

<p style="text-align: center;">BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR</p> <p style="text-align: center;">TRAITEMENTS DES MATERIAUX</p>
--

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

- U4.2 -

Sous-épreuve commune aux deux options

SESSION 2014

—————
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 2.....page 7/10
- Annexe 4.....page 9/10

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.

PRESENTATION DE L'ETUDE

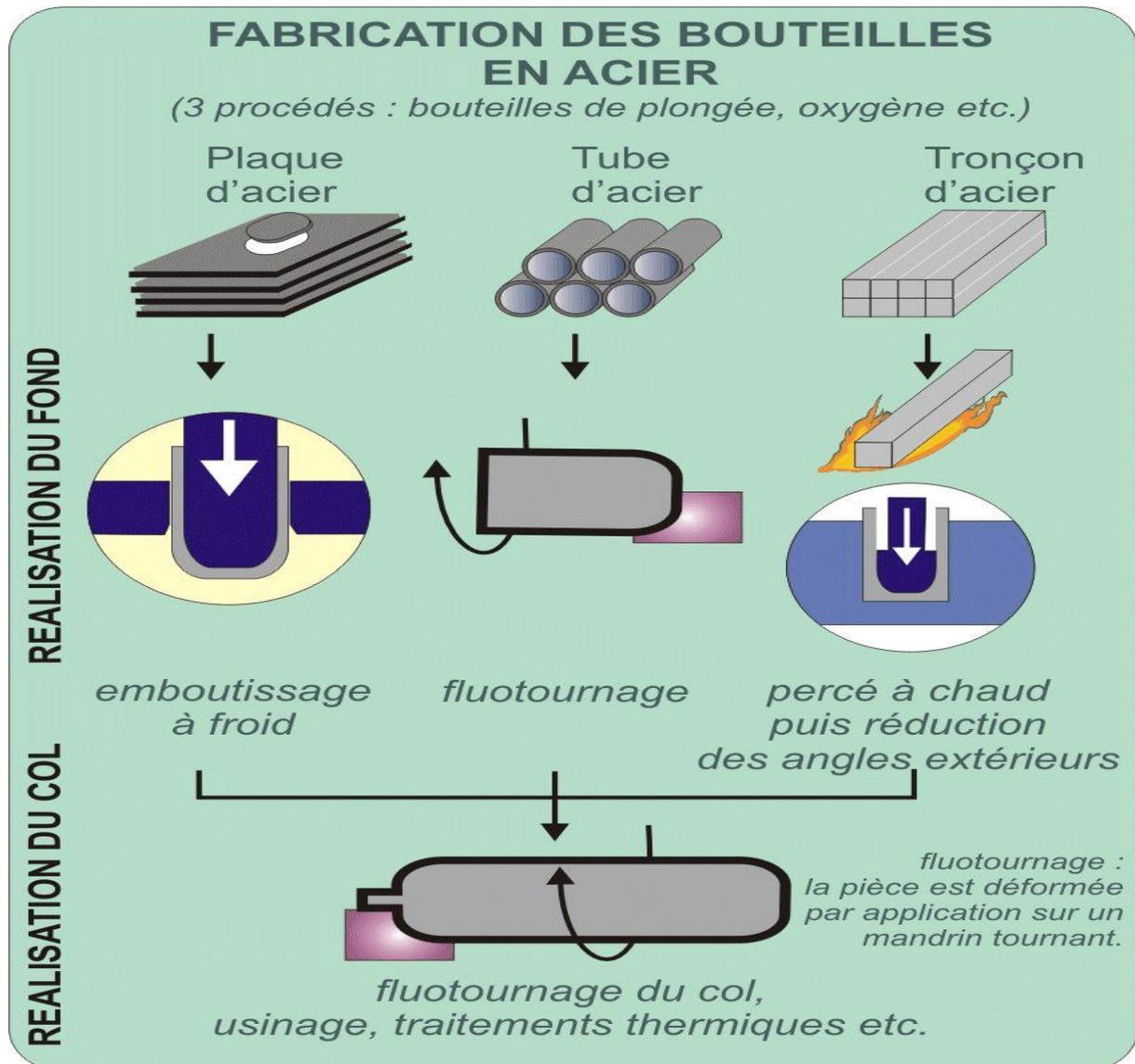
Une fabricant de bouteilles de plongée sous marine (figure n°1) utilise deux matériaux : acier de construction ou alliage d'aluminium.

L'étude porte sur l'acier **34CrMo4**.

Les bouteilles sont disponibles dans une gamme de volume de 4 à 18 litres et pour une pression de service de 232 bars. Elles sont fabriquées en conformité aux exigences de la réglementation européenne (directive 1997/23 /CE). La fabrication des bouteilles par la société choisie est garantie par un système d'assurance qualité, certification ISO 9001. Elle utilise la norme BS 5045-7- 2000 pour les bouteilles en acier.

Pour la mise en forme des bouteilles et du col, plusieurs techniques sont possibles (voir ci-dessous).

Elaboration des bouteilles en acier



L'entreprise utilise le procédé de fabrication par emboutissage. Le processus simplifié de fabrication des bouteilles est le suivant :

Gamme de fabrication	
10	Découpage des plaques d'acier
20	Traitement thermique
30	Emboutissage profond à froid
40	Fluotournage du col
50	Usinage d'ébauche
60	Trempe et revenu
70	Usinage de finition
80	Contrôle de dureté
90	Epreuve hydraulique
100	Grenailage interne et externe
110	Métallisation + peinture ou zingage



Figure n°1 - Bouteilles de plongée

REMARQUE

Phase 40, le fluotournage est l'étape de mise en forme du col de la bouteille, elle est utilisée sans soudage ni apport de métal. La pièce est chauffée à une température comprise entre 1000 et 1200°C.

Le fabricant utilise la norme British standard BS 50456-7-2000 comme règle de calcul sur les bouteilles transportant les gaz. Le cahier des charges stipule pour les aciers au chrome molybdène :

$$890 < R_m \text{ (MPa)} \leq 1030$$

$$R_{p0,2} \geq 755 \text{ MPa}$$

$$A \geq 14\%$$

Le rapport $R_{p0,2} / R_m$ doit être inférieur ou égal à 0,85

Barème

Partie I (1 point)			Partie II (2 points)		
Questions	I.1	I.2	II.1	II.2	II.3
Points	0,5	0,5	0,5	0,5	1

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

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

Partie I : étude de l'acier

- I.1 Décoder la désignation de la nuance d'acier proposée.
- I.2 Donner le caractère alphasène ou gammagène de chaque élément d'addition.

Partie II : réception de l'acier

- II.1 L'acier réceptionné a une dureté de 190HV30. Donner la signification de chaque terme (lettre et nombre) de cette expression.
- II.2 D'après la courbe TRC de l'**annexe 1**, quelle est la structure micrographique de l'acier sachant qu'il a subi un refroidissement à partir de l'état austénitique homogène ?
- II.3 On impose une vitesse de refroidissement pour cet acier inférieure à la vitesse critique de recuit. Est-ce que cette consigne a été respectée ? Justifier votre réponse.

Partie III : traitements thermiques

Les pièces doivent subir un traitement thermique avant l'emboutissage.

- III.1 Quel est le but et le nom de ce traitement ?
- III.2 Tracer le cycle thermique de ce recuit en justifiant le choix de la température.
- III.3 Afin de respecter le cahier des charges et en s'aidant des **annexes 1 et 3**, tracer le cycle complet de trempe et de revenu. Préciser les températures, les temps et les modes de refroidissement.
- III.4 Une solution alternative de traitement en condition isotherme permet d'obtenir la résistance à la traction R_m maximale exigée par le cahier des charges, voir **annexe 2**. Tracer ce cycle sur la courbe jointe. Justifier la température d'austénitisation, la température et le temps de maintien isotherme à appliquer et le mode de refroidissement final.
- III.5 Pourquoi ce traitement n'est-il pas envisageable industriellement ? Justifier votre réponse.
- III.6 Quelle structure obtient-on après le traitement isotherme envisagé ? Est-elle différente de la structure obtenue après trempe et revenu ?

Partie IV : contrôle

Lors des traitements thermiques, une éprouvette de traction cylindrique de 10 mm de diamètre est placée dans la charge. Elle subit le même traitement de trempe et revenu que les bouteilles. Après essai, la courbe est donnée en **annexe 4**.

- IV.1 Quand Re_H et Re_L ne sont pas calculables, on peut utiliser $R_{p0,2}$. Définir cette caractéristique et expliquer son utilité.
- IV.2 Déterminer $R_{p0,2}$, R_m ainsi que $A\%$ à l'aide de la courbe en **annexe 4**. Calculer le rapport entre $R_{p0,2}$ et R_m .
- IV.3 Les résultats sont-ils conformes aux exigences du cahier des charges ? Justifier votre réponse.

Partie V : traitements de surface

Après grenailage, les cylindres reçoivent à l'extérieur une projection thermique durant 2 minutes d'un alliage de zinc et d'aluminium en fusion.

V.1 Décrire brièvement le procédé utilisé.

Les bouteilles sont peintes ensuite par poudrage électrostatique (temps de poudrage : 2 min, temps de cuisson à 180°C : 20 min).

V.2 Quel est le rôle de ce traitement ?

V.3 Expliquer brièvement le principe de ce procédé.

Une autre possibilité est l'utilisation d'un zingage électrolytique. Le bain de zinc acide usuel fonctionne dans les conditions suivantes :

- densité de courant : 3 A·dm⁻²
- rendement cathodique : 95%
- masse volumique du zinc : 7,1 g·cm⁻³
- masse molaire du zinc : 65,4 g·mol⁻¹
- 1 Faraday = 96500 C·mol⁻¹
- l'électrovalence du zinc est n=2.

Application de la loi de Faraday :

$$t = \frac{e \times \rho \times n \times 96500}{J \times M \times \eta \times 100}$$

e : épaisseur du dépôt
 ρ : masse volumique du métal déposé
 J : densité de courant cathodique
 t : temps
 M : masse molaire du métal déposé
 n : valence du métal déposé
 η : rendement cathodique

Le tableau ci-après indique les recommandations pour une bonne protection contre la corrosion.

Procédé	Zinc électrolytique	Projection thermique d'alliage Zn-Al 85-15 avec peinture
Épaisseur préconisée	25 μm	80 à 120 μm

V.4 Pour la meilleure protection contre la corrosion, calculer le temps d'électrolyse en minutes pour obtenir l'épaisseur exigée.

V.5 Calculer la vitesse de dépôt du bain de zingage électrolytique en μm·min⁻¹

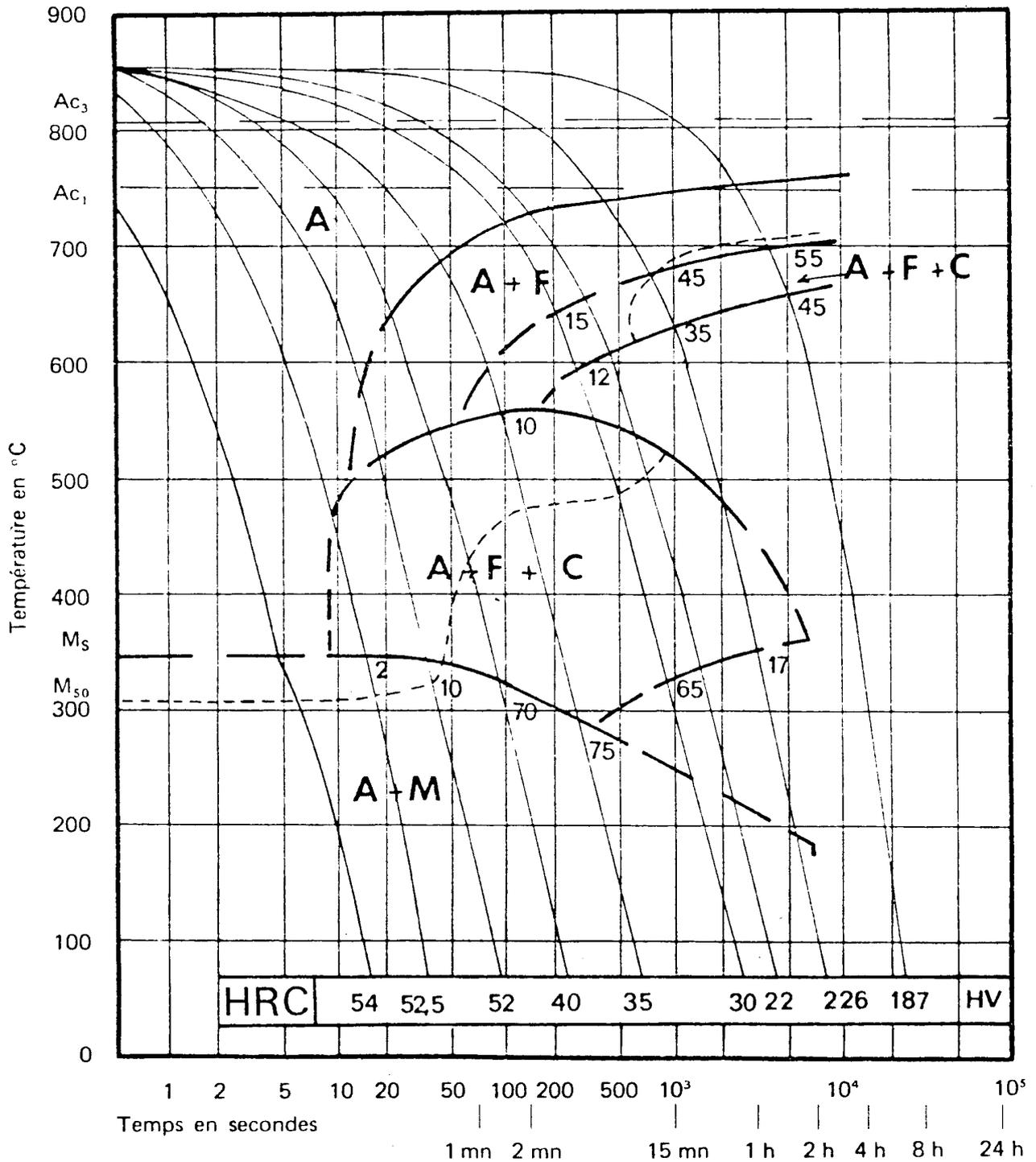
V.6 Sachant que le traitement doit être le plus court possible, quel est le procédé qui s'impose ?

ANNEXE 1

COURBE TRC DE L'ACIER 34CrMo4

Austénitisé à 850 °C 30 mn

Grosueur du grain : 9

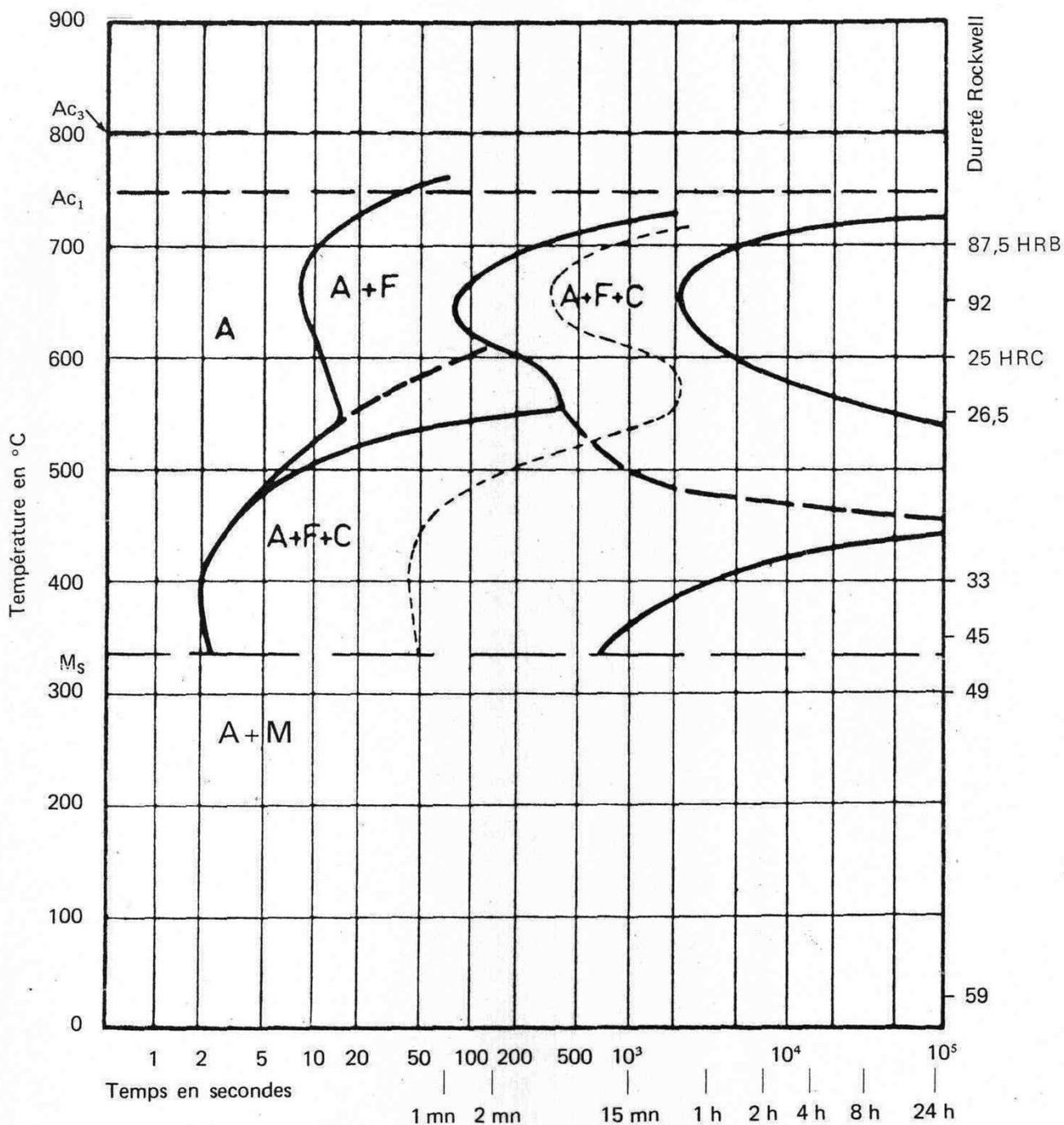


ANNEXE 2 (à rendre avec la copie)

COURBE TTT ACIER 34CrMo4

Austénitisé à 850 °C 30 mn

Grosseur du grain : 8-9



ANNEXE 3

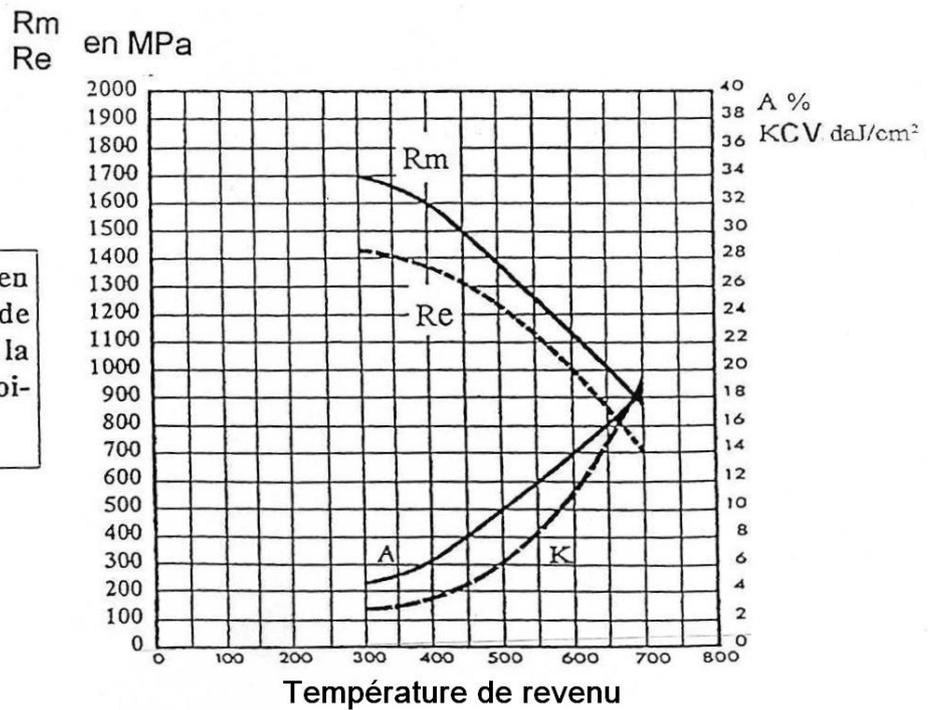
Extrait de la fiche technique de l'acier utilisé

34 CrMo4

Acier réceptionné à l'état recuit

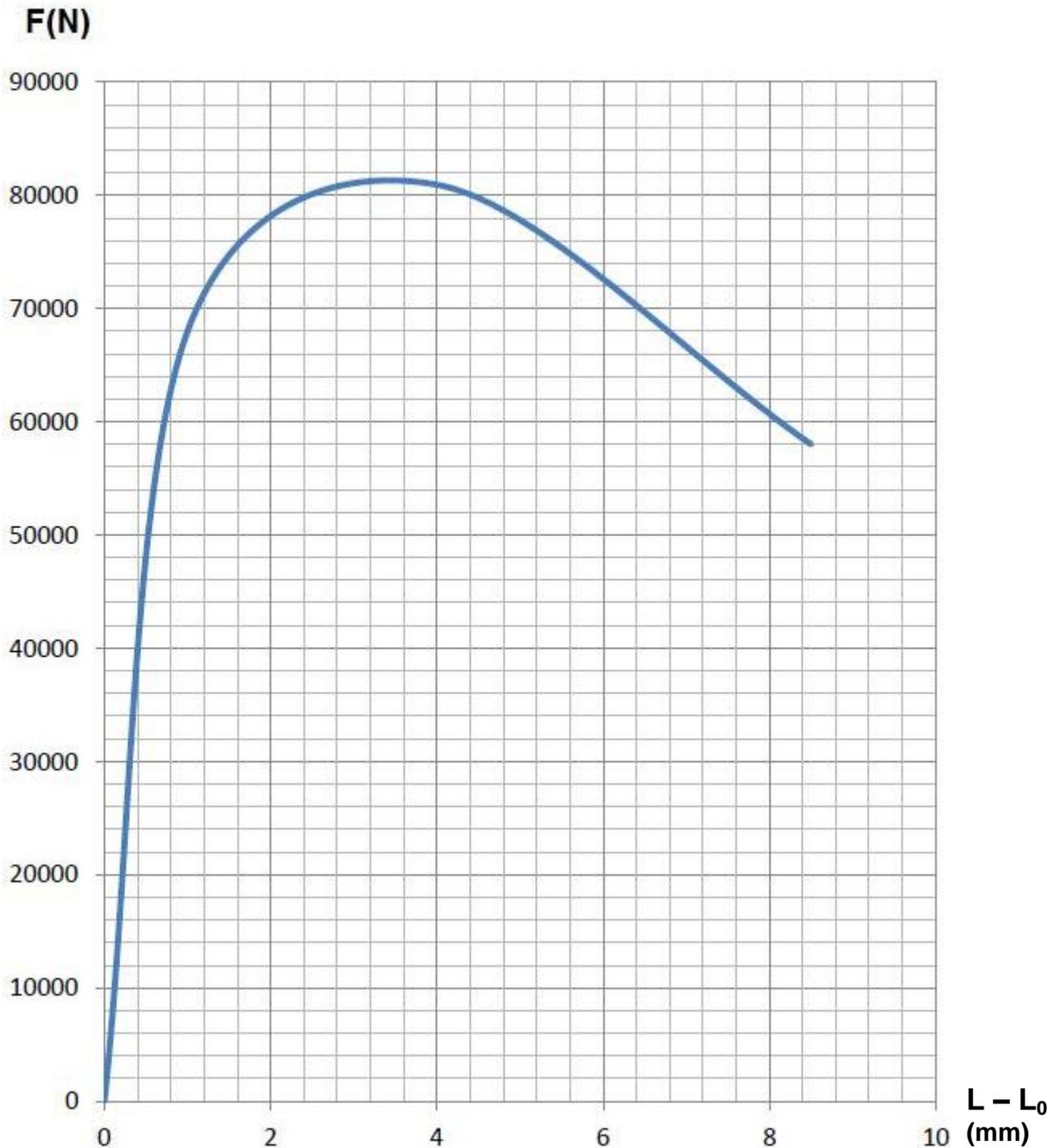
Ac1 = 750 °C, Ac3 = 800 °C, Ms = 325 °C

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



ANNEXE 4 (à rendre avec la copie)

Courbe de traction



Eprouvette de traction proportionnelle

- Diamètre = 10 mm
- $L_0 = k \cdot \sqrt{S_0}$ avec $k = 5,65$

ANNEXE 5

Correspondances duretés résistance maximale

HV30	HBS HBW	HRB	HRC	Rm MPa	HV30	HBS HBW	HRB	HRC	Rm MPa	HV30	HRC
80	76	36	Non Valable dans ce domaine	270	280	266	Non Valable dans ce domaine	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		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		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			