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

SESSION 2010

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

TRAITEMENTS DES MATERIAUX

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Sous-épreuve commune aux deux options

- U4.2 -

DUREE : 2 heures

COEFFICIENT : 2

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

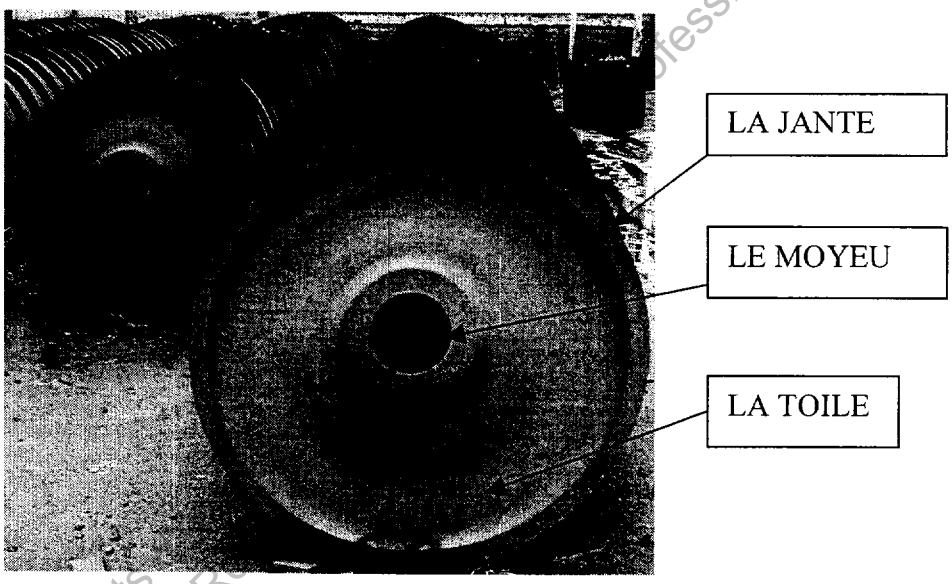
Les calculatrices de poche sont autorisées conformément à la circulaire n°99-186 du 16 novembre 1999

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet comporte 14 pages, numérotées de 1 à 14 dont 9 annexes.

VALDUNE, située à Dunkerque dans le nord de la France est la première entreprise mondiale dans la fabrication des roues et des essieux de matériels roulant sur les réseaux ferrés.

Les roues et les essieux sont élaborés à partir de différentes opérations de forgeage, de laminage, et de traitements thermiques pour optimiser leurs caractéristiques mécaniques. Les matériaux utilisés pour la fabrication des roues et des essieux sont respectivement de type R6 pour la roue et de type A4 pour l'essieu, selon référence interne. Voir tableaux 1 et 3 en annexe 1 page 6.

I. ETUDE DE LA ROUE



La roue est constituée de trois parties :

- La JANTE qui est en contact avec le rail ;
- Le MOYEU qui assure le serrage entre la roue et l'essieu ;
- La TOILE qui doit posséder de bonnes caractéristiques de ductilité entre la jante et le moyeu.

Voir photo de la roue ci-dessus.

La gamme de fabrication de la roue est définie dans l'annexe 2.

Les caractéristiques mécaniques après traitements thermiques sont données sur le tableau 2 annexe 1.

Base Nationale des sujets Réservé à l'usage professionnel

QUESTIONS

I.1 Décoder la désignation de l'acier dont le diagramme TRC est donné en annexe 4.

I.2 La roue est une pièce d'usure et de sécurité très importante. Elle doit faire l'objet d'une propreté inclusionnaire satisfaisante. La nuance de l'alliage qui la constitue est élaborée par coulée continue.
Donner l'intérêt, dans ce cas, de la coulée continue par rapport à une coulée classique en lingotière.

I.3 Citer deux éléments chimiques à minimiser lors de l'élaboration de l'acier. Donner deux moyens d'investigation qui permettent de les mettre en évidence.

I.4 La roue dans son ensemble est obtenue par une série d'opérations décrites en annexe 2. Pourquoi une déformation à chaud s'impose elle ?

I.5 Après les opérations de mise en forme à chaud de la roue, des traitements thermiques sont réalisés. Pourquoi un recuit de régénération est-il préconisé ?

L'acier utilisé pour la fabrication de la roue est de type C45. Après une austénitisation totale de la roue, une trempe puis un revenu sont réalisés sur la jante essentiellement pour respecter le cahier des charges. Voir tableau 2 annexe 1.

I.6 Dessiner en le définissant, le cycle thermique de trempe et de revenu effectué sur la jante en précisant :

- les températures ;
- les temps de maintien ;
- les modes de refroidissement.

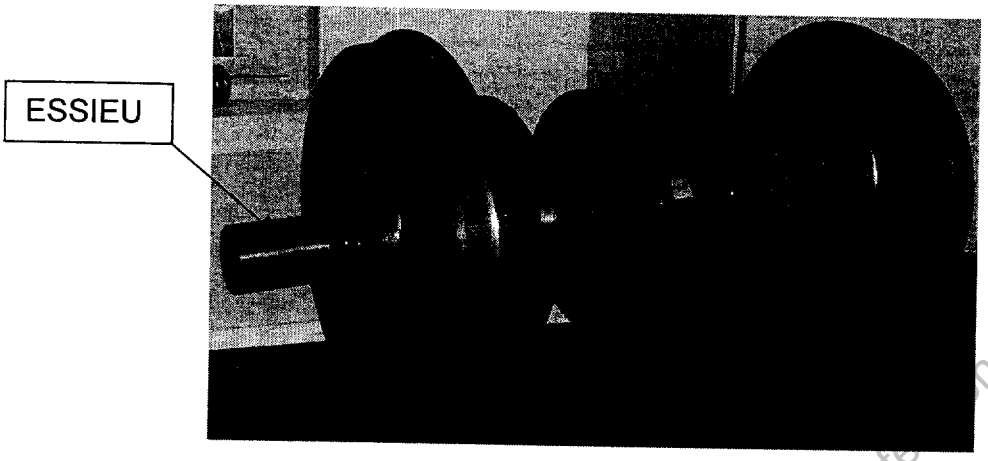
En sachant que :

- La masse de la roue est de 300 kg et la vitesse de refroidissement est assimilable à celle d'un diamètre de 20 mm ;
- La dureté après revenu doit être de 260HV30 ;

Voir annexes 3, 4, 5 et 6.

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

II. ETUDE DE L'ESSIEU



Les essieux sont obtenus à partir de barres laminées en acier à l'état normalisé de diamètre 120 mm, suivi d'un usinage. La nuance de l'acier est de type A4. Voir tableau 3, annexe 1.
Les caractéristiques mécaniques après traitements thermiques sont indiquées sur le tableau 4, annexe 1.

QUESTIONS

II.1 L'essieu subit un traitement thermique de trempe à l'eau suivi d'un revenu. Donner à partir du diagramme TRC, annexe 7 page 12, la nature et la proportion des constituants à cœur et en peau ainsi que l'intervalle des duretés obtenues après trempe. Utiliser les annexes 5 et 7. Il est conseillé de reporter la loi de refroidissement sur le diagramme TRC.

II.2 La courbe de traction en annexe 8 est le résultat d'un contrôle sur une éprouvette normalisée de même nuance après trempe et revenu. La section de cette éprouvette est de 78,5 mm².
Vérifier par le calcul si Rm et $Rp_{0,2}$ sont conformes à l'intervalle de tolérance du tableau 4, annexe 1.

II.3 A partir des résultats calculés à la question II.2, et de l'annexe 9, donner la valeur HRB correspondante. Indiquer le principe de cet essai à l'aide d'un schéma.

III .TRAITEMENTS DE SURFACE

Dans la gamme de fabrication des roues, un grenaillage est effectué.

III.1.1 Quel est son but ?

III.1.2 Décrire succinctement le procédé en indiquant, entre autres, le type de grenaille utilisé.

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

III.2 Chromage

Dans certains cas, plutôt que de remplacer les essieux quand ceux-ci présentent des usures anormales au niveau des moyeux, la SNCF effectue des rechargements sur ces pièces en effectuant des opérations de chromage.
Les conditions de cette opération sont les suivantes :
Composition du bain :

- anhydride chromique 250 g/L
- acide sulfurique 2,5 g/L

Température de fonctionnement : 55 °C
Densité de courant cathodique : 50 A/dm²

III.2.1 Décrire la gamme de traitement permettant d'effectuer directement un dépôt de chrome sur acier. Prendre en compte le fait que les pièces sont fortement oxydées.
On tiendra compte du fait que la gamme de préparation est **identique à celle d'un zingage sur acier** et que l'acier n'est pas fragilisable par l'hydrogène.

III.2.2 On dépose en moyenne 200 µm de chrome.
Calculer le temps nécessaire pour obtenir ce dépôt sachant que le rendement cathodique du bain est de 20 %.
On donne :
Masse atomique du chrome : 52 g/mole
Masse volumique du chrome : 7,140 g/cm^3
Valence de l'ion : +6

III.3 Peinture

L'essieu est peint sur les parties non fonctionnelles par poudrage électrostatique.
Après avoir défini l'intérêt de ce traitement, expliquer brièvement le principe de ce procédé.

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

Barème indicatif

Partie	Partie I					
Questions	I.1	I.2	I.3	I.4	I.5	I.6
Points	1	1	1	1	2	2

Partie	Partie II		
Questions	II.1	II.2	II.3
Points	1,5	2	1,5

Partie	Partie III				
Questions	III.1.1	III.1.2	III.2 .1	III.2.2	III.3
Points	0 ,5	1,5	2,5	2	0,5

Annexe 1

Tableau 1

Nuance	Composition chimique teneur maximale en % sur produit										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Mo	Ni	V	Cr+Mo+Ni
R6	0,48	0,40	0,75	0,035	0,035	0,30	0,30	0,08	0,30	0,05	0,50
R7	0,52	0,40	0,75	0,035	0,035	0,30	0,30	0,08	0,30	0,05	0,50
R8	0,56	0,40	0,75	0,035	0,035	0,30	0,30	0,08	0,30	0,05	0,50
R9	0,60	0,40	0,75	0,035	0,035	0,30	0,30	0,08	0,30	0,05	0,50

Tableau 2

Nuance	Caractéristiques mécaniques		
	Jante		
	Rm (N/mm²)	A (%)	Ku (J)
R6T	780 à 900	15	15
R7T	820 à 940	14	15
R8T	860 à 980	13	15
R9T	900 à 1050	12	10

Tableau 3

Nuance	Composition chimique teneur maximale en % sur produit										
		C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Mo	Ni	V
A1	C35	0,37	0,46	1,12	0,04	0,04	0,30	0,30	0,05	0,30	0,05
A4	25CrMo4	0,22/0,27	0,15/0,40	0,50/0,80	0,035	0,035	0,90/1,20	0,30	0,15/0,30	0,30	0,05
A5	42CrMo4	0,45	0,40	0,90	0,035	0,035	1 ;20	0,30	0,30	0,30	0,10

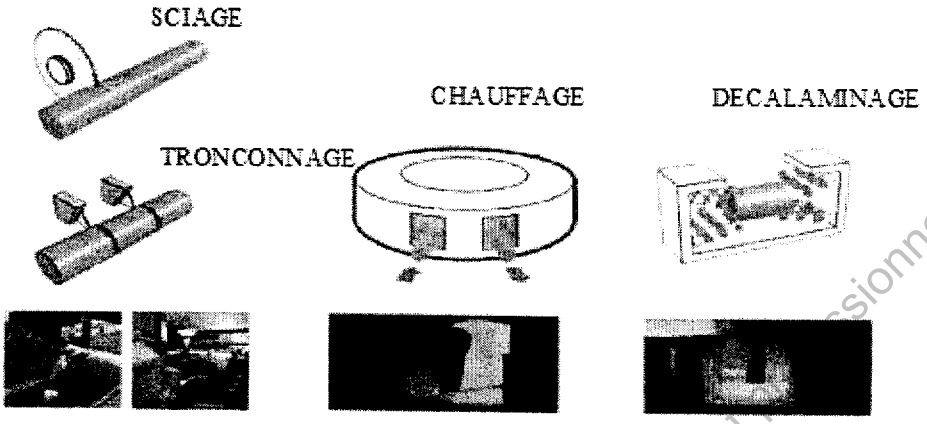
Tableau 4

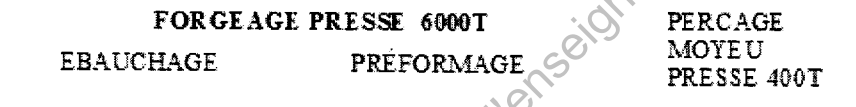
Nuance	Traitement	$Rp_{0,2}$ min	Rm	A% min	KU long min	KU travers min
		N/mm²	N/mm²		Joules	Joules
A1	N	320	550/650	22	25	10
A1	T+R	350	550/700	24	40	15
A4	T+R	420	650/800	18	40	20

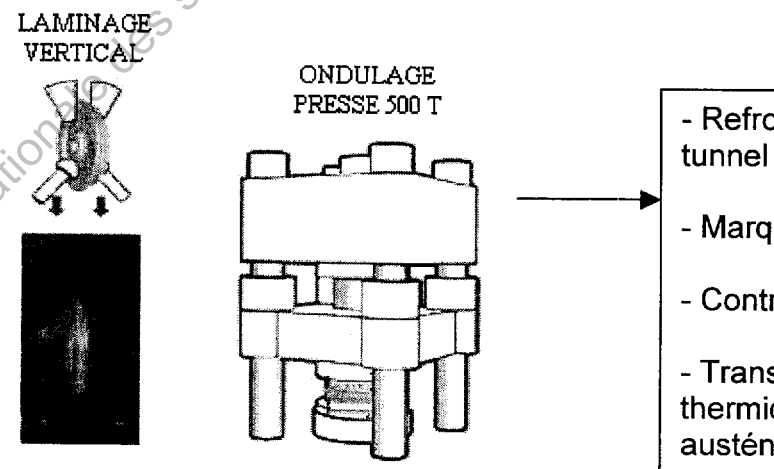
Base Nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel Réseau SCEREN

Annexe 2

LE PROCESSUS DE FORGEAGE DES ROUES.







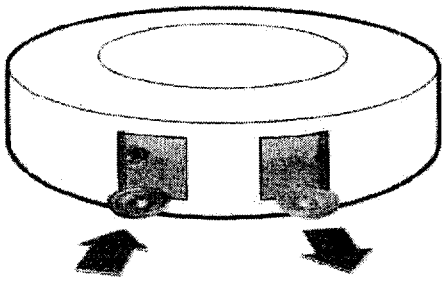
- Refroidissement lent en tunnel ;
- Marquage ;
- Contrôle des lots ;
- Transfert vers les traitements thermiques (régénération, austénitisation, trempe et revenu).

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

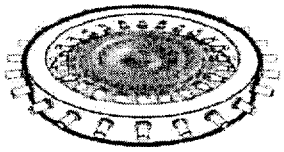
Annexe 3

Processus de traitement thermique.

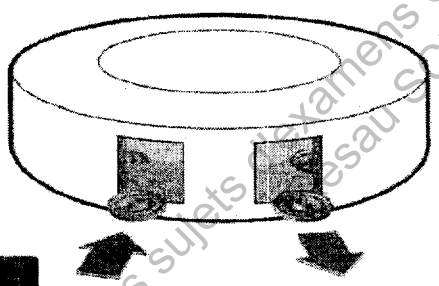
CHAUFFAGE EN FOUR D'AUSTENITISATION



TREMPE









FOUR DE REVENU

REFROIDISSEMENT

GRENAILLAGE

MESURE DE DURETÉ

CONTRÔLES

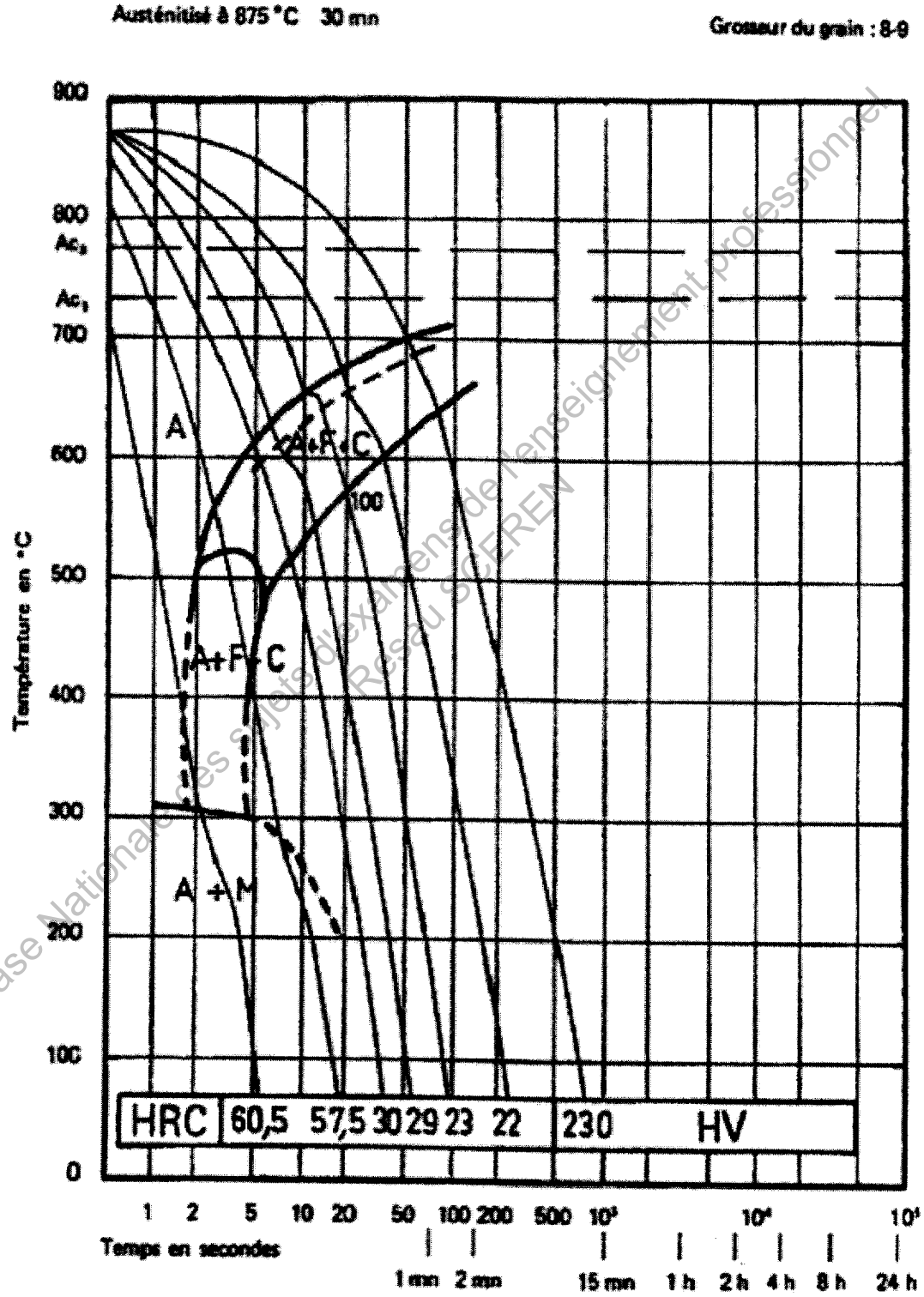
CONDITIONNEMENT
EXPEDITION

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

Annexe 4

C45

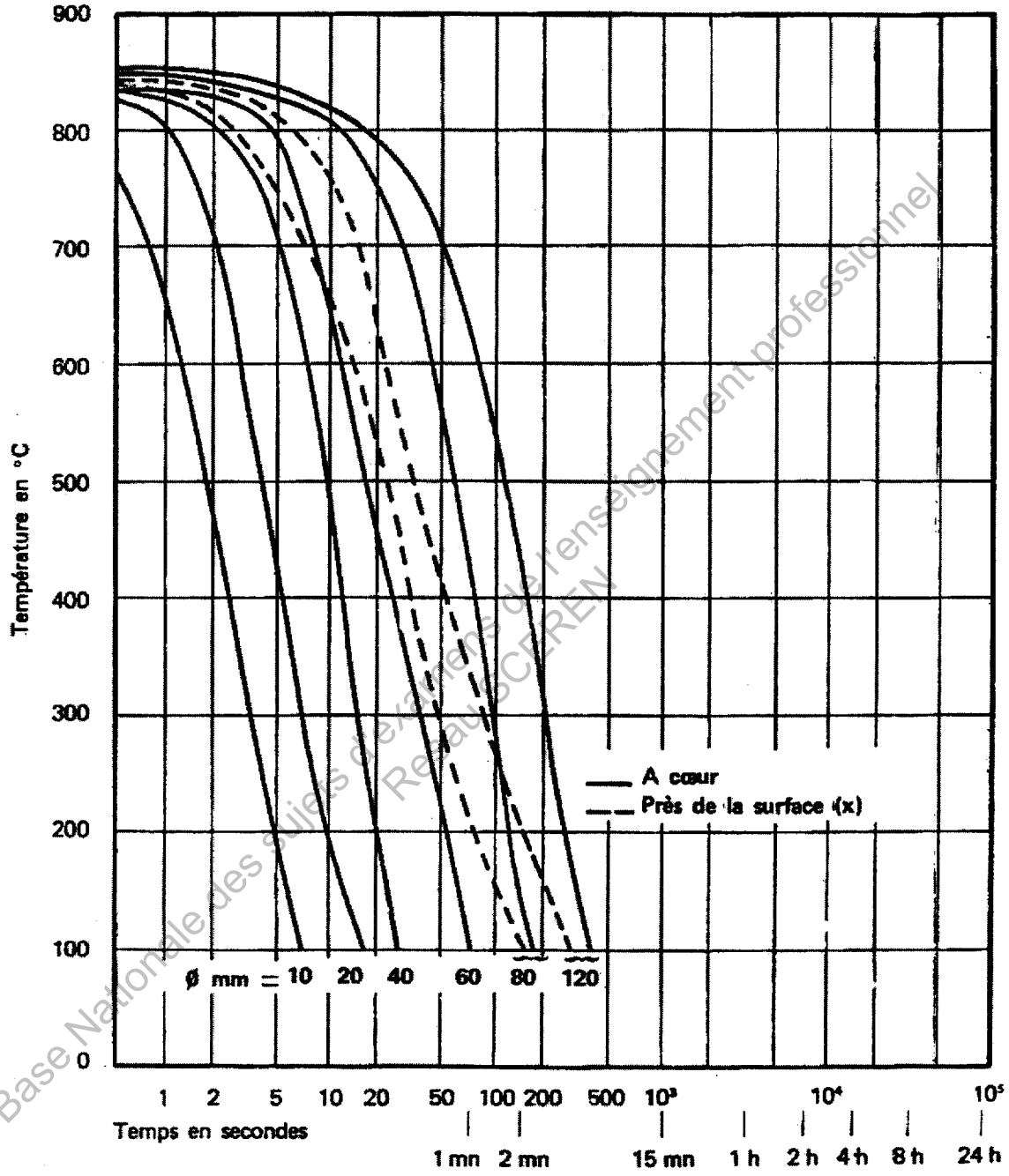
C %	Mn %	Si %	S %	P %
0,48	0,75	0,40	0,035	0,035



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

Annexe 5

Mode de refroidissement : EAU

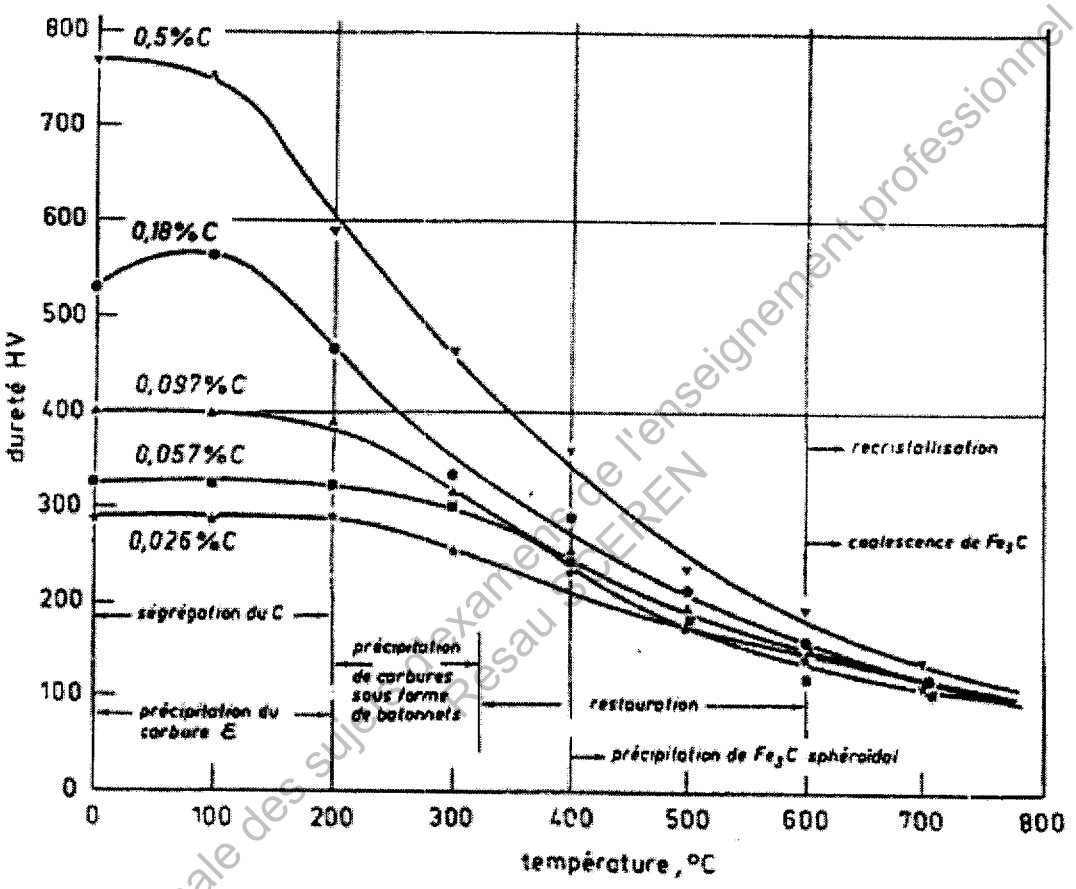


(x) { ϕ 80 mm : à 10 mm de la surface
ϕ 250 et 500 mm : à 20 mm de la surface
ϕ 900 mm : à R/3 (150 mm) de la surface

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

Annexe 6

Influence de la température de revenu sur les caractéristiques de dureté des aciers pour une durée du revenu égale à 1 heure

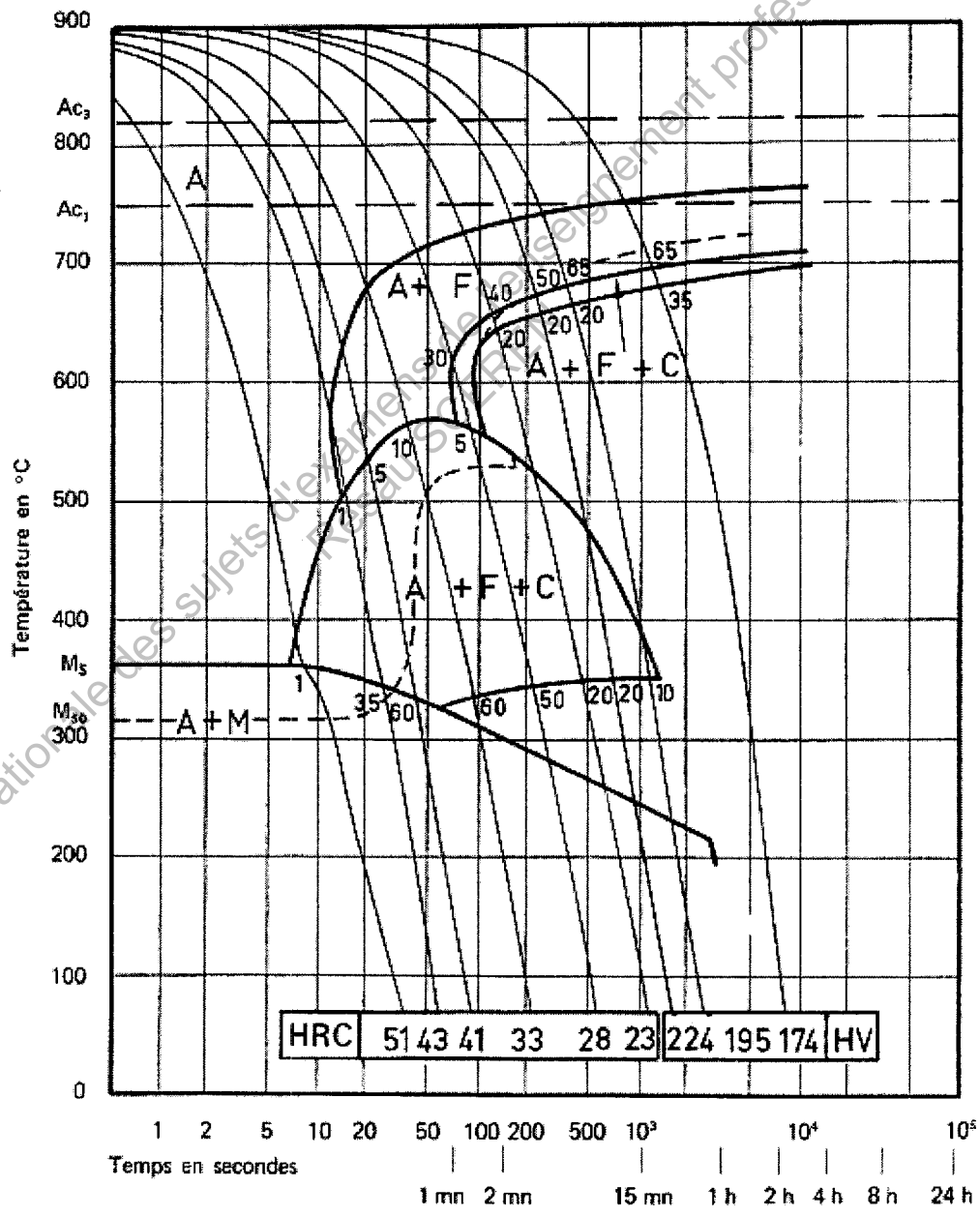


Base Nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel
Réseau SCEREN

Annexe 7

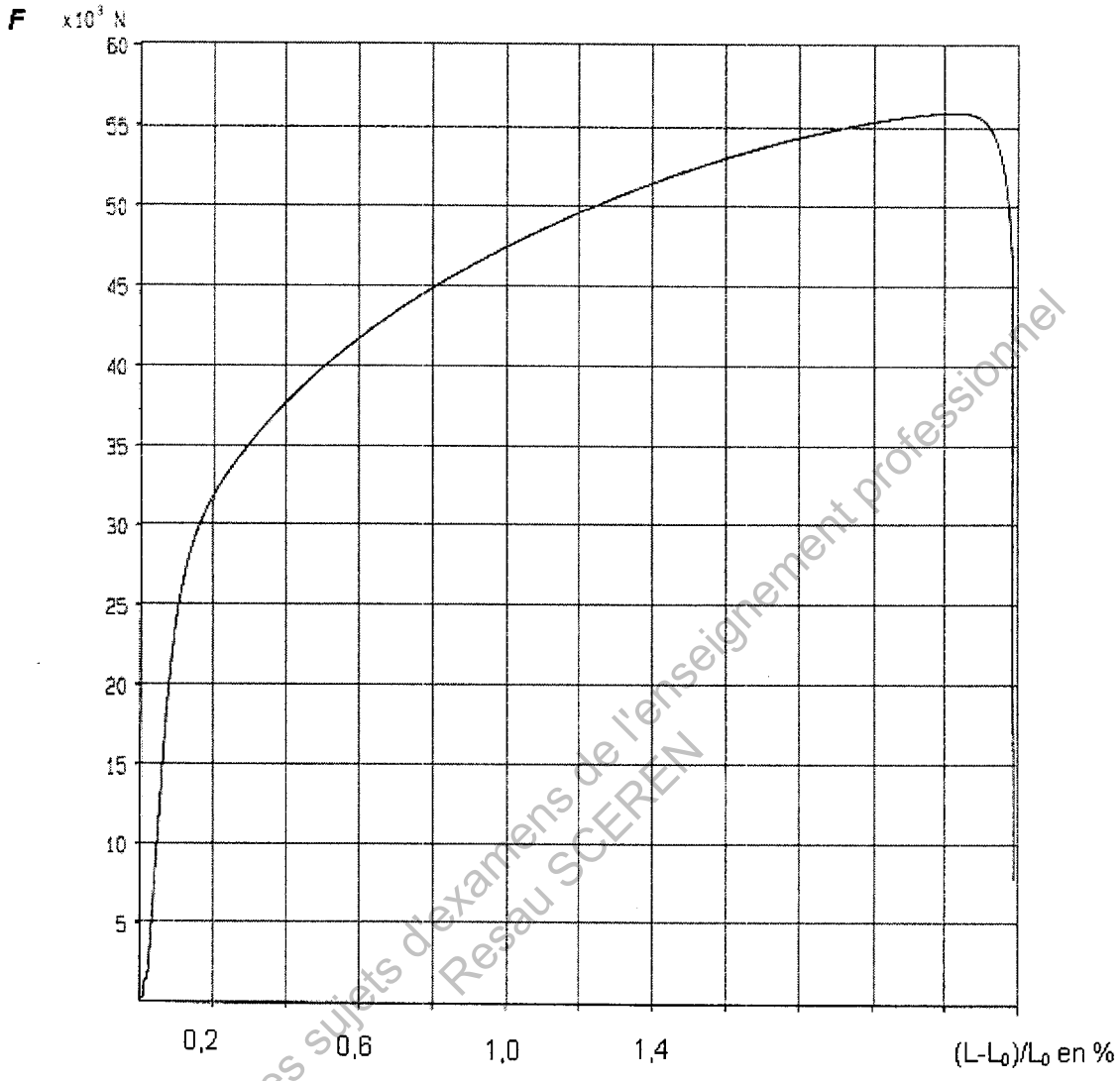
25 Cr Mo 4

C %	Mn %	Si %	S %	P %	Ni %	Cr %	Mo %	Cu %
0,25	0,68	0,21	0,090	0,018	0,19	1,10	0,22	0,16



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

Annexe 8



Courbe de traction obtenue sur éprouvette normalisée trempée revenue de nuance 25CrMo4 avec extensomètre mesurant $(L-L_0)/L_0$

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

Annexe 9

HV30	HBS HBW	HRB	HRC	Rm MPa	HV30	HBS HBW	HRB	HRC	Rm MPa
80	76	36		270	280	266		27	890
85	81	42		310	285	271		28	910
90	85	47		320	290	276		28.5	930
95	90	52		340	295	280		29	940
100	95	56		350	300	285		30	960
105	100	60		370	310	295		31	990
110	105	62		380	320	304		32	1020
115	109	65		390	330	314		33	1060
120	114	67		410	340	323		34	1090
125	119	69		420	350	333		35.5	1120
130	124	71		440	360	342		36.5	1160
135	128	73		450	370	352		38	1190
140	133	75		470	380	361		39	1220
145	138	77		480	390	371		40	1260
150	143	79	Non Valable dans ce domaine	500	400	380		41	1290
155	147	80		510	410	390		42	1330
160	152	82		530	420	399		43	1360
165	156	83		540	430	409		43.5	1400
170	162	85		550	440	418	Non Valable dans ce domaine	44.5	1430
175	166	86		570	450	428		45	1470
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
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.