

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

Matériel autorisé :

- L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
- L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Documents à rendre avec la copie :

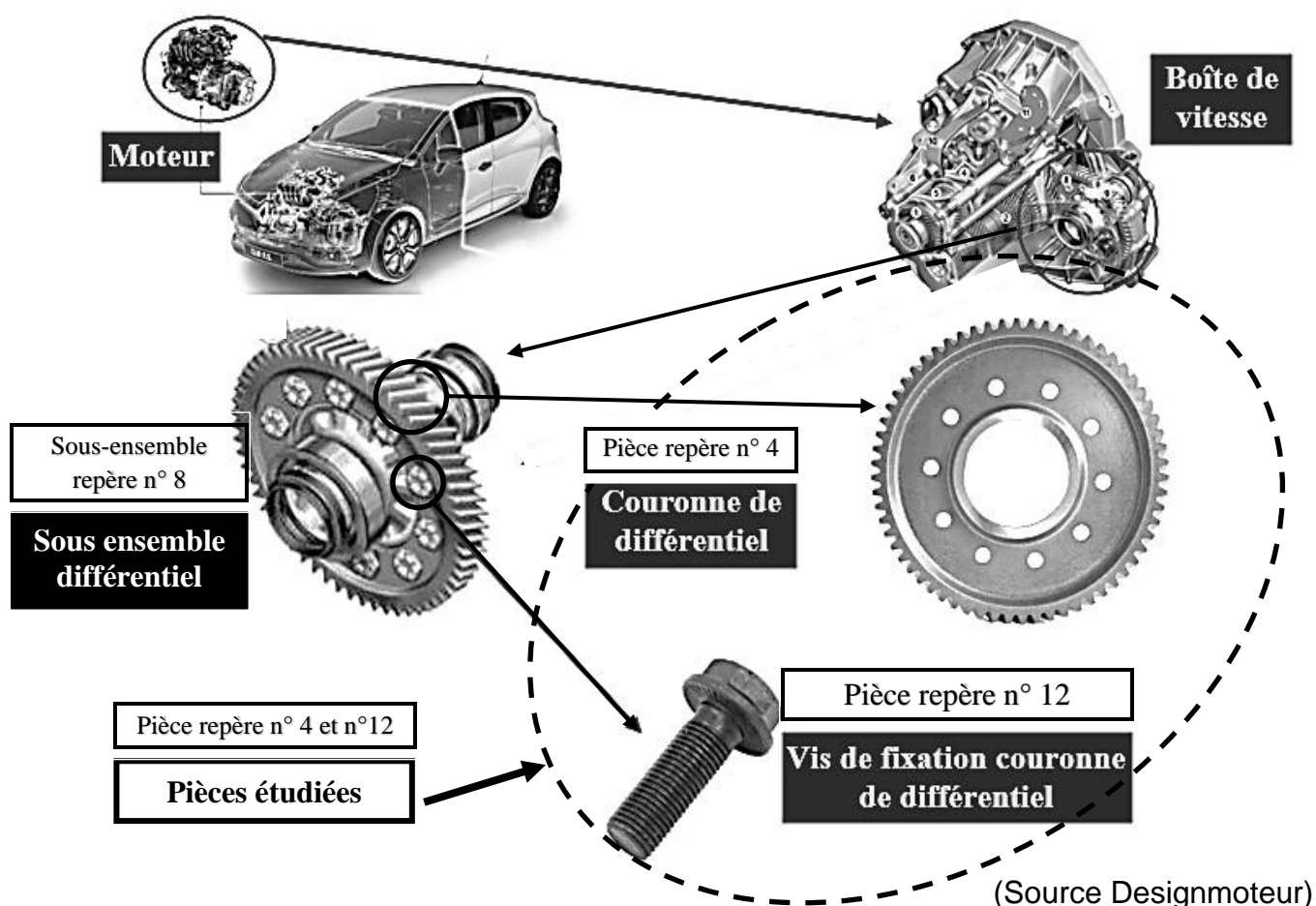
- Annexe 2apage 8/12
- Annexe 2bpage 9/12
- Annexe 2cpage 10/12
- Annexe 3page 11/12
- Annexe 4page 12/12

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 12 pages, numérotées de 1/12 à 12/12.

BTS TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX – Sciences et Techniques Industrielles		Session 2025
Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2	Code : 25TM42AB	Page 1/12

Présentation de l'entreprise et objet de l'étude

Une entreprise spécialisée dans la fourniture de **composants métalliques** utilisés dans l'**industrie automobile** (blocs moteurs, arbres, culasses, engrenages, ...) reçoit, de la part d'une entreprise fabriquant des voitures, une commande d'un minimum de 5000 **couronnes de différentiel** par an.




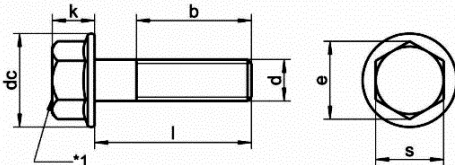
Les engrenages sont utilisés pour transmettre le couple d'un moteur à l'unité d'entraînement par l'intermédiaire d'une boîte de vitesse décrite en annexe 1 page 7. L'exigence pour les engrenages est qu'ils ne doivent pas se briser, même sous une contrainte extrême. Afin de résister aux chocs ou de pouvoir résister de manière élastique en cas d'augmentation brutale du couple, les dents nécessitent à la fois une certaine résistance sur le bord et une ténacité à l'intérieur.

L'étude portera essentiellement sur :

- **Partie I** : le **contrôle** des vis de fixation couronne de différentiel pièce repère n°12 (voir représentation ci-dessus). Ces vis assurent le serrage de l'ensemble couronne de différentiel pièce repère n°4 (voir représentation ci-dessus).
- **Partie II** : le **traitement thermique** et le **contrôle** de la couronne de différentiel pièce repère n°4 du sous ensemble différentiel pièce repère n°8 (voir représentation ci-dessus) afin d'améliorer à la fois la résistance et le comportement à l'usure du composant.
- **Partie III** : le **traitement de surface** appliqué aux vis de fixation pièce repère n°12 de la couronne de différentiel.

PARTIE I : étude des vis de fixation n° 12

Objet de l'étude : contrôler la réception d'un lot de vis par essai de traction.

	<div>Vis tête hexagonale TH M6x25</div> <div>Embase/collerette crantée</div> <div>Classe 10.9 Acier zingué</div>	<div>Forme :</div> <div>Nervurée à tête hexagonale</div> <div>Classe de résistance : 100</div>	<div>Dimensions :</div> 
<div>Cahier des charges</div> <p>L'entreprise établit, pour la vis, le cahier des charges suivant :</p> <div>Matière : 30CrNiMo8.</div> <div>Caractéristiques mécaniques requises :</div> <div><div>- Rm : 1130-1330 MPa.</div><div>- Rp0,2 ≥ 950 MPa.</div><div>- A% ≥ 10.</div><div>- KCU à 20°C : 50 J/cm².</div></div>	Gamme de fabrication simplifiée		
	Phase		Opération
	10		Débit du lopin
	20		Recuit à déterminer
	30		Formage de la tête par frappe à froid
	40		Usinage ébauche et semi-finition
	50		Traitements thermiques de trempe et revenu
	60		Usinage de finition au diamètre 10 mm et contrôle
	70		Protection contre la corrosion

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.

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 page 12. Dans ce qui suit, on demande de réaliser toutes les constructions graphiques nécessaires sur cette annexe (**à rendre avec la copie**).

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

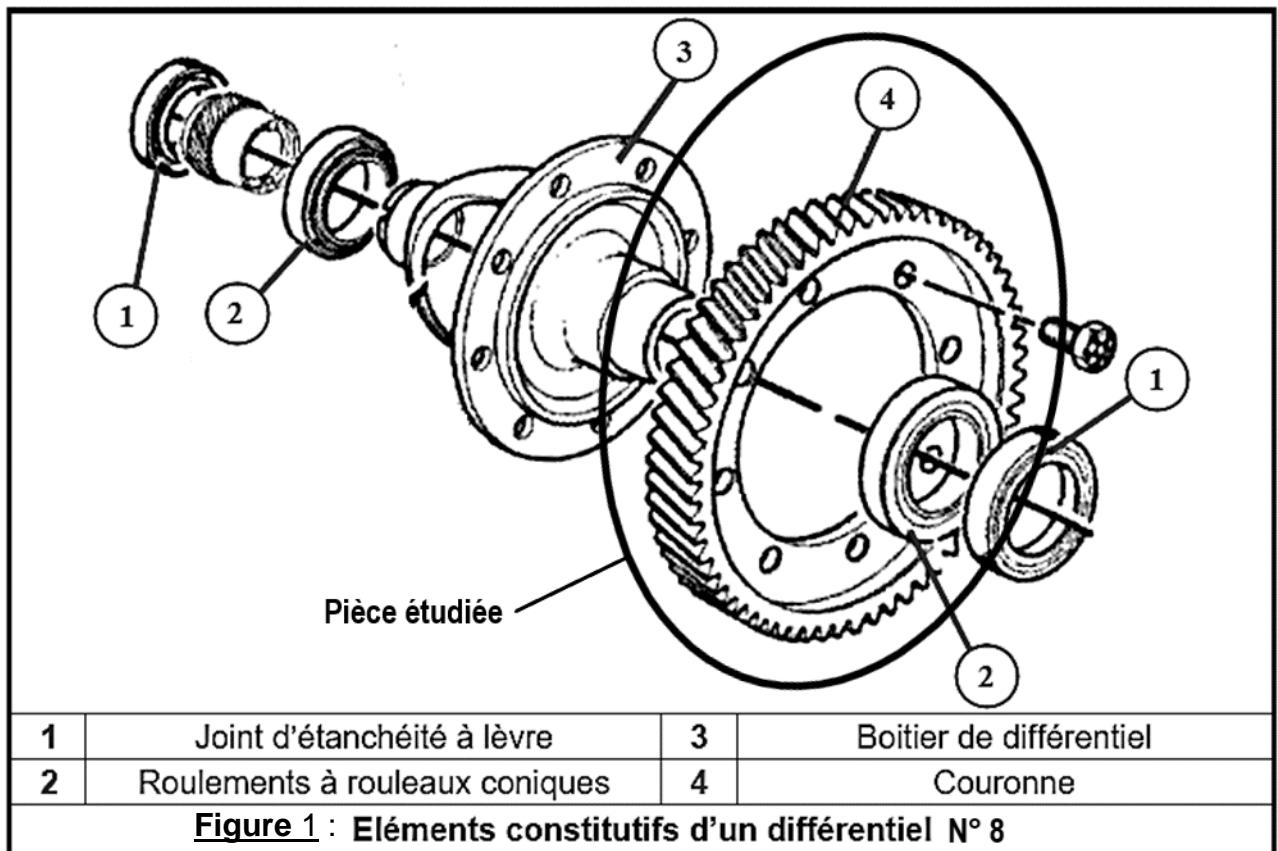
I.2.2 Calculer ensuite la limite d'élasticité $R_{p0,2}$ puis la résistance maximale à la traction R_m .

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

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.

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 (à exprimer avec les points de transformation), le temps de traitement et le milieu de refroidissement.

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



Cahier des charges		Gamme de fabrication simplifiée	
<p>L'entreprise établit, pour la couronne n°4, le cahier des charges suivant :</p> <p>Matière : acier à déterminer.</p> <p>Brut : obtenu par forgeage à partir d'une préforme à chaud.</p> <p>Caractéristiques mécaniques requises :</p> <ul style="list-style-type: none"> - $1850 \geq R_m \geq 1200$ MPa. - $R_{p0,2} \geq 950$ MPa. - $A\% \geq 8$. - $KCU \geq 40$ J/cm². <p>Série : 5000 couronnes par an.</p>		Phase	Opération
		10	Débit ébauche tubulaire à chaud
		20	Forgeage d'une préforme à chaud
		30	Traitement thermique : recuit de régénération
		40	Pré-usinage (ébauche et semi-finition)
		50	Traitement thermique : trempe et revenu (à déterminer)
		60	Usinage de finition
		70	Contrôle final

Objet de l'étude : faire le choix de la nuance d'acier et définir les paramètres de traitement thermique de la phase 50.

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

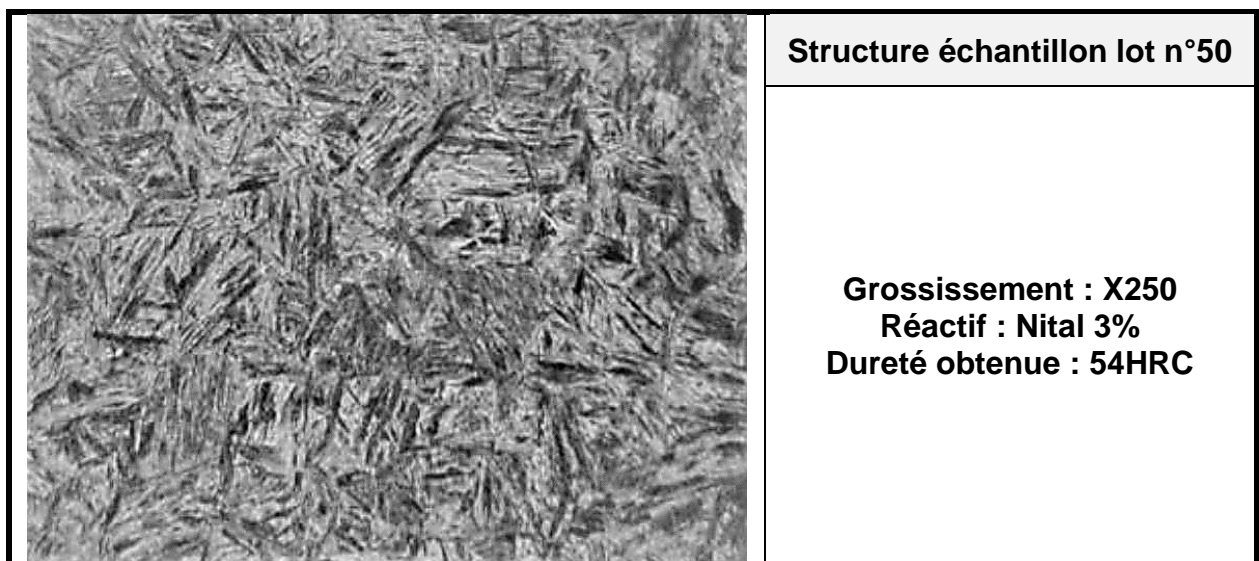
II.1.1 Parmi les aciers proposés en Annexes 2A, 2B et 2C pages 8,9 et 10, **choisir** l'acier qui répond au cahier des charges. Les trois aciers doivent être graphiquement étudiés par des tracés, valeurs et commentaires. **Proposer** pour l'acier choisi une valeur précise de température de revenu convenable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

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.

II.2 À partir de la fiche technique de l'acier choisi (Annexe 2 page 8,9 ou 10), **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.



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.

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

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.

Afin d'être protégées contre la corrosion les vis de fixation de la couronne de différentiel n°4, deux solutions sont envisagées. Elles peuvent être galvanisées à chaud avec une couche de zinc (500 g/m² de protection). Elles peuvent également être traitées par zingage électrolytique d'une épaisseur de 12 µm.

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

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

- $\rho = 7,14 \text{ kg.dm}^{-3}$
- $M = 500 \text{ g.m}^{-2}$

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

Pour cela, on donne :

- $ddc = 3 \text{ A.dm}^{-2}$
- $M_{\text{zinc}} = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$
- $\rho = 7,14 \text{ g.cm}^{-3}$
- $n = 2$
- $R_c = 98 \%$
- Pour rappel, 1 Faraday = 96500 C.mol⁻¹

III.4 Présenter la gamme de traitement d'un zingage électrolytique en tenant compte des hautes résistances mécaniques de l'acier 30CrNiMo8.

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

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

Barème

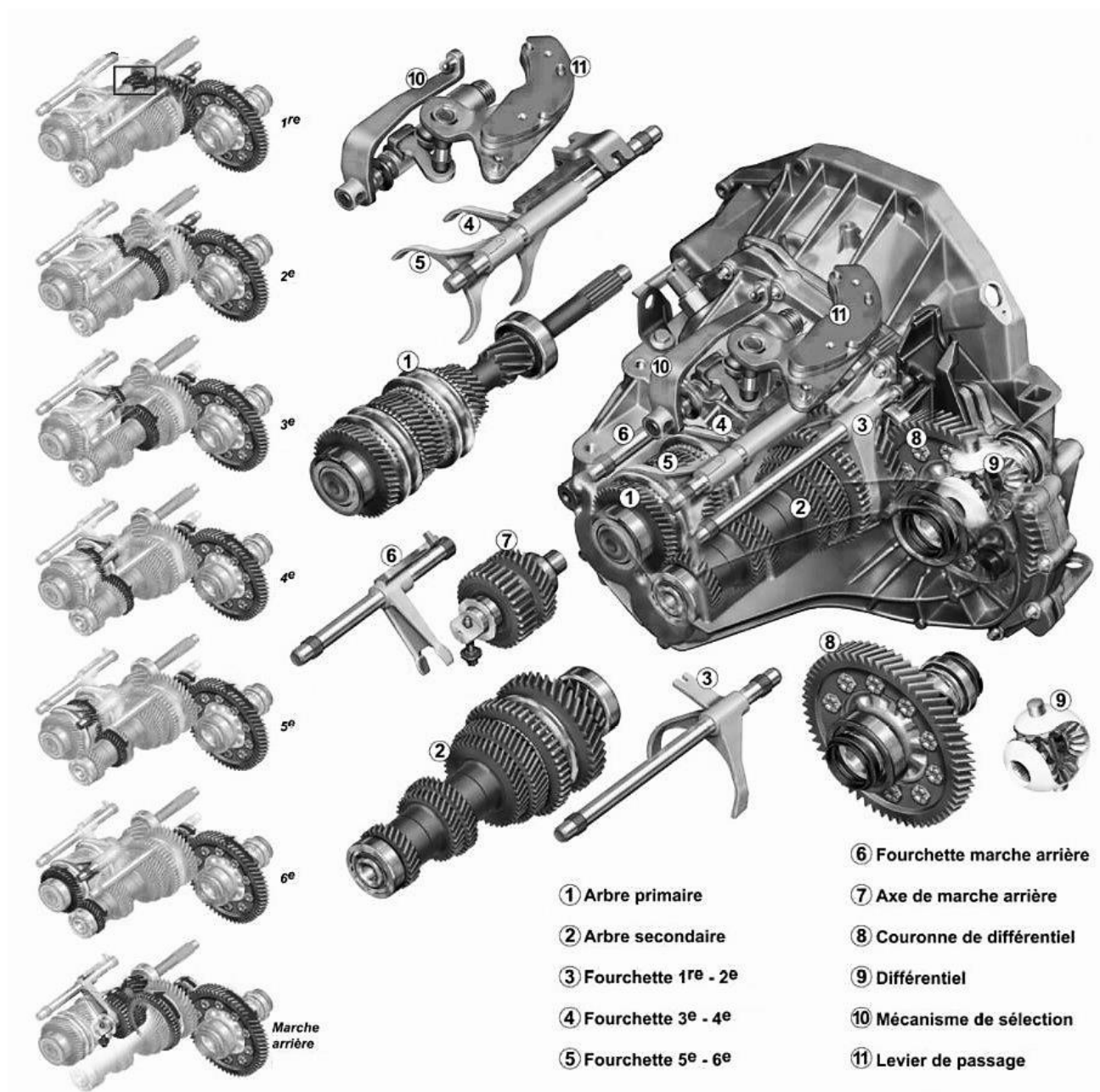
Partie I (6 points)						
Questions	I.1	I.2.1	I.2.2	I.2.3	I.2.4	I.3
Points	1	1	1	1	1	1

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 1

Anatomie et cinématique d'une boîte à vitesse manuelle 6 vitesses TL4.



(Source Renault)

Annexe 2a : à rendre avec la copie

Fiche technique de l'acier C45

Composition chimique	C	Si	Mn	P	S
(Valeurs normalisées en %)	0,45-0,51	0,15 - 0,35	0,50 - 0,80	≤ 0,030	≤ 0,035 ¹⁾
Selon NFA 35-552					
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		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	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

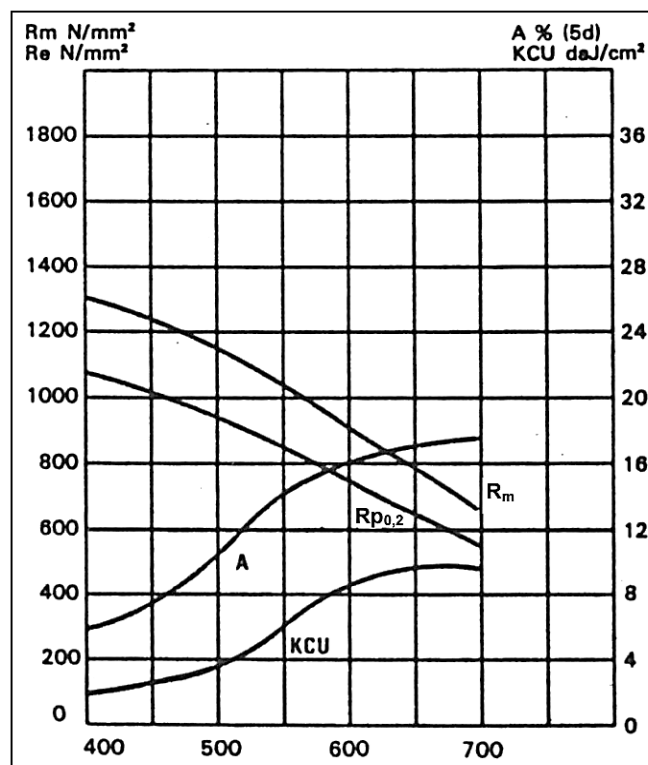


Diagramme de revenu après trempe à l'huile

Annexe 2b : à rendre avec la copie

Fiche technique de l'acier 30NiCr11

Composition chimique (valeurs normalisées en %) Selon NFA 35-552	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
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		Allongement A % mini	
	d ≤ 16	750		930-1130		13	
	16 < d ≤ 40	670		850-1050		13	
	40 < d ≤ 100	600		780-930		14	
						Révécu KCU J/cm ² mini	
						550-650	

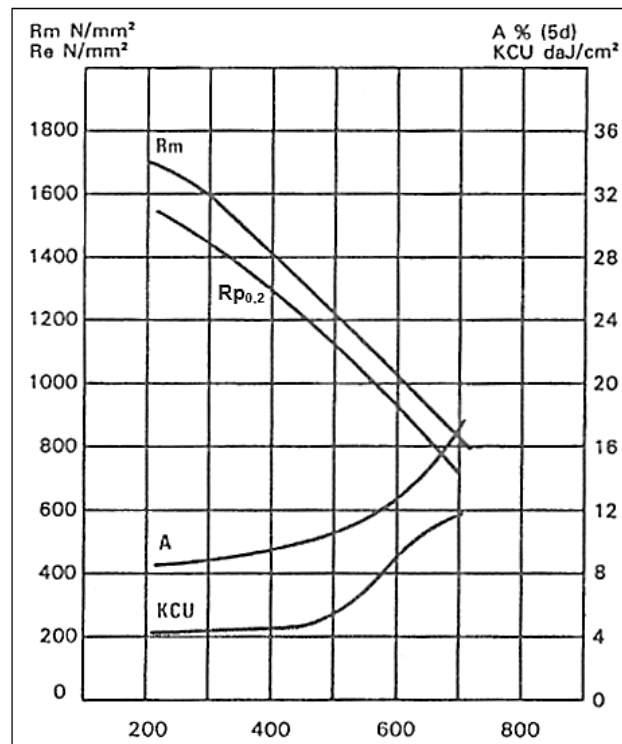


Diagramme de revenu après trempe huile

Annexe 2c : à rendre avec la copie

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 0,020-0,035 %							
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 %)		résistance à la traction		allongement à la rupture
	diamètre d mm		N/mm ² mini		N/mm ²		A % mini
	d ≤ 16		850		1080-1280		10
	16 < d ≤ 40		770		980-1180		11
	40 < d ≤ 100		700		880-1080		12
							résilience KCU J/cm ² mini

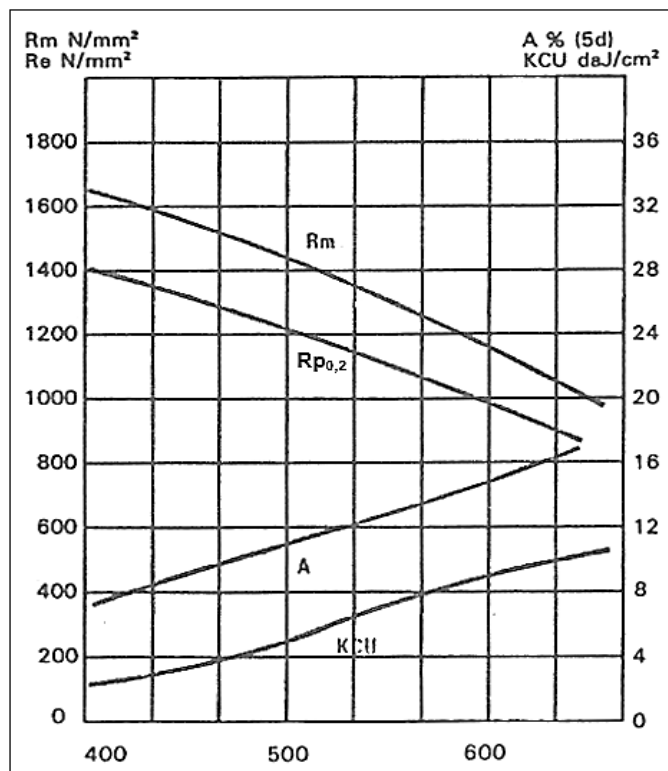
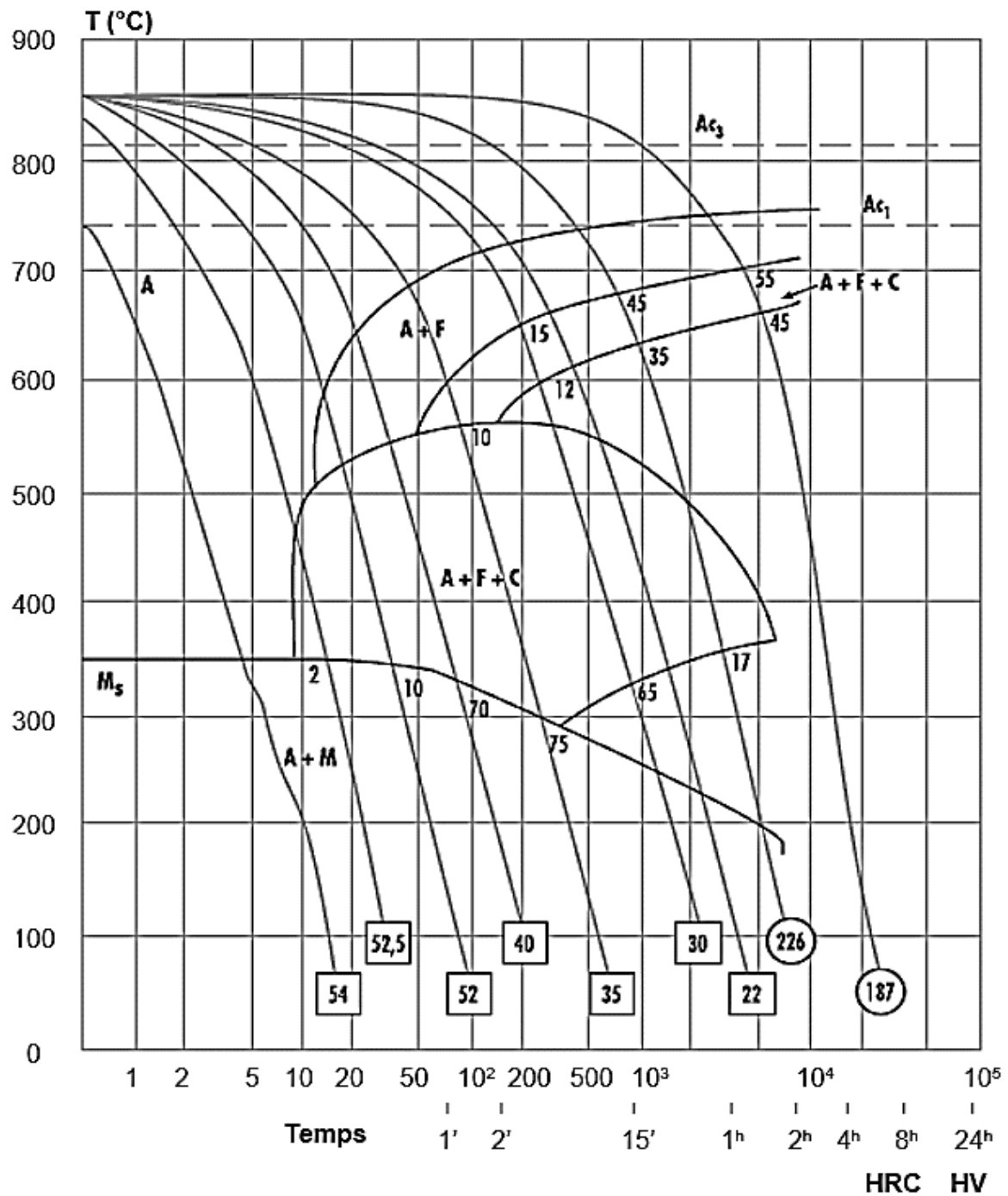


Diagramme de revenu après trempe huile

Annexe 3 : à rendre avec la copie

Diagramme TRC de l'acier retenu



Annexe 4 : à rendre avec la copie

Courbe de traction du fournisseur – Acier 30CrNiMo8

