Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

TRAITEMENTS DES MATERIAUX

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Sous-épreuve spécifique à chaque option

Option A – Traitements Thermiques

- U4.4A -

SESSION 2016

_____

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

_____

Aucun document autorisé

Calculatrices interdites

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Document à rendre avec la copie :

- Annexe 4 ……..……page 10/10

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet comporte 10 pages, numérotées de 1/10 à 10/10.

L'étude porte sur le suivi de modifications techniques apportées à un drone militaire de reconnaissance et d'attaque *MQ1 Predator* (cliché ci-dessous).



Caractéristiques du *Predator*

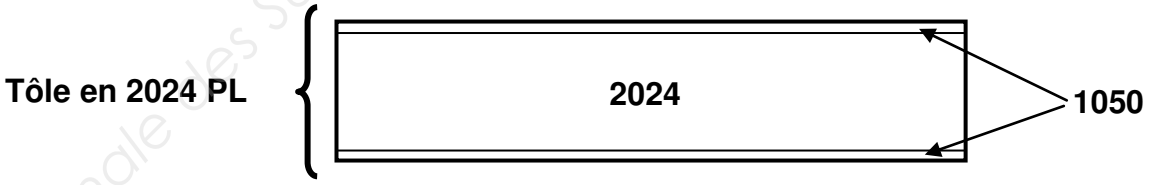
- envergure : 14,8 m
- longueur : 8,22 m
- hauteur : 2,10 m
- masse en charge maximale : 1020 kg
- moteur à hélice de 130 ch
- vitesse maximale : 150 km/h
- hauteur maxi de vol : 8000 m
- rayon d'action : 740 km

Votre travail consiste à intervenir lors de modifications techniques, pour auditer les fournisseurs et participer ainsi à l'amélioration de leur prestation.

L'étude portera sur trois pièces ou ensemble, composant le drone. Pour des raisons de confidentialité, les pièces ne peuvent pas être montrées dans un plan de l'aéronef.

Partie I — étude d'un flasque en 2024 PL

La pièce étudiée **(voir annexe 1)** est élaborée à partir d'une tôle de 2 mm d'épaisseur totale en alliage 2024 PL qui est un AlCu4Mg1 plaqué de chaque côté par une feuille de 0,2 mm d'épaisseur en alliage 1050 (Al à 99,50 %).



L'alliage 2024 assurera les caractéristiques mécaniques demandées et les plaquages assureront la résistance à la corrosion, généralement faible pour un 2024.

- Brut : tôle plaquée par colaminage de $2400 \times 1200 \times 2$ mm, état métallurgique H12.
- État final demandé : T4.

L'annexe 2 présente l'ensemble des données nécessaires au questionnement de cette partie. Toutes les températures sont données en degré Celsius.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Soit la gamme de fabrication d'origine de cette pièce :

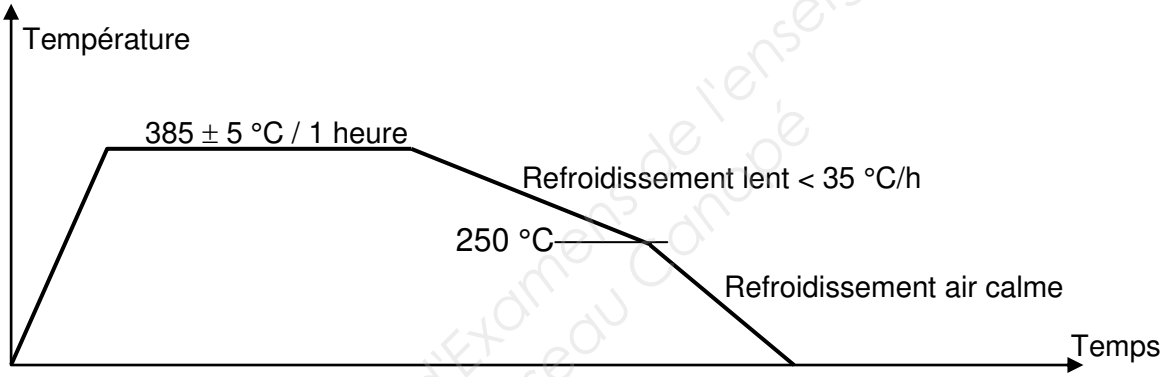
10 – détourage des pièces dans la tôle + ébavurage
20 – usinage des trous et des trois trous oblongs
30 – traitement thermique (recuit de recristallisation)
40 – emboutissage (section AA) et cambrage sur presse (mise en forme de la pièce par déformation plastique à froid)
50 – traitement thermique (mise en solution et trempe)

La température ambiante à l'atelier est de 25 °C maxi

60 – reprise main (redressage) sur maquette
70 – ajustage (coupe des pattes de fabrication + ébavurage)
80 – contrôles.

I.1 Justifier la phase 20 avant le recuit de recristallisation.

La gamme de traitement de recuit de recristallisation est la suivante :



I.2 Expliquer le rôle du recuit de recristallisation. Justifier son utilité avant la phase 40.

I.3 Soit la phase 60, ci-dessus, justifier son utilité.

Cette gamme complète est sujette à modifications pour des raisons de productivité. La nouvelle gamme de fabrication proposée est la suivante :

10 – détourage des pièces dans la tôle + ébavurage
20 – usinage des trous et des trois trous oblongs
30 – traitement thermique de mise en solution et trempe

La température ambiante à l'atelier est de 25 °C maxi

40 – emboutissage (section AA) et cambrage sur presse (mise en forme de la pièce par déformation plastique à froid)
50 – ajustage (coupe des pattes de fabrication + ébavurage)
60 – contrôles.

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

I.4 Etablir la gamme de traitement de la phase 30 en précisant tous les paramètres utiles.

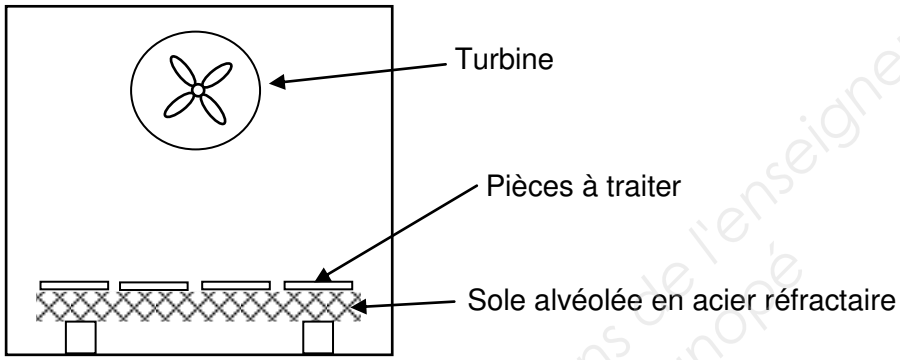
I.5 Selon la nouvelle gamme, de combien de temps dispose-t-on entre les phases 30 et 40 ? Pourquoi ce temps est-il limité ?

I.6 Pour le traitement de mise en solution, on utilise un four à convection forcée.

I.6.1 Quelle est sa particularité ?

I.6.2 Quelle doit être sa classe ? Justifier.

Soit, ci-dessous, le schéma vu de face du four à convection forcée de l'atelier. L'opérateur propose la disposition ci-dessous pour les pièces mais elle est peu productive car l'opérateur sort les pièces une par une pour les tremper alors qu'un système automatisé permettrait de sortir un panier entier.



I.7 En reproduisant le schéma du four, schématiser une charge contenant davantage de pièces dans un panier afin de limiter les déformations.

Partie II — étude du roulement de rotation du module caméra

Sous le fuselage du drone, il y a un module caméra fixé à l'appareil et capable d'une rotation rapide à 360° **(voir annexe 3)**. Ce mouvement est assuré entre autres par un roulement à base annulaire de diamètre extérieur de 300 mm. L'acier utilisé classiquement pour ce type de roulement est un 100Cr6. Cependant, les conditions de vol, les milieux agressifs et la diminution programmée des cycles de maintenance imposent un changement de matériau. Pour la fabrication de ce roulement, il sera utilisé un X100CrMo17.

II.1 A quelle classe d'acier à outils appartient cette nuance ? Justifier votre réponse en donnant la composition chimique de cet alliage, compte tenu de sa désignation.

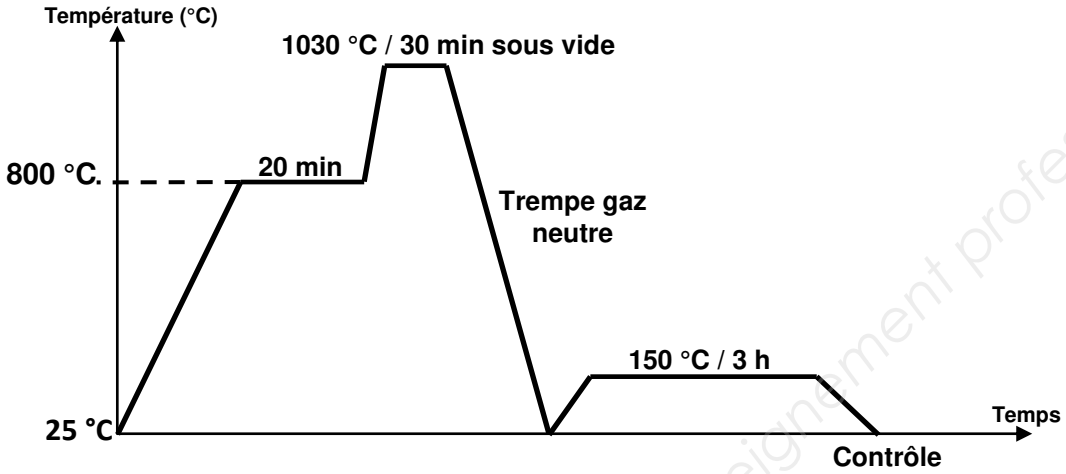
II.2 Indiquer le caractère alphagène, gammagène, carburigène et l'influence des différents éléments d'addition présents dans cet acier.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Cahier des charges :

- dureté supérieure ou égale à 58 HRC ;
- résilience maximale compte tenu de la nuance d'acier.

Le cycle de traitement proposé et testé sur la bague extérieure du roulement est le suivant :



Après contrôle, la dureté n'est que de 54 HRC. Il n'y a aucun problème avec les fours de traitements.

II.3 Quelle en est la cause ? Justifier votre réponse à l'aide de **l'annexe 3.**

II.4 La gamme n'étant pas optimisée, proposer un cycle permettant de répondre au cahier des charges. Justifier vos choix.

Partie III — étude d'un support de ressort en fonte grise non alliée

Le support de ressort à étudier fait partie du système de fixation du moteur du drone. La fonte est utilisée ici pour sa grande capacité à absorber les vibrations.

À l'origine, cette pièce en acier moulé, avec un taraudage rapporté par soudage **(voir annexe 4)**, est remplacée par une pièce en fonte grise à graphite sphéroïdal dont le taraudage subit une trempe sélective par induction.

La pièce d'origine présentait des ruptures fragiles en service au niveau de la soudure.

III.1 Donner deux phénomènes métallurgiques pouvant expliquer ces ruptures.

III.2 Comment mettre en évidence ces deux problèmes ?

III.3 La fonte utilisée contient du graphite sphéroïdal. Si on utilisait une fonte grise à graphite lamellaire, sa caractéristique d'allongement serait bien plus faible. Expliquer ce phénomène.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Le cahier des charges impose pour la nouvelle pièce une matrice à plus de 80 % de perlite. Elle garantira les caractéristiques mécaniques de la pièce ainsi que la préparation à la trempe superficielle.

III.4 Pourquoi une matrice perlitique est-elle nécessaire avant une trempe superficielle ?

III.5 A l'aide de **l'annexe 4** (à rendre avec la copie), montrant la superposition schématique du diagramme pseudobinaire de la fonte grise étudiée et du diagramme fer-cémentite ; établir un cycle de traitement permettant l'obtention d'une matrice quasi perlitique. Justifier les paramètres température, temps, atmosphère et mode de refroidissement. On supposera que la matrice originale de la fonte est ferrito-perlitique avec une faible quantité de perlite.

Le cahier des charges impose pour le taraudage une profondeur de trempe de 3,5 mm $\pm$ 0,5 à partir du haut du filet. Le moyen de chauffage avant trempe sera le chauffage par induction, l'inducteur étant placé à l'intérieur du taraudage.

III.6 Après essai de traitement, on effectue une coupe longitudinale du taraudage et une filiation de dureté. On détermine alors la courbe donnée en **annexe 4**.
Déterminer la profondeur de traitement et conclure compte tenu du cahier des charges.

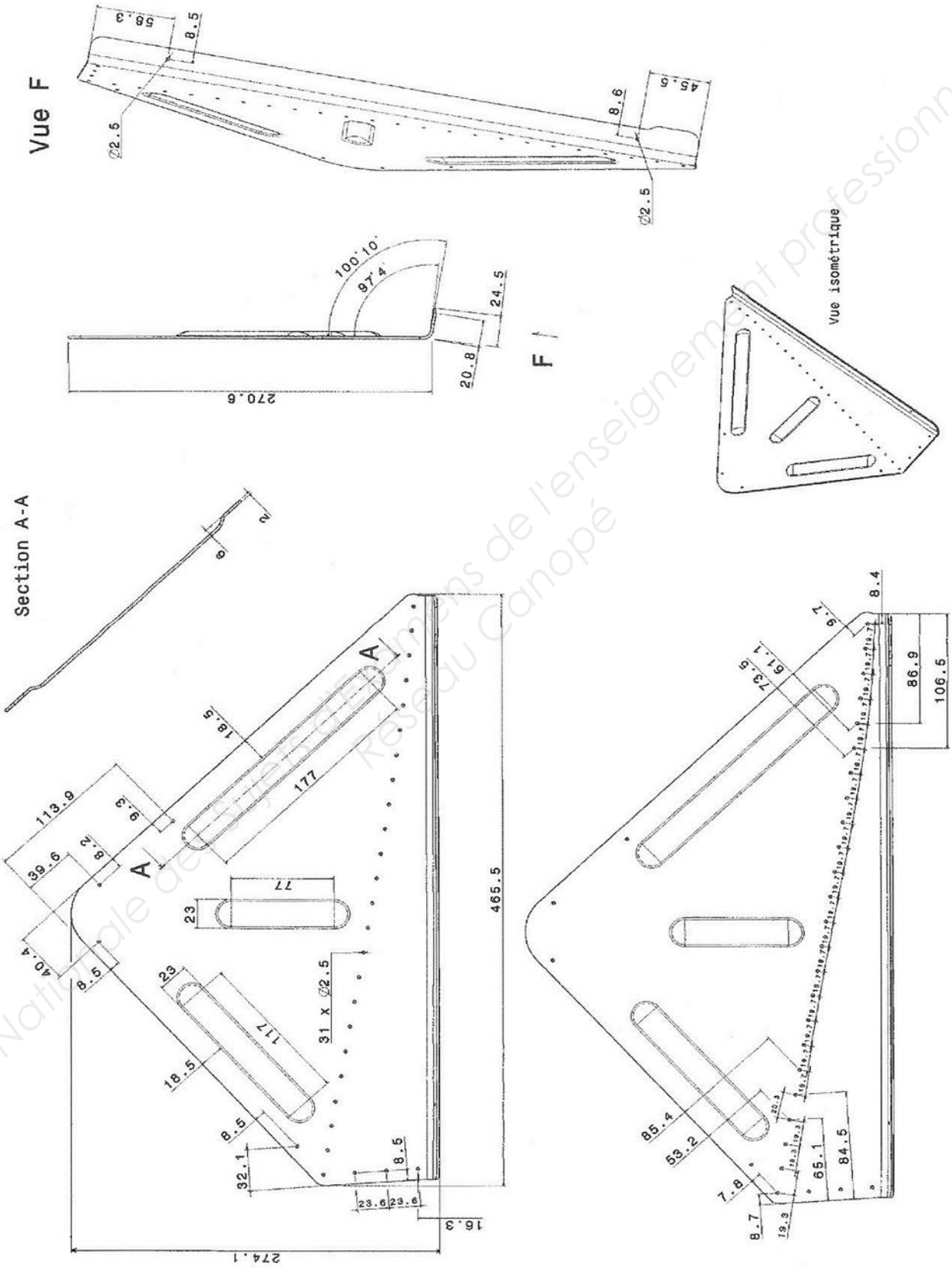
III.7 Si le résultat n'est pas convenable, sur quels paramètres du traitement peut-on agir pour modifier cette profondeur ?

Barème

Partie I								
Question	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6.1	I.6.2	I.7
Point(s)	0,5	1	1	1,5	1	0,5	1	0,5
Partie II								
Question	II.1	II.2	II.3	II.4				
Point(s)	1	2	1	1				
Partie III								
Question	III.1	III.2	III.3	III.4	III.5	III.6	III.7	
Point(s)	1	1	1	1	2	1	1	

Base Nationale de sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Annexe 1
Flasque en 2024 PL



Base Nationale de Ressources des Enseignements de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Annexe 2

État métallurgique et caractéristiques pour le 2024 PL

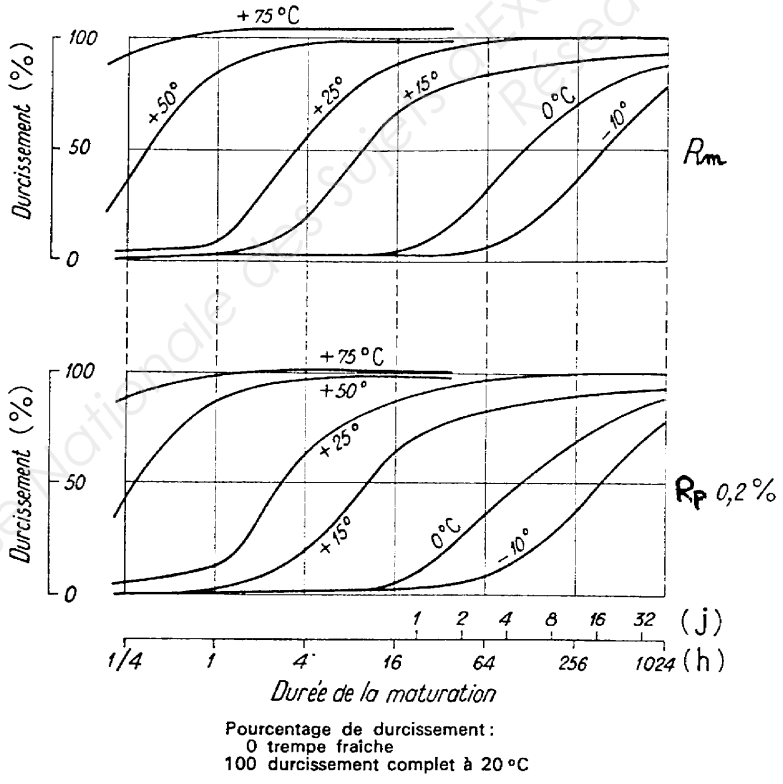
Symbole	Taux d'écrouissage	Définition et caractéristiques
H111	< 5 %	Plané ou dressé. État d'un produit dont le planage ou le dressage lui ont conféré un écrouissage inférieur à 5 %
H12	15 %	État ¼ dur par écrouissage (*Rm* = 160 MPa, *A* = 8 %)
H14	35 %	État ½ dur par écrouissage (*Rm* = 200 MPa, *A* = 5 %)
O	-	Recuit (*Rm* = 100 MPa, *A* = 20 %)
F	?	Brut de fabrication (caractéristiques aléatoires)
T4	-	Mise en solution, trempe et maturation (*Rm* = 320 MPa, *A* = 18 %)
T6	-	Mise en solution, trempe et revenu (*Rm* = 430 MPa, *A* = 12 %)

Paramètres de trempe pour le 2024 PL

Température de mise en solution : 495 °C ± 5

Epaisseur de la tôle (mm)	Durée de maintien (min)	Temps maximum de transfert (s)	Refroidissement eau
e < 0,6	10 à 20	< 5	Agitation Température < 30 °C
0,6 < e < 0,8	20 à 25	< 7	
0,8 < e < 1,6	25 à 30	< 10	
1,6 < e < 2,5	30 à 35		
2,5 < e < 6	35 à 50		

Maturation de l'alliage 2024

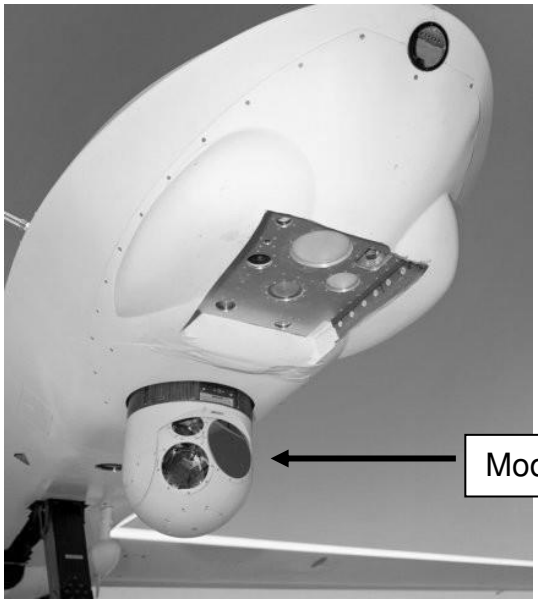


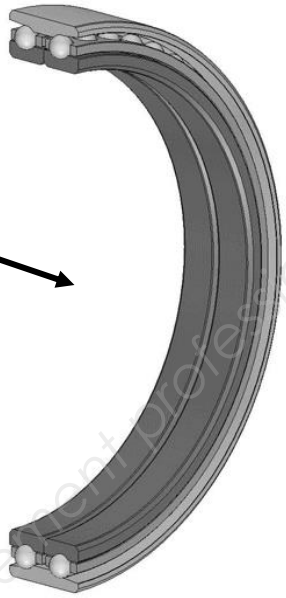
Pourcentage de durcissement :
0 trempe fraiche
100 durcissement complet à 20 °C

Evolution, après mise en solution et trempe, des caractéristiques mécaniques de l'alliage 2024 en fonction du temps et de la température de maturation.

Base nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel Réseau Canopé

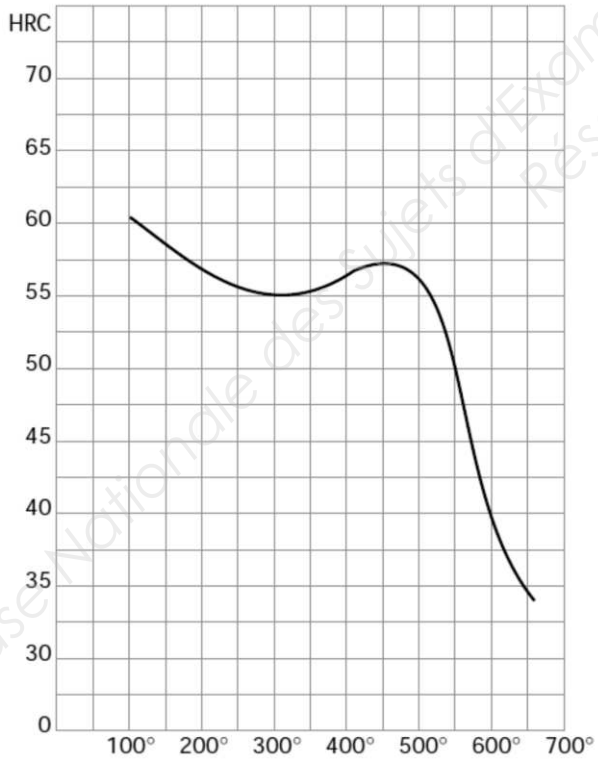
Annexe 3



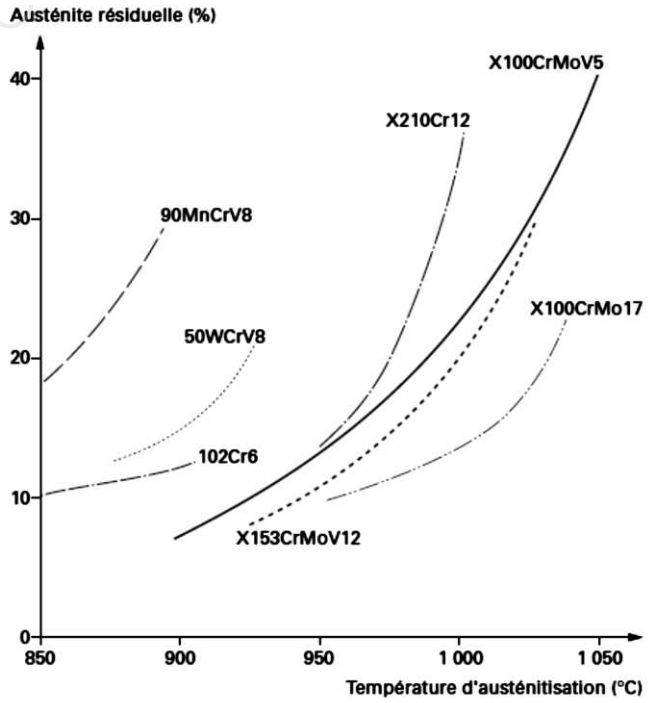


Extrait de la fiche technique de l'acier

- Température d'austénitisation : 1030 °C
- Refroidissement : Huile ou gaz neutre suivant massivité



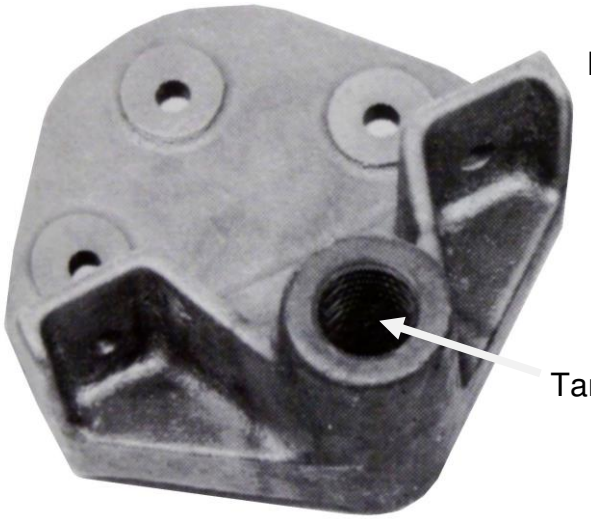
Dureté suivant la température de revenu dans les conditions optimales de trempe



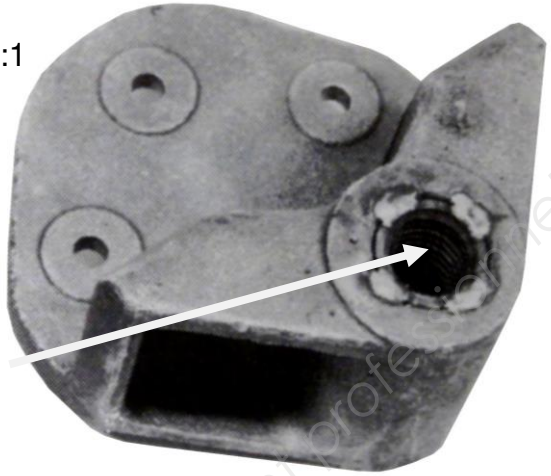
Influence de la température d'austénitisation sur le pourcentage d'austénite résiduelle

Base Nationale des sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Annexe 4 - à rendre avec la copie



Echelle 1:1



Pièce en fonte grise à graphite sphéroïdal dont le taraudage subit une trempe sélective par induction

Pièce en acier moulé, avec un taraudage rapporté par soudage

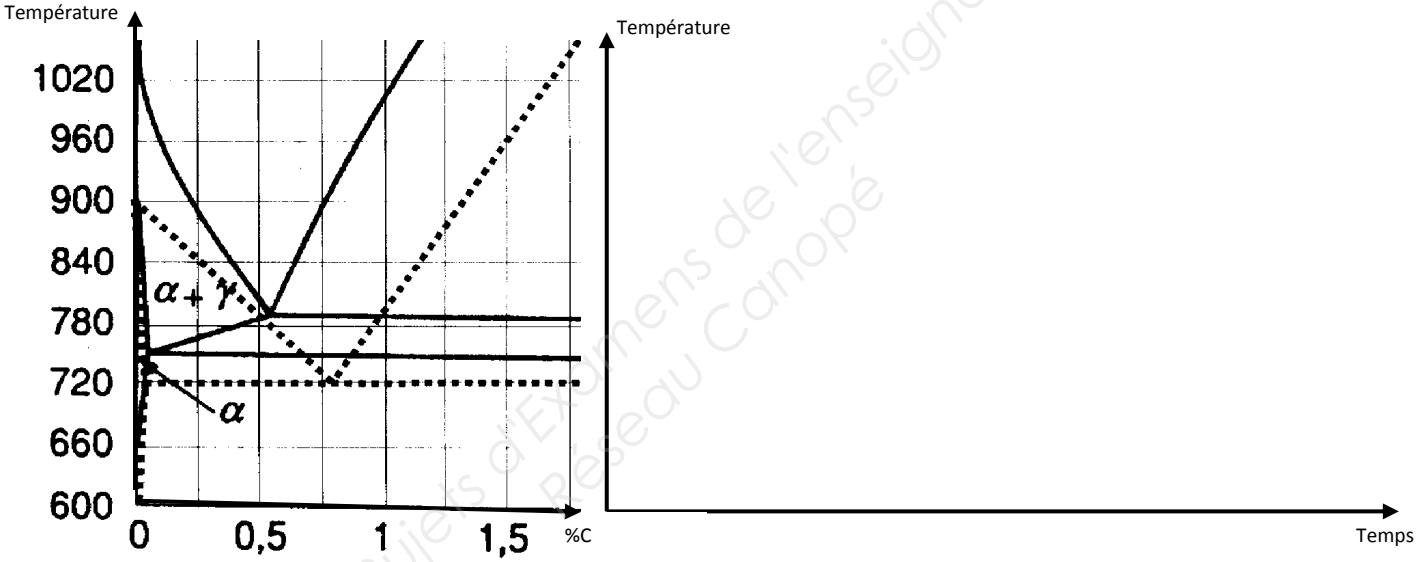
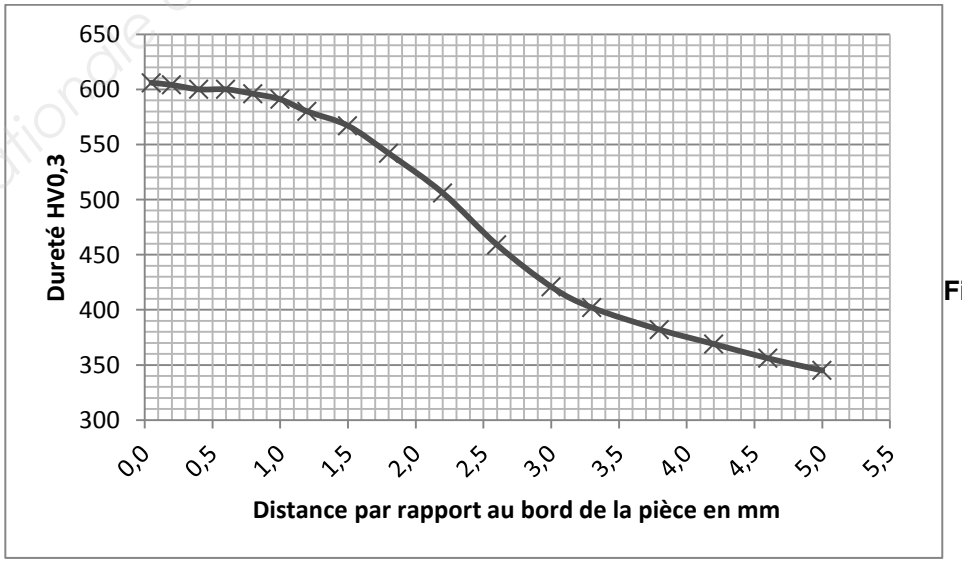


Diagramme pseudobinaire de la fonte étudiée
Diagramme Fer-Cémentite



Filiation de duretés

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel
Réseau Canopé

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.