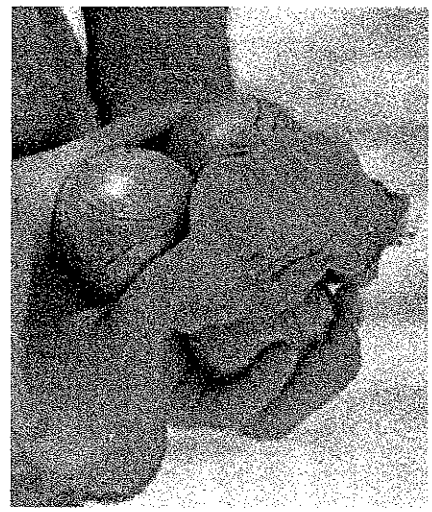
Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

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



C'est en 1927, à St-Bonnet le Château que fut créée la première boule d'acier qui devait remplacer son ancêtre en buis clouté. L'idée en revint à Jean Blanc qui, avec son ami Louis Tarchier, fabriqua les premières boules « lyonnaises » en acier, puis celles de pétanque.

La fabrication d'une boule d'acier creuse, d'aspect relativement banal, demande un savoir-faire, une technicité et un équipement matériel sophistiqué et coûteux.

Deux types de jeux sont possibles :

- les boules de loisir, régie par la norme NF S 52-200.
- les boules de compétition homologuées par la F.I.P.J.P. et la F.F.P.J.P.

Le cahier des charges techniques (F.F.P.J.P.) des boules de compétition impose :

- Un diamètre compris entre 70,5 et 80mm.
- Un poids compris entre 650 et 800 grammes.
- Une dureté supérieure à 35HRC.
- Un équilibrage contrôlé.
- Des inscriptions impératives : marque, label, poids, numéro.

Plus une boule est « dure », plus elle rebondit sur le sol ou en frappant une autre boule. Plus une boule est « tendre », plus elle absorbe les ondes de chocs.

Une boule de pétanque « tendre » permet donc :

- au pointeur, de pouvoir porter la boule plus loin et de plomber avec plus d'efficacité.
- au tireur, d'atténuer le phénomène "kangourou" (boule qui saute) et ainsi favoriser les palais et carreaux.

Les classes de dureté sont réparties de la manière suivante :

- 35 HRC = tendre
- 36/37 HRC = mi-tendre
- 40 HRC = mi-dure
- 44/45 HRC = dure

La boule « tendre » est celle que l'on rencontre le plus lors des compétitions officielles. Cependant, une boule mi-tendre convient le mieux pour « tout faire ».

Deux types d'aciers peuvent être utilisés :

- l'acier au carbone, protégé par traitement de surface approprié (zingage, nickelage, chromage noir, brillant ou satiné...) nécessitant un entretien régulier.
- l'acier inoxydable, qui n'est pas sujet à la corrosion et ne nécessite pas d'entretien.

Etude de la fabrication des boules de pétanques

L'entreprise X, produisant 300 tonnes de boules de pétanques par mois, cherche à réaliser des boules « mi-tendres » en 25CrMo4 soudable revêtues d'un chrome décoratif.

La gamme de fabrication est détaillée en annexe 1.

Le cahier des charges à respecter est le suivant :

- Diamètre des boules : 74 mm
- Poids : 720 grammes
- Dureté : 36/37 HRC (mi-tendre)
- Résilience : KCU > 7 daJ.cm^{-2}

1. Etude du matériau

1.1. Décoder la désignation de la nuance d'acier choisi.

1.2. Indiquer le caractère et l'influence des éléments d'addition.

2. Essais mécaniques

2.1. Citer les différents types d'éprouvettes normalisées utilisées pour l'essai de résilience.

2.2. Le cahier des charges préconise une valeur minimale de résilience. A partir de l'unité utilisée, indiquer s'il s'agit de l'ancienne ou de la nouvelle norme en vigueur. Donner la valeur de la résilience minimale dans l'autre norme si l'on utilise une éprouvette dont la section au droit de l'entaille vaut 0,5cm².

2.3. On utilise un mouton de 300 J ± 10 J. Après essai, l'énergie absorbée relevée sur une éprouvette de même type qu'à la question précédente, est de 36J. Exprimer sous sa forme normalisée actuelle le résultat de l'essai de résilience.

2.4. Le cahier des charges préconise une dureté de 36/37 HRC. Indiquer le principe de l'essai HRC (un schéma peut être utilisé si nécessaire). Quelle sont les charges mises en jeu ?

3. Etude des traitements thermiques

3.1. L'acier choisi est livré à l'état globulisé. Dans quel but ?

Afin de simplifier votre démarche, les boules de pétanque à traiter seront assimilées à des cylindres de diamètre 5mm.

3.2. Sur la courbe TRC de l'annexe 2, surligner la loi critique de trempe martensitique. Donner la dureté la plus proche et calculer la durée précise du refroidissement jusqu'à la température de 100°C.

3.3. A partir de la durée relevée en question 3.2. et de l'annexe 3, choisir le mode de refroidissement capable de réaliser la trempe de la pièce dans les conditions optimales.

3.4. A l'aide des annexes 4 et 5, définir la température de revenu permettant de respecter le cahier des charges.

3.5. Schématiser le cycle récapitulatif **complet** (trempe-revenu) du traitement subi par les boules de pétanques. Indiquer les températures choisies, les temps de traitements et les modes de refroidissement.

3.6. Après trempe, le contrôle de dureté d'une série de pièces révèle une dureté de 23 HRC. Indiquer la quantité de constituants présents à l'aide de l'annexe 2 et donner une explication à ce phénomène.

3.7. Sur une autre série, suite à un blocage de la porte du four d'austénistisation avant trempe, il s'avère que les pièces ont subi un grossissement exagéré du grain. Quelle est l'influence de ce grossissement du grain sur les caractéristiques mécaniques, la structure et le diagramme TRC ? Proposer et justifier un remède permettant de récupérer l'état métallurgique des pièces et de respecter le cahier des charges.

4. Etude des traitements de surfaces

Les boules de pétanques étudiées doivent être revêtues d'un chrome décoratif (préparation de la surface → nickelage → rinçage cascade → chromage décoratif → rinçage mort). L'acier est considéré comme un acier non fragilisable et la gamme de préparation est identique à celle d'un zingage sur acier doux.

4.1. Décrire le principe de dépôts par voie électrolytique.

4.2. Décoder la désignation normalisée de ce traitement : Cr 0,5(I) + Ni 20 b(I) / Fe

4.3. Etablir la liste et ordonner les différentes opérations de la gamme de préparation de la surface.

Le bain de nickel fonctionne dans les conditions suivantes :

- Densité de courant : 8 A/dm²
- Rendement cathodique : 97 %
- Valence : 2

4.4. Calculer, à l'aide de l'annexe 6 et de la loi de Faraday, la vitesse de déposition de ce bain en µm/min en justifiant vos calculs.

4.5. Calculer le temps d'électrolyse de ce nickelage en minutes et secondes sachant que l'épaisseur de nickel à déposer est de 20 µm.

Le bain de chrome fonctionne dans les conditions suivantes :

- Densité de courant : 18 A/dm²
- Rendement cathodique : 17 %
- Valence : 6

4.6. Calculer le temps d'électrolyse du dépôt de chrome en minutes et secondes sachant que l'épaisseur à déposer est de 0,5µm.

Afin d'analyser l'état de fonctionnement du bain de nickel, une boule de pétanque est traitée sans prise en compte du rendement pour le calcul du temps de traitement. Soit le volume d'une sphère $V = 4/3 \cdot \pi \cdot R^3$:

- R avant dépôt de nickel = 36,975mm
- R après dépôt de nickel = 36,995mm

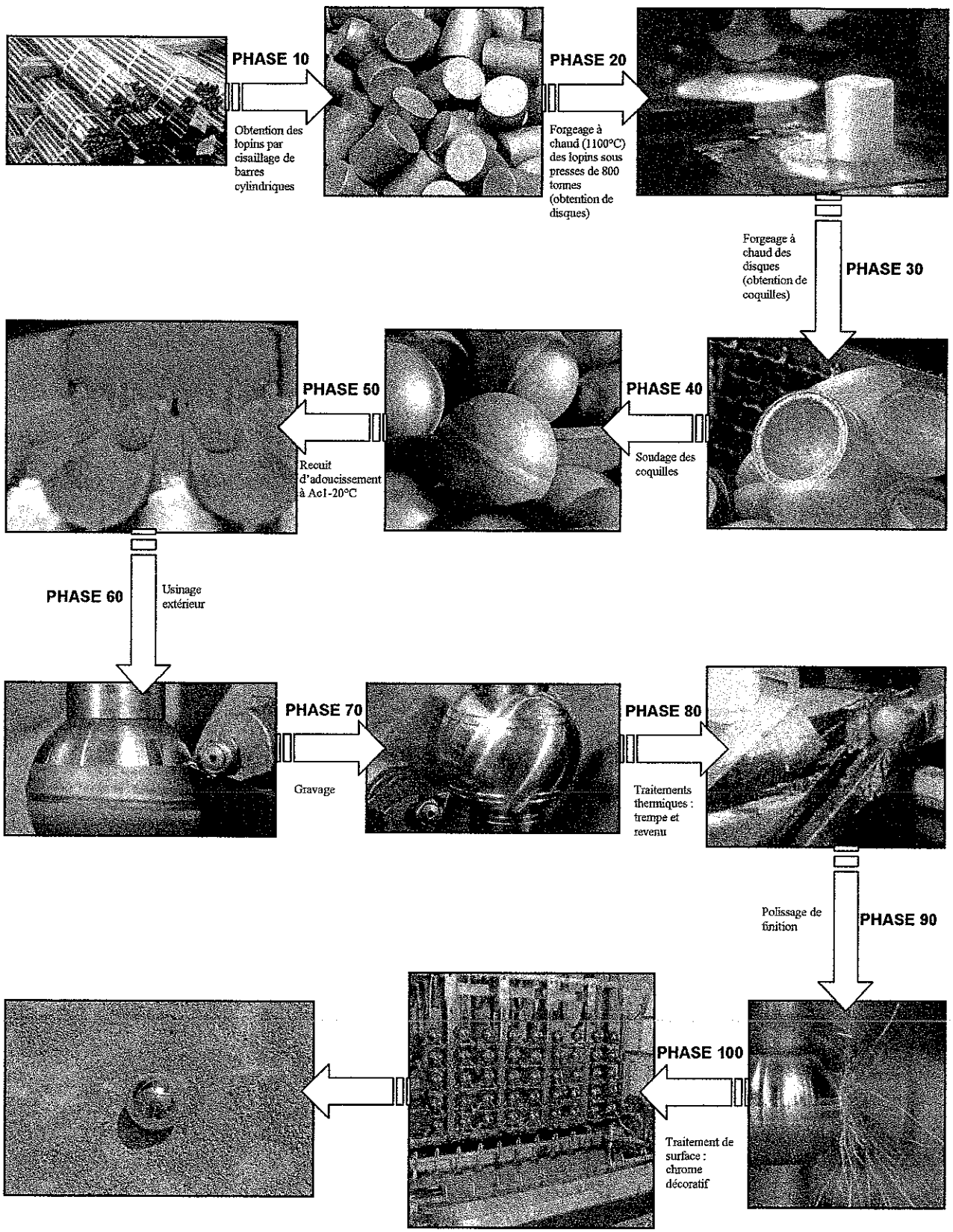
4.7. Après avoir calculer la masse théorique de nickel à déposer, déterminer le rendement du bain sachant que la masse réelle du dépôt est de 2,9 grammes.

BAREME

Questions																		
1.1	1.2	2.1	2.2	2.3	2.4	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7
1	1	0,5	1	1	1,5	0,5	1	0,5	1	1,5	1,5	1	0,5	1	1,5	1,5	0,5	1	1

ANNEXE 1

Gamme de fabrication des boules de pétanques

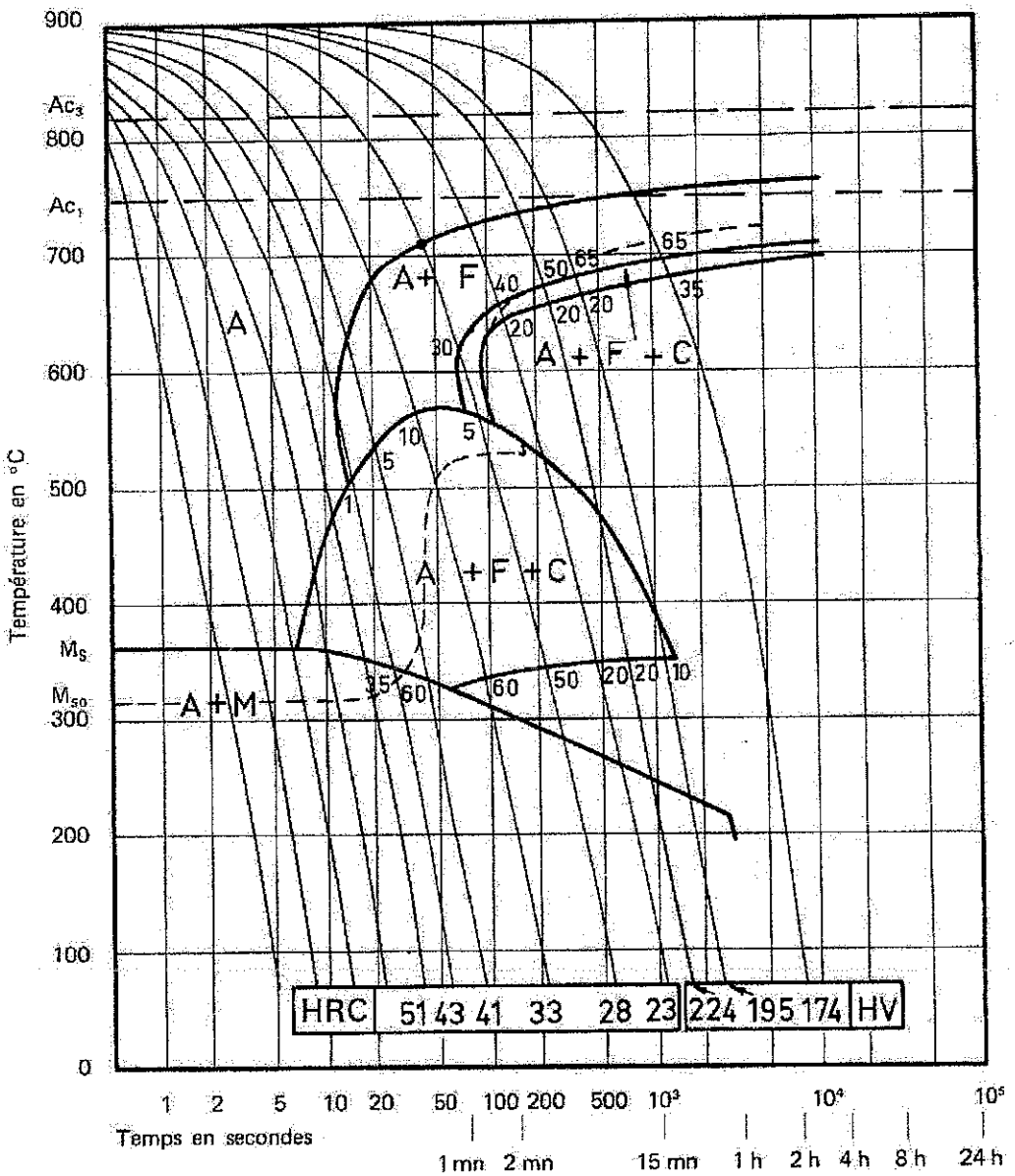


ANNEXE 2
(A RENDRE AVEC LA COPIE)

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

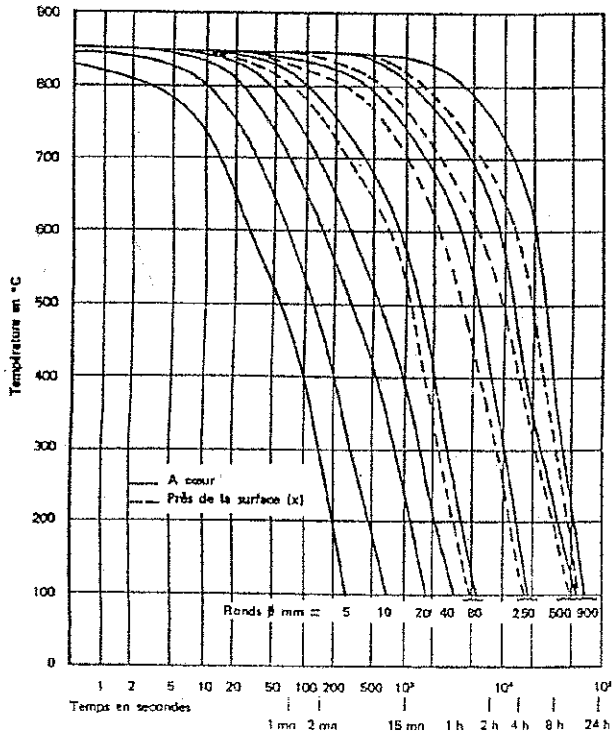
Austénitisé à 900 °C 30 mn — Grosseur du grain : 7-9



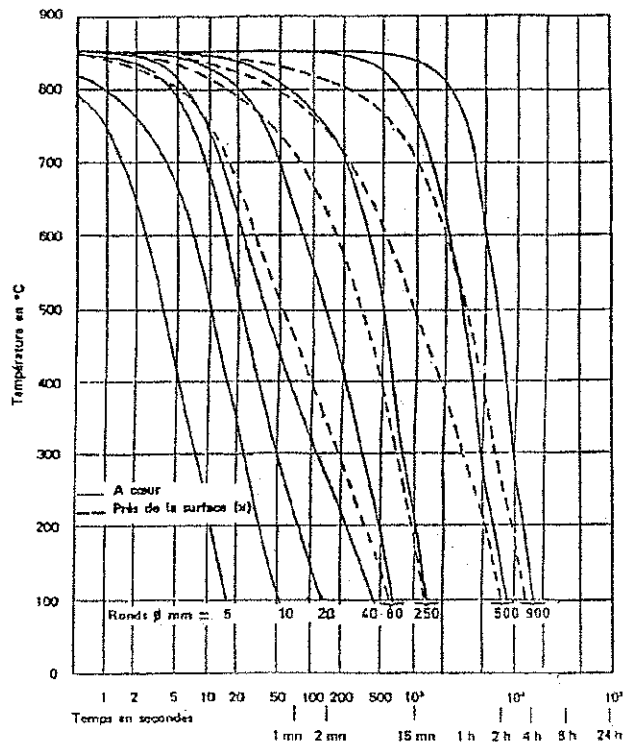
N° candidat :

ANNEXE 3

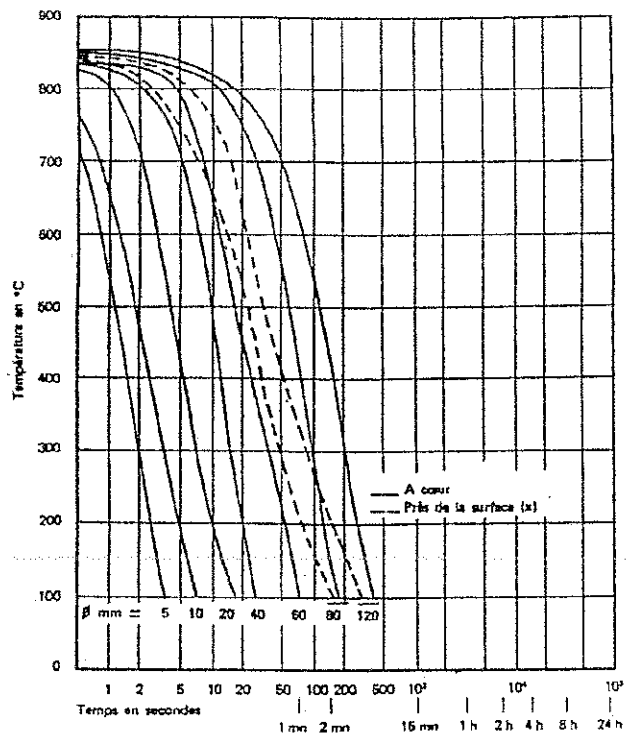
Mode de refroidissement : **AIR**



Mode de refroidissement : **HUILE**



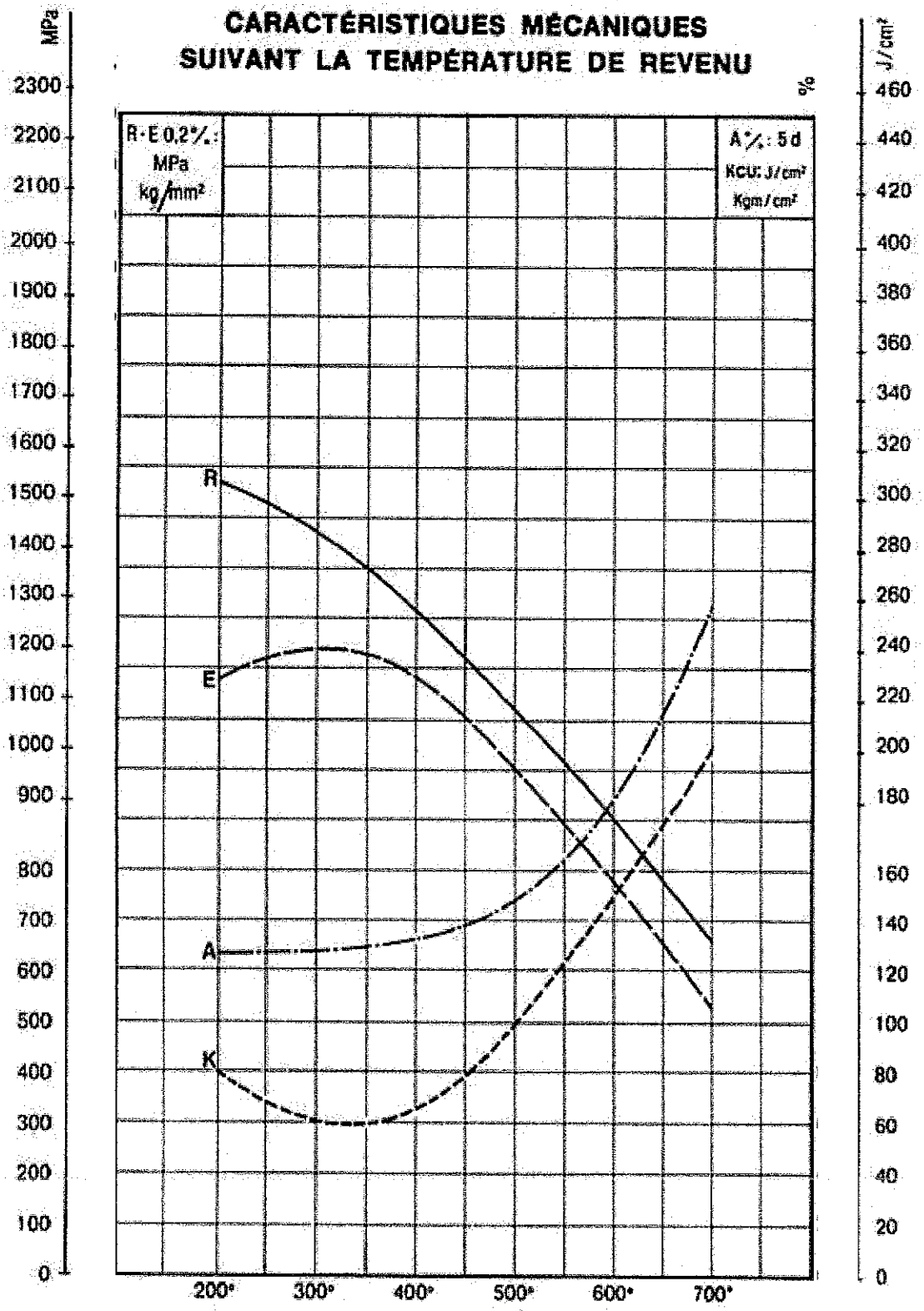
Mode de refroidissement : **EAU**



Evolution de la température en fonction du temps pour un type de refroidissement.

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

ANNEXE 4


CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES
SUIVANT LA TEMPÉRATURE DE REVENU
MPa
J/cm²
%
R·E 0,2%: MPa kg/mm²
A%: 5d
KCU: J/cm² Kgm/cm²
2300
2200
2100
2000
1900
1800
1700
1600
1500
1400
1300
1200
1100
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
0
460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
R
E
A
K
200°
300°
400°
500°
600°
700°

ANNEXE 5

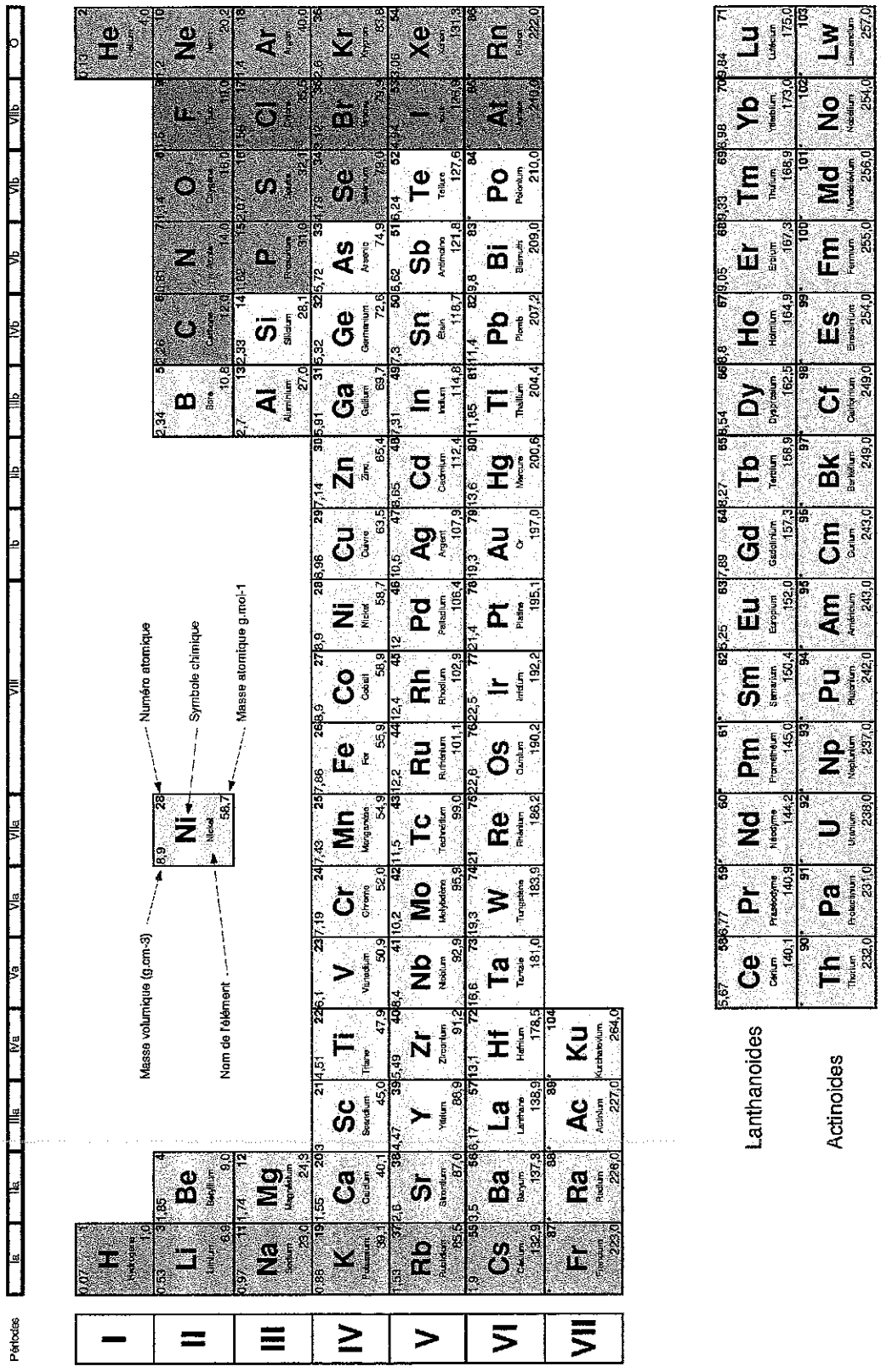
TABLEAU D'EQUIVALENCE DE DURETE

HV30	HBS HBW	HRB	HRC	Rm MPa	HV30	HBS HBW	HRB	HRC	Rm MPa	HV30	HRC
80	76	36		270	280	266		27	890	660	58,5
85	81	42		310	285	271		28	910	670	59,0
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	262		26,5	880	650	618		58	2220		

Non valable dans ce domaine

Non valable dans ce domaine

ANNEXE 6


Périodes
Ia
IIa
IIIa
IVa
Va
VIa
VIIa
VIII
Ib
IIb
IIIb
IVb
Vb
VIb
VIIb
0
I
II
III
IV
V
VI
VII
Masse volumique (g.cm-3)
Numéro atomique
Symbole chimique
Nom de l'élément
Masse atomique g.mol-1
Ni
Nickel
8,9
28
58,7
Lanthanoïdes
Actinoïdes

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.