



Ce document a été mis en ligne par l'organisme [FormaV](#)®

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :

www.formav.co/explorer

SESSION 2010

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR
TRAITEMENTS DES MATERIAUX

SCIENCES ET TECHNIQUES INDUSTRIELLES

Sous-épreuve commune aux deux options

- U4.2 -

DUREE : 2 heures

COEFFICIENT : 2

Les calculatrices de poche sont autorisées conformément à la circulaire n°99-186
du 16 novembre 1999

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.
Le sujet comporte 14 pages, numérotées de 1 à 14 dont 9 annexes.

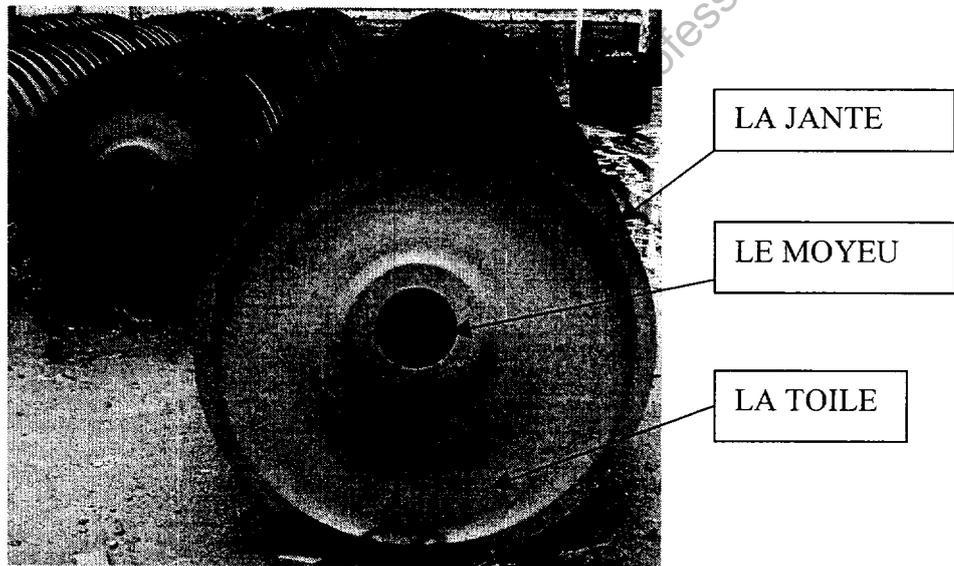
| | | | |
|---|--|--------------------------------------|--------------|
| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX | | | |
| Durée : 2 heures | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles | Session 2010 |
| Code : TMSTI AB | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | | Page 1/14 |

Sous-épreuve commune aux deux options : Sciences et Techniques Industrielles

VALDUNE, située à Dunkerque dans le nord de la France est la première entreprise mondiale dans la fabrication des roues et des essieux de matériels roulant sur les réseaux ferrés.

Les roues et les essieux sont élaborés à partir de différentes opérations de forgeage, de laminage, et de traitements thermiques pour optimiser leurs caractéristiques mécaniques. Les matériaux utilisés pour la fabrication des roues et des essieux sont respectivement de type R6 pour la roue et de type A4 pour l'essieu, selon référence interne. Voir tableaux 1 et 3 en annexe 1 page 6.

I. ETUDE DE LA ROUE



La roue est constituée de trois parties :

- La JANTE qui est en contact avec le rail ;
- Le MOYEU qui assure le serrage entre la roue et l'essieu ;
- La TOILE qui doit posséder de bonnes caractéristiques de ductilité entre la jante et le moyeu.

Voir photo de la roue ci-dessus.

La gamme de fabrication de la roue est définie dans l'annexe 2.

Les caractéristiques mécaniques après traitements thermiques sont données sur le tableau 2 annexe 1.

| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX | | | |
|--|--|--------------------------------------|--------------|
| Durée : 2 heures | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles | Session 2010 |
| Code : TMSTI AB | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | | Page 2/14 |

QUESTIONS

I.1 Décoder la désignation de l'acier dont le diagramme TRC est donné en annexe 4.

I.2 La roue est une pièce d'usure et de sécurité très importante. Elle doit faire l'objet d'une propreté inclusionnaire satisfaisante. La nuance de l'alliage qui la constitue est élaborée par coulée continue.

Donner l'intérêt, dans ce cas, de la coulée continue par rapport à une coulée classique en lingotière.

I.3 Citer deux éléments chimiques à minimiser lors de l'élaboration de l'acier. Donner deux moyens d'investigation qui permettent de les mettre en évidence.

I.4 La roue dans son ensemble est obtenue par une série d'opérations décrites en annexe 2. Pourquoi une déformation à chaud s'impose-t-elle ?

I.5 Après les opérations de mise en forme à chaud de la roue, des traitements thermiques sont réalisés. Pourquoi un recuit de régénération est-il préconisé ?

L'acier utilisé pour la fabrication de la roue est de type C45. Après une austénitisation totale de la roue, une trempe puis un revenu sont réalisés sur la jante essentiellement pour respecter le cahier des charges. Voir tableau 2 annexe 1.

I.6 Dessiner en le définissant, le cycle thermique de trempe et de revenu effectué sur la jante en précisant :

- les températures ;
- les temps de maintien ;
- les modes de refroidissement.

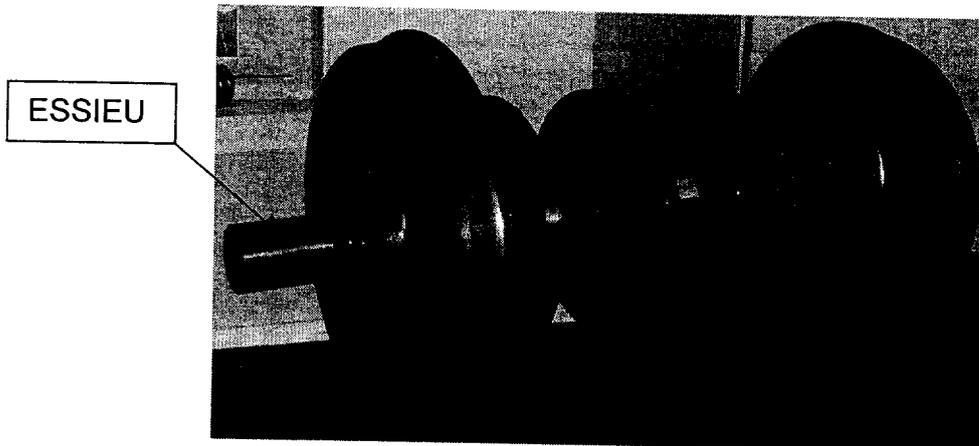
En sachant que :

- La masse de la roue est de 300 kg et la vitesse de refroidissement est assimilable à celle d'un diamètre de 20 mm ;
- La dureté après revenu doit être de 260HV30 ;

Voir annexes 3, 4, 5 et 6.

| | | | |
|---|---|---|---------------------|
| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX | | | |
| Durée : 2 heures | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles | Session 2010 |
| Code : TMSTI AB | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | | Page 3/14 |

II. ETUDE DE L'ESSIEU



Les essieux sont obtenus à partir de barres laminées en acier à l'état normalisé de diamètre 120 mm, suivi d'un usinage. La nuance de l'acier est de type A4. Voir tableau 3, annexe 1.

Les caractéristiques mécaniques après traitements thermiques sont indiquées sur le tableau 4, annexe 1.

QUESTIONS

II.1 L'essieu subit un traitement thermique de trempe à l'eau suivi d'un revenu. Donner à partir du diagramme TRC, annexe 7 page 12, la nature et la proportion des constituants à cœur et en peau ainsi que l'intervalle des duretés obtenues après trempe. Utiliser les annexes 5 et 7. Il est conseillé de reporter la loi de refroidissement sur le diagramme TRC.

II.2 La courbe de traction en annexe 8 est le résultat d'un contrôle sur une éprouvette normalisée de même nuance après trempe et revenu. La section de cette éprouvette est de 78,5 mm².

Vérifier par le calcul si R_m et $R_{p0,2}$ sont conformes à l'intervalle de tolérance du tableau 4, annexe 1.

II.3 A partir des résultats calculés à la question II.2, et de l'annexe 9, donner la valeur HRB correspondante. Indiquer le principe de cet essai à l'aide d'un schéma.

III .TRAITEMENTS DE SURFACE

Dans la gamme de fabrication des roues, un grenailage est effectué.

III.1.1 Quel est son but ?

III.1.2 Décrire succinctement le procédé en indiquant, entre autres, le type de grenaille utilisé.

| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX | | | |
|--|-----------------|--|--------------|
| Durée : 2 heures | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles | Session 2010 |
| Code : TMSTI AB | | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | Page 4/14 |

Sous-épreuve commune aux deux options : Sciences et Techniques Industrielles

III.2 Chromage

Dans certains cas, plutôt que de remplacer les essieux quand ceux-ci présentent des usures anormales au niveau des moyeux, la SNCF effectue des rechargements sur ces pièces en effectuant des opérations de chromage.

Les conditions de cette opération sont les suivantes :

Composition du bain :

- anhydride chromique 250 g/L
- acide sulfurique 2,5 g/L

Température de fonctionnement : 55 °C

Densité de courant cathodique : 50 A/dm²

III.2.1 Décrire la gamme de traitement permettant d'effectuer directement un dépôt de chrome sur acier. Prendre en compte le fait que les pièces sont fortement oxydées. On tiendra compte du fait que la gamme de préparation est **identique à celle d'un zingage sur acier** et que l'acier n'est pas fragilisable par l'hydrogène.

III.2.2 On dépose en moyenne 200 µm de chrome.

Calculer le temps nécessaire pour obtenir ce dépôt sachant que le rendement cathodique du bain est de 20 %.

On donne :

Masse atomique du chrome : 52 g/mole

Masse volumique du chrome : 7,140 g/cm³

Valence de l'ion : +6

III.3 Peinture

L'essieu est peint sur les parties non fonctionnelles par poudrage électrostatique. Après avoir défini l'intérêt de ce traitement, expliquer brièvement le principe de ce procédé.

Barème indicatif

| Partie | Partie I | | | | | |
|-----------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Questions | I.1 | I.2 | I.3 | I.4 | I.5 | I.6 |
| Points | 1 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 |

| Partie | Partie II | | |
|-----------|-----------|------|------|
| Questions | II.1 | II.2 | II.3 |
| Points | 1,5 | 2 | 1,5 |

| Partie | Partie III | | | | |
|-----------|------------|---------|---------|---------|-------|
| Questions | III.1.1 | III.1.2 | III.2.1 | III.2.2 | III.3 |
| Points | 0,5 | 1,5 | 2,5 | 2 | 0,5 |

| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX | | | |
|--|--|--------------------------------------|--------------|
| Durée : 2 heures | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles | Session 2010 |
| Code : TMSTI AB | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | | Page 5/14 |

Annexe 1

Tableau 1

| Nuance | Composition chimique teneur maximale en % sur produit | | | | | | | | | | |
|--------|---|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|----------|
| | C | Si | Mn | P | S | Cr | Cu | Mo | Ni | V | Cr+Mo+Ni |
| R6 | 0,48 | 0,40 | 0,75 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,30 | 0,08 | 0,30 | 0,05 | 0,50 |
| R7 | 0,52 | 0,40 | 0,75 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,30 | 0,08 | 0,30 | 0,05 | 0,50 |
| R8 | 0,56 | 0,40 | 0,75 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,30 | 0,08 | 0,30 | 0,05 | 0,50 |
| R9 | 0,60 | 0,40 | 0,75 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,30 | 0,08 | 0,30 | 0,05 | 0,50 |

Tableau 2

| Nuance | Caractéristiques mécaniques | | |
|--------|-----------------------------|-------|--------|
| | Jante | | |
| | Rm (N/mm ²) | A (%) | Ku (J) |
| R6T | 780 à 900 | 15 | 15 |
| R7T | 820 à 940 | 14 | 15 |
| R8T | 860 à 980 | 13 | 15 |
| R9T | 900 à 1050 | 12 | 10 |

Tableau 3

| Nuance | Composition chimique teneur maximale en % sur produit | | | | | | | | | | |
|--------|---|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-----------|------|-----------|------|------|
| | C | Si | Mn | P | S | Cr | Cu | Mo | Ni | V | |
| A1 | C35 | 0,37 | 0,46 | 1,12 | 0,04 | 0,04 | 0,30 | 0,30 | 0,05 | 0,30 | 0,05 |
| A4 | 25CrMo4 | 0,22/0,27 | 0,15/0,40 | 0,50/0,80 | 0,035 | 0,035 | 0,90/1,20 | 0,30 | 0,15/0,30 | 0,30 | 0,05 |
| A5 | 42CrMo4 | 0,45 | 0,40 | 0,90 | 0,035 | 0,035 | 1,20 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,10 |

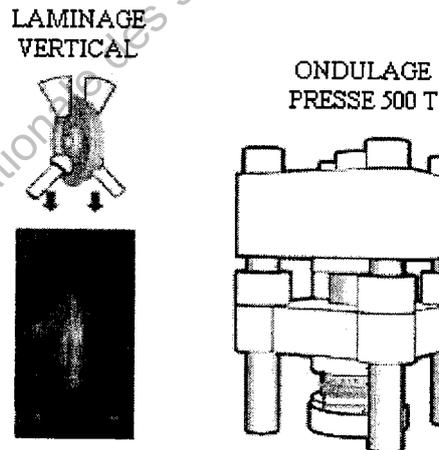
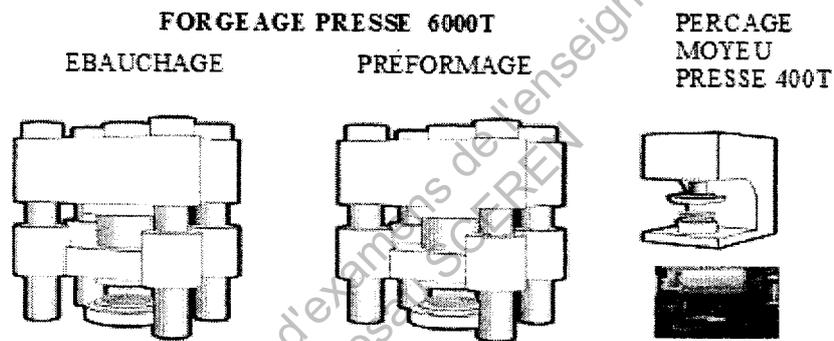
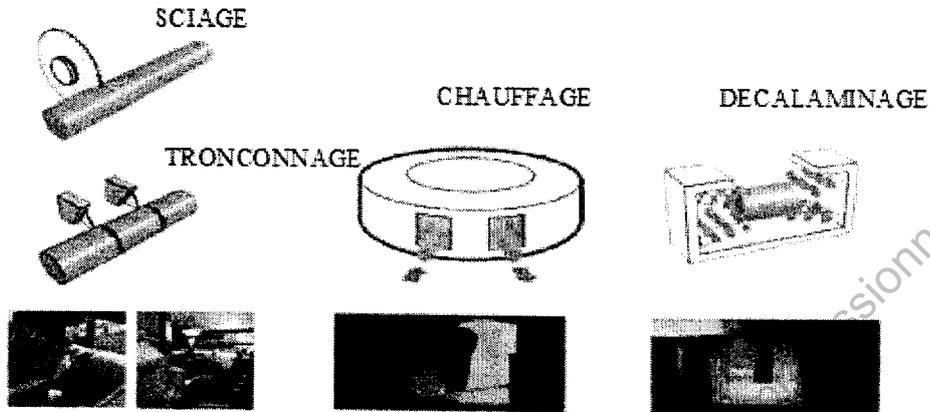
Tableau 4

| Nuance | Traitement | Rp _{0,2} min | Rm | A% min | KU long min | KU travers min |
|--------|------------|-----------------------|-------------------|--------|-------------|----------------|
| | | N/mm ² | N/mm ² | | Joules | Joules |
| A1 | N | 320 | 550/650 | 22 | 25 | 10 |
| A1 | T+R | 350 | 550/700 | 24 | 40 | 15 |
| A4 | T+R | 420 | 650/800 | 18 | 40 | 20 |

| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX | | | |
|--|-----------------|--|--------------|
| Durée : 2 heures | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles | Session 2010 |
| Code : TMSTI AB | | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | Page 6/14 |

Annexe 2

LE PROCESSUS DE FORGEAGE DES ROUES.



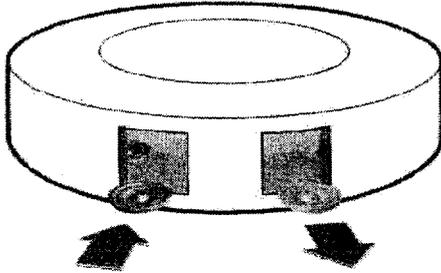
- Refroidissement lent en tunnel ;
- Marquage ;
- Contrôle des lots ;
- Transfert vers les traitements thermiques (régénération, austénitisation, trempe et revenu).

| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX | | | |
|--|--|--------------------------------------|--------------|
| Durée : 2 heures | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles | Session 2010 |
| Code : TMSTI AB | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | | Page 7/14 |

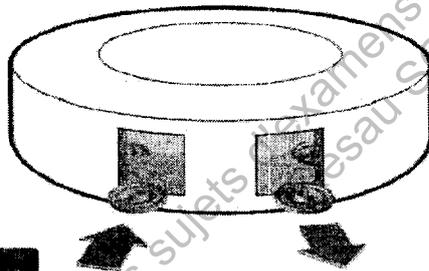
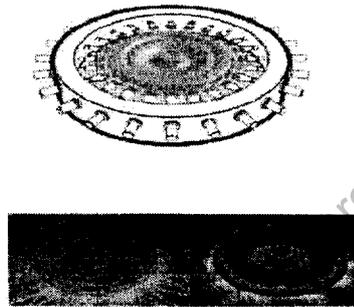
Annexe 3

Processus de traitement thermique.

CHAUFFAGE EN FOUR
D'AUSTENITISATION



TREMPE



FOUR DE REVENU

REFROIDISSEMENT

GRENAILLAGE

MESURE DE DURETÉ

CONTRÔLES

CONDITIONNEMENT
EXPEDITION

| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX | | | |
|--|-----------------|--|--------------|
| Durée : 2 heures | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles | Session 2010 |
| Code : TMSTI AB | | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | Page 8/14 |

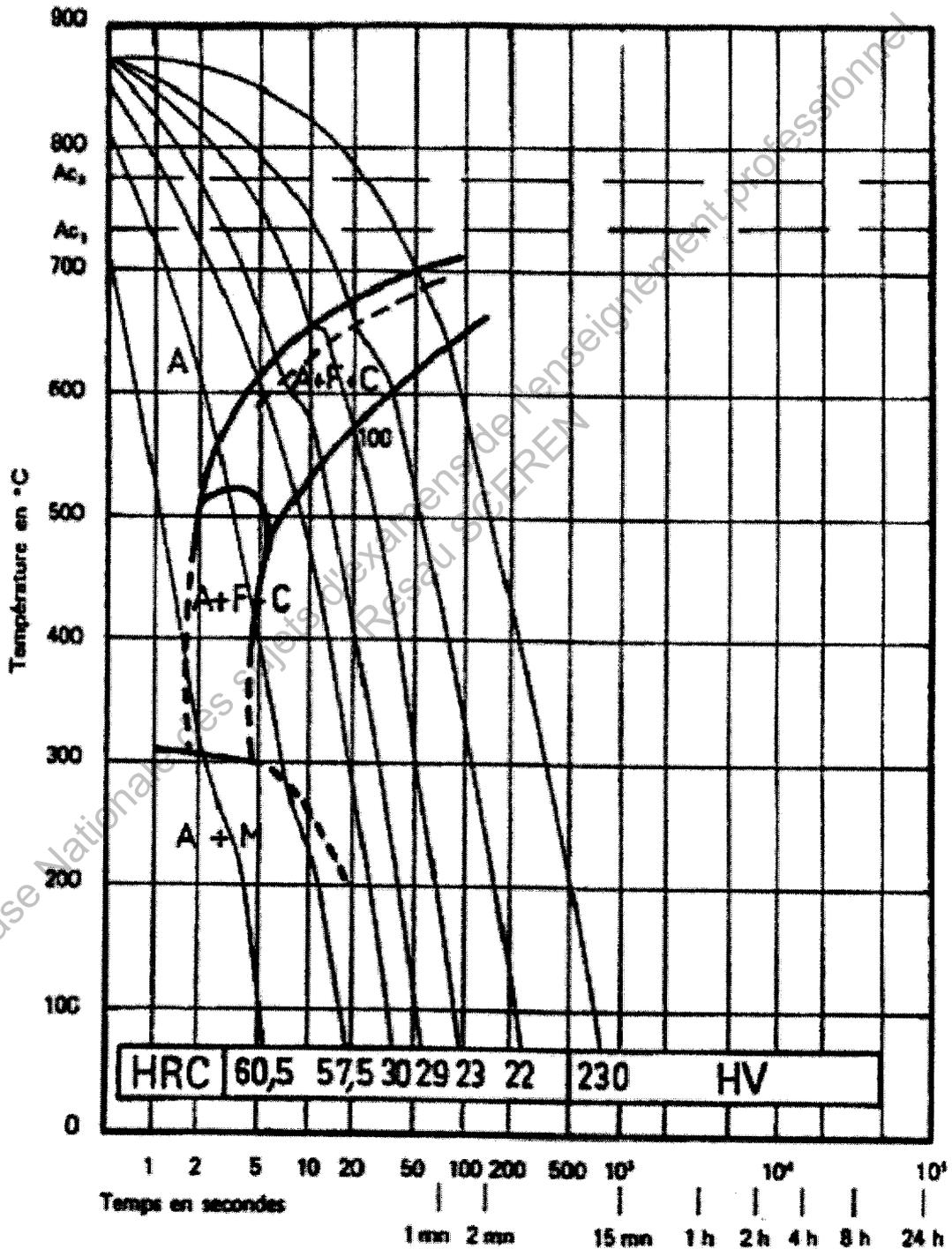
Annexe 4

C45

| C % | Mn % | Si % | S % | P % |
|------|------|------|-------|-------|
| 0,48 | 0,75 | 0,40 | 0,035 | 0,035 |

Austénitisé à 875 °C 30 mn

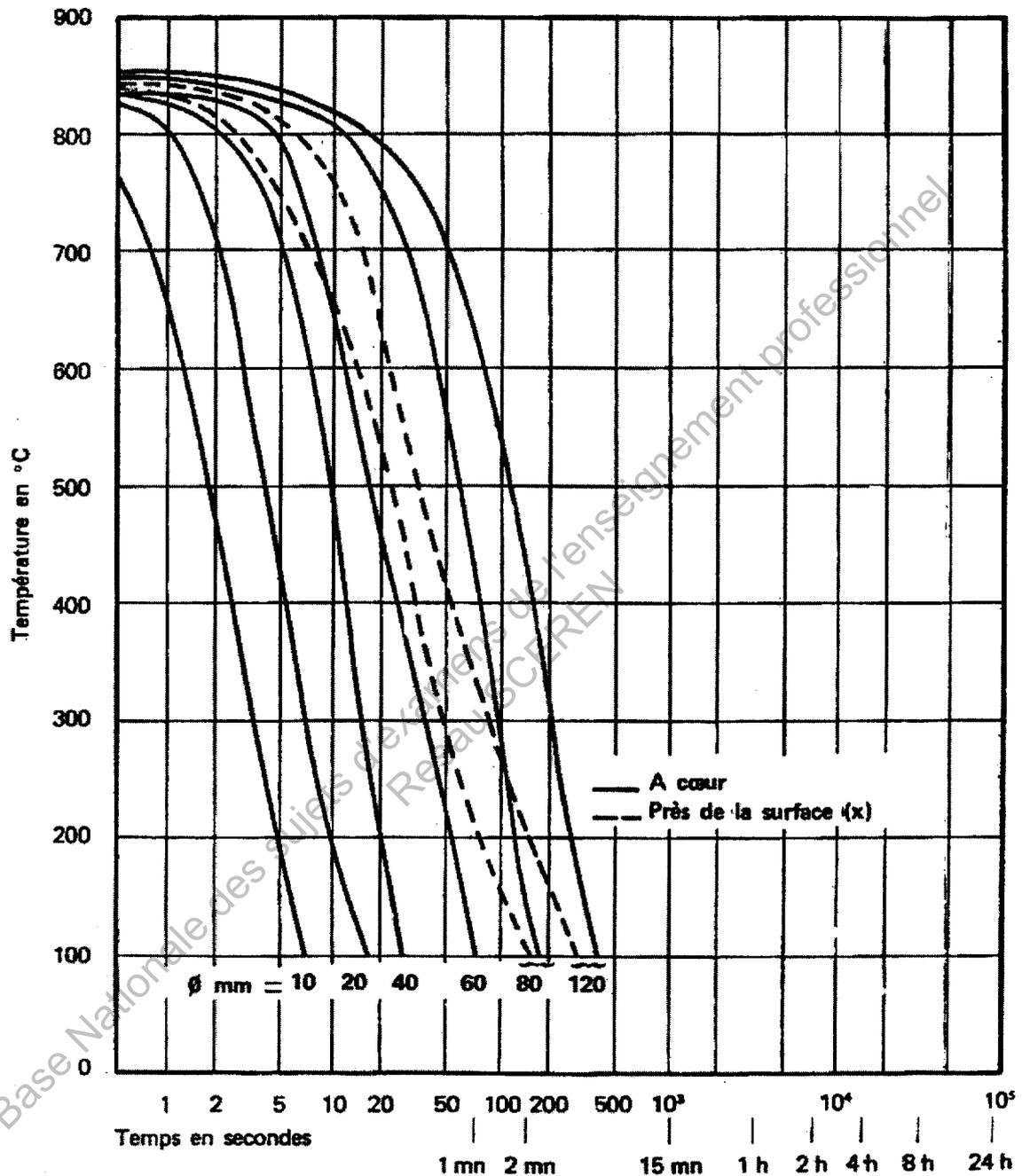
Grossueur du grain : 8-9



| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX | | | |
|--|--|--------------------------------------|--------------|
| Durée : 2 heures | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles | Session 2010 |
| Code : TMSTI AB | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | | Page 9/14 |

Annexe 5

Mode de refroidissement : **EAU**

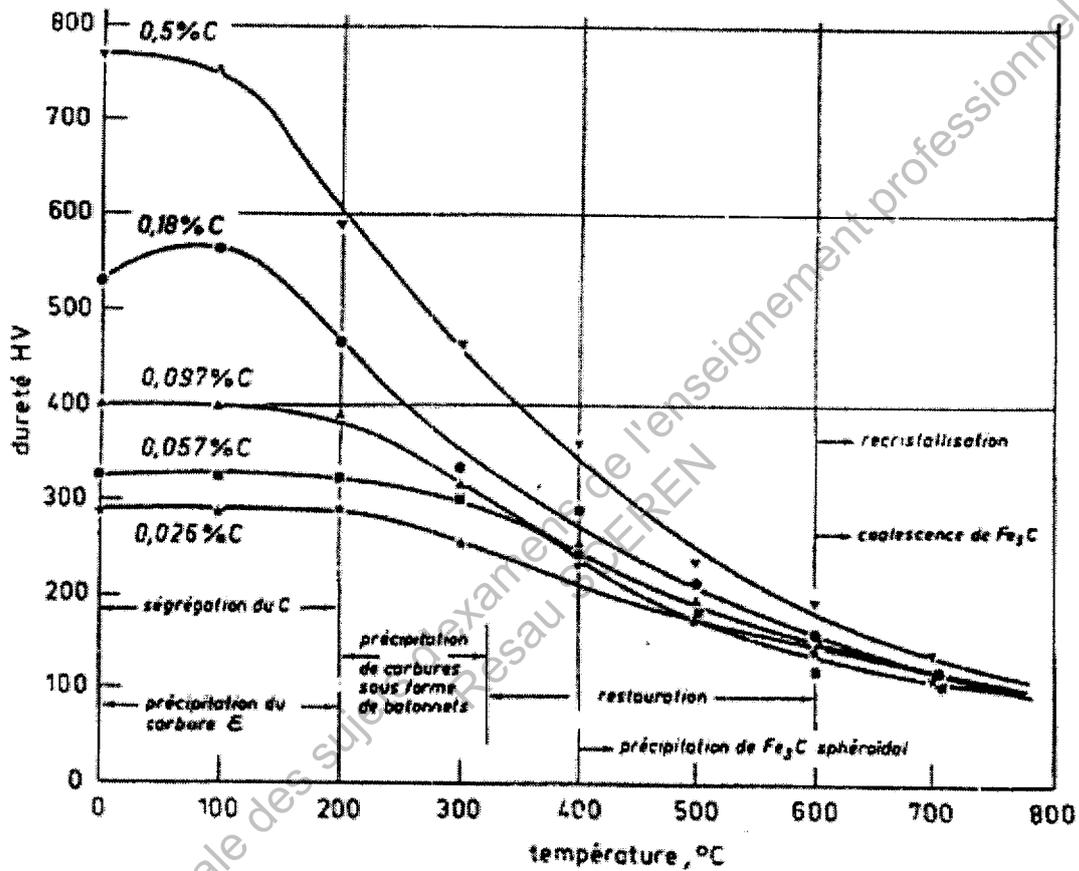


- (x) {
- φ 80 mm : à 10 mm de la surface
 - φ 250 et 500 mm : à 20 mm de la surface
 - φ 900 mm : à R/3 (150 mm) de la surface

| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX | | | |
|--|--|--------------------------------------|--------------|
| Durée : 2 heures | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles | Session 2010 |
| Code : TMSTI AB | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | | Page 10/14 |

Annexe 6

Influence de la température de revenu sur les caractéristiques de dureté des aciers pour une durée du revenu égale à 1 heure



| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX | | | |
|--|--|--------------------------------------|--------------|
| Durée : 2 heures | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles | Session 2010 |
| Code : TMSTI AB | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | | Page 11/14 |

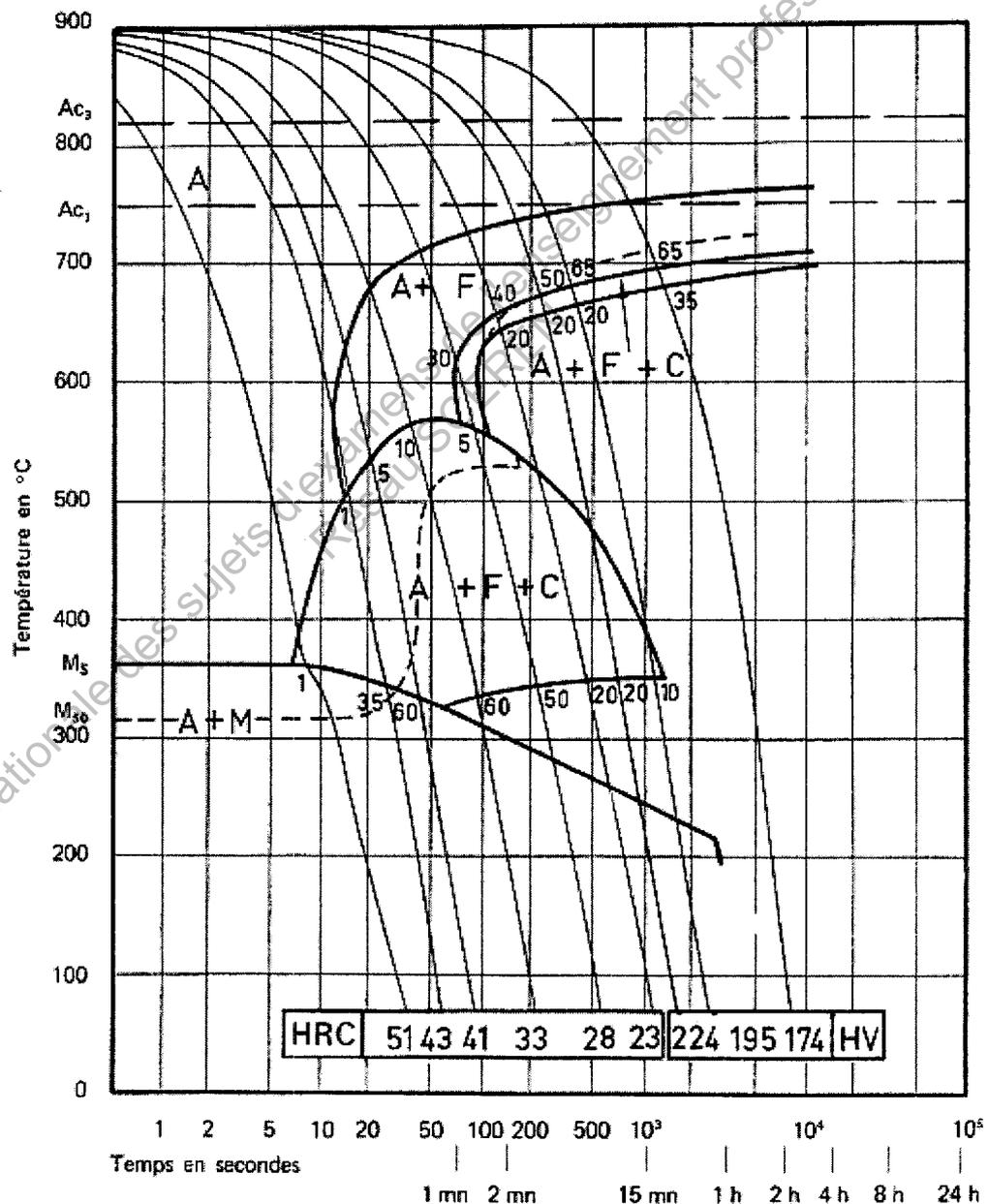
Annexe 7

25 Cr Mo 4

| C % | Mn % | Si % | S % | P % | Ni % | Cr % | Mo % | Cu % |
|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|
| 0,25 | 0,68 | 0,21 | 0,090 | 0,018 | 0,19 | 1,10 | 0,22 | 0,16 |

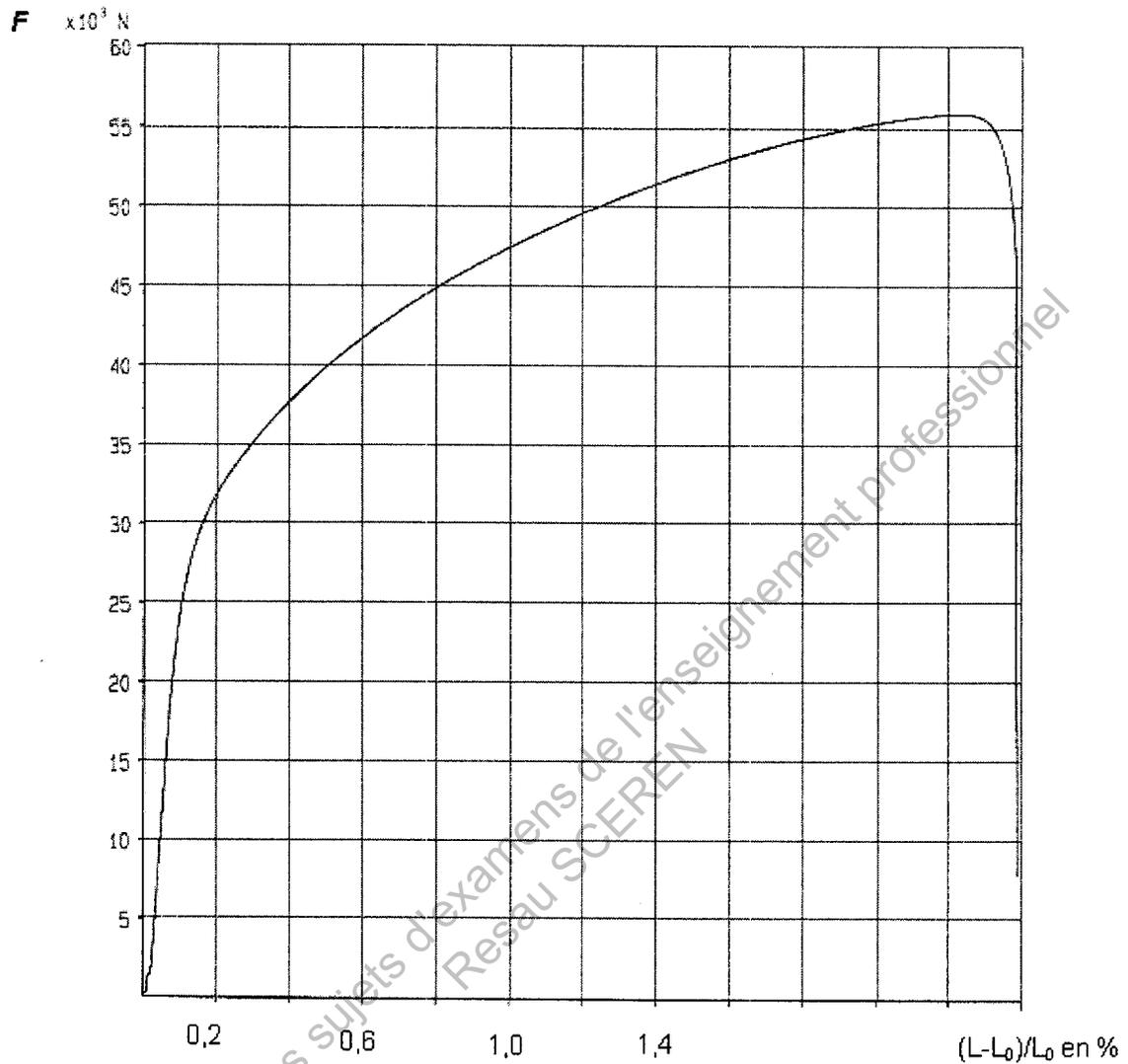
Austénitisé à 900 °C 30 mn

Grosueur du grain : 7-9



| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX | | | |
|--|--|--------------------------------------|--------------|
| Durée : 2 heures | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles | Session 2010 |
| Code : TMSTI AB | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | | Page 12/14 |

Annexe 8



Courbe de traction obtenue sur éprouvette normalisée trempée revenue de nuance 25CrMo4 avec extensomètre mesurant $(L-L_0)/L_0$

| | | | |
|---|--|--------------------------------------|--------------|
| BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR – TRAITEMENTS DES MATERIAUX | | | |
| Durée : 2 heures | Coefficient : 2 | Sciences et Techniques Industrielles | Session 2010 |
| Code : TMSTI AB | Sous-épreuve commune aux deux options – U4.2 | | Page 13/14 |

Annexe 9

| HV30 | HBS HBW | HRB | HRC | Rm MPa | HV30 | HBS HBW | HRB | HRC | Rm MPa |
|------|------------|-----|--------------------------------------|-----------|------|------------|--------------------------------------|------|-----------|
| 80 | 76 | 36 | | 270 | 280 | 266 | | 27 | 890 |
| 85 | 81 | 42 | | 310 | 285 | 271 | | 28 | 910 |
| 90 | 85 | 47 | | 320 | 290 | 276 | | 28.5 | 930 |
| 95 | 90 | 52 | | 340 | 295 | 280 | | 29 | 940 |
| 100 | 95 | 56 | | 350 | 300 | 285 | | 30 | 960 |
| 105 | 100 | 60 | | 370 | 310 | 295 | | 31 | 990 |
| 110 | 105 | 62 | | 380 | 320 | 304 | | 32 | 1020 |
| 115 | 109 | 65 | | 390 | 330 | 314 | | 33 | 1060 |
| 120 | 114 | 67 | | 410 | 340 | 323 | | 34 | 1090 |
| 125 | 119 | 69 | | 420 | 350 | 333 | | 35.5 | 1120 |
| 130 | 124 | 71 | | 440 | 360 | 342 | | 36.5 | 1160 |
| 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 | Non Valable dans ce domaine | 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 | | 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 | |