

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR
TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

- U4.2 -
Sous-épreuve commune aux deux options

SESSION 2025

—
Durée : 2 heures
Coefficient : 2
—

CORRIGÉ

BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX – Sciences et Techniques Industrielles		Session 2025
Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2	Code : 25TM42AB	Page 1/11

PARTIE I : étude des vis de fixation n° 12

I.1 Selon la désignation de l'acier utilisé pour la vis, **donner** sa famille de matériaux et sa composition, en écrivant, en toutes lettres, le ou les éléments d'alliage ainsi que leur teneur en pourcentage massique.

L'acier **30CrNiMo8** utilisé pour la vis de fixation de la couronne de différentiel est un acier faiblement allié au Chrome, Nickel et Molybdène avec :

- Pourcentage en Carbone : 0,30%,
- Pourcentage en Chrome : $8/4 = 2\%$,
- Pourcentage en Nickel et Molybdène : $< 1\%$.

I.2 Chaque lot de 100 vis est contrôlé en effectuant un essai de traction sur éprouvette normalisée. Après essai, on obtient la courbe de l'Annexe 4. Dans ce qui suit, on demande de réaliser toutes les constructions graphiques nécessaires sur cette annexe.

I.2.1 Relever les valeurs de la charge à la limite d'élasticité $F_{p0,2}$ et de la charge maximale F_m .

Selon la courbe de traction de l'**annexe 4**, on a :

$F_{p0,2} = 82000 \text{ N}$.

$F_m = 102000 \text{ N}$.

I.2.2 Calculer ensuite la limite d'élasticité $R_{p0,2}$ puis la résistance maximale à la traction R_m .

On a : $R_{p0,2} = \frac{F_{p0,2}}{S_0}$; avec : $S_0 = \frac{\pi \times D_0^2}{4} = \frac{\pi \times 10^2}{4} \rightarrow S_0 = 78,5 \text{ mm}^2$; ce qui donne :

$$R_{p0,2} = \frac{F_{p0,2}}{S_0} = \frac{82000}{78,5} = 1045 \text{ MPa}$$

$R_{p0,2} = 1045 \text{ MPa}$.

On a : $R_m = \frac{F_m}{S_0}$; avec : $S_0 = \frac{\pi \times D_0^2}{4} = \frac{\pi \times 10^2}{4} \rightarrow S_0 = 78,5 \text{ mm}^2$; ce qui donne :

$$R_m = \frac{F_m}{S_0} = \frac{102000}{78,5} = 1299,4 \text{ MPa}$$

$R_m = 1300 \text{ MPa}$.

I.2.3 Calculer l'allongement après rupture **A%** en traçant ΔL_u après rupture.

On a :

$A\% = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100$; avec : $L - L_0 = \Delta L = 5,1$ et $L_0 = 5 \times D_0 = 5 \times 10 = 50 \text{ mm}$; ce qui donne :

$$A\% = \frac{5,1}{50} \times 100 = 10,2\%$$

$A = 10,2\%$.

I.2.4 Préciser si les valeurs de $R_{p0,2}$, R_m et $A\%$ calculées correspondent au cahier des charges. **En déduire** si ce modèle de vis peut être retenu.

On a :

$R_{p0,2} = 1045 \text{ MPa}$ et le cahier des charges donne $R_{p0,2} \geq 950 \text{ MPa} \rightarrow$ valeur respectée.

$R_m = 1299,4 \text{ MPa}$ et le cahier des charges donne $R_m : 1130-1330 \text{ MPa} \rightarrow$ valeur respectée.

$A = 10,2\%$ et le cahier des charges donne $A \geq 10\% \rightarrow$ valeur respectée.

Toutes les valeurs sont respectées, on peut retenir ce modèle de vis.

BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX – Sciences et Techniques Industrielles		Session 2025
Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2	Code : 25TM42AB	Page 2/11

I.3 Donner le type de traitement thermique de recuit de la phase 20 adapté aux opérations d'élaboration suivantes des phases 30 et 40. **Préciser** la température, le temps de traitement et le milieu de refroidissement.

Recuit de globulisation, autour de Ac_1 (oscillant ou non) durée : 2-3 voir 5h à 6h, refroidissement à l'air.

PARTIE II : étude du traitement thermique de la couronne de différentiel n° 4

II.1 L'industriel est amené à choisir l'acier conforme à son cahier des charges après trempe + revenu (phase 50).

II.1.1 Parmi les aciers proposés en Annexes 2A, 2B et 2C pages 8,9 et 10, **choisir** l'acier qui répond au cahier des charges. Les trois aciers doivent être graphiquement étudiés par des tracés, valeurs et commentaires. **Proposer** pour l'acier choisi une valeur précise de température de revenu convenable (**reporter le tracé sur chaque annexe (2A, 2B, 2C) à rendre avec la copie**).

Choix de l'acier :

Le cahier des charges impose les valeurs de caractéristiques mécaniques suivantes :

- $1850 \geq R_m \geq 1200$ MPa.
- $R_{p0.2} \geq 950$ MPa.
- $A\% \geq 8$.
- $KCU \geq 40$ J/cm².

Cas de l'acier C45 (annexe 2A) : Pour une température de revenu comprise entre 550°C et 650°C, on a :

- $1040 \geq R_m \geq 790$ MPa (en vert). Donc < 1200 MPa !
- $R_{p0.2} \approx 840$ MPa (en orange). Donc < 950 MPa !
- $A\% \approx 14$ (en violet).
- $KCU \approx 60$ J/cm².

Les valeurs **ne correspondent pas** à celles imposées par le cahier des charges → **Acier C45 non retenu.**

Cas de l'acier 30NiCr11 (annexe 2B) : Pour une température de revenu comprise entre 550°C et 650°C, on a :

- $1120 \geq R_m \geq 940$ MPa (en vert). Donc < 1200 MPa !
- $R_{p0.2} \approx 1030$ MPa (en orange).
- $A\% \approx 11,6$ (en violet).
- $KCU \approx 70$ J/cm².

Les valeurs **ne correspondent pas** à celles imposées par le cahier des charges → **Acier 30NiCr11 non retenu.**

Cas de l'acier 42CrMo4 (annexe 2C) : Pour une température de revenu comprise entre 550°C et 585°C, on a :

- $1300 \geq R_m \geq 1200$ MPa (en vert). Donc entre 1200 MPa et 1850 MPa
- $1100 \text{ MPa} > R_{p0.2} > 1050 \text{ MPa}$ (en orange). Donc > 950 MPa
- $14\% > A\% > 13\%$ (en violet). Donc $> 8\%$
- $90 \text{ J/cm}^2 > KCU > 70 \text{ J/cm}^2$. Donc $> 40 \text{ J/cm}^2$
- Température acceptable de Revenu = 566°C (toute valeurs dans la plage 550°C-585°C)

Les valeurs correspondent à celles imposées par le cahier des charges → **Acier 42CrMo4 retenu.**

BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX – Sciences et Techniques Industrielles		Session 2025
Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2	Code : 25TM42AB	Page 3/11

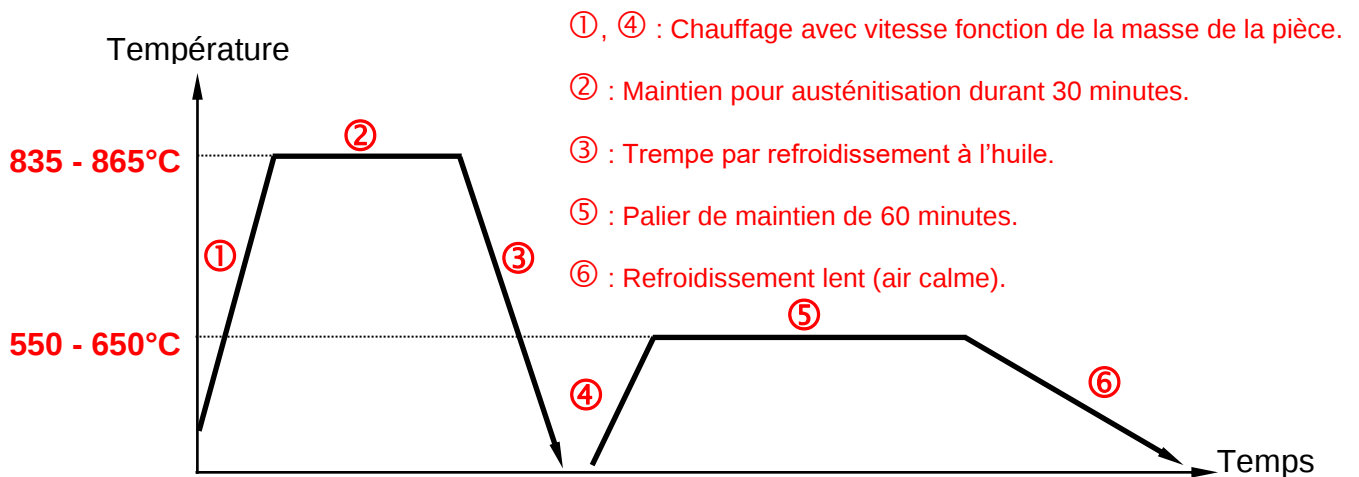
II.1.2 Décoder la désignation de l'acier choisi en écrivant, en toutes lettres, la famille de matériau, le ou les éléments d'alliage ainsi que leur teneur en pourcentage massique.

Désignation de l'acier retenu 42CrMo4 :

D'après la fiche technique de l'acier **42CrMo4 (annexe 2C)**, il s'agit d'un acier faiblement allié au Chrome et Molybdène de composition chimique suivante :

- Pourcentage en Carbone : 0.42%,
- Pourcentage en Chrome : $4/4 = 1\%$,
- Pourcentage en Molybdène : $< 1\%$.

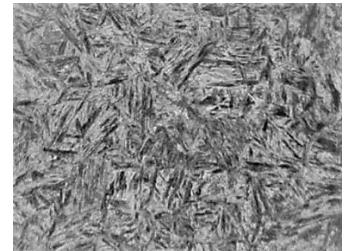
II.2 À partir de la fiche technique de l'acier choisi (Annexe 2 page 7,8 ou 9), **dessiner** le cycle complet de traitement thermique (phase 50), en précisant la valeur des températures, les temps et les milieux de refroidissement.



II.3 À la fin du traitement thermique de trempe, un échantillonnage au hasard est effectué sur chaque lot de pièces. Cette étape permet le contrôle de la structure micrographique.

II.3.1 Sur un lot traité, on observe la structure micrographique présentée ci-dessous. **Identifier** cette structure en mentionnant le (ou les) constituant(s) présents.

Il s'agit d'une martensite sous forme d'aiguilles. C'est une micrographie qui correspond à une structure attendue pour cette vitesse de refroidissement élevée (trempe à l'huile du **42CrMo4**).



II.3.2 Sur l'Annexe 3 page 11 (**à rendre avec la copie**) représentant une courbe TRC schématisée :

II.3.2.1 Tracer la loi de refroidissement la plus lente correspondant à la pièce dont la structure micrographique est représentée ci-dessus.

II.3.2.2 Préciser comment se nomme cette vitesse

Il s'agit de représenter la vitesse critique de trempe martensitique : c'est la vitesse de refroidissement la plus lente permettant de transformer toute l'austénite en martensite.

II.3.2.3 Indiquer le temps de refroidissement et la dureté prévisible

La durée de retour à la température ambiante est comprise entre 20 et 30 secondes (< 1 minute). La dureté prévisible est d'environ 53 HRC (voir Annexe 3).

BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX – Sciences et Techniques Industrielles		Session 2025
Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2	Code : 25TM42AB	Page 4/11

PARTIE III : Étude du traitement de surface des vis de fixation repère n° 12

Objet de l'étude : protéger les vis de fixation de la couronne de différentiel repère n° 4 contre la corrosion.

III.1 Expliquer le principe de la galvanisation à chaud.

La galvanisation à chaud est un traitement de surface qui consiste à recouvrir de zinc un alliage ferreux, principalement l'acier, par immersion dans un bain de zinc en fusion.

III.2 Dans le cas d'une galvanisation à chaud, **déterminer** l'épaisseur de traitement réalisée. Pour cela, on donne :

• $\rho = 7,14 \text{ kg.dm}^{-3}$

• $M = 500 \text{ g.m}^{-2}$

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{m}{e \cdot S} \rightarrow e = \frac{m}{\rho \cdot S} \text{ Avec :}$$

$$m = 500 \text{ g/m}^2 = 500 \text{ g/100 dm}^2 = 5 \text{ g/dm}^2.$$

$$\rho = 7,14 \text{ kg/dm}^3 = 7140 \text{ g/dm}^3.$$

$$e = \frac{5 \text{ g}}{7140 \text{ g/dm}^3 \cdot 1 \text{ dm}^2} = \frac{5 \text{ g}}{7140 \text{ g/dm}} = \frac{5}{7140 \text{ dm}^{-1}} = 7,00 \cdot 10^{-4} \text{ dm} = 70,0 \text{ }\mu\text{m}.$$

III.3 Dans le cas d'un bain de zingage alcalin électrolytique, pour une épaisseur de zinc de 12 μm , **déterminer** la durée de traitement.

Pour cela, on donne :

• $ddc = 3 \text{ A.dm}^{-2}$

• $\rho = 7,14 \text{ g.cm}^{-3}$

• $Rc = 98\%$

• $M_{\text{zinc}} = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$

• $n = 2$

• Pour rappel, 1 Faraday = 96500 C.mol⁻¹

Formule :
$$t = \frac{e \rho}{M} \times \frac{n \times 96500}{J \times \text{rendement}}$$

Application Numérique :
t = 860 secondes ou 14.33 ou 15 minutes

III.4 Présenter la gamme de traitement d'un zingage électrolytique.

Décapage mécanique ;
Dégraissage chimique ;
Rinçage ;
Dégraissage électrolytique anodique ;
Rinçage ;
Dépassivation ;
Rinçage ;
Zingage ;
Rinçage ;
Séchage ;
Traitement thermique de dégazage.

BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX – Sciences et Techniques Industrielles		Session 2025
Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2	Code : 25TM42AB	Page 5/11

III.5 Écrire la désignation normalisée du dépôt appliqué aux vis de fixation par le zingage électrolytique proposé ci-dessus.

Zn 12 (I) / 30CrNiMo8

III.6 Citer deux moyens de contrôle non destructifs de l'épaisseur du revêtement.

Fluorescence X et Induction magnétique.

Barème

Partie I (6 points)						
Questions	I.1	I.2.1	I.2.2	I.2.3	I.2.4	I.3
Points	1	1	1	1	1	1

Partie II (7 points)							
Questions	II.1.1	II.1.2	II.2	II.3.1	II.3.2.1	II.3.2.2	II.3.2.3
Points	1,5	1	1,5	0,5	1	0,5	1

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

Annexe 2A – Document Réponse

Fiche technique de l'acier 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 %	résistance à la traction R	allongement à la rupture A %	résilience	
diamètre d mm	N/mm ²	N/mm ²	A %	KCU J/cm ²	
	mini		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	trempes	revenu
	°C	°C	°C	à l'eau °C	à l'huile °C
	1100-850	650-700	840-870	805-835	825-855
					550-650

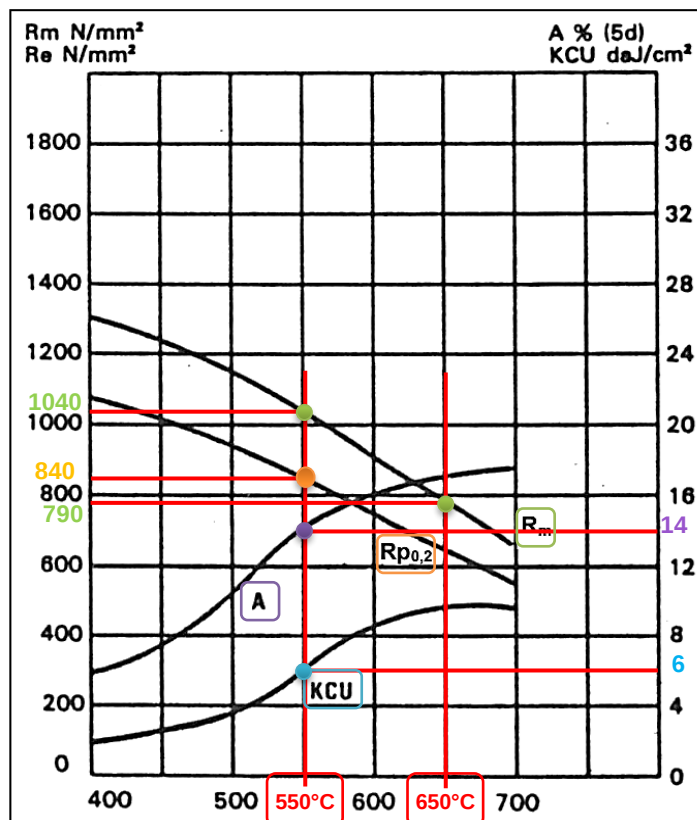


Diagramme de revenu après trempe à l'huile

Annexe 2B – Document Réponse
Fiche technique de l'acier 30NiCr11

Composition chimique (valeurs normalisées en %)	C	Si	Mn	Ni	Cr	P	S
	0,27-0,34	0,10-0,40	0,35-0,60	2,50-3,00	0,60-0,90	≤ 0,035	≤ 0,035
Selon NFA 35-552							
Caractéristiques mécaniques à l'état de livraison	Recuit d'adoucissement HB maxi 229						
Formage à chaud et traitement thermique	Forgeage °C	Refroidissement		Recuit de normalisation °C		Refroidissement	
	1150-850	lent, au four p. ex		830-880		lent	
	Recuit d'adoucissement °C	Trempe °C		Refroidissement		Dureté sous pleine trempe HRC	
	620-650	835-865		huile		58	
Caractéristiques mécaniques réalisables sur barres à l'état traité	Dimension diamètre d mm		Limite élastique à 0,2% N/mm ² mini		Résistance à la traction N/mm ²		Révenue °C
	d ≤ 16		750		930-1130		70
	16 < d ≤ 40		670		850-1050		70
	40 < d ≤ 100		600		780-930		70

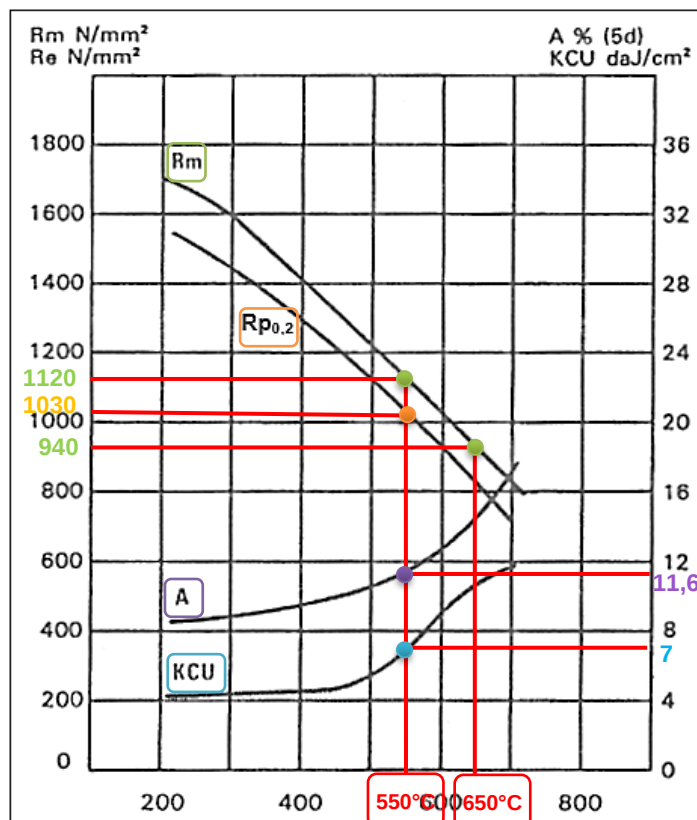


Diagramme de revenu après trempe à l'huile

Annexe 2C – Document Réponse

Fiche technique de l'acier 42CrMo4

Composition chimique	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
(Valeurs normalisées en %) Selon NFA 35-552	0,39-0,45	0,10-0,40	0,60-0,90	≤ 0,035	≤ 0,035 ¹⁾	0,90-1,20	0,15-0,25
1) TEW 42CrMoS 4 avec teneur en soufre réglée 0,020-0,35 %							
Etat de livraison	demi-produit - barres - fils - étirés						
Caractéristiques mécaniques à l'état de livraison	G recuit doux		B traité pour usinabilité améliorée		C traité pour cisailage à froid		
	dureté Brinell HB max.		dureté Brinell HB max.		dureté Brinell HB max.		
	217		241		250		
Formage à chaud et traitement thermique (valeurs de référence)	forgeage	recuit	normalisation		trempe à l'huile	revenu	
	°C	°C	°C		°C	°C	
	1050-850	680-720	840-880		835-865	550-650	
Caractéristiques mécaniques réalisables sur barres à l'état traité	dimension	limite élastique (limite 0,2 %) N/mm ² mini		résistance à la traction N/mm ²		allongement à la rupture A % mini	résilience KCU J/cm ² mini
	diamètre d mm						
	d ≤ 16	850		1080-1280		10	50
	16 < d ≤ 40	770		980-1180		11	50
	40 < d ≤ 100	700		880-1080		12	50

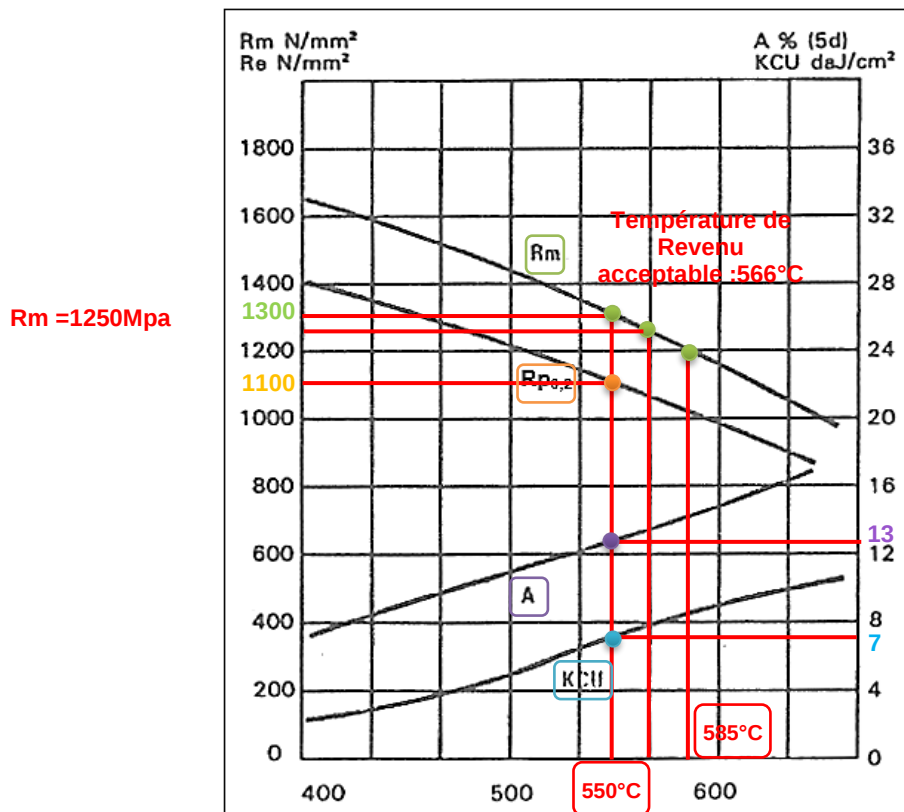
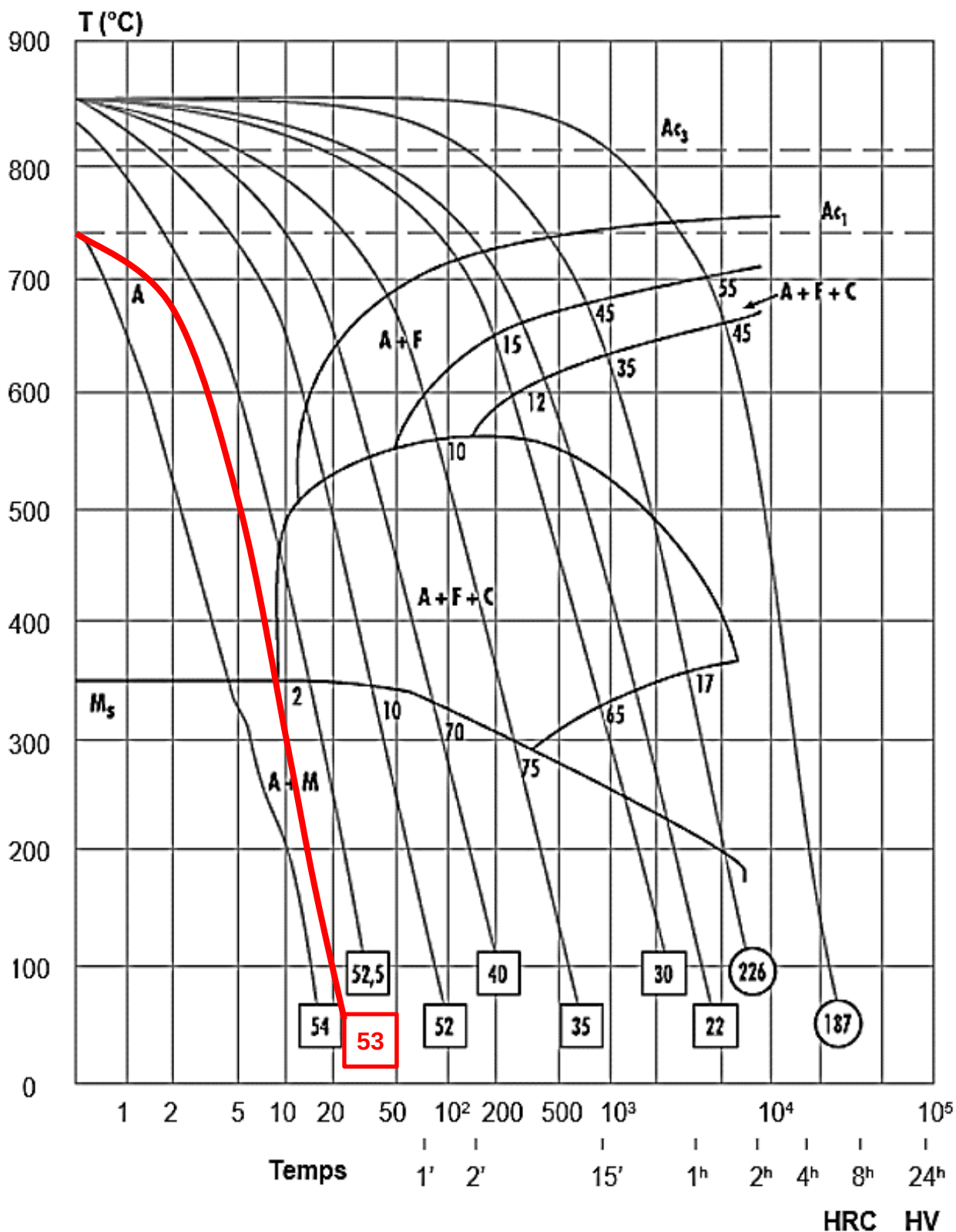


Diagramme de revenu après trempe à l'huile

BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX – Sciences et Techniques Industrielles	Session 2025
Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2	Code : 25TM42AB Page 9/11

Diagramme TRC de l'acier retenu : **42CrMo4**



Courbe de traction du fournisseur – Acier 30CrNiMo8

