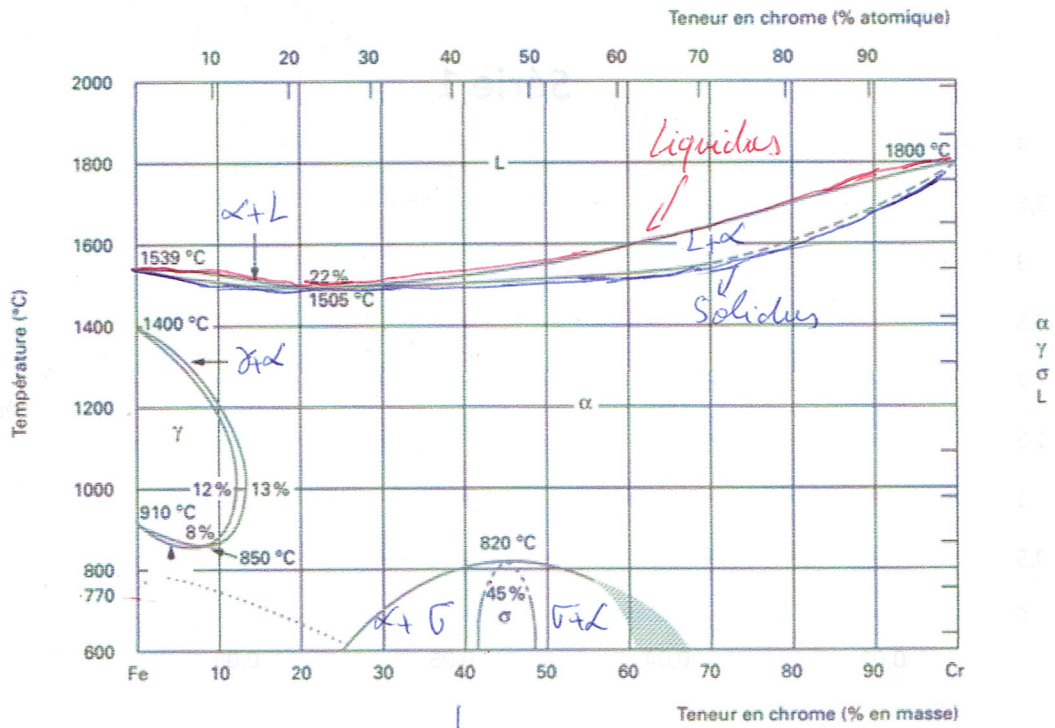
Diagramme 2 donnant la constitution des aciers inoxydables (en dessus)

Variation de taux de dilution :

Procédé TIG (141) : 30% ; Procédé ARC E.E (111) = 35% ; Procédé (135) MIG/MAG = 28% ; Procédé A.S.F = 60%

Nom :
 Prénom :

Annexe



(a)
 (b)
 Figure 2.1 Diagrammes Fe-Cr (a), (b)