

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
TRAITEMENTS DES MATERIAUX

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

- U4.2 -

Sous-épreuve commune aux deux options

SESSION 2016

—————
Durée : 2 heures
Coefficient : 2
—————

Matériel autorisé :

— Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n° 99-186, 16/11/1999).

Documents à rendre avec la copie :

— Annexe 1.....page 6/9
— Annexe 4.....page 8/9

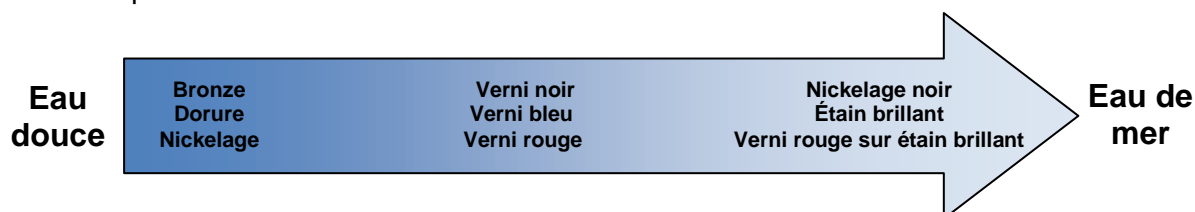
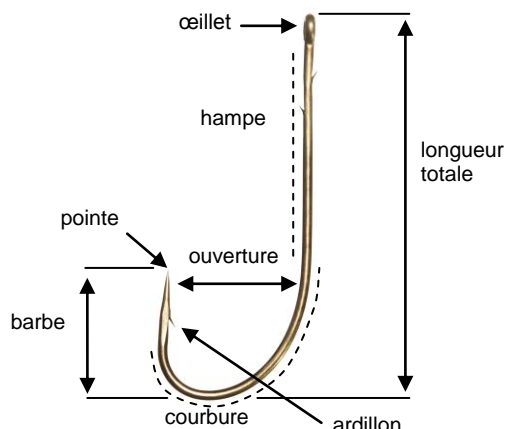
Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 9 pages, numérotées de 1/9 à 9/9.

Présentation de l'étude

La pièce étudiée est issue d'une entreprise produisant plus d'un million d'hameçons par jour, spécialisée dans la fabrication d'hameçons simples, doubles, triples et de leurres dans plusieurs milliers de références.

Nous n'étudierons qu'une seule référence. Il s'agit d'un hameçon universel à œillet nickelé pour la pêche au gros en eau douce de taille 0.

Les hameçons sont mis en forme, traités thermiquement, préparés puis reçoivent différents traitements de surface en fonction du milieu de pêche et des performances recherchées.



La gamme de fabrication simplifiée est donnée ci-dessous :

Phases	Opérations
10	Réception des bobines (diamètre de fil 3,98 mm)
20	Mise en forme à froid de l'hameçon et découpe (environ 5 s)
30	Traitements thermiques de trempe et revenu
40	Traitement de surface

Détails de la phase 20 (l'œillet est dessiné vue de côté pour une meilleure visibilité) :	Caractéristiques de l'hameçon universel de taille 0
Découpe du fil	Ouverture : 33,37 mm
Création de l'œillet	Diamètre : 3,98 mm
Écrasement de la pointe	Longueur totale : 85,73 mm
Découpe de la pointe	Barbe : 37,72 mm
Mise en forme de l'ardillon	Poids : 14,39 g
Cambrage de l'hameçon	

Partie I : Réception du demi-produit (phase 10)

Les bobines, servant à la réalisation des hameçons, sont issues d'un acier tréfilé à froid et ayant subi un traitement thermique avant livraison.

Le cahier des charges client (réception en phase 10) est le suivant :

Structure : globulaire

R_m < 640 MPa

$R_{p0,2}$ < 450 MPa

A% > 15 %

Particularité : absence de calamine

I.1 Décrire le principe du tréfilage à froid.

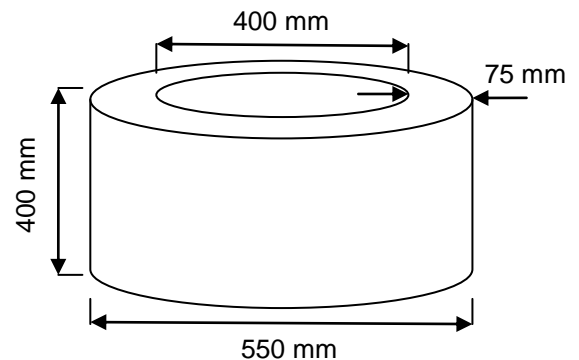
I.2 D'après la composition chimique moyenne des bobines données ci-dessous, indiquer parmi les aciers : C75, 90MnV4 ou X8CrMoTi17 celui se rapprochant le plus de cette désignation. Décoder alors sa désignation normalisée.

Composition chimique moyenne des bobines											
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Mo	Ni	V	Ti
Lot	0,76	0,25	0,62	0,02	0,02	0,12	0,08	<0,01	0,04	<0,01	<0,01

I.3 Les bobines de fil, enroulées selon les dimensions ci-contre, ont subi un traitement thermique avant livraison dans le but de respecter la structure globulaire.

I.3.1 Indiquer le nom de ce traitement et justifier son utilité par rapport au processus de fabrication des hameçons.

I.3.2 Tracer son cycle thermique en précisant les paramètres utiles : temps (3 heures pour 25 mm d'épaisseur), température et mode de refroidissement.
On donne : $A_{c1} = 715$ °C et $A_{c3} = 770$ °C.



masse totale : environ 250 kg

I.4 À partir de chaque lot de bobine, on extrait un fil qui fait l'objet d'un essai de traction pour la validation de réception matière. Le résultat d'un essai est fourni en annexe 1.

I.4.1 Déterminer R_m , $R_{p0,2}$ et A%.

La norme précise que pour certains types d'éprouvettes à utiliser, comme dans le cas de fils de diamètres inférieurs à 4 mm, la longueur initiale L_0 entre repères doit être égale à 100 mm ± 1 .

I.4.2 Le lot est-il conforme aux exigences du cahier des charges ? Justifier votre réponse.

Partie II : Étude des traitements thermiques de trempe et revenu (phase 30)

Le nouveau cahier des charges après la phase 30 est le suivant :

Dureté : comprise entre 590 HV1 et 620 HV1

Le four d'austénitisation est équipé d'un système à atmosphère contrôlée. Les hameçons, disposés en vrac, sont traités dans des paniers en acier réfractaire.

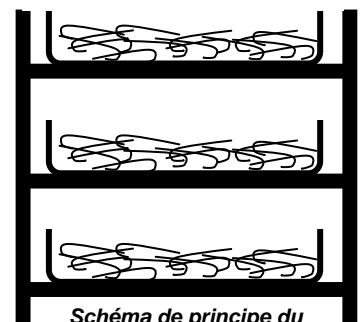


Schéma de principe du chargement des hameçons dans le four

II.1 À l'aide des points de transformation fournis à la question I.3.2, déterminer la température et le temps minimum d'austénitisation d'un hameçon. Justifier votre réponse.

II.2 À l'aide des annexes 2 et 3, indiquer le mode de refroidissement permettant l'obtention de 100 % de constituants de trempe. Justifier votre choix.

II.3 À l'aide des annexes 4 et 5, déterminer la température de revenu permettant de respecter le cahier des charges.

II.4 Schématiser le cycle récapitulatif complet (trempe et revenu) du traitement subi par la charge complète d'hameçons. Indiquer les températures choisies, les temps de traitements et les modes de refroidissement.

Nota : on considère que le positionnement des pièces dans les paniers de traitement ne modifie en rien leur refroidissement lors de la trempe. En revanche, la montée en température de la charge complète nécessite un minimum de 30 minutes dans les fours. À cette valeur on rajoutera les temps respectifs de maintien à température.

Après traitement, on réalise des contrôles de dureté sur 3 hameçons prélevés de manière aléatoire, 1 par panier. Les duretés sont réalisées sur la surface cylindrique de la hampe. Les valeurs des diagonales relevées sont les suivantes :

	Diagonale moyenne en mm
Hameçon 1	0,056
Hameçon 2	0,057
Hameçon 3	0,056

II.5 Sachant $HV = \frac{0,189 \times F}{d^2}$ qu'avec F la charge d'essai en Newton et d en millimètre.

Calculer les duretés Vickers correspondantes sachant que 1 kgf = 9,81 N.

II.6 Compte tenu de la norme ISO 6507-1 : 2005 traitant des facteurs de correction de dureté sur surfaces courbes, les valeurs calculées précédemment se trouvent surestimées. On doit alors appliquer un facteur de correction de 0,99175.

- Calculer les duretés réelles.
- Peut-on accepter ce lot de pièces à partir des résultats ci-dessus ?
- Sinon, proposer une action corrective au niveau de la gamme de traitement thermique.

Les hameçons triples (voir photo en question III.5) sont soudés avant traitement thermique.

II.7 Quelles différences présentent les techniques de soudage et de brasage ? Pourquoi ne peut-on pas braser simplement ces hameçons ? Justifier votre raisonnement par rapport à la gamme de fabrication.

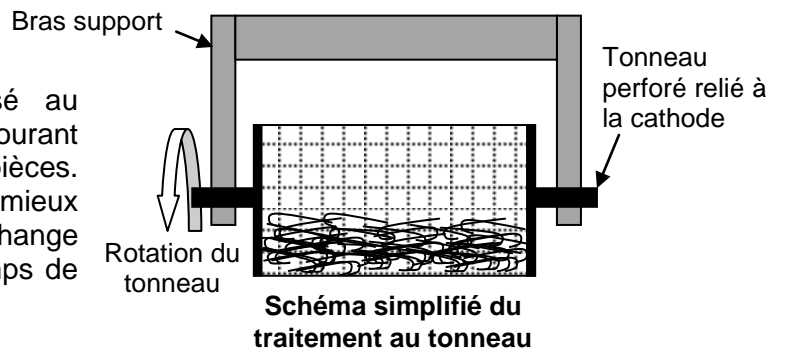
Partie III : Étude du traitement de surface (phase 40)

Après traitement thermique les hameçons sont préparés à un revêtement de surface (phase 40). Le cahier des charges exige une épaisseur de 4 µm de nickel électrolytique.

III.1 Donner la désignation normalisée complète pour ce type de traitement.

III.2 A l'aide d'un schéma annoté, expliquer brièvement le principe d'un dépôt par voie électrolytique.

Le traitement électrolytique sera réalisé au tonneau, c'est-à-dire que le passage du courant s'effectue par simple contact entre les pièces. Cette technique permet, entre autres, de mieux contrôler la répartition du dépôt. Cela ne change rien dans les méthodes de calculs de temps de traitement.



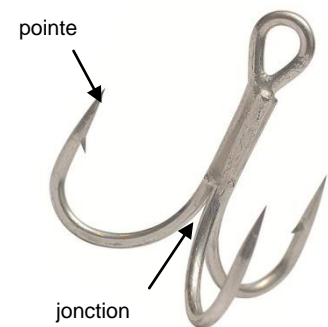
III.3 Déterminer le temps de traitement minimum nécessaire à l'obtention des 4 μm de nickel.

On donne :

- ✓ masse volumique du nickel : $8,9 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$
- ✓ masse molaire du nickel : $58,7 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
- ✓ valence : 2
- ✓ densité de courant cathodique : $0,5 \text{ A} \cdot \text{dm}^{-2}$
- ✓ rendement cathodique : 99,5 %
- ✓ 1 Faraday = $96\,500 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$

III.4 Dans le cas où l'on ne prendrait pas en compte son pourcentage de carbone, l'acier est-il fragilisable par le traitement de surface envisagé ? Justifier votre réponse.

III.5 Sachant que le dépôt par voie électrolytique présente des problèmes de répartition au niveau des pointes et de la jonction (voir photo ci-contre), pour les produits haut de gamme la solution serait un dépôt par voie chimique. Justifier l'intérêt de ce choix.



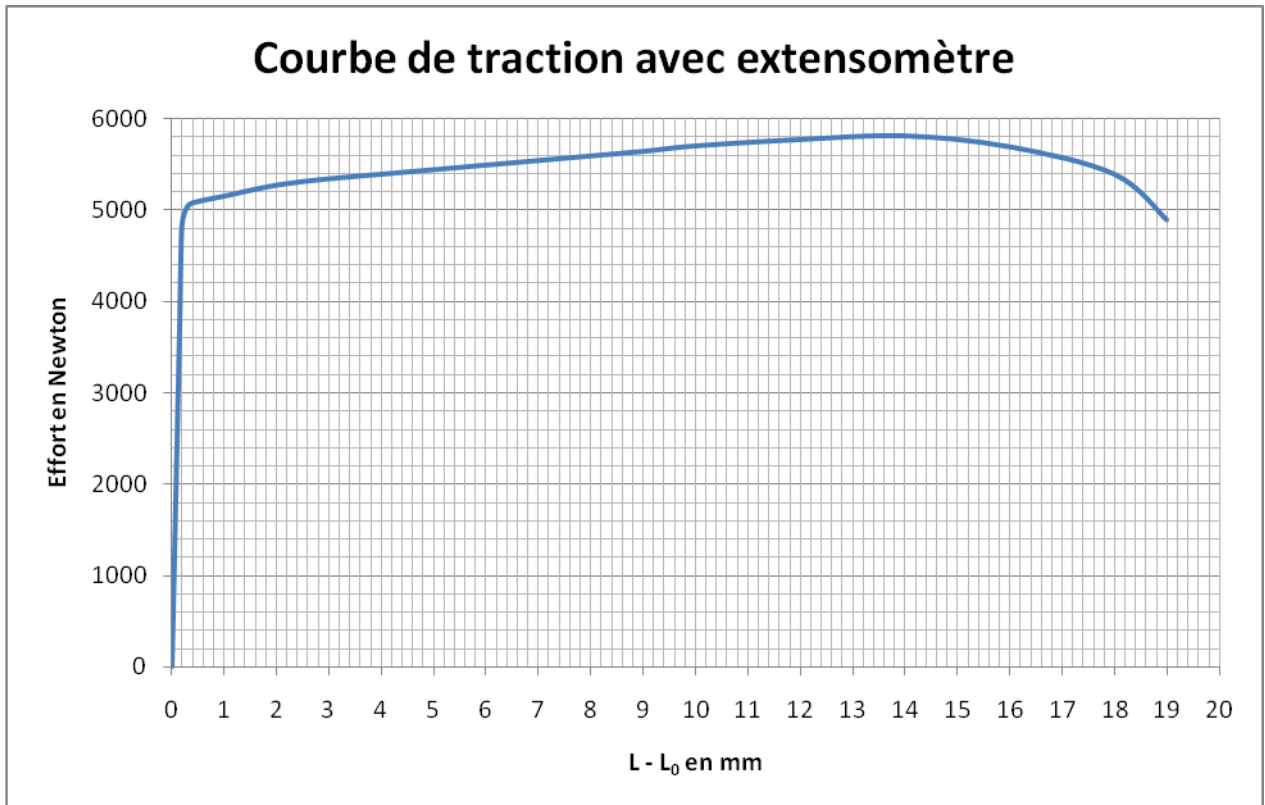
Barème

Partie I (6 points)						
Questions	I.1	I.2	I.3.1	I.3.2	I.4.1	I.4.2
Points	0,5	1	0,5	1	2,5	0,5

Partie II (7,5 points)							
Questions	II.1	II.2	II.3	II.4	II.5	II.6	II.7
Points	1	1	1	1,5	0,5	1,5	1

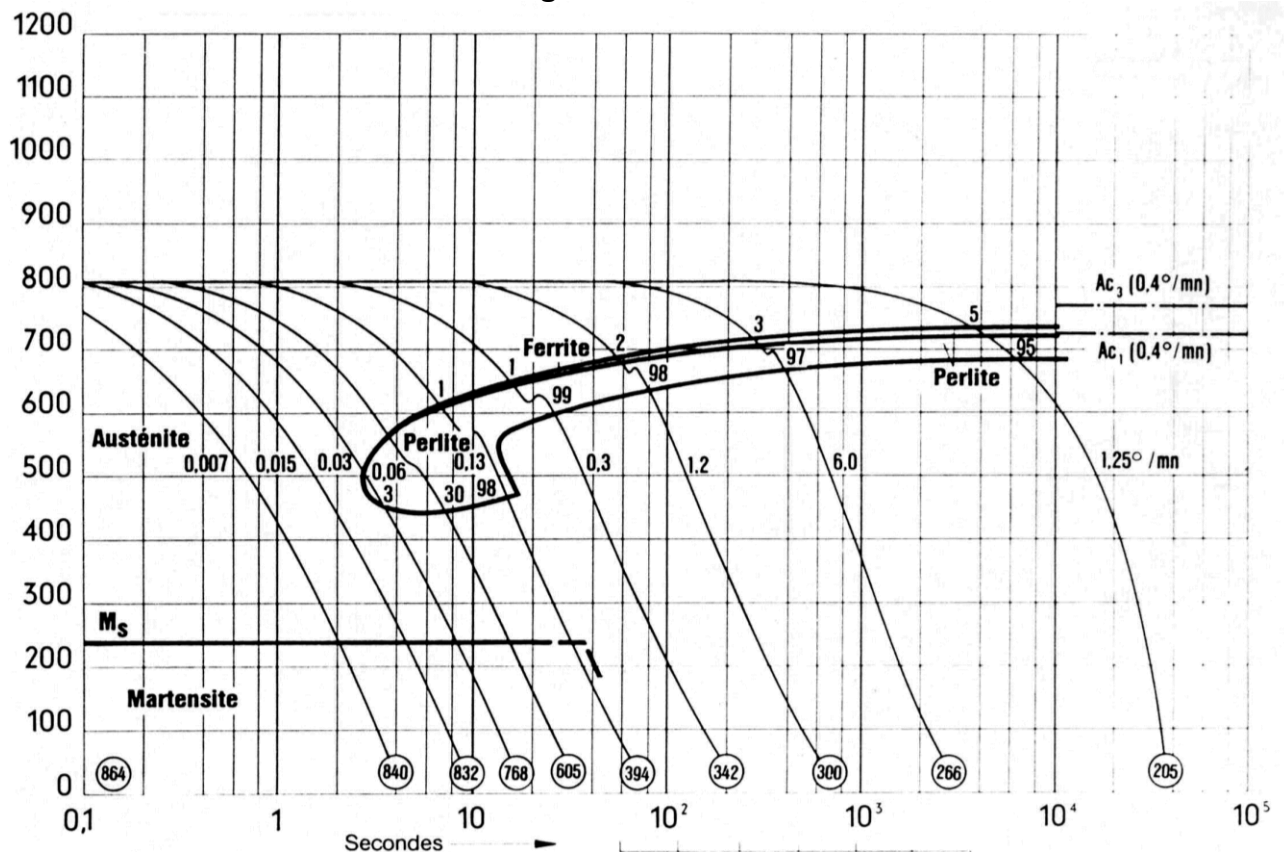
Partie III (6,5 points)					
Questions	III.1	III.2	III.3	III.4	III.5
Points	1	1,5	2	1,5	0,5

Annexe 1 – à rendre avec la copie



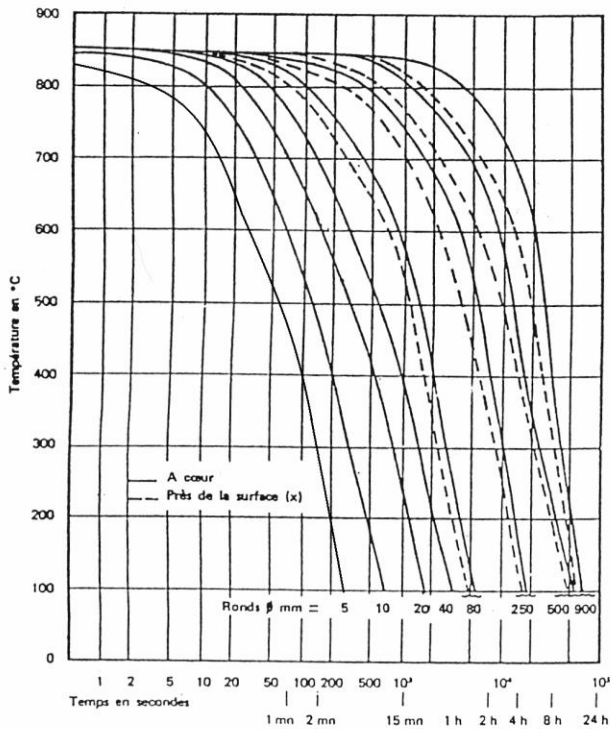
Traction sur fil avec $L_0 = 100$ mm et $d_0 = 3,98$ mm (d_0 : diamètre du fil)

Annexe 2 – Diagramme TRC de l'acier étudié

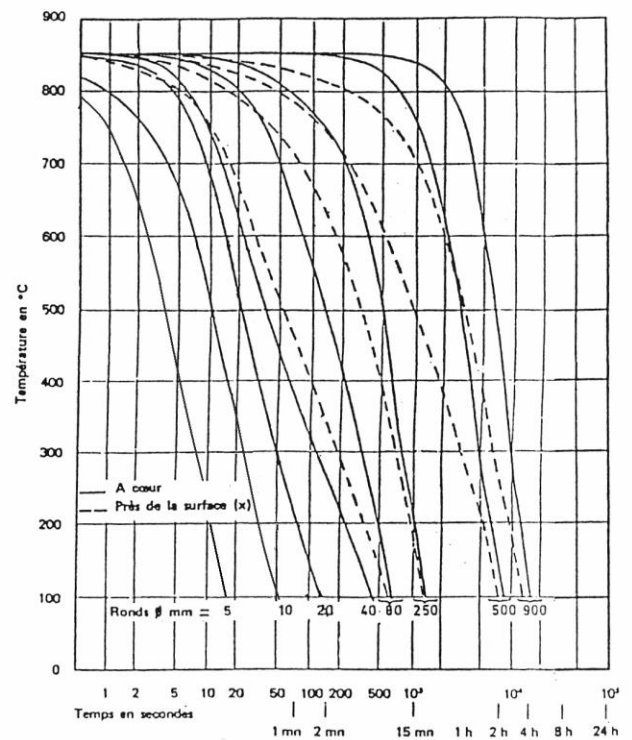


Annexe 3 – Lois de refroidissement de différents fluides

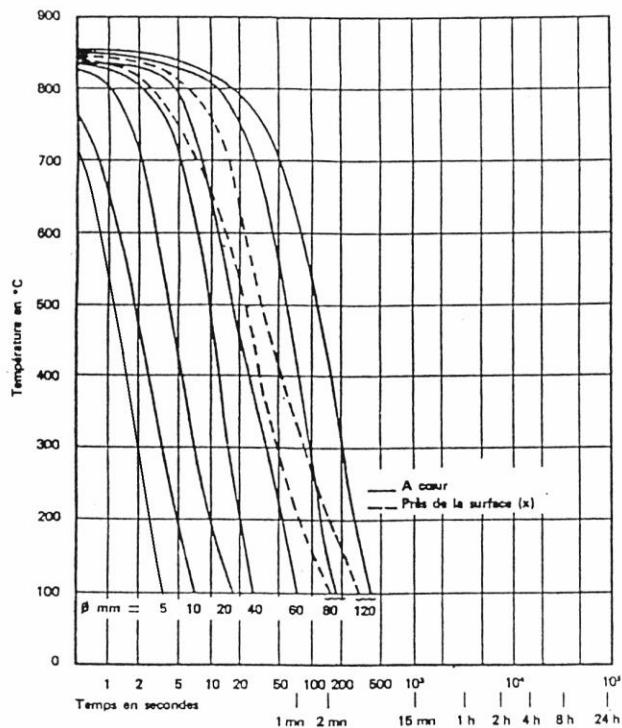
Mode de refroidissement : **AIR**



Mode de refroidissement : **HUILE**



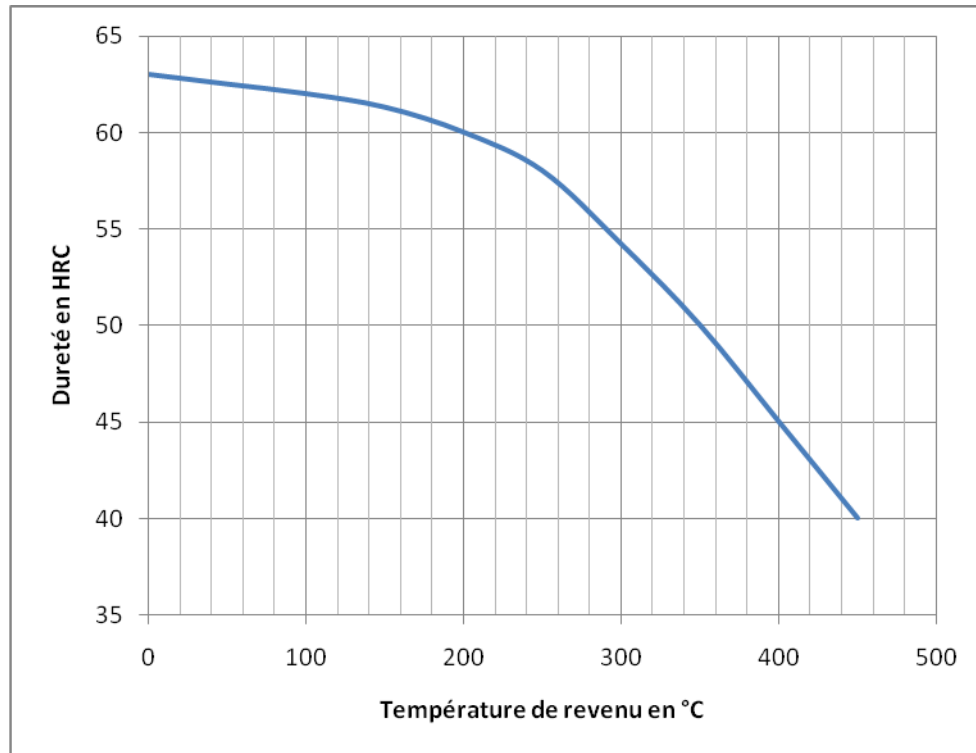
Mode de refroidissement : **EAU**



Evolution de la température
en fonction du temps
pour un type de refroidissement.

- (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

Annexe 4 – à rendre avec la copie



Caractéristiques mécaniques en fonction de la température de revenu après austénitisation à la température usuelle et refroidissement à l'huile

Annexe 5 – Tableau de correspondance des propriétés mécaniques

HV30	HBS HBW	HRB	HRC	Rm MPa	HV30	HBS HBW	HRB	HRC	Rm MPa	HV30	HRC	Rm MPa	
80	76	36		270	280	266		27	890	660	58.5	2175	
85	81	42		310	285	271		28	910	670	59	2210	
90	85	47		320	290	276		28.5	930	680	59.2	2220	
95	90	52		340	295	280		29	940	690	59.7	2250	
100	95	56		350	300	285		30	960	700	60	2270	
105	100	60		370	310	295		31	990	720	61	2350	
110	105	62		380	320	304		32	1020	740	62	2425	
115	109	65		390	330	314		33	1060	760	62.5	2470	
120	114	67		410	340	323		34	1090	780	63	2525	
125	119	69		420	350	333		35.5	1120	800	64	2600	
130	124	71		440	360	342		36.5	1160	820	64.5	2645	
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		500	400	380		41	1290				
155	147	80	Non valable dans ce domaine	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		44.5	1430				
175	166	86		570	450	428	Non valable dans ce domaine	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					