

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

TRAITEMENTS DES MATERIAUX

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

- U4.2 -

Sous-épreuve commune aux deux options

SESSION 2015

—————
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 (Cirulaire n°99-186, 16/11/1999).

Documents à rendre avec la copie :

Annexe 2.....page 6/9
Annexe 3.....page 7/9
Annexe 4.....page 8/9
Annexe 5.....page 9/9

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



La pièce étudiée est déjà fabriquée dans l'entreprise. Il s'agit de l'arbre principal du manipulateur de conduite des trains express régionaux. En fonction de la position angulaire de l'arbre, des cames solidaires actionnent les contacts qui agissent sur la régulation de vitesse.

Suite à une réclamation du client, le bureau d'étude fournit une nouvelle définition de la pièce (voir annexe 1).

On demande d'examiner la gamme actuelle de fabrication afin de l'optimiser et d'y intégrer les modifications imposées par le bureau d'étude.

La gamme de fabrication actuellement suivie est :

- ✓ phase 10 - contrôle de réception (acier C45) par dureté Vickers (205 ± 10 HV30)
- ✓ phase 20 - débit du brut
- ✓ phase 30 - usinage ébauche
- ✓ phase 40 - usinage demi-finition
- ✓ phase 50 - traitement thermique ($R_m > 1100$ MPa, $R_{p_{0,2}} > 900$ MPa, $A > 8$ %)
- ✓ phase 60 - usinage finition
- ✓ phase 70 - phosphatation – finition grasse

Cette fabrication est sous-traitée. Elle est réalisée par lots de 100 pièces renouvelables.

Barème

Partie I (7,5 points)					
Questions	I.1	I.2	I.3.1	I.3.2	I.3.3
Points	1	2,5	1	2,5	0,5

Partie II (5,5 points)					
Questions	II.1	II.2	II.3.1	II.3.2	II.3.3
Points	1	1,5	1	1	1

Partie III (4 points)			
Questions	III.1	III.2	III.3
Points	1	1	2

Partie IV (3 points)			
Questions	IV.1	IV.2	IV.3
Points	1	1	1

Partie I : analyse de la gamme actuelle et des contrôles associés

I.1 Il faut vérifier la conformité du métal approvisionné (Phase 10). Pour cela, on prélève trois pièces sur lesquelles on réalise 5 essais de dureté Vickers sous une charge de 294 N. Les valeurs moyennes des diagonales des empreintes relevées sont :

	Diagonale moyenne (mm)
Pièce 1	0,532
Pièce 2	0,520
Pièce 3	0,525

Peut-on accepter cette matière sachant que $HV = 0,189 \times F/d^2$ (F en Newton et d en millimètres)?

I.2 Analyse de la phase 50. Tracer le cycle thermique complet du traitement qui permettra de répondre au cahier des charges. Préciser les températures, les durées, les atmosphères et les modes de refroidissement, faire les constructions nécessaires sur l'**annexe 2**.

I.3 Contrôle des caractéristiques obtenues en phase 50. Une éprouvette de traction cylindrique a été placée dans une charge du four de traitement, elle est donc représentative du lot de pièces. Le laboratoire dispose d'une machine de traction dont l'effort est limité à 50 000 N.

I.3.1 On souhaite utiliser une éprouvette de traction de diamètre 5mm, la machine sera-t-elle capable d'assurer cet essai si $R_m < 1300$ MPa ? Justifier votre réponse.

I.3.2 La courbe résultant de l'essai de traction sur l'éprouvette de diamètre 5mm est fournie en annexe 3. Rechercher les valeurs de R_m , $R_{p0,2}$ et $A\%$. Tracer toutes les constructions utiles à la détermination des valeurs.

Rappel : $L_0 = 5,65 \times \sqrt{S_0}$

I.3.3 Le lot est-il conforme aux exigences du cahier des charges ? Justifier votre réponse.

Partie II : modification de la solution actuelle

Le bureau d'étude impose des modifications sur les zones repérées A et B de la pièce qui s'usent prématurément. Elles seront nitrurées pour remédier à ce problème (dureté superficielle minimale 1050HV0,3 et profondeur conventionnelle > 0,3 mm). Une nouvelle nuance d'acier est retenue (40 CrAlMo 6 12).

II.1 D'après sa désignation, donner la composition chimique de ce nouvel acier. Préciser le rôle des éléments d'addition.

II.2 Modification de la phase 50. Définir le cycle thermique permettant d'obtenir les caractéristiques mécaniques. Faire toutes les constructions nécessaires sur l'annexe 4.

II.3 Il est rajouté une phase de nitruration entre la phase 60 et la phase 70 :

II.3.1 Donner le principe du traitement de nitruration.

II.3.2 La température de nitruration doit toujours être inférieure à la température de revenu appliquée à l'acier. Justifier cette pratique.

II.3.3 La filiation de micro-dureté obtenue après cette nitruration est donnée en annexe 5. Sachant que la profondeur conventionnelle de nitruration correspond à la dureté du cœur augmentée de 100HV, déterminer cette profondeur conventionnelle, faire le tracé nécessaire sur l'annexe 5 et conclure sur la conformité du traitement.

Partie III : mise au point de l'épargne de nitruration

La nitruration ne concerne que les zones A et B. Afin de protéger le reste de la pièce lors de la nitruration, il faut effectuer une épargne. Pour cela, il s'agit de déposer 50 μm mini de cuivre par voie électrolytique sur l'ensemble de la pièce, sauf sur les surfaces A et B à nitrurer. Les pièces seront positionnées par les surfaces A et B qui ne seront pas cuivrées. Le montage masquera ces surfaces et amènera le courant par celles-ci. Il permettra le traitement simultané de 20 pièces. Après un pré-cuivrage en bain alcalin, il sera déposé 50 μm de cuivre en milieu acide qui assurera l'épargne.

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.

III.3 Déterminer le temps de traitement nécessaire à l'obtention des 50 μm de cuivre en milieu acide.

On donne :

- ✓ masse volumique du cuivre = 8,9 $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
- ✓ masse molaire du cuivre = 63,54 $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$
- ✓ valence du bain utilisé = 2
- ✓ densité de courant cathodique = 5 $\text{A}\cdot\text{dm}^{-2}$
- ✓ rendement cathodique = 95%
- ✓ 1 Faraday = 96500 $\text{C}\cdot\text{mol}^{-1}$

m : masse déposée
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

Partie IV : protection finale

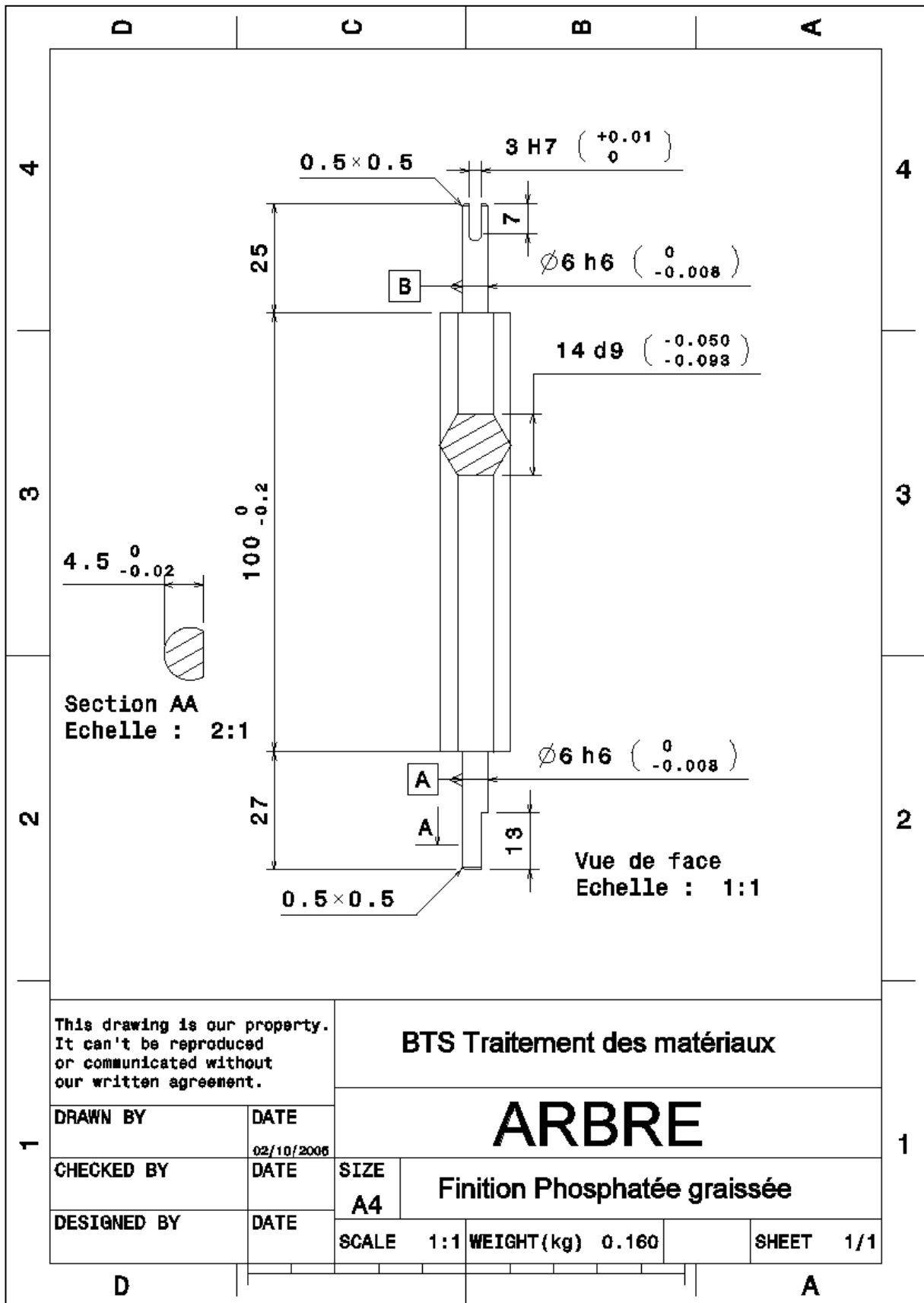
Après le traitement de nitruration, le dépôt de cuivre est supprimé par procédé chimique puis la pièce subit un traitement de surface de phosphatation. La finition de la pièce est demandée phosphatée graissée et il faut optimiser la résistance à la corrosion.

IV.1 Proposer un type de phosphate qui réponde au besoin. Préciser l'intervalle de poids de couche. Voir **annexe 6**.

IV.2 Expliquer brièvement le principe de la phosphatation.

IV.3 Proposer une démarche de contrôle de conformité des pièces par le poids de la couche.

**Annexe 1
Plan de la pièce**



Annexe 2 – à rendre avec la copie Extrait de la fiche technique du C45

Composition chimique	C	Si	Mn	P	S
(Valeurs normalisées en %) Selon NFA 35-552	0,45-0,51	0,15 - 0,35	0,50 - 0,80	≤ 0,030	≤ 0,035 ¹⁾
1) TEW — Cm 45 avec teneur en soufre réglée 0,020-0,035 %					
Etat de livraison	demi-produit - barres - fils - étirés.				
Caractéristiques mécaniques à l'état de livraison	normalisé (840-870 °C) (valables pour éprouvettes longitudinales)				
	dimension	limite élastique E 0,2 % N/mm ²	résistance à la traction R N/mm ²	allongement à la rupture A %	résilience KCU J/cm ² mini
	diamètre d mm	mini		mini	
	≤ 16	375	660-760	17	40
	16 < d ≤ 40	345	640-750	17	40
	40 < d ≤ 100	325	620-740	16	35
	100 < d ≤ 160	305	600-730	16	30
	160 < d ≤ 250	295	580-720	15	30
Formage à chaud et traitement thermique (valeurs de référence)	Forgeage	recuit	normalisation	trempe	
	°C	°C	°C	à l'eau °C	à l'huile °C
	1100-850	650-700	840-870	805-835	825-855
					revenu °C
					550-650

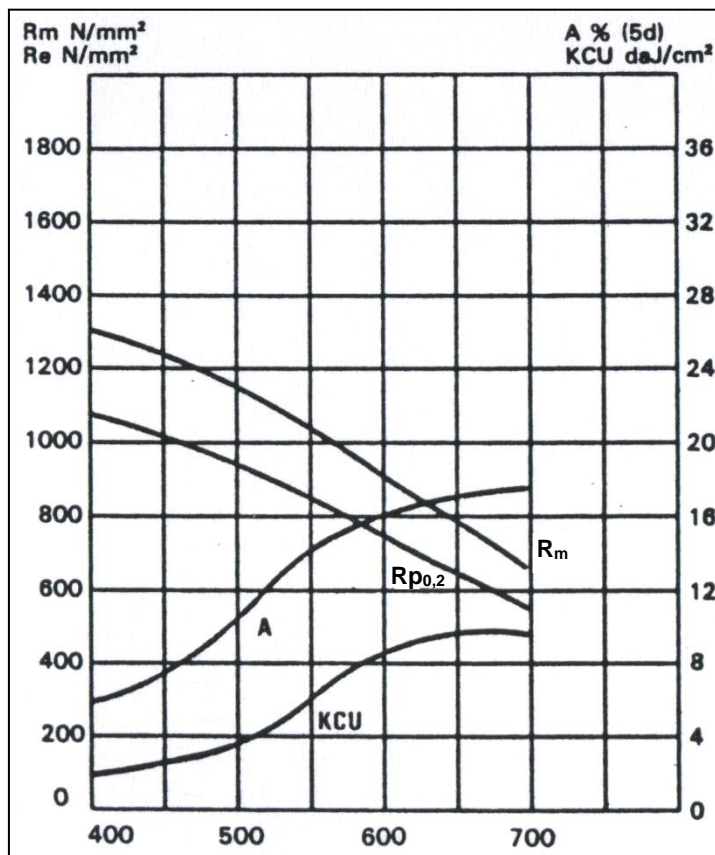
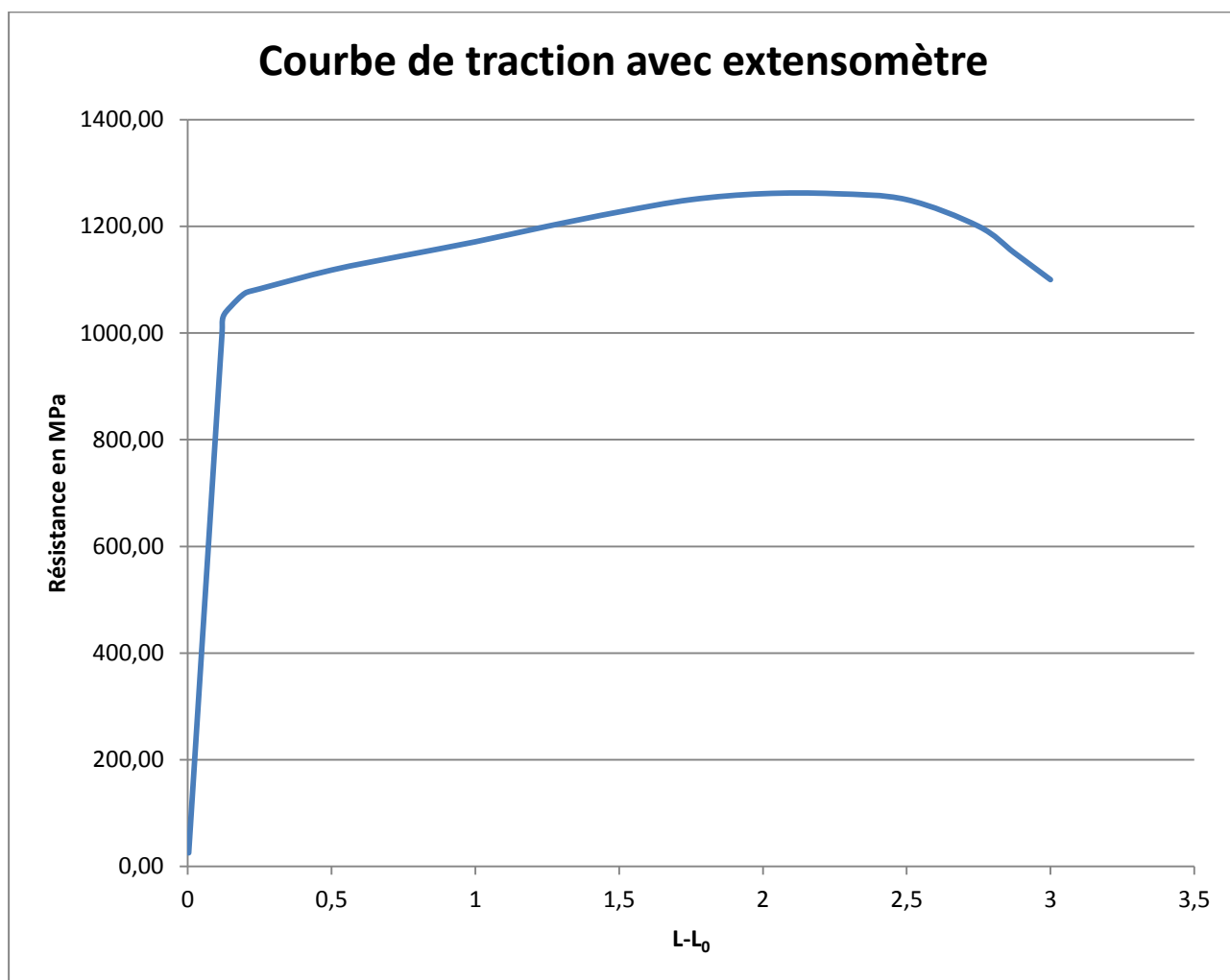


Diagramme de revenu après trempe à l'huile

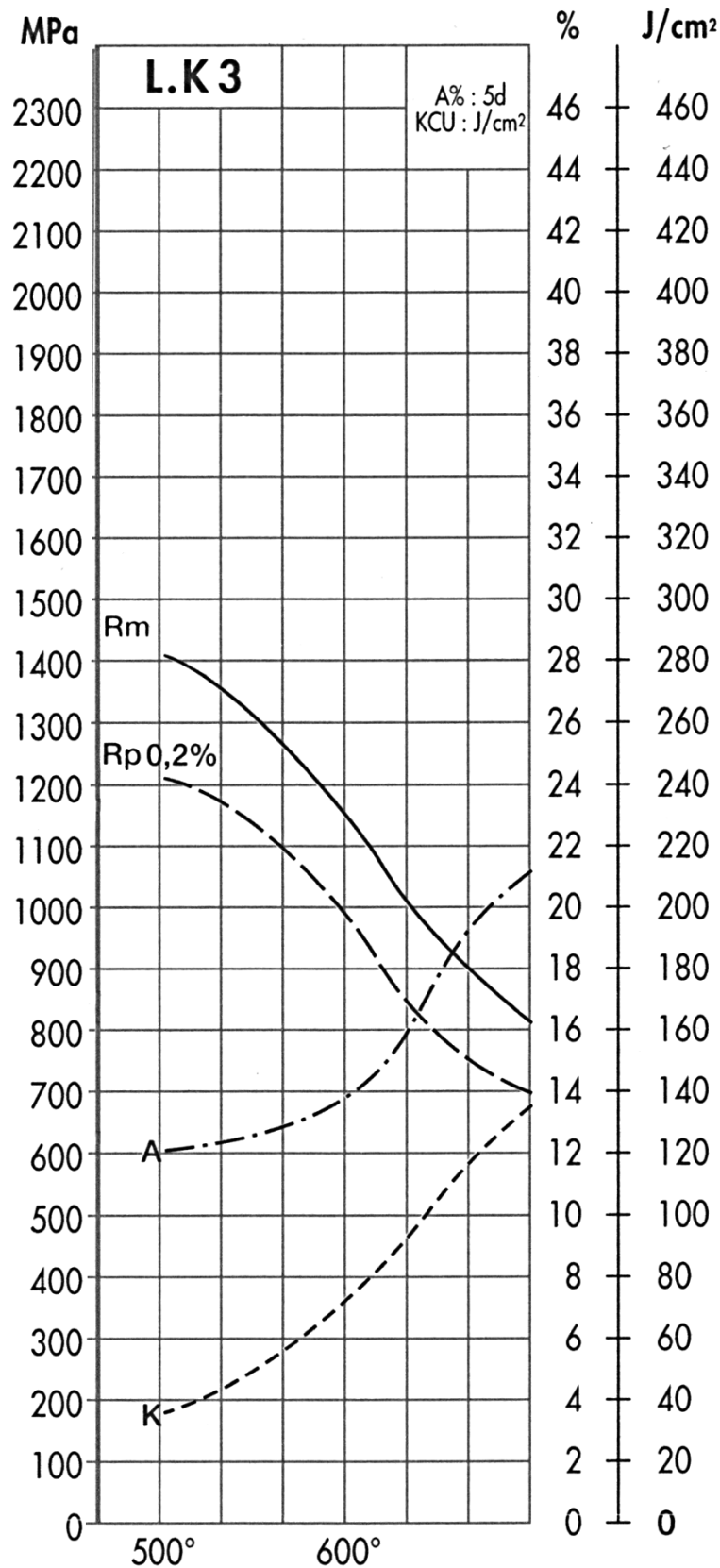
Annexe 3 – à rendre avec la copie



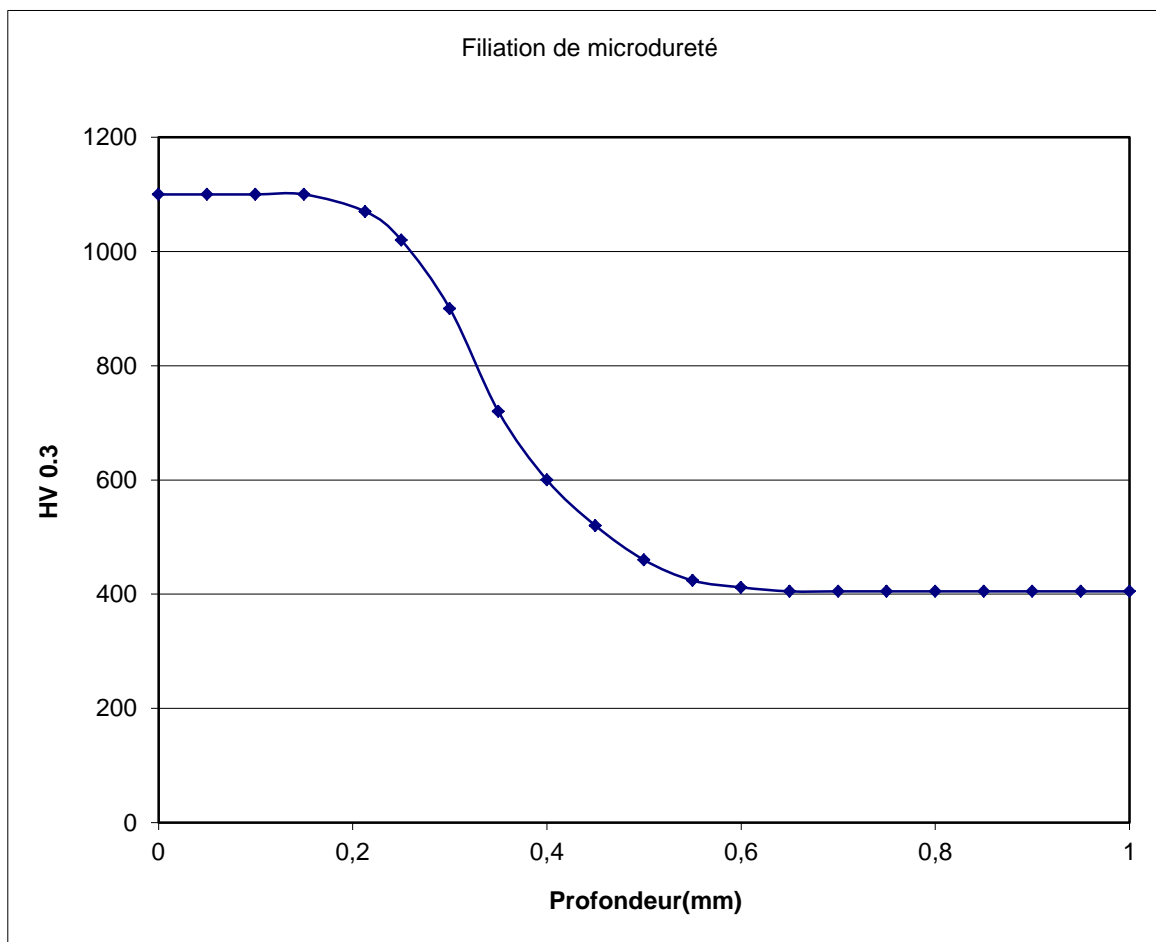
Annexe 4 – à rendre avec la copie

Courbe de revenu (1 heure) du 40 CrAlMo 6 12

Austénitisé à 900°C, refroidi à l'huile



Annexe 5 – à rendre avec la copie



Annexe 6

Poids de couche recommandés sur les aciers en fonction de leurs applications industrielles			
Type d'application	Type de phosphate	Poids de couche (g/m ²)	
Préparation aux revêtements organiques	Fer dit amorphe	0,3 à 1	
	Zinc	1,5 à 4	
	Zinc/calcium Zinc/manganèse		
Anticorrosion avec finition grasse (parkérisation)	Zinc	8 à 12	
	Zinc/fer	15 à 30	
	Manganèse/fer	10 à 20	
Amélioration des propriétés de frottement sous lubrification en mécanique ou micromécanique	Manganèse	5 ± 2	
	Manganèse/fer	10 à 20	
Déformation à froid très souvent avec des lubrifiants à base de stéarates	Zinc	Tréfilage	5 à 10
		Frappe à froid	15 à 20
		Étirage dit blanc	3 à 5
		Étirage normal	8 à 12
		Extrusion Filage	10 à 20