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

Sous-épreuve commune aux deux options : Sciences et Techniques Industrielles

SESSION 2011

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

TRAITEMENTS DES MATERIAUX

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Sous-épreuve commune aux deux options

- U4.2 -

CORRIGE

DUREE : 2 heures

COEFFICIENT : 2

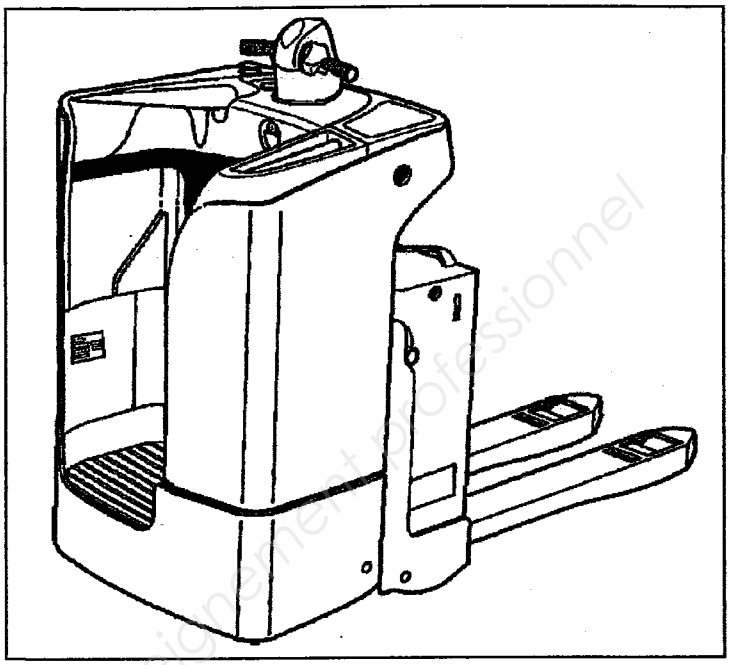
Les calculatrices de poche sont autorisées conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet comporte 10 pages, numérotées de 1 à 10 dont 3 annexes et 2 Documents réponse.

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

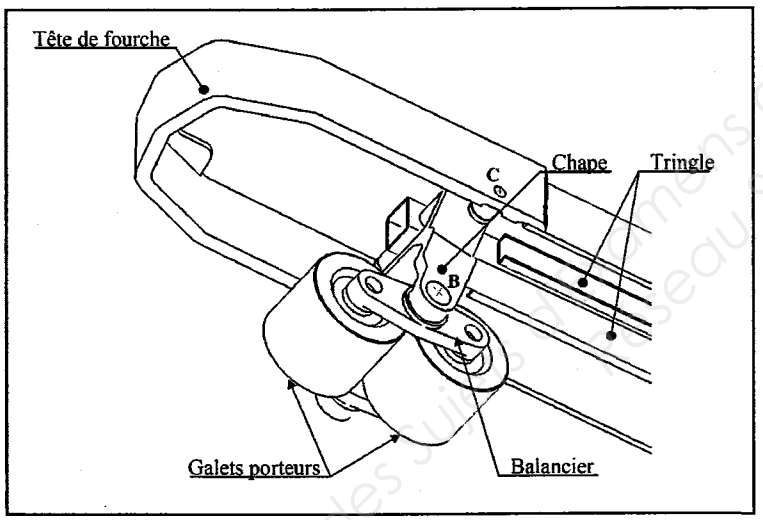
Présentation de l'objet de l'étude

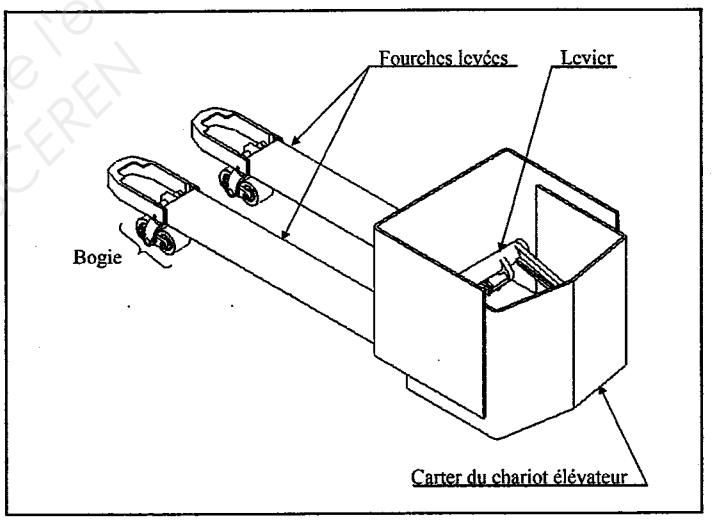
Le chariot élévateur T 20 SF est conçu pour optimiser le chargement et le déchargement des camions ainsi que le transport au sol des charges sur une moyenne distance.
Une attention particulière a été apportée afin de garantir la stabilité du chariot et le confort du cariste.

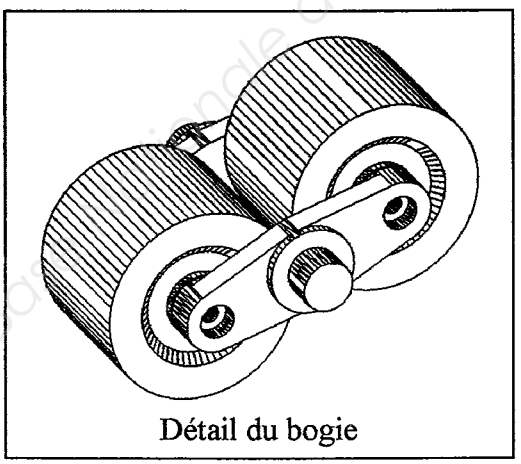


Description du chariot

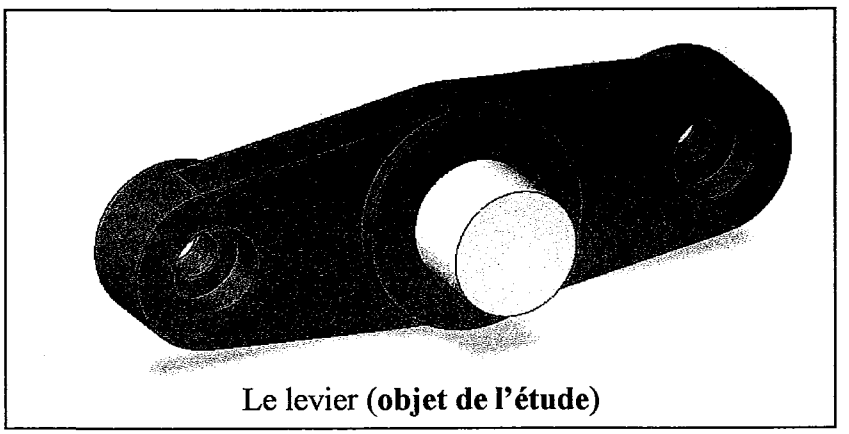
Le chariot comporte deux fourches permettant de manipuler aisément les palettes de norme ISO et Euro.
L'appui du chariot élévateur sur le sol est obtenu par trois points de contact : une roue motrice et deux bogies situés à l'extrémité avant de chacune des deux fourches.
Chaque bogie comporte une chape, un balancier et deux galets.





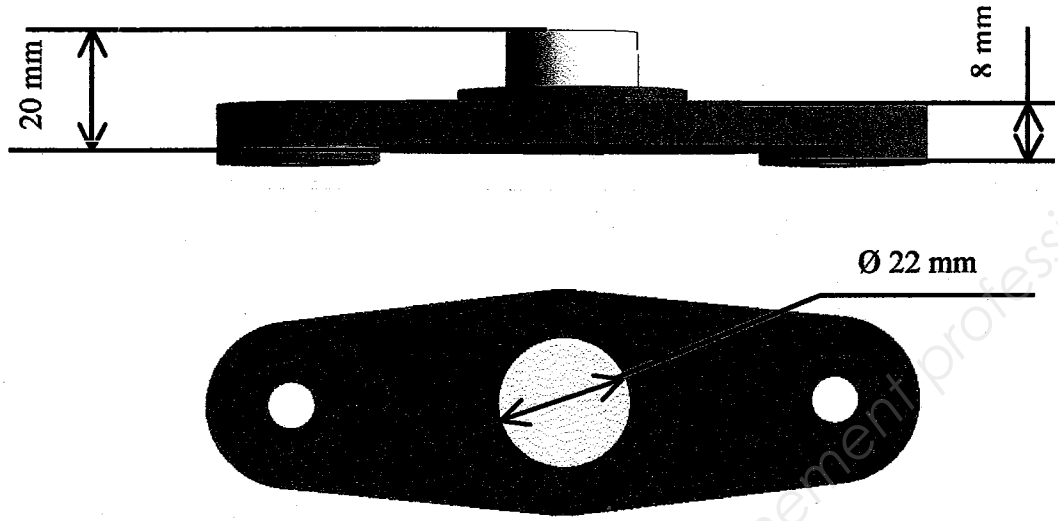


Détail du bogie



Le levier (**objet de l'étude**)

Le balancier se compose de deux leviers (**objets de l'étude**) et de deux axes.



Extrait du Cahier des Charges :

32<HRC<35

KCU>10 daJ/cm²

Gamme de fabrication simplifiée :	
Phases	**Opérations**
10	Cisaillage des lopins
20	**Recuit**
30	Frappe à froid
40	Usinage d'ébauche et demi finition
50	**Traitements thermiques et contrôle**
60	Usinage Finition
70	Zingage acide
80	peinture

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

Partie 1 : Analyse des spécifications

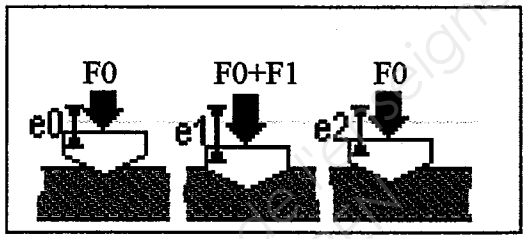
La nuance utilisée par le fabriquant est un acier 30 NiCrMo 16-6.

1.1 **Ecrire** la nature et la composition principale du matériau (le nom des éléments chimiques sera précisé en toutes lettres).
Acier contenant 0,3% de Carbone, 4% de Nickel, 1,5% de Chrome et du Molybdène

1.2 **Donner** la signification de chaque terme de l'expression « HRC »
Mesure de dureté (H) Rockwell (R) selon l'échelle C (C)

1.3 A l'aide de schéma, **décrire** le principe de cet essai.

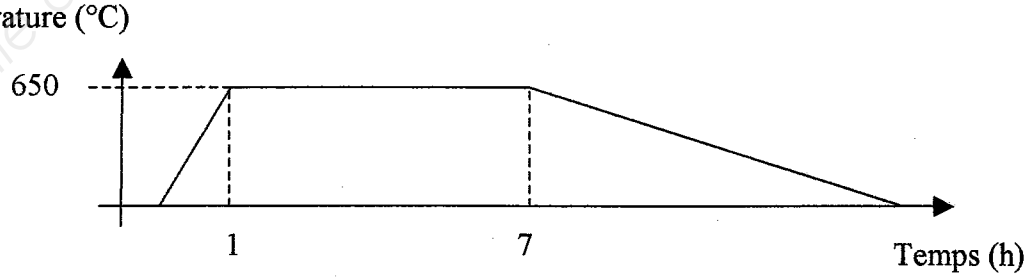
Le pénétrateur est soumis à une précharge F0.Il pénétre d'une valeur e0.
Une surcharge F1 est ajoutée à la précharge F0. La valeur de la pénétration est alors e1.
La surcharge est ensuite supprimée et la pénétration rémanente sous la précharge F0 est e2. Pour l'essais HRC, F0 =99,07N et F1=1373N
HRC est donné par 100-(e2-e0)/0,002 , avec e2 et e0 en mm



Partie 2 : Recuit de la phase 20

2.1 **Indiquer** le but et le nom de ce recuit.
Le but de ce recuit est d'obtenir de la cémentite globulaire et non lamellaire, afin de faciliter la mise en forme par déformation à froid. Il s'agit du recuit de globularisation.

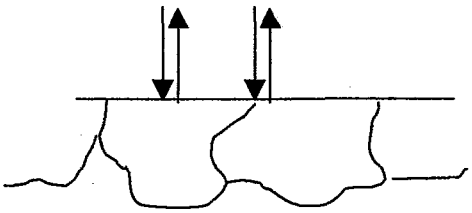
2.2 **Tracer** le cycle thermique de ce recuit et **justifier** le choix de la température.
Le recuit de globularisation comprend un chauffage juste sous Ac1, un maintien prolongé puis un refroidissement lent. Ici Ac1= 680°C, on choisira 650°C.



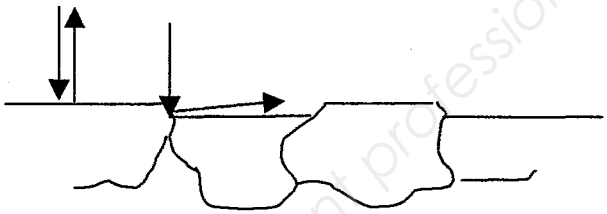
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'Enseignement Professionnel Réseau SCEREN

2.3 **Expliquer** le principe permettant de voir les structures obtenue après le recuit en micrographie sur une pièce polie et attaquée. **Préciser** pourquoi l'attaque est nécessaire à l'observation (pourquoi voit-on des zones claires et sombre au microscope après attaque ?). Si nécessaire, aidez-vous d'un schéma.

L'attaque de la surface polie est nécessaire afin de mettre en évidence les joints de grains et les hétérogénéités de structure. La vitesse d'attaque dépend de la composition et du type de la structure, ce qui créé des différences de niveau dont les interfaces sont visibles. De même, les joints des grains sont attaqués, et ne réfléchissent plus perpendiculairement les rayons lumineux incidents perpendiculairement.



Sans attaque



Avec attaque

Partie 3 : Contrôle après la frappe à froid de la phase 30

Le bureau des méthodes veut réaliser un contrôle du fibrage.

3.1 **Décrire** brièvement le principe de la « frappe à froid ».

Opération qui consiste à déformer un lopin à température ambiante entre deux matrices, par l'intermédiaire d'un marteau pilon ou d'une presse.

3.2 **Donner** un principe du contrôle du fibrage, **préciser** le matériel utilisé et un exemple de composition approximative du réactif

Le contrôle du fibrage peut se faire par attaque aux acides minéraux forts : Le réactif (HCl /H2O 50/50, par exemple) agit par dissolution à vitesse inégale de la surface métallique et créé ainsi des différences de niveau permettant l'observation macroscopique.

OU BIEN :

Le contrôle du fibrage peut se faire par impression aux sels d'argent et à l'acide sulfurique (dite « de Baumann »). A l'abri de la lumière, la surface est mise au contact d'un papier sensible photographique imbibé d'une solution d'acide sulfurique (à 3% en volume). Les inclusions sulfureuses du métal provoquent un dégagement d'hydrogène sulfuré provoquant un noircissement de la couche sensible par transformation des halogénures (bromures) d'argent en sulfure d'argent. L'empreinte est alors fixée à l'aide d'un fixateur.

3.3 **Schématiser** le fibrage obtenu de cette pièce sur le document réponse DR1. (**Joindre** le document réponse DR1 à votre copie)

Voir DR1

Partie 4 : Traitement thermique et contrôle de la phase 50

L'atelier de traitement thermique n'est constitué que d'un four sous atmosphère contrôlé avec bain d'huile incorporé et d'une installation normalisée spécifique permettant de contrôler la trempabilité.

4.1 **Nommer** et **détailler** l'essai qui permet de tracer la « courbe de trempabilité » qui figure en annexe 2

Il s'agit de l'essai Jominy. Il est mené en trois étapes :
-austénitisation à température fixée par la norme, d'une éprouvette usinée dans l'acier à tester et de dimensions normalisées.
-refroidissement en bout par jet d'eau dans des conditions normalisées
-mesure des duretés sur un méplat réalisé le long d'une génératrice. Les points de mesure sont de la dureté sont situés à 1,5-3,5-7-9-11-13-15mm puis tous les 5mm. Les résultats sont présentés par le tracé de la courbe dureté HRC en fonction de la distance à l'extrémité refroidie).

4.2 **Commenter** la courbe et en **déduire** si la trempe de l'acier est délicate ou non.

La courbe est très plate, ce qui indique que la dureté est constante le long de l'éprouvette. La structure obtenue est martensitique sur 80mm, c'est-à dire à l'endroit où le refroidissemnt de l'acier est lent. Il est donc facile d'obtenir une structure martensitique, même avec un refroidissement lent.

4.3 A l'aide du diagramme TRC, **vérifier** vos déductions en expliquant votre raisonnement

Le diagramme TRC indique que pour une durée de refroidissement de 40 minutes, ce qui est long, on obtient une structure M+γr.

4.4 **Préciser** le rôle des éléments d'alliage par rapport à la trempabilité

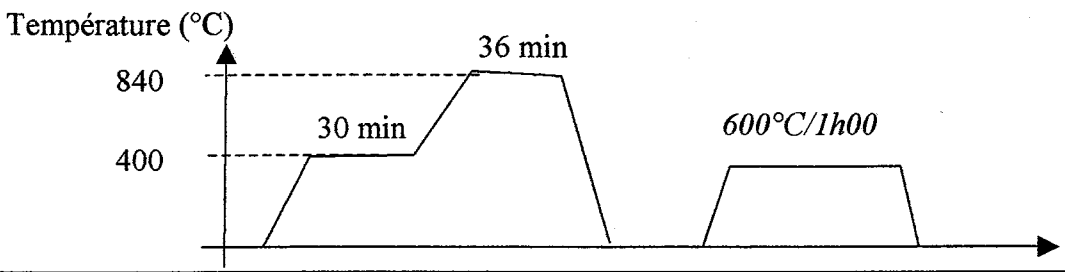
La mise en solution des éléments d'alliages dans l'austénite retarde la germination des carbures et augmente la trempabilité.

4.5 En vous aidant des annexes, et de l'expression empirique ci-dessous, **tracer** les cycles thermiques complets et **justifier** chaque paramètre (les températures, les temps, les atmosphères et le milieu de refroidissement)

La durée d'austénitisation est déterminée selon l'expression empirique : $\boxed{T = (0{,}8 \,.\, H) + C}$
Avec T = Durée en minute, H = épaisseur en mm et C = durée de dissolution des carbures.

La durée de dissolution des carbures est estimée à 15 minutes pour une structure perlitique lamellaire et 20 minutes pour une structure perlitique globulaire

L'acier est faiblement allié : au moins un palier d'homogénéisation est nécessaire.
La température d'austénitisation est choisie à Ac3+50°C (ou bien on choisit celle indiquée par le diagramme TRC :840°C)
Le refroidissement à l'huile est celui utilisé pour obtenir les caractéristiques du diagramme des propriétés mécaniques après revenu. La vitesse de refroidissement est largement suffisante pour réussir la trempe.
Durée de l'austénitisation : 0,8.20+20 =36minutes (épaisseur 20mm, perlite globulaire)



Choix de la température de revenu :
Le cahier des charges impose 32<HRC<35, c'est-à-dire 1020 Mpa<Rm<1105 MPa et KCU>10 daN/cm², d'où une température de revenu entre 575°C et 625°C.

Partie 5 : Traitements de surface

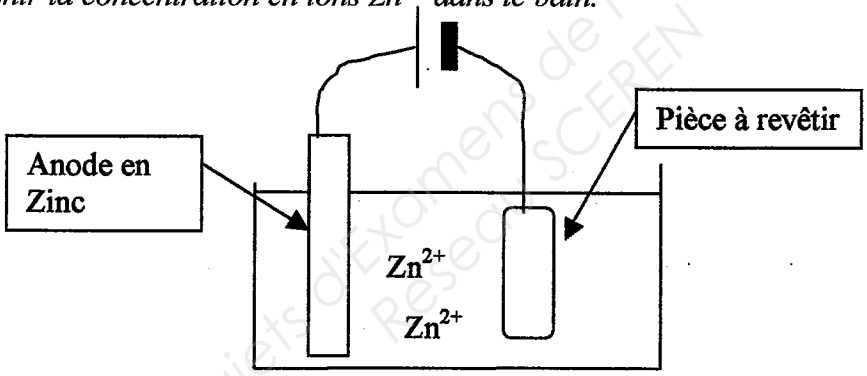
Les leviers sont protégés de la corrosion par un zingage acide suivi d'une mise en peinture. Le dépôt de zinc a une épaisseur de 20 µm. Le traitement de surface ne devra pas affecter les caractéristiques mécaniques demandées.

5.1 A l'aide d'un schéma annoté, **expliquer** brièvement le principe du zingage électrolytique.

A l'aide d'un générateur, on provoque la réduction d'un cation Zn^{2+} sur la pièce à revêtir :

$$Zn^{2+} + 2\,e^- \rightarrow Zn_{(s)}$$

Dans le même temps, il y a oxydation au niveau de l'anode soluble en Zn qui permet de maintenir la concentration en ions Zn^{2+} dans le bain.



5.2 **Ecrire** la représentation symbolique normalisée du revêtement métallique sans prendre en compte la phase de peinture

Zn 20 (I) / Fe

5.3 Sachant qu'il s'agit d'un acier sensible à la fragilisation par l'hydrogène, **préciser** si un traitement particulier est nécessaire et , si cela est le cas, **décrire** le traitement en précisant les ordres de grandeur des paramètres.

Un traitement de défragilisation est nécessaire : maintien à 200°C pendant 12h, par exemple.

Le bain de zinc acide fonctionne dans les conditions suivantes :

- Densité de courant cathodique : $J = 3{,}0\ A.dm^{-2}$
- Rendement cathodique : $\eta = 95\%$

On donne par ailleurs les paramètres suivants :

- Masse volumique du zinc : $\rho = 7{,}1\ g.cm^{-3}$

- Masse molaire du zinc : M = 65,4 $g.mol^{-1}$
- 1 Faraday : F = 96500 $C.mol^{-1}$

On rappelle en outre que l'électrovalence du zinc est n = 2.
La surface de la pièce à traiter est de 4800 mm^2 .

5.4**Calculer** le temps d'électrolyse de ce zingage (en minutes) nécessaire pour obtenir une épaisseur de 20µm en justifiant vos calculs. On adoptera obligatoirement les conventions d'écritures précisées ci-dessus.

Par définition de la vitesse, on a : v = e / Δt
avec e : épaisseur e = Volume / Surface = m / (ρ.S)
S : surface des pièces à revêtir

Par ailleurs la loi de Faraday s'écrit : $m = \eta.\frac{I.\Delta t.M}{n.F}$ *avec I : intensité du courant I = J * S*

d'où : $v = \eta.\frac{J.M}{n.F.\rho}$

A.N. : $v = 0{,}95.\frac{3{,}0 A.dm^{-2}.65{,}4 g.mol^{-1}}{2.96500 C.mol^{-1}.7{,}1.10^{3} g.dm^{-3}} = 1{,}36.10^{-7}\ dm.s^{-1} = 1{,}36.10^{-2}\ \mu m.s^{-1}$

$v = 0{,}81\ \mu m.min^{-1} = 0{,}8\ \mu m.min^{-1}$

durée : Δt=e / v = 20 / 0,8 ≈ 25 min

5.5 **Proposer** une gamme de traitement sur le document réponse DR2, sans prendre en compte les conséquences de la fragilisation à l'hydrogène, ni la mise en peinture. (**Joindre** le document réponse DR2 à votre copie)

Voir DR2

Barème :

Partie	1			2			3		
Question	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
points	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	0,5	1	0,5

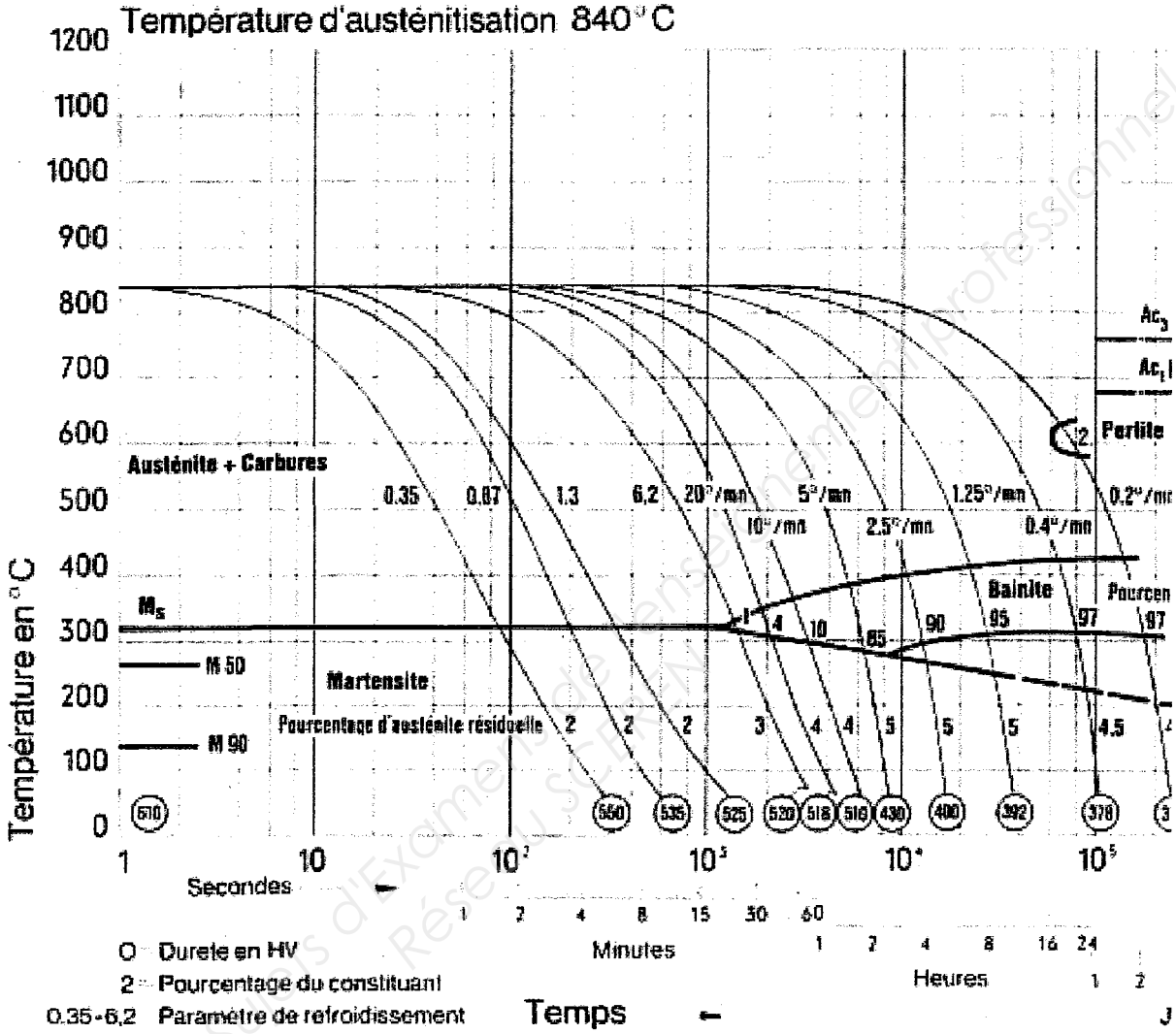
Partie	4					5				
Question	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
points	2	0,5	2	0,5	3	1	0,5	1	2	1,5

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

ANNEXE 1

30 NiCrMo16-6

Diagramme TRC



Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

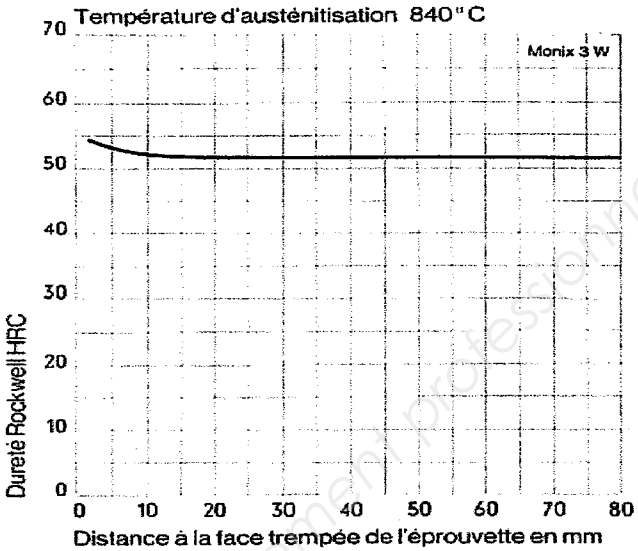
ANNEXE 2

Extrait de la fiche technique de l'acier
30 NiCrMo 16-6

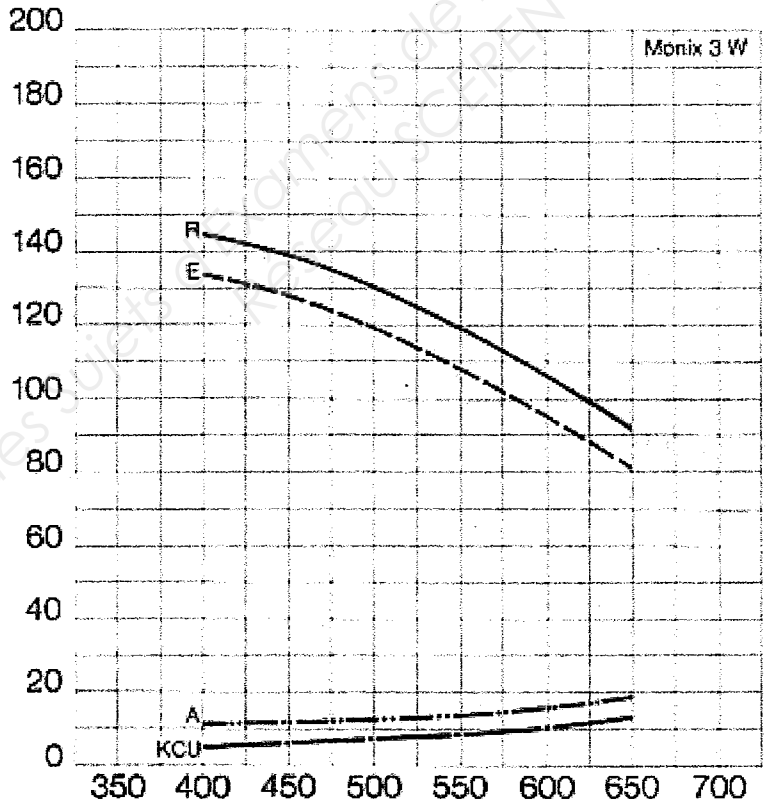
L'acier est réceptionné à l'état recuit
(210HV30)

$Ac_1 = 680°C$
$Ac_3 = 760°C$

Courbe de trempabilité



Caractéristiques mécaniques
en fonction de la température



Température de revenu en °C (Durée 1 h)
Trempe 850 °C/huile
Valeurs moyennes sur éprouvettes 13,8 mm ø

Résilience KCU en daj/cm²
Allongement A en % (L=5d)
Limite élastique E et résistance R (également notée Rm), en daN/mm²

Base Nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

ANNEXE 3

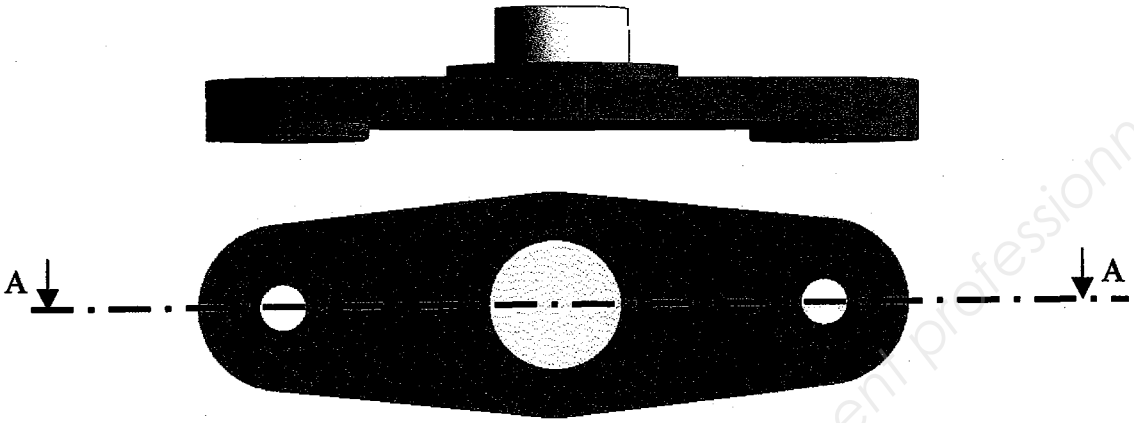
Correspondances duretés résistance maximale

HV30	HBS HBW	HRB	HRC	Rm MPa	HV30	HBS HBW	HRB	HRC	Rm MPa	HV30	HRC
80	76	36		270	280	266		27	890	660	58.5
85	81	42		310	285	271		28	910	670	59
90	85	47		320	290	276		28.5	930	680	59.2
95	90	52		340	295	280		29	940	690	59.7
100	95	56		350	300	285		30	960	700	60
105	100	60		370	310	295		31	990	720	61
110	105	62		380	320	304		32	1020	740	62
115	109	65		390	330	314		33	1060	760	62.5
120	114	67		410	340	323		34	1090	780	63
125	119	69		420	350	333		35.5	1120	800	64
130	124	71		440	360	342		36.5	1160	820	64.5
135	128	73		450	370	352		38	1190	840	65
140	133	75		470	380	361		39	1220	860	66
145	138	77		480	390	371		40	1260	880	66.5
150	143	79	Non Valable dans ce domaine	500	400	380		41	1290	900	67
155	147	80		510	410	390		42	1330	920	67.5
160	152	82		530	420	399		43	1360	940	68
165	156	83		540	430	409		43.5	1400	960	68.5
170	162	85		550	440	418		44.5	1430	980	69
175	166	86		570	450	428	Non Valable dans ce domaine	45	1470	1000	70
180	171	87		580	460	437		46	1500		
185	176	88		600	470	447		47	1540		
190	181	90		610	480	456		48	1570		
195	185	91		630	490	466		48.5	1610		
200	190	92		650	500	475		49	1650		
205	195	93		660	510	485		50	1680		
210	199	94		680	520	494		50.5	1720		
215	204	95		690	530	504		51	1760		
220	209	96		710	540	513		52	1790		
225	214	97		720	550	523		52.5	1830		
230	219	98		740	560	532		53	1870		
235	223	99		750	570	542		53.5	1910		
240	228	100	20	770	580	551		54	1940		
245	233		21	780	590	561		54.5	1980		
250	238		22	800	600	570		55	2020		
255	242		23	820	610	580		56	2060		
260	247		24	830	620	589		56.5	2100		
265	252		25	850	630	599		57	2140		
270	257		26	860	640	608		57.5	2180		
275	261		26.5	880	650	618		58	2220		

Base Nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

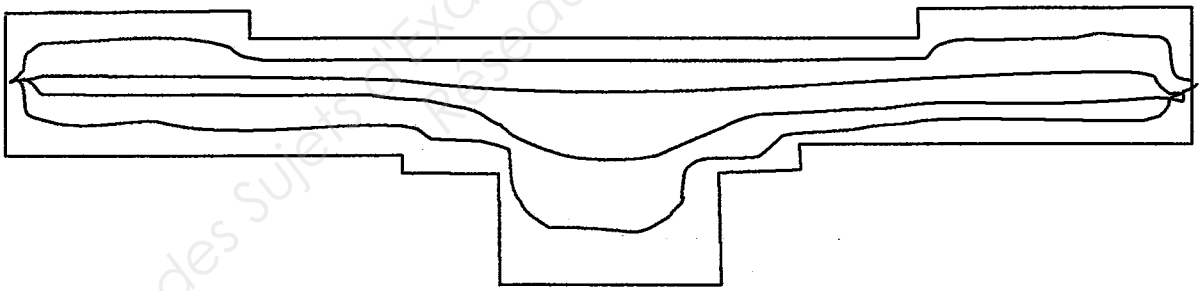
Document réponse DR1

Pièce finie :



Ci-dessous : Coupe A-A de la pièce après frappe à froid et avant usinage
(vue sur laquelle tracer le fibrage)

CORRIGE



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

Document réponse DR2

CORRIGE

N° des Phases	Opérations	Température	Durée
10	*Dégraissage chimique alcalin*	*≈80°C*	*5 min.*
20	*Rinçage*		*30 s.*
30	*Décapage acide (par ex HCl 50%)*	*Ambiante*	*5 min.*
40	*Rinçage*		*30 s.*
50	*Dégraissage électrolytique*	*50°C – 70 °C*	*2 min.*
60	*Rinçage*		*30 s.*
70	*Neutralisation (par ex HCl 2%)*	*Ambiante*	*30 s.*
80	*Zingage acide*	*20 à 40 °C suivant composition du bain*	*25 min.*
90	*Rinçage*		*30 s.*
100			
110			
120			
130			
…			

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

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

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.