

COURS DE MÉTHODES DE FABRICATION

Édition 2010, entièrement refondue

FIGURES ET DOCUMENTS

J.F. Debongnie

29 janvier 2010

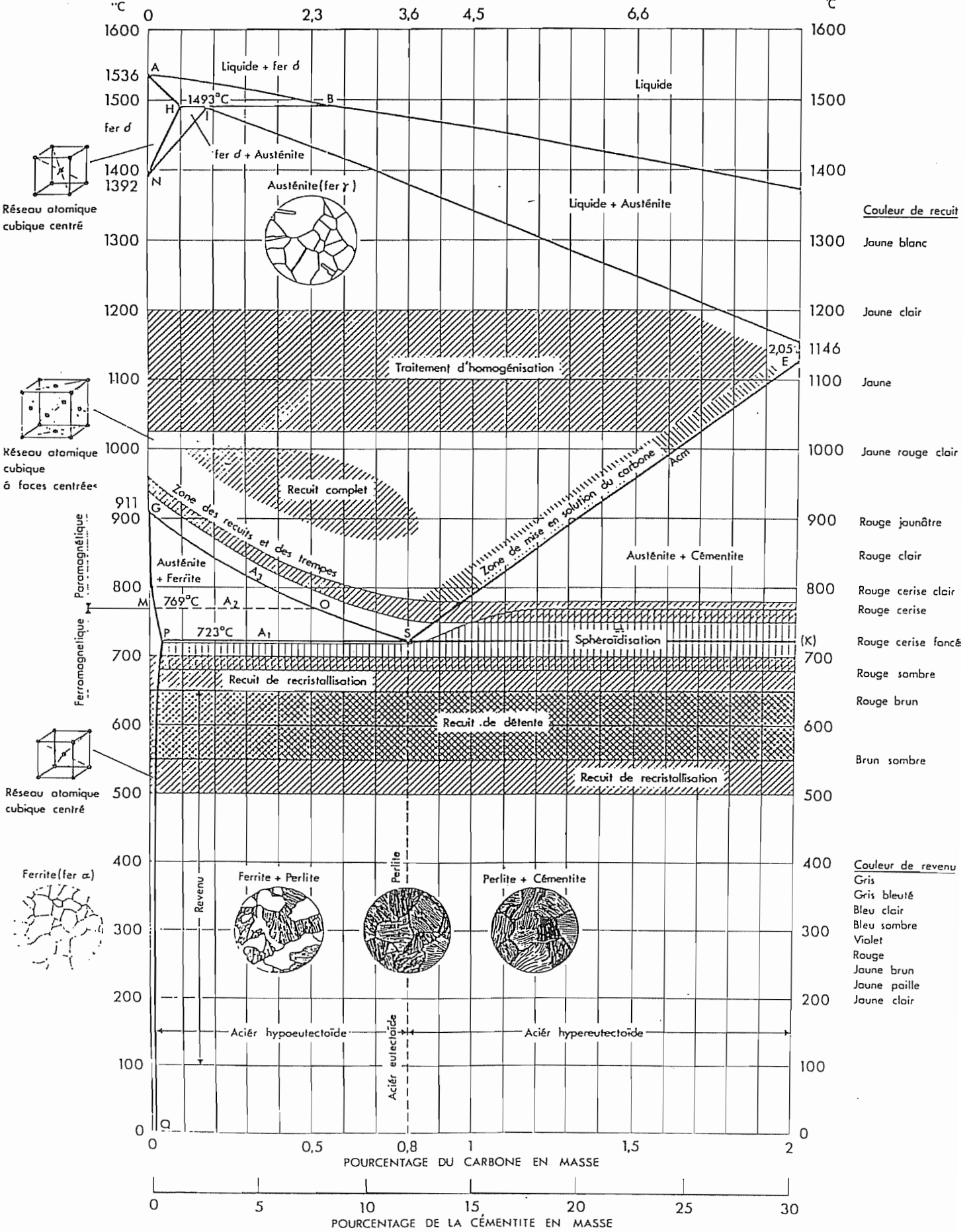
Chapitre 1

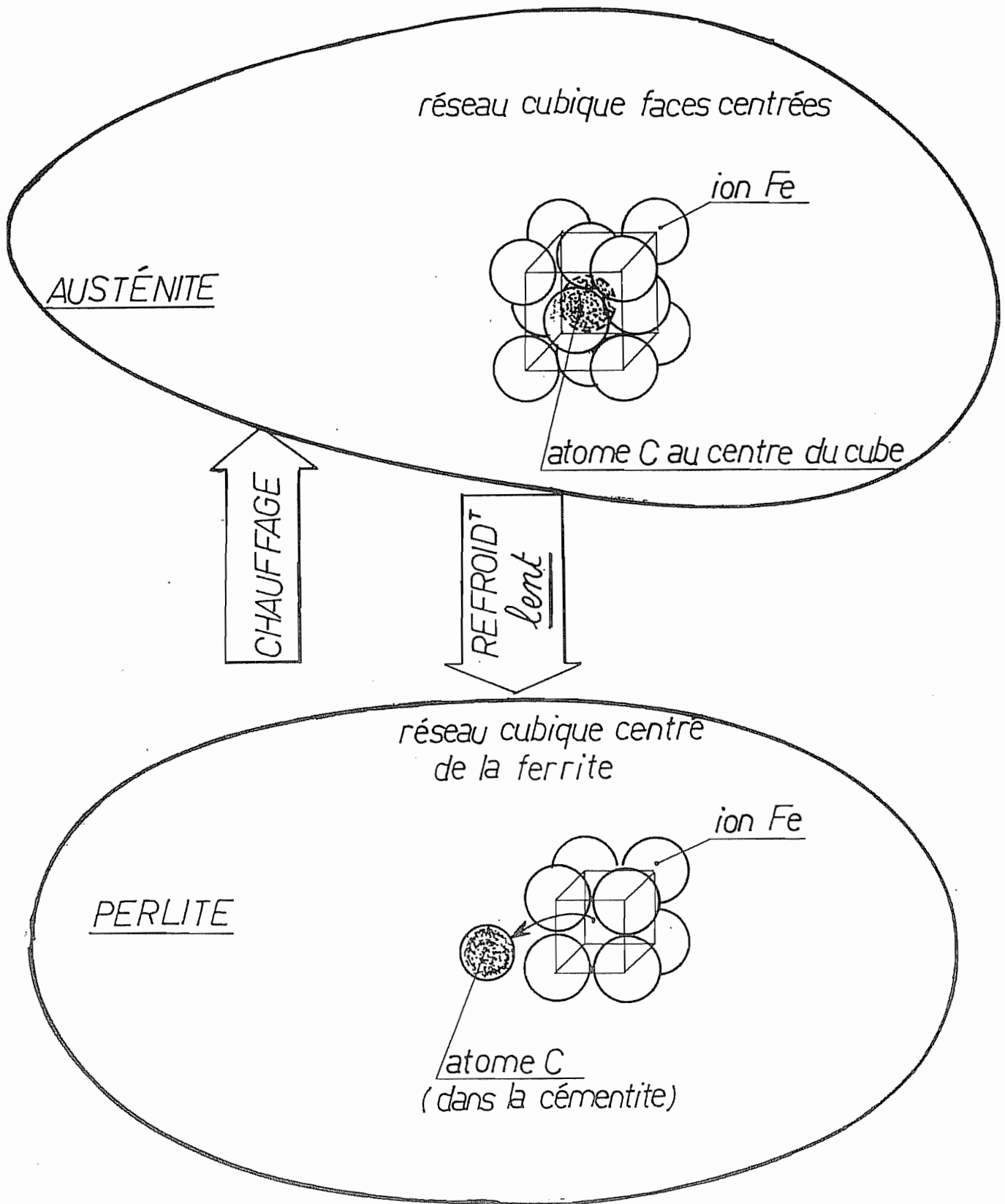
Choix d'un acier

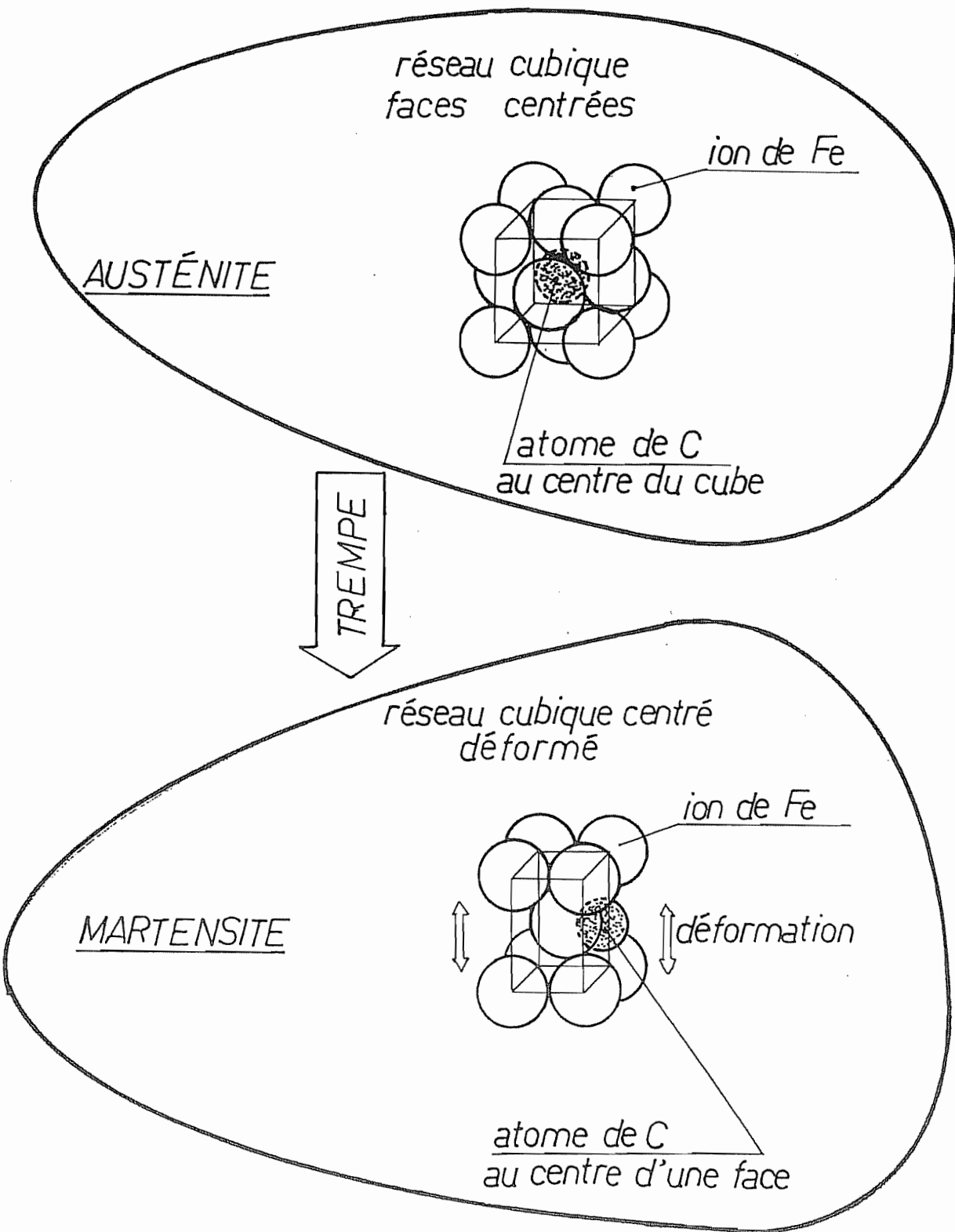
DIAGRAMME D'EQUILIBRE FER-CARBONE PARTIEL

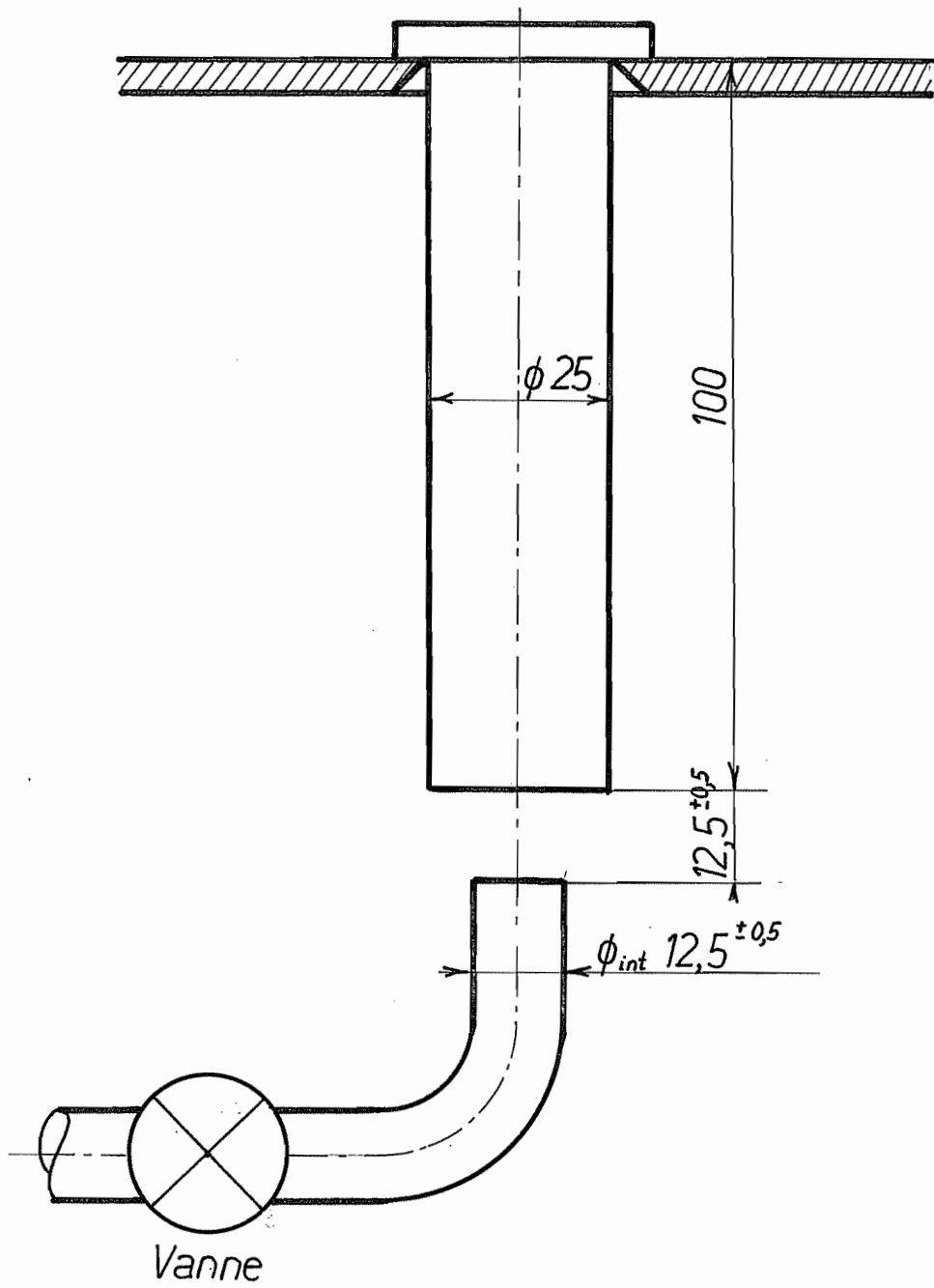
PARTIE ACIER

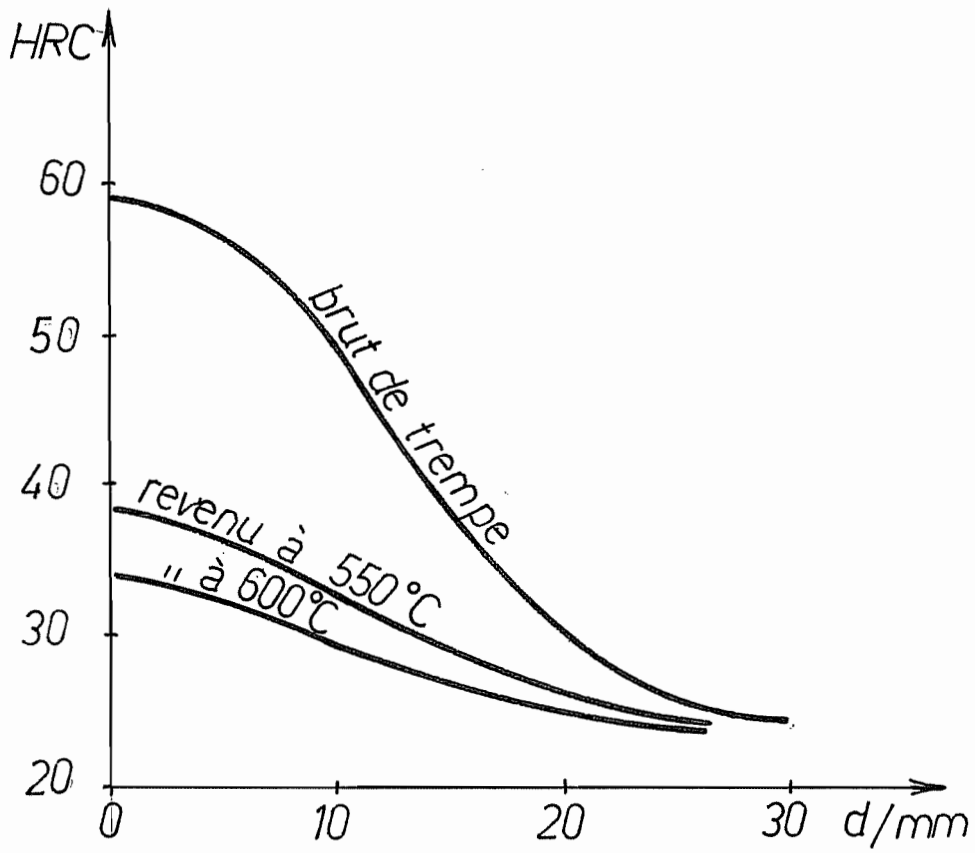
CARBONE EN POURCENT ATOMIQUE

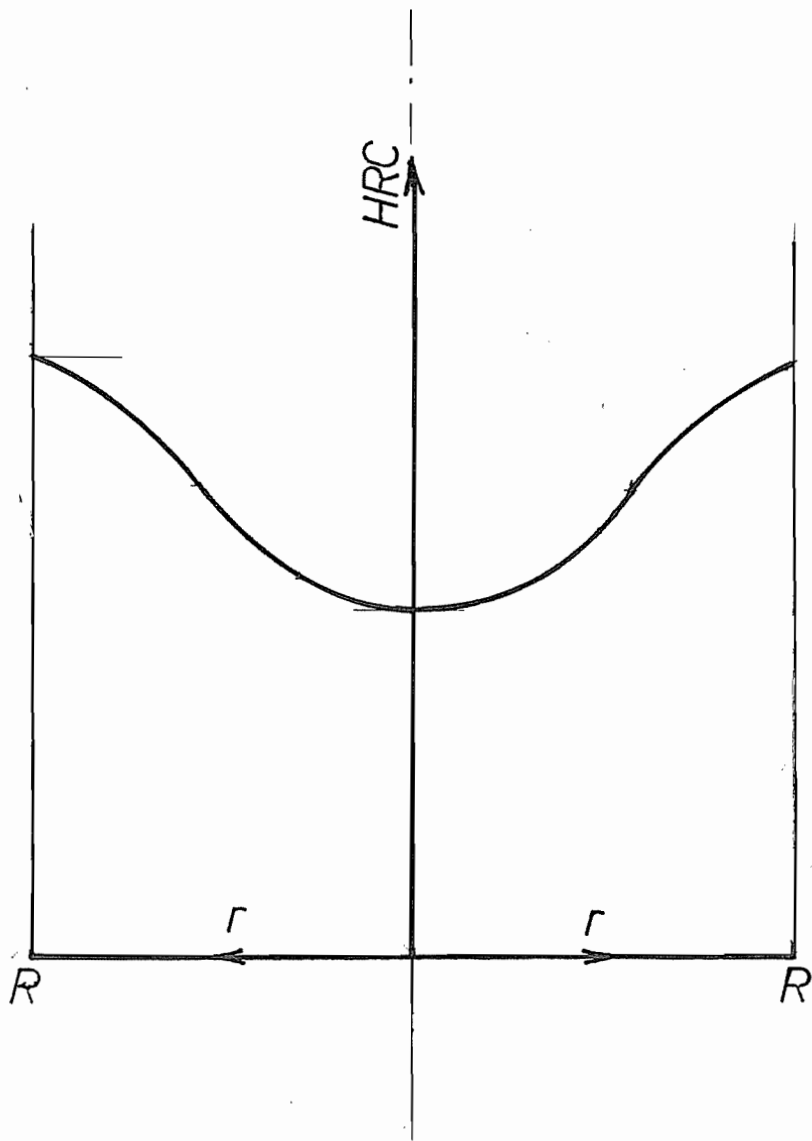






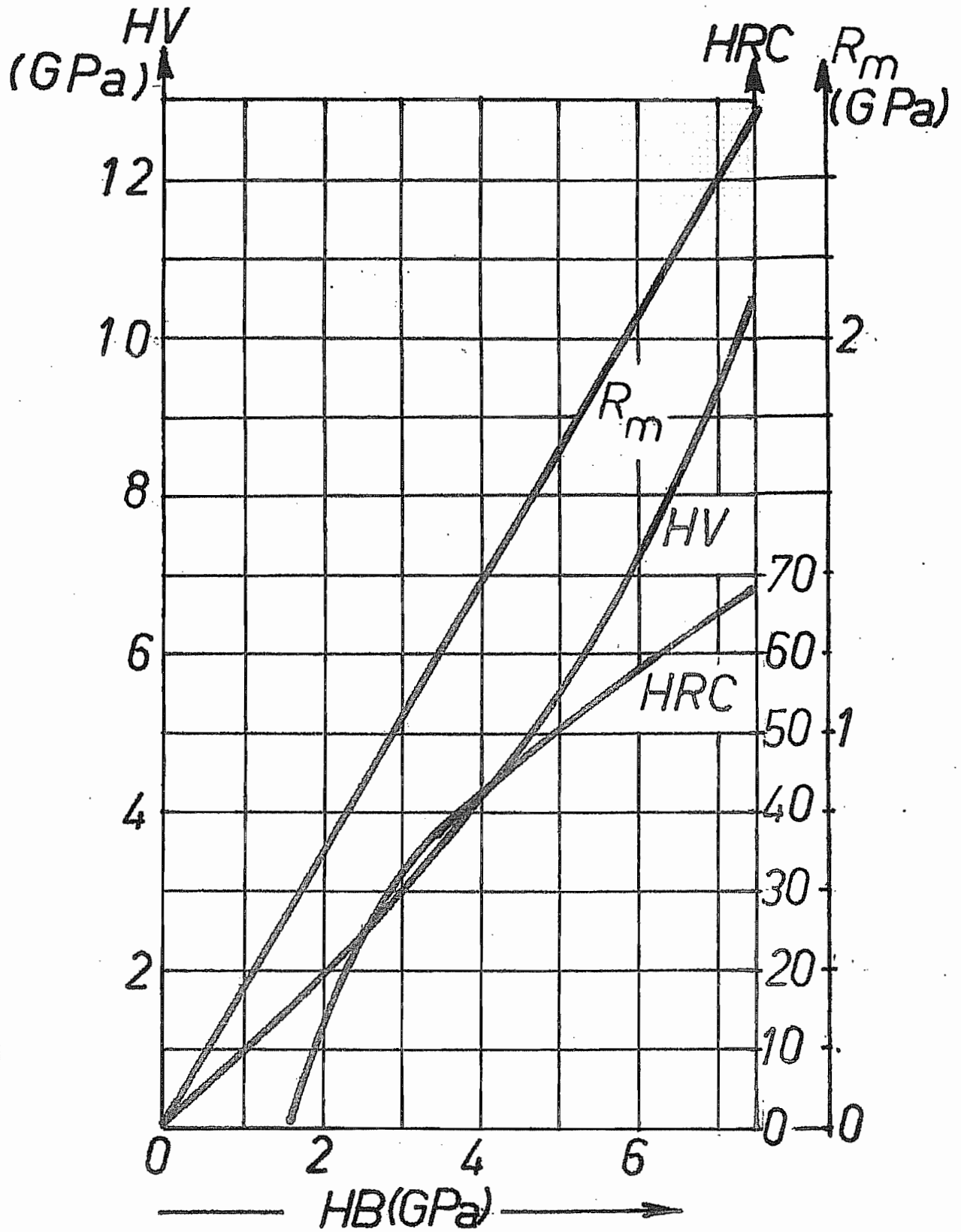






COURBE EN U

ACIERS : CORRESPONDANCE DES DURETES ET DE LA RESISTANCE



DESIGNATION DES ACIERS SELON EURONORM 10027-1 (NOVEMBRE 1992)

● ACIERS DE CONSTRUCTION

Ces aciers ne sont définis que par leur limite élastique, sans garantie de composition. Ils ne conviennent donc pas pour un traitement thermique.

S235 : Acier de génie civil, $R_e = 235$ MPa (ex DIN-St37 ou NF-A37)

E295 : Acier pour mécanique, $R_e = 295$ MPa (ex DIN-St50 ou NF-St50)

● ACIERS FINS AU CARBONE

Contrairement aux précédents, ces aciers ont une composition précise, ce qui permet de les traiter thermiquement en connaissance de cause.

Cxx , xx étant la teneur en carbone en dix-millièmes :

C45 : acier fin au carbone, [C] = 0,45%

● ACIERS FAIBLEMENT ALLIES

Aciers dont aucun élément d'alliage ne dépasse 5%. La désignation commence par la teneur en carbone en dix-millièmes, les principaux éléments d'alliage par ordre décroissant de concentration, et les teneurs caractéristiques de l'alliage, en pourcents, mais multipliées par

▶ 4 pour Si, Mn, Ni, Cr, Co, W (Simanicrocow)

▶ 10 pour les autres éléments

100Cr6 : acier contenant 1% de carbone et $6/4 = 1,5\%$ de chrome

34CrMo4 : acier contenant du chrome et du molybdène, [Cr] = $4/4 = 1\%$
(ceci suffit à décrire une catégorie d'aciers alliés)

● ACIERS FORTEMENT ALLIES

Aciers ne répondant pas aux définitions précédentes. Leur désignation commence par la lettre X, suivie de la teneur en carbone en dix-millièmes, puis viennent les symboles des différents éléments d'alliage par ordre décroissant de concentration, puis les teneurs respectives, en pourcents, séparées par des tirets.

X2CrNi18-10 : acier fortement allié, 0,02% de carbone, au chrome et au nickel, [Cr] = 18% , [Ni] = 10% .

Tableau 1 : Propriétés mécaniques à l'état amélioré (+QT) (source : DIN EN 10083-1)

Acier		Propriétés mécaniques pour des sections circulaires de Ø d ou des sections rectangulaires d'épaisseur t																													
		d ≤ 16 mm ou t ≤ 8 mm						16 mm < d ≤ 40 mm ou 8 mm < t ≤ 20 mm						40 mm < d ≤ 100 mm ou 20 mm < t ≤ 60 mm						100 mm < d ≤ 160 mm ou 60 mm < t ≤ 100 mm						160 mm < d ≤ 250 mm ou 100 mm < t ≤ 160 mm					
		R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z min %	KV min J	R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z min %	KV min J	R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z min %	KV min J	R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z min %	KV min J	R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z min %	KV min J					
C22E	1.1151	340	500	20	50	50	290	470	22	50	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
	C22R	1.1149	650				620																								
C25E	1.1158	370	550	19	45	45	320	500	21	50	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
	C25R	1.1163	700				650																								
C30E	1.1178	400	600	18	40	40	350	550	20	45	40	300	500	21	50	40	300	500	21	50	40	-	-	-	-	-	-	-			
	C30R	1.1179	750				700					650																			
C35E	1.1181	430	630	17	40	35	380	600	19	45	35	320	550	20	50	35	320	550	20	50	35	-	-	-	-	-	-	-			
	C35R	1.1180	780				750					700																			
C40E	1.1186	460	650	16	35	30	400	630	18	40	30	350	600	19	45	30	350	600	19	45	30	-	-	-	-	-	-	-			
	C40R	1.1189	800				780					750																			
C45E	1.1191	490	700	14	35	25	430	650	16	40	25	370	630	17	45	25	370	630	17	45	25	-	-	-	-	-	-	-			
	C45R	1.1201	850				800					780																			
C50E	1.1206	520	750	13	30	-	460	700	15	35	-	400	650	16	40	-	400	650	16	40	-	-	-	-	-	-	-	-			
	C50R	1.1241	900				850					800																			
C55E	1.1203	550	800	12	30	-	490	750	14	35	-	420	700	15	40	-	420	700	15	40	-	-	-	-	-	-	-	-			
	C55R	1.1209	950				900					850																			
C60E	1.1221	580	850	11	25	-	520	800	13	30	-	450	750	14	35	-	450	750	14	35	-	-	-	-	-	-	-	-			
	C60R	1.1223	1 000				950					900																			
28Mn6	1.1170	590	800	13	40	35	490	700	15	45	40	440	650	16	50	40	440	650	16	50	40	-	-	-	-	-	-	-			
			950				850					800																			

Tableau 1 (suite)

Acier		Propriétés mécaniques pour des sections circulaires de $\varnothing d$ ou des sections rectangulaires d'épaisseur t																													
		$d \leq 16 \text{ mm}$ ou $t \leq 8 \text{ mm}$						$16 \text{ mm} < d \leq 40 \text{ mm}$ ou $8 \text{ mm} < t \leq 20 \text{ mm}$						$40 \text{ mm} < d \leq 100 \text{ mm}$ ou $20 \text{ mm} < t \leq 60 \text{ mm}$						$100 \text{ mm} < d \leq 160 \text{ mm}$ ou $60 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$						$160 \text{ mm} < d \leq 250 \text{ mm}$ ou $100 \text{ mm} < t \leq 160 \text{ mm}$					
		R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z Min %	KV min J	R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z min %	KV min J	R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z min %	KV min J	R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z min %	KV min J	R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z min %	KV min J					
38Cr2 38CrS2	1.7003 1.7023	800	800	14	35	35	700	15	40	35	350	600	17	45	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		550	950	900	900	850	850	850	800	850	850	750	800	15	45	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
46Cr2 46CrS2	1.7006 1.7025	650	900	12	35	30	550	14	40	35	400	650	15	45	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		1100	1100	900	900	850	850	850	800	850	850	850	800	14	40	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
34Cr4 34CrS4	1.7033 1.7037	700	900	12	35	35	590	14	40	40	460	700	15	45	40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		1100	1100	900	900	850	850	850	850	850	850	850	850	14	40	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
37Cr4 37CrS4	1.7034 1.7038	750	950	11	35	30	630	13	40	35	510	750	14	40	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		1150	1150	900	900	850	850	850	850	850	850	850	850	14	40	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
41Cr4 41CrS4	1.7035 1.7039	800	1000	11	30	30	660	12	35	35	560	800	14	40	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
		1200	1200	900	900	850	850	850	850	850	850	850	850	14	40	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			
25CrMo4 25CrMoS4	1.7218 1.7213	700	900	12	50	45	600	14	55	50	450	700	15	60	50	-	-	650	16	60	45	-	-	-	-	-	-				
		1100	1100	900	900	850	850	850	850	850	850	850	850	15	60	50	400	800	15	55	45	450	700	700	700	700	700	700	700		
34CrMo4 34CrMoS4	1.7220 1.7226	800	1000	11	45	35	650	12	50	40	550	800	14	55	45	500	750	15	55	45	450	750	750	750	750	750	750				
		1200	1200	900	900	850	850	850	850	850	850	850	850	14	55	45	500	900	15	55	45	450	850	850	850	850	850	850	850		
42CrMo4 42CrMoS4	1.7225 1.7227	900	1100	10	40	30	750	11	45	35	650	900	12	50	35	550	800	13	50	35	500	800	800	800	800	800	800				
		1300	1300	900	900	850	850	850	850	850	850	850	12	50	35	550	950	13	50	35	500	950	950	950	950	950	950	950			
50CrMo4	1.7228	900	1100	9	40	30	780	10	45	30	700	900	12	50	30	650	850	13	50	30	550	800	800	800	800	800	800				
		1300	1300	900	900	850	850	850	850	850	850	850	12	50	30	650	1000	13	50	30	550	950	950	950	950	950	950	950			
36CrNiMo4	1.6511	900	1100	10	45	35	800	11	50	40	700	900	12	55	45	600	800	13	60	45	550	800	800	800	800	800	800				
		1300	1300	900	900	850	850	850	850	850	850	850	12	55	45	600	950	13	60	45	550	950	950	950	950	950	950	950			

Tableau 1 (suite et fin)

Acier		Propriétés mécaniques pour des sections circulaires de $\varnothing d$ ou des sections rectangulaires d'épaisseur t																													
		$d \leq 16$ mm ou $t \leq 8$ mm						16 mm $< d \leq 40$ mm ou 8 mm $< t \leq 20$ mm						40 mm $< d \leq 100$ mm ou 20 mm $< t \leq 60$ mm						100 mm $< d \leq 160$ mm ou 60 mm $< t \leq 100$ mm						160 mm $< d \leq 250$ mm ou 100 mm $< t \leq 160$ mm					
		R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z Min %	KV min J	R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z Min %	KV min J	R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z Min %	KV min J	R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z Min %	KV min J	R _e min. N/mm ²	R _m N/mm ²	A min %	Z Min %	KV min J					
34CrNiMo6	1.6582	1 000 à 1 400	9	40	35	900	1 100 à 1 300	10	45	45	800	1 000 à 1 200	11	50	45	700	900 à 1 100	12	55	45	600	800 à 950	13	55	45						
30CrNiMo8	1.6580	1 050 à 1 450	9	40	30	1 050	1 250 à 1 450	9	40	30	900	1 100 à 1 300	10	45	35	800	1 000 à 1 200	11	50	45	700	900 à 1 100	12	50	45						
36NiCrMo16	1.6773	1 050 à 1 450	9	40	30	1 050	1 250 à 1 450	9	40	30	900	1 100 à 1 300	10	45	35	800	1 000 à 1 200	11	50	45	800	1 000 à 1 200	11	50	45						
51CrV4	1.8159	900 à 1 300	9	40	30	800	1 000 à 1 200	10	45	30	700	900 à 1 100	12	50	30	650	850 à 1 000	13	50	30	600	800 à 950	13	50	30						

Tableau 2 : Traitement thermique (source : DIN EN 10083-1)

Acier		Austénitisation	Milieu de	Revenu	Essai Jominy	Normalisation
Désignation	N°	°C ⁽¹⁾	trempe	°C ⁽²⁾	°C	°C
C22E C22R	1.1151 1.1149	860 à 900	Eau		-	880 à 920
C25E C25R	1.1158 1.1163	860 à 900	Eau		-	880 à 920
C30E C30R	1.1178 1.1179	850 à 890	Eau		-	870 à 910
C35E C35R	1.1181 1.1180	840 à 880	Eau ou huile		870 ± 5	860 à 900
C40E C40R	1.1186 1.1189	830 à 870	Eau ou huile	550 à 660	870 ± 5	850 à 890
C45E C45R	1.1191 1.1201	820 à 860	Eau ou huile		850 ± 5	840 à 880
C50E C50R	1.1206 1.1241	810 à 850	Huile ou eau		850 ± 5	830 à 870
C55E C55R	1.1203 1.1209	805 à 845	Huile ou eau		830 ± 5	825 à 865
C60E C60R	1.1221 1.1223	800 à 840	Huile ou eau		830 ± 5	820 à 860
28Mn6	1.1170	830 à 870	Eau ou huile	540 à 680	850 ± 5	850 à 890
38Cr2 38CrS2	1.7003 1.7023	830 à 870	Huile ou eau	540 à 680	850 ± 5	-
46Cr2 46CrS2	1.7006 1.7025	820 à 860	Huile ou eau	540 à 680	850 ± 5	-
34Cr4 34CrS4	1.7033 1.7037	830 à 870	Eau ou huile	540 à 680	850 ± 5	-
37Cr4 37CrS4	1.7034 1.7038	825 à 865	Huile ou eau	540 à 680	850 ± 5	-
41Cr4 41CrS4	1.7035 1.7039	820 à 860	Huile ou eau	540 à 680	850 ± 5	-
25CrMo4 25CrMoS4	1.7218 1.7213	840 à 880	Eau ou huile	540 à 680	850 ± 5	-
34CrMo4 34CrMoS4	1.7220 1.7226	830 à 870	Huile ou eau	540 à 680	850 ± 5	-
42CrMo4 42CrMoS4	1.7225 1.7227	820 à 860	Huile ou eau	540 à 680	850 ± 5	-
50CrMo4	1.7228	820 à 860	Huile	540 à 680	850 ± 5	-
36CrNiMo4	1.6511	820 à 850	Huile ou eau	540 à 680	850 ± 5	-
34CrNiMo6	1.6582	830 à 860	Huile	540 à 660	850 ± 5	-
30CrNiMo8	1.6580	830 à 860	Huile	540 à 660	850 ± 5	-
36NiCrMo16	1.6773	865 à 885	Air ou huile	550 à 650	850 ± 5	-
51CrV4	1.8159	820 à 860	Huile	540 à 680	850 ± 5	-

⁽¹⁾ Durée d'austénitisation ≥ 30 min.

⁽²⁾ Durée de revenu ≥ 60 min.

TABLEAU 3 - INDICE DE PRIX DES PRINCIPAUX ACIERS MÉCANIQUES

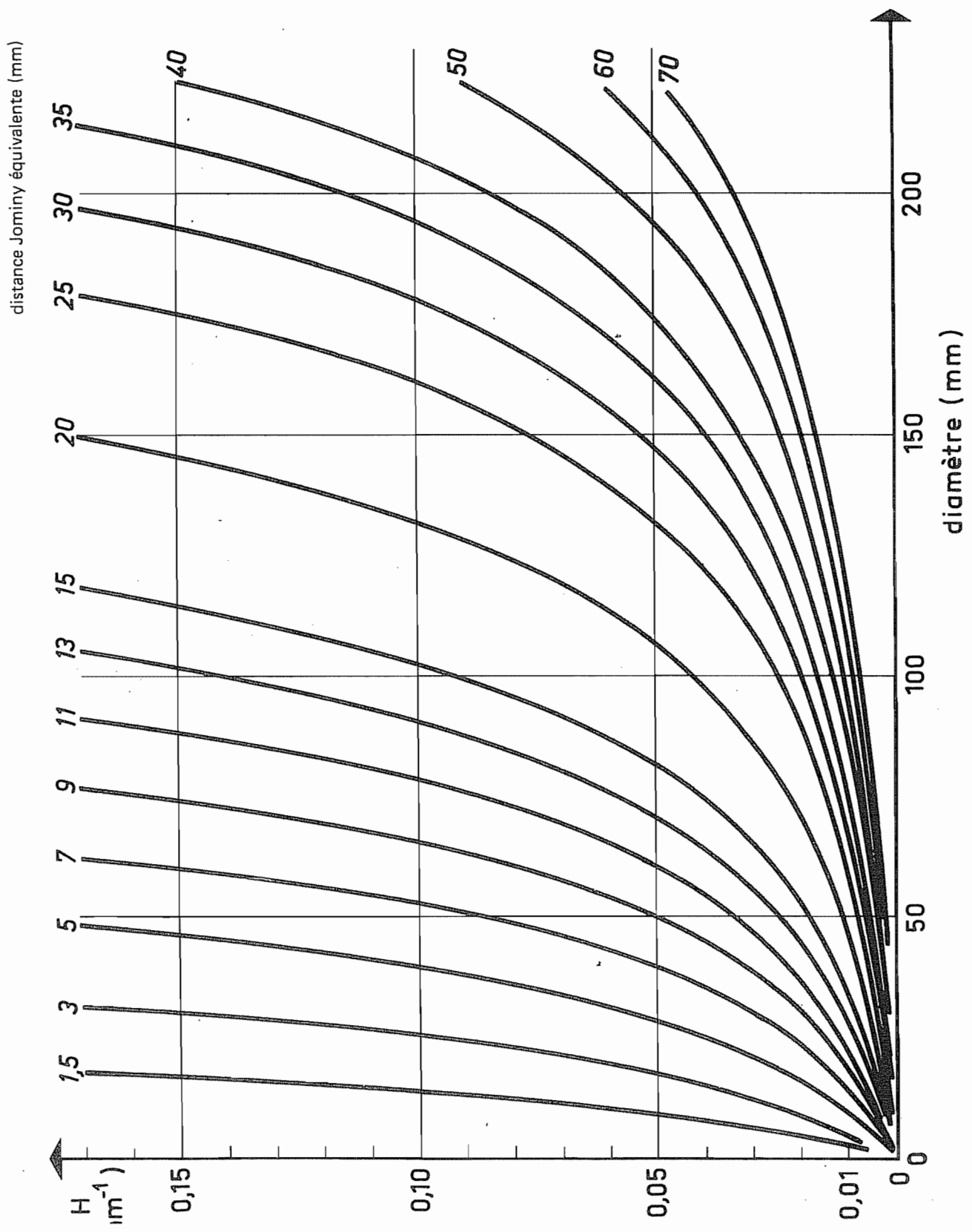
Acier	Indice de prix	Catégorie
S235 (ancien DIN-St37 ou NF-A37).....	100.....	Construction
E335 (ancien DIN-St60 ou NF-A50).....	108.....	Construction
C15 à C55.....	150.....	Acier fin au C
28Mn6.....	155.....	Amélioration
20MnB5, 30MnB5, 38MnB5.....	164.....	Amél. au bore
38Cr2, 46Cr2.....	169.....	Amélioration
34Cr4, 37Cr4, 41Cr4.....	172.....	Amélioration
100Cr6.....	175.....	Roulements
16MnCr5, 20MnCr5.....	176.....	Cémentation
25CrMo4, 34CrMo4, 42CrMo4, 50CrMo4.....	182.....	Amélioration
51CrV4.....	183.....	Amélioration
46SiCrMo6.....	186.....	Ressorts
41CrAlMo7.....	202.....	Nitruration
18NiCr5-4.....	209.....	Cémentation
36CrNiMo4.....	212.....	Amélioration
34CrNiMo6.....	243.....	Amélioration
30CrNiMo8.....	274.....	Amélioration
36CrNiMo16.....	331.....	Amélioration

Cet indice est purement comparatif. Des prix plus élevés peuvent être demandés pour de petites quantités ou pour des garanties spéciales de qualité. Les nuances à usinabilité améliorée sont de 4 à 7% plus chères.

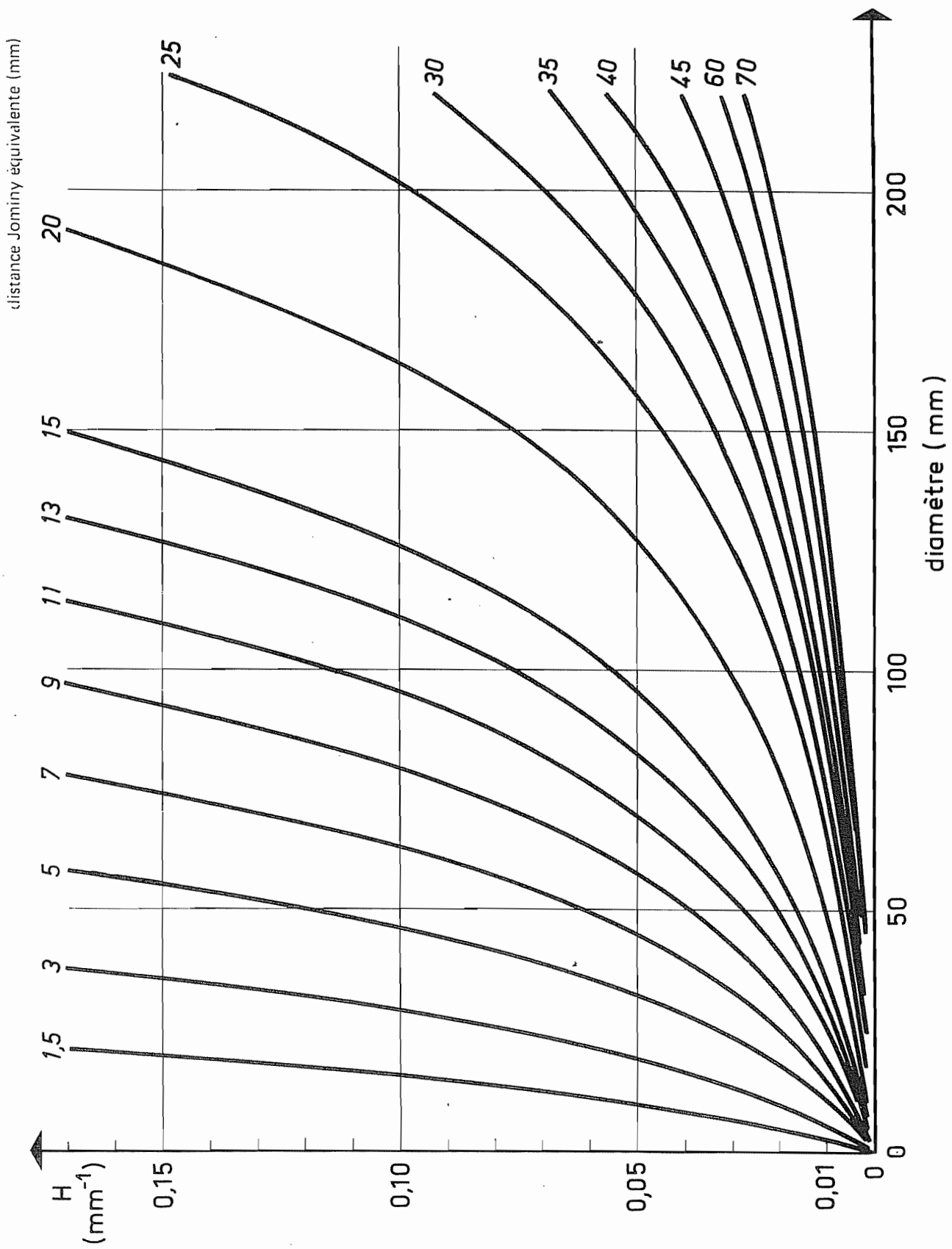
TABLEAU 4 - SEVERITES DE TREMPE

(SELON GROSSMANN)

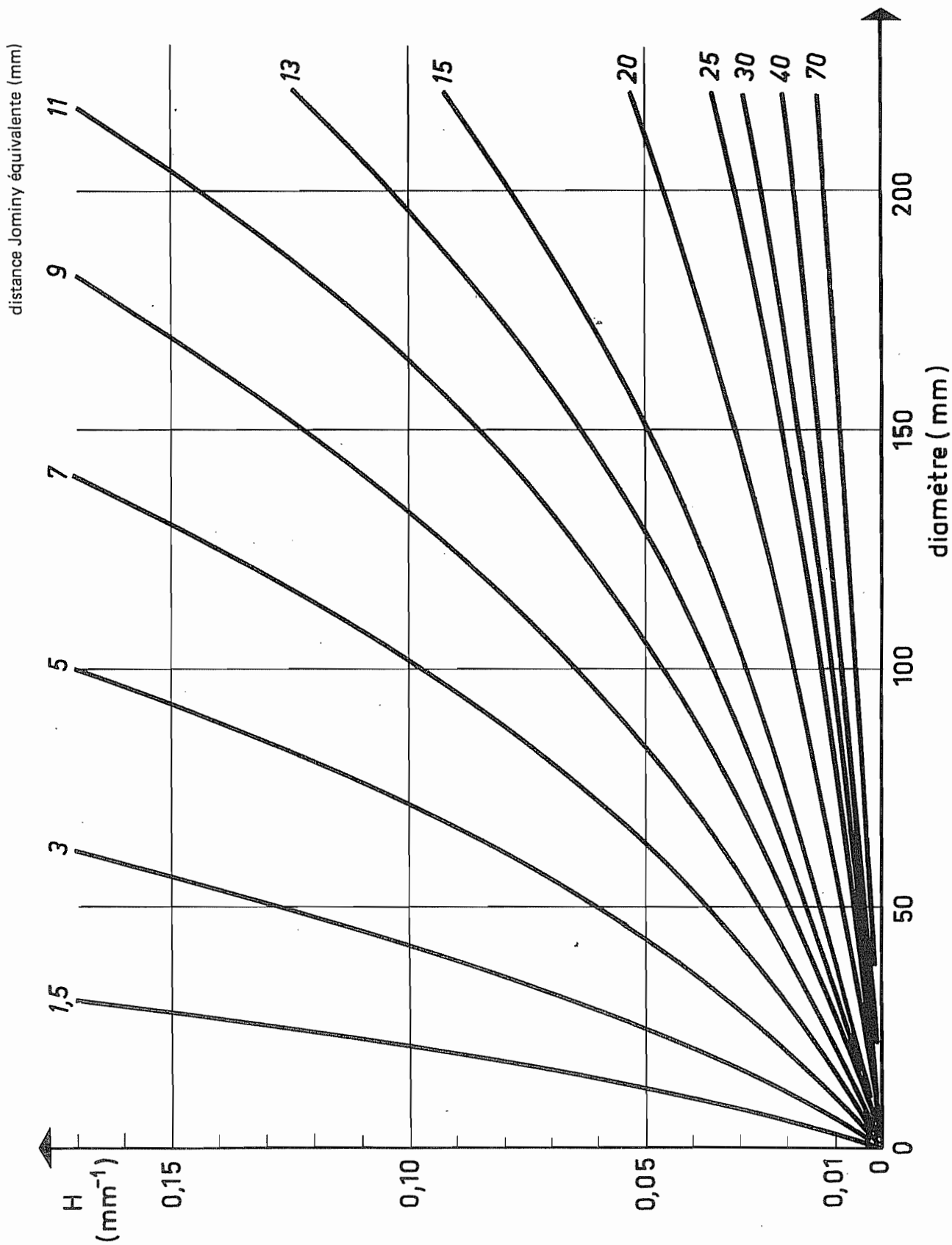
MILIEU	CONDITIONS DE REFROIDISSEMENT	H/mm ⁻¹	
EAU	Circulation très intense	0,016	
	Circulation intense	0,063...0,079	
	Circulation assez intense	0,055...0,059	
	Circulation modérée	0,047...0,051	
	Circulation peu intense	0,039...0,043	
	Sans circulation ni agitation	0,035...0,039	
HUILE	Circulation très intense	0,030...0,043	
	Circulation intense	0,020...0,030	
	Circulation assez intense	0,016...0,020	
	Circulation modérée	0,014...0,016	
	Circulation peu intense	0,012...0,014	
	Sans circulation ni agitation	0,010...0,012	
BAINS DE SELS FONDUS (NITRITE + NITRATE)	Sans circulation ni agitation	bain à 195°C	0,024...0,048
		bain à 270°C	0,022...0,040
		bain à 385°C	0,017...0,030
AIR	Air soufflé	0,006...0,008	
	Air calme	0,0008	



Courbes iso-distance de Jominy A COEUR

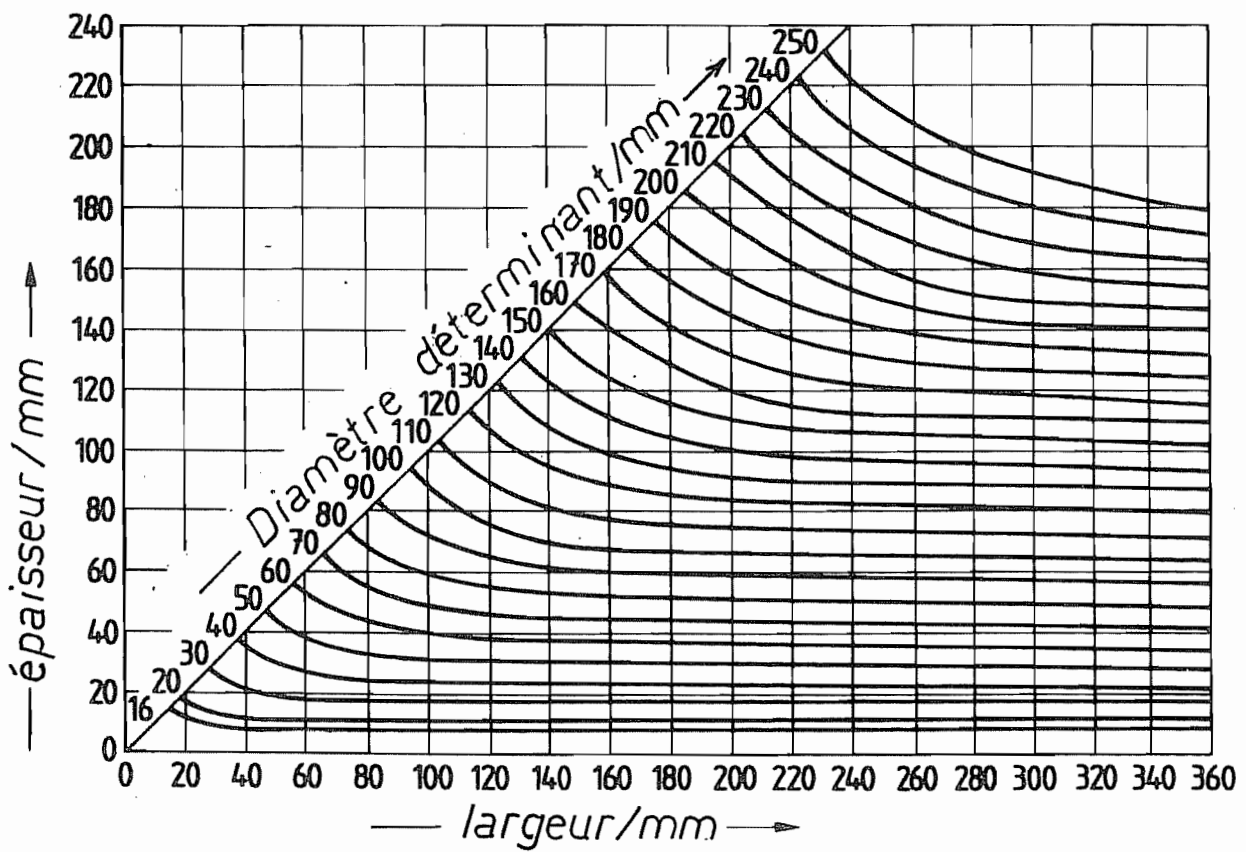


Courbes iso-distance de Jominy A MI-RAYON



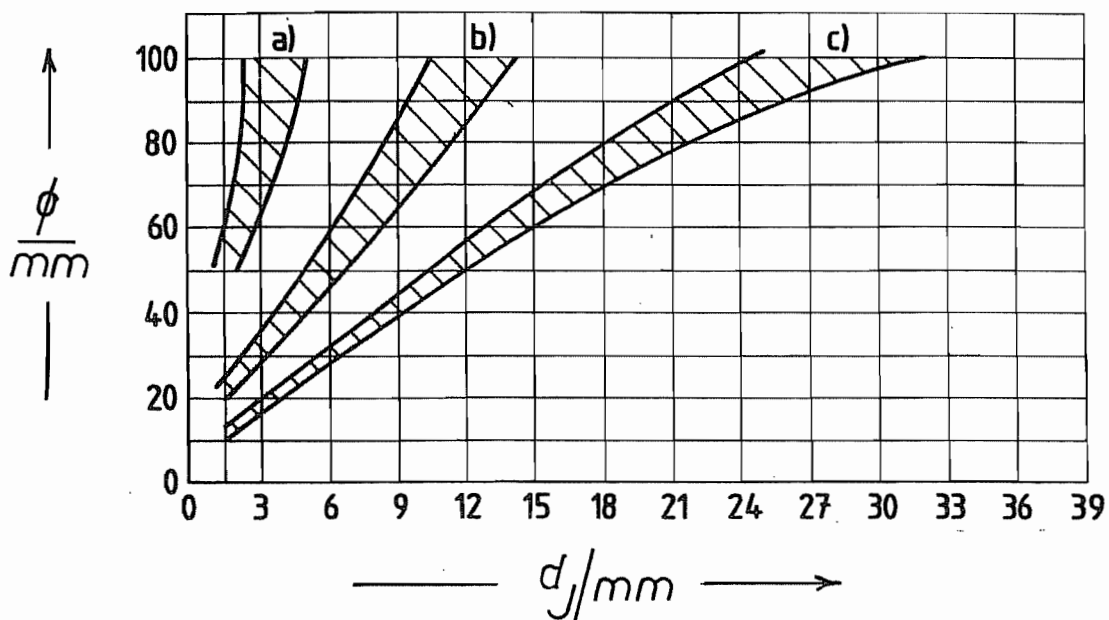
Courbes iso-distance de Jominy A QUART-RAYON
(en partant de la périphérie)

DIAMÈTRE DÉTERMINANT
DES PIÈCES RECTANGULAIRES

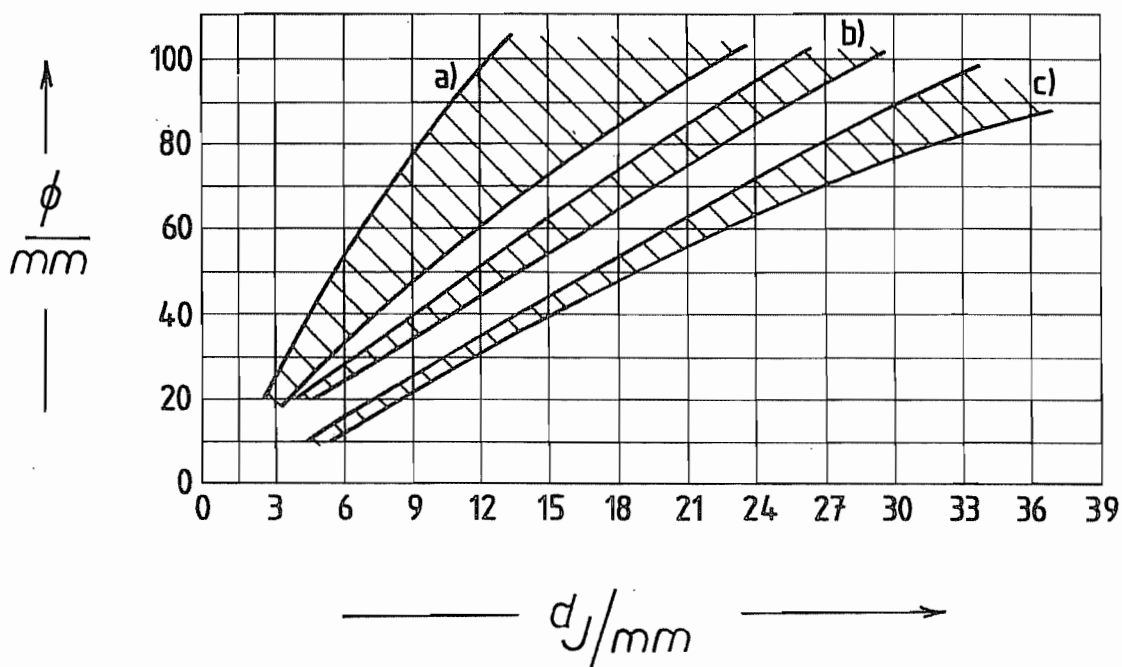


DISTANCE DE JOMINY EQUIVALENTE (SAE J406c)

- a : surface
- b : quart-rayon
- c : coeur



EAU



HUILE

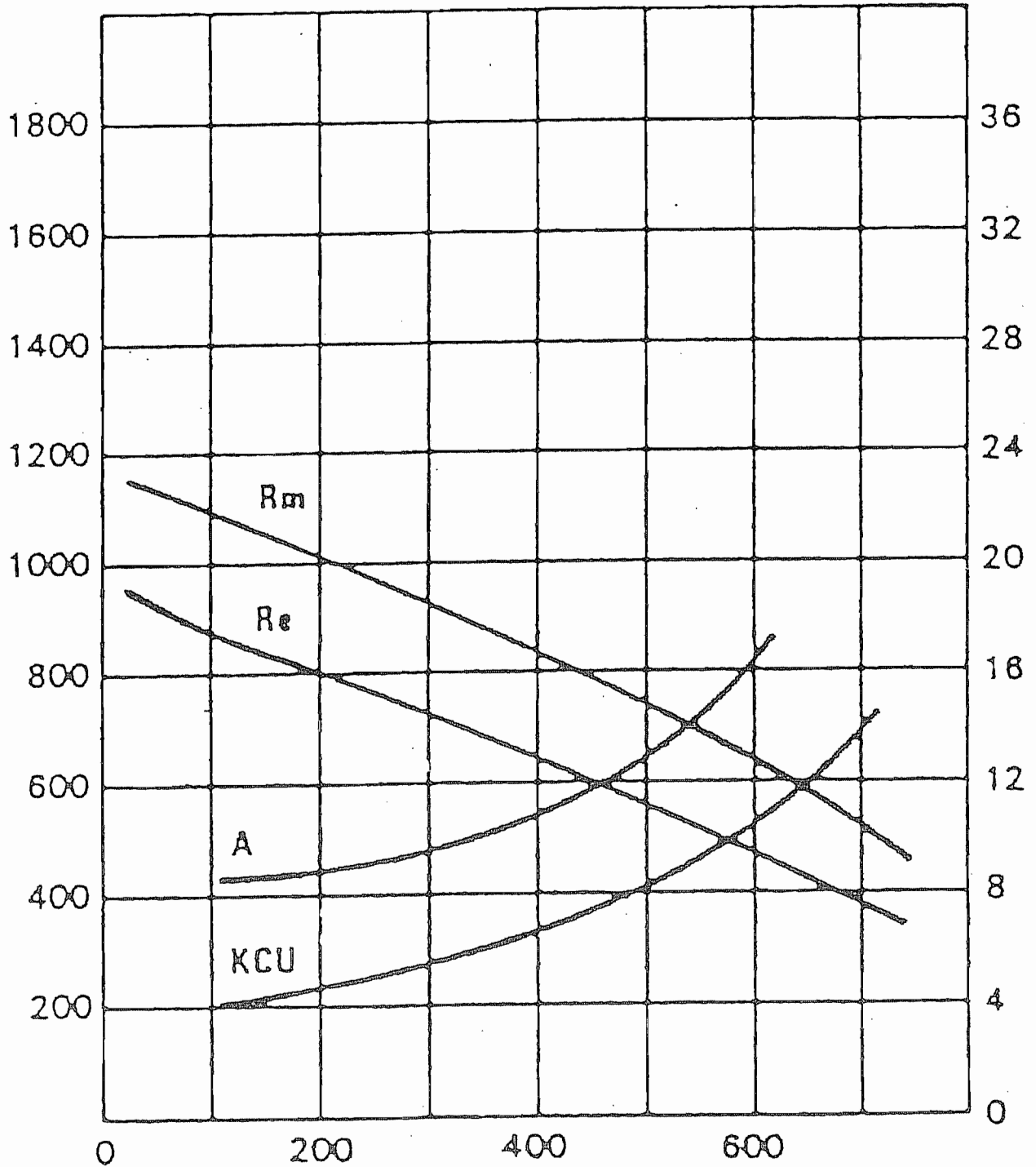
ACIERS D'AMELIORATION

C22

diagramme de revenu

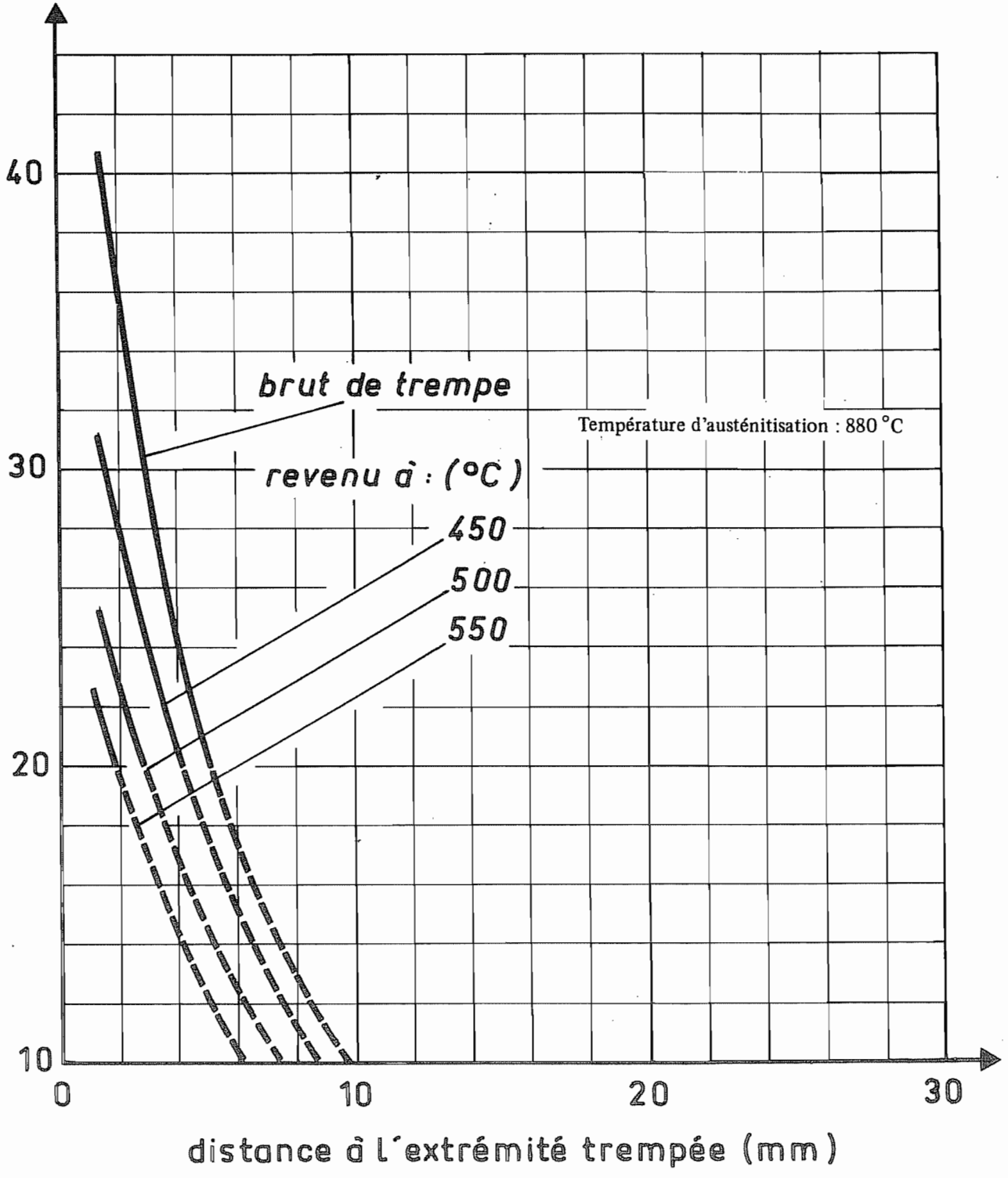
R_m N/mm²
R_e N/mm²

A % (5d)
KCU daJ/cm²

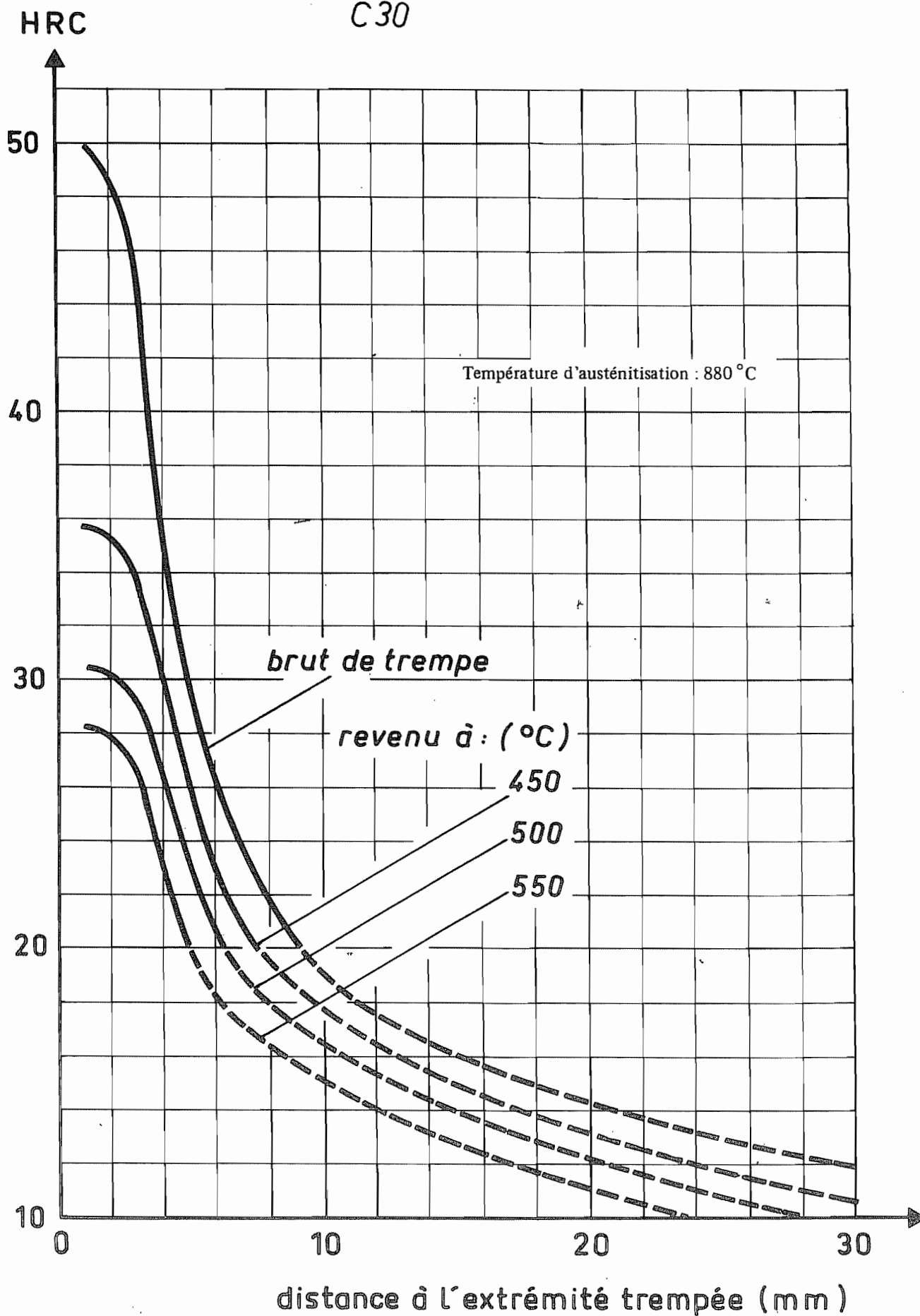


HRC

C 25

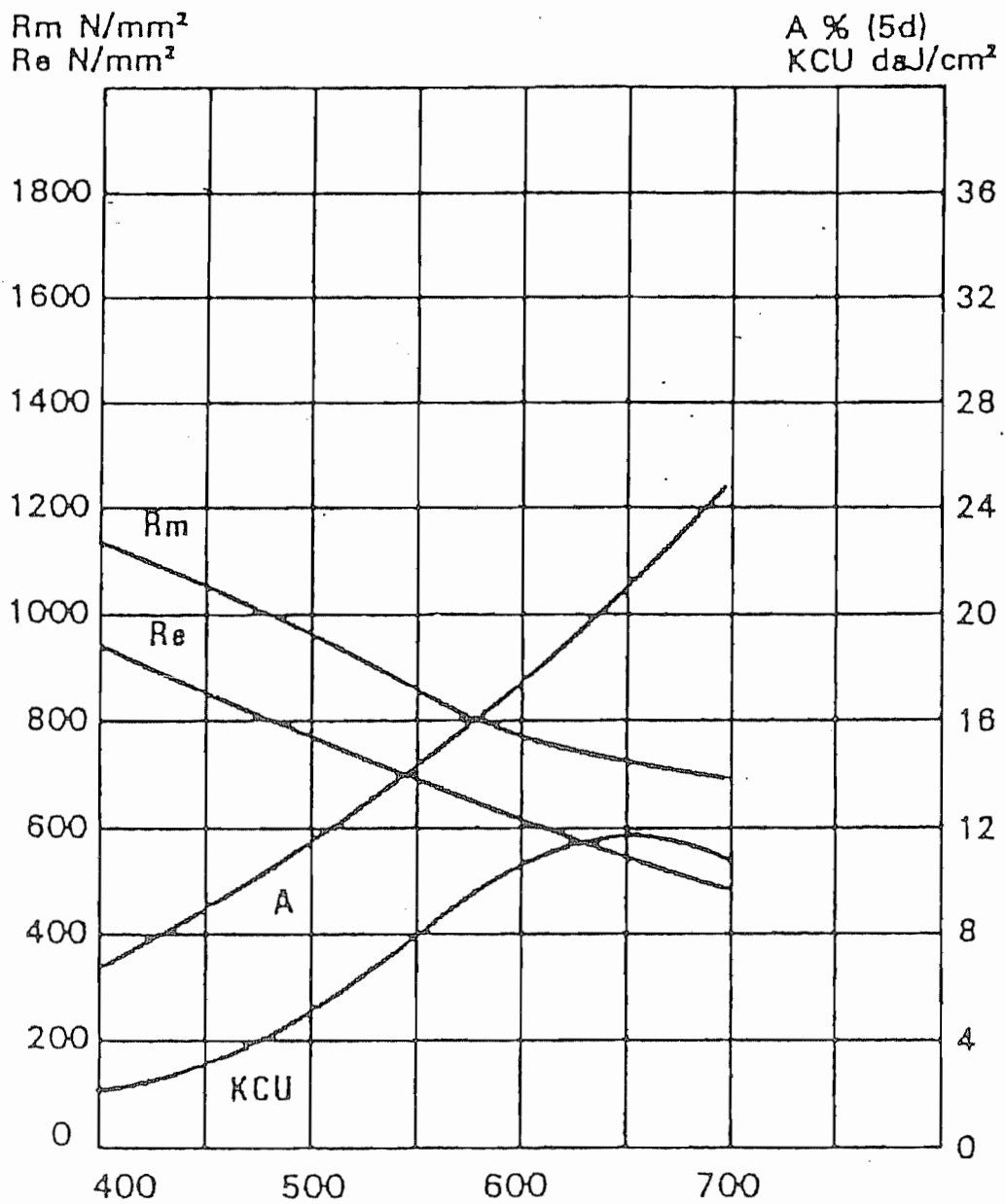


C30



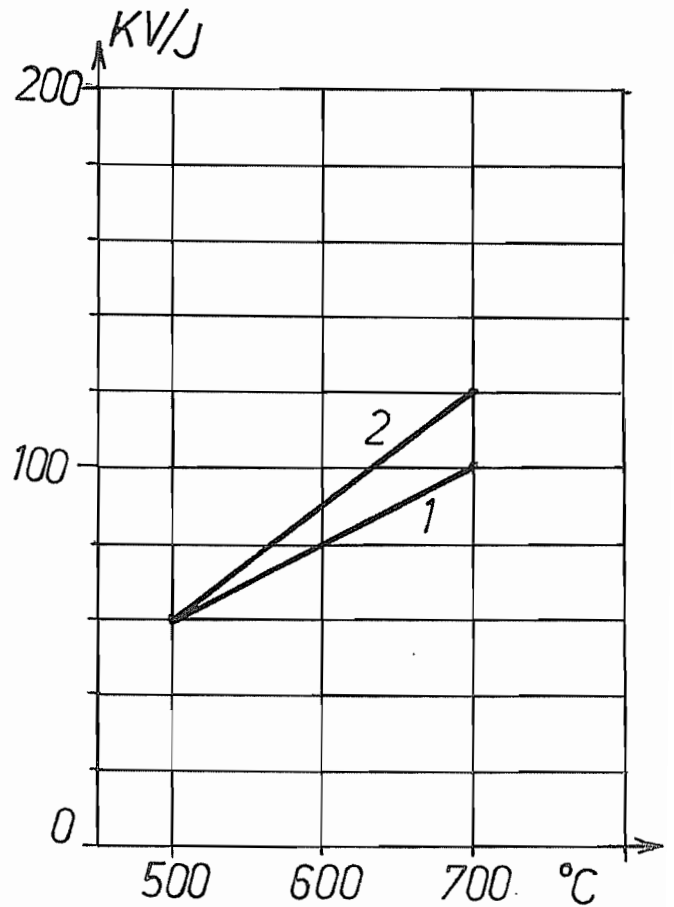
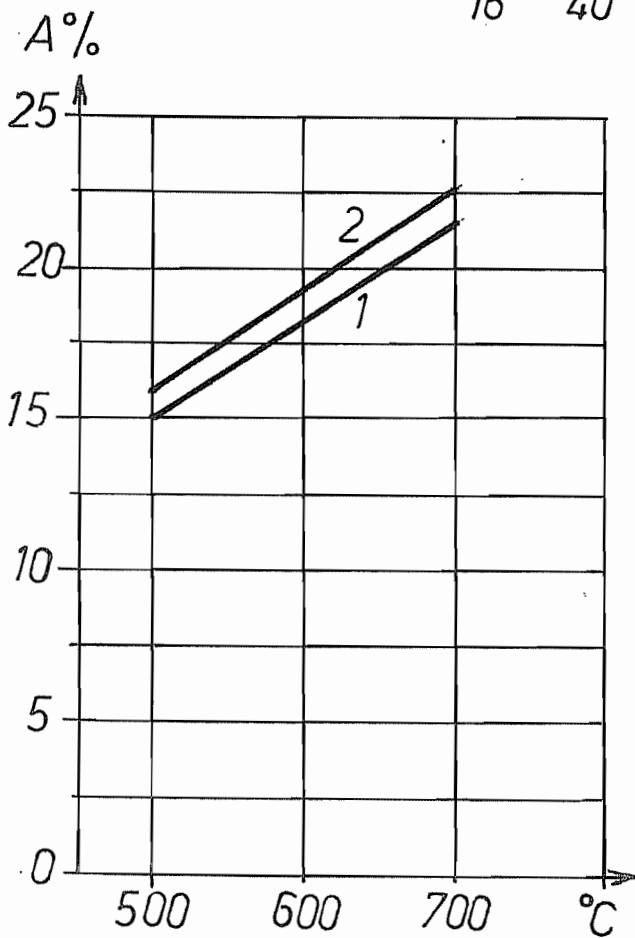
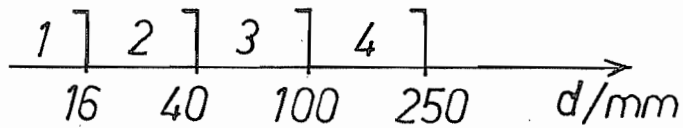
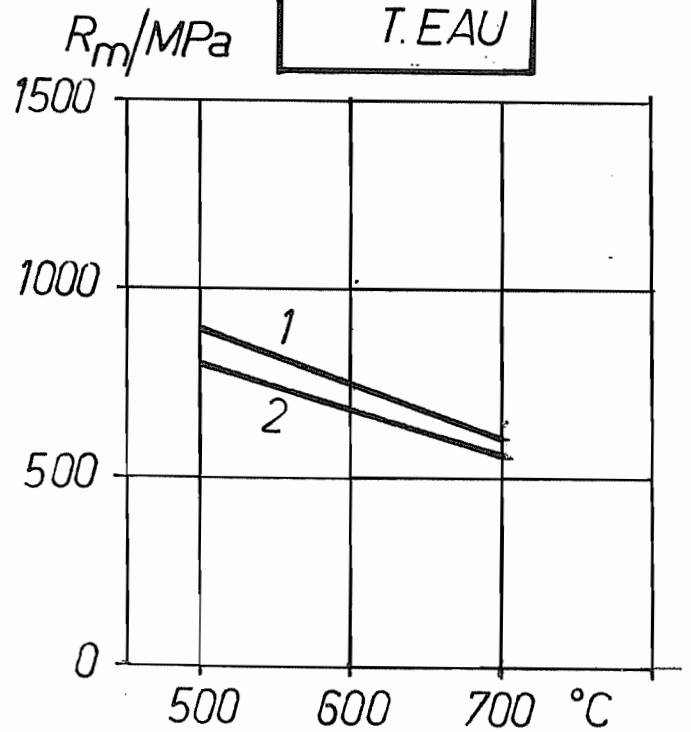
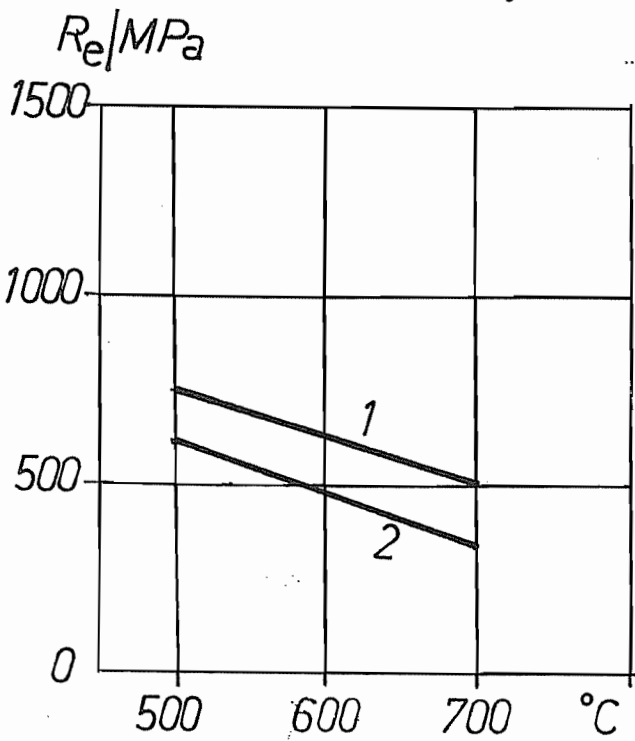
C35-C40

Diagramme de revenu



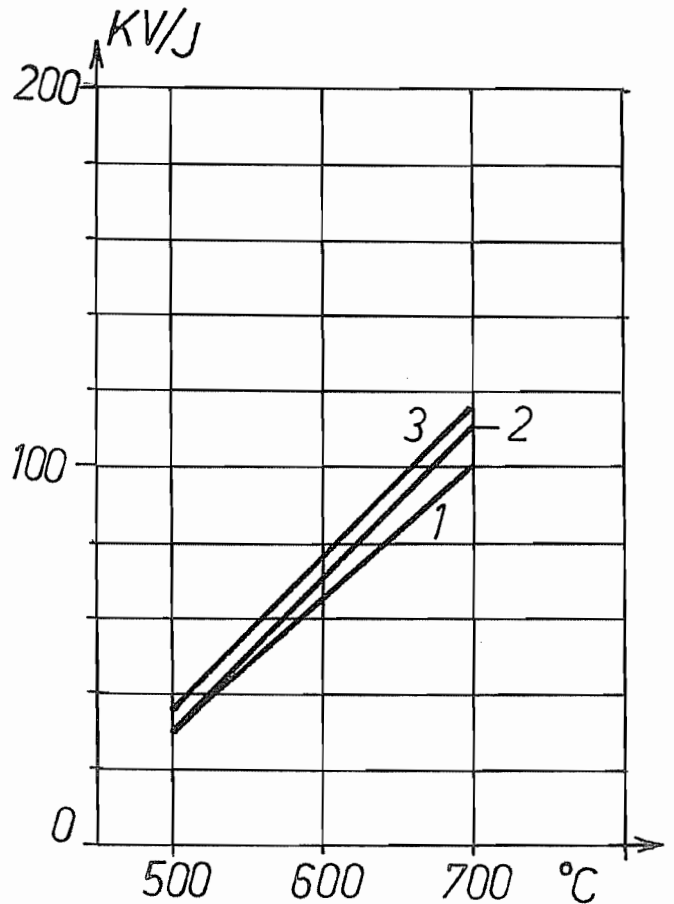
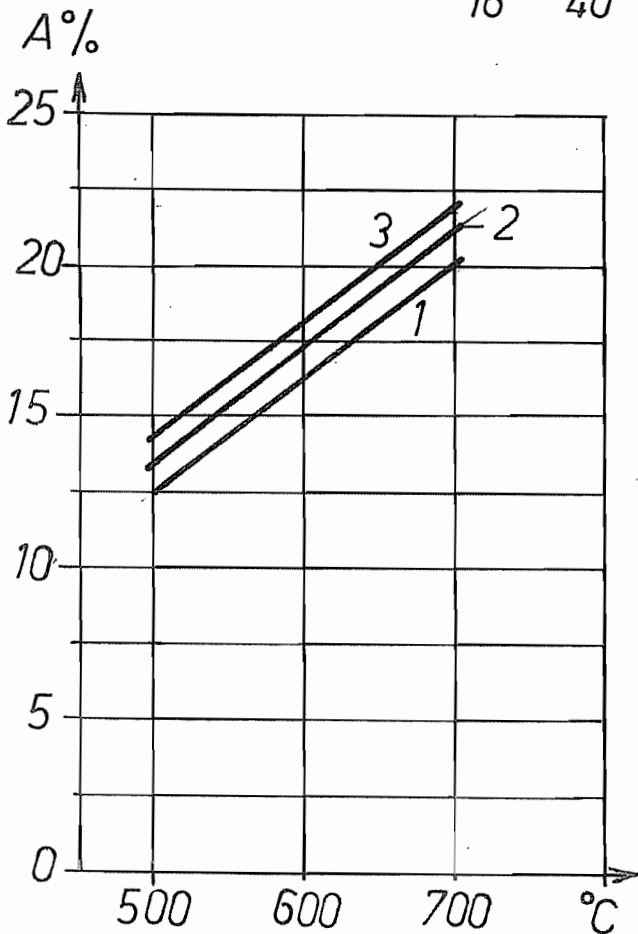
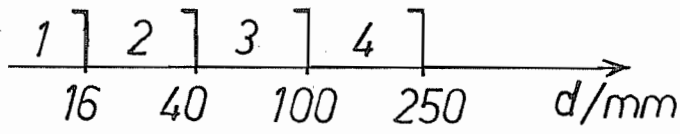
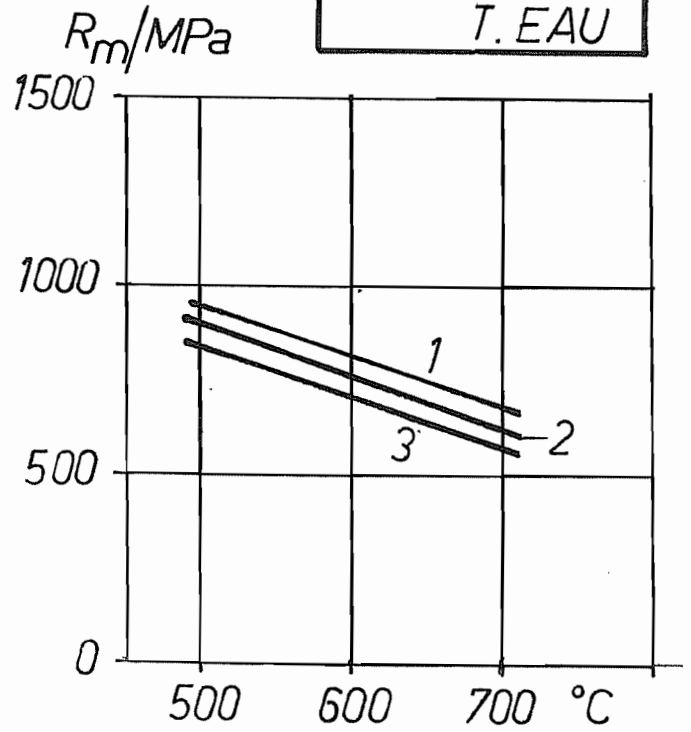
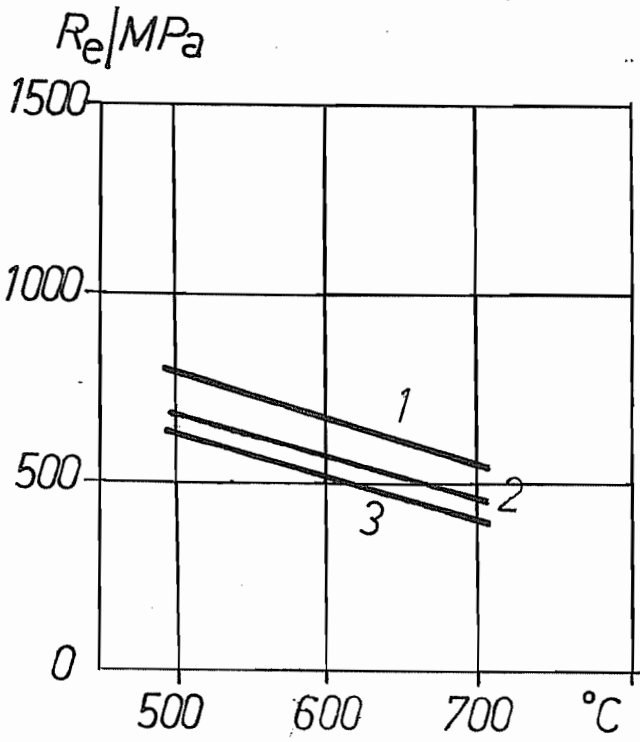
DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

C35	} + HL
C40	
T.EAU	



DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

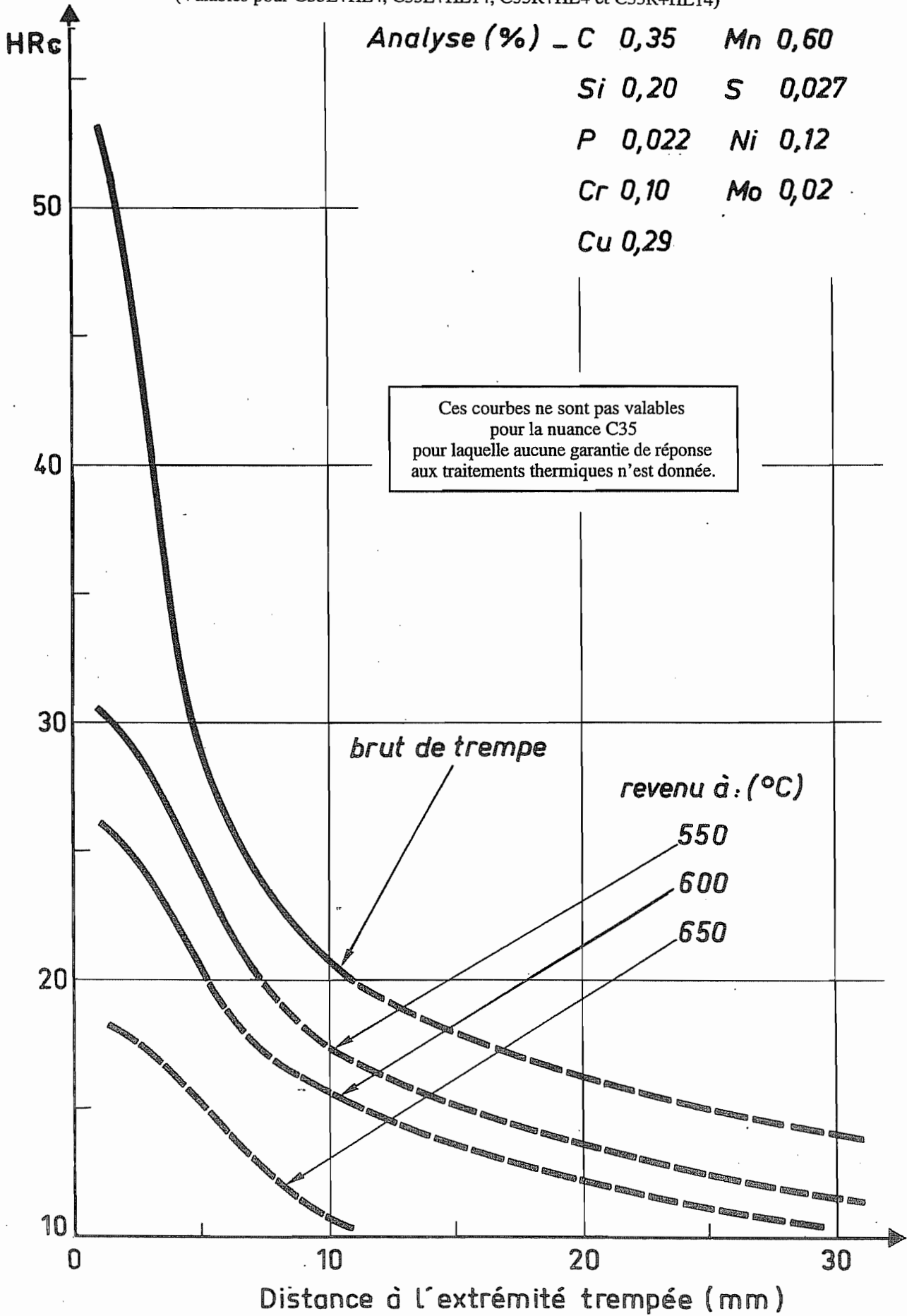
C35	} + HH
C40	
T. EAU	



C35E+H et C35R+H

(Valables pour C35E+HL4, C35E+HL14, C35R+HL4 et C35R+HL14)

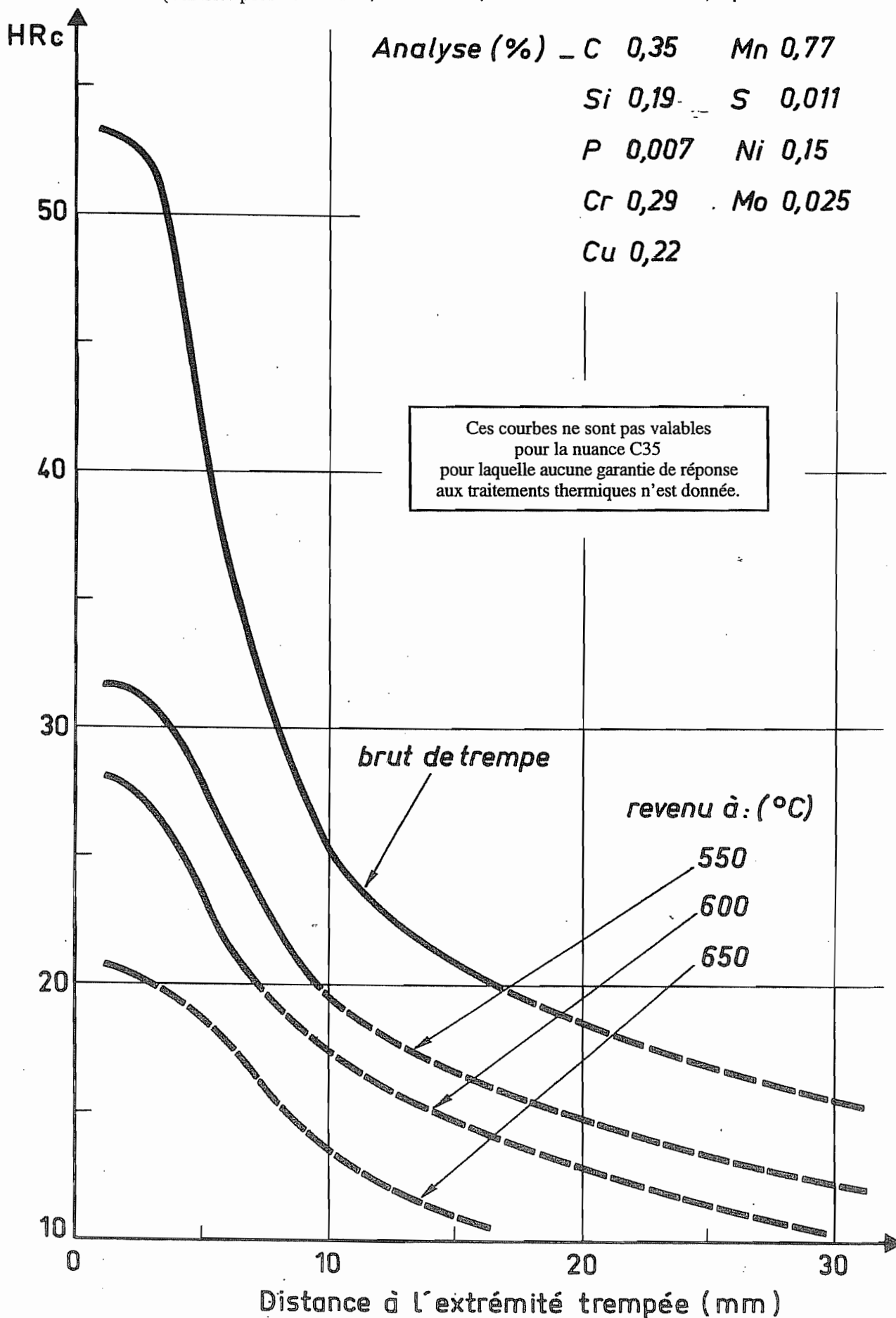
Analyse (%) - C 0,35 Mn 0,60
 Si 0,20 S 0,027
 P 0,022 Ni 0,12
 Cr 0,10 Mo 0,02
 Cu 0,29



C35E+H et C35R+H

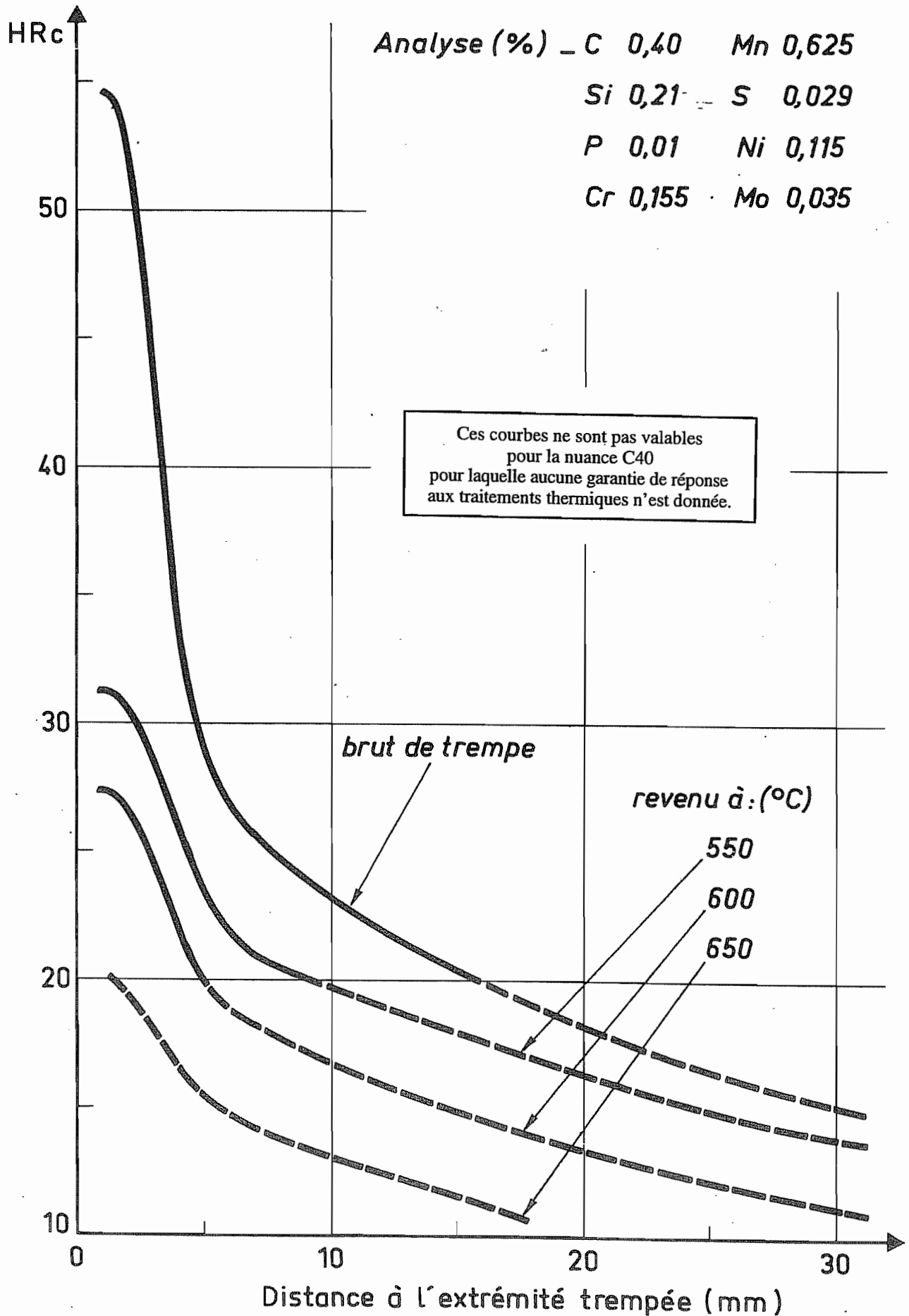
(Valables pour C35E+HH4, C35E+HH14, C35R+HH4 et C35R+HH14)

Analyse (%) - C 0,35 Mn 0,77
 Si 0,19 S 0,011
 P 0,007 Ni 0,15
 Cr 0,29 Mo 0,025
 Cu 0,22



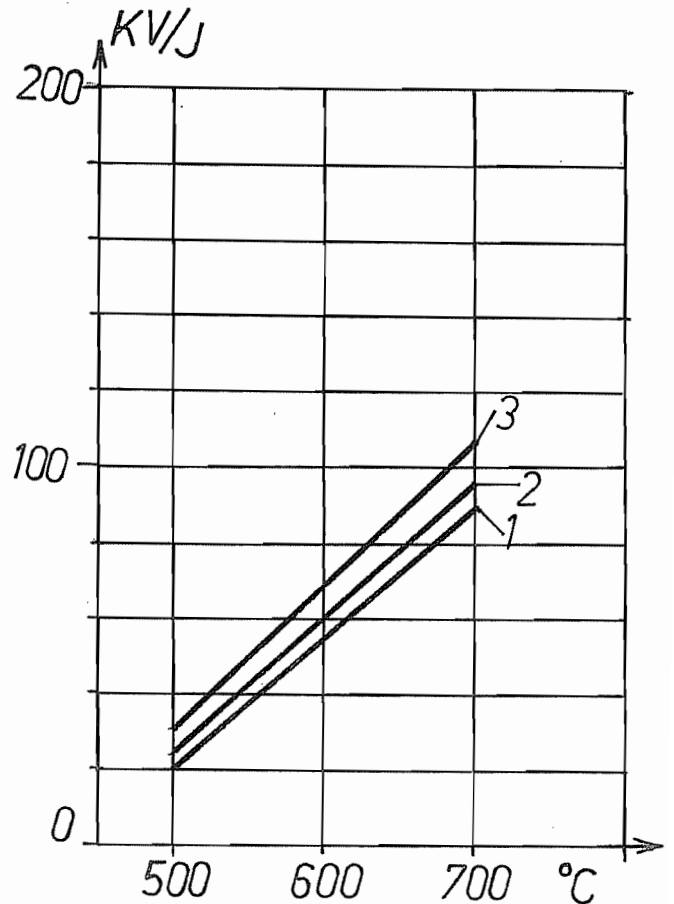
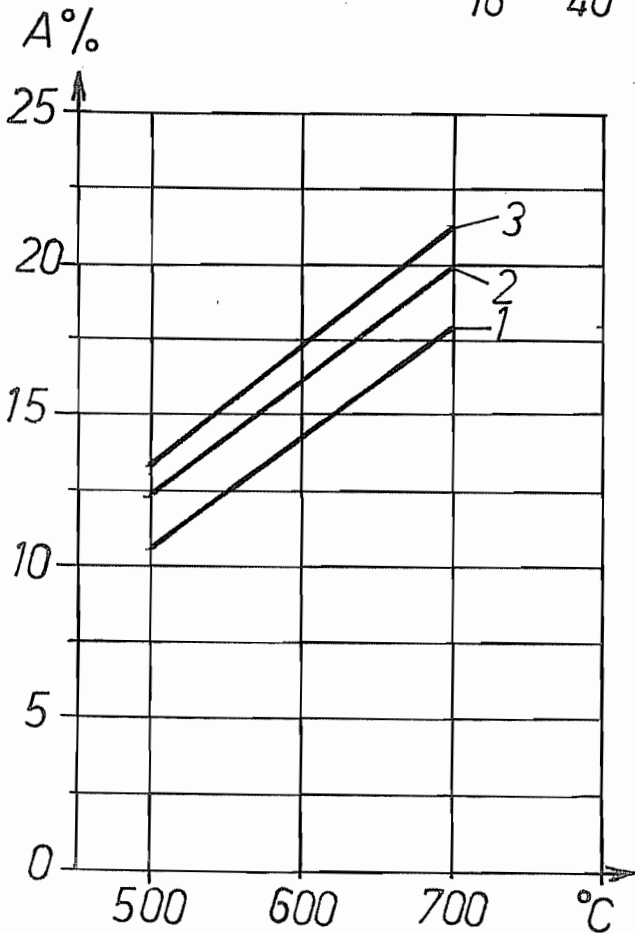
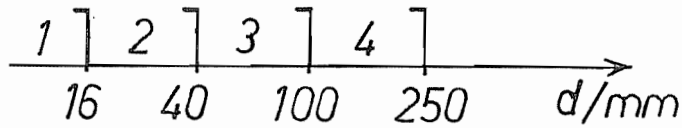
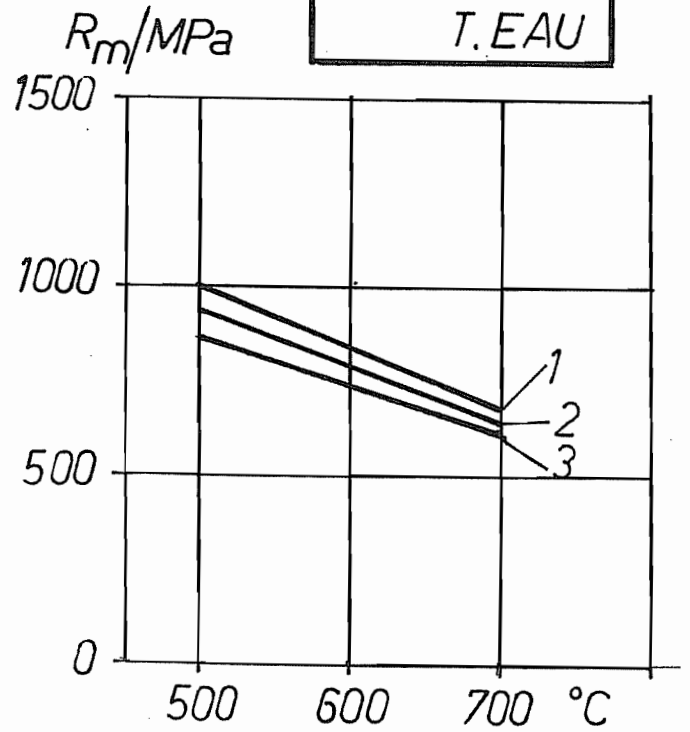
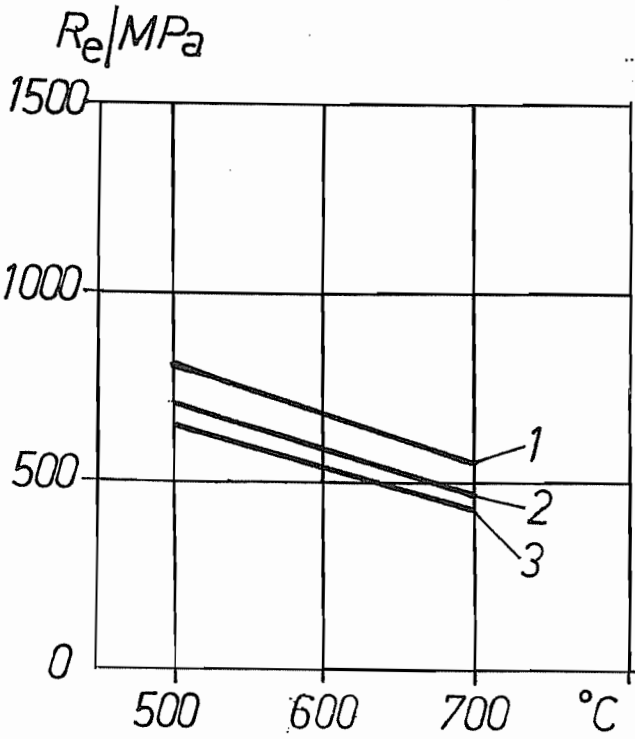
C40E+H et C40R+H

(Valables pour C40E+HL4, C40E+HL14, C40R+HL4 et C40R+HL14)



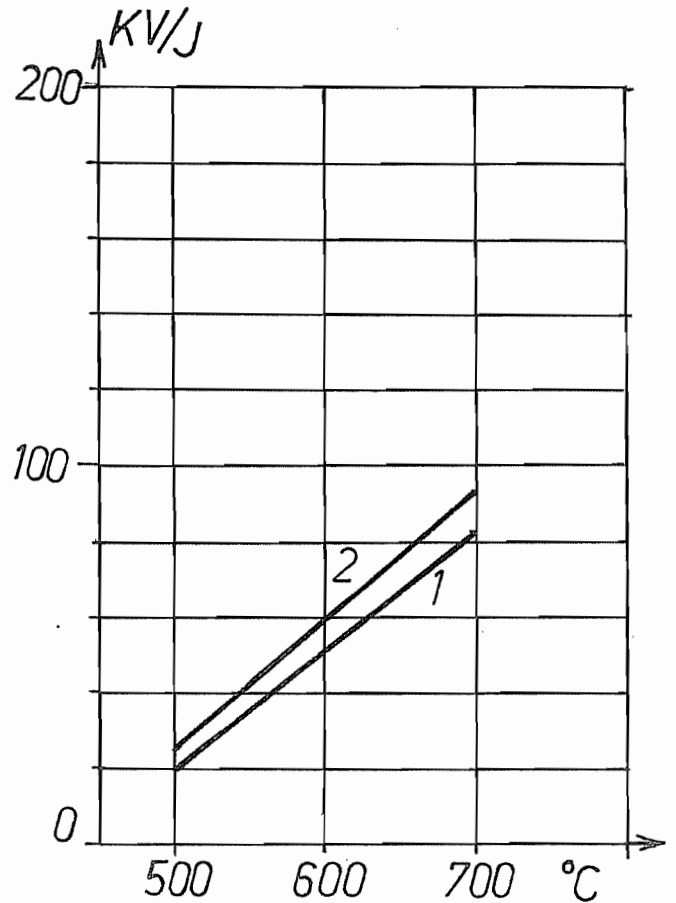
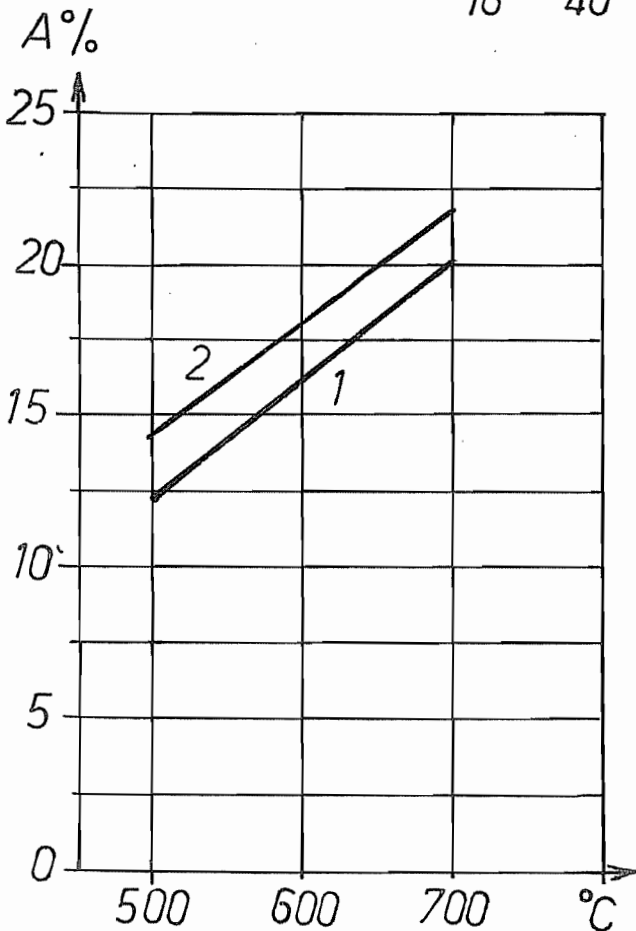
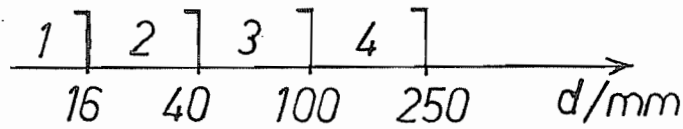
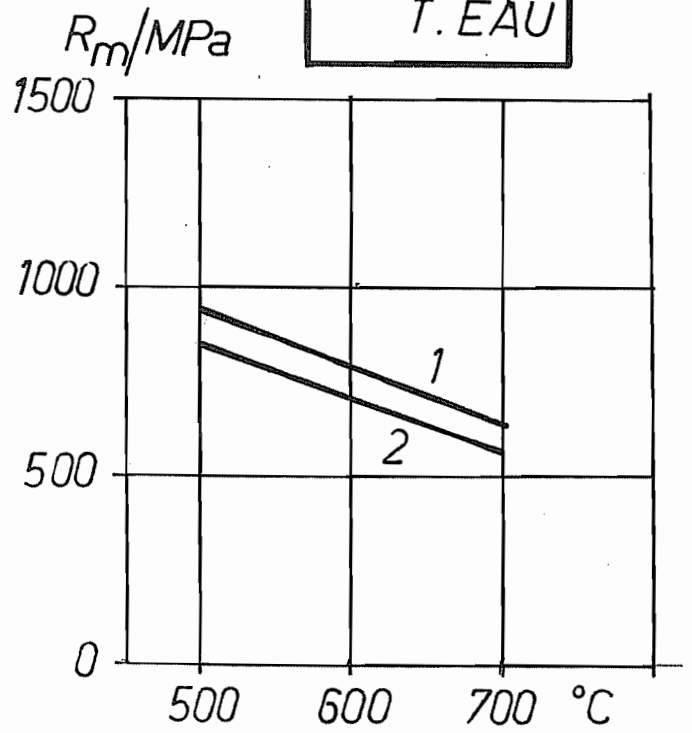
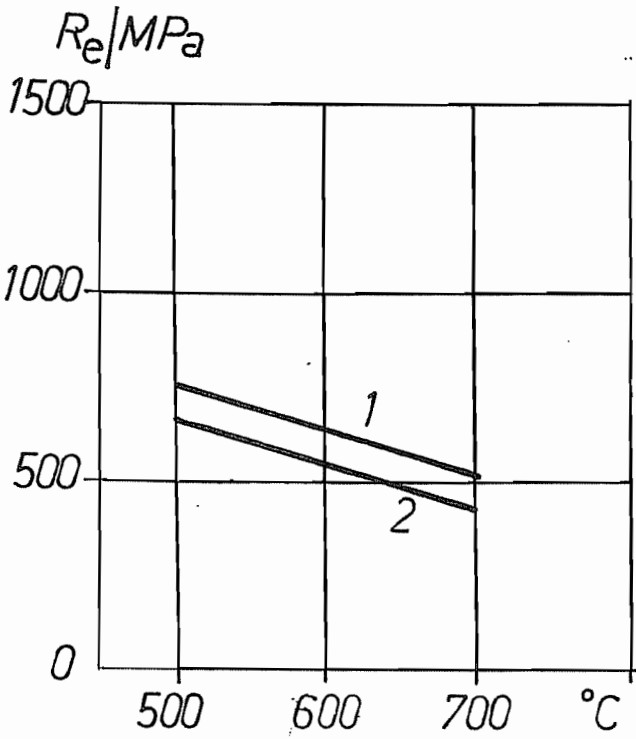
DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

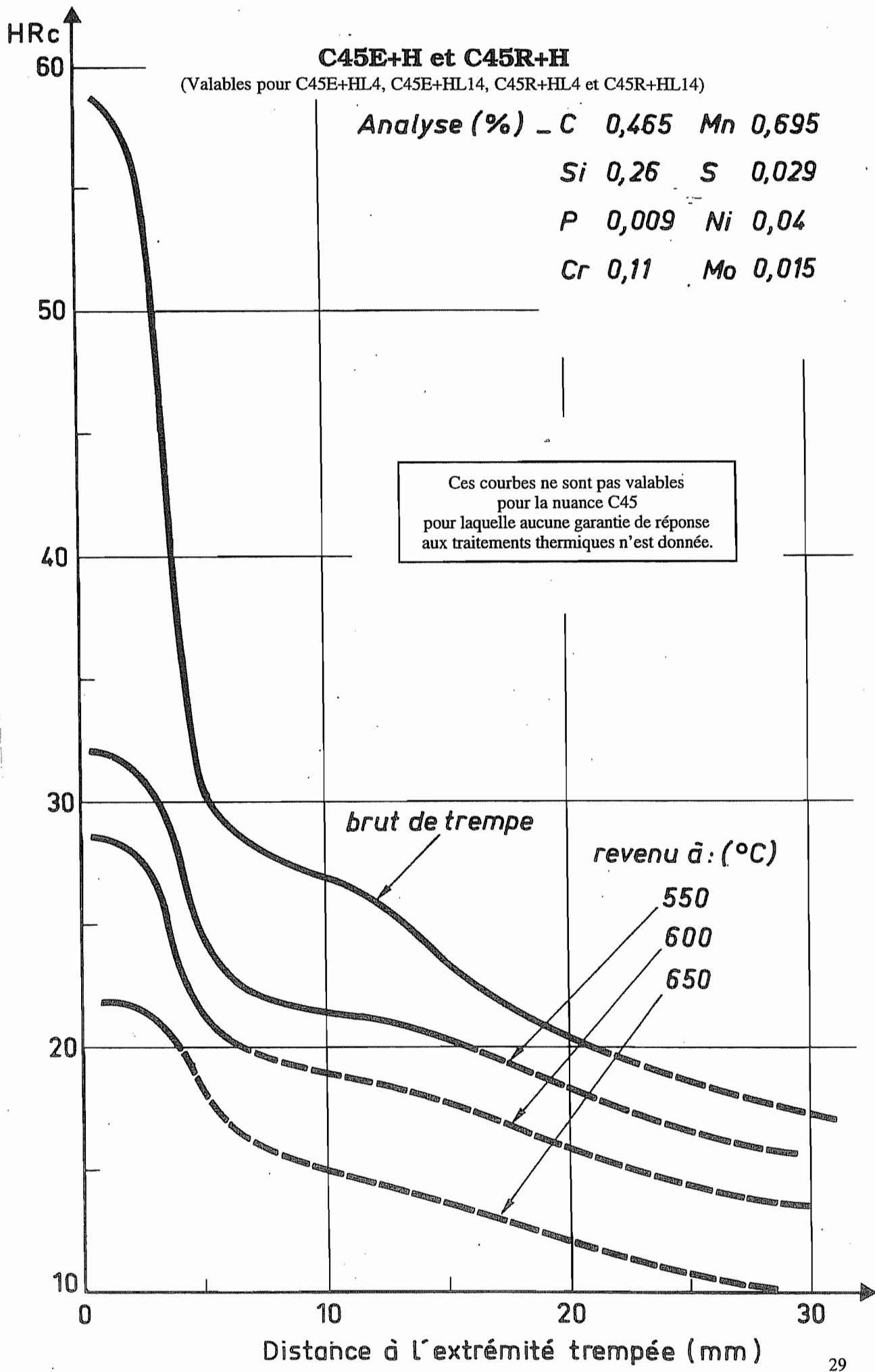
C40] + HH
C45	
T. EAU	



DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

C40] +HL
C45	
T. EAU	





C45 - C50

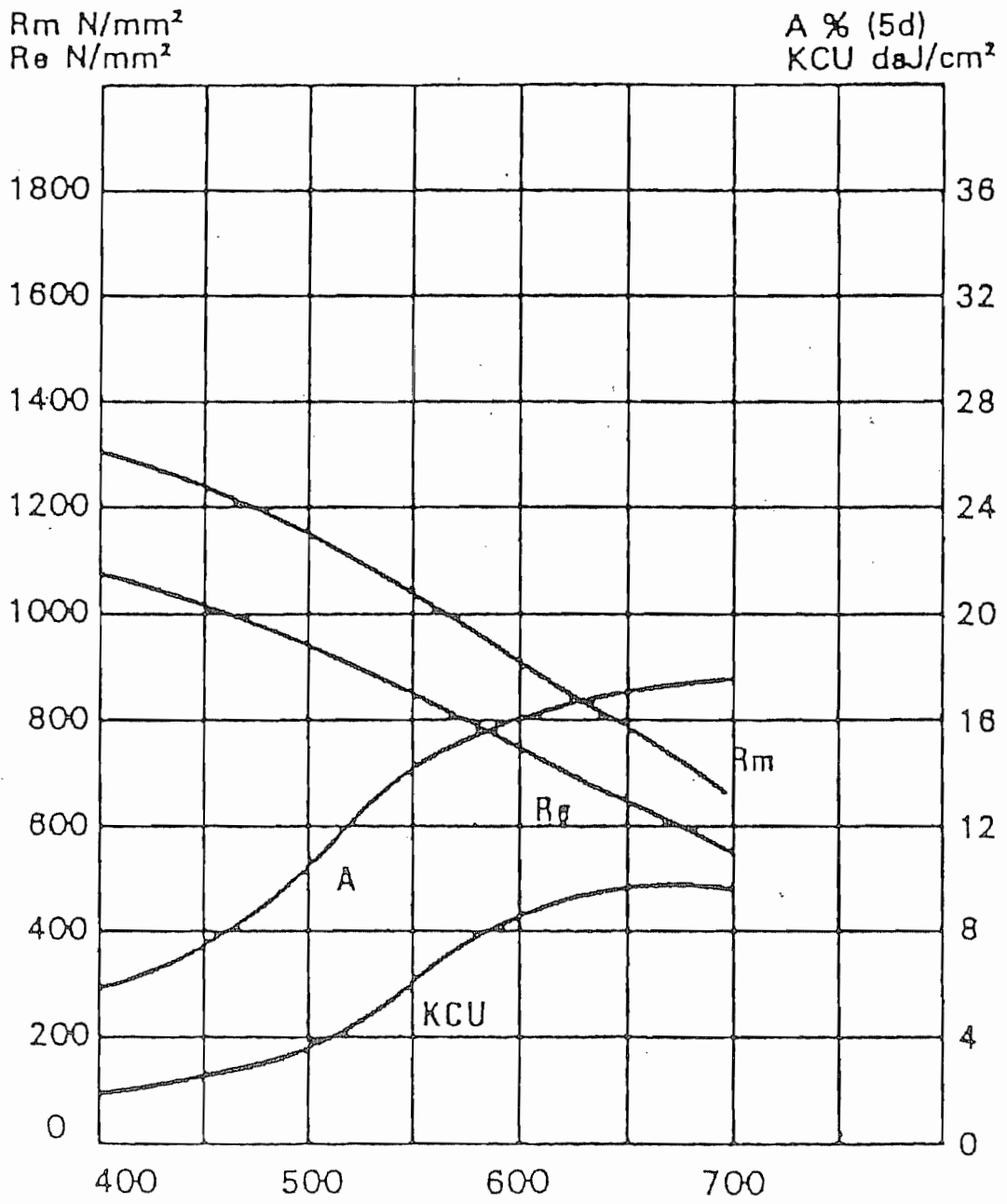
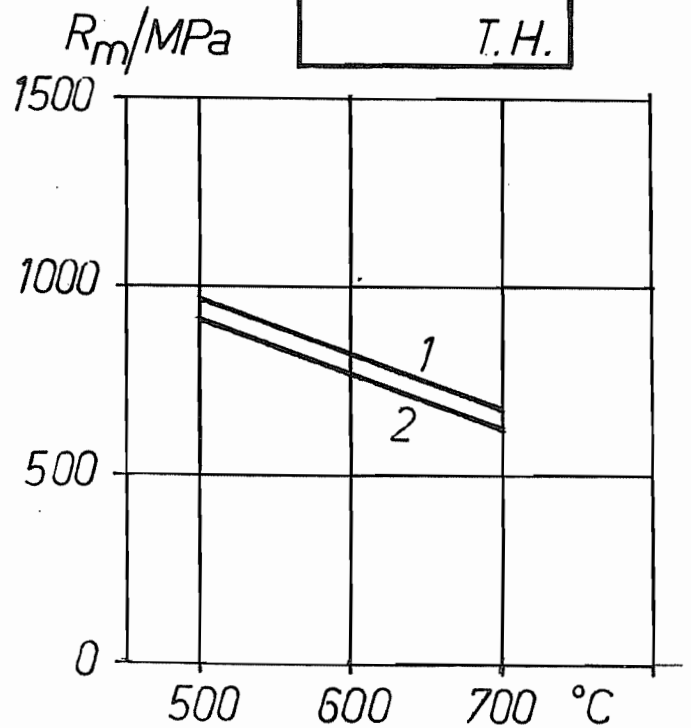
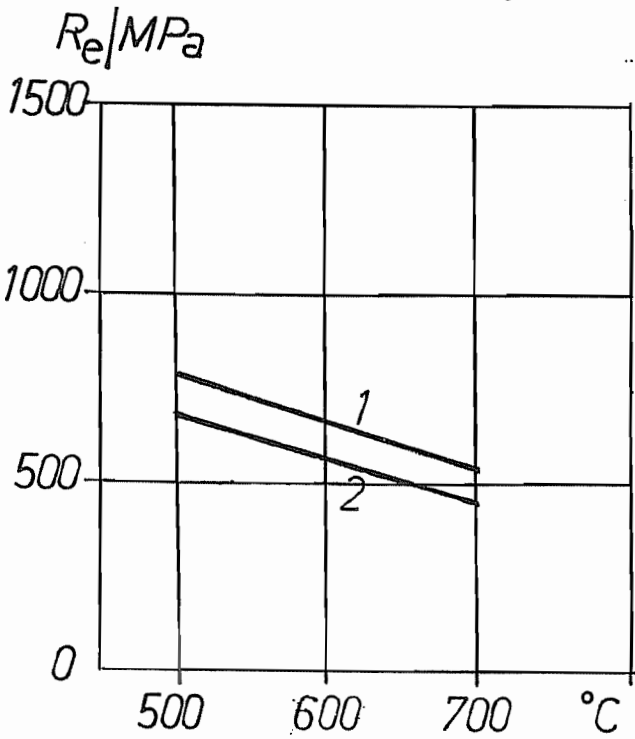


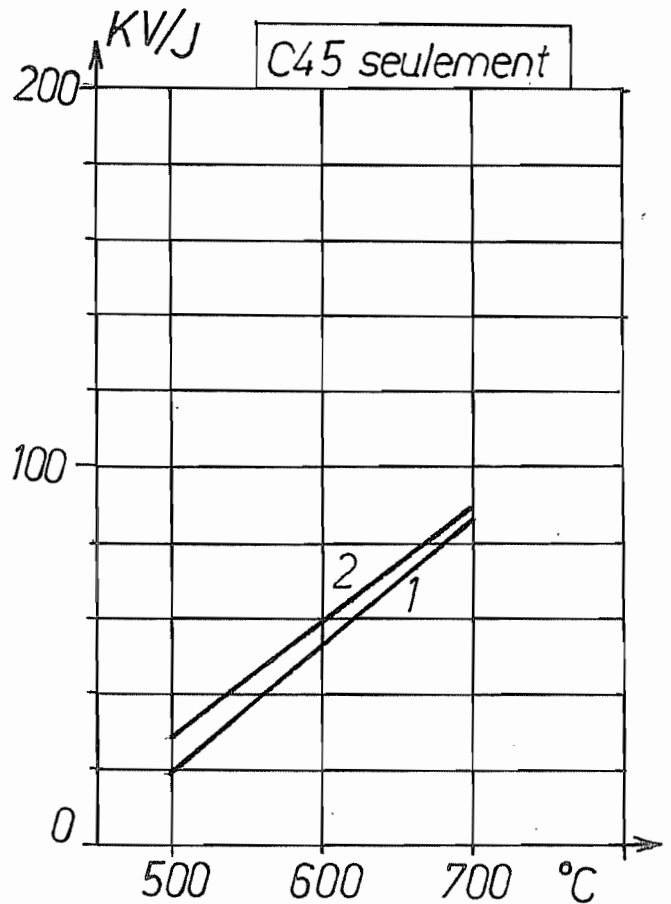
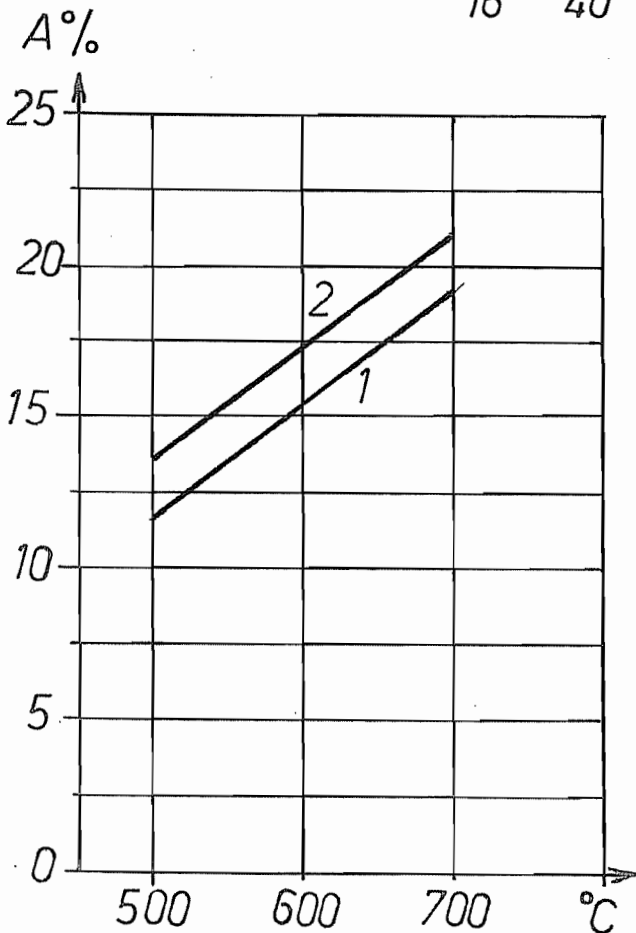
Diagramme de revenu

DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

C45] + HL
C50]
T.H.

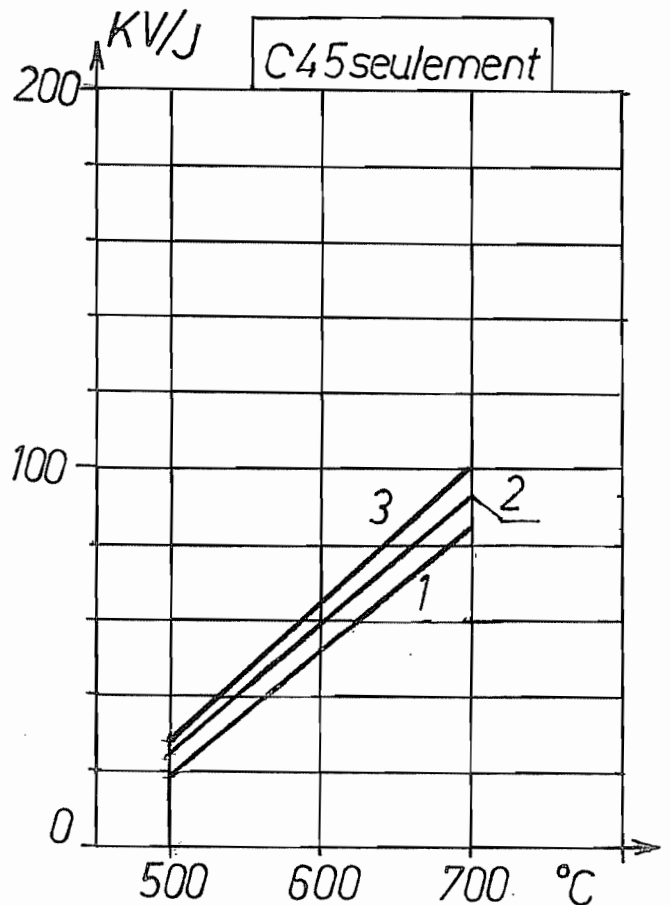
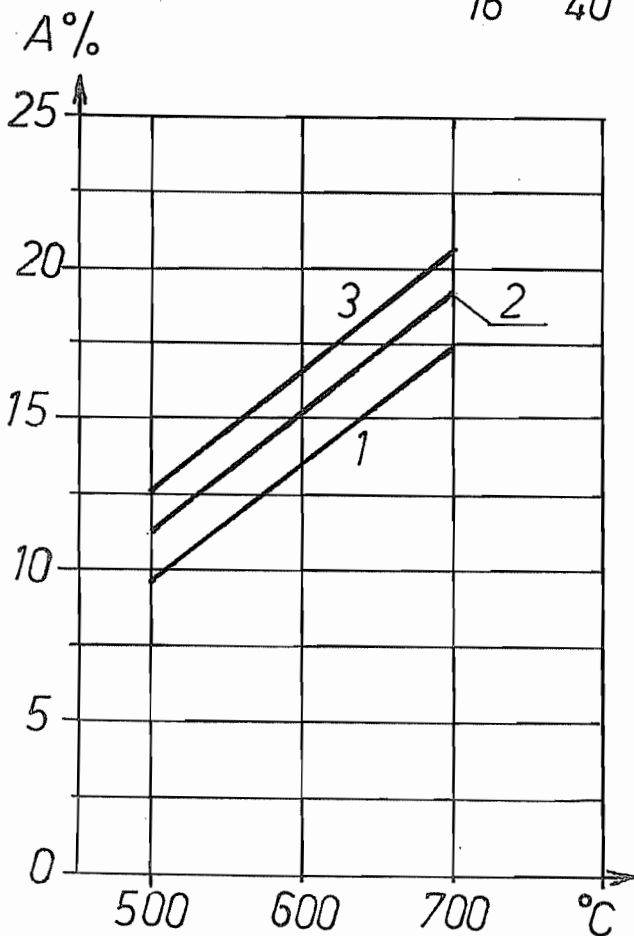
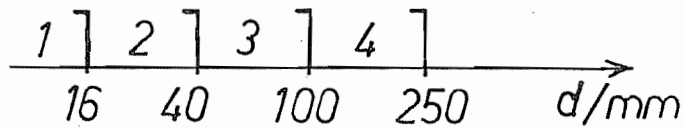
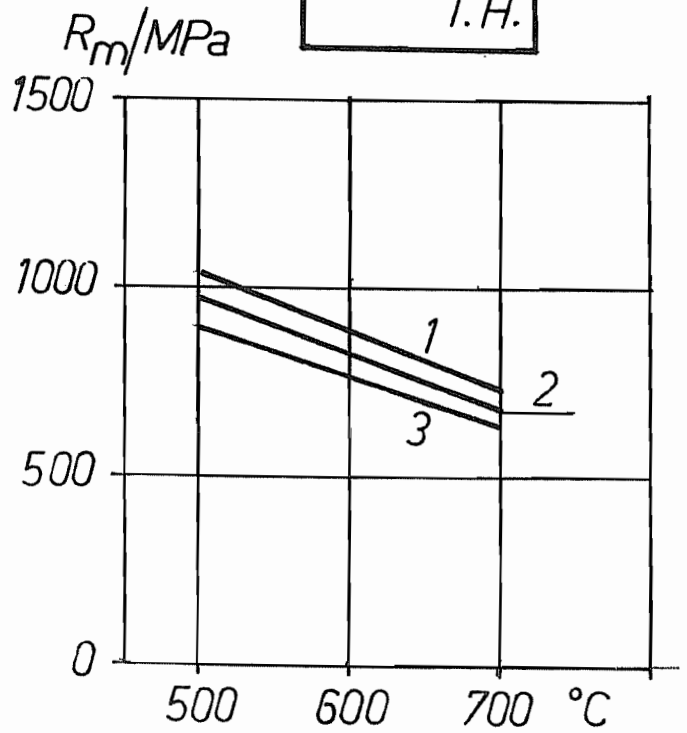
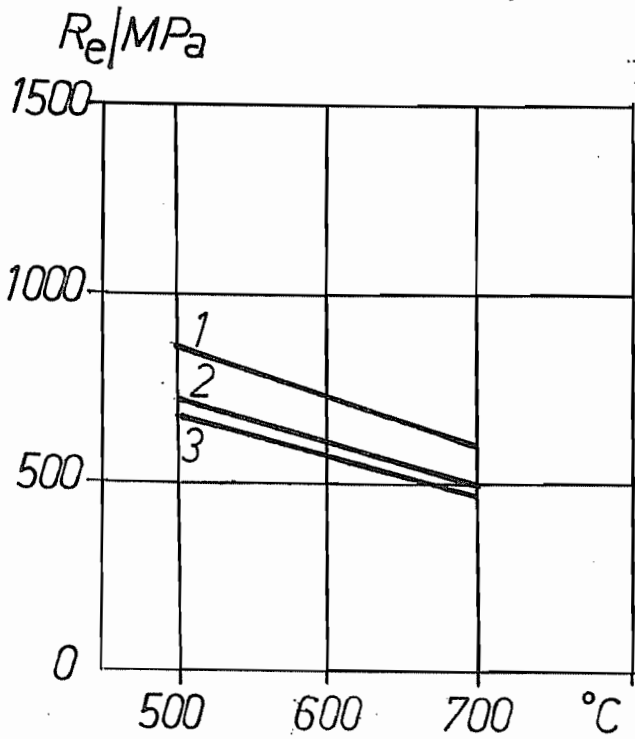


1] 2] 3] 4]
16 40 100 250 d/mm



DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

C45] +HH
C50]
T.H.

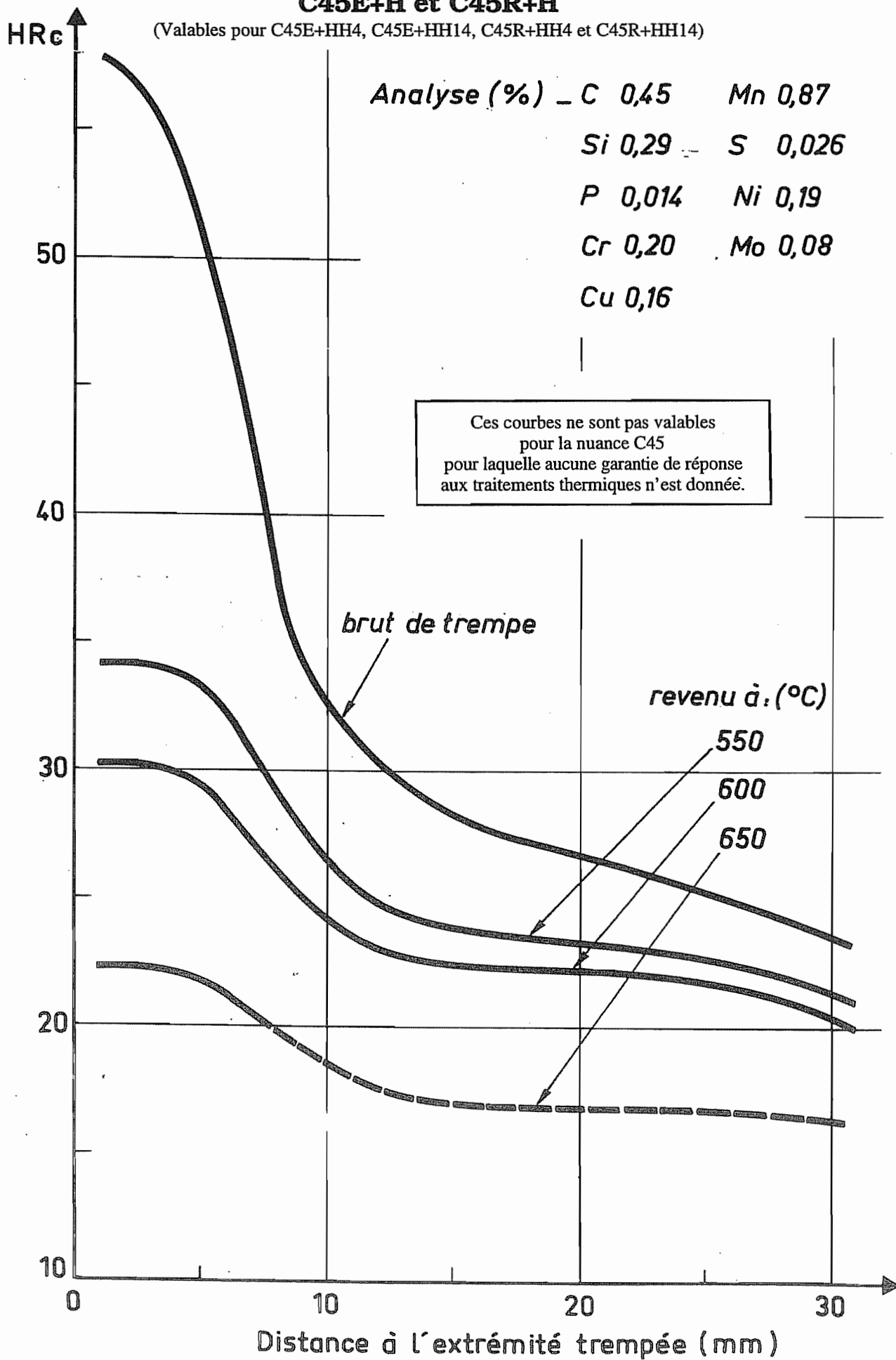


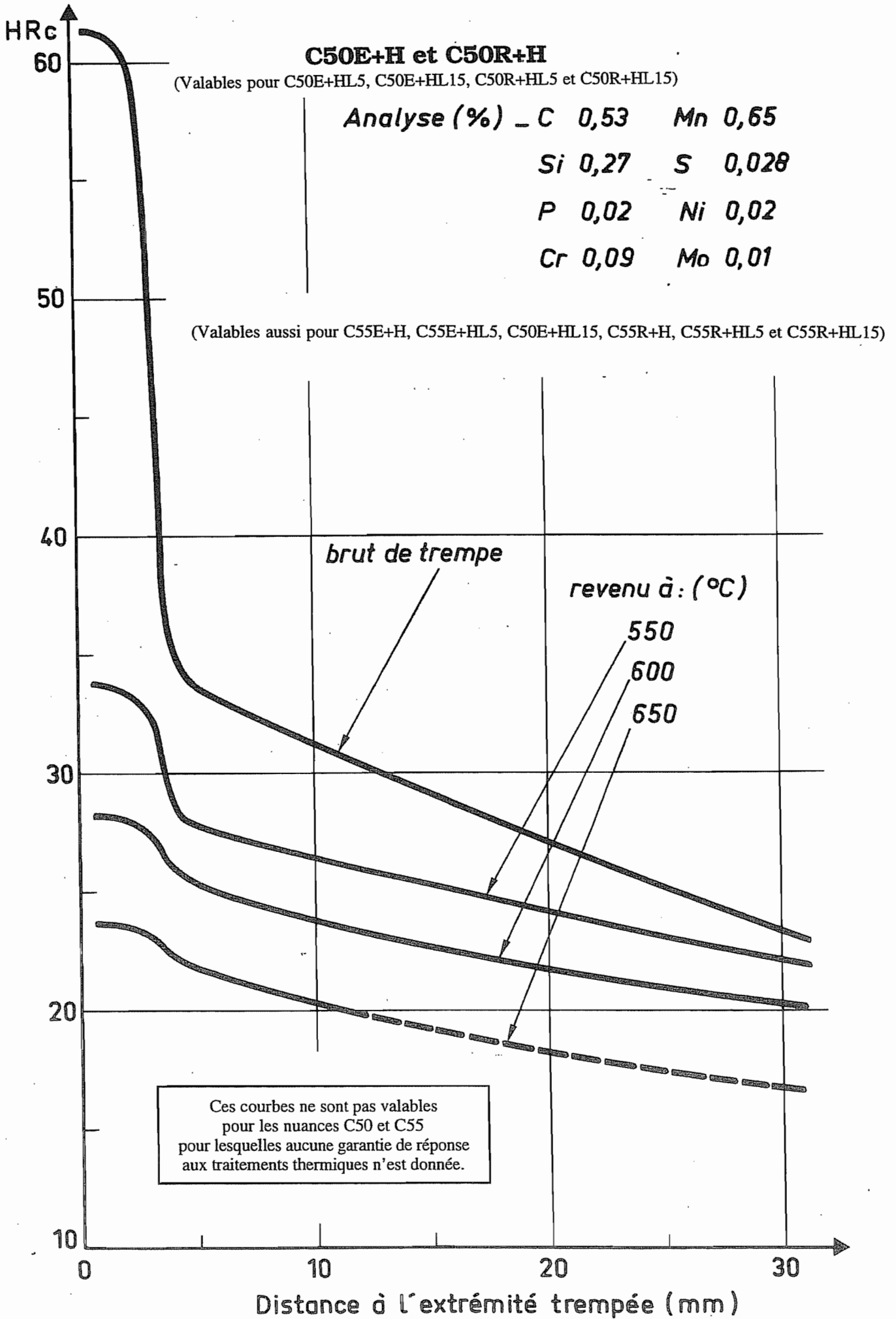
C45E+H et C45R+H

(Valables pour C45E+HH4, C45E+HH14, C45R+HH4 et C45R+HH14)

Analyse (%) - C 0,45 Mn 0,87
Si 0,29 S 0,026
P 0,014 Ni 0,19
Cr 0,20 Mo 0,08
Cu 0,16

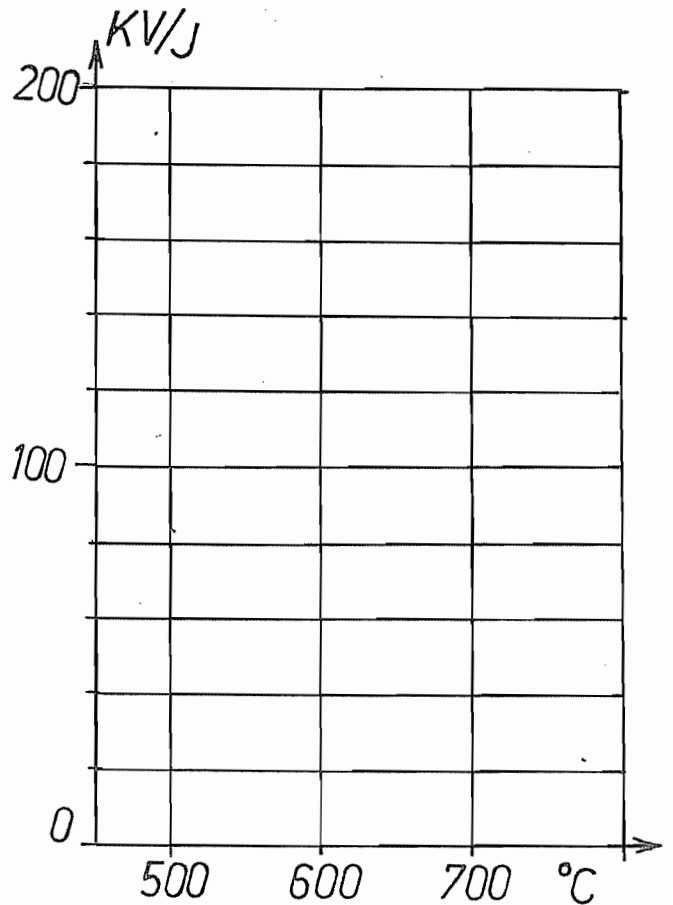
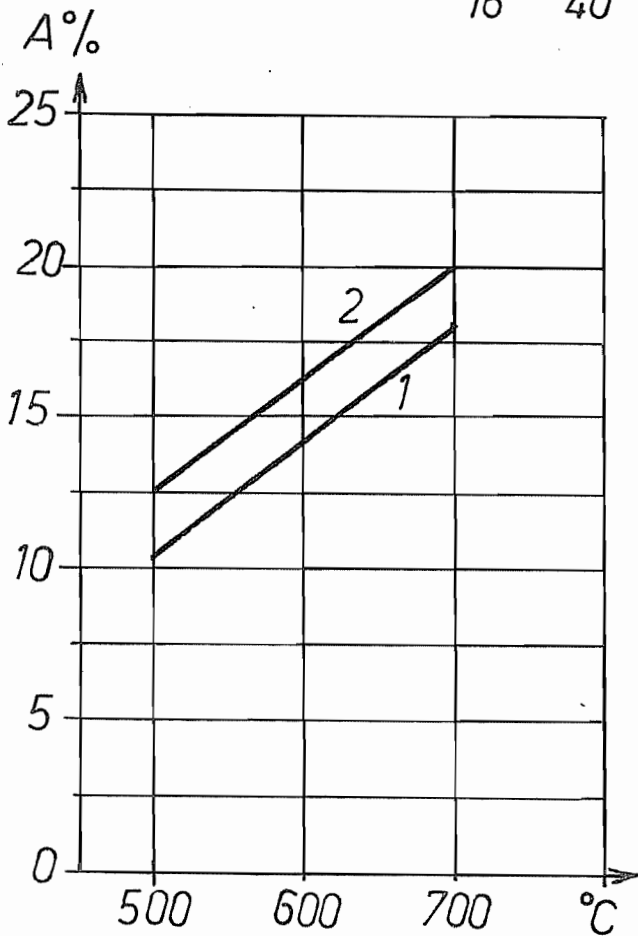
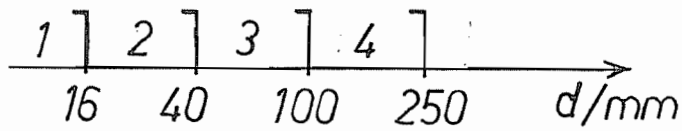
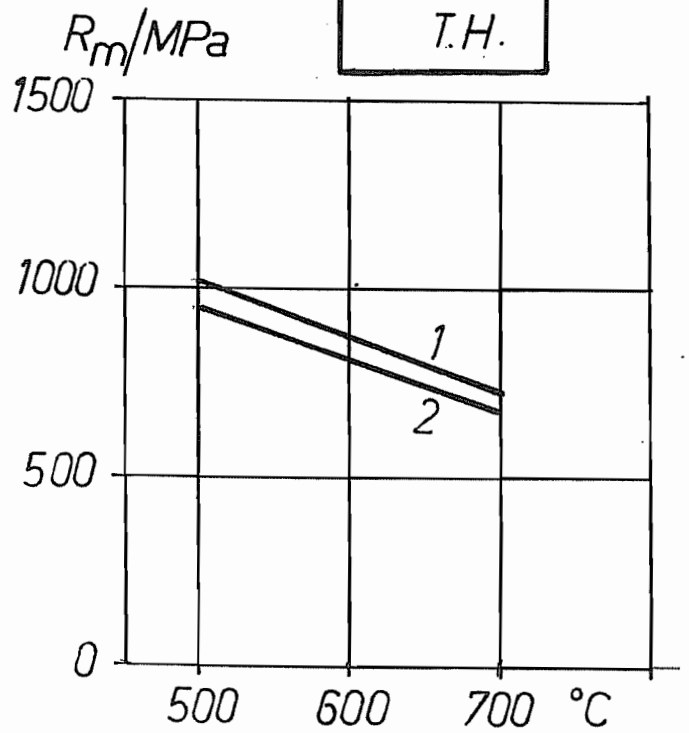
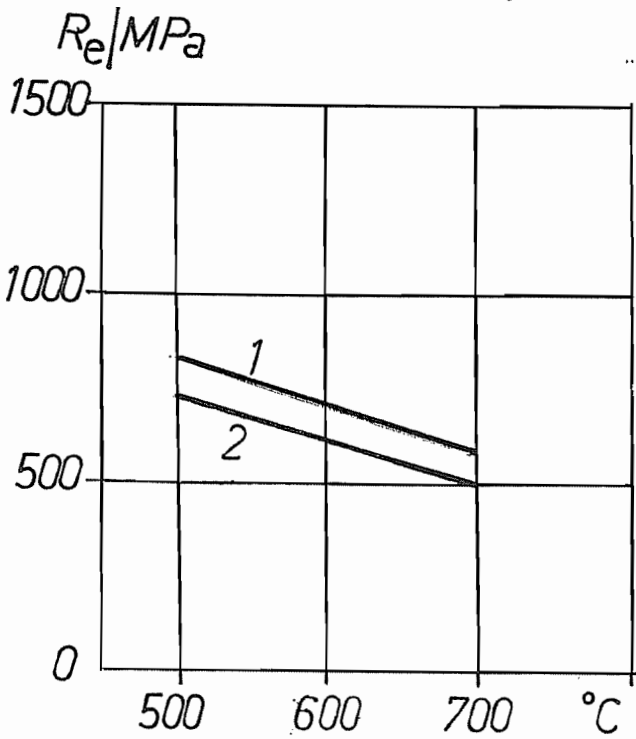
Ces courbes ne sont pas valables pour la nuance C45 pour laquelle aucune garantie de réponse aux traitements thermiques n'est donnée.





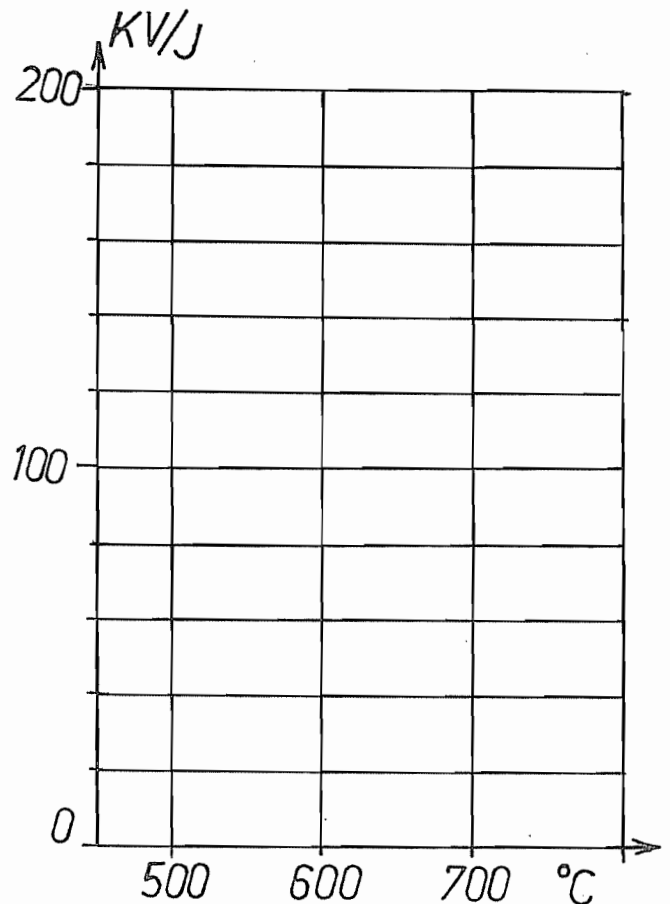
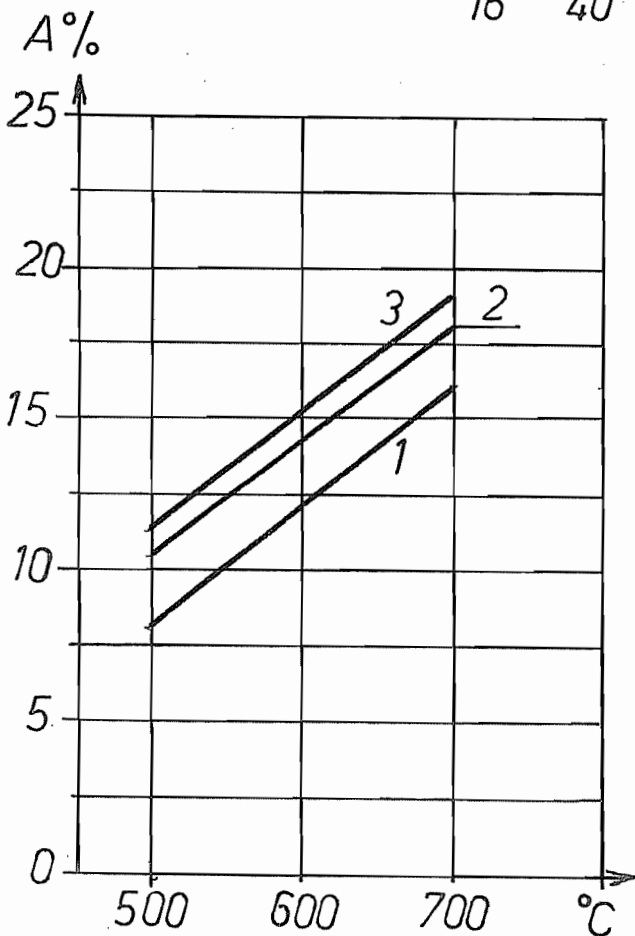
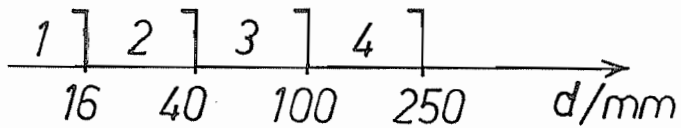
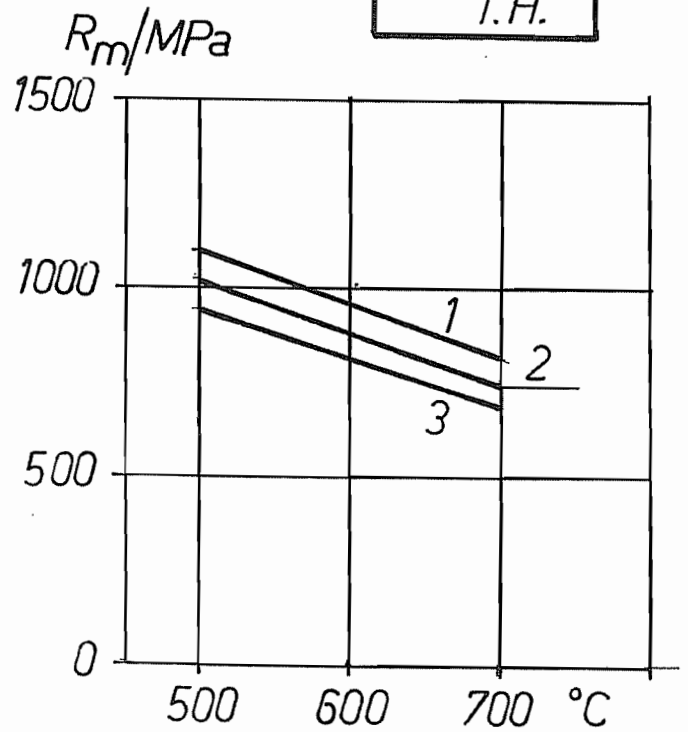
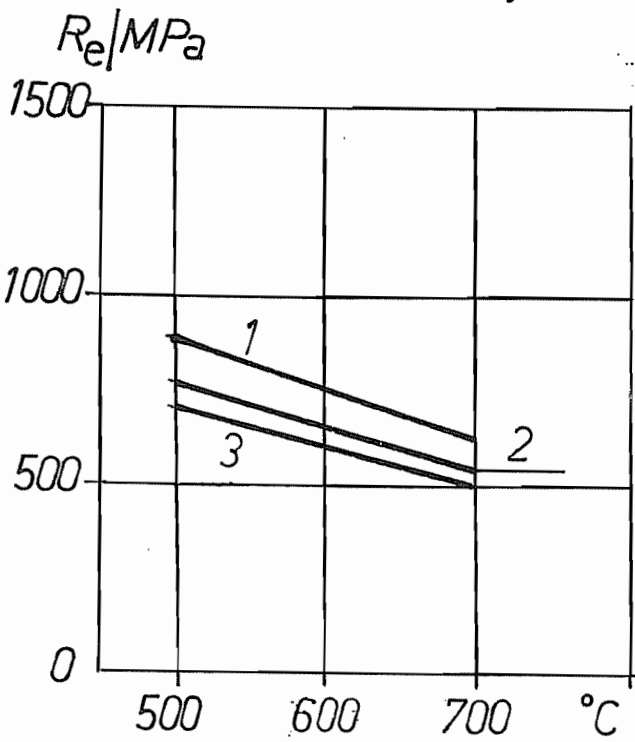
DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

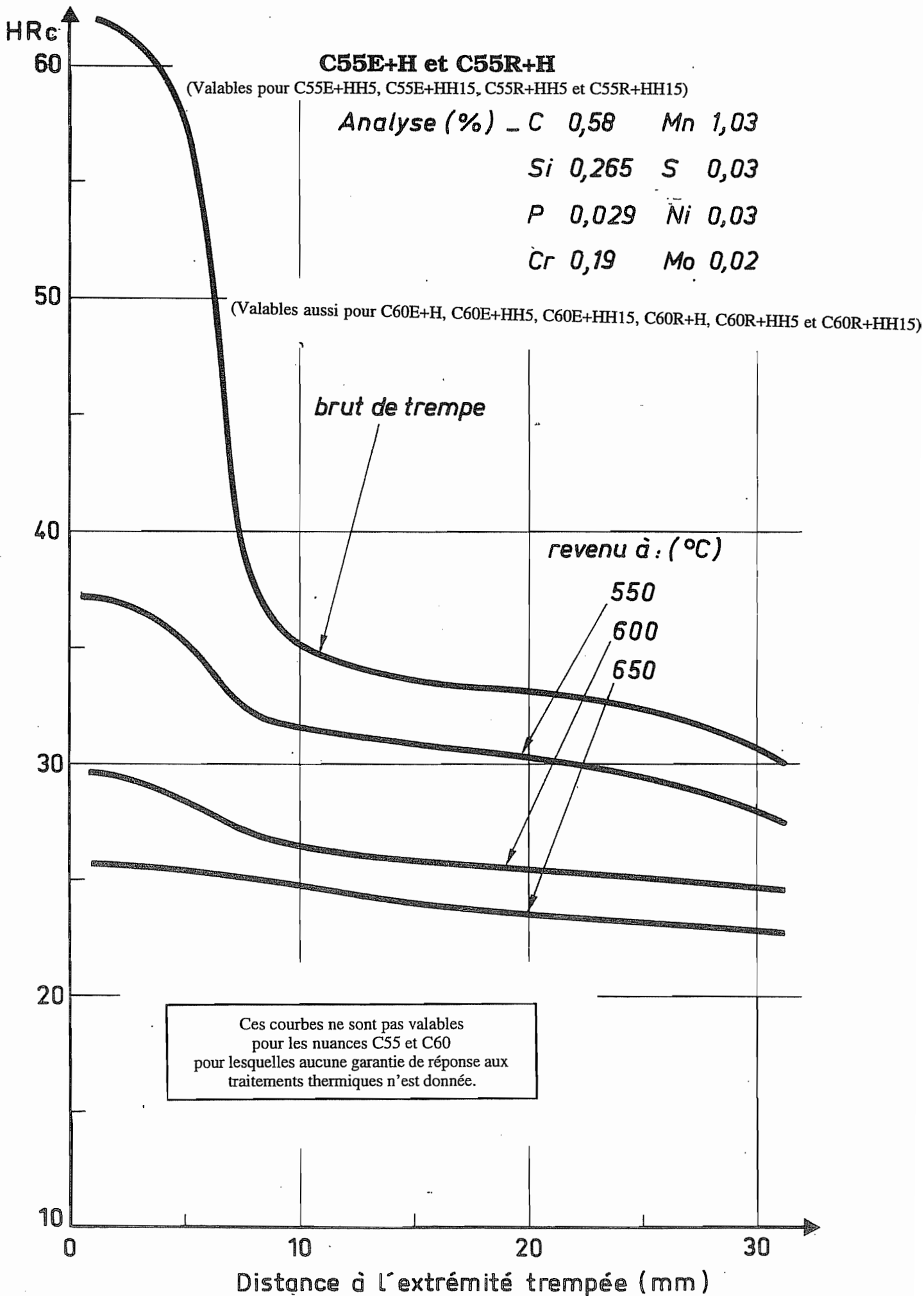
C55 + HL
T.H.



DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

C55+HH
T.H.

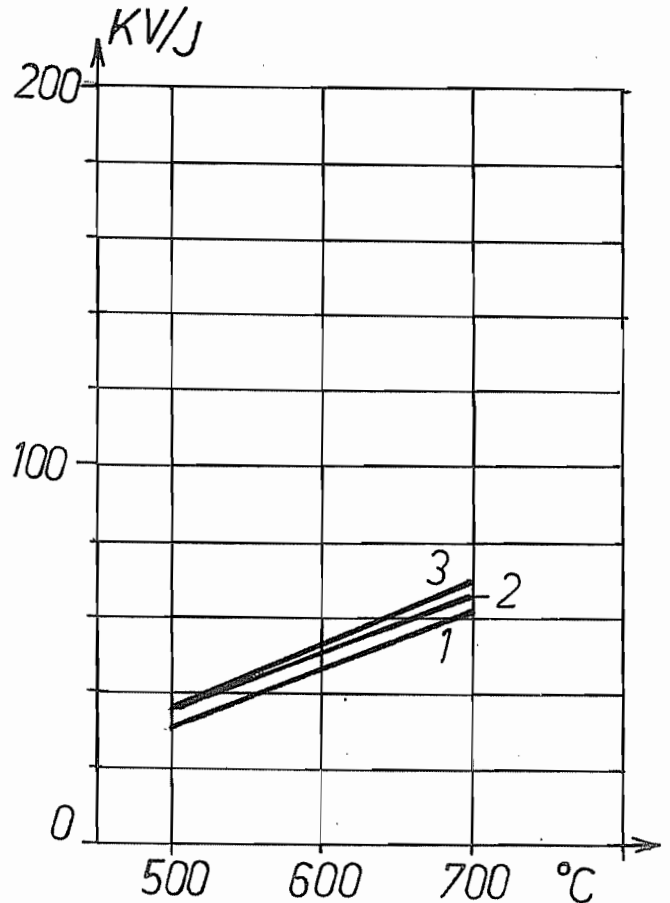
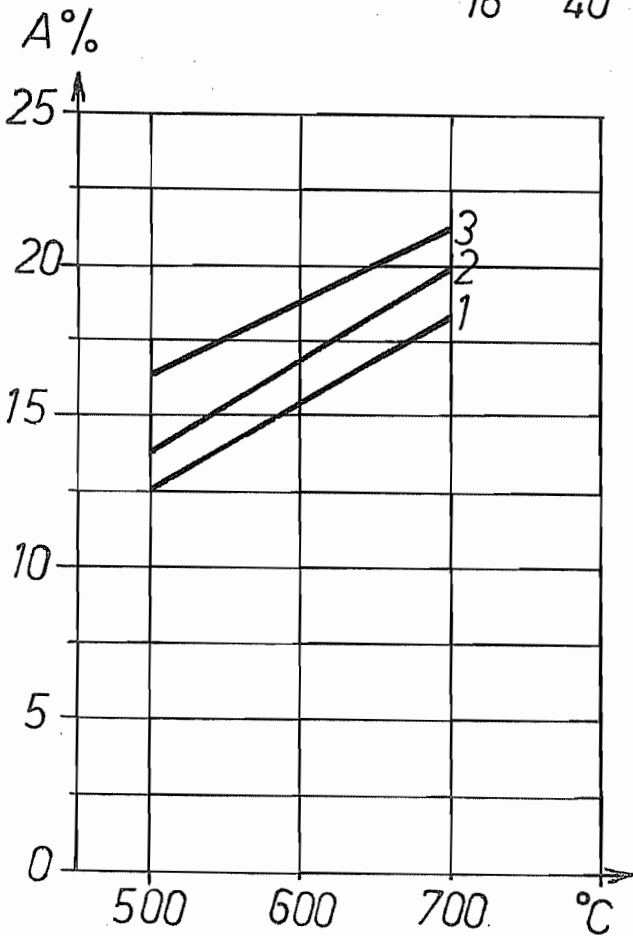
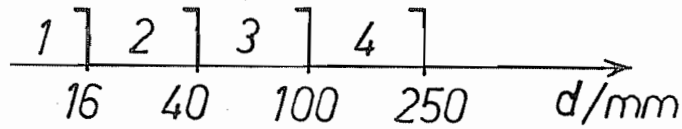
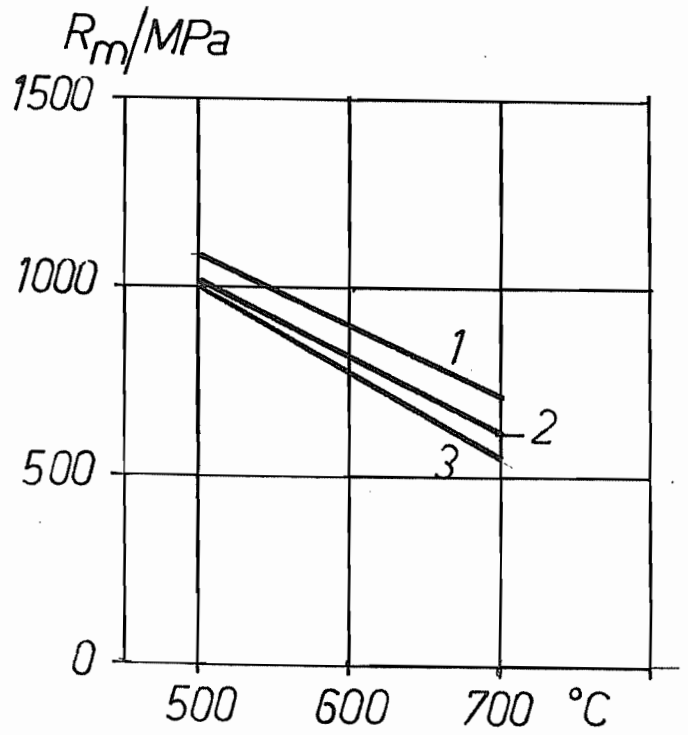
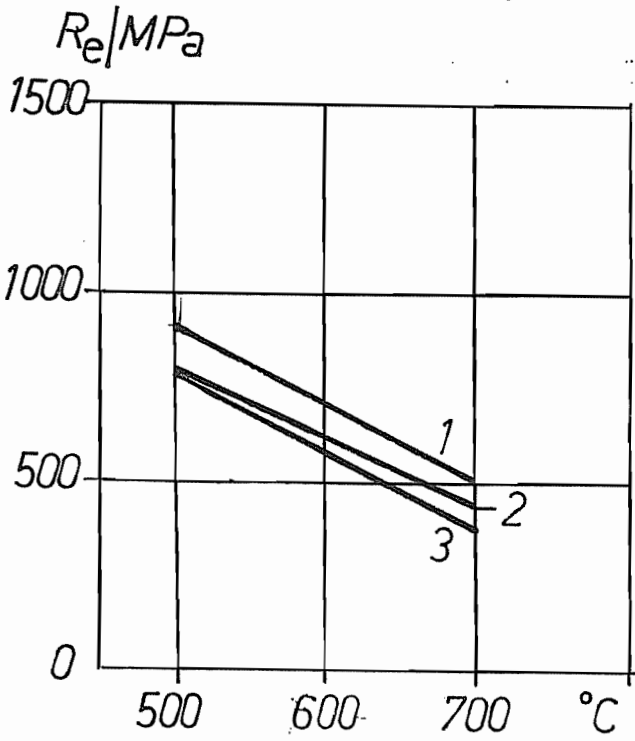




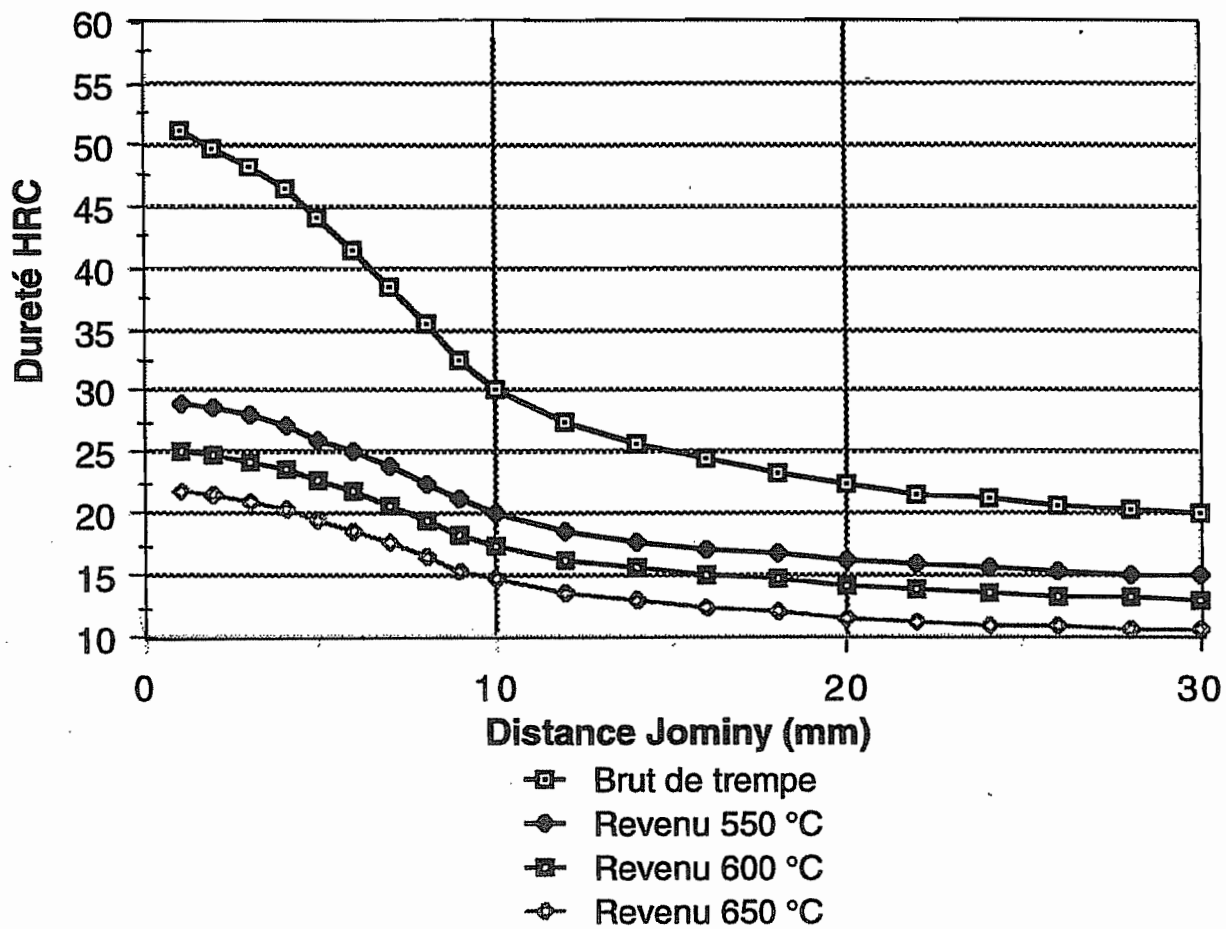
DIAGRAMMES DE REVENU

moyennes à 20 °C

28Mn6



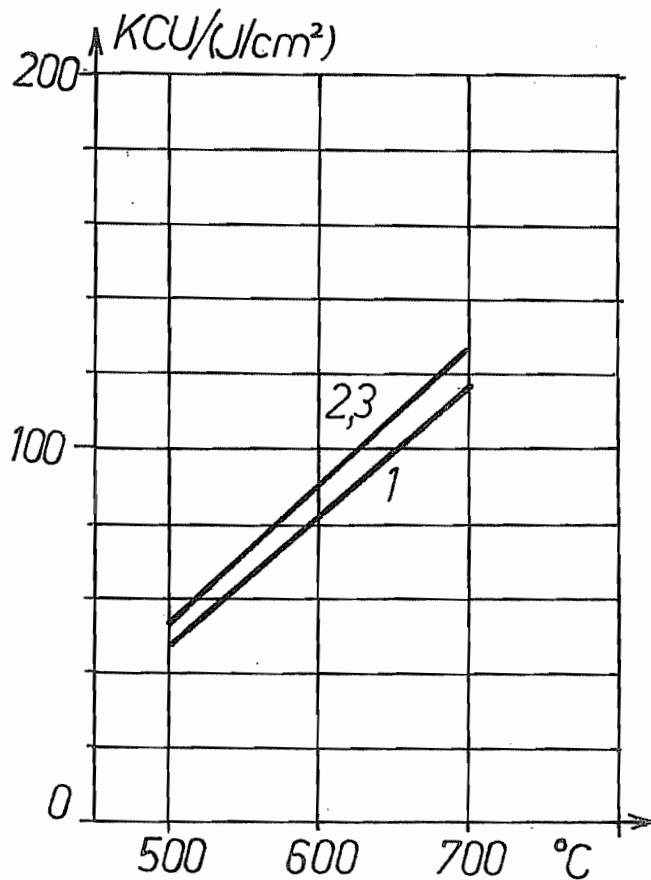
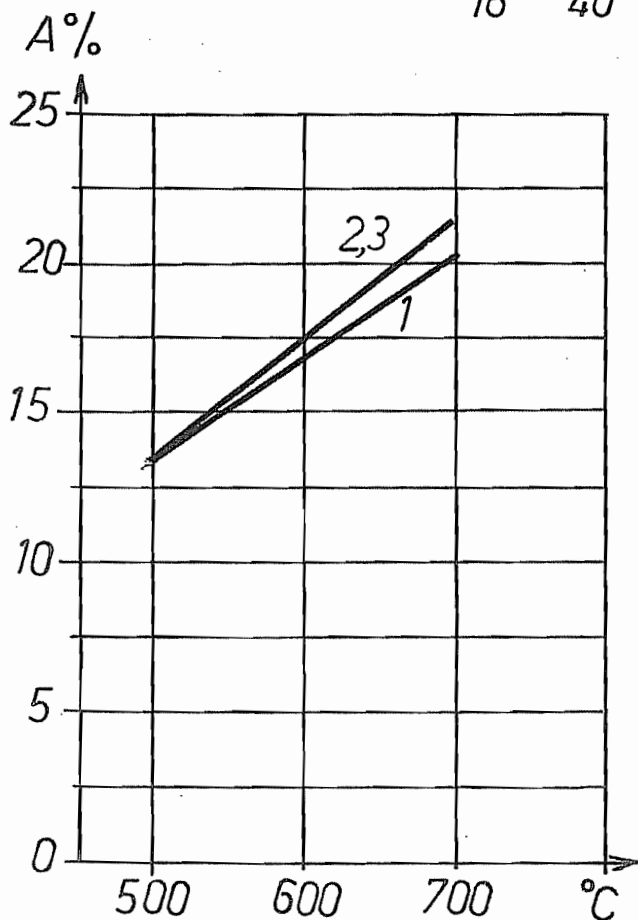
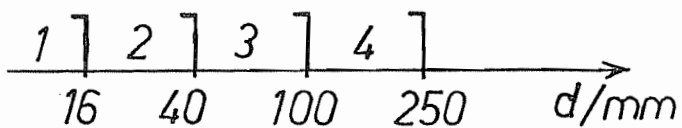
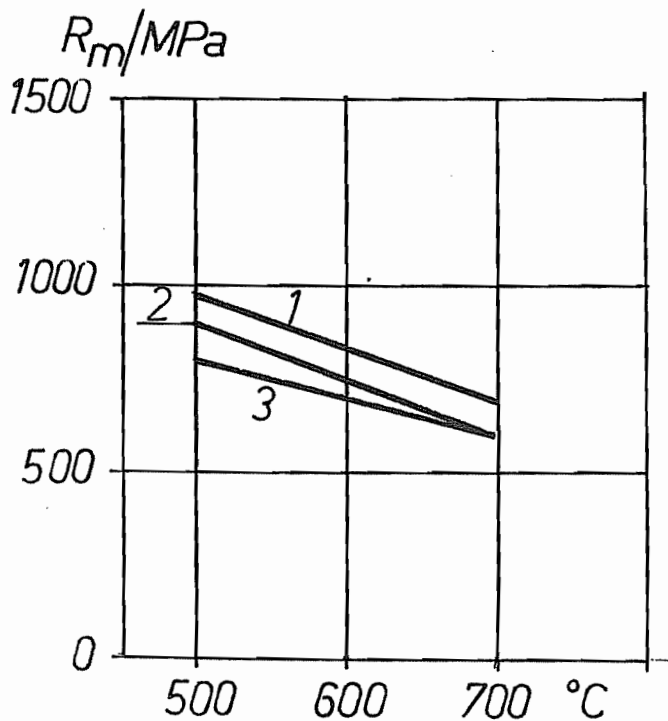
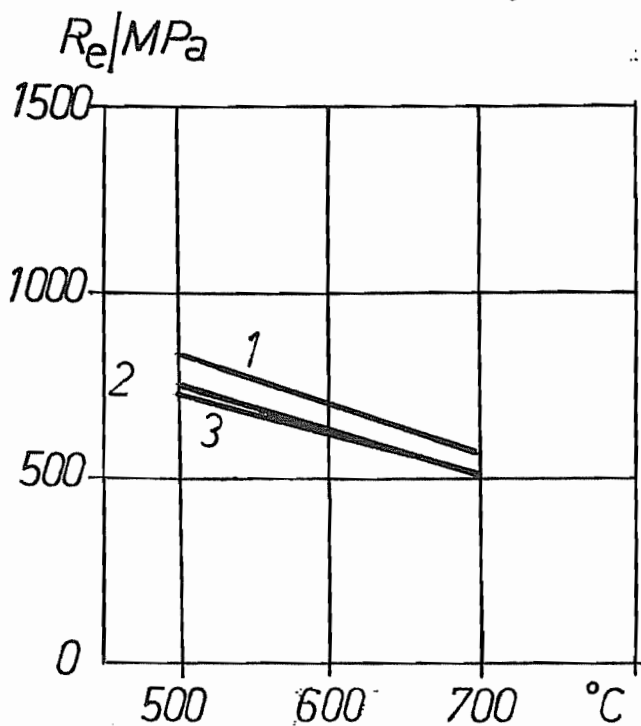
28Mn6 - Courbes Jominy moyennes



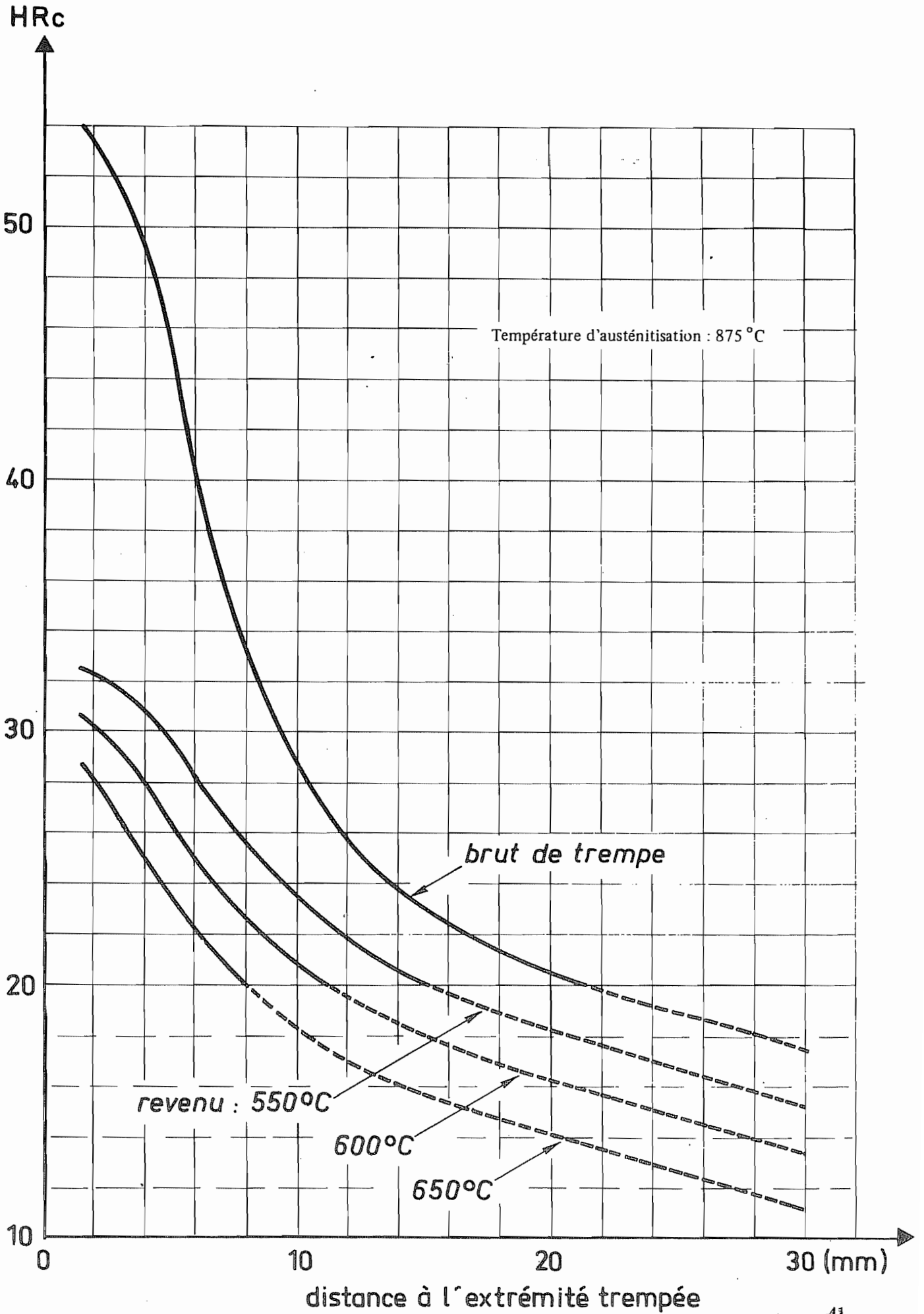
DIAGRAMMES DE REVENU 38Cr2

38Cr2

moyennes à 20 °C

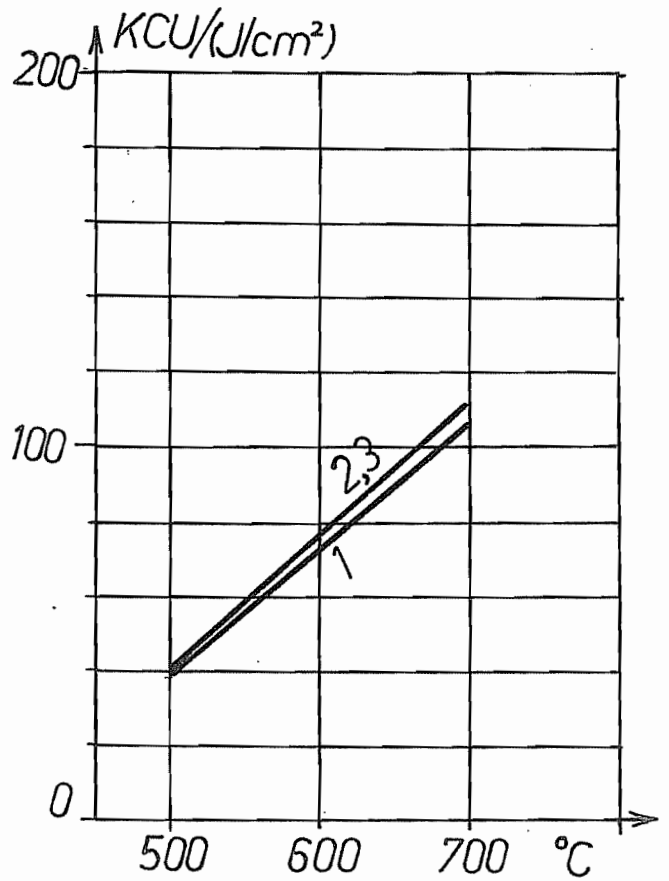
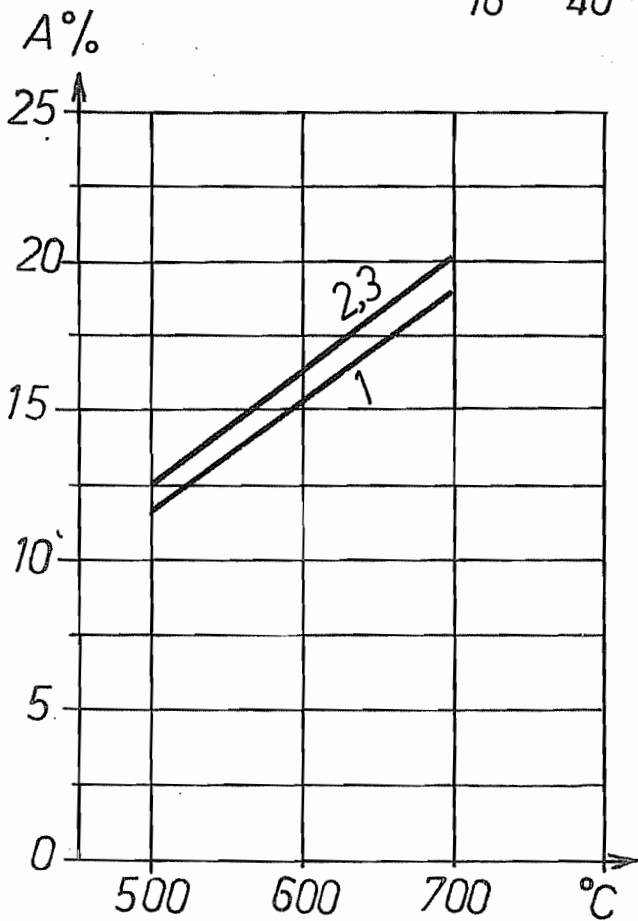
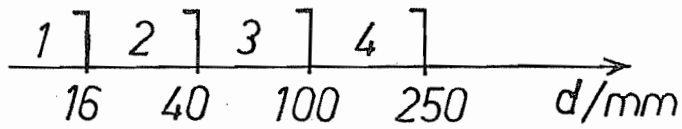
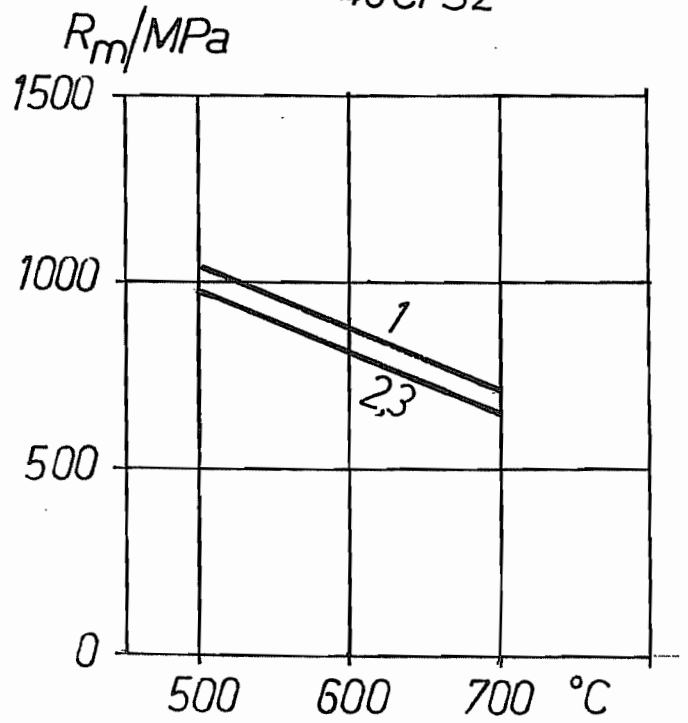
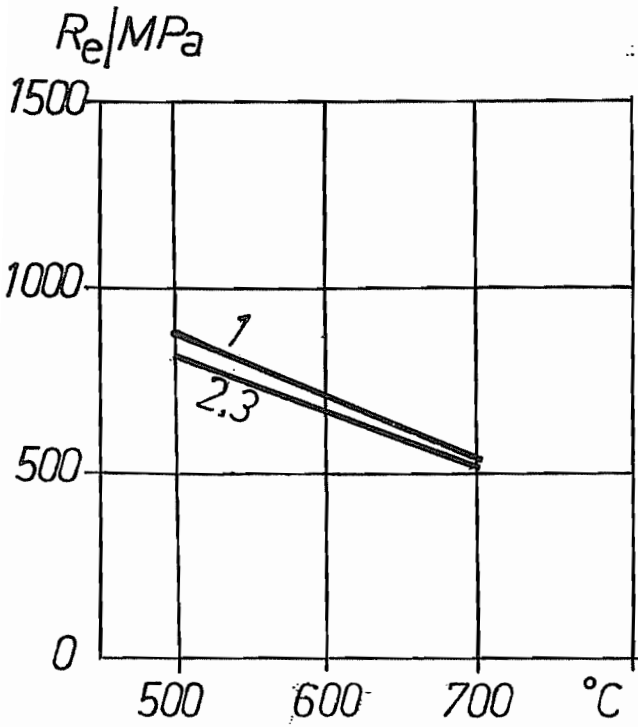


38 Cr 2 + HL

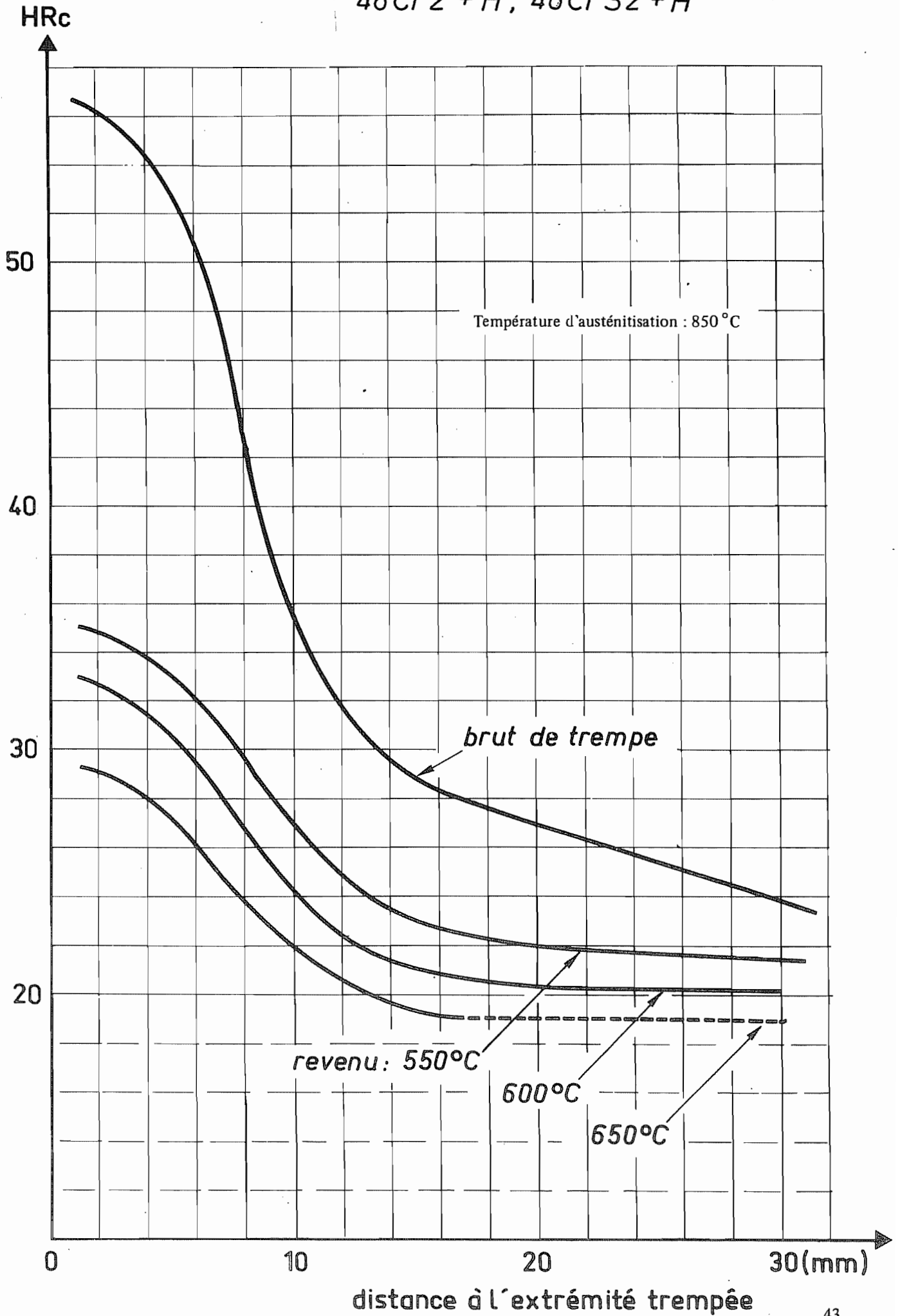


DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

46Cr 2
46CrS2

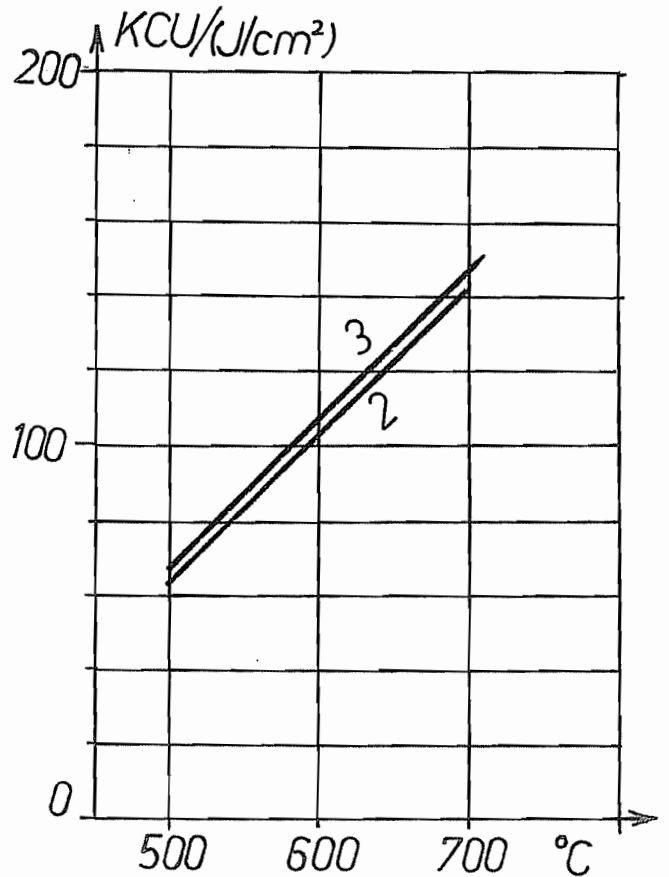
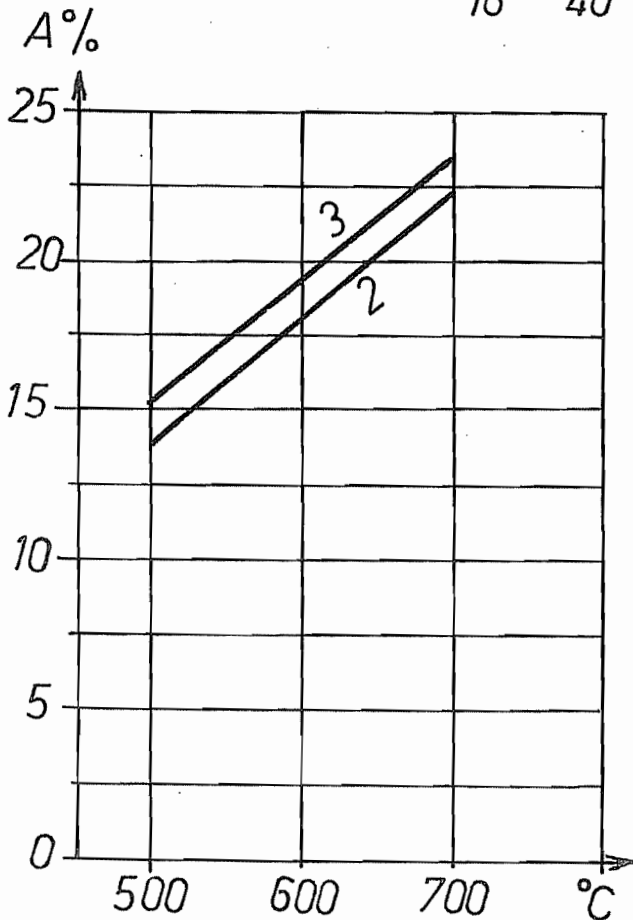
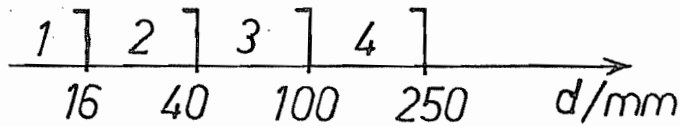
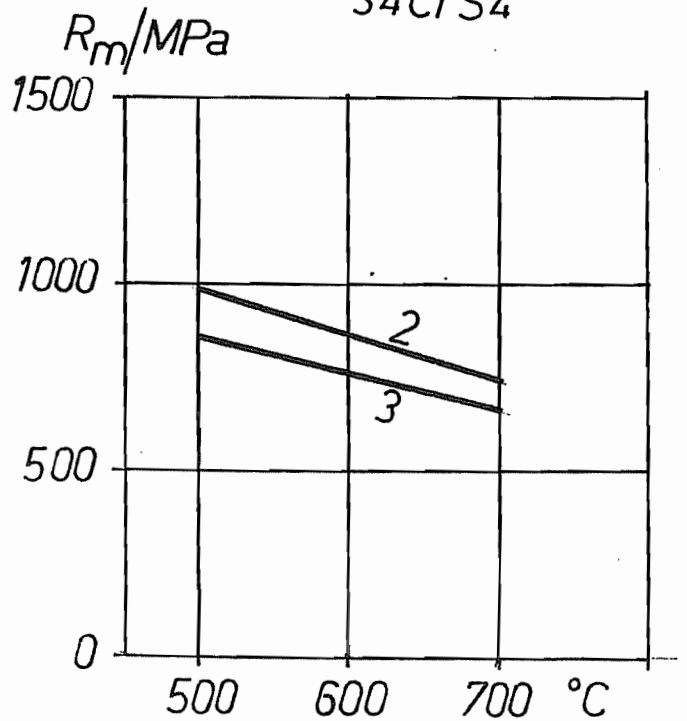
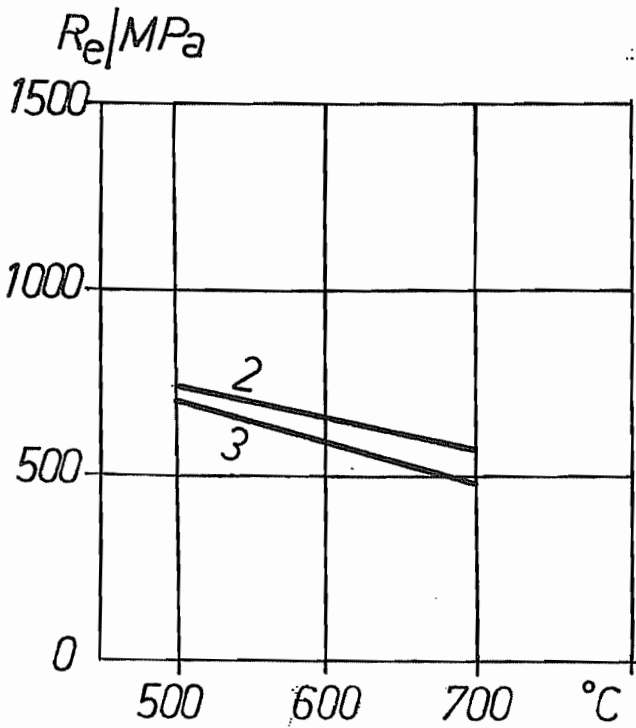


46Cr2 + H, 46CrS2 + H



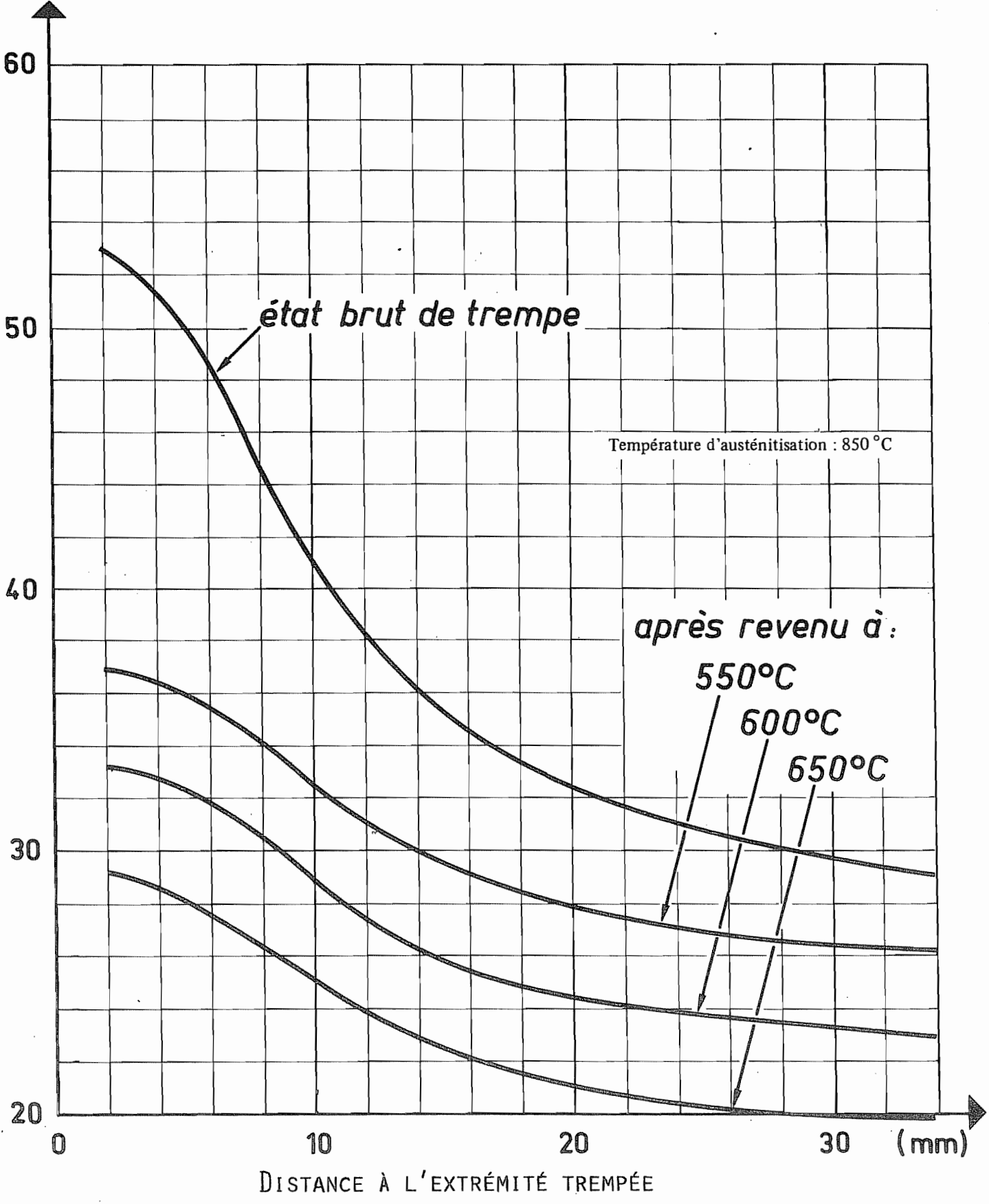
DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

34Cr4
34CrS4



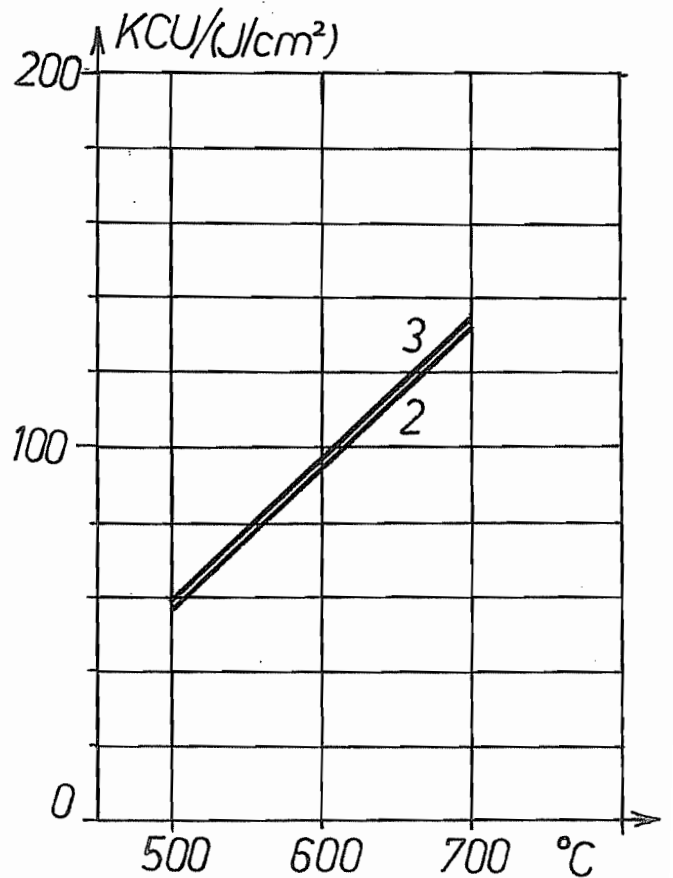
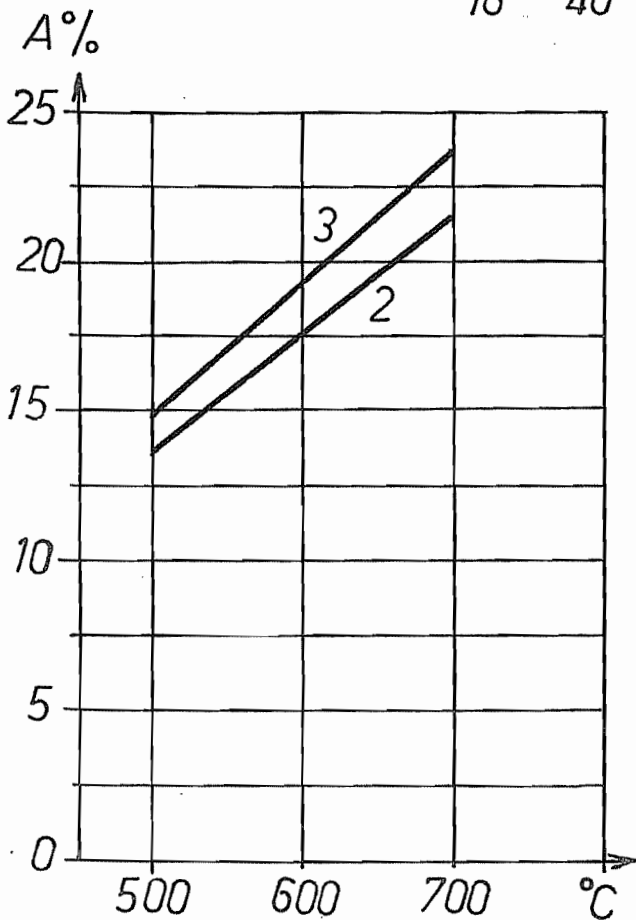
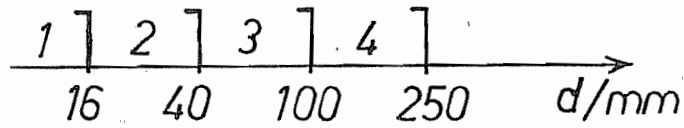
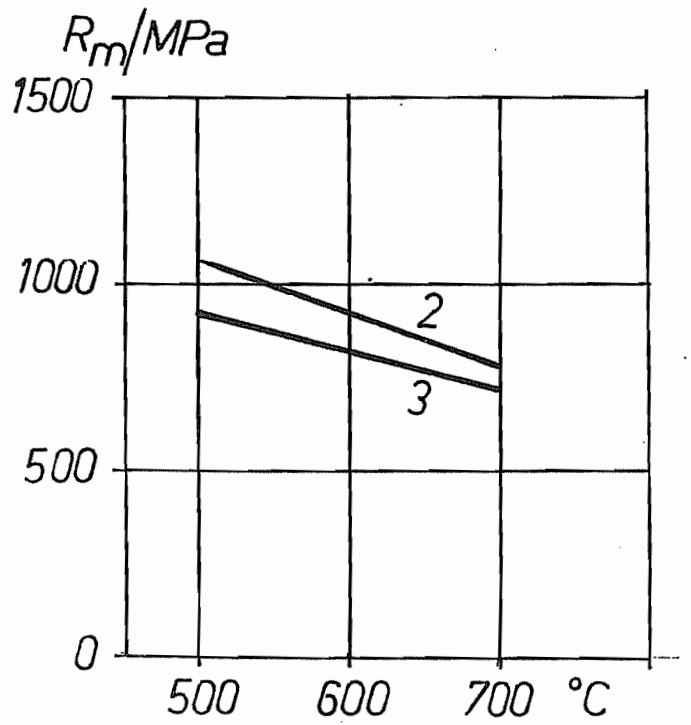
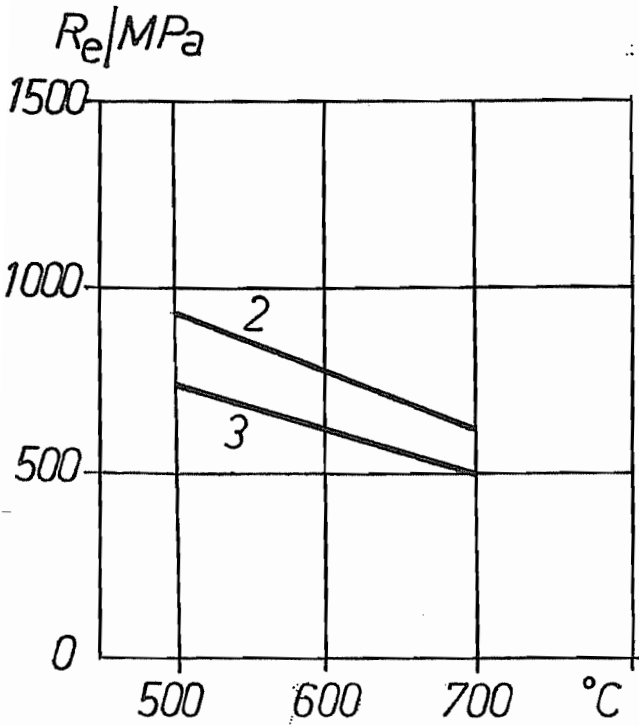
DURETÉ
HRc

34Cr4+H , 34CrS4+H



DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

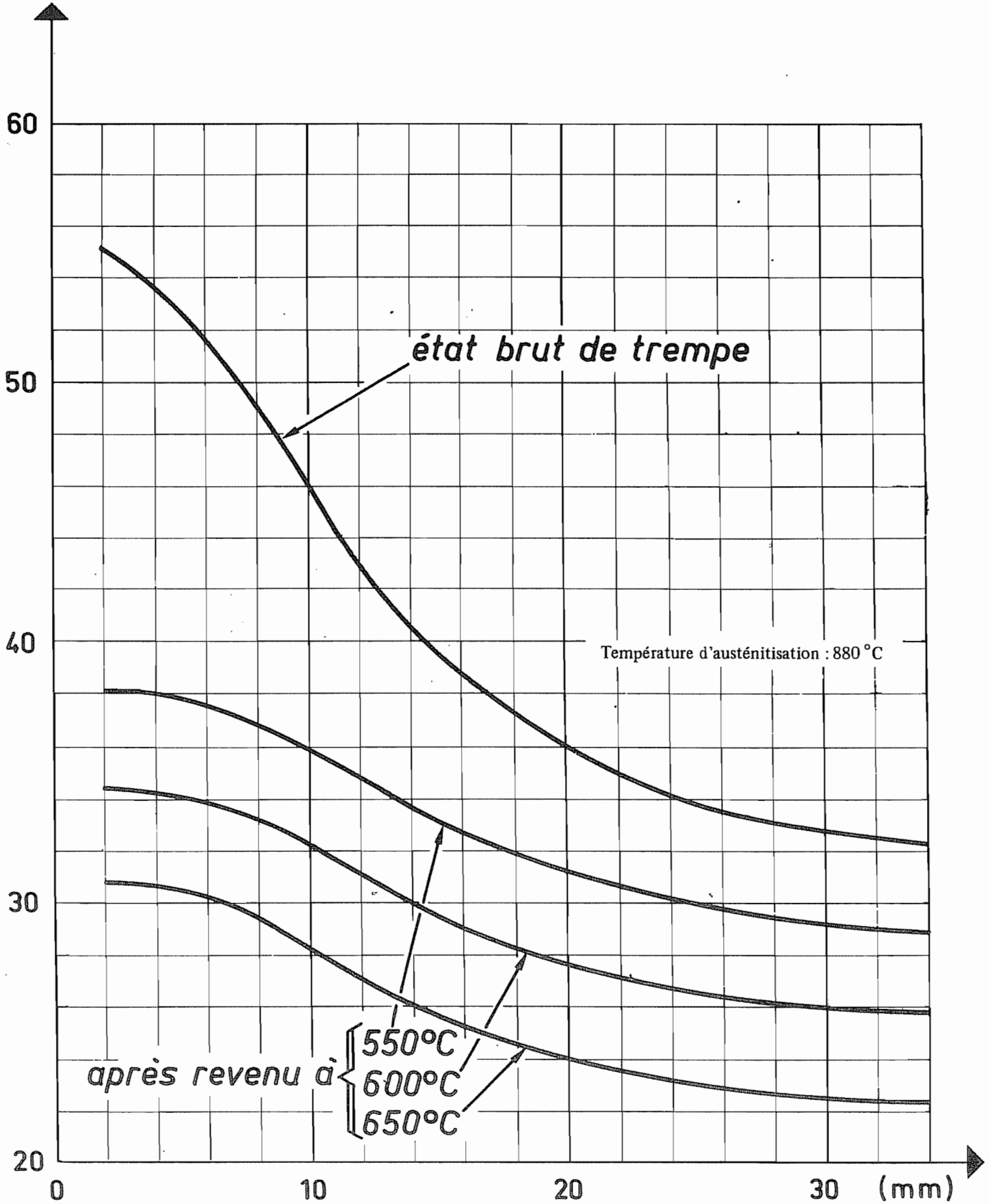
37Cr4
37CrS4



DURETÉ

HRC

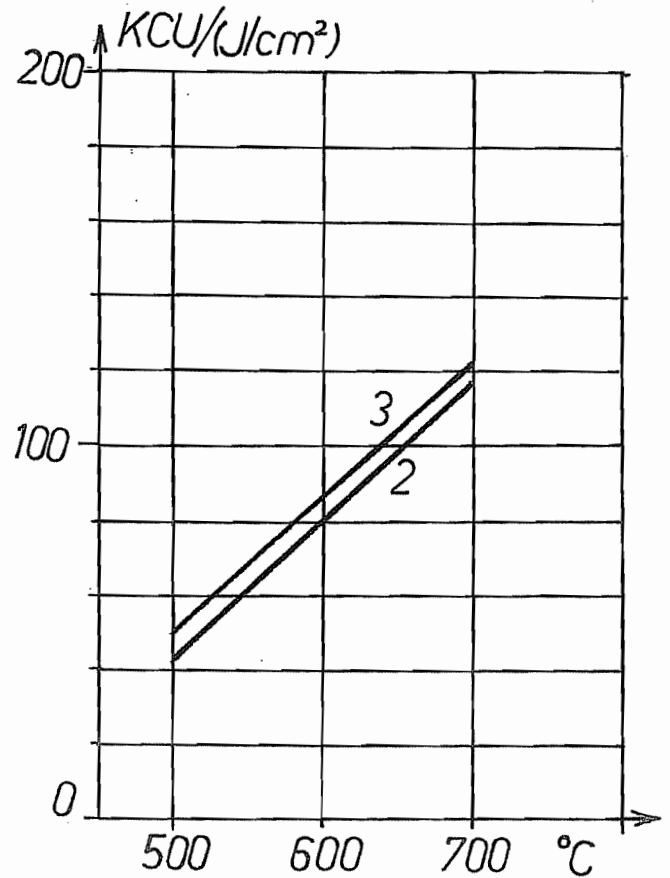
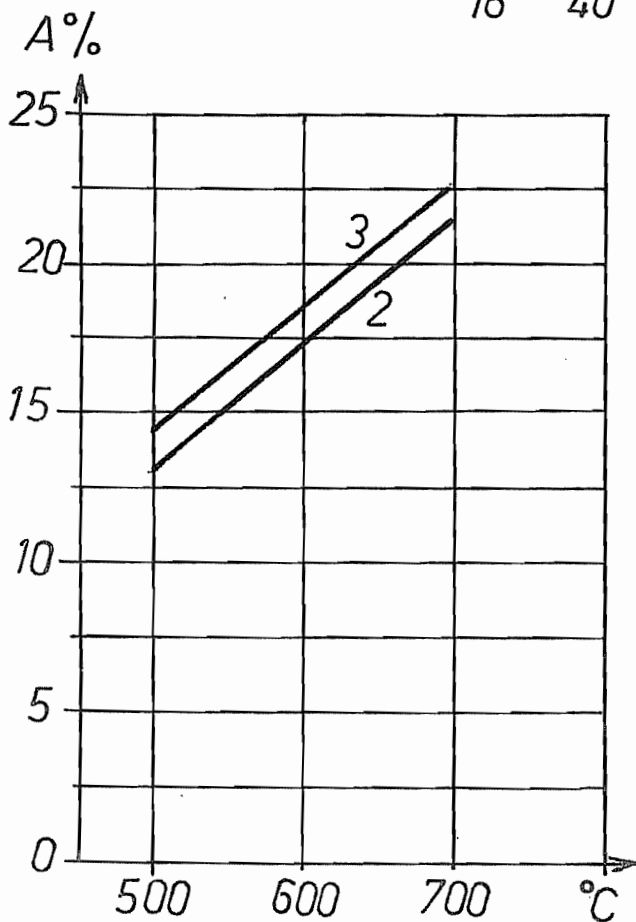
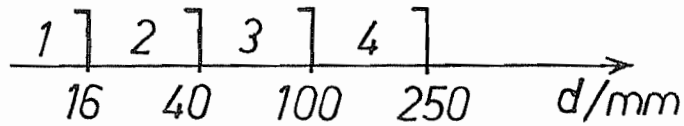
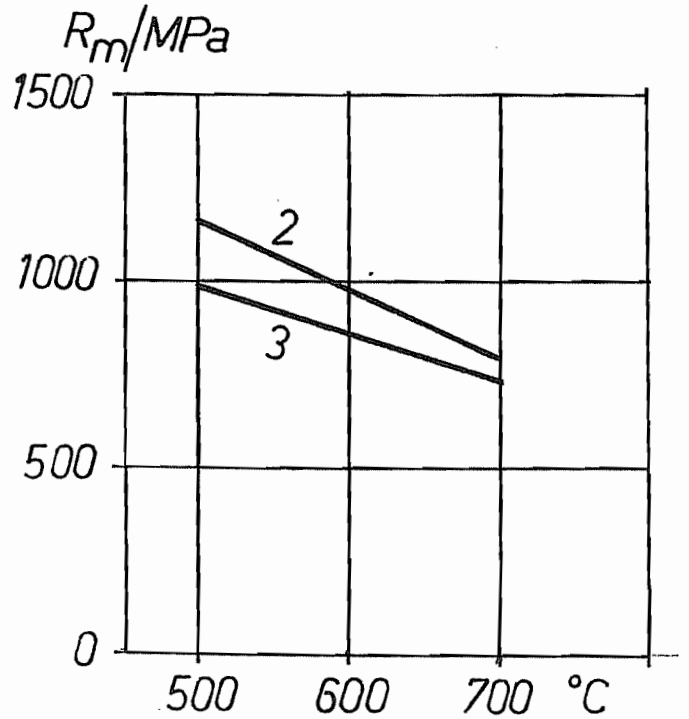
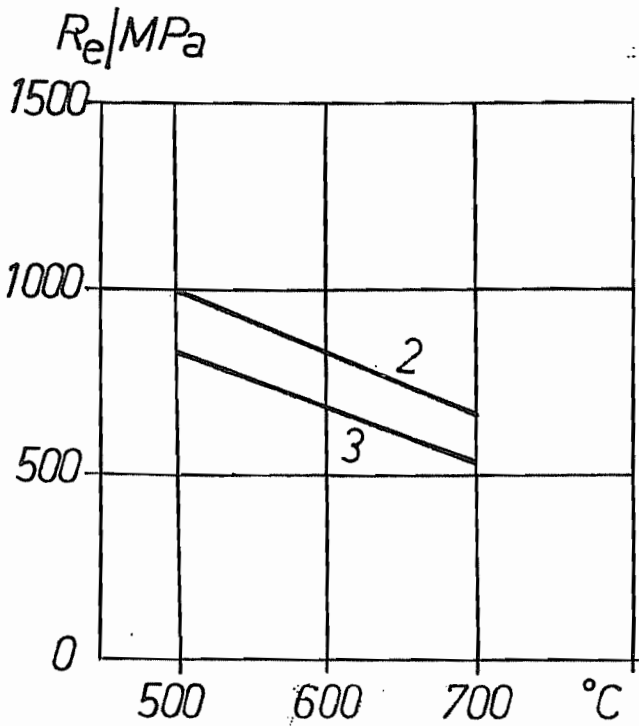
37Cr4+H , 37Cr S4+H



DISTANCE À L'EXTRÉMITÉ TREMPÉE

DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

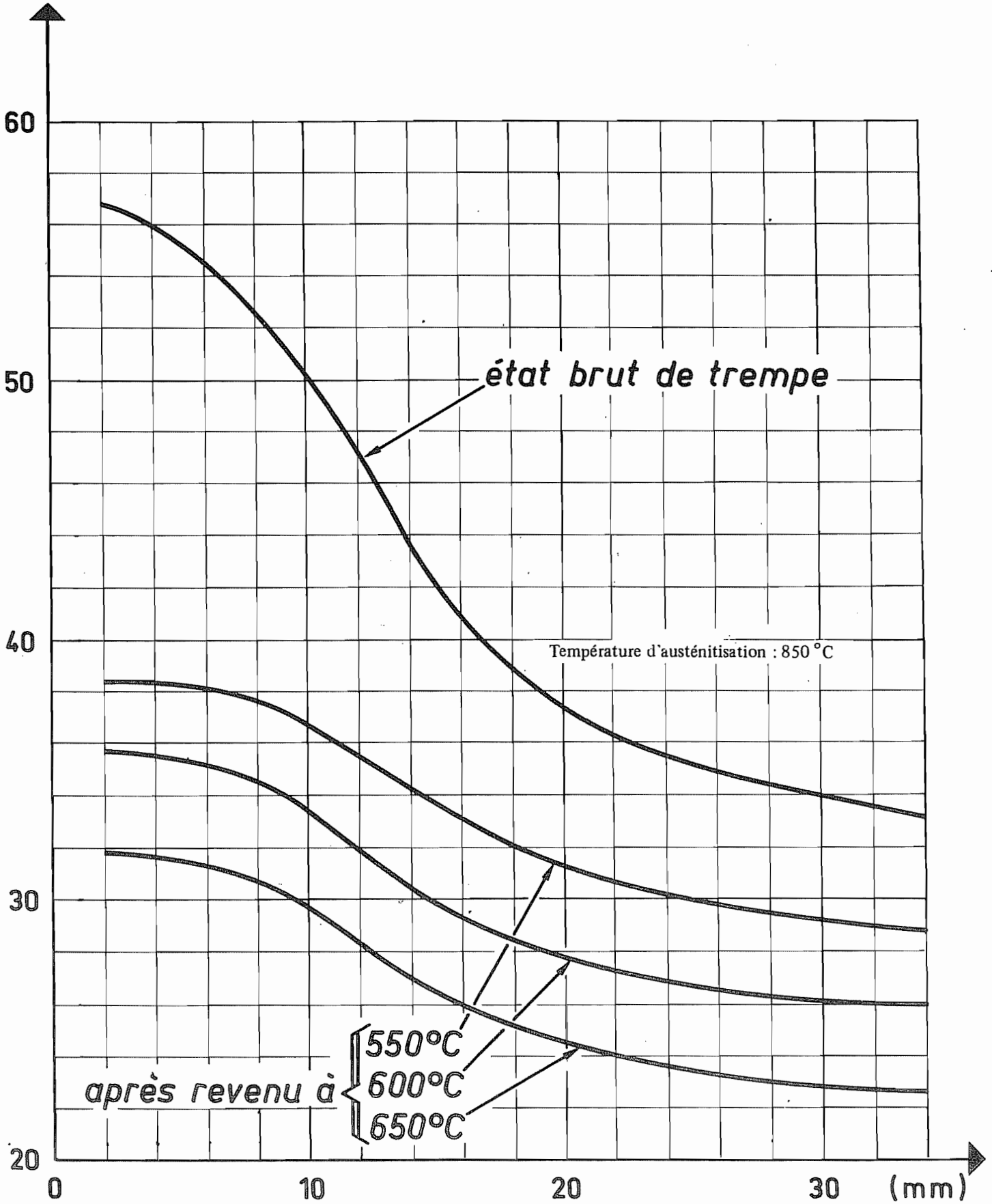
41Cr4
41CrS4



DURETÉ

HRC

41Cr4 + HH , 41Cr S4 + HH



DISTANCE A L'EXTREMITÉ TREMPÉE

25CrMo4

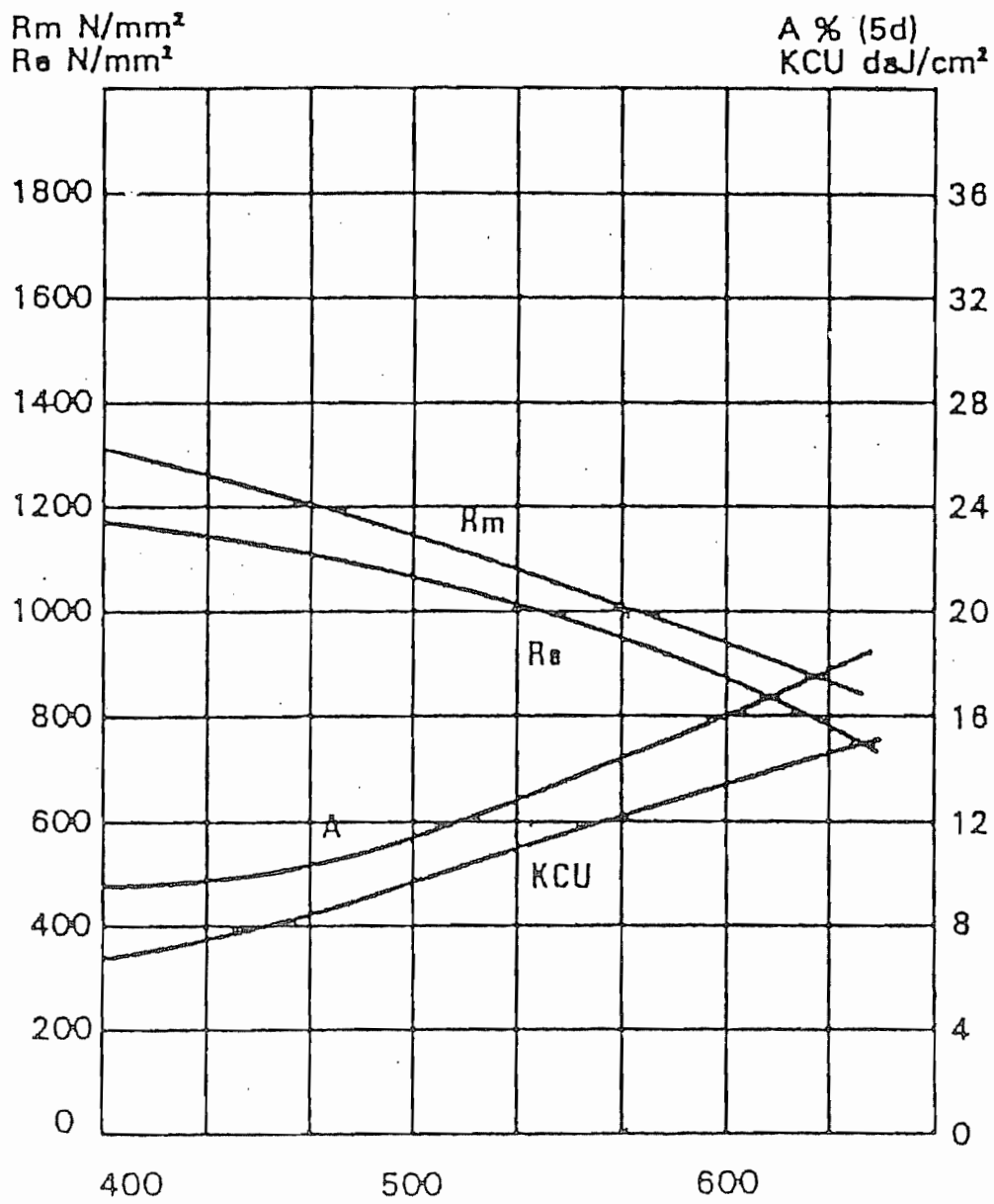
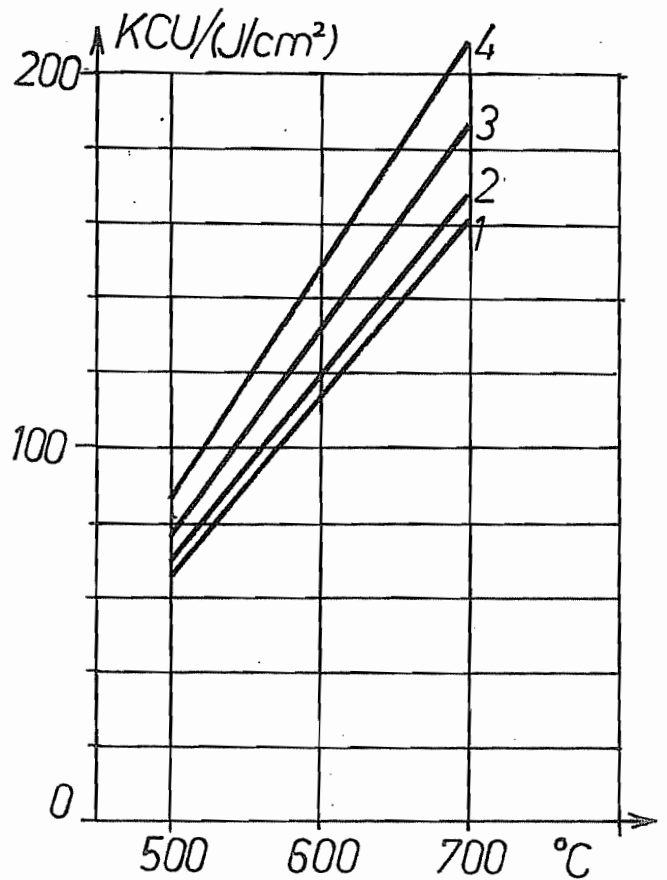
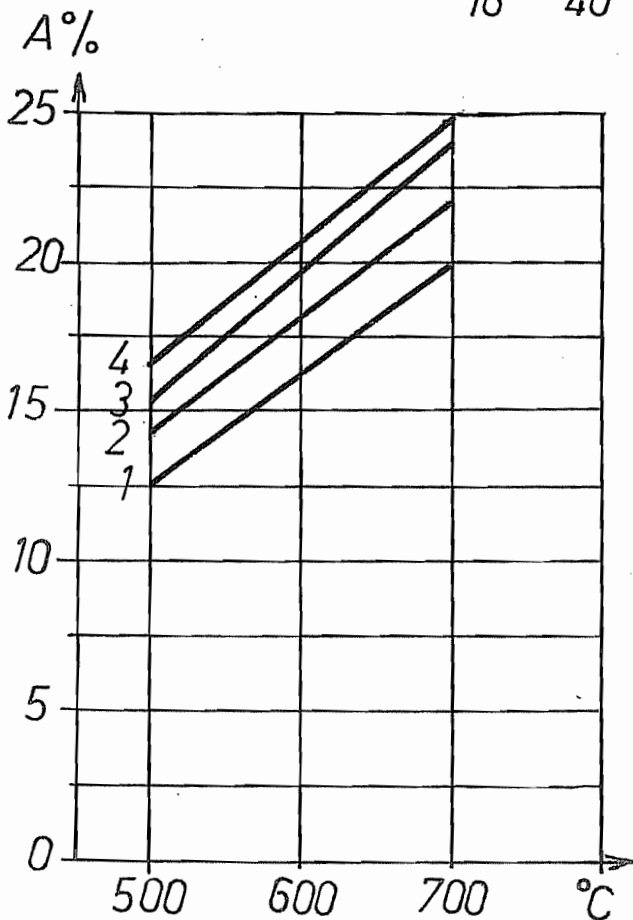
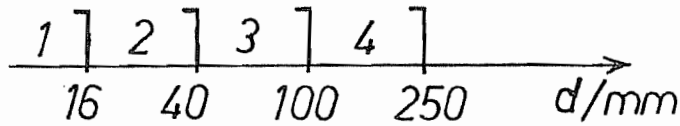
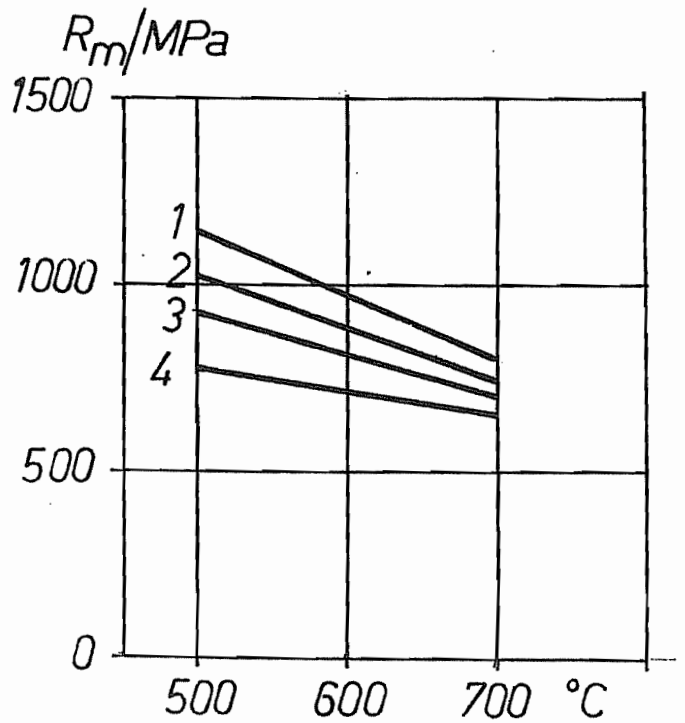
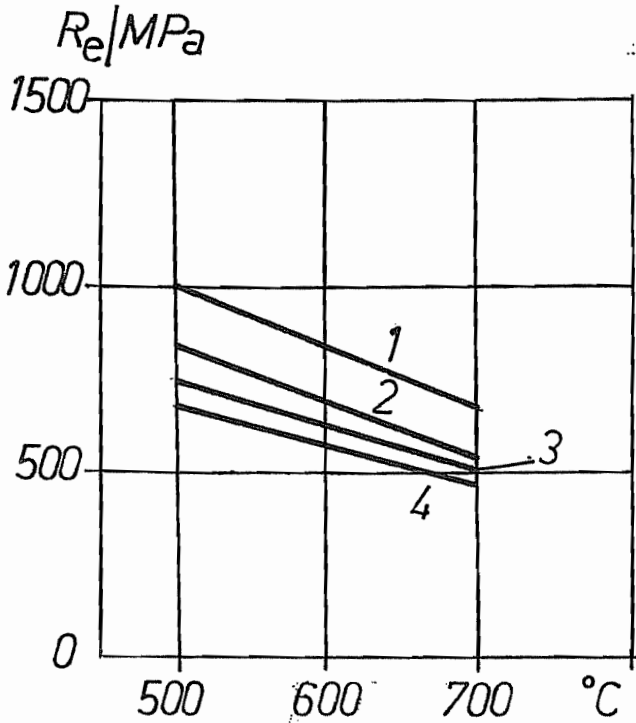


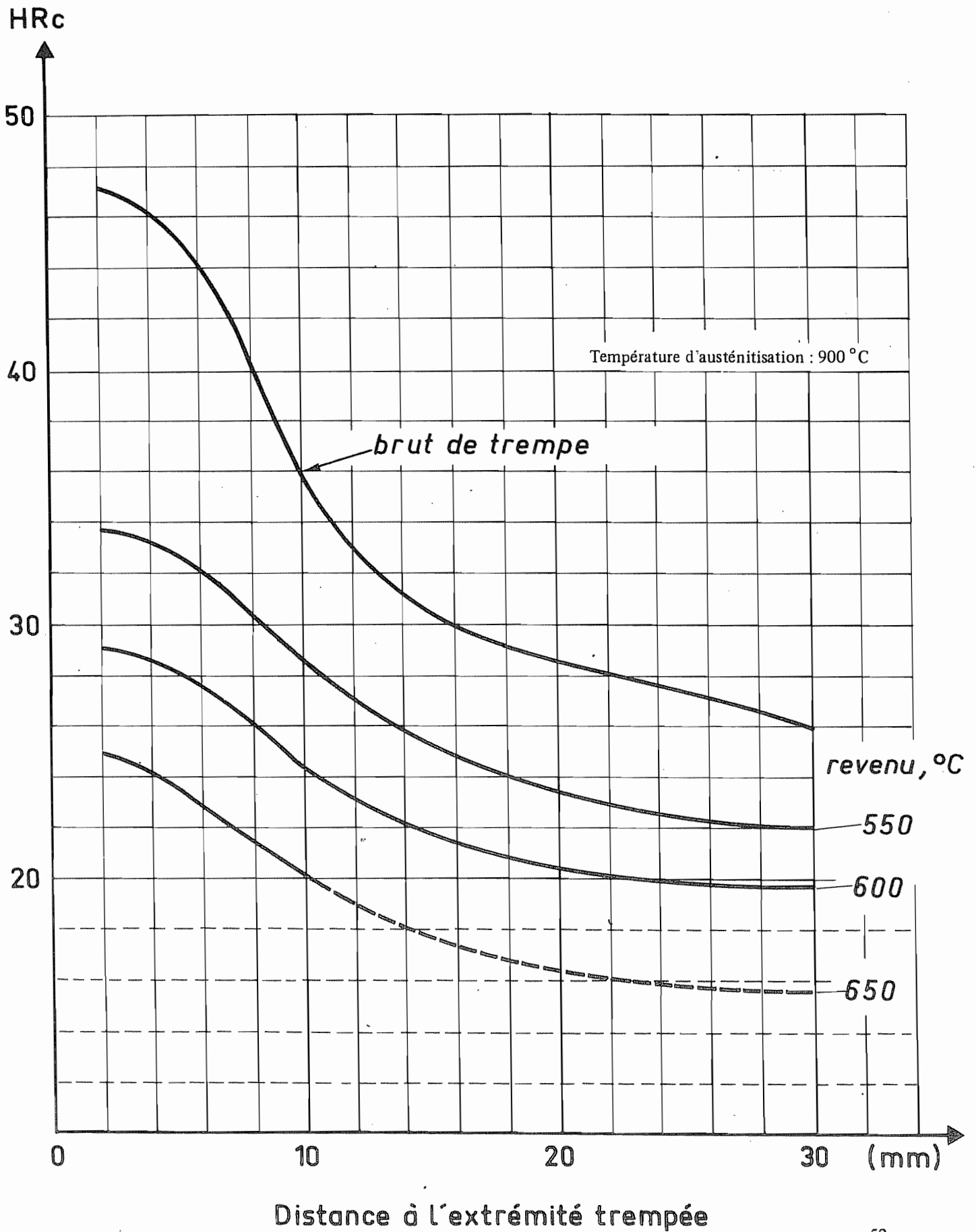
Diagramme de revenu

DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

25CrMo4
25CrMoS4



25CrMo4 + HL , 25CrMoS4 + HL



34CrMo4

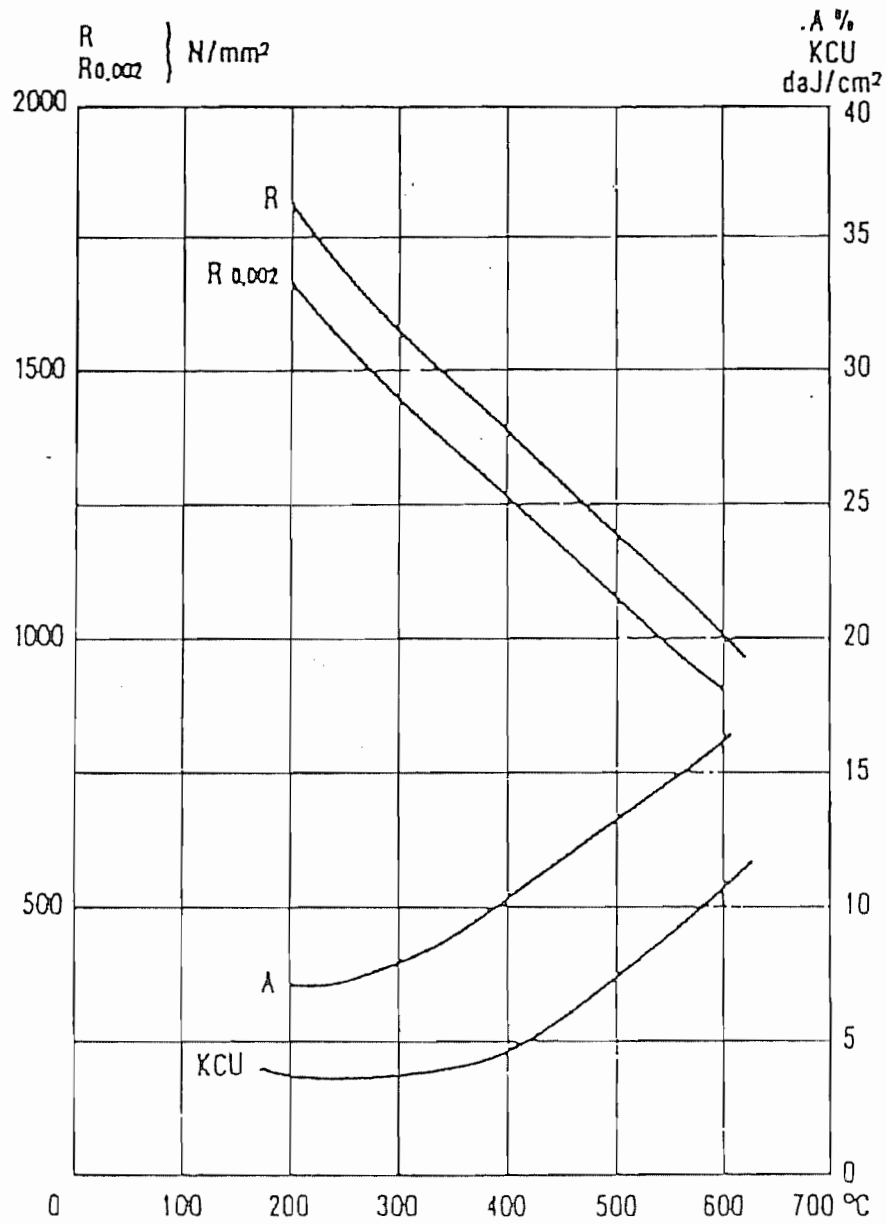
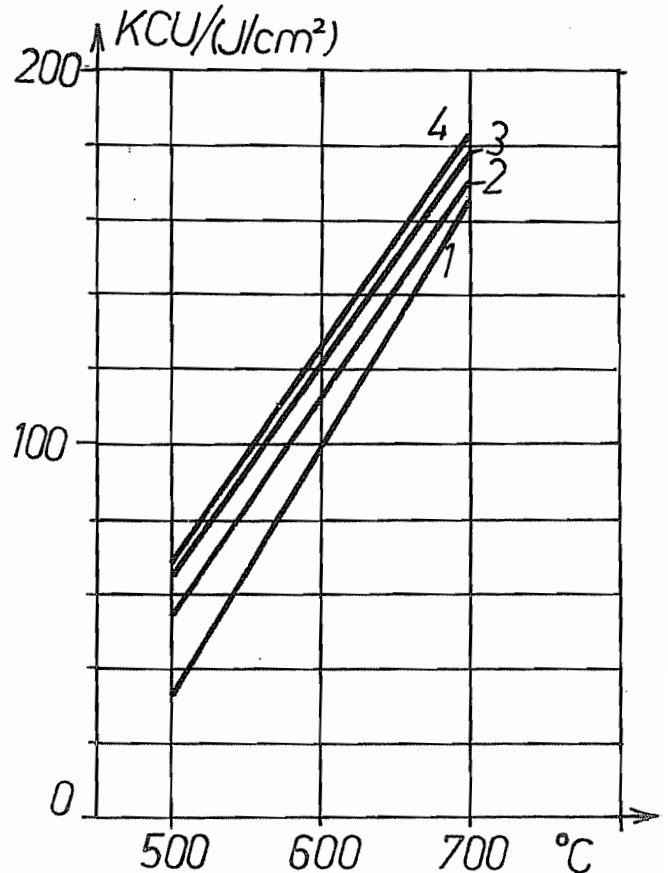
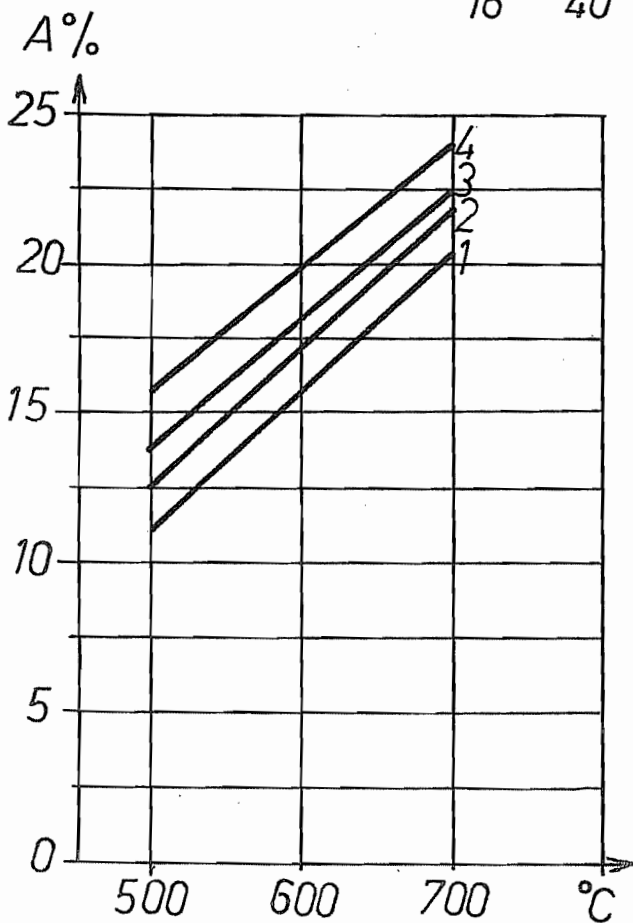
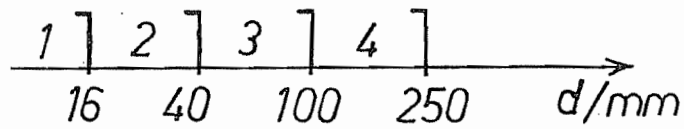
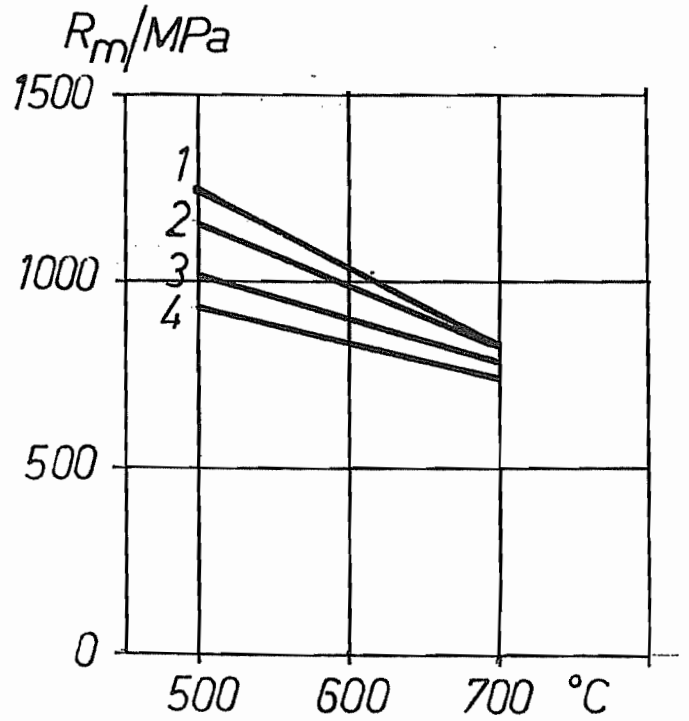
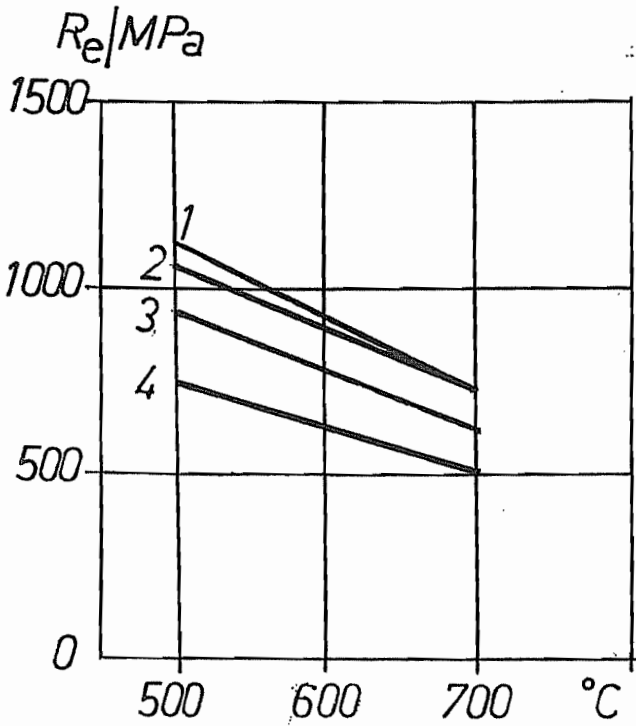


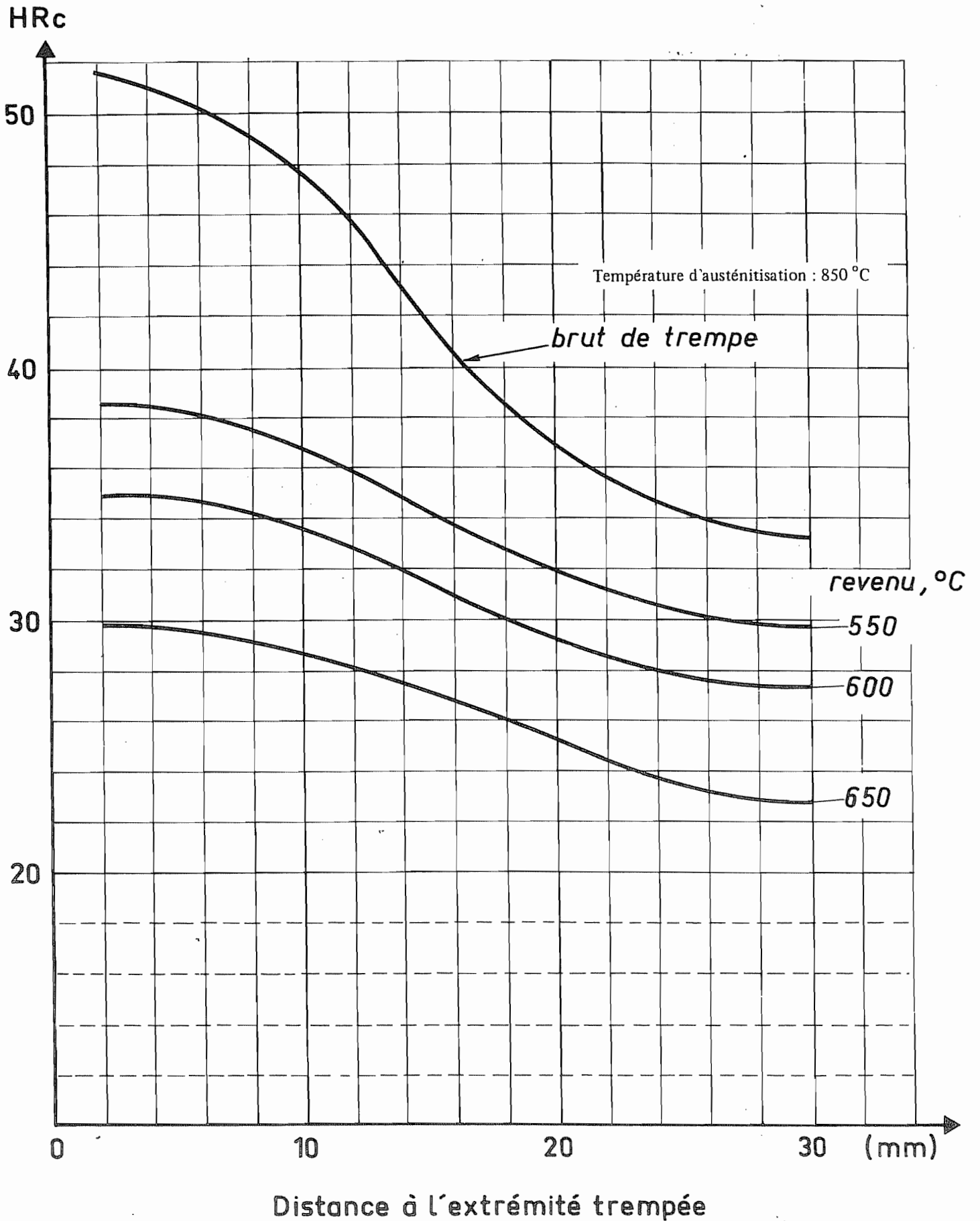
Diagramme de revenu

DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

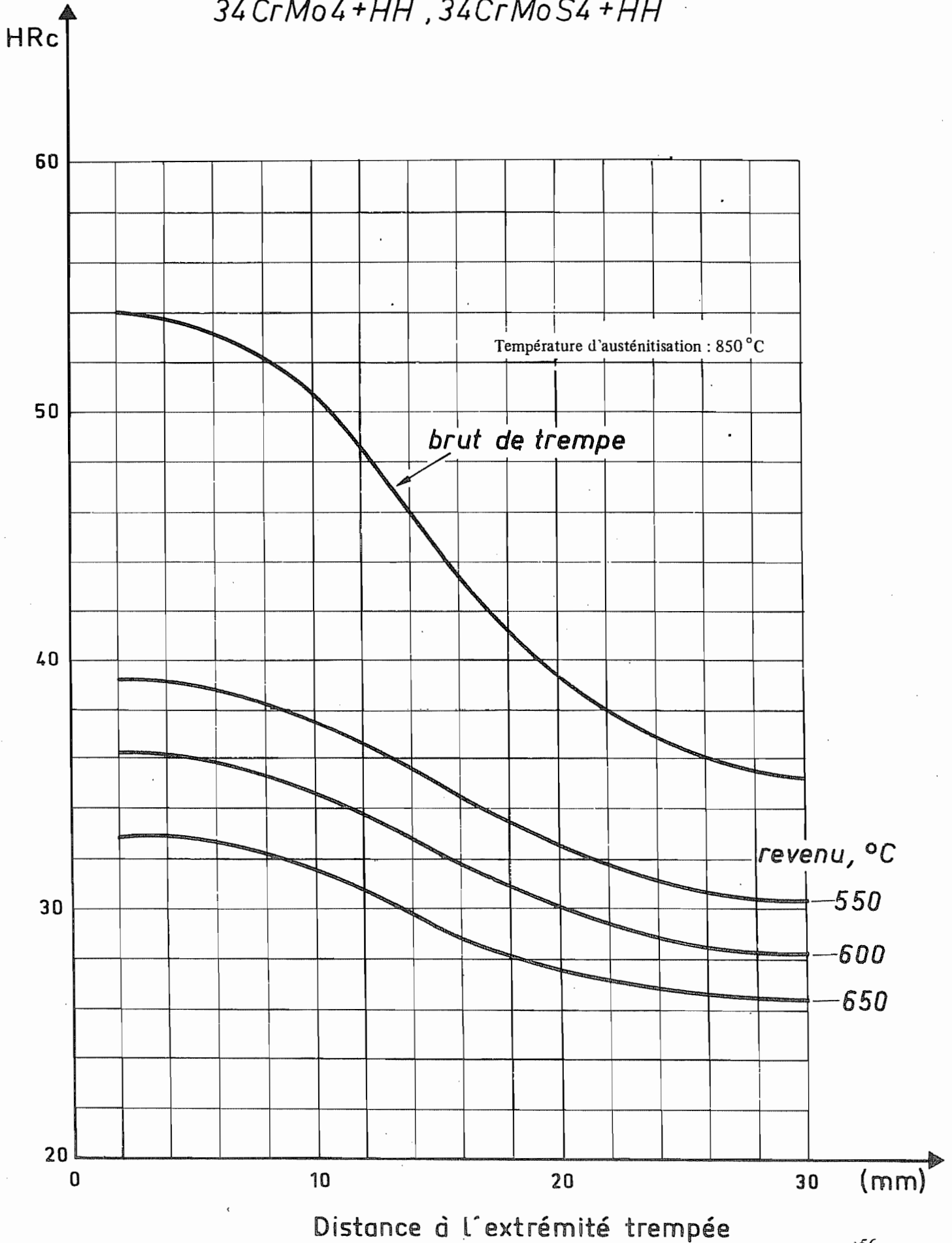
34CrMo4
34CrMoS4



34CrMo4 + HL, 34CrMoS4 + HL



34CrMo4+HH, 34CrMoS4+HH



42CrMo4

Composition chimique	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
(Valeurs normalisées en %) Selon NFA 35-552 d'avril 1983	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		trémpé 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	résilience KCU	
	diamètre d mm	N/mm ² mini	N/mm ²		A % mini	J/cm ² mini	
	d ≤ 16	850	1080-1280		10	50	
	16 < d ≤ 40	770	980-1180		11	50	
	40 < d ≤ 100	700	880-1080		12	50	
	100 < d ≤ 160	650	830-1030		12	50	
160 < d ≤ 250	600	780-930		13	50		

42CrMo4

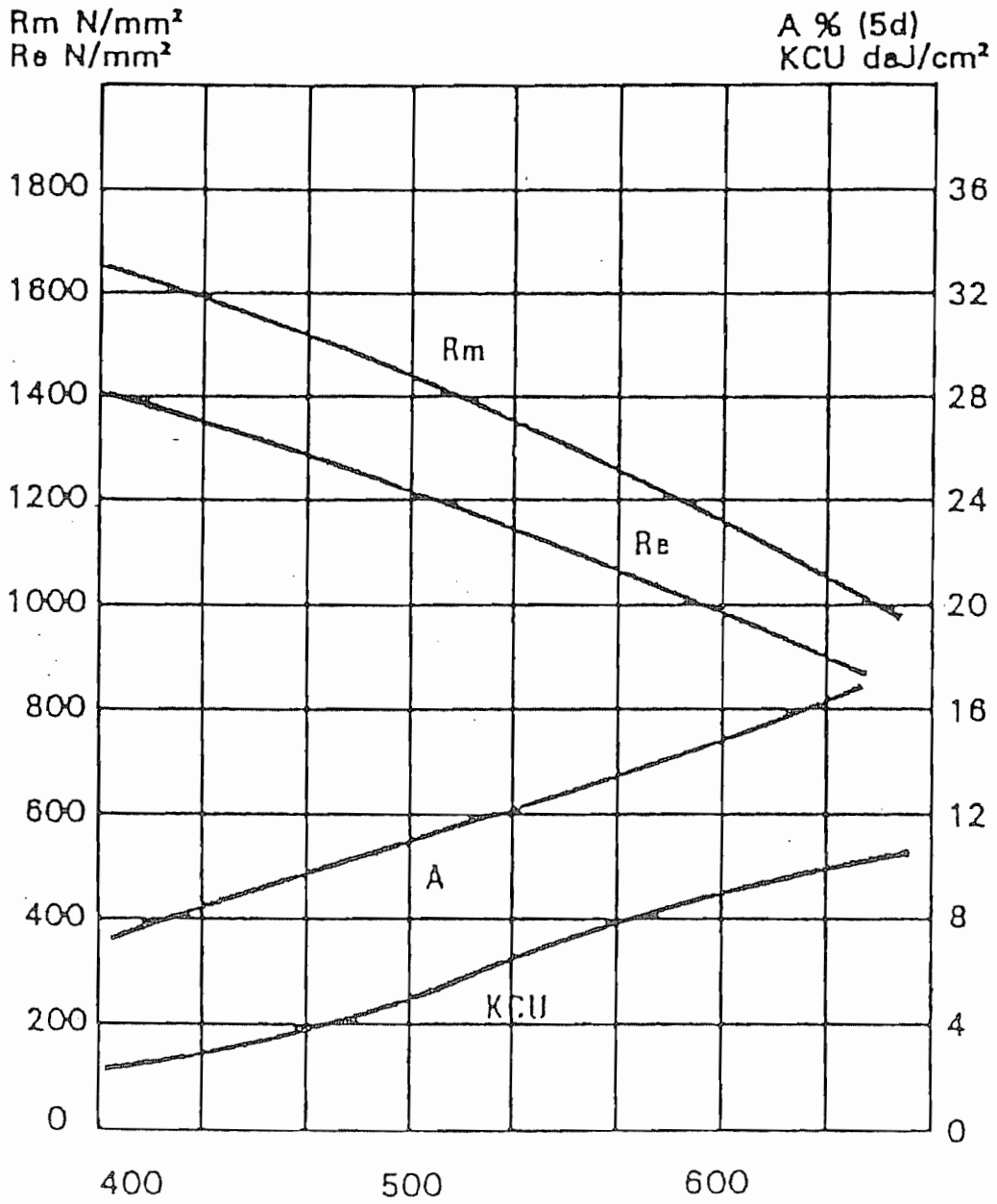
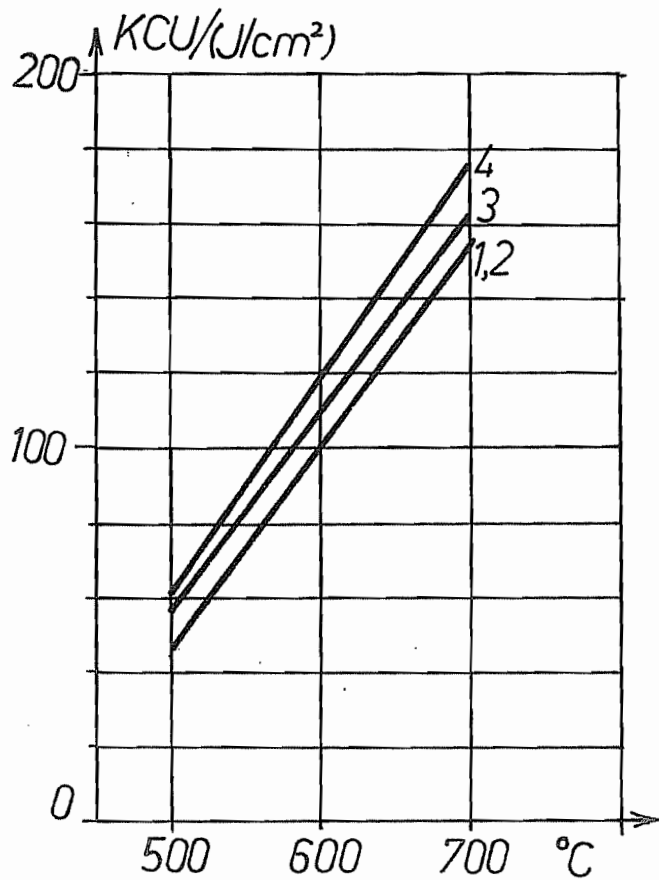
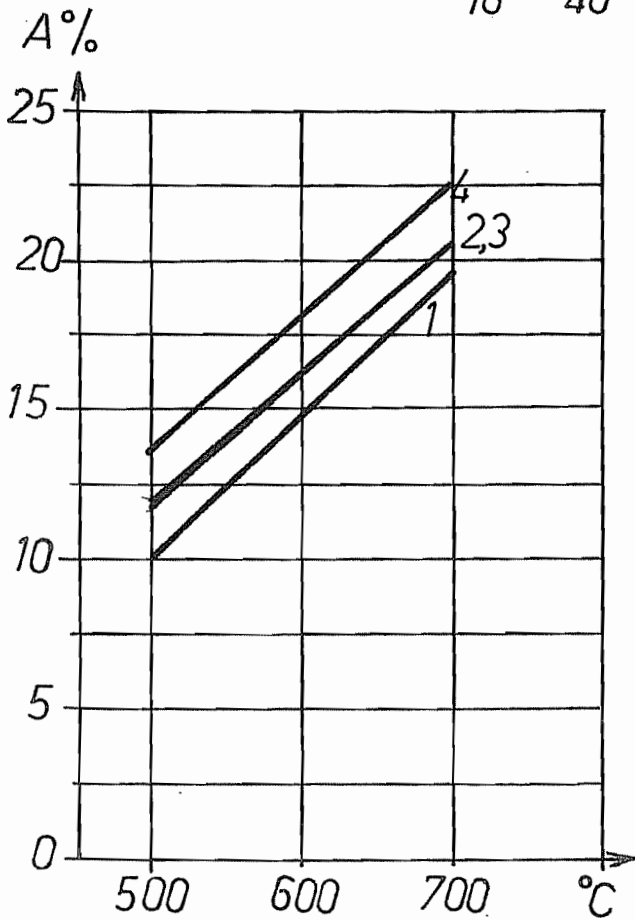
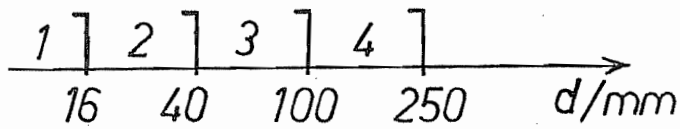
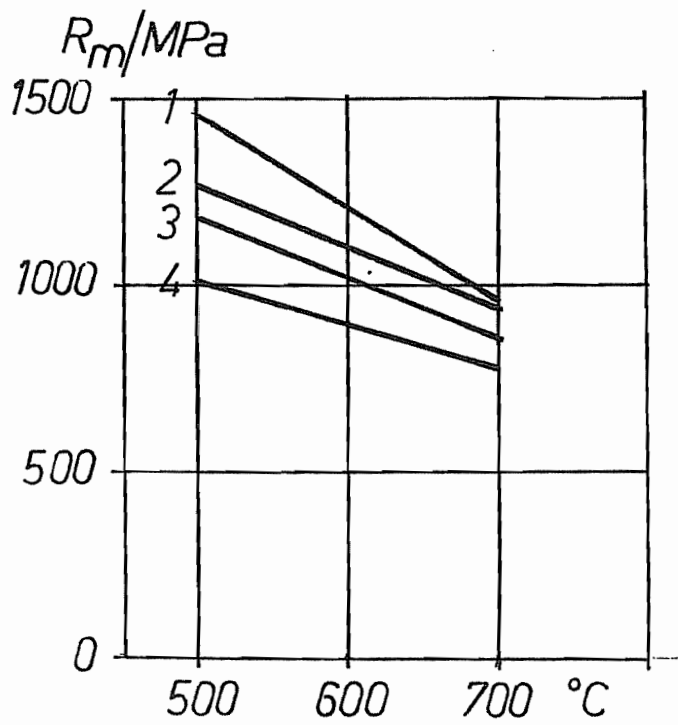
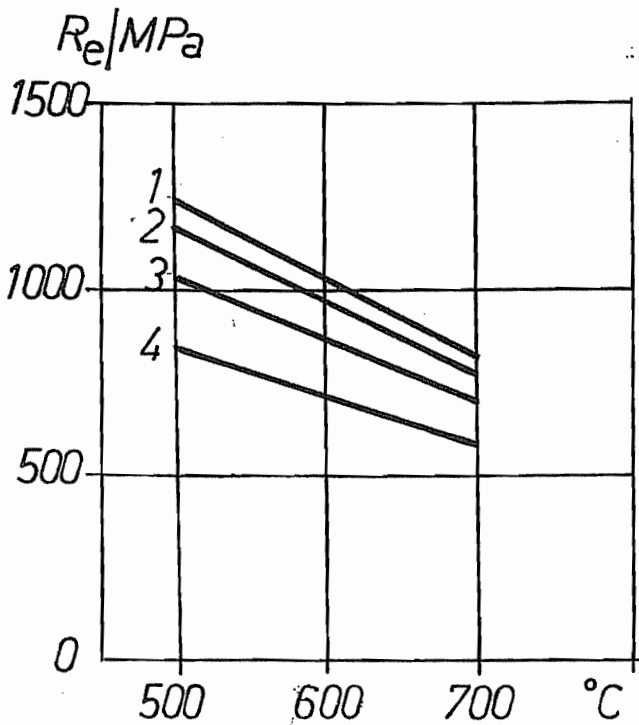


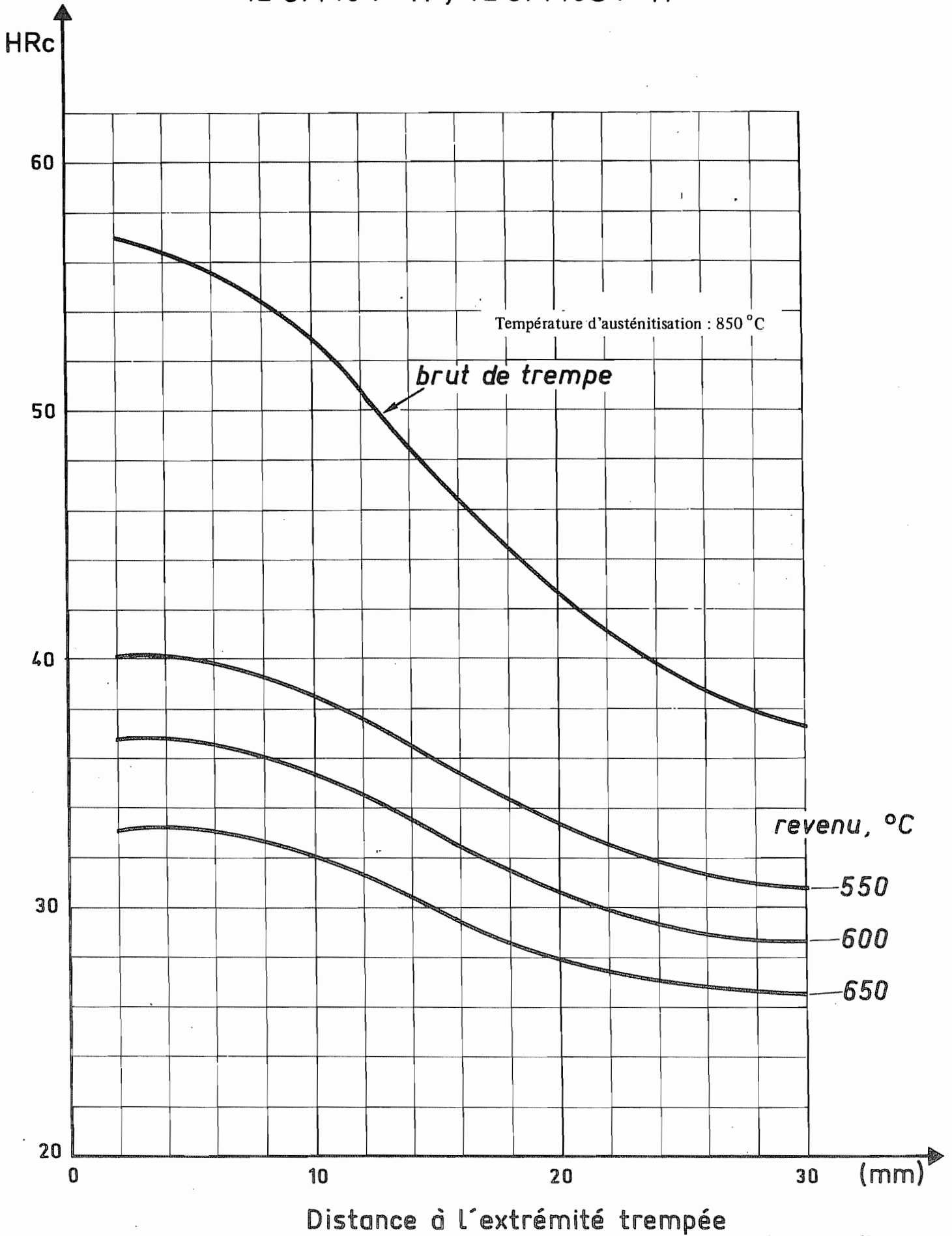
Diagramme de revenu

DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

42CrMo4
42CrMoS4

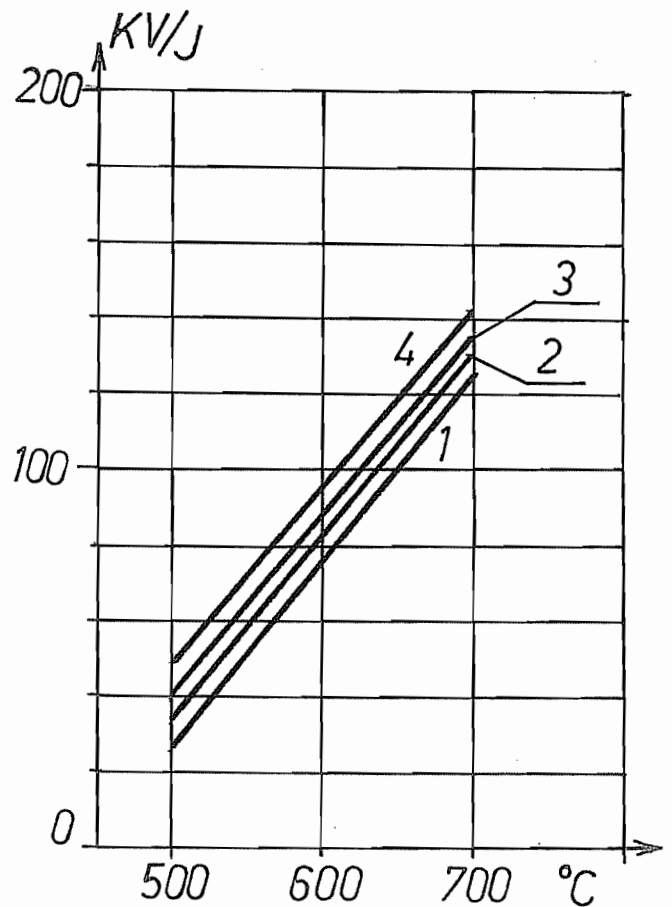
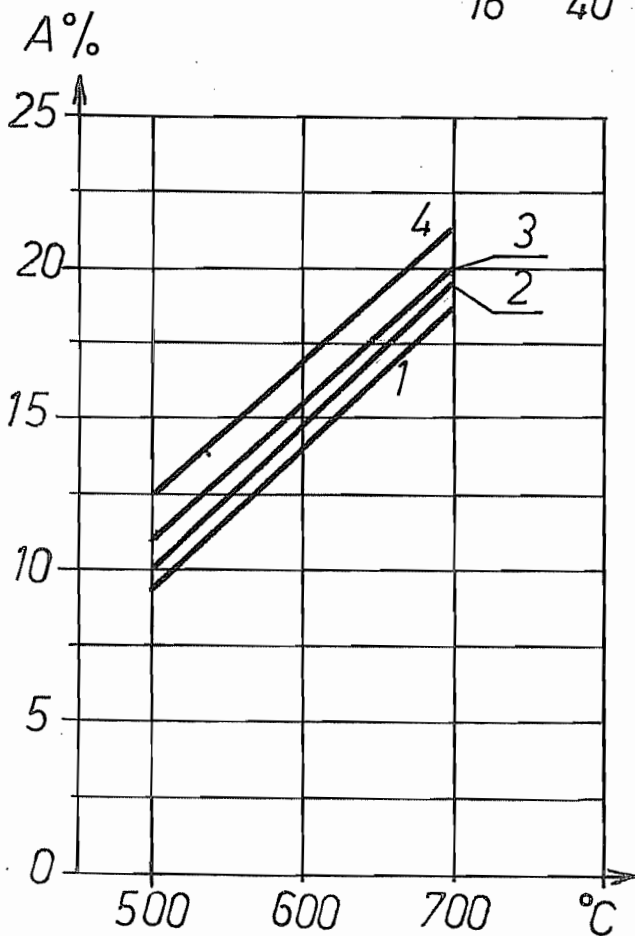
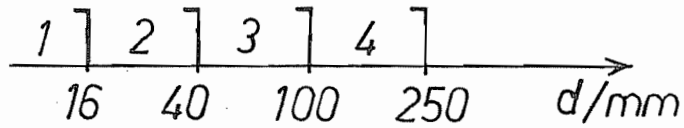
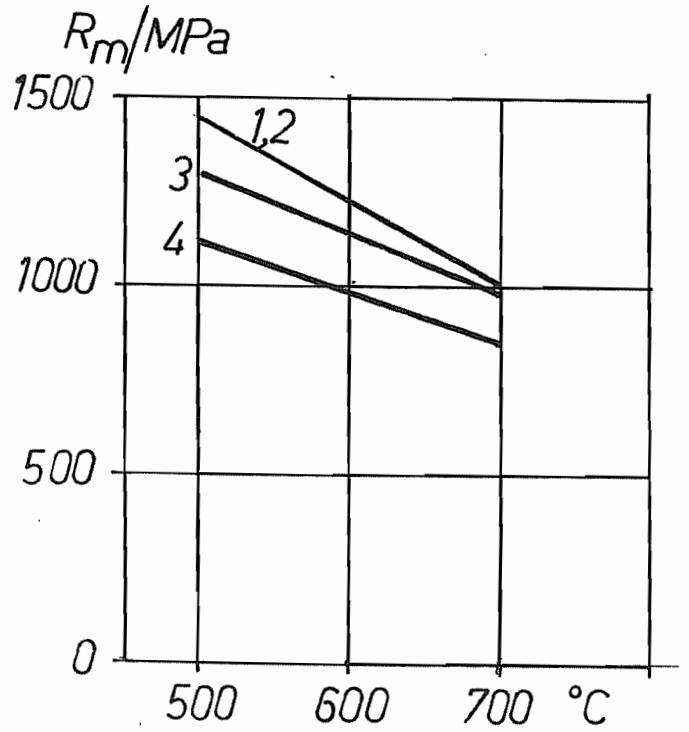
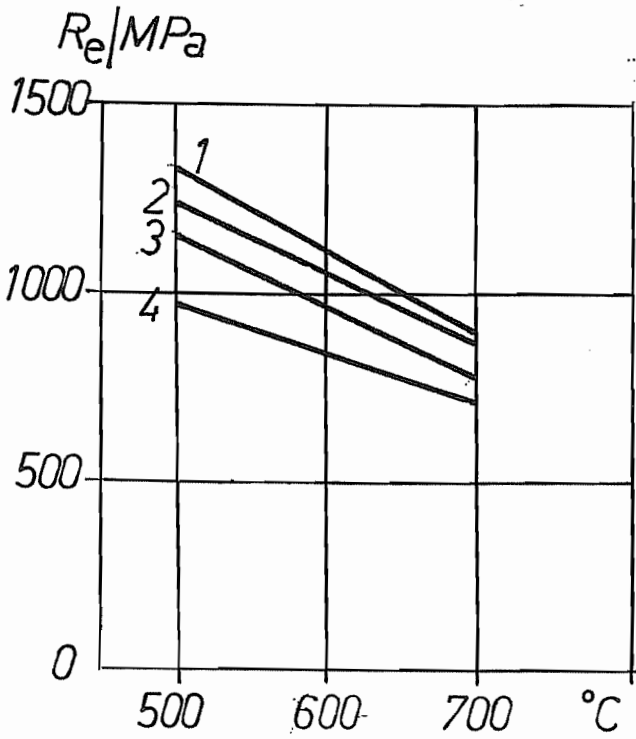


42CrMo4 + H , 42CrMoS4 + H



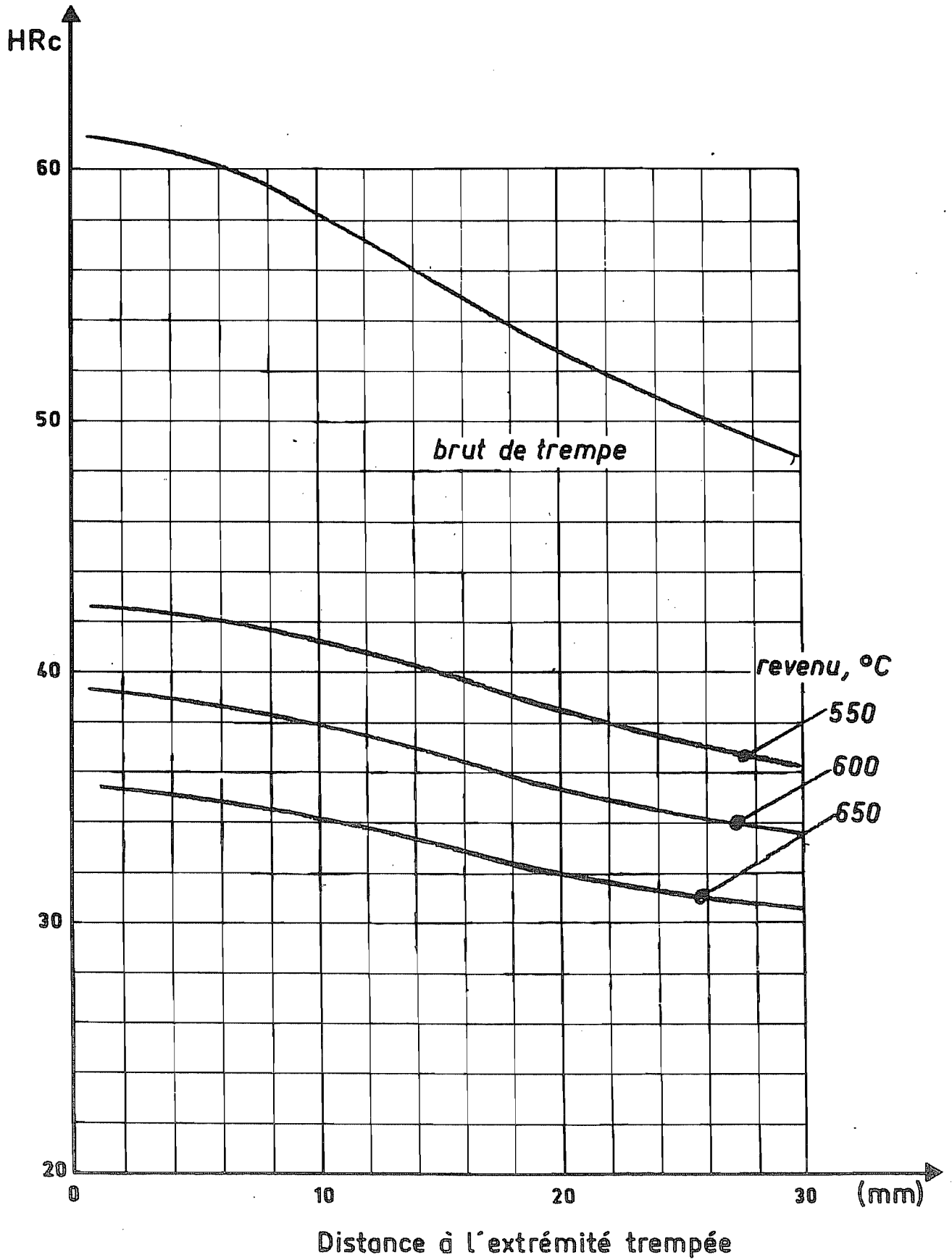
DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

50CrMo4
données provisoires

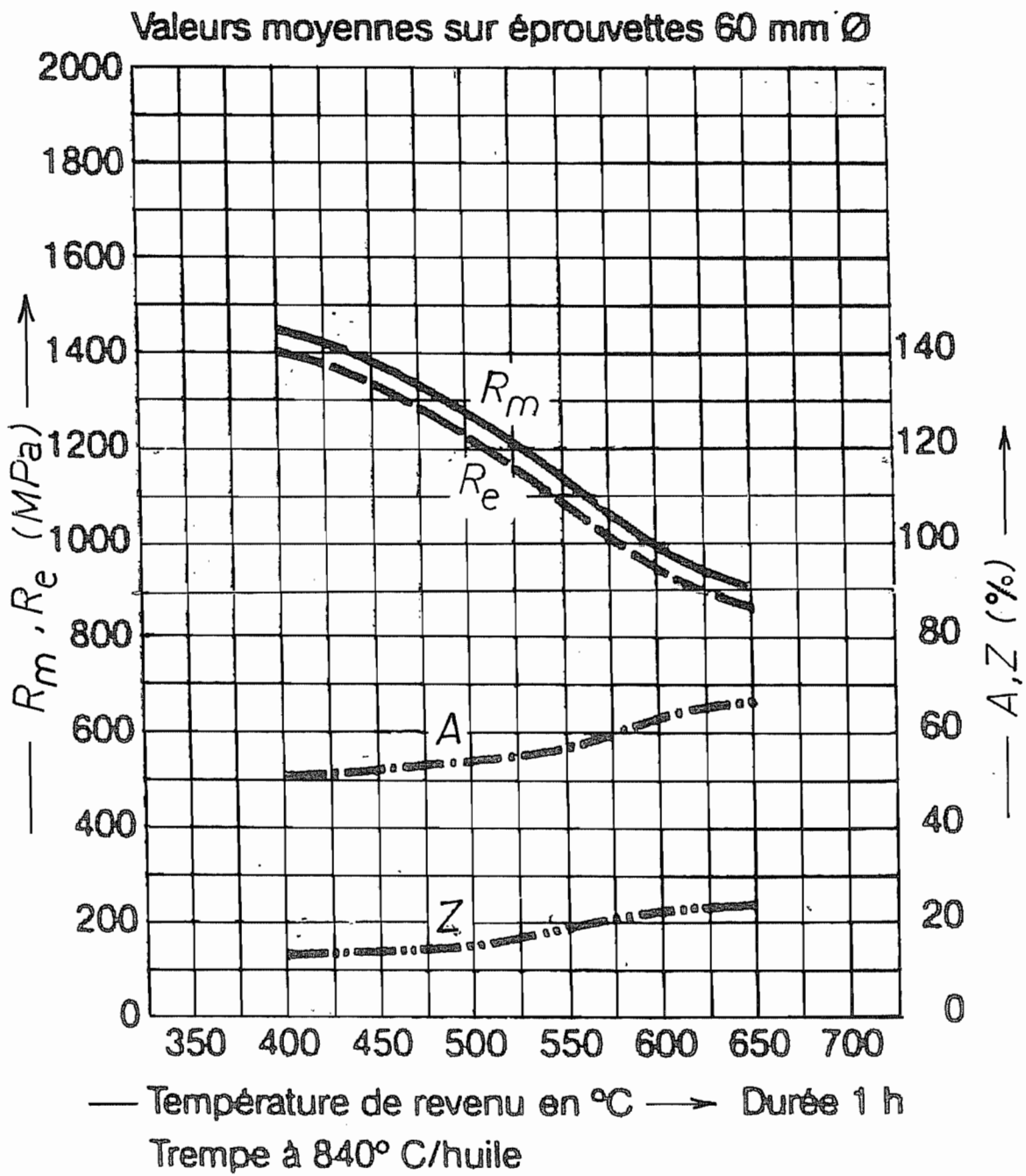


50 CrMo 4

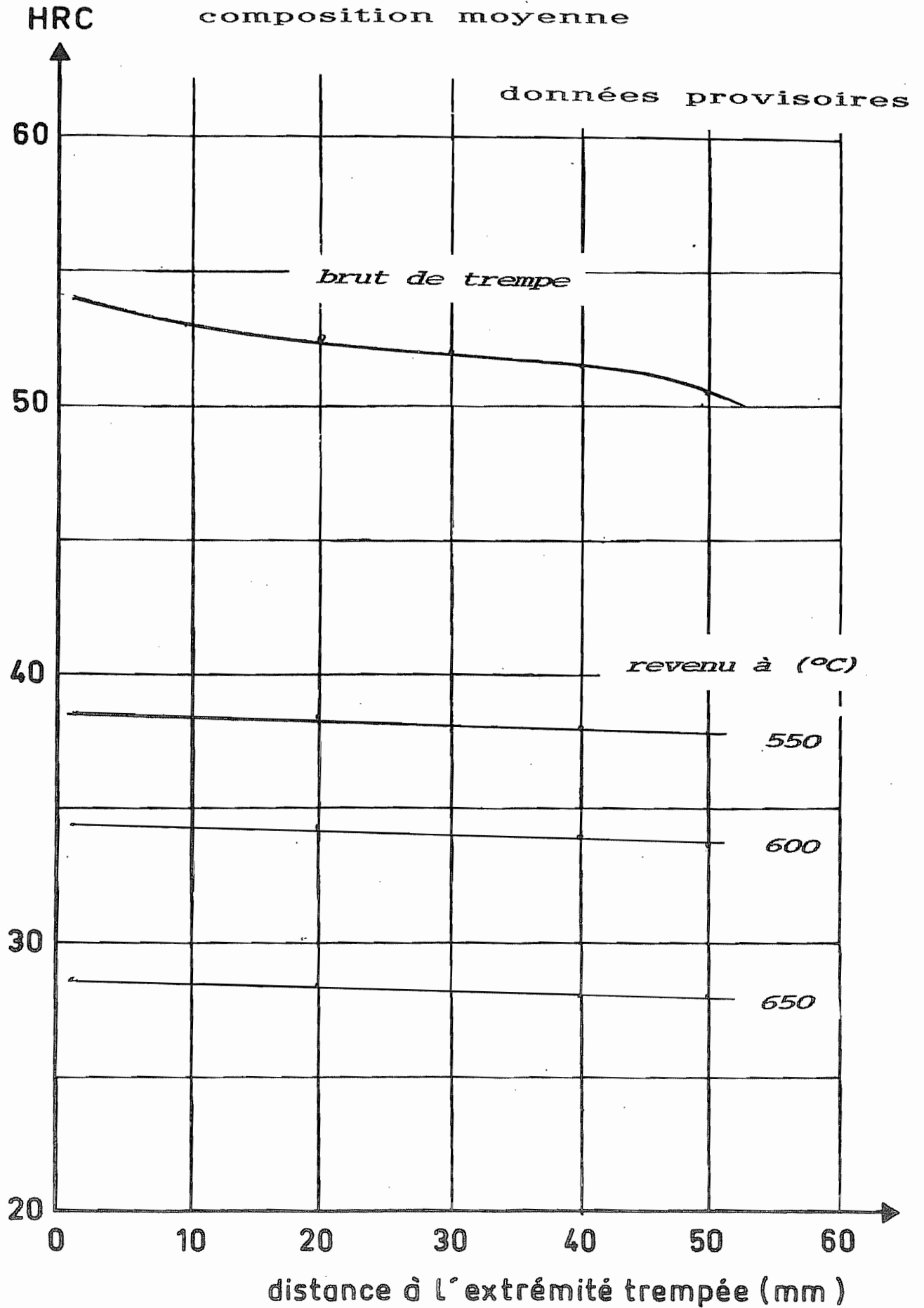
données provisoires



34CrNiMo6



34CrNiMo6



30CrNiMo8

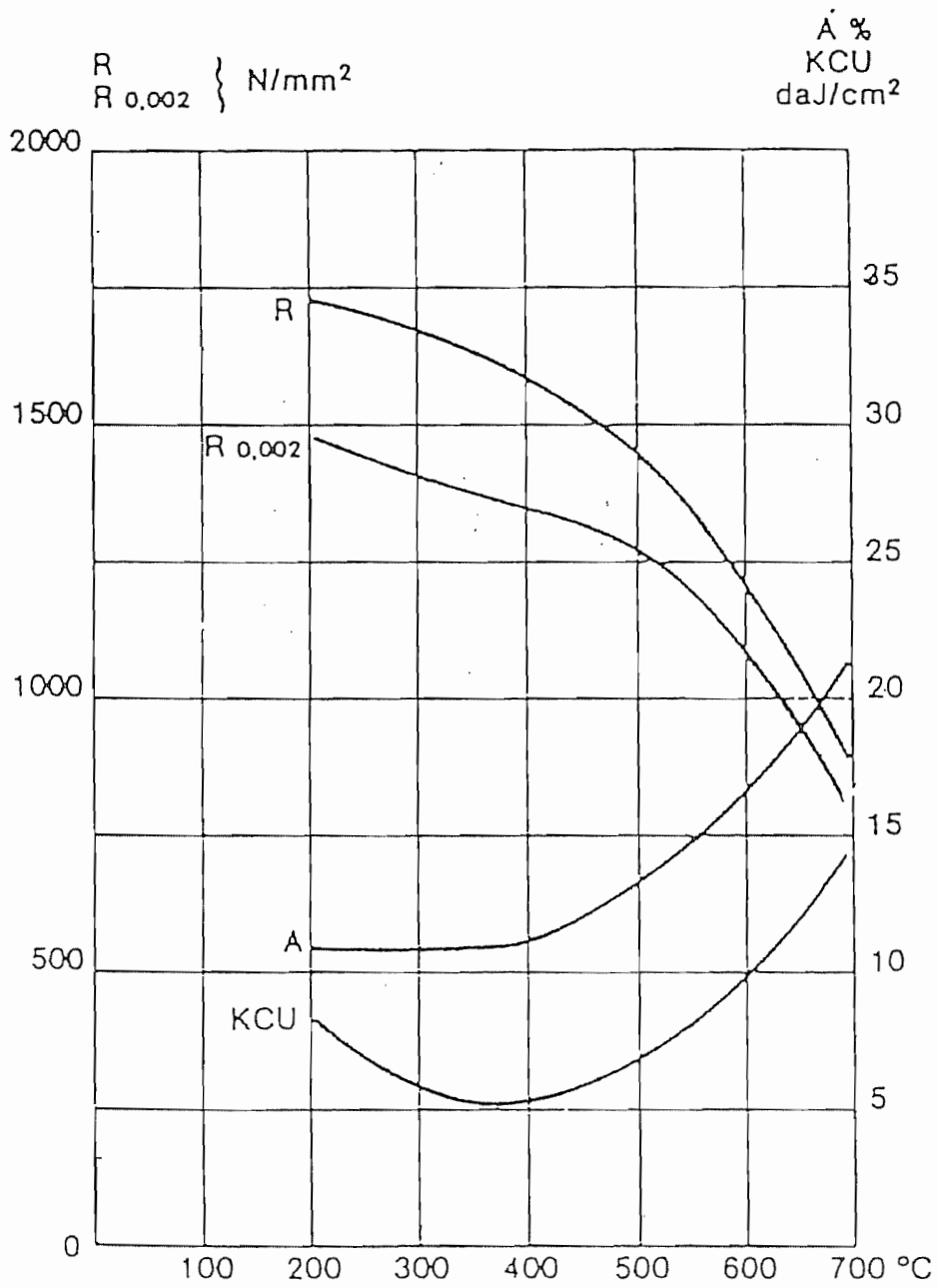
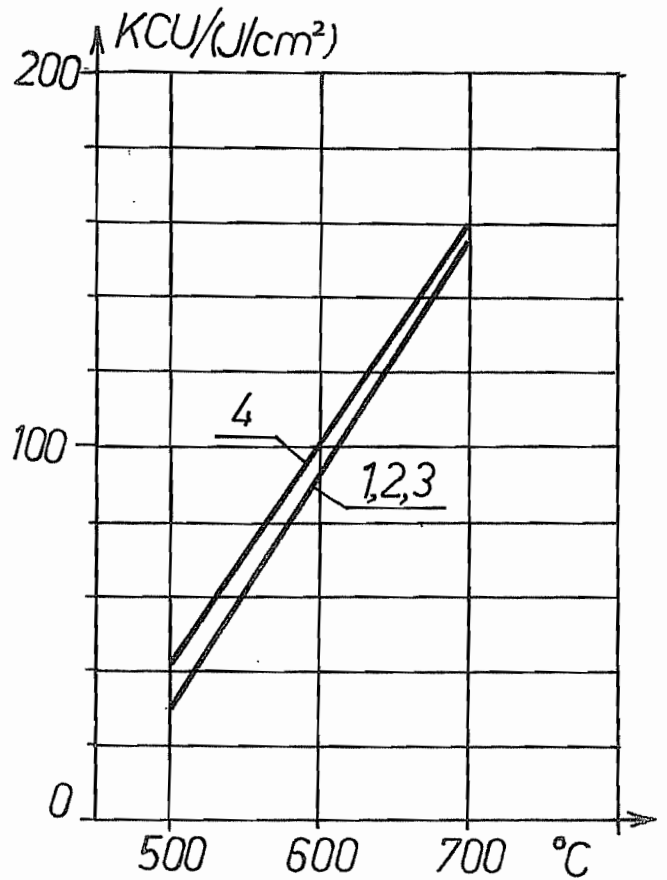
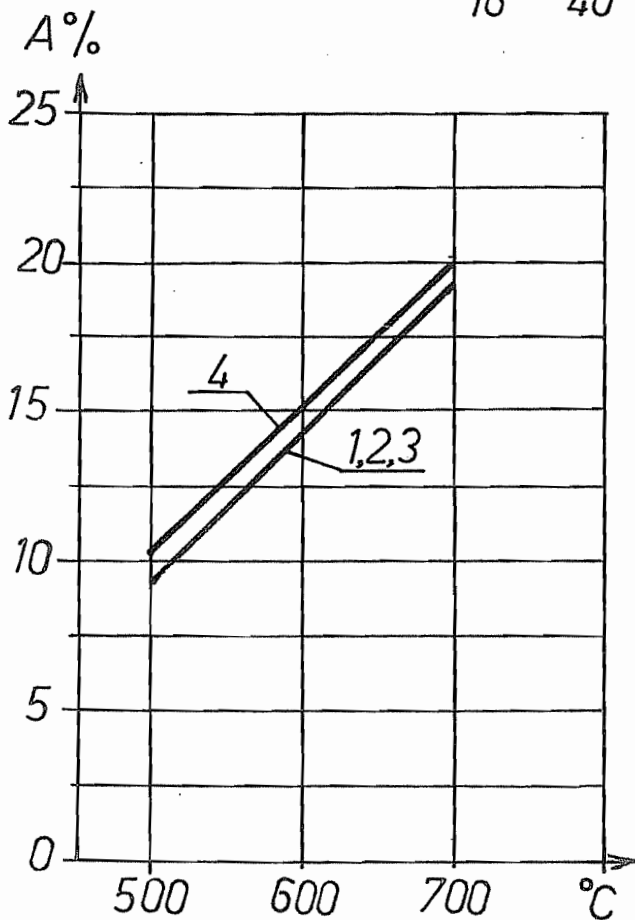
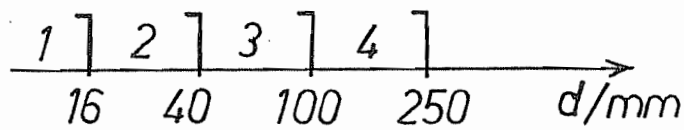
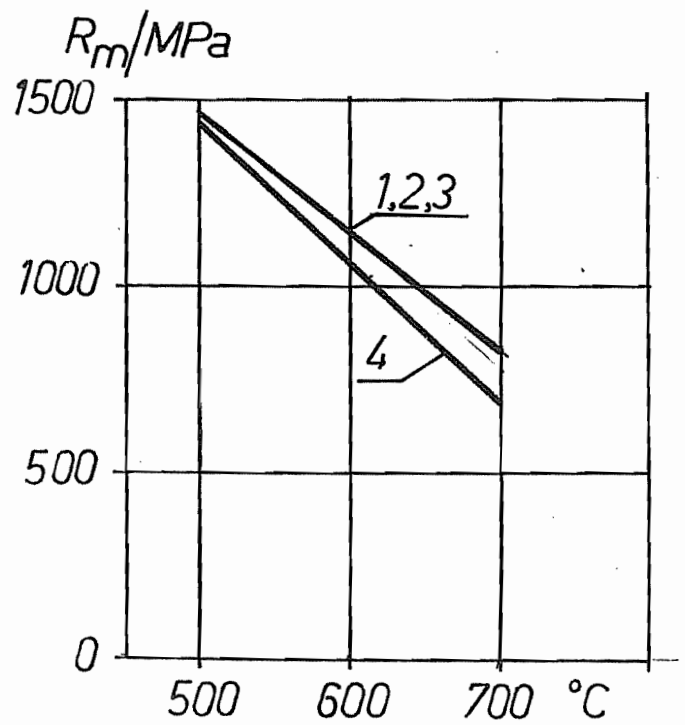
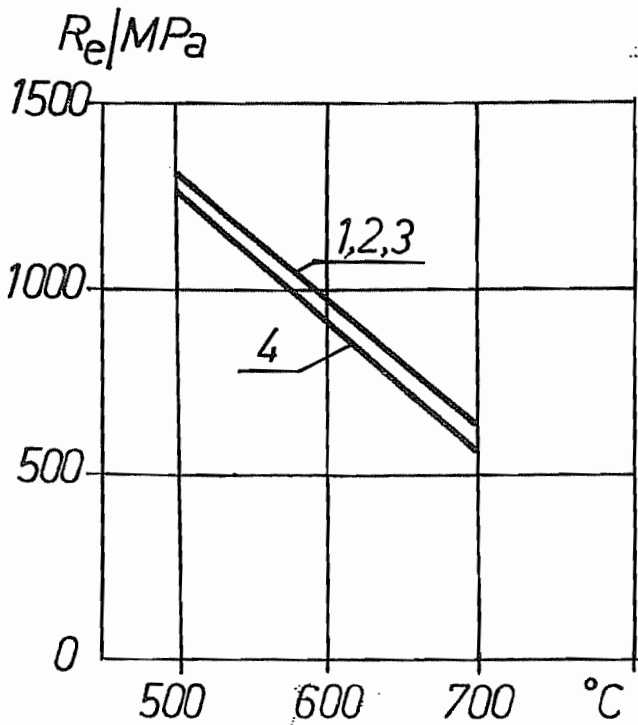


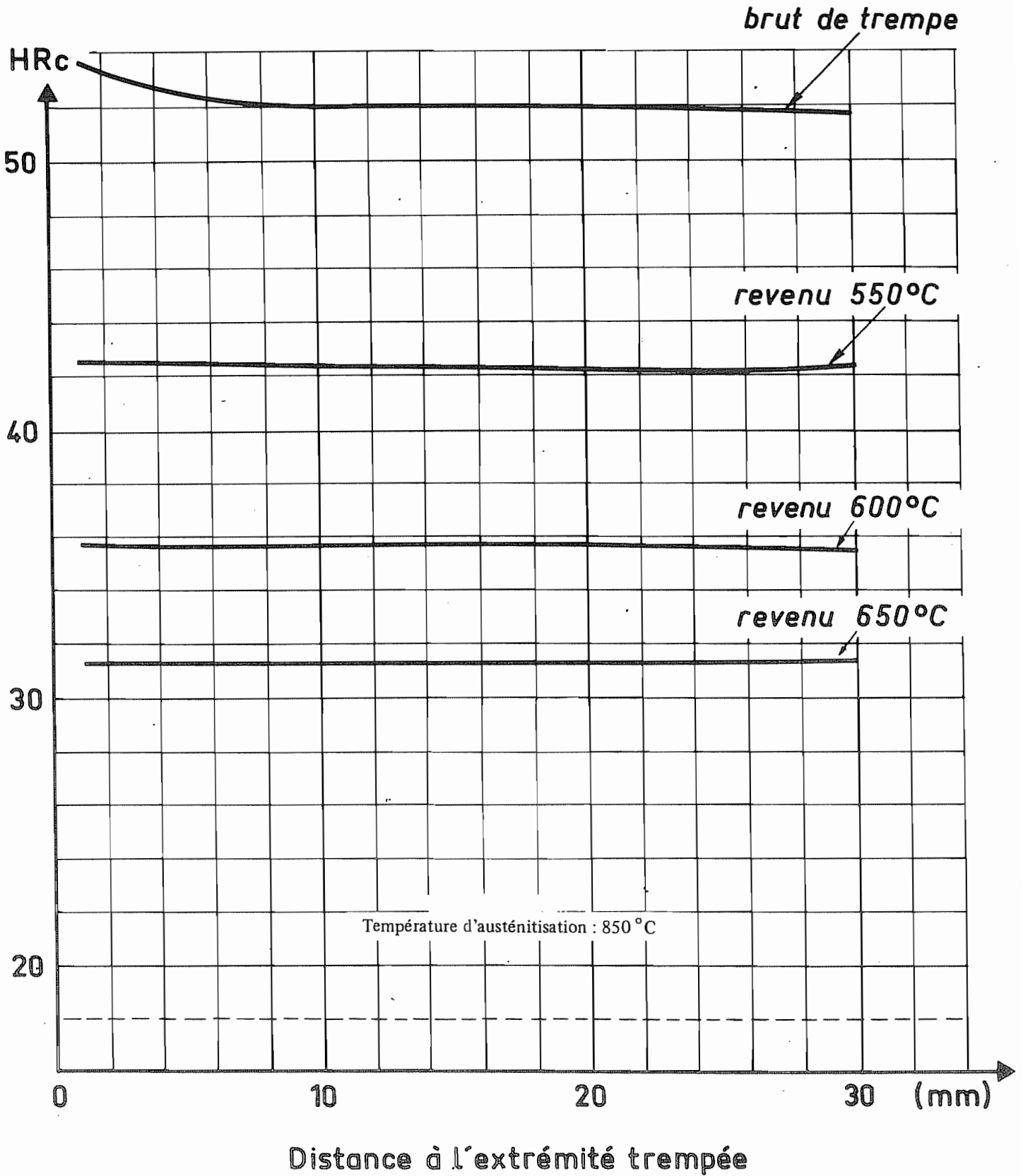
Diagramme de revenu

DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

30CrNiMo 8



30CrNiMo 8 + HH



36NiCrMo16

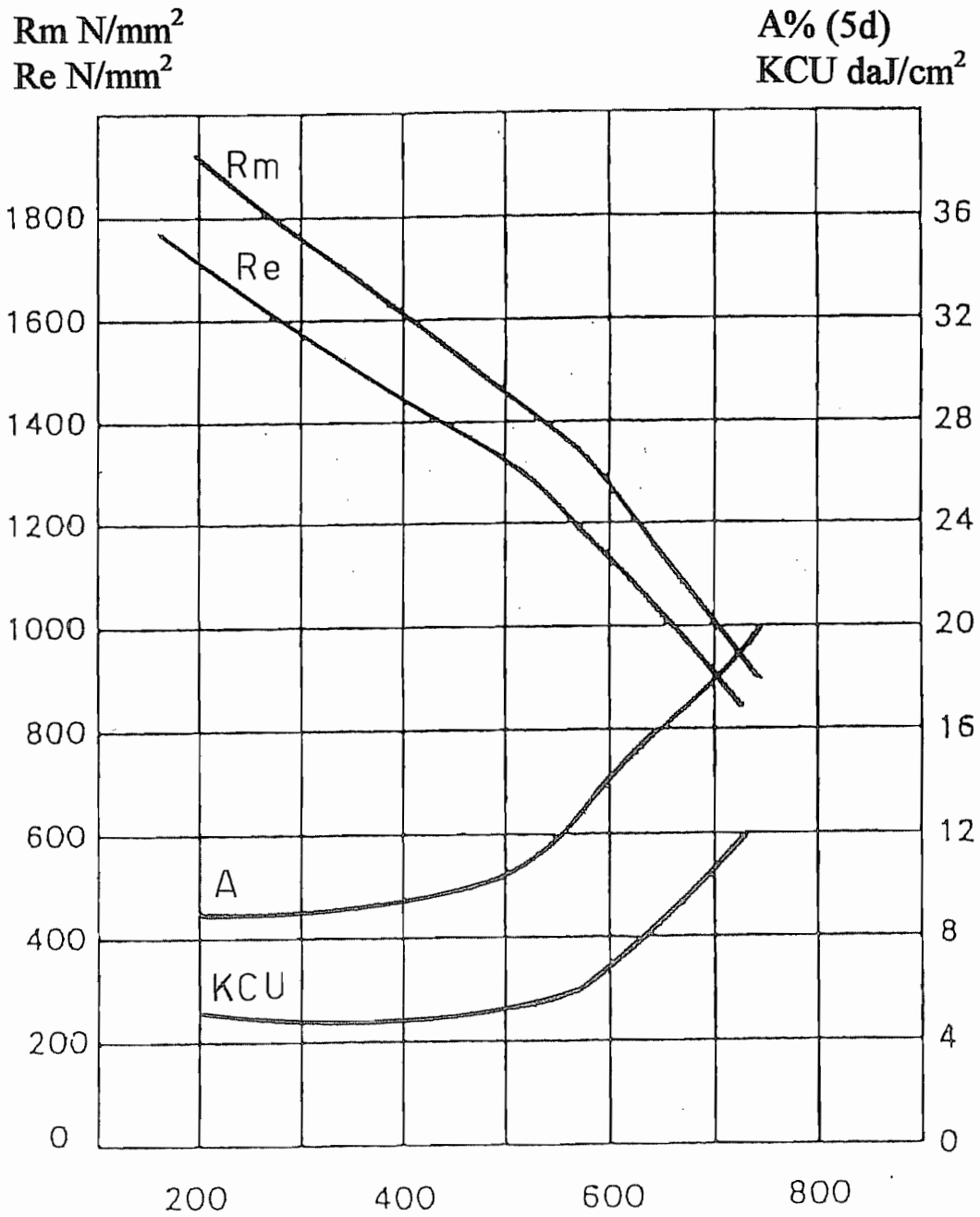
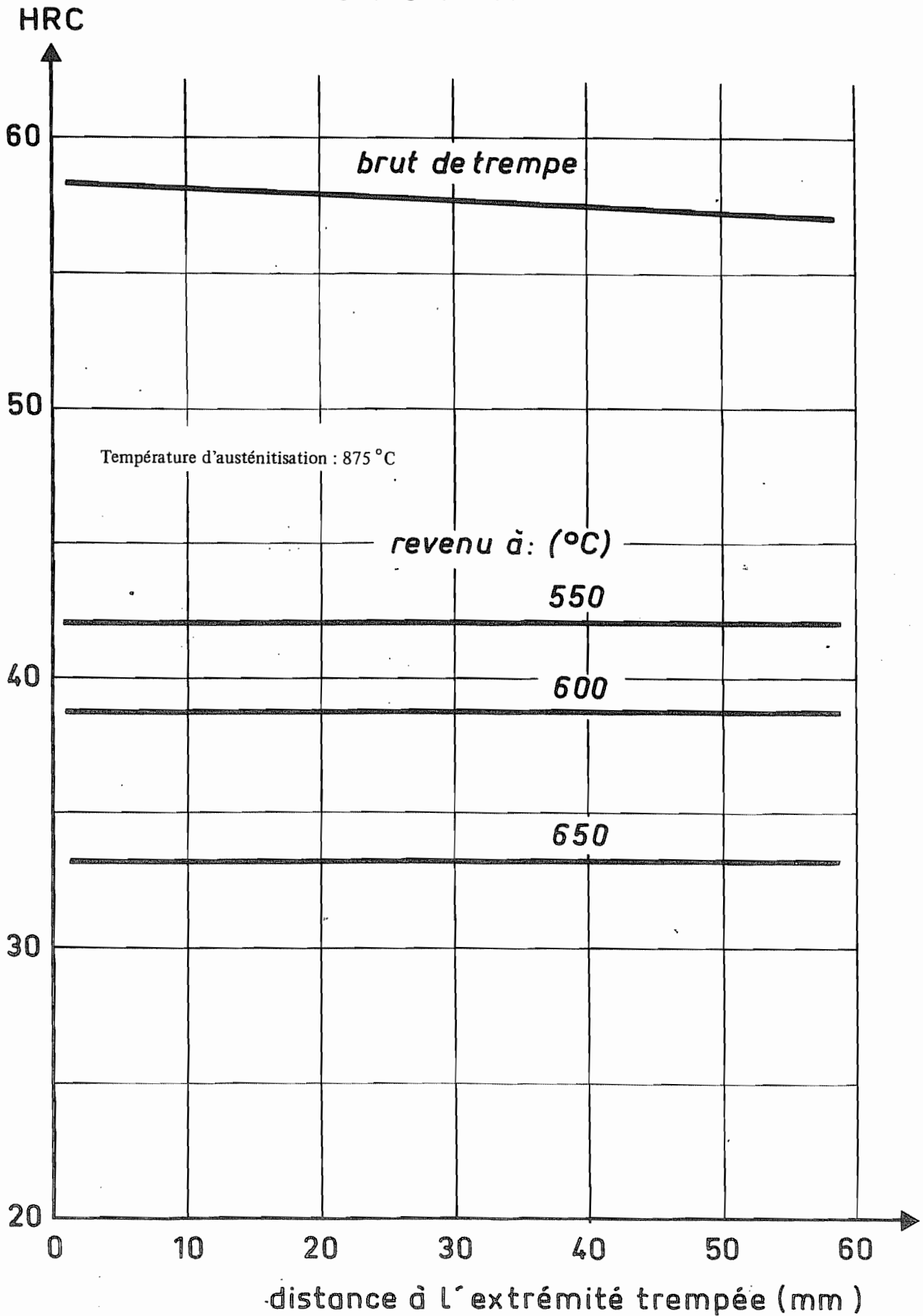
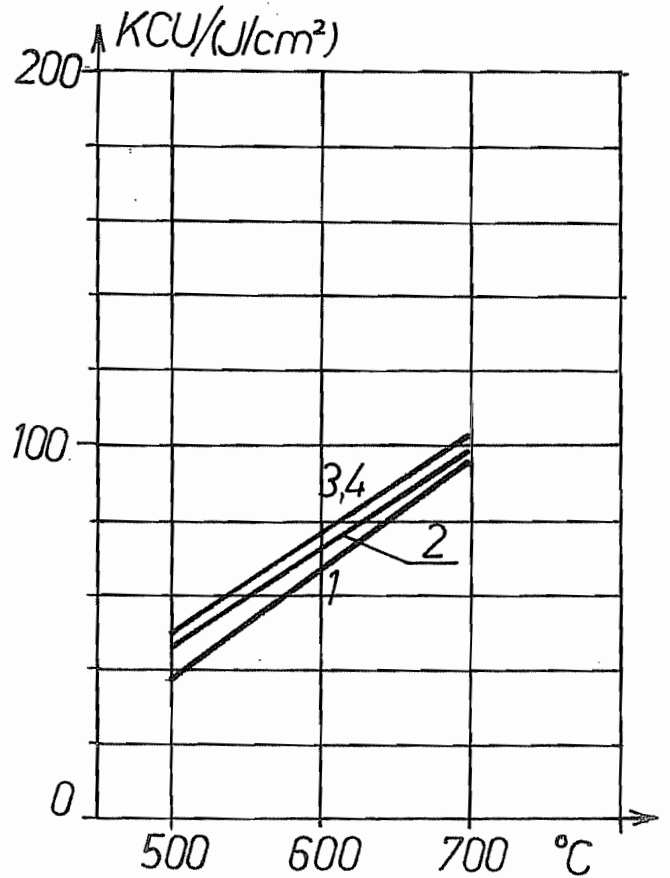
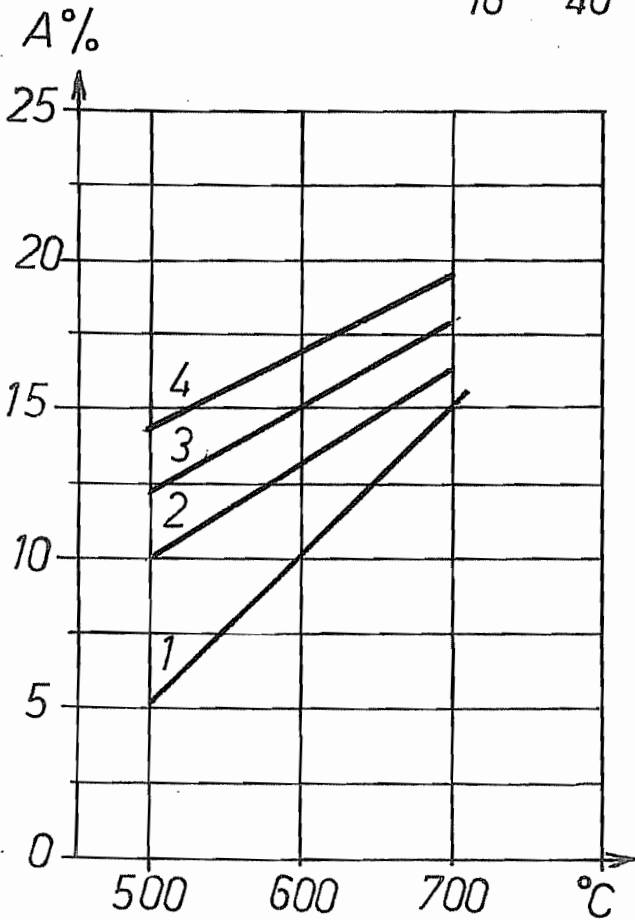
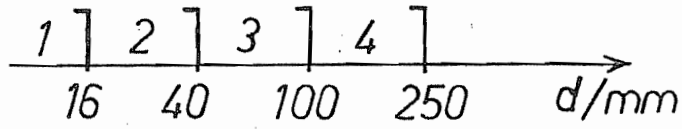
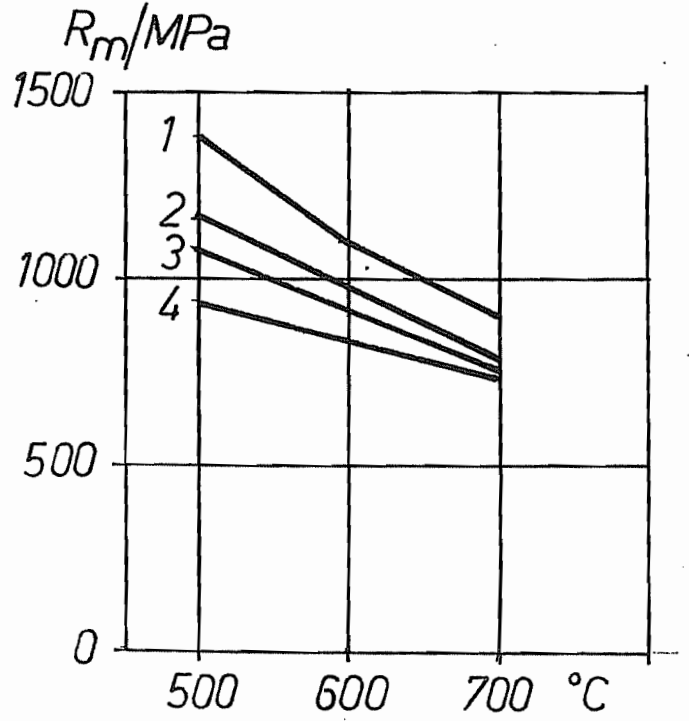
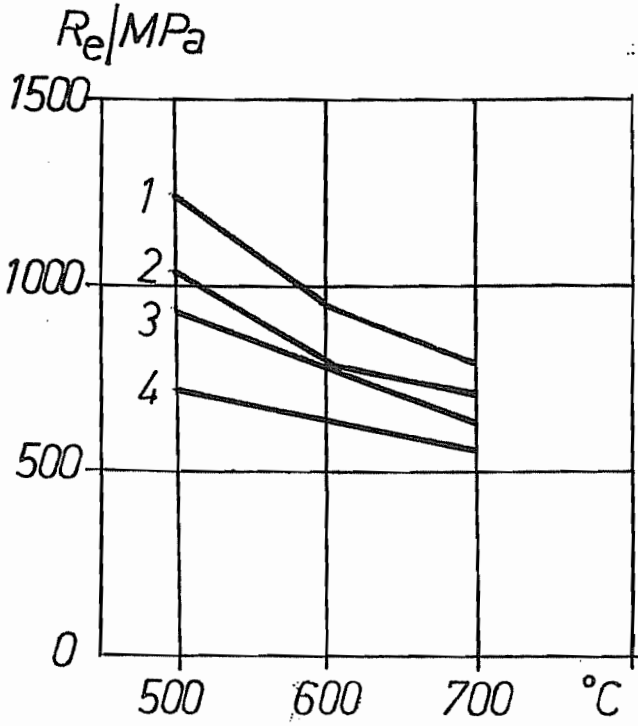


Diagramme de revenu

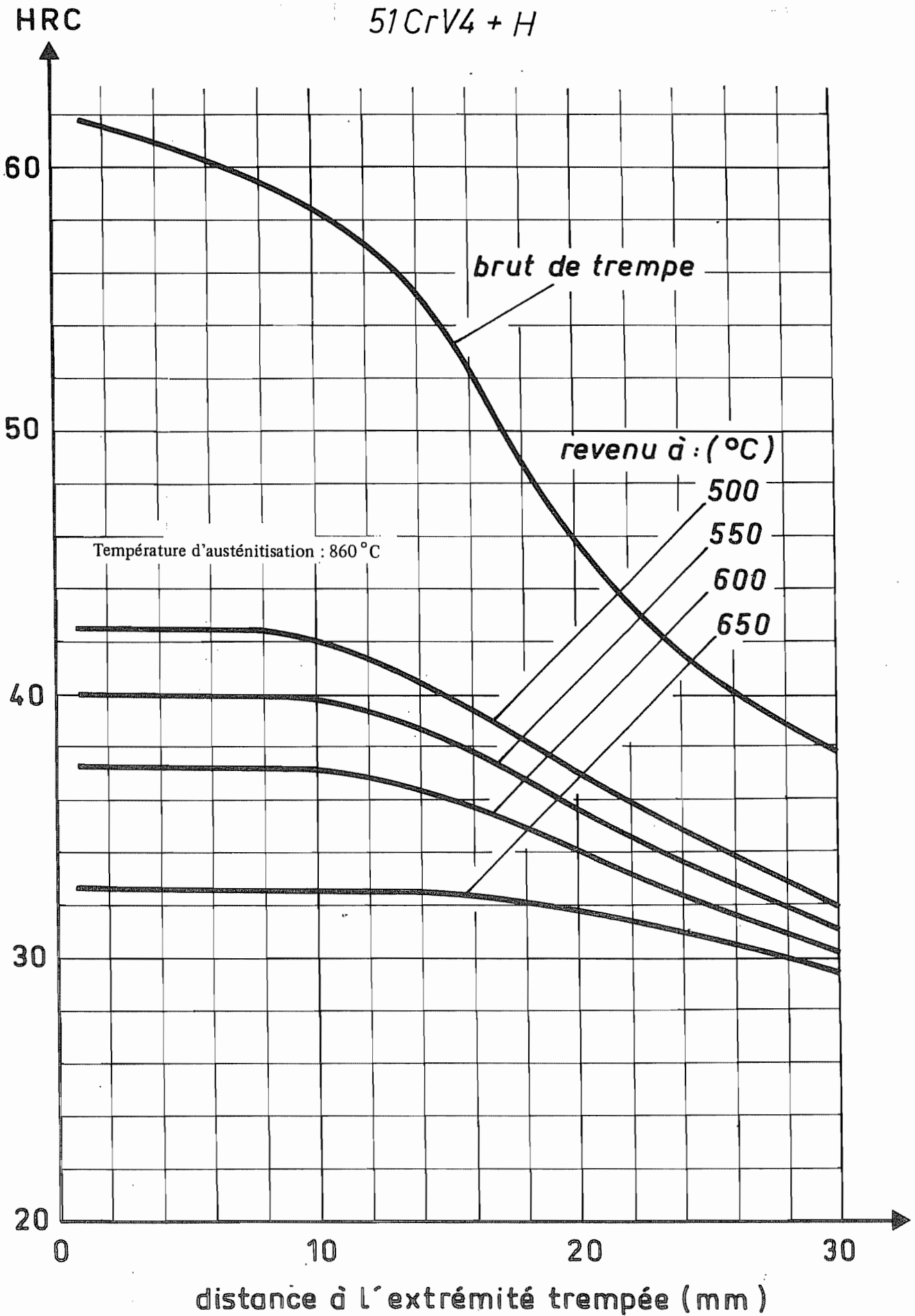
36 NiCrMo16



DIAGRAMMES DE REVENU 51CrV4
moyennes à 20 °C



51CrV4 + H



ACIERS AU BORE

QUELQUES ACIERS AU BORE

ACIER	T° AUSTEN.	MILIEU DE TREMPE	R _m / MPa *	A/% *
20MnB5	875-905	H pour $\phi < 16$ mm E sinon	620	17
30MnB5	850-870	H pour $\phi < 40$ mm E sinon	720	17
38MnB5	835-865	H E si forte section de forme simple	740	17 .
* Valeurs moyennes pour $\phi = 16...40$, revenu à 600°C				

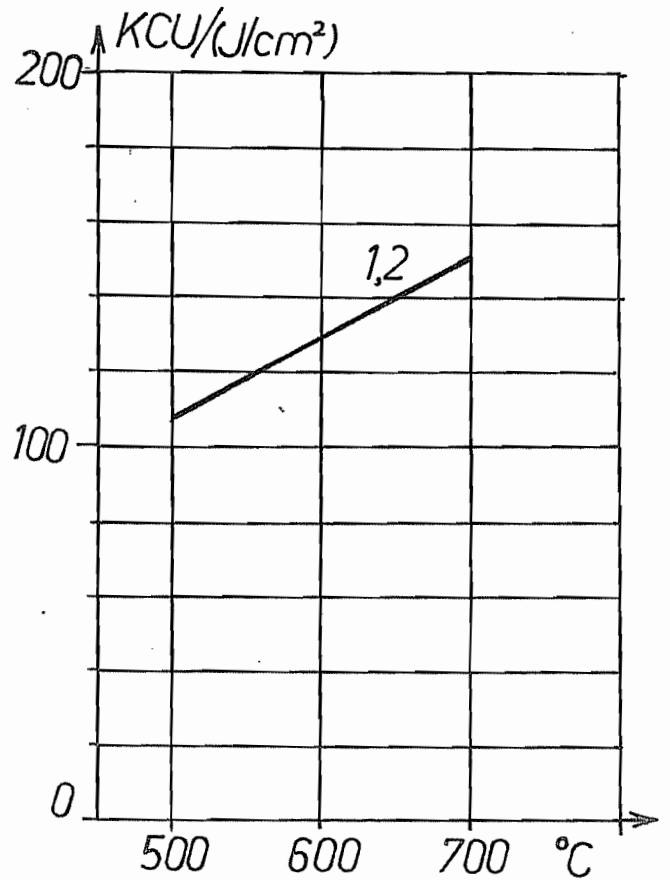
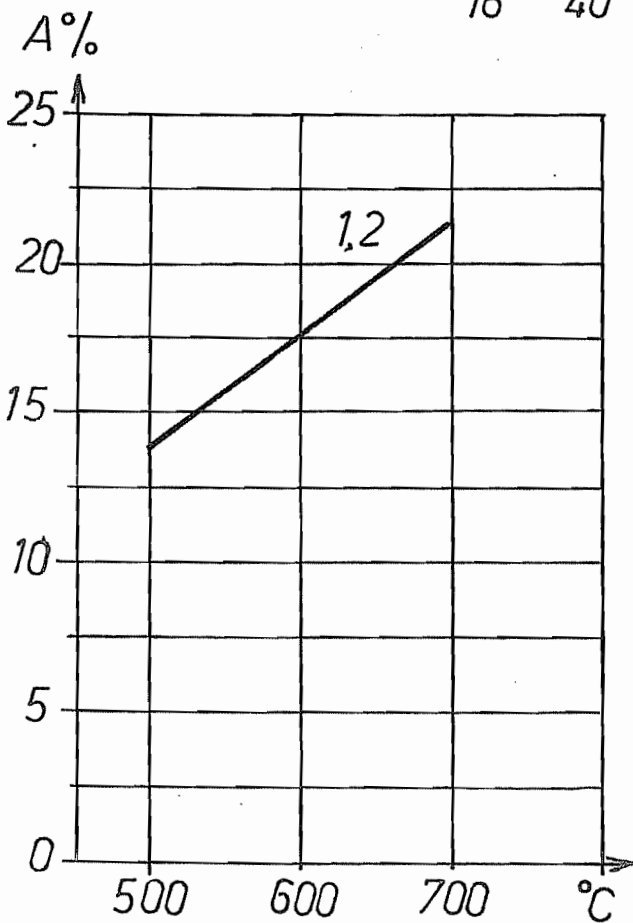
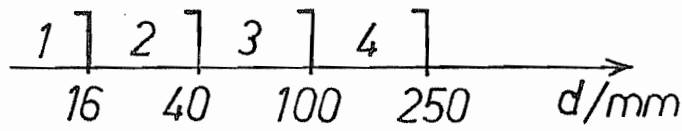
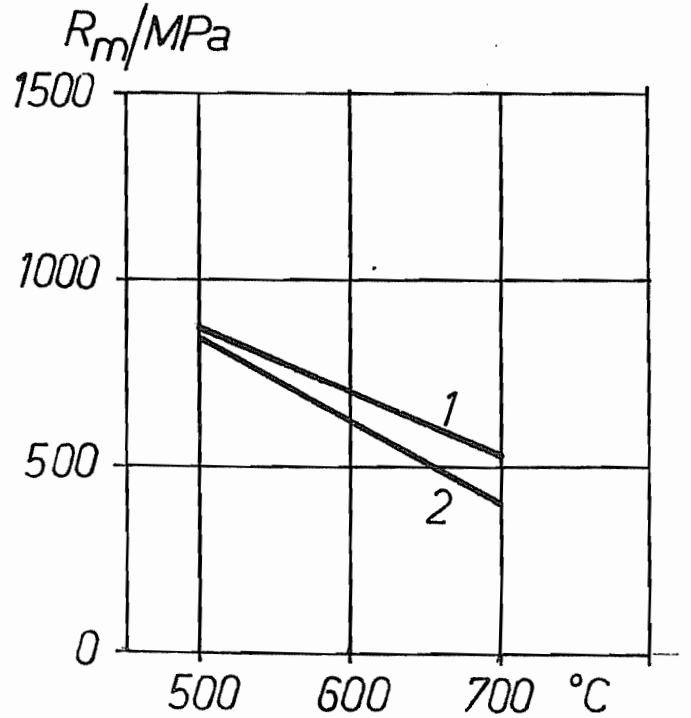
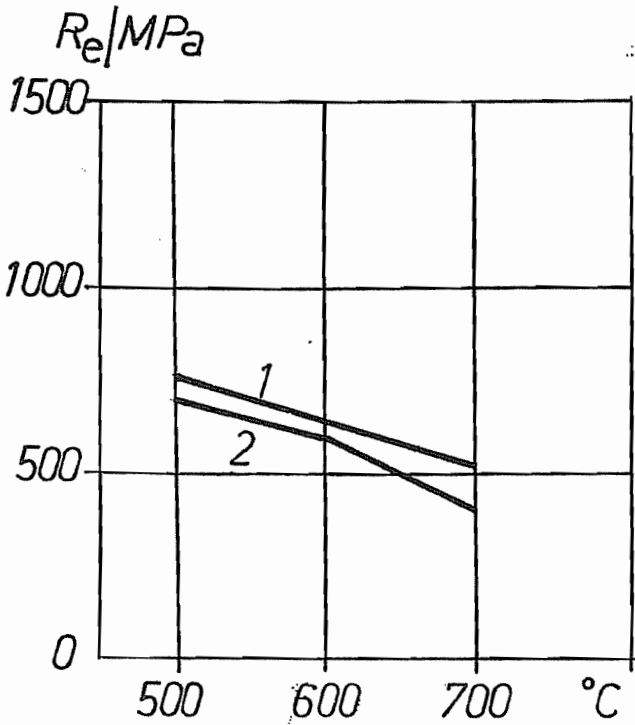
ATTENTION A LA FRAGILITE DE REVENU : toujours revenir à T° > 450°C et refroidir par immersion.

Avantage des aciers au bore : leur bas prix : I.P. = 164

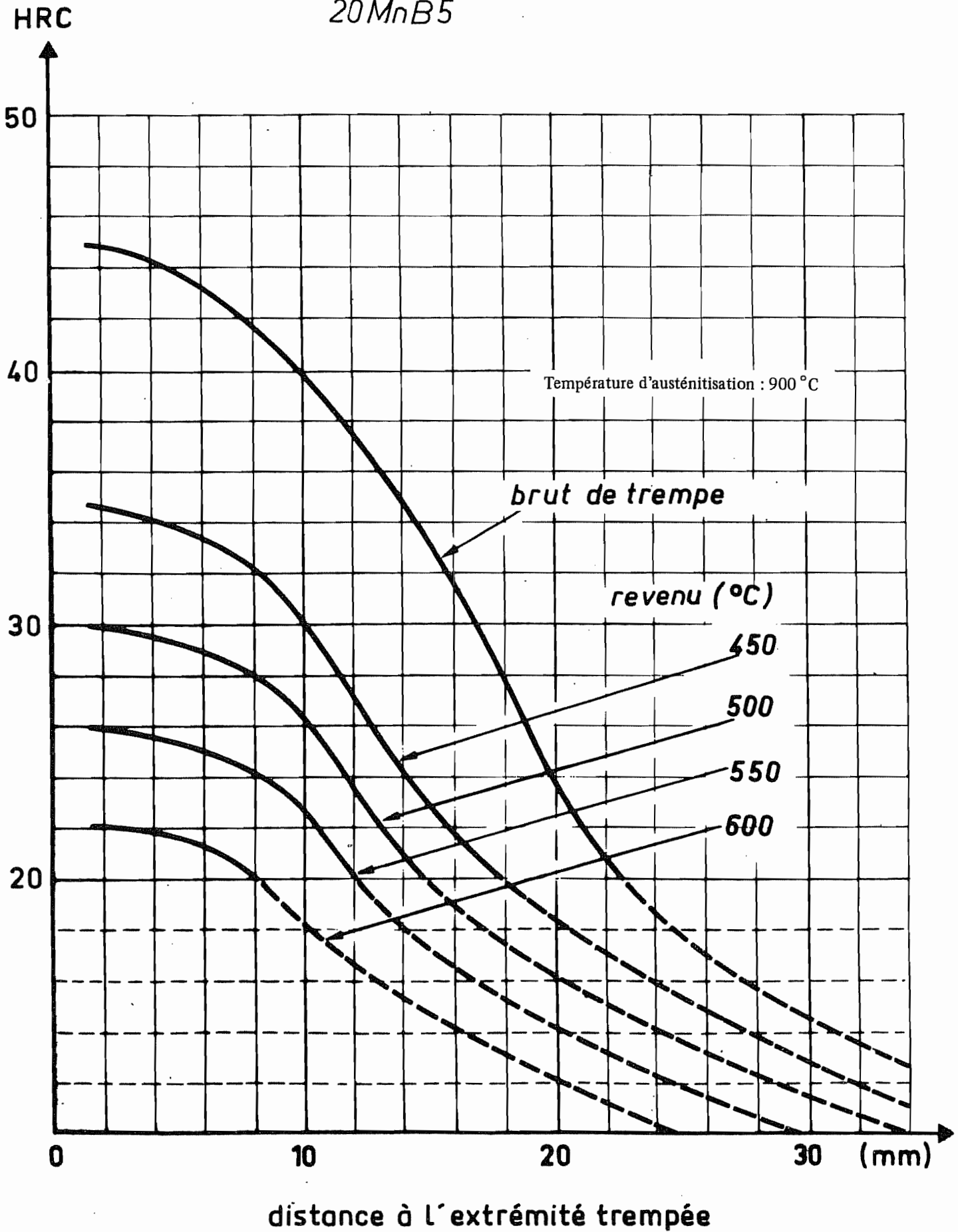
Inconvénients des aciers au bore : limités aux sections petites et moyennes ; dureté inférieure à la série CrMo4.

DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

20MnB5



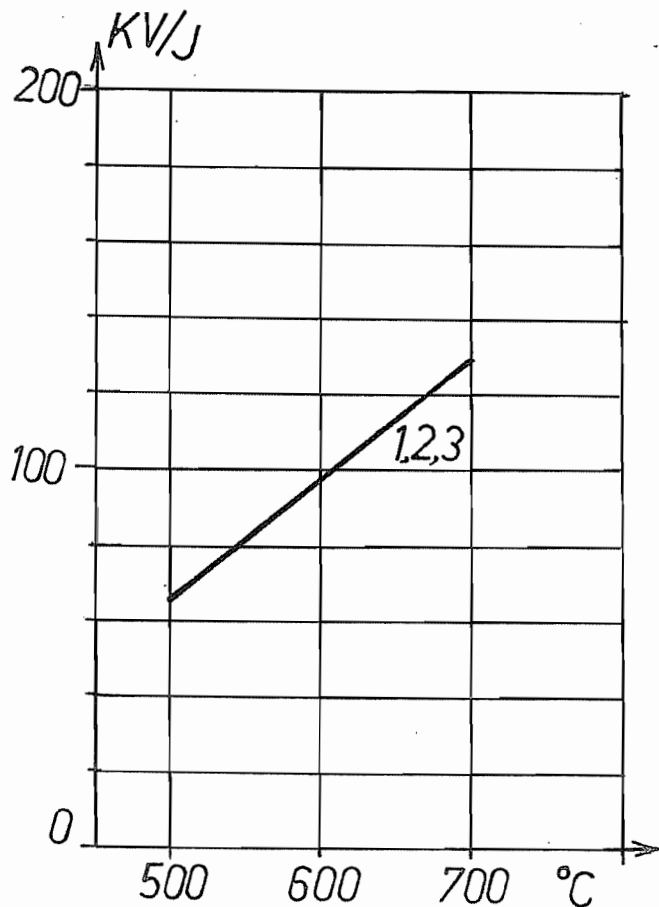
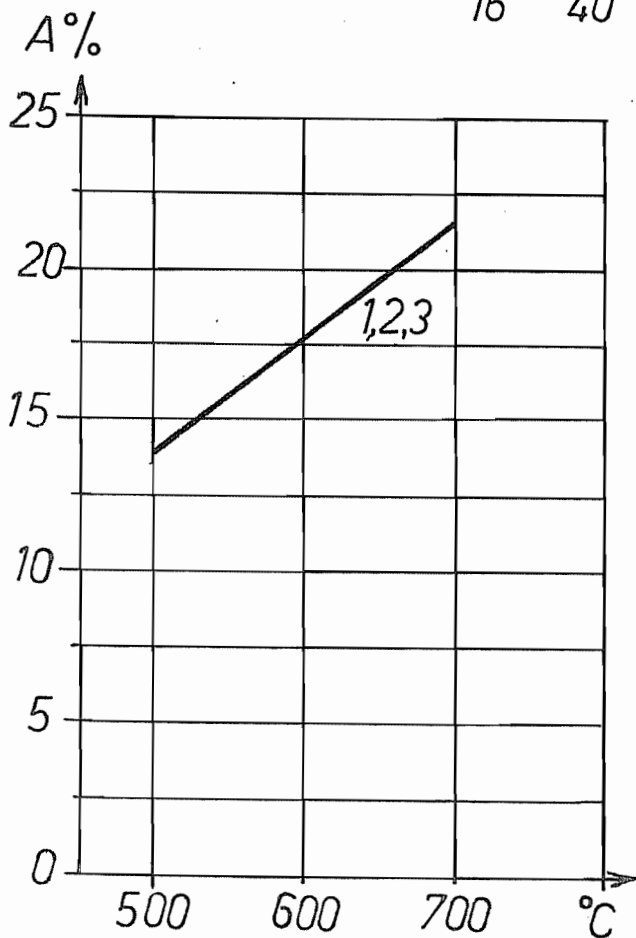
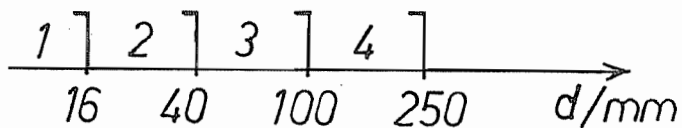
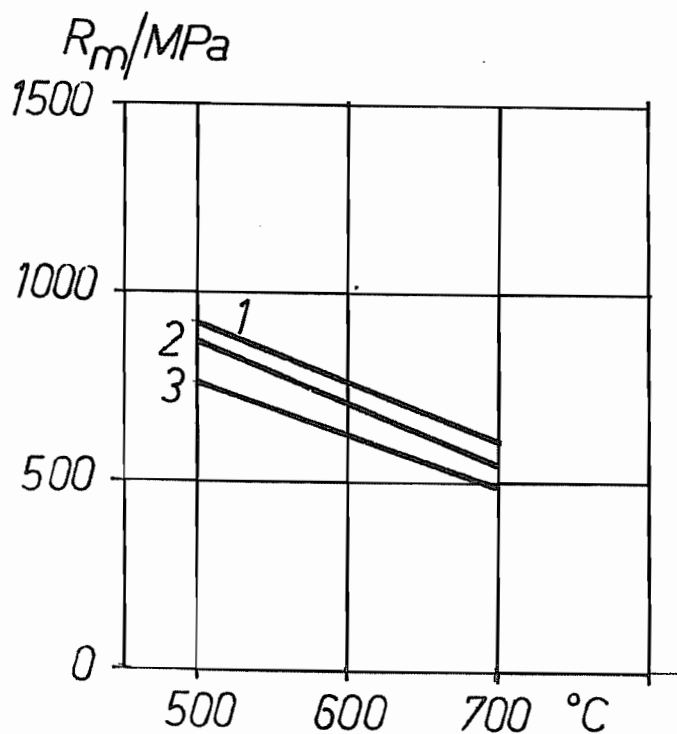
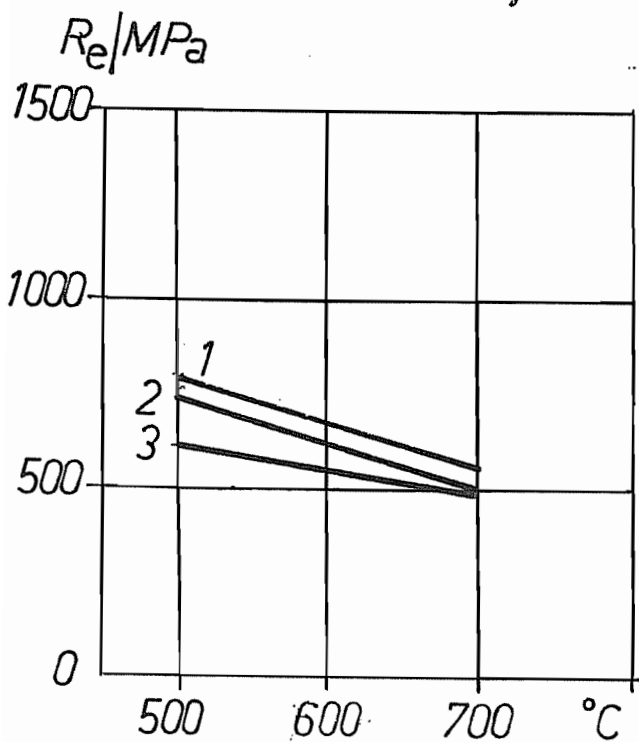
20MnB5



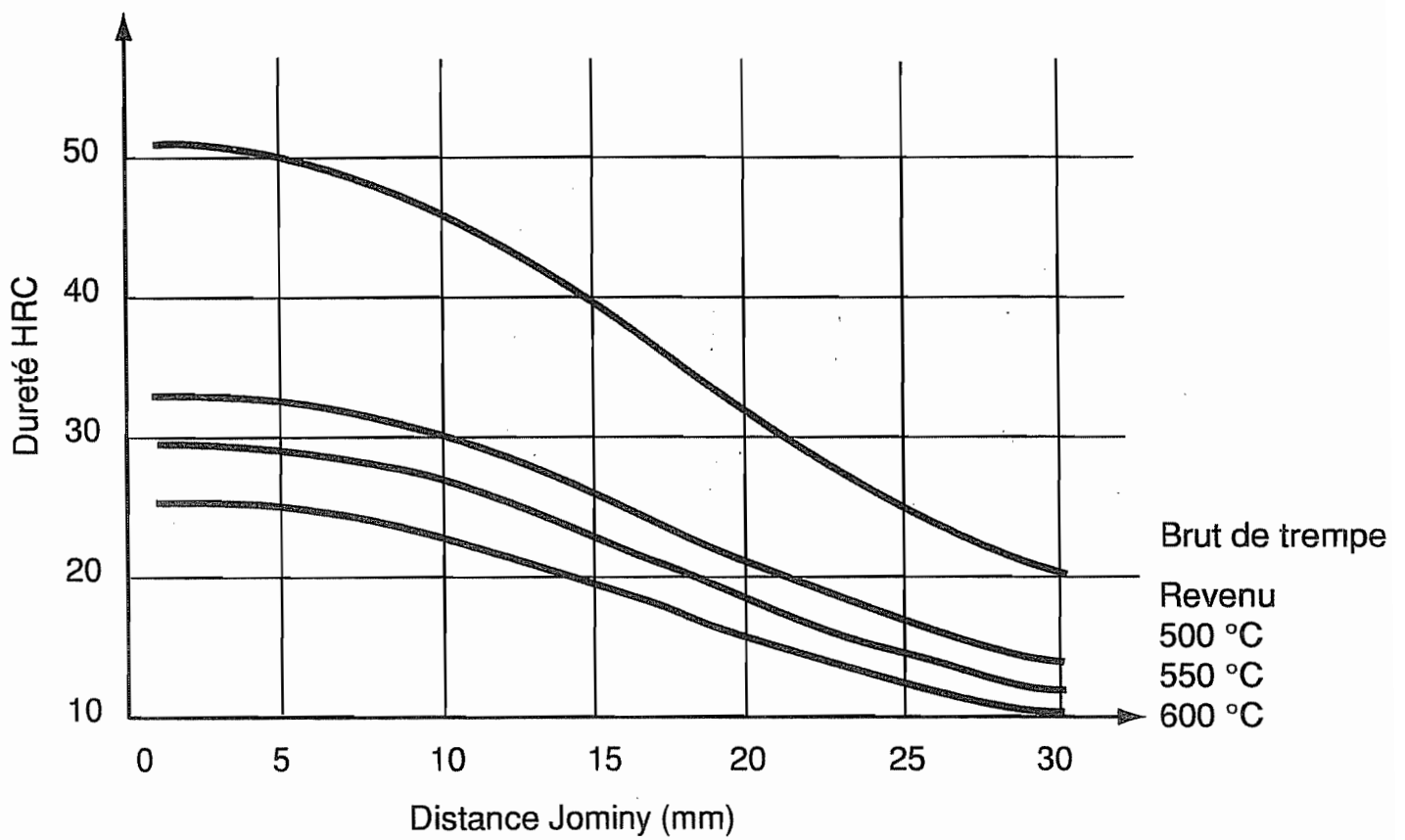
DIAGRAMMES DE REVENU

moyennes à 20 °C

30MnB5



30MnB5+H - Courbes Jominy moyennes



Conditions de trempe :

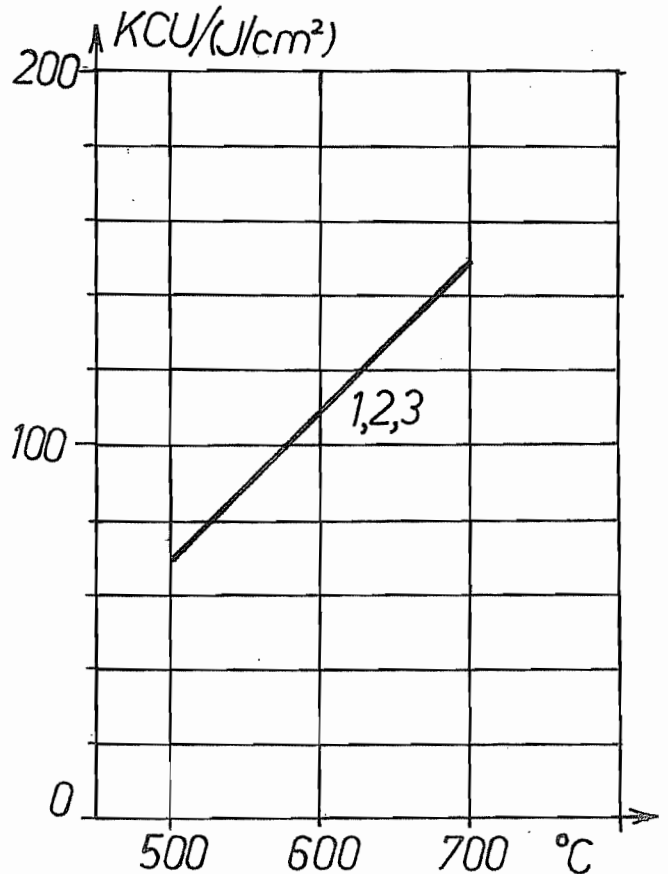
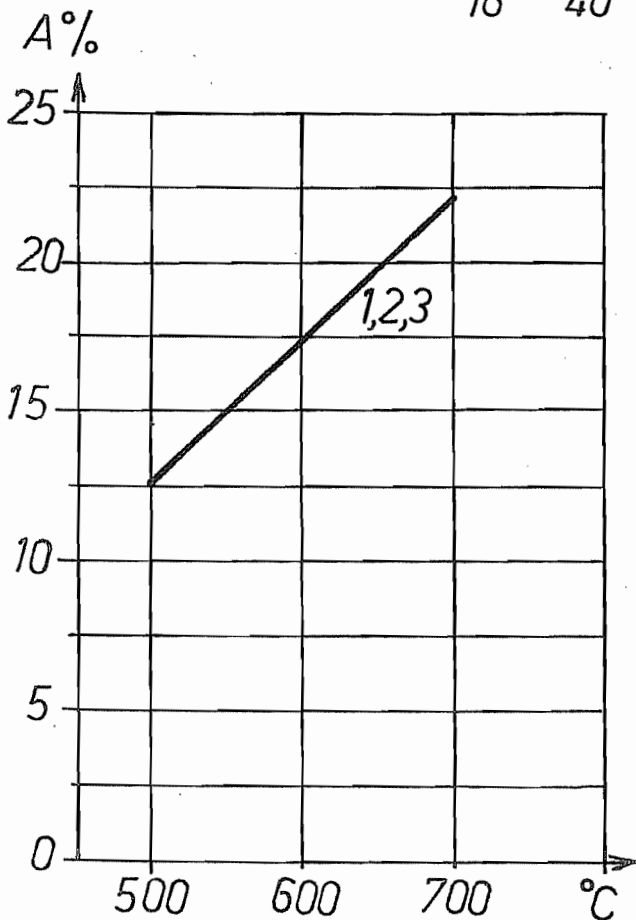
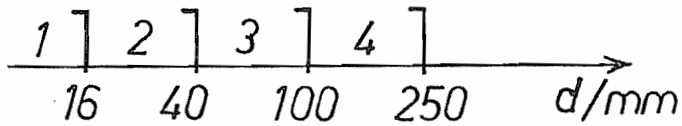
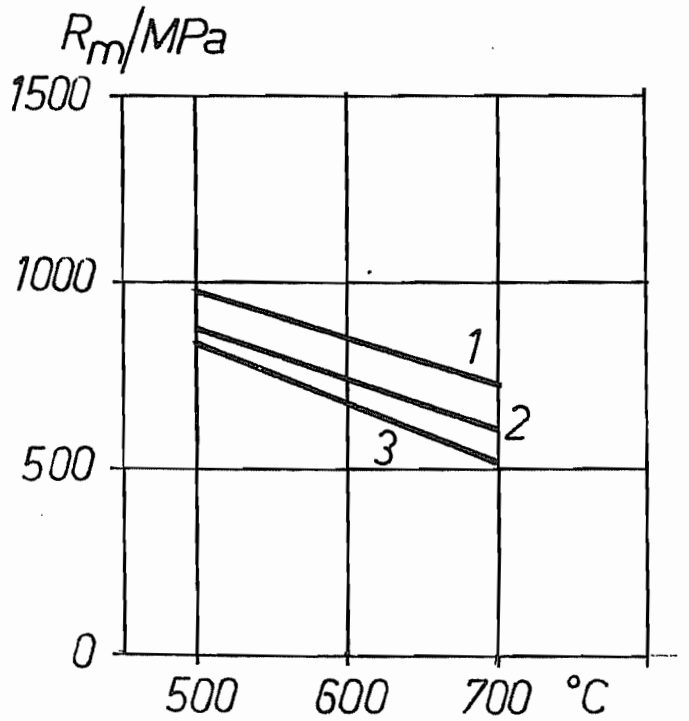
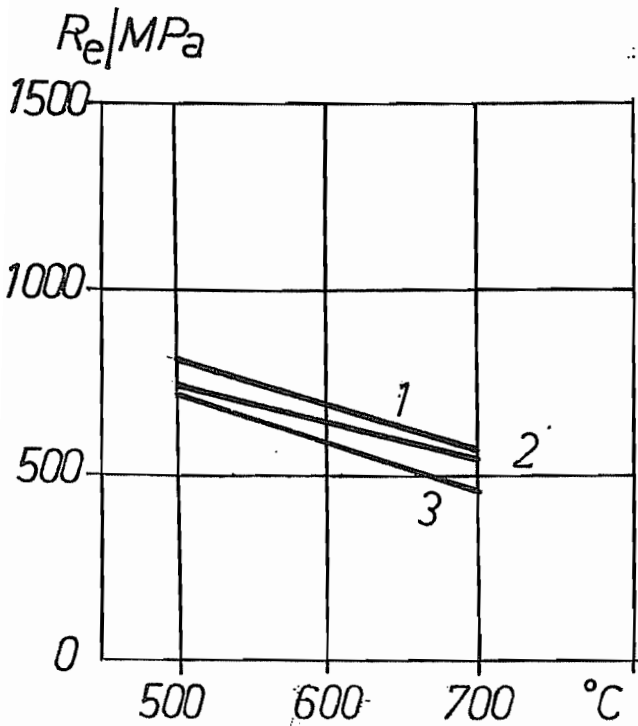
TH 850-870 pour $\phi < 40$ mm

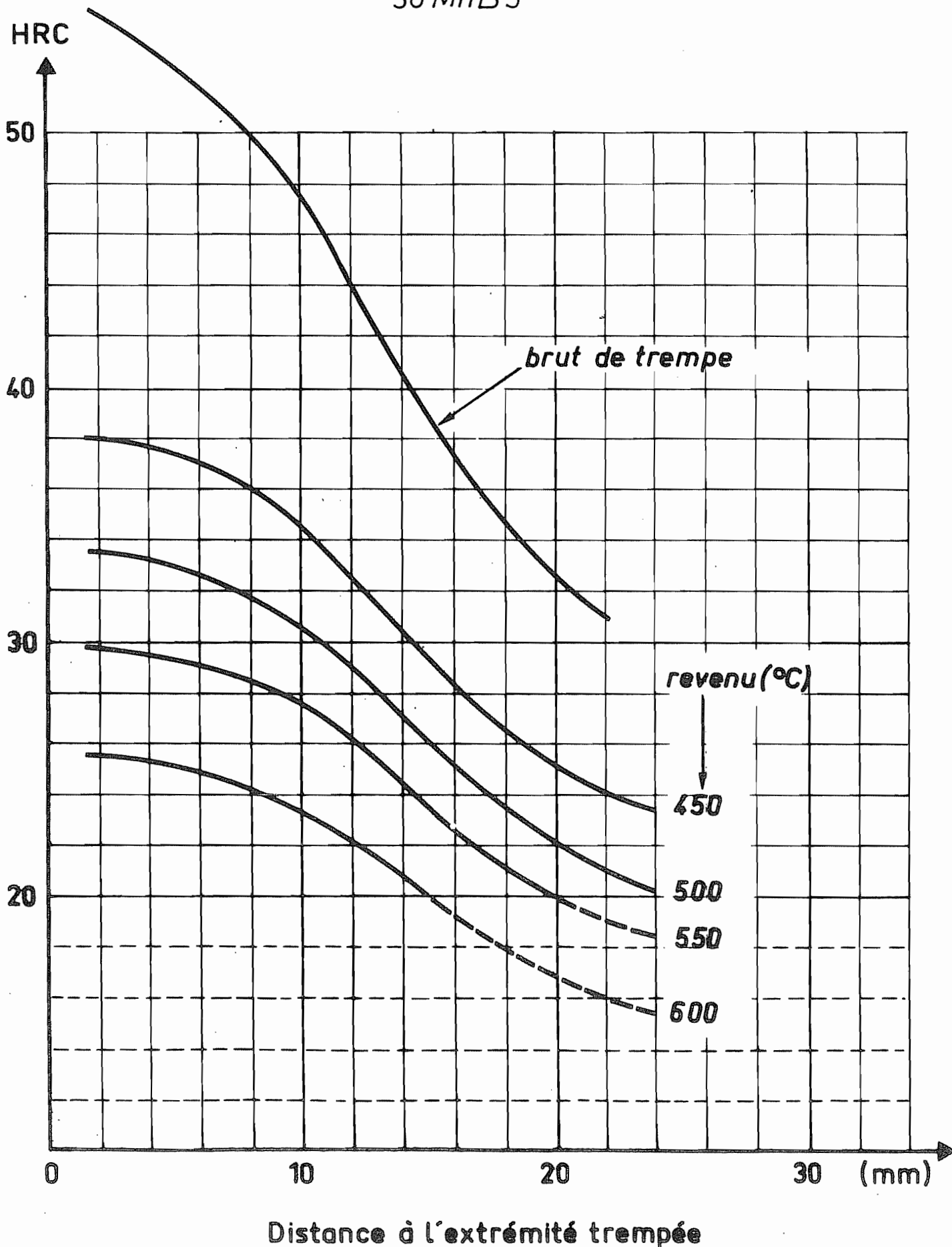
TE pour pièces de forte section et de forme simple

DIAGRAMMES DE REVENU

moyennes à 20 °C

38MnB5

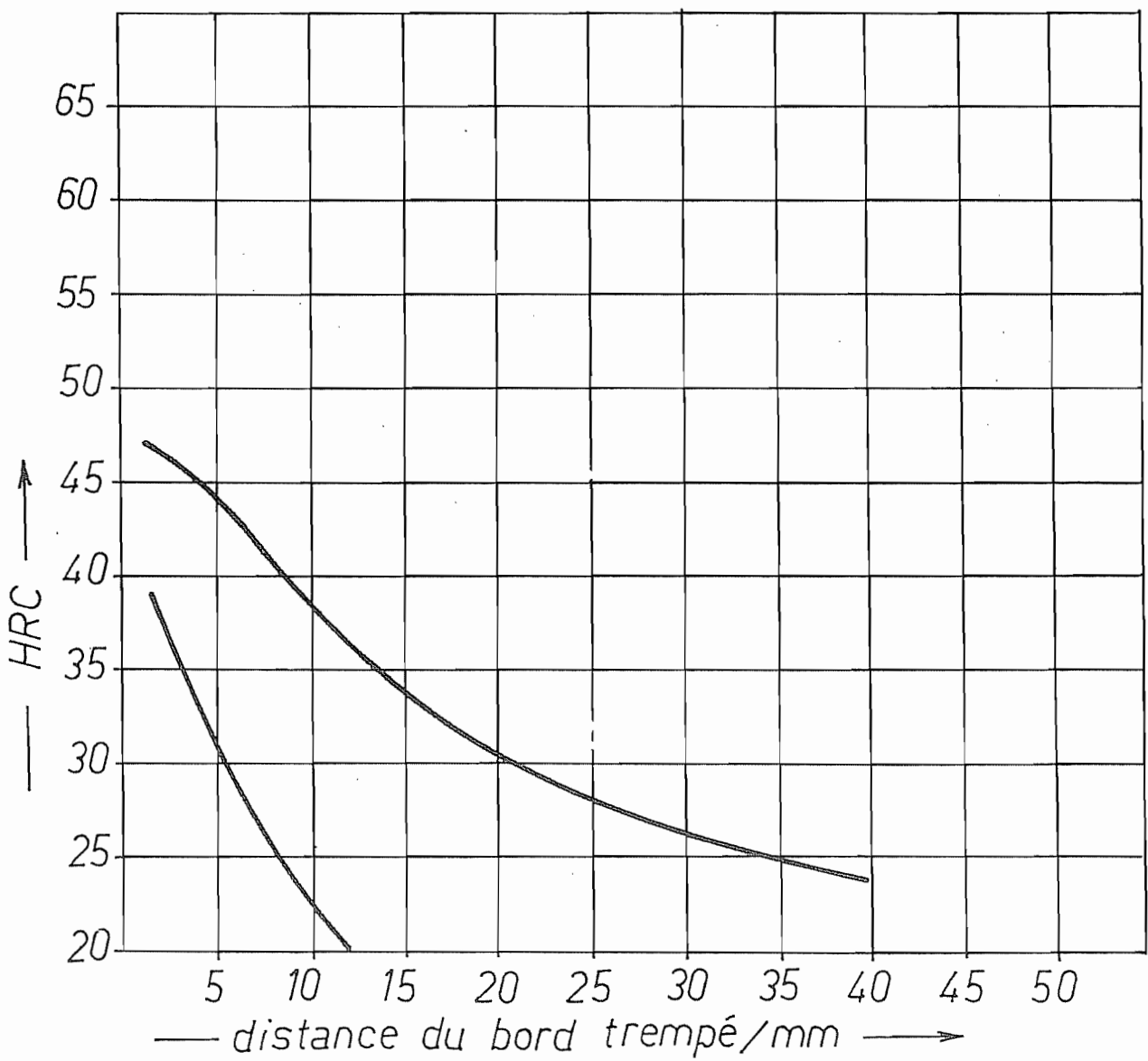




ACIERS DE CEMENTATION

16MnCr5

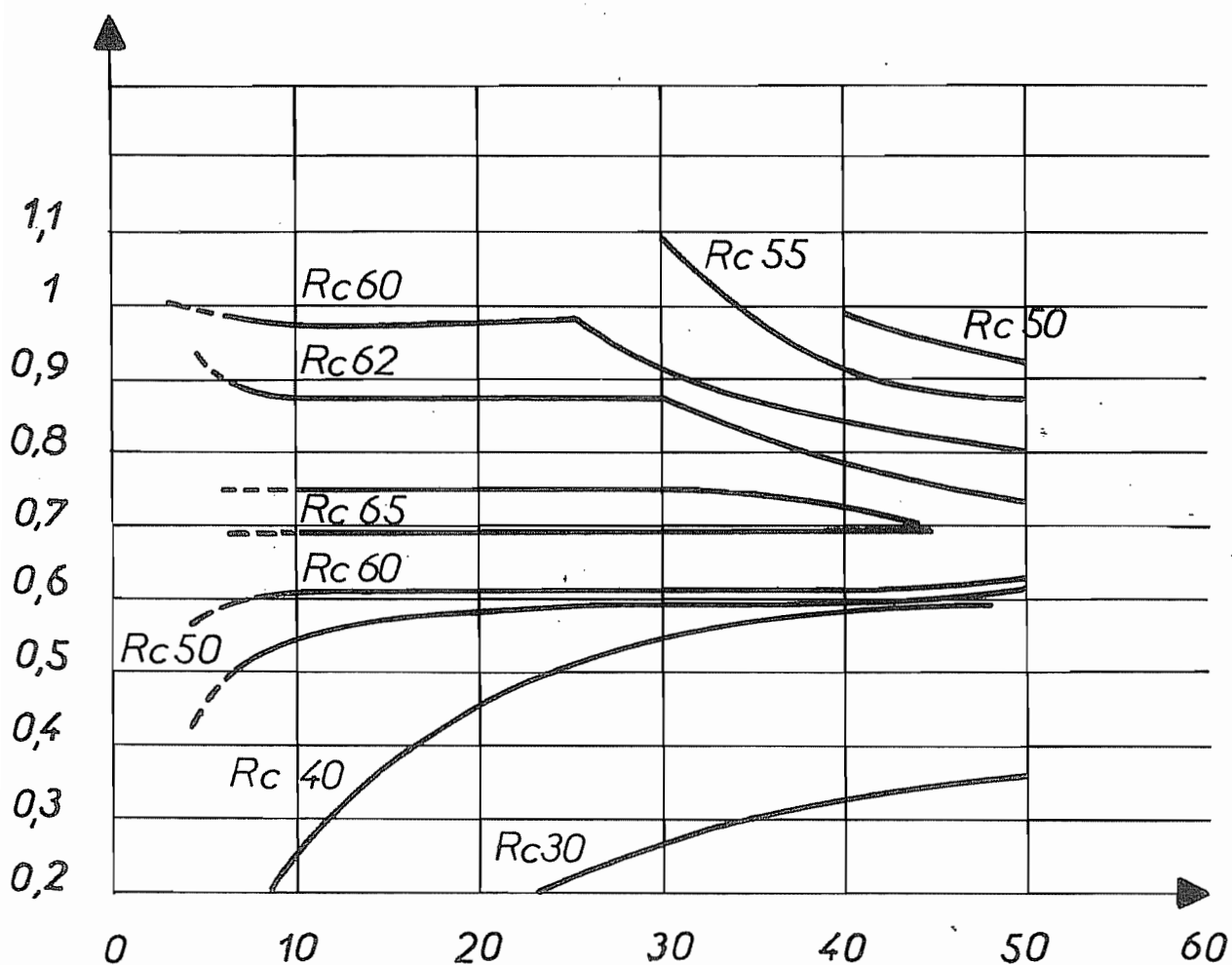
TREMPE A L'HUILE: 850-870°C



Bande Jominy

16 Mn Cr 5

Teneur en Carbone %



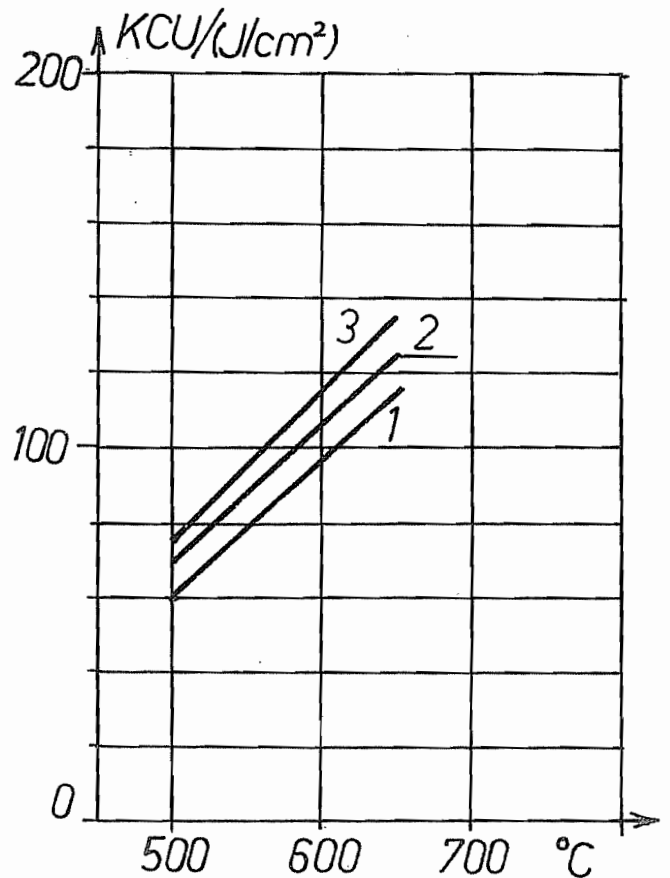
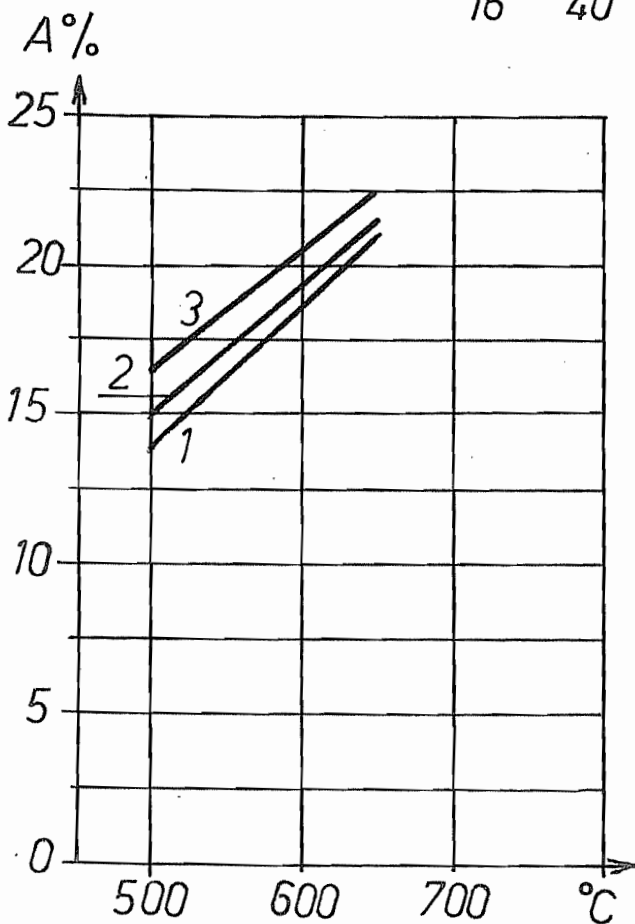
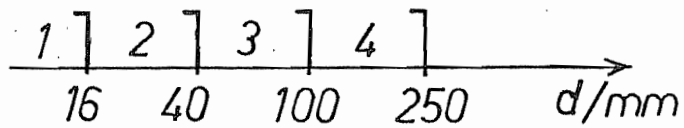
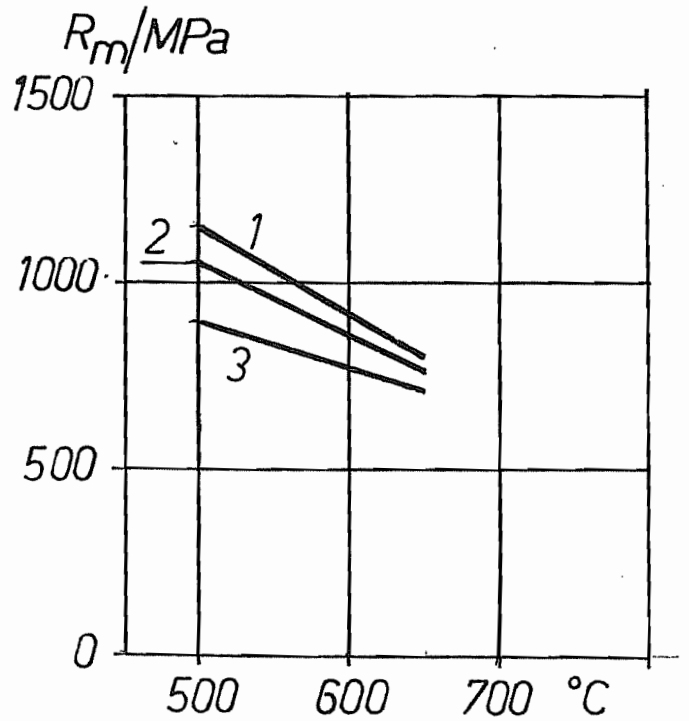
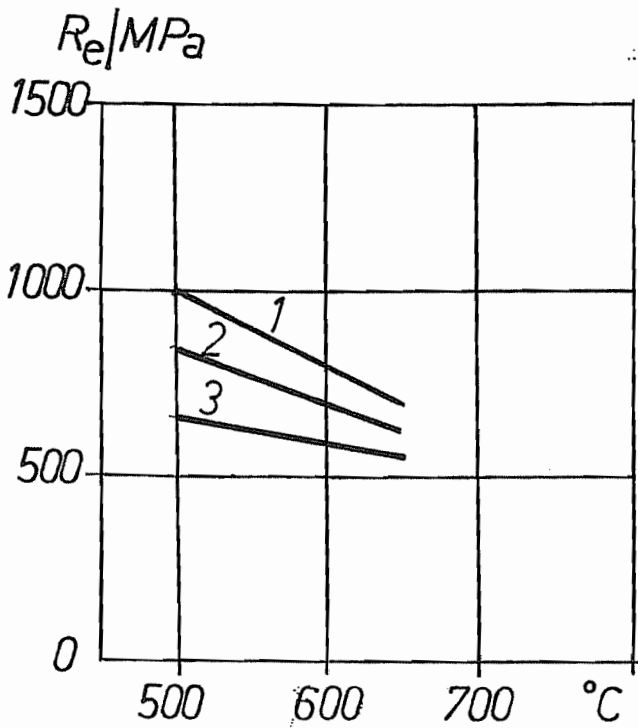
distance Jominy J (mm)

Trempabilité de la couche cémentée.

Courbes obtenues en trempé direct à partir de 925 °C

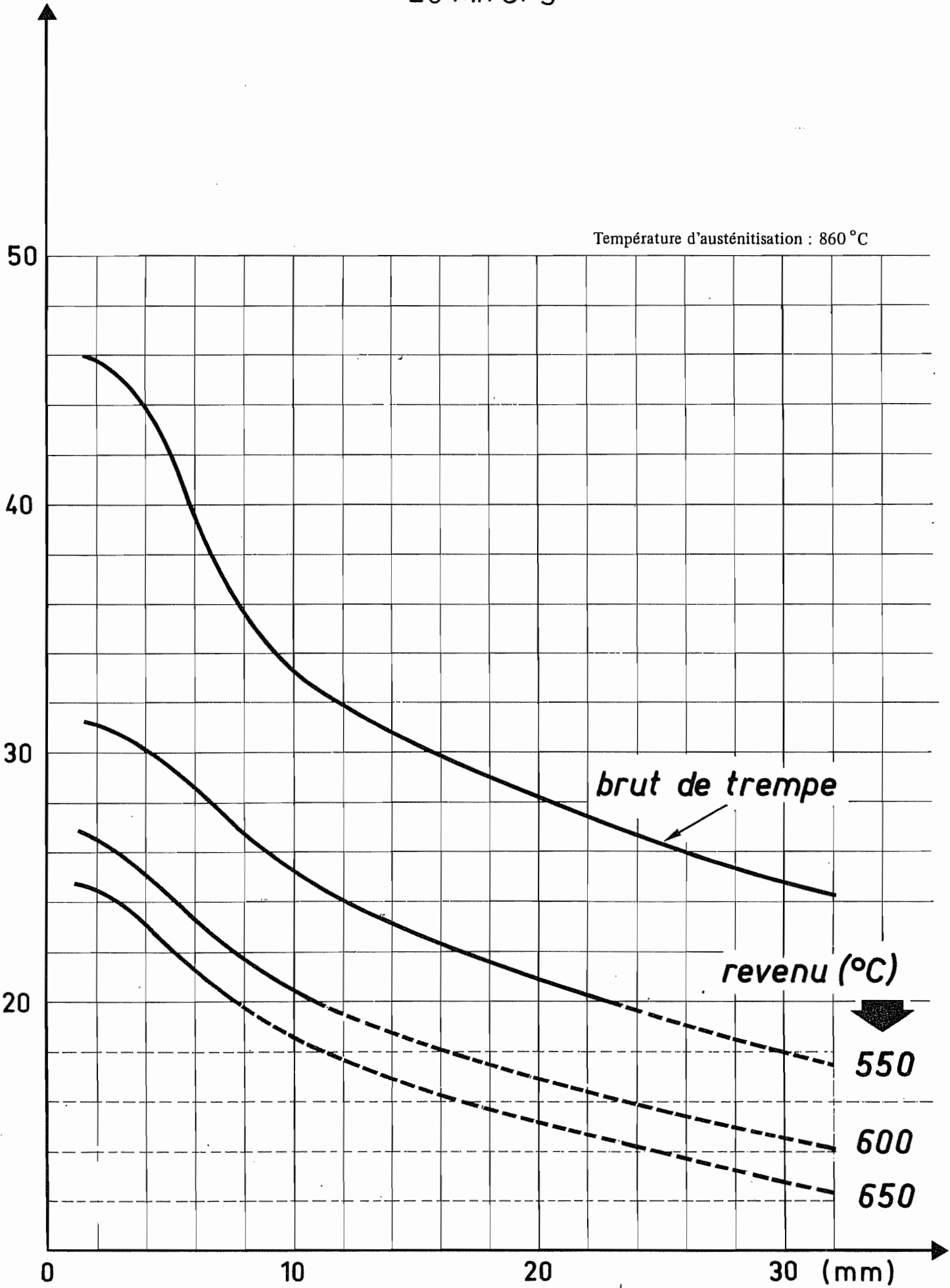
DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

20MnCr5

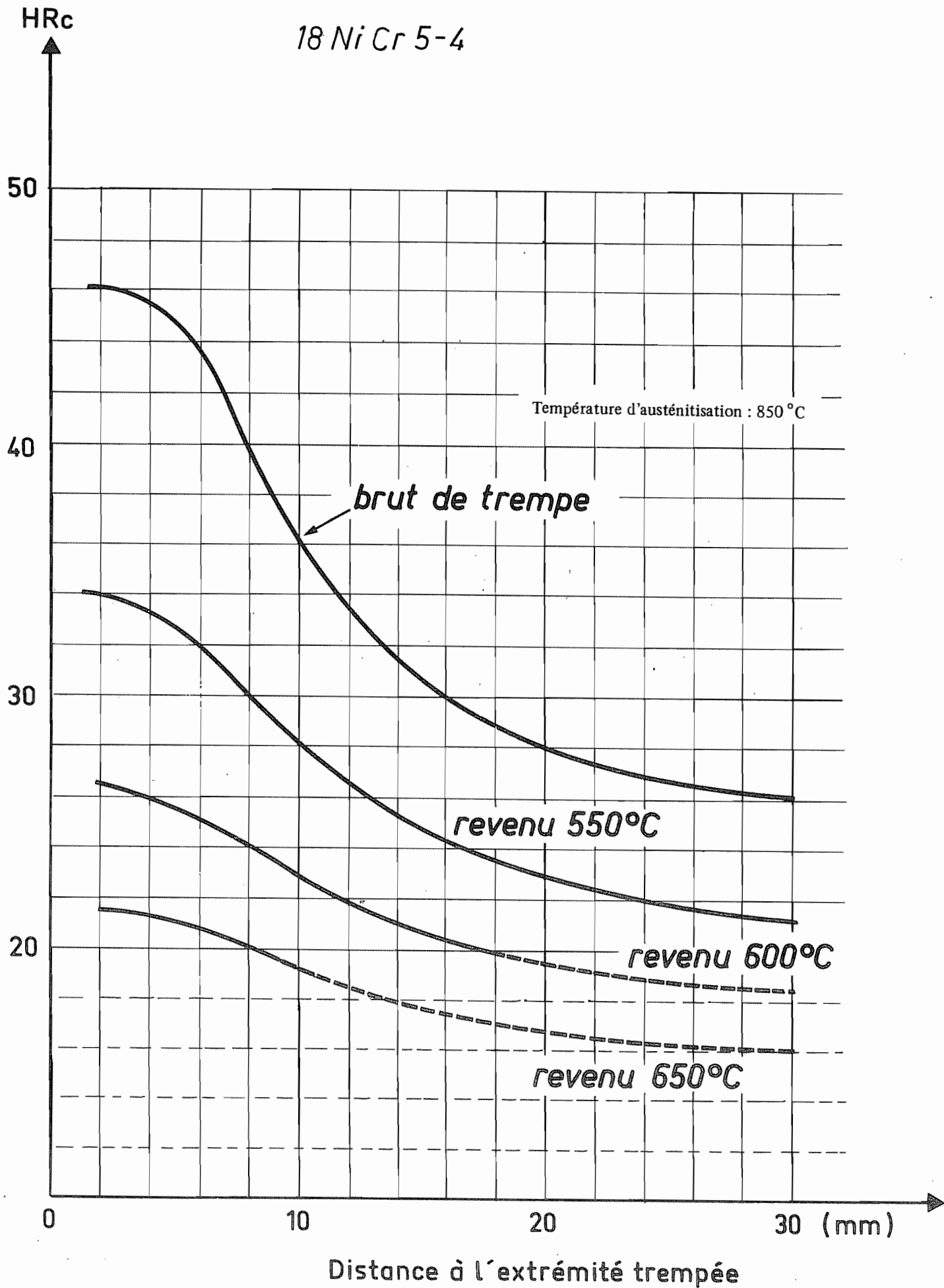


20 Mn Cr 5

HRC

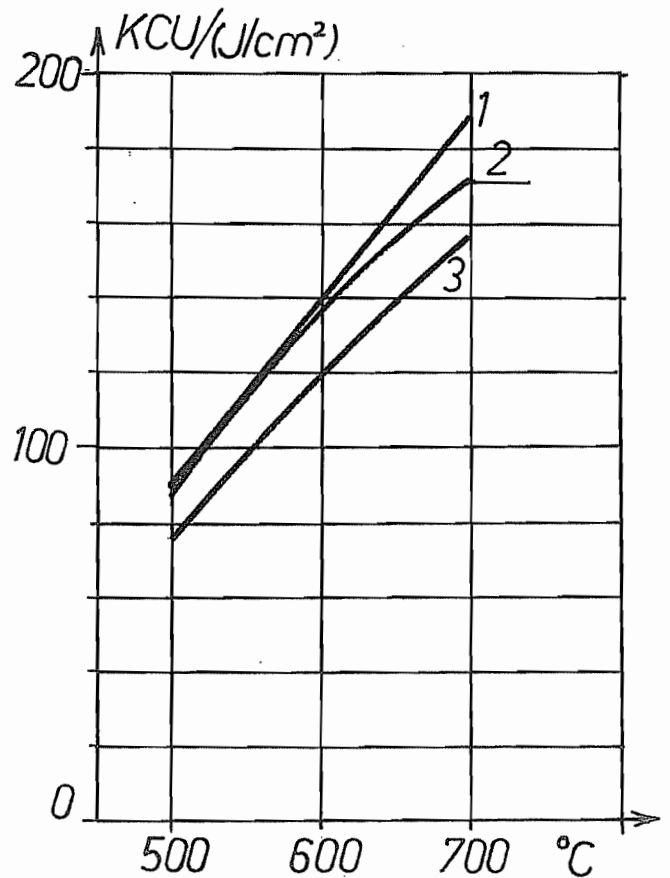
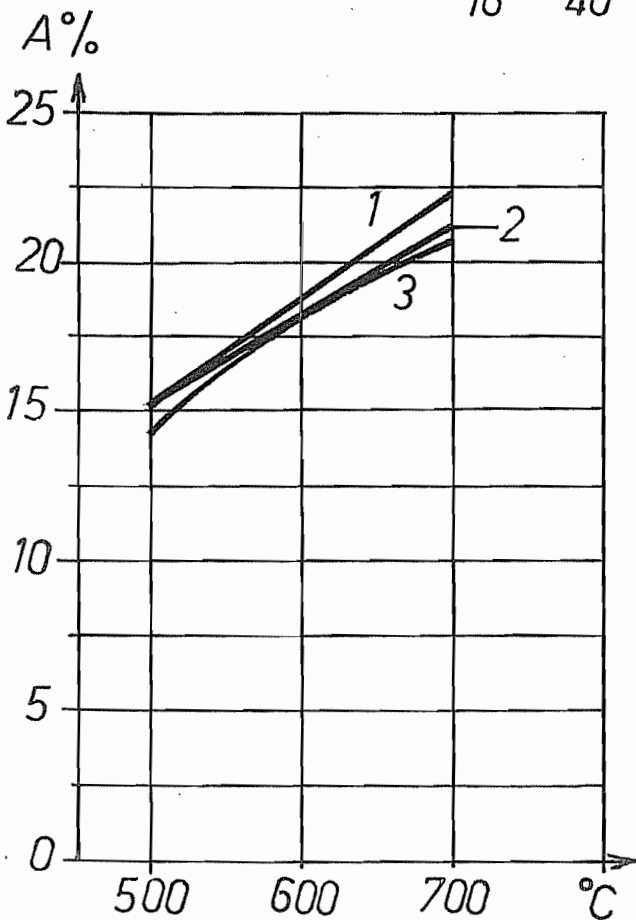
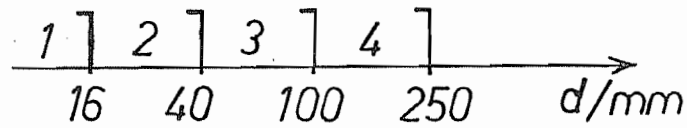
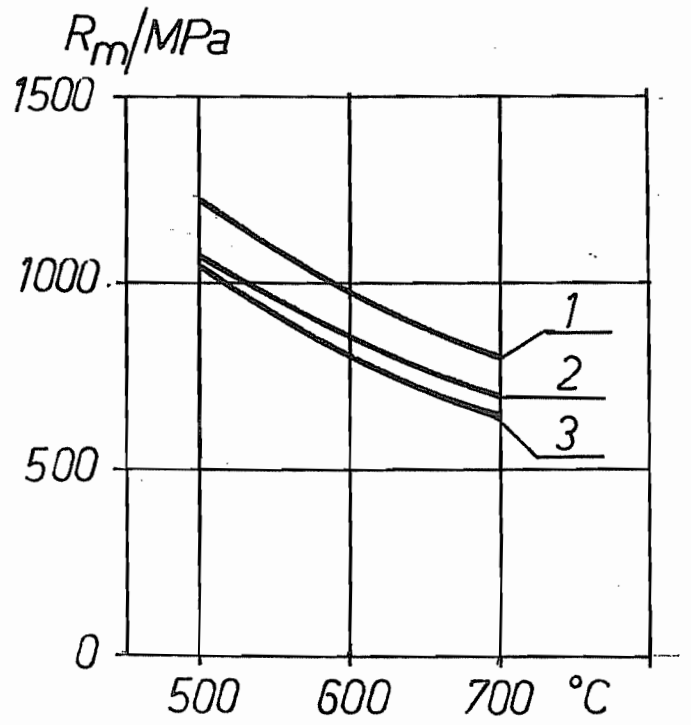
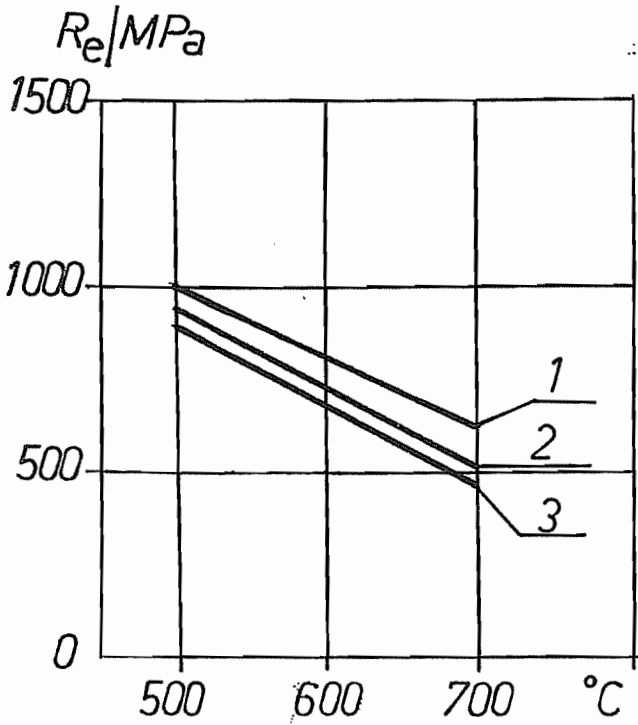


18 Ni Cr 5-4



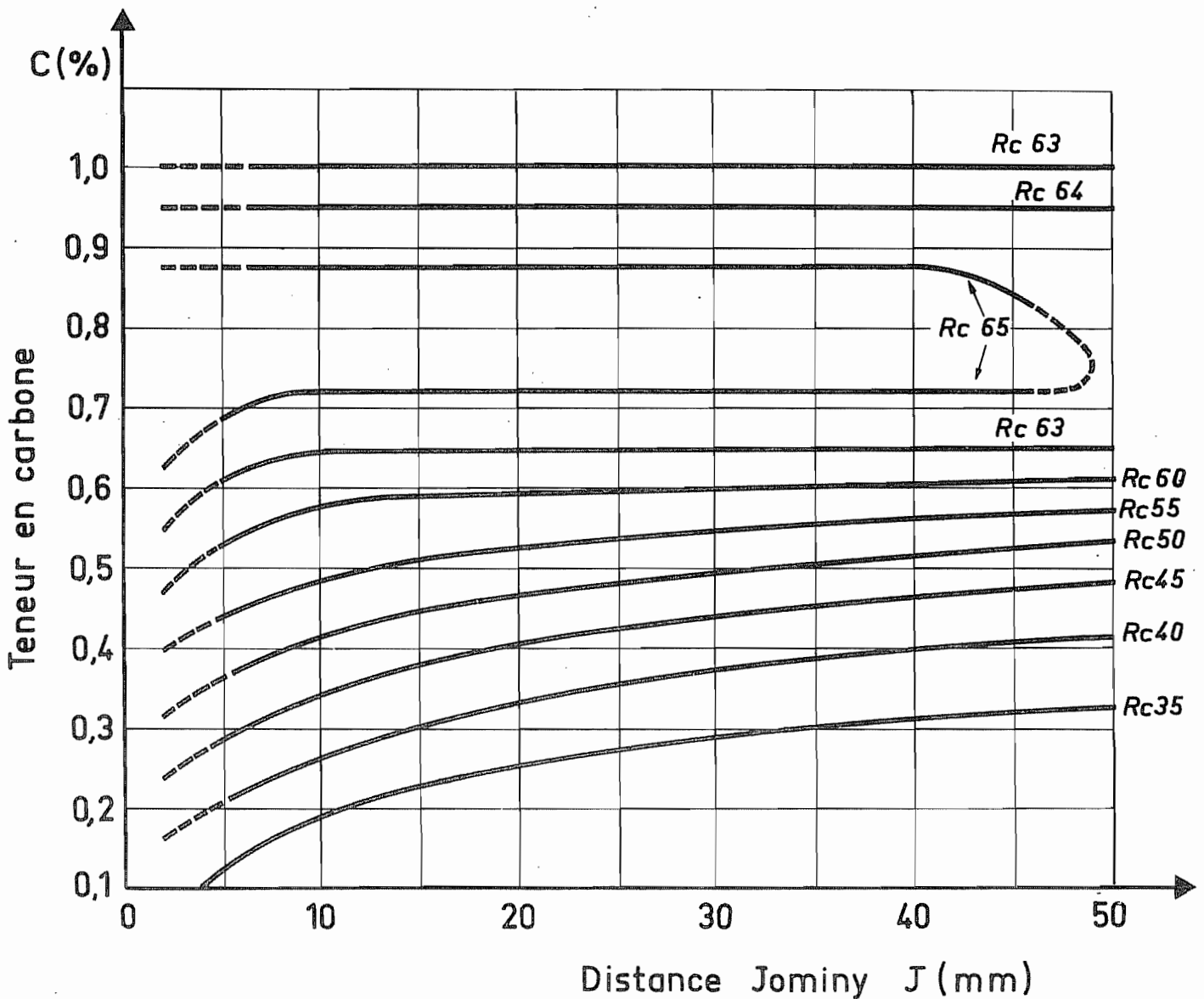
DIAGRAMMES DE REVENU
moyennes à 20 °C

18NiCr5-4



18NiCr5-4

Courbes de facilité de cémentation

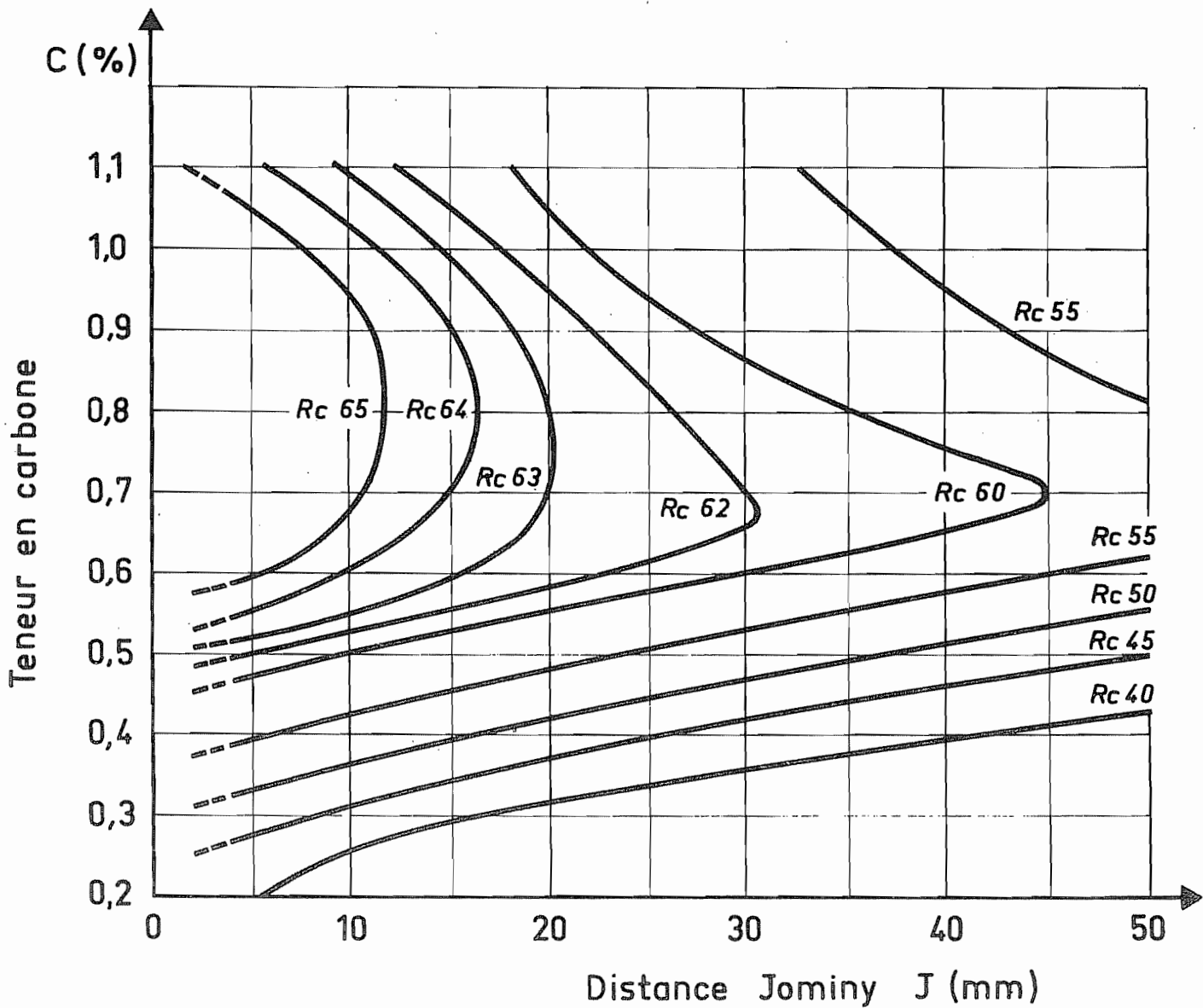


Trempabilité de la couche cémentée.

Courbes obtenues par trempe directe à partir de la température de 925°C.

18NiCr5-4

Courbes de facilité de cémentation



Trempabilité de la couche cémentée.

Courbes obtenues par trempé différée à partir de la température de 840°C.

ACIERS A ROULEMENTS

100Cr6

Température d'austénitisation 830°

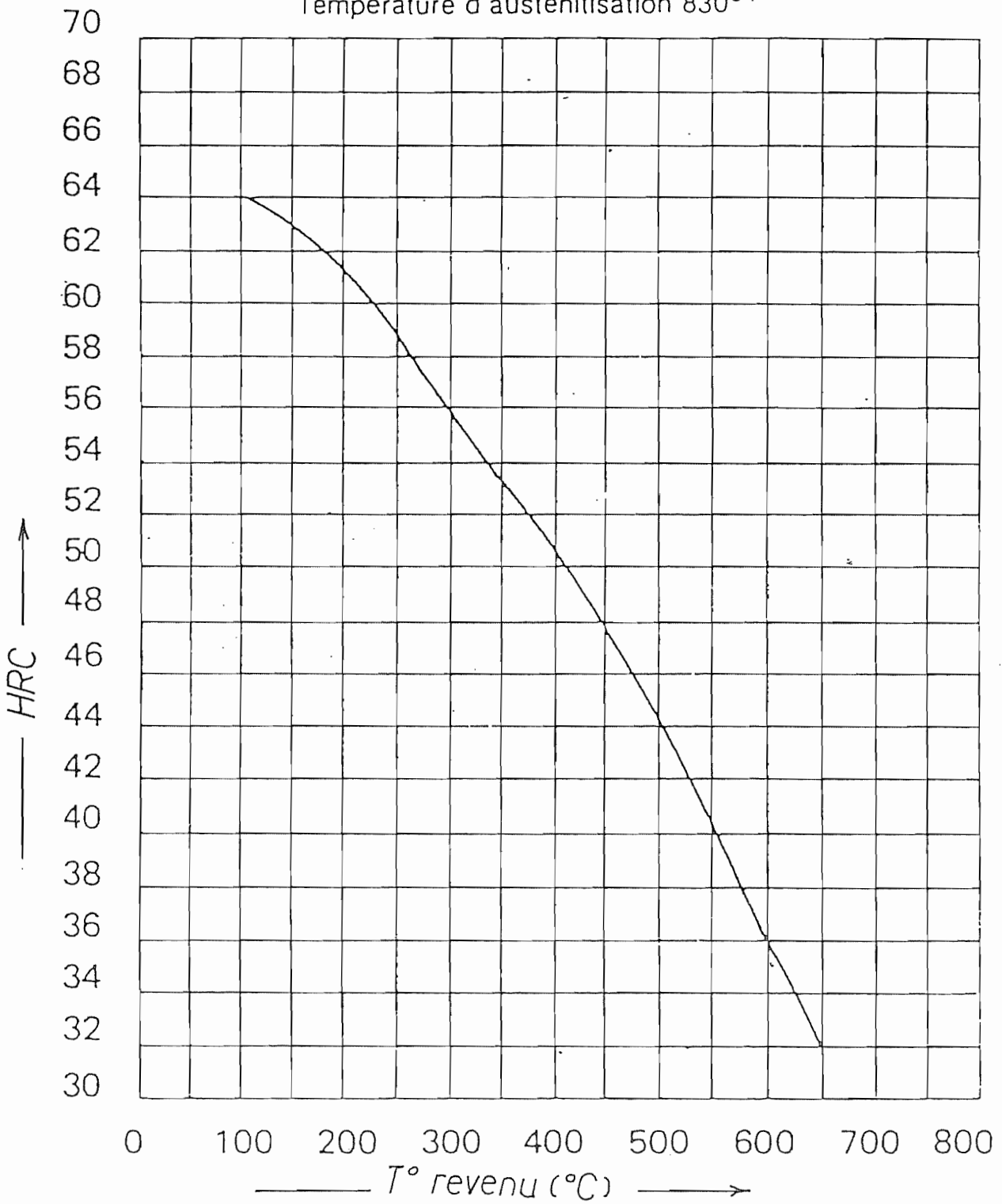
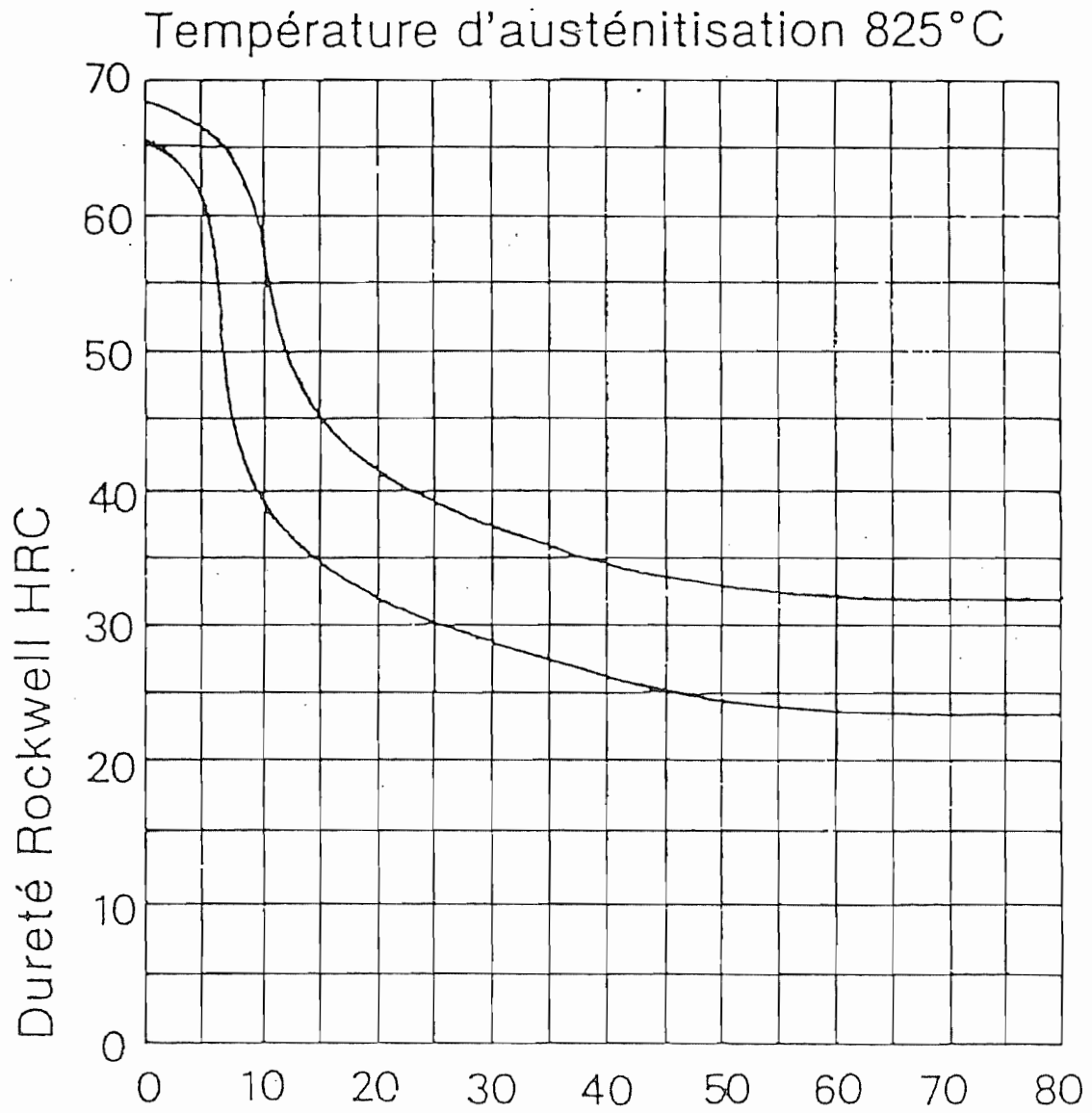


Diagramme de revenu

100Cr6

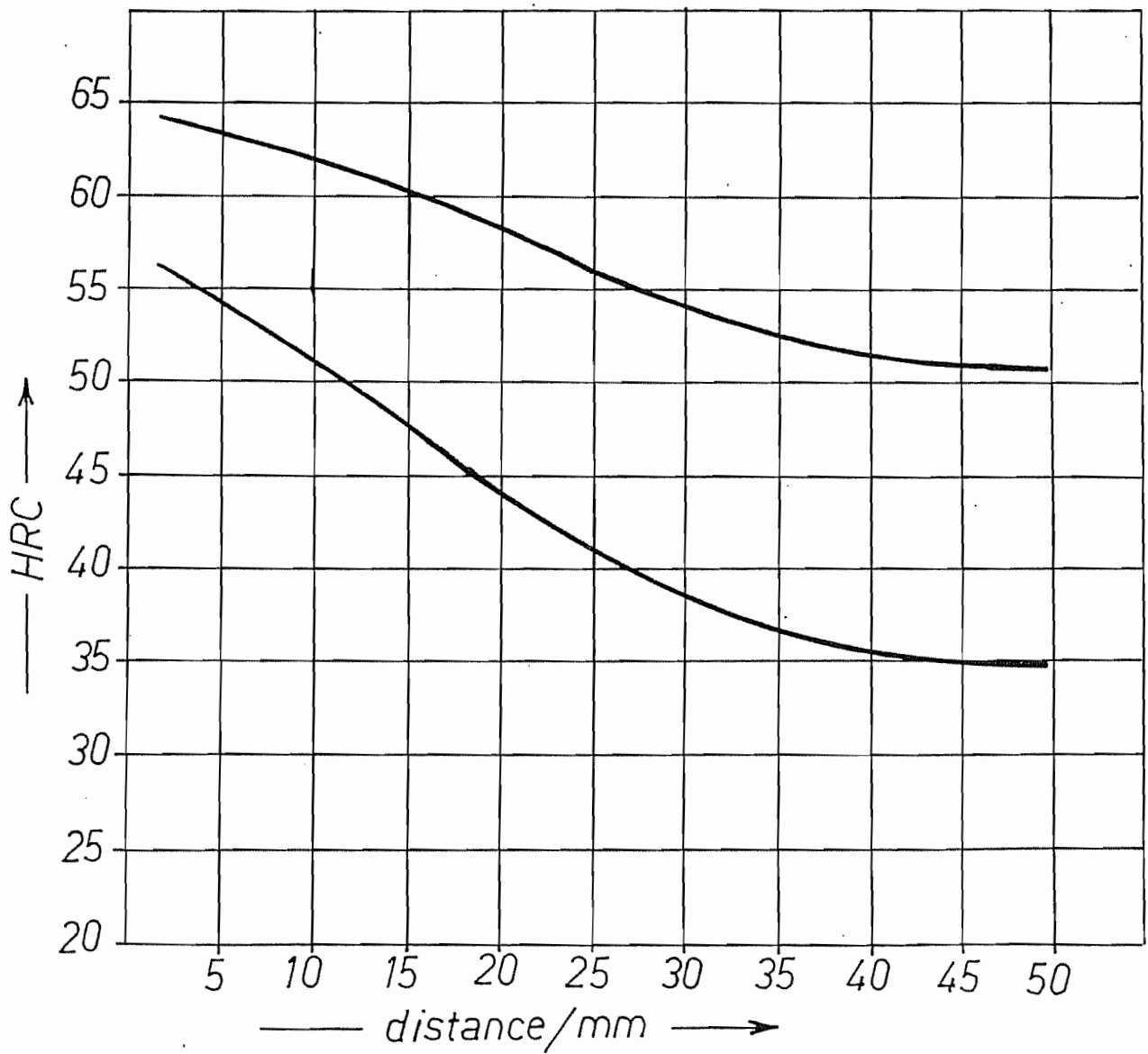


Distance à la face trempée de l'éprouvette en mm

Bande Jominy

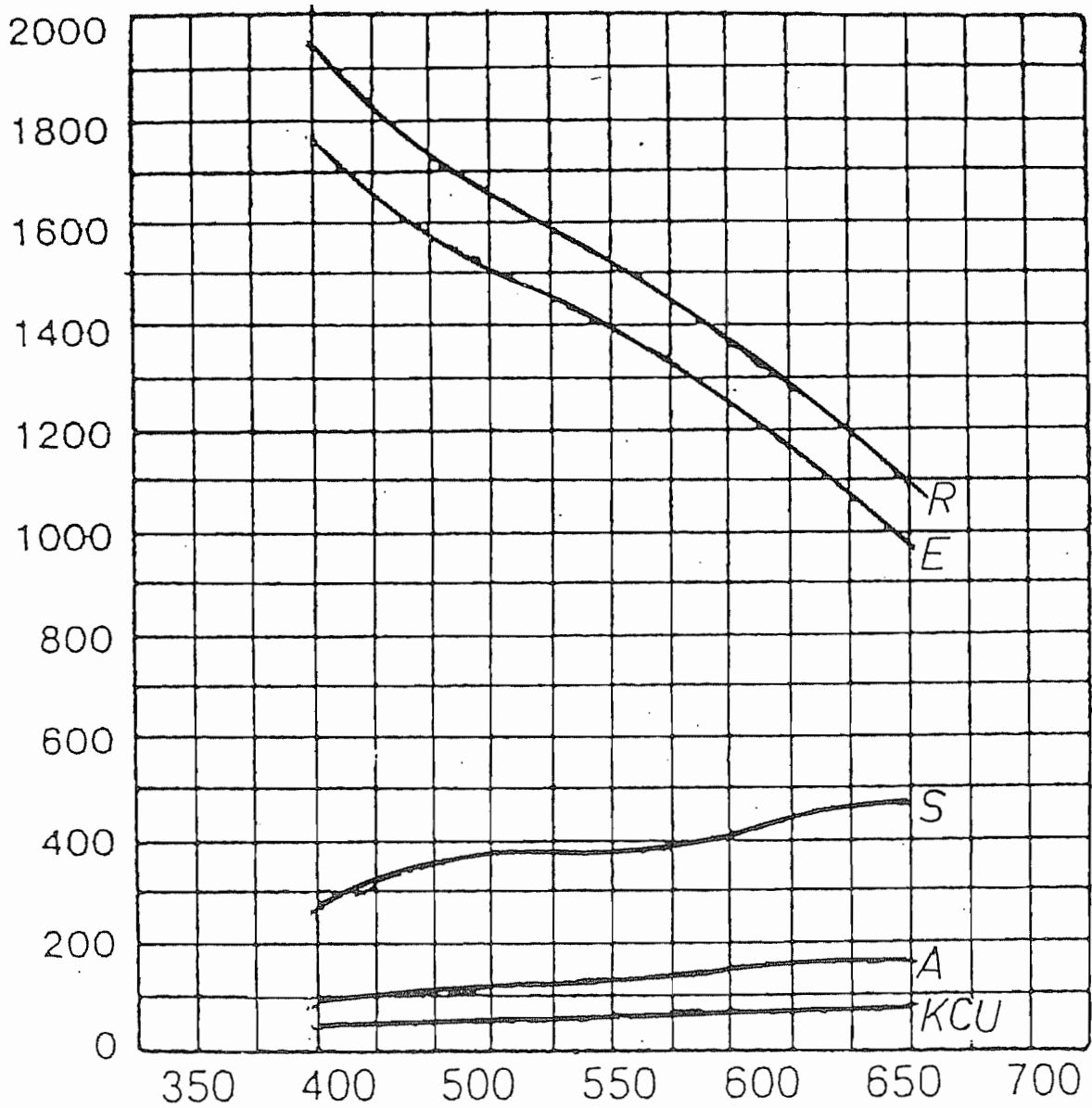
ACIERS A RESSORTS

46SiCrMo6



BANDE JOMINY

46SiCrMo6



Température de revenu en °C (Durée 1 h)
Trempe 880° C/huile
Valeurs moyennes sur éprouvettes 13,6 mm

Diagramme de revenu

ACIERS DE NITRURATION

41CrAlMo7

TREMPE A L'HUILE / 880-930°C

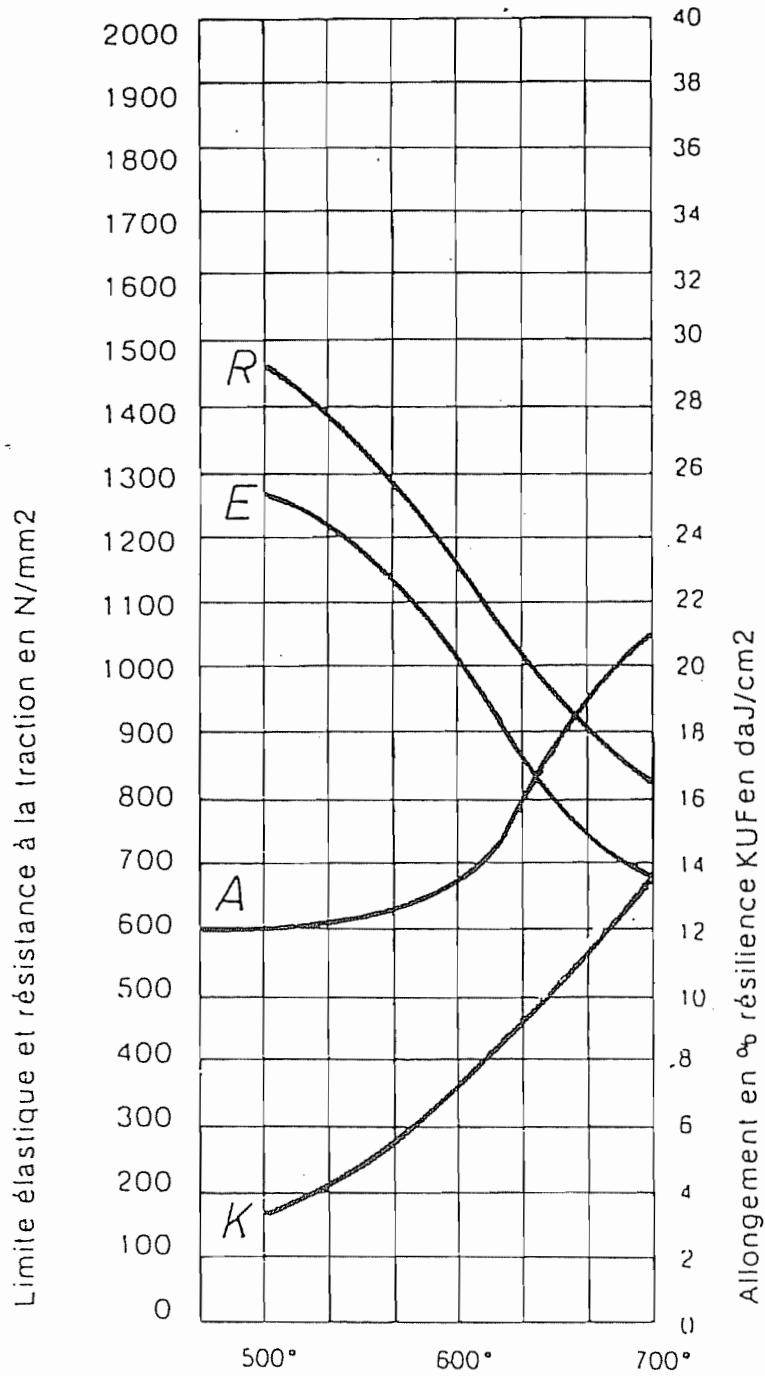
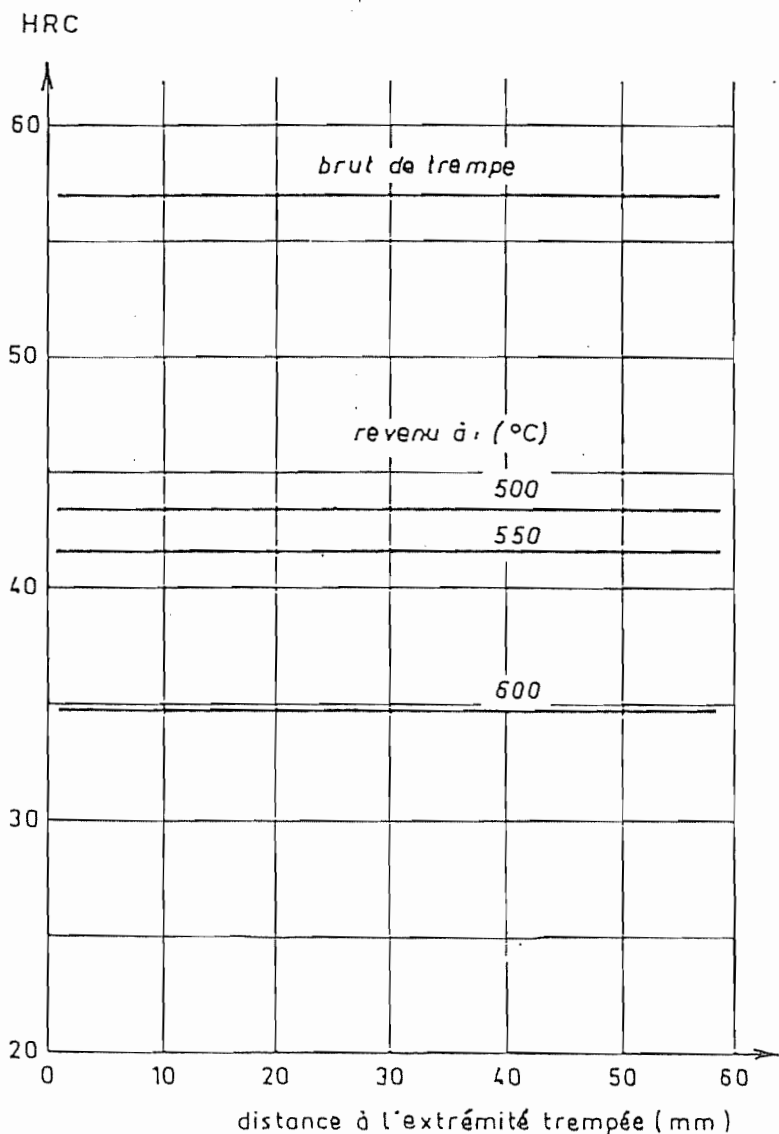


Diagramme de revenu

41 CrAlMo 7



Courbes Jominy à l'état revenu

ACIERS INOXYDABLES

ACIERS INOXYDABLES

Il faut distinguer les aciers inoxydables *austénitiques* qui sont amagnétiques et relativement mauvais conducteurs de la chaleur des aciers inoxydables *ferritiques* et *martensitiques* qui sont ferromagnétiques et conduisent mieux la chaleur. Nous donnerons pour chacun de ces aciers, en plus de sa désignation *EURONORM*, sa désignation *AISI* qui est très couramment utilisée.

1) Nuances typiques d'aciers inoxydables austénitiques

EN	AISI	Type	$R_{p0,2}$ MPa	R_m MPa	A %	KV J
X5CrNi18-10	304	austénitique	190	500-700	45	100
X2CrNi18-10	304L	austénitique à bas carbone	190	460-680	45	100
X5CrNiMo17-12-2	316	austénitique stabilisé	200	500-700	40	100
X2CrNiMo17-12-2	316L	austénitique stabilisé à bas carbone	200	500-700	40	100

Les aciers austénitiques à bas carbone (suffixe L dans la norme AISI) résistent le mieux à la corrosion.

Les aciers austénitiques peuvent, après soudure, présenter une phase martensitique *fragile*. Ce genre de problèmes est écarté avec les nuances *stabilisées*.

On constate un *très fort écrouissage* : pour $\epsilon = 0,6$, la nouvelle limite élastique peut atteindre 1000 MPa.

2) Nuances typiques d'aciers inoxydables ferritiques

EN	AISI	Type	$R_{p0,2}$ MPa	R_m MPa	A %
X6Cr13	403	ferritique	230	400-630	20
X6Cr17	430	ferritique	240	400-630	20
X6CrMo17-1	430F	ferritique	280	440-660	18
X3CrTi17		ferritique stabilisé	270	450-600	20
X2CrTi17		ferritique stabilisé			
X2CrTiNb18		ferritique stabilisé			

On choisira les nuances stabilisées s'il y a lieu d'effectuer des soudages, de manière à éviter la formation de martensite fragile.

L'écrouissage est nettement moindre que pour les aciers austénitiques ($R_{p0,2} \cong 700$ MPa pour $\epsilon = 0,2$ à $0,6$).

La résilience est à contrôler sérieusement pour les nuances non stabilisées.

3) Nuances typiques d'aciers inoxydables martensitiques

EN	AISI	$R_{p0,2}$ /MPa	utilisation
X12Cr13	410	680	organes de pompes, de moteurs Diesel, coutellerie
X17CrNi16-2	431	450	pièces mécaniques en contact de l'eau et de l'essence

Ces aciers, autotremnants (T° d'austénitisation $\cong 1000^\circ\text{C}$), sont insensibles au revenu jusqu'à 500°C . On constate cependant une *fragilité au revenu* entre 400 et 600°C .

4) Résistance à la corrosion en milieu acide

Meilleure pour les austénitiques que pour les autres. les nuances à bas carbone résistent le mieux à la corrosion.

ACIERS PARTICULIERS

ACIER HADFIELD X120Mn12

Trempe à l'eau, température d'austénitisation = 1000-1050°C

Acier austénitique, dont l'austénite se transforme en martensite par frottement. Très difficile à usiner, est souvent moulé.

Applications : dents d'excavatrices, organes de voies (aiguillages)

Chapitre 2

Tolérances et états de surface

Méthode d'usinage		Profondeur de rugosité Rt (μm)																					
Groupe	Désignation	0,1	0,18	0,25	0,4	0,6	1	1,8	2,5	4	6,3	10	18	25	40	63	100	180	250	400	630	1000	
Fonderie	Fonderie au sable																						
	Fonderie en coquille																						
	Fonderie fine																						
Forgeage	Forge libre																						
	Estampage																						
	Forge de précision																						
Laminage	Laminage à chaud																						
	Laminage à froid																						
Emboutissage	Compression																						
	Matriçage																						
Galetage	Galetage																						
	Roulage																						
Rabotage	Dégrossissage																						
	Ébauche																						
	Finition																						
Tournage (extérieur et intérieur)	Tournage dégrossissage																						
	Tournage d'ébauche																						
	Tournage de finition																						
	Tournage de précision avec carbure																						
	Tournage de haute précision avec diamant																						
Chambrage	Chambrage																						
Alésage par alésoir	Alésage normal																						
	Alésage de précision																						
	Alésage de haute précision																						
Fraisage	Fraisage d'ébauche																						
	Fraisage de finition																						
	Fraisage de précision																						
	Fraisage de haute précision																						
Brochage	Brochage normal																						
	Brochage de précision																						
Rectification	Rectification d'ébauche																						
	Rectification normale																						
	Rectification de précision																						
	Rectification de haute précision																						
Honing	Honing																						
	Honing de précision																						
	Honing de haute précision																						
Rodage	Rodage d'ébauche																						
	Rodage de finition																						
	Rodage de haute précision																						
	Rodage de très haute précision																						

d'après document : CETIM

FIG. 1

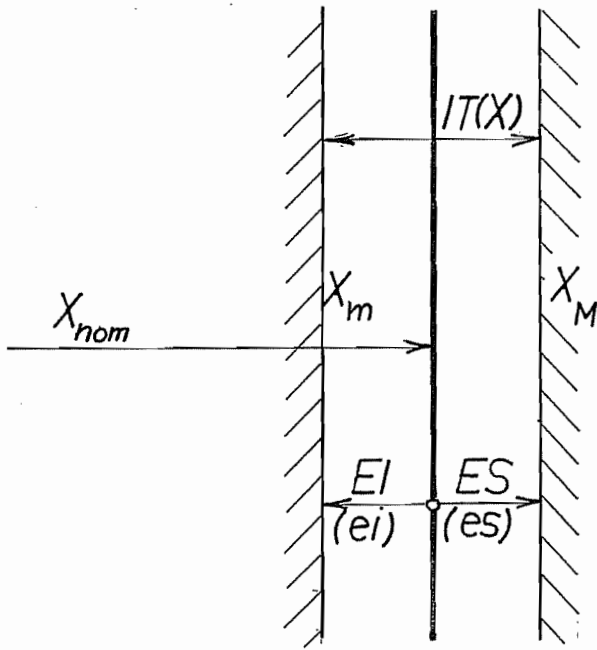


FIG. 2

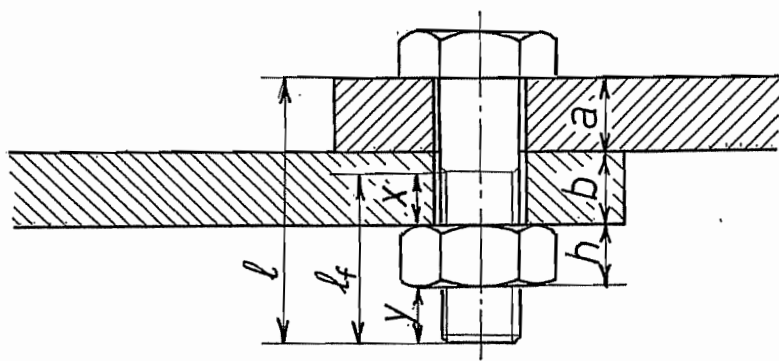


FIG. 4

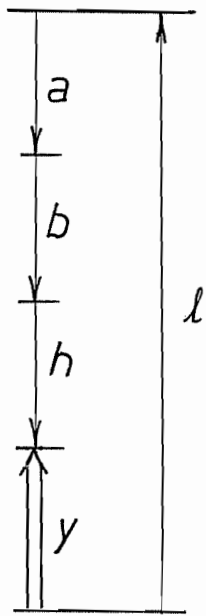


FIG. 5

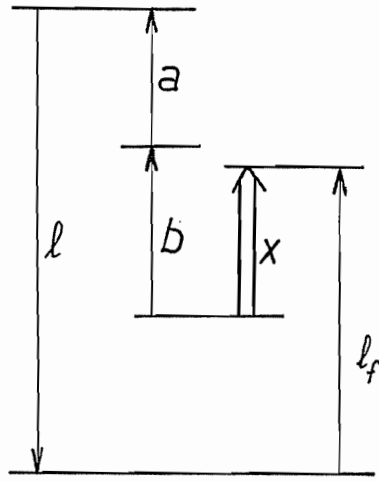


FIG. 6

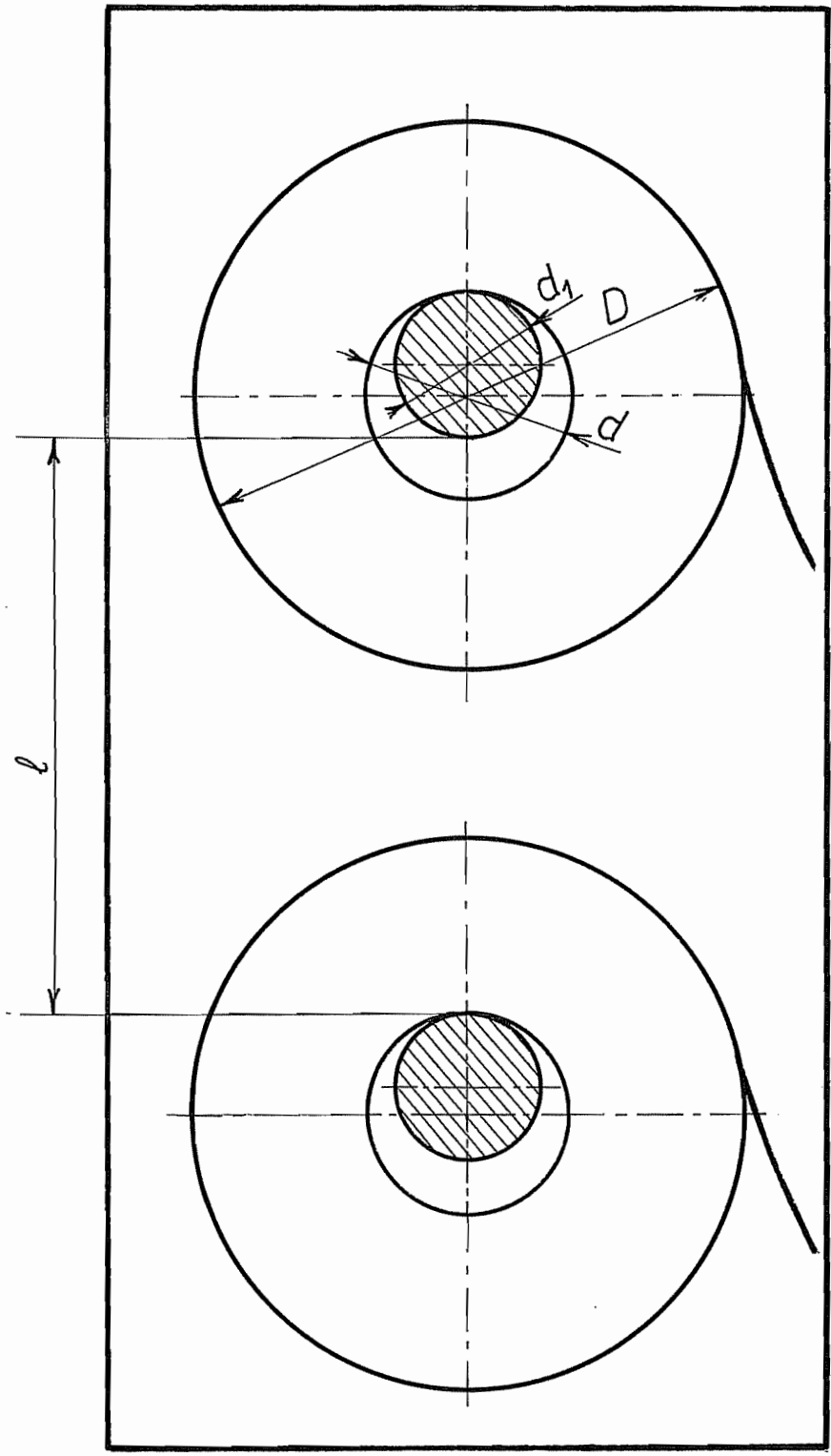


FIG. 7

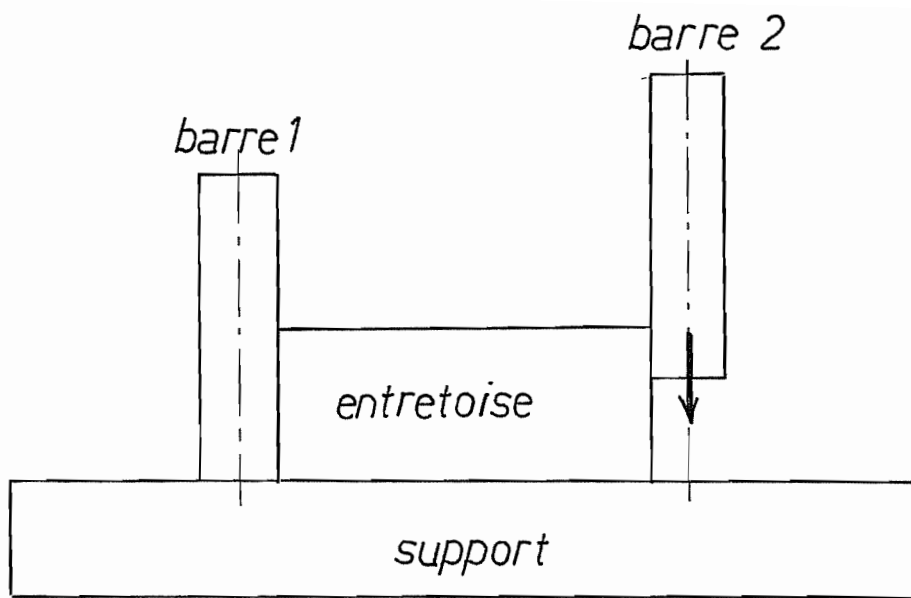


FIG. 8

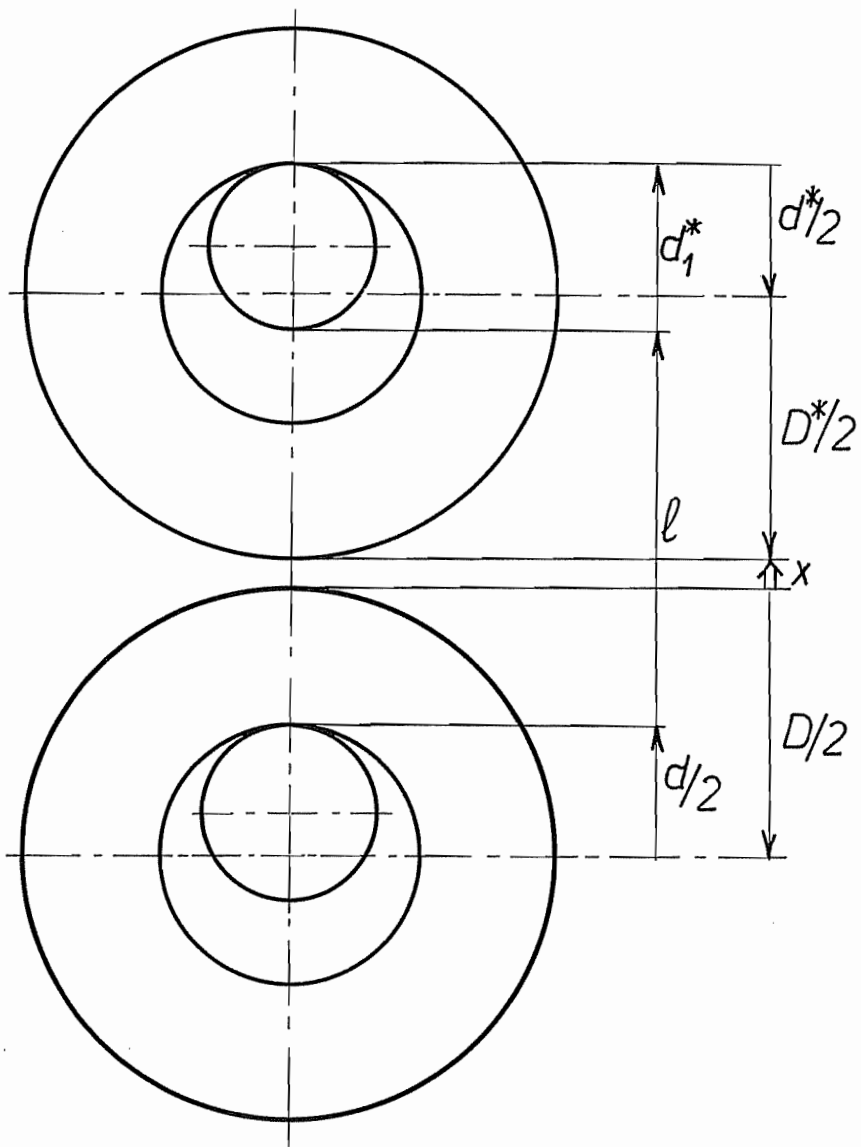


FIG. 9

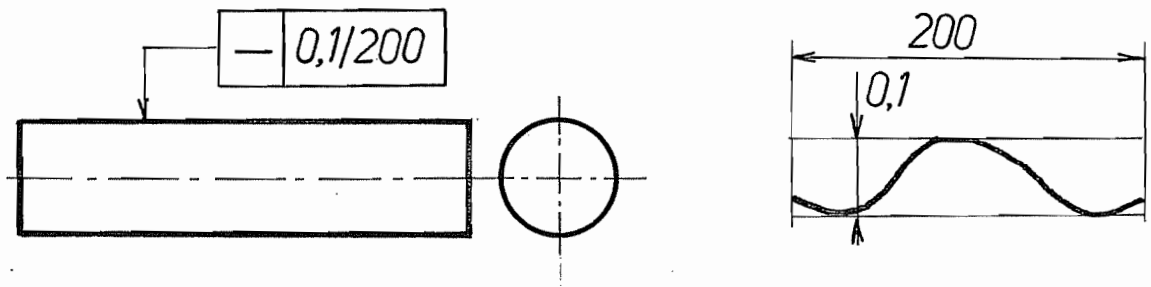


FIG. 10

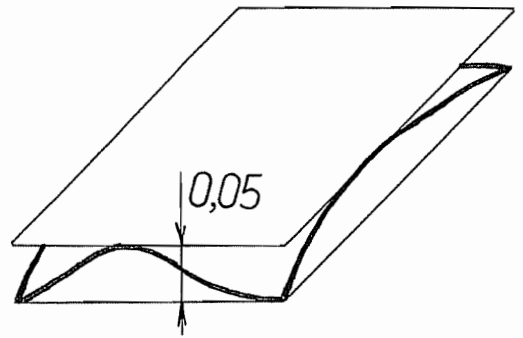
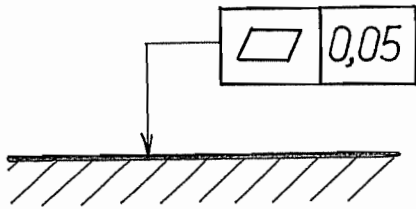


FIG. 11

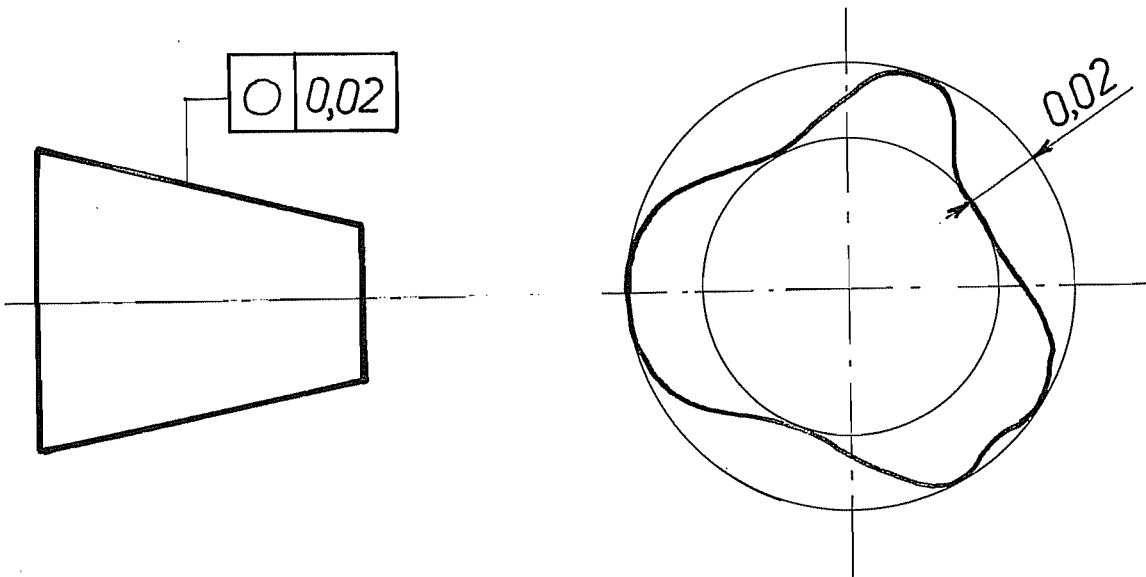


FIG. 12

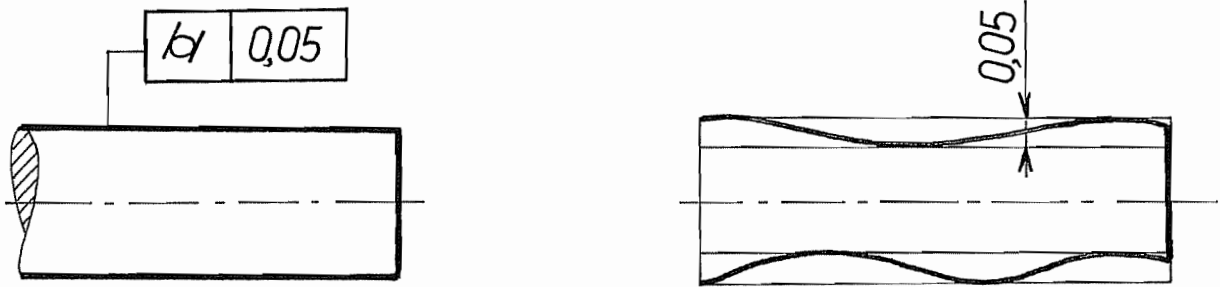


FIG. 13

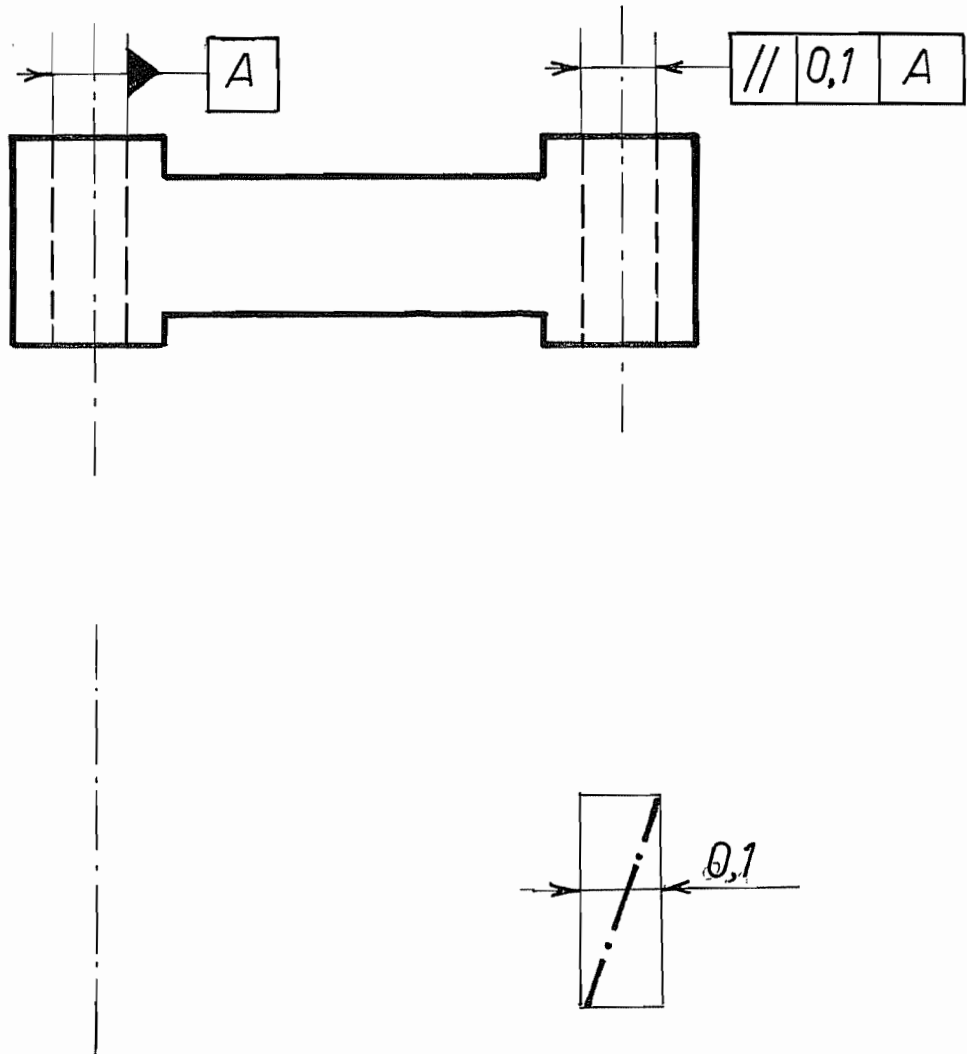


FIG. 14

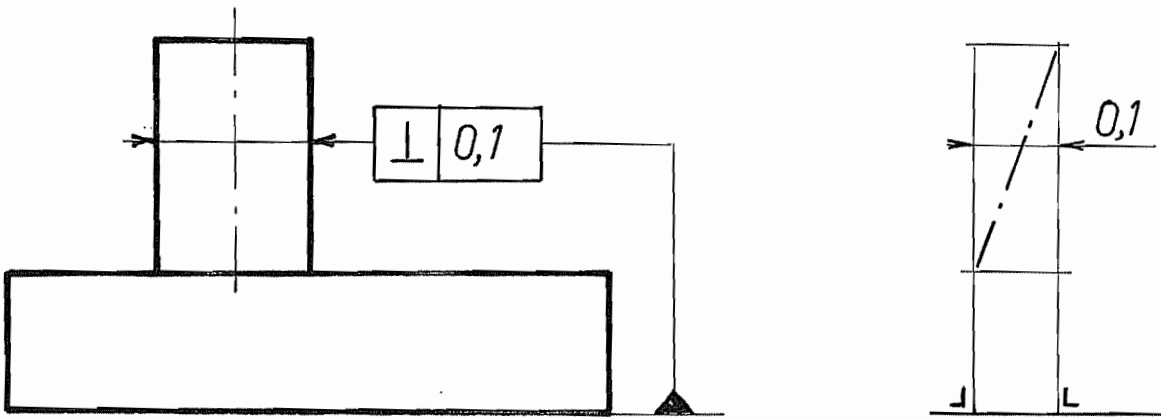


FIG. 15

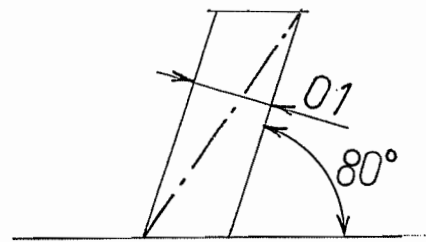
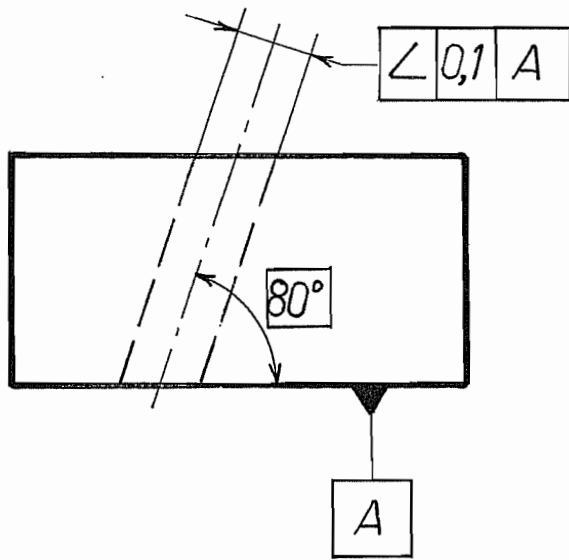


FIG. 16

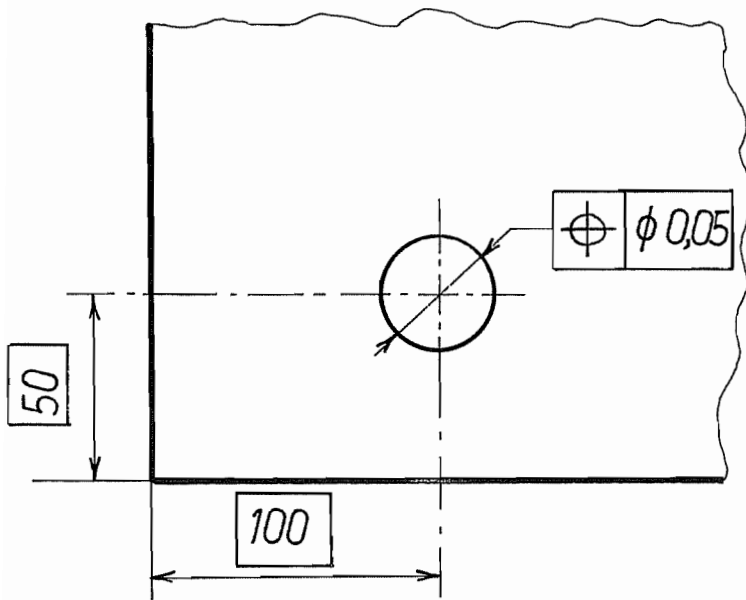


FIG. 17

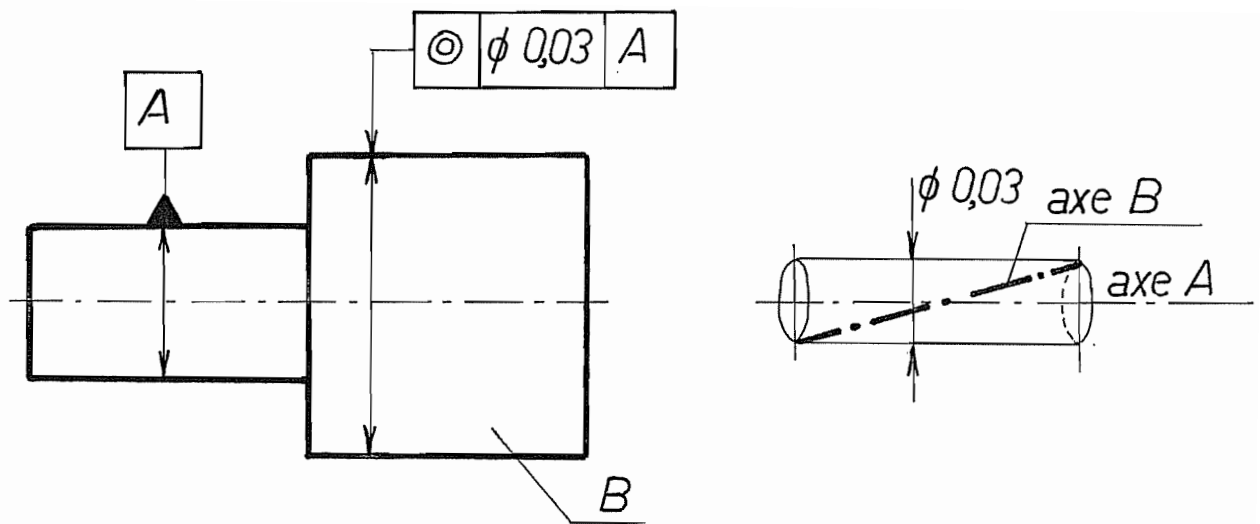


FIG. 18

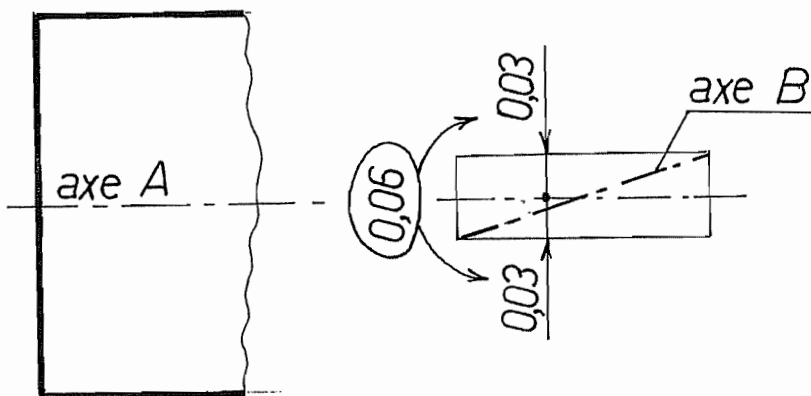
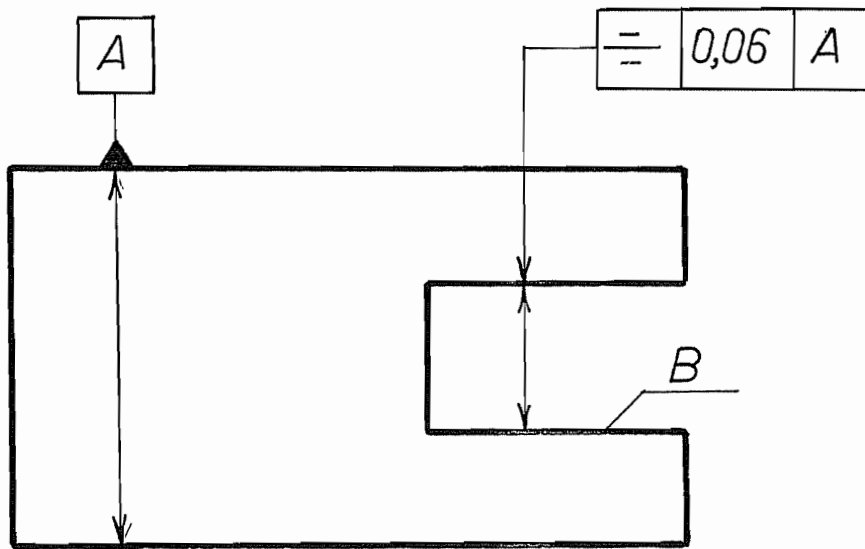


FIG. 19

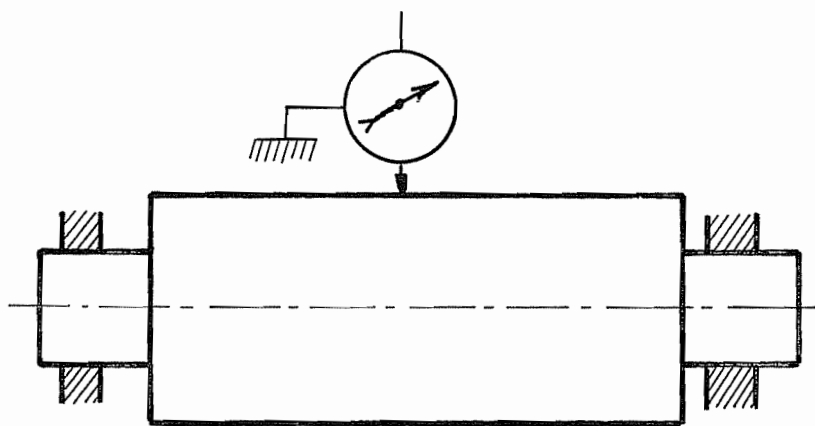
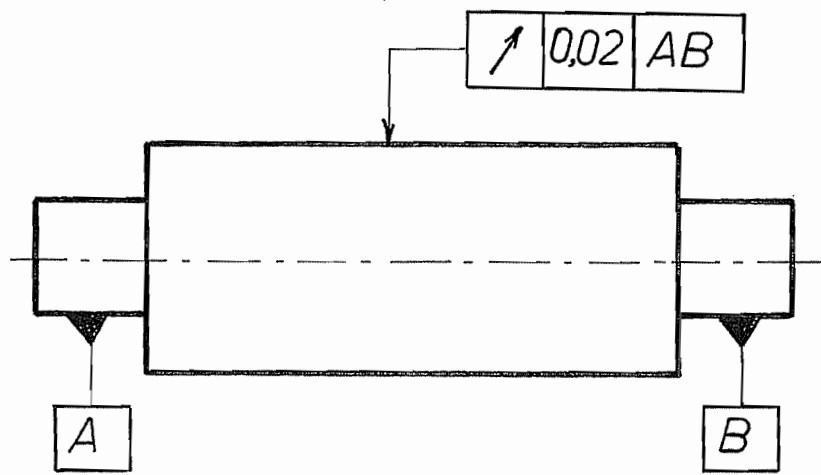


FIG. 20

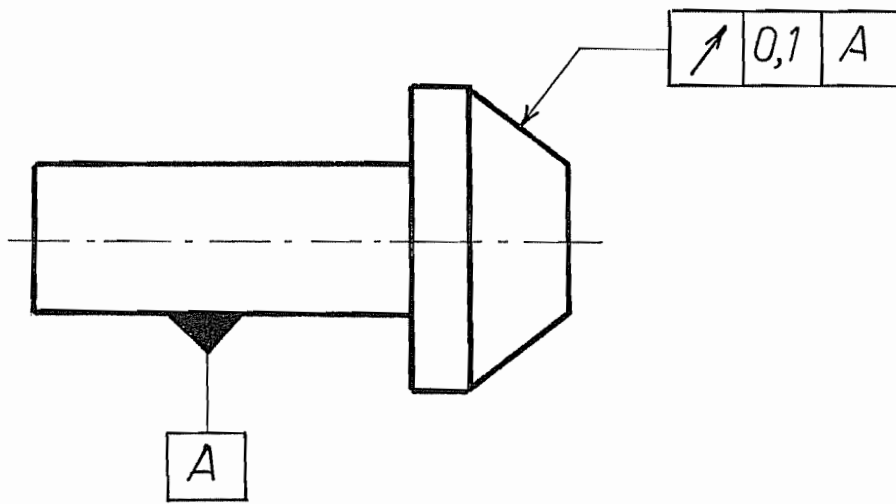


FIG. 21

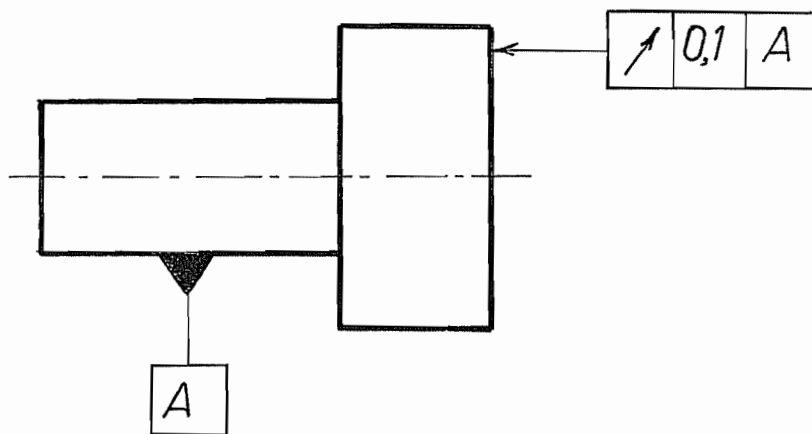


FIG. 22

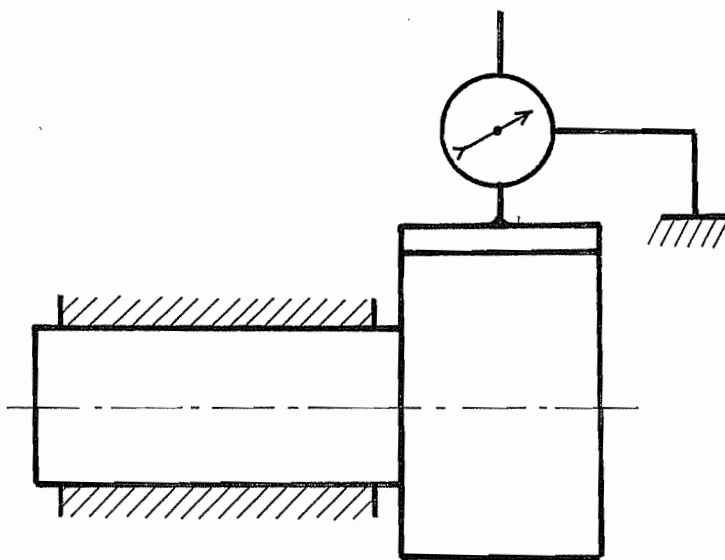
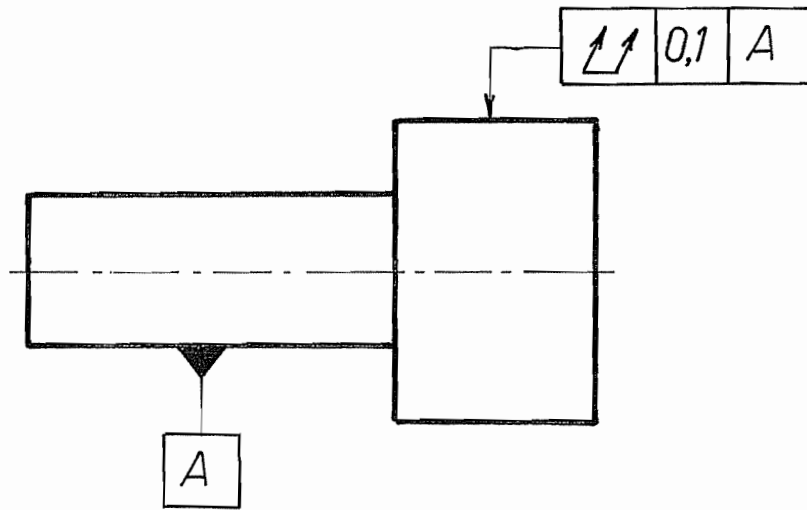


FIG. 23

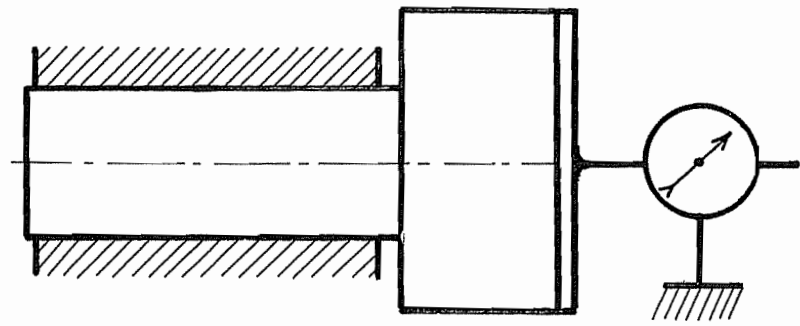
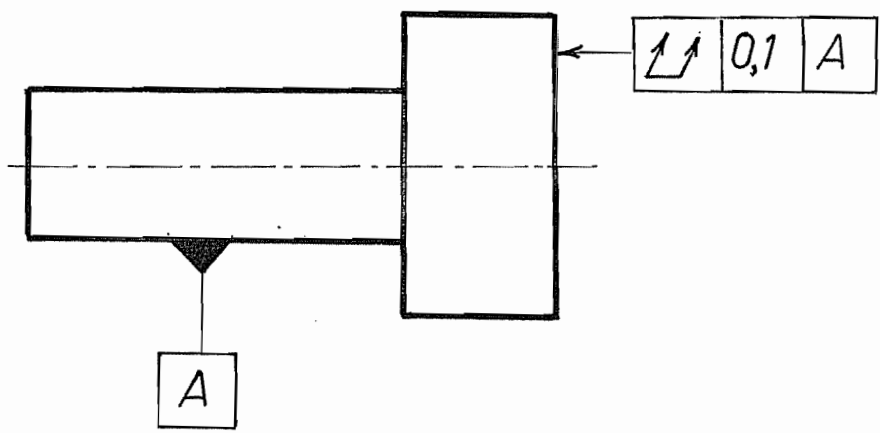
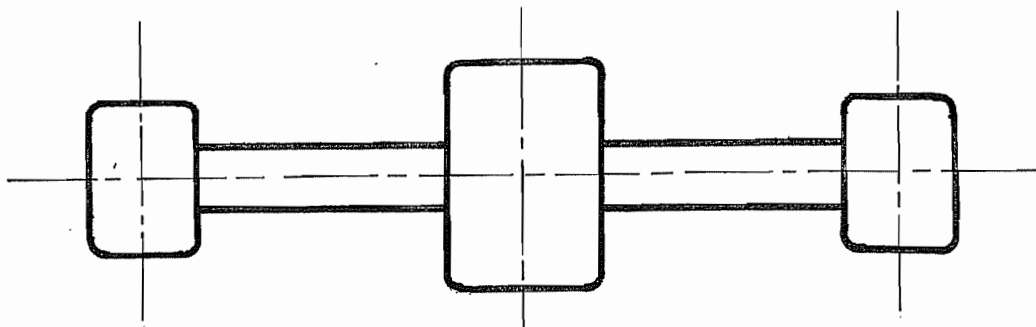
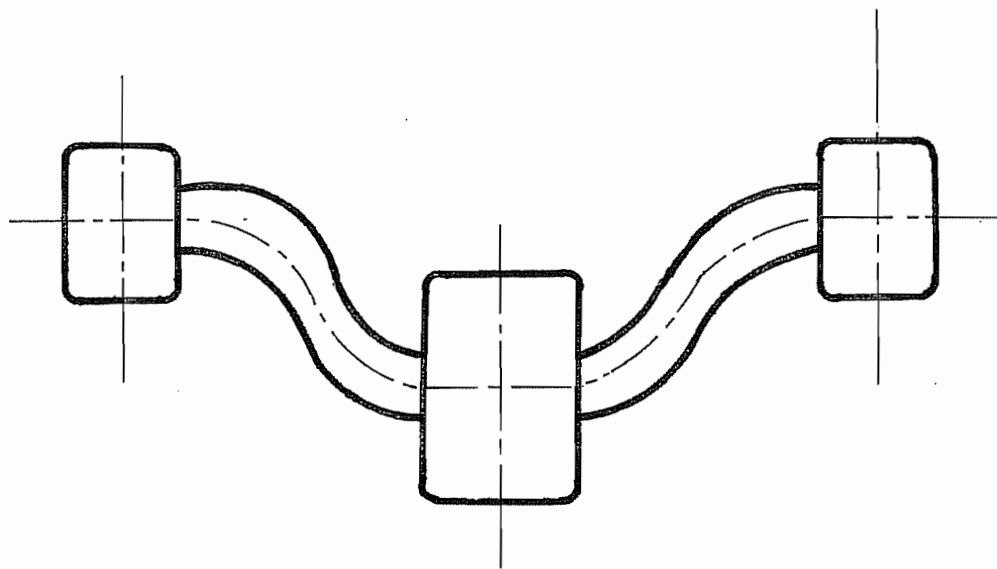


FIG. 24

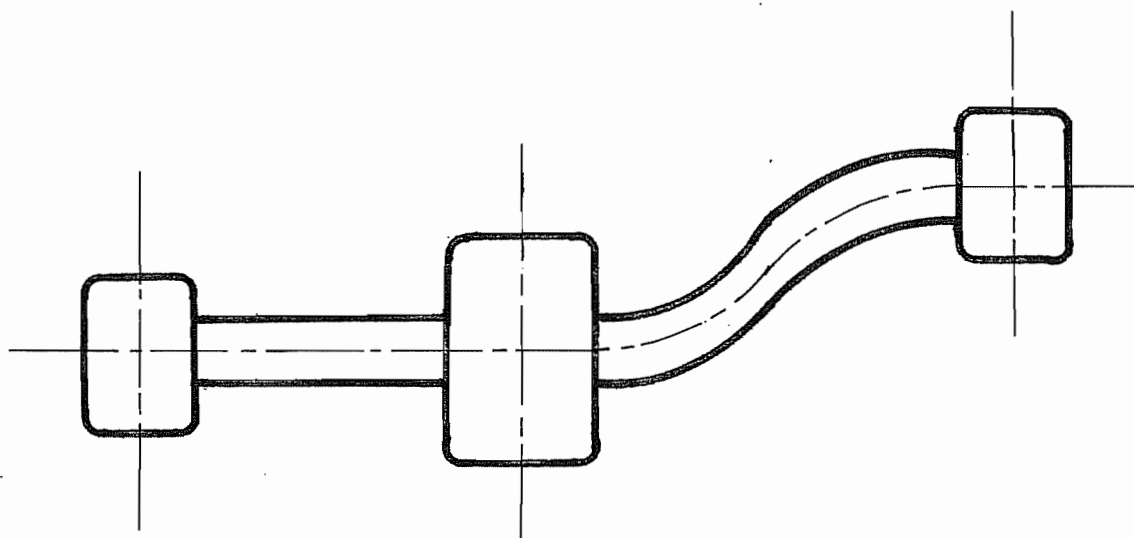


JOINT PLAN



JOINT GAUCHE SYMÉTRIQUE

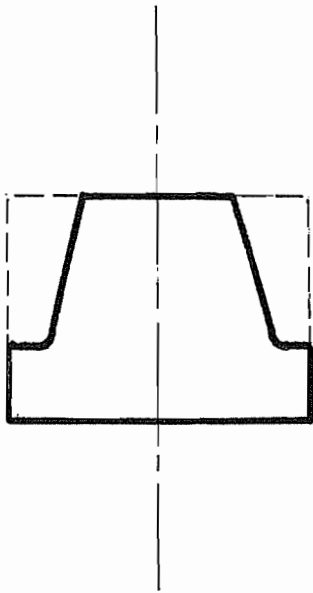
Fig 25



JOINT ASYMÉTRIQUE

Fig 26

MARTEAU



MARTEAU

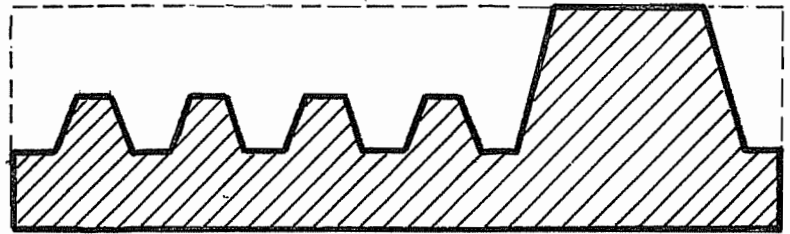
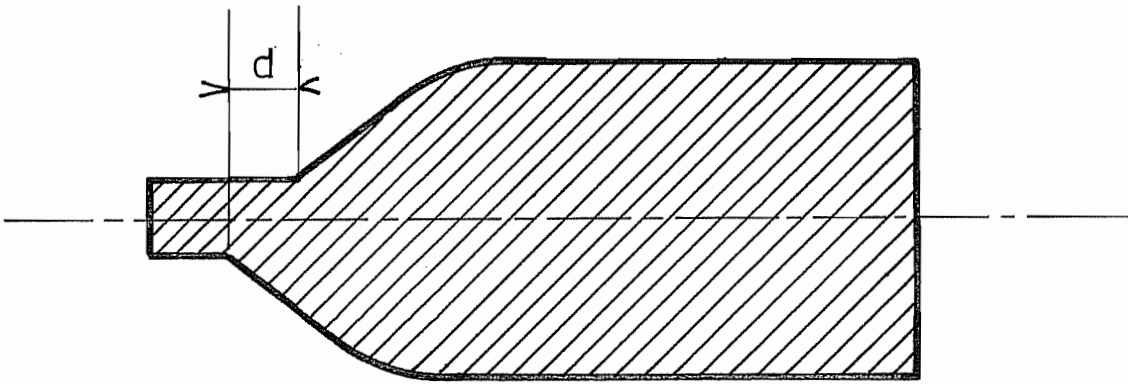
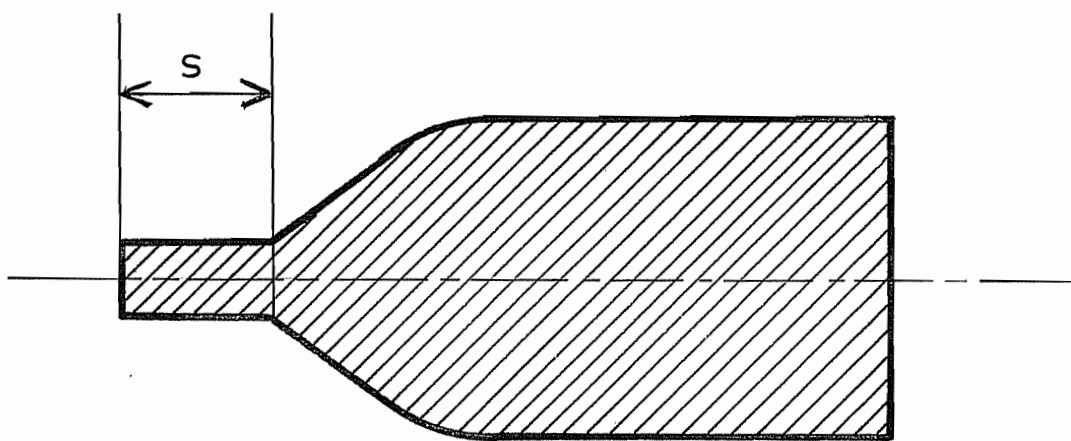


Fig 27



DÉPORT .d .

Fig 28



SAILLIE .s.

Fig 29

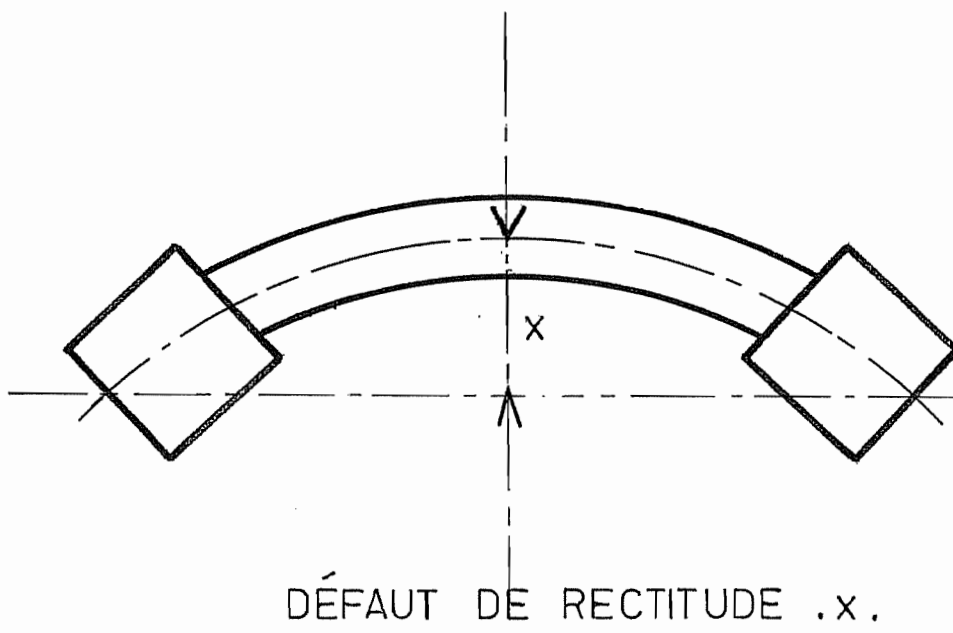


Fig 30

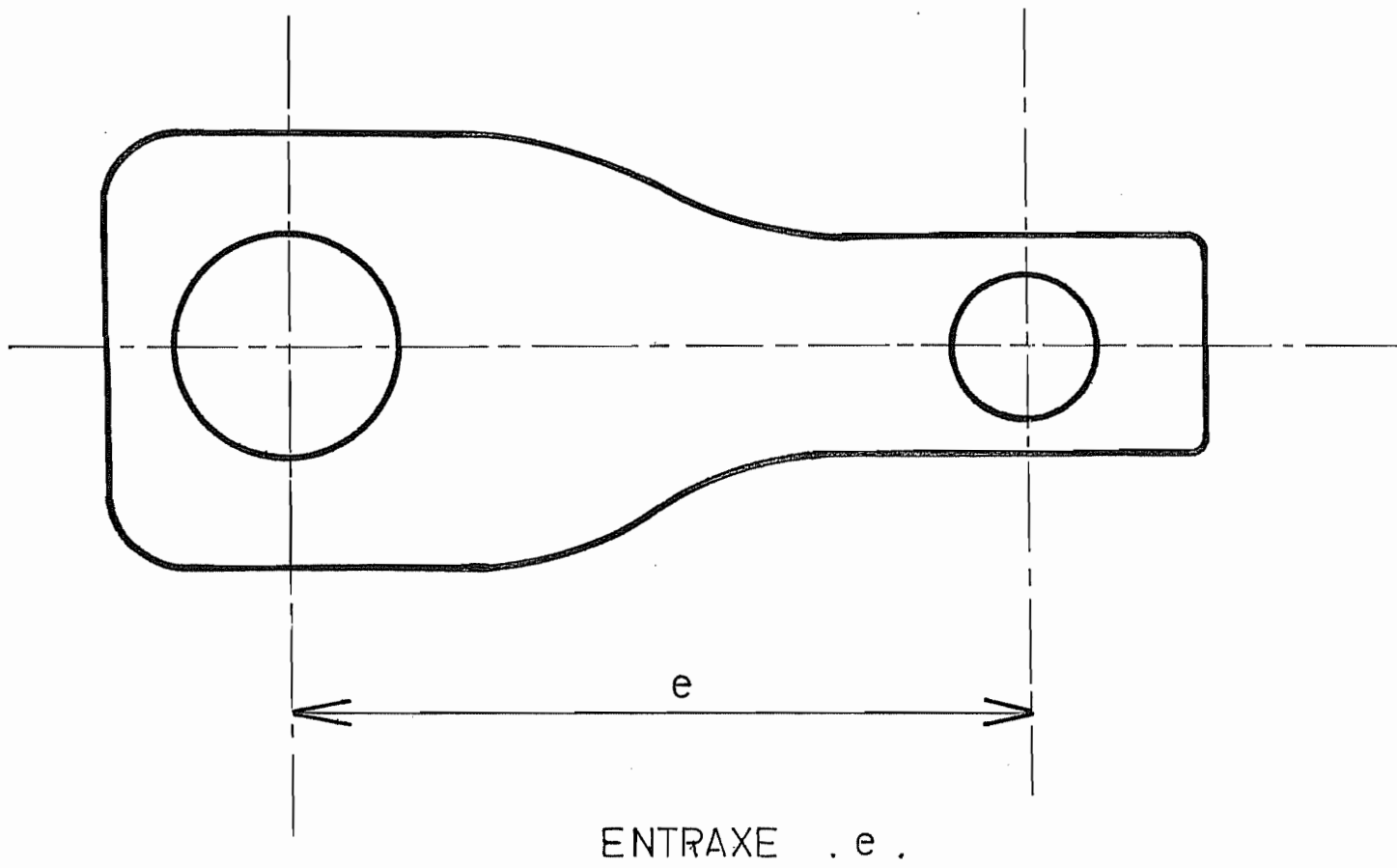


Fig 31

Pièces exécutées sur marteaux-pilons sur presses et sur machines horizontales à forger - Tolérances sur longueurs, largeurs, hauteurs (*), déport, saillies résiduelles de bavure et plats d'ébavurage.

(* diamètres et longueurs des pièces exécutées sur machines horizontales à forger

NOTE : Dimension entre un axe et une face, cote partelle d'un côté du joint + 1/3 - 1/3 de la tolérance totale
Dimension intérieure : Inverser les signes + et -

Déport	Saillie rés. bav. (±)	Joint		Masse (kg) de - à (inclus)	Coefficient de difficulté matière	Difficulté forme	de - à (inclus) mm											
		Asymétrique	Plan ou symétrique				32	100	160	250	400	630	1000	1600	2500			
0,4	0,5			0-0,4	M1			0	32	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	
0,5	0,6			0,4-1,0				0,7	+0,7	+0,8	+0,9	+1,1	+1,2	+1,3				
0,6	0,7			1,0-1,8				0,8	+0,8	+0,9	+1,1	+1,2	+1,3	+1,5				
0,7	0,8			1,8-3,2				0,9	+0,9	+1,1	+1,2	+1,3	+1,5	+1,7				
0,8	1,0			3,2-5,6				1,1	+1,1	+1,2	+1,3	+1,5	+1,7	+1,9	+2,1	+2,4	+3,0	
1,0	1,2			5,6-10				1,2	+1,2	+1,3	+1,5	+1,7	+1,9	+2,1	+2,4	+2,7	+3,3	
1,2	1,4			10-20				1,3	+1,3	+1,5	+1,7	+1,9	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,7	
1,4	1,7			20-50				1,5	+1,5	+1,7	+1,9	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+4,2	
1,7	2,0			50-120				1,7	+1,7	+1,9	+2,1	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,7	
2,0	2,4			120-250				2,0	+2,0	+2,2	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+5,3	
2,4	2,8							2,2	+2,2	+2,4	+2,7	+3,0	+3,3	+3,7	+4,2	+4,7	+6,0	

QUALITÉ F (NORMALE)

Fig 32

Pièces exécutées sur marteaux-pilons, sur presses et sur machines horizontales à forger - Tolérances sur épaisseurs et sur traces d'éjecteur (*)

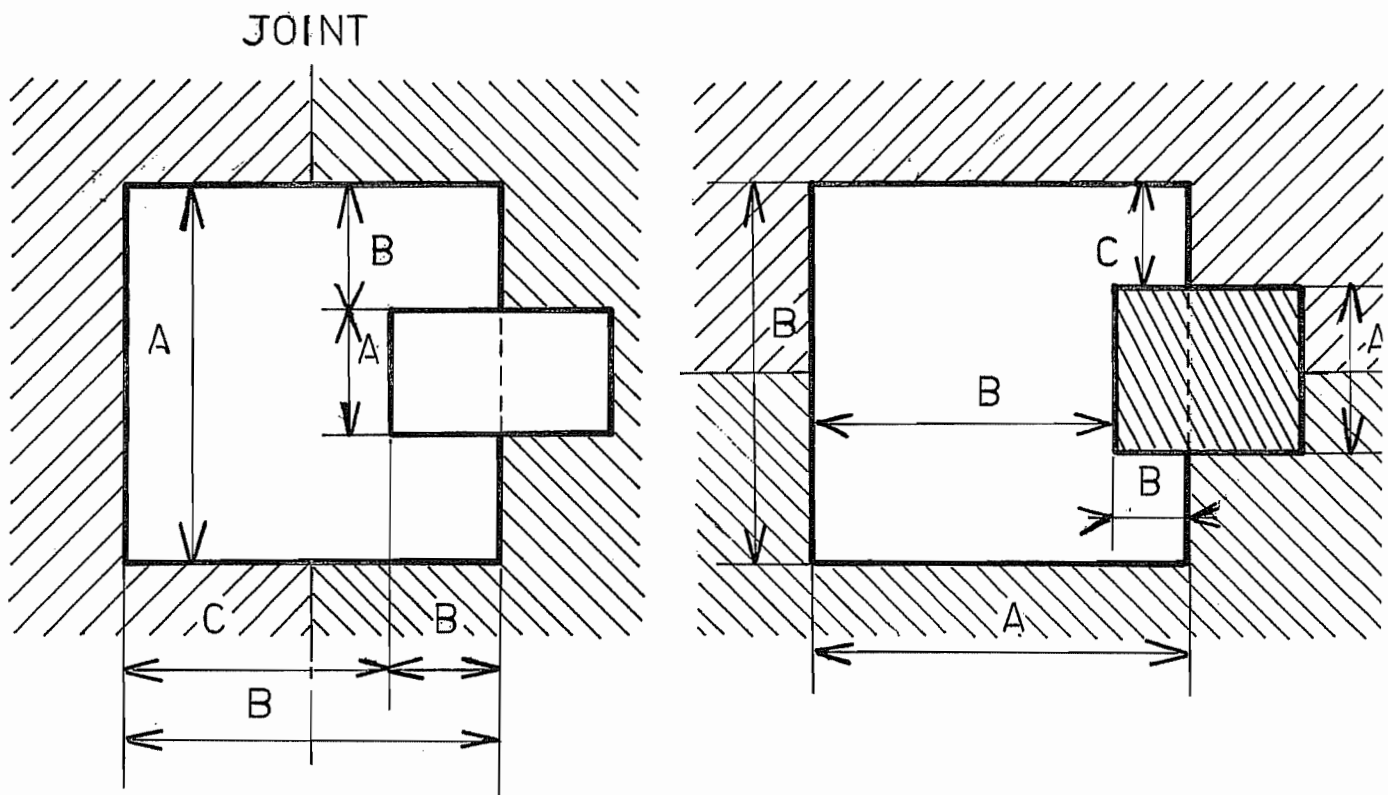
Traces d'éjecteur	Masse (kg) de - à (inclus)	Coefficient de difficulté de matériau	Coefficient de difficulté de forme	de - à (inclus) mm											
				0	16	40	63	63	100	100	160	160	250	250	> 250
				0	16	40	63	63	100	100	160	160	250	250	> 250
1,0	0-0,4		∇ / 0,16 < 0,32 ∇	+0,7	+0,7	+0,8	+0,9	+0,9	+1,1	+1,1	+1,1	+1,2	+1,2	+1,3	
1,2	0,4-1,2		∇ / 0,16 < 0,32 ∇	1,0-0,3	1,1-0,4	1,2-0,4	1,4-0,5	1,4-0,5	1,6-0,5	1,6-0,5	1,6-0,5	1,8-0,6	1,8-0,6	1,8-0,6	
1,6	1,2-2,5		∇ / 0,32 < 0,63 ∇	+0,7	+0,8	+0,8	+0,9	+1,1	+1,2	+1,2	+1,3	+1,3	+1,3	+1,5	
2,0	2,5-5		∇ / 0,32 < 0,63 ∇	+0,8	+0,9	+1,1	+1,1	+1,2	+1,3	+1,3	+1,3	+1,5	+1,5	+1,7	
2,4	5-8			+0,9	+1,1	+1,2	+1,3	+1,3	+1,5	+1,5	+1,7	+1,7	+1,7	+1,9	
3,2	8-12			+1,1	+1,2	+1,3	+1,3	+1,5	+1,7	+1,7	+1,9	+1,9	+1,9	+2,1	
4,0	12-20			+1,2	+1,3	+1,5	+1,5	+1,7	+1,9	+1,9	+2,1	+2,1	+2,1	+2,4	
5,0	20-36			+1,3	+1,5	+1,7	+1,7	+1,9	+2,1	+2,1	+2,4	+2,4	+2,4	+2,7	
6,4	36-63			+2,0-0,7	+2,2-0,7	+2,5-0,8	+2,5-0,8	+2,8-0,9	+3,2-1,1	+3,2-1,1	+3,6-1,2	+3,6-1,2	+3,6-1,2	+4,0-1,3	
8,0	63-110			+1,5	+1,7	+1,9	+1,9	+2,1	+2,4	+2,4	+2,7	+2,7	+2,7	+3,0	
10	110-200			+2,2-0,7	+2,5-0,8	+2,8-0,9	+2,8-0,9	+3,2-1,1	+3,6-1,2	+3,6-1,2	+4,0-1,3	+4,0-1,3	+4,0-1,3	+4,5-1,5	
12,6	200-250			+1,7	+1,9	+2,1	+2,1	+2,4	+2,7	+2,7	+3,0	+3,0	+3,0	+3,3	
				+2,5-0,8	+2,8-0,9	+3,2-1,1	+3,2-1,1	+3,6-1,2	+4,0-1,3	+4,0-1,3	+4,5-1,5	+4,5-1,5	+4,5-1,5	+5,0-1,7	
				+1,9	+2,1	+2,4	+2,4	+2,7	+3,0	+3,0	+3,3	+3,3	+3,3	+3,7	
				+2,8-0,9	+3,2-1,1	+3,6-1,2	+3,6-1,2	+4,0-1,3	+4,5-1,5	+4,5-1,5	+5,0-1,7	+5,0-1,7	+5,0-1,7	+5,6-1,9	
				+2,1	+2,4	+2,7	+2,7	+3,0	+3,3	+3,3	+3,7	+3,7	+3,7	+4,2	
				+3,2-1,1	+4,0-1,3	+4,5-1,5	+4,5-1,5	+5,0-1,7	+5,6-1,9	+5,6-1,9	+6,3-2,1	+6,3-2,1	+6,3-2,1	+7,0-2,3	
				+2,7	+3,0	+3,3	+3,3	+3,7	+4,2	+4,2	+4,7	+4,7	+4,7	+5,3	
				+4,0-1,3	+4,5-1,5	+5,0-1,7	+5,0-1,7	+5,6-1,9	+6,3-2,1	+6,3-2,1	+7,0-2,3	+7,0-2,3	+7,0-2,3	+8,0-2,7	
				+3,0	+3,3	+3,7	+3,7	+4,2	+4,7	+4,7	+5,3	+5,3	+5,3	+6,0	
				+4,5-1,5	+5,0-1,7	+5,6-1,9	+5,6-1,9	+6,3-2,1	+7,0-2,3	+7,0-2,3	+8,0-2,7	+8,0-2,7	+8,0-2,7	+9,0-3,0	
				+3,3	+3,7	+4,2	+4,2	+4,7	+5,3	+5,3	+6,0	+6,0	+6,0	+6,7	
				+5,0-1,7	+5,6-1,9	+6,3-2,1	+6,3-2,1	+7,0-2,3	+8,0-2,7	+8,0-2,7	+9,0-3,0	+9,0-3,0	+9,0-3,0	+10-3,3	
				+3,7	+4,2	+4,7	+4,7	+5,3	+6,0	+6,0	+6,7	+6,7	+6,7	+7,3	
				+5,6-1,9	+6,3-2,1	+7,0-2,3	+7,0-2,3	+8,0-2,7	+9,0-3,0	+9,0-3,0	+10-3,3	+10-3,3	+10-3,3	+11-3,7	
				+4,2	+4,7	+5,3	+5,3	+6,0	+6,7	+6,7	+7,3	+7,3	+7,3	+8,0	
				+6,3-2,1	+7,0-2,3	+8,0-2,7	+8,0-2,7	+9,0-3,0	+10-3,3	+10-3,3	+11-3,7	+11-3,7	+11-3,7	+12-4,0	

QUALITÉ F (NORMALE)

3

TOLÉRANCES DE RECTITUDE ET DE PLANÉITÉ (A)		TOLÉRANCES SUR DIMENSIONS D'ENTRAXE (B)											
QUALITÉ F (normale)													
Longueur		mm											
de	à (inclus)	0	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000
(A)		0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2
(B)		0,6±0,3	0,8±0,4		1±0,5	1,2±0,6	1,6±0,8	2±1	2,4±1,2	3,2±1,6	4±2	5±2,5	6,4±3,2

Fig 34



TYPES DE COTES DES PIÈCES MOULÉES

Fig 35

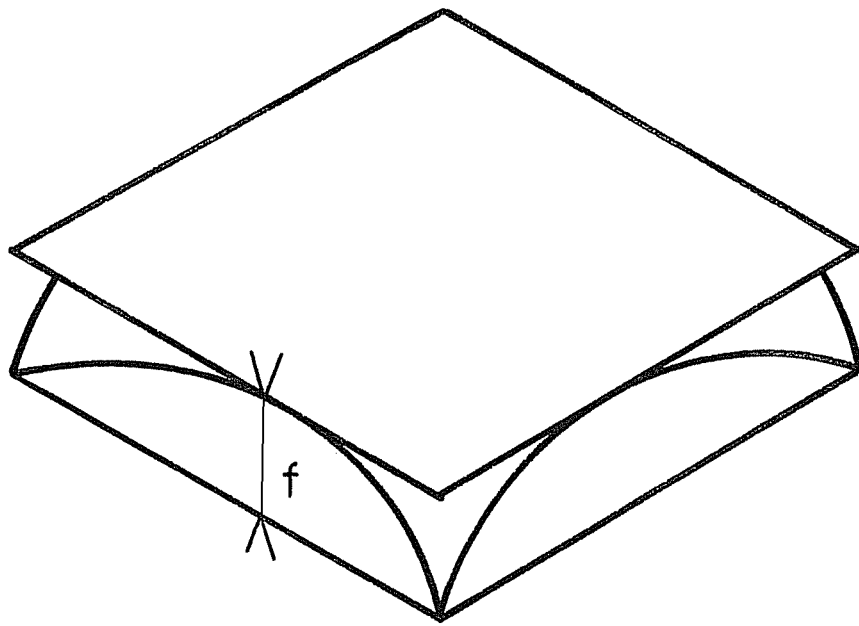


Fig 36

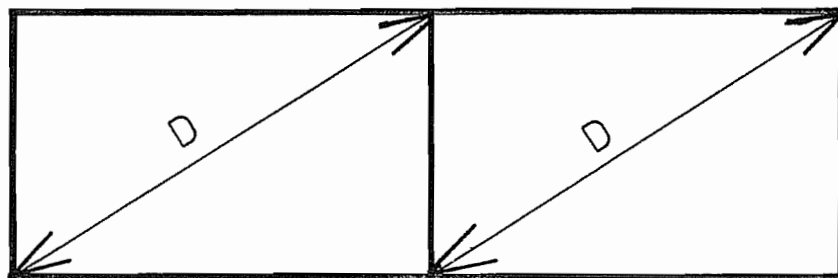
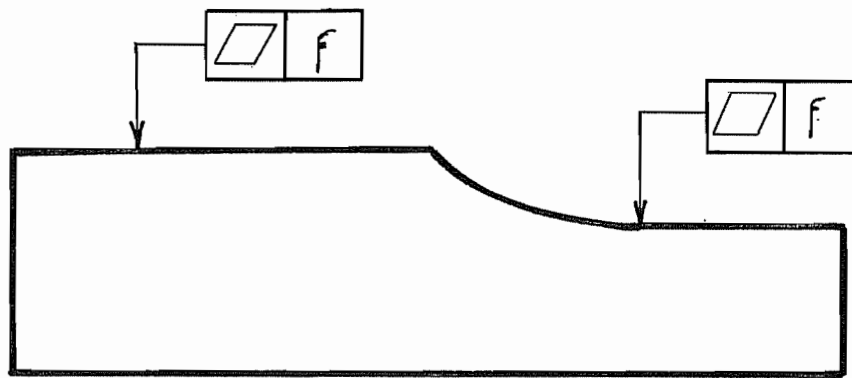


Fig 37

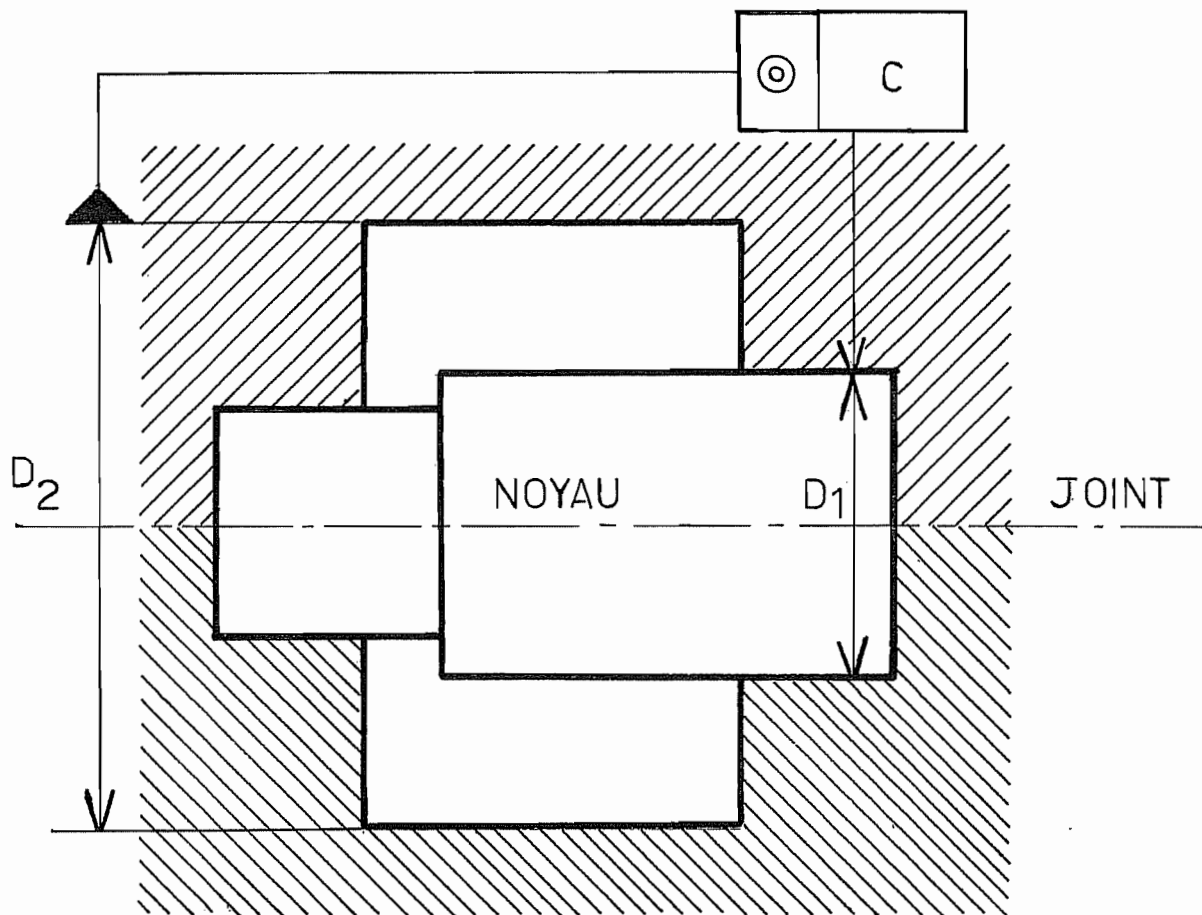


Fig 38

Chapitre 3

Cotation de fabrication

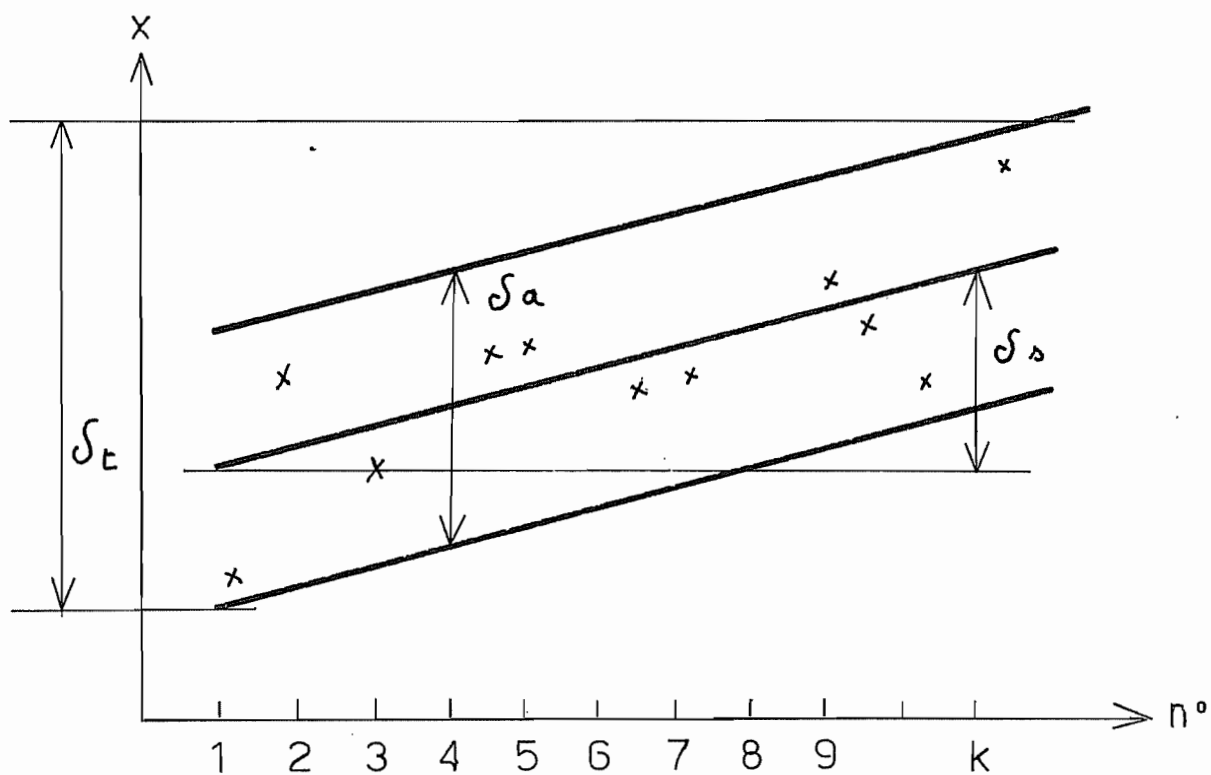


Fig. 1

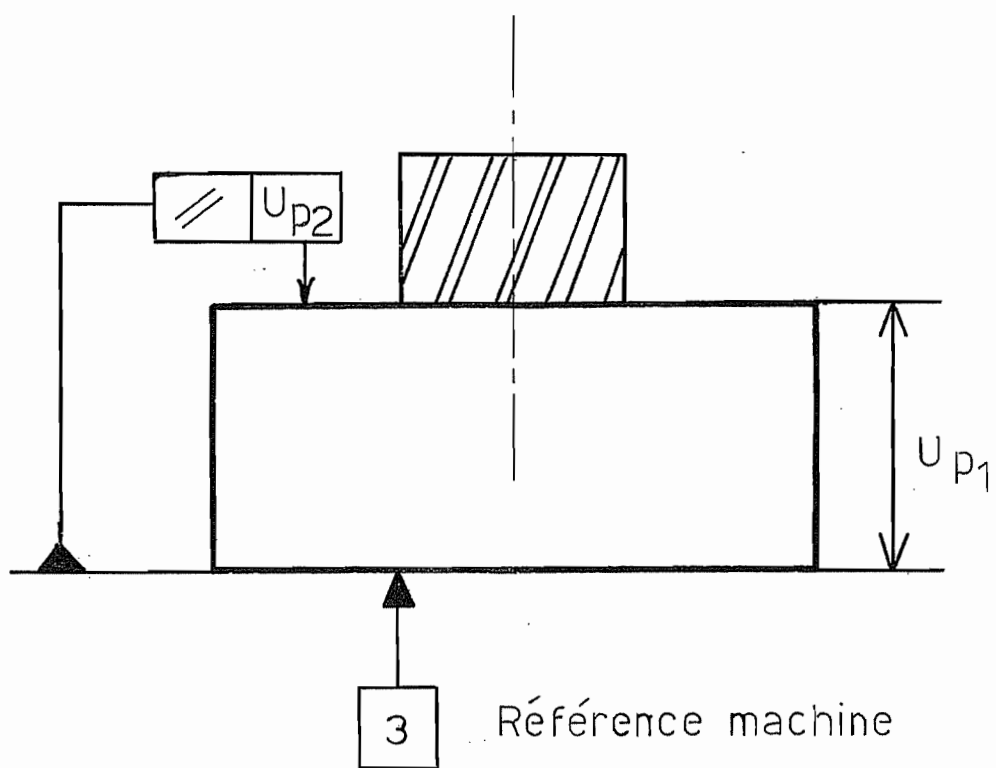
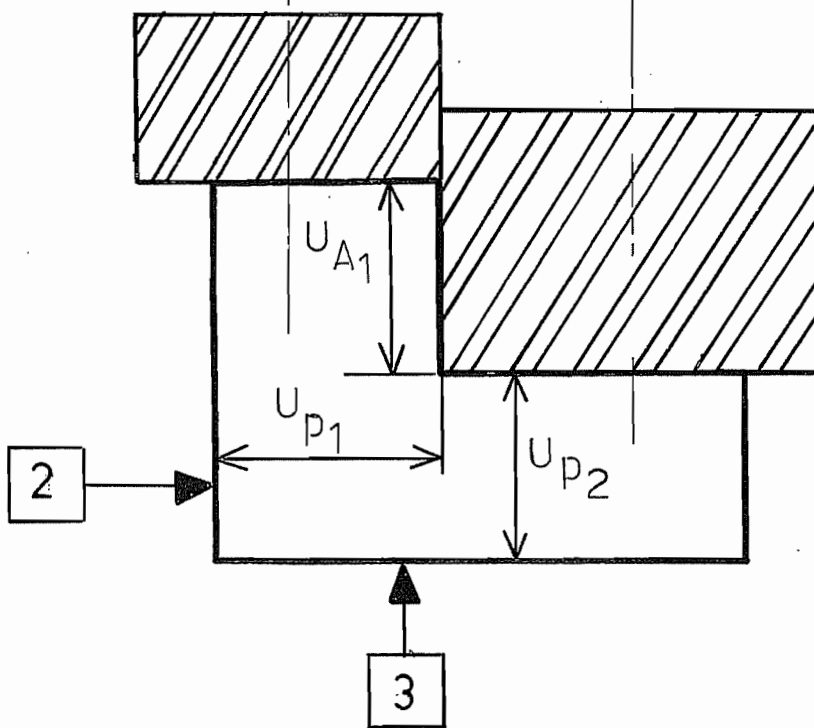


Fig. 2

Position 2 de l'outil



Position 1 de l'outil

Fig. 3

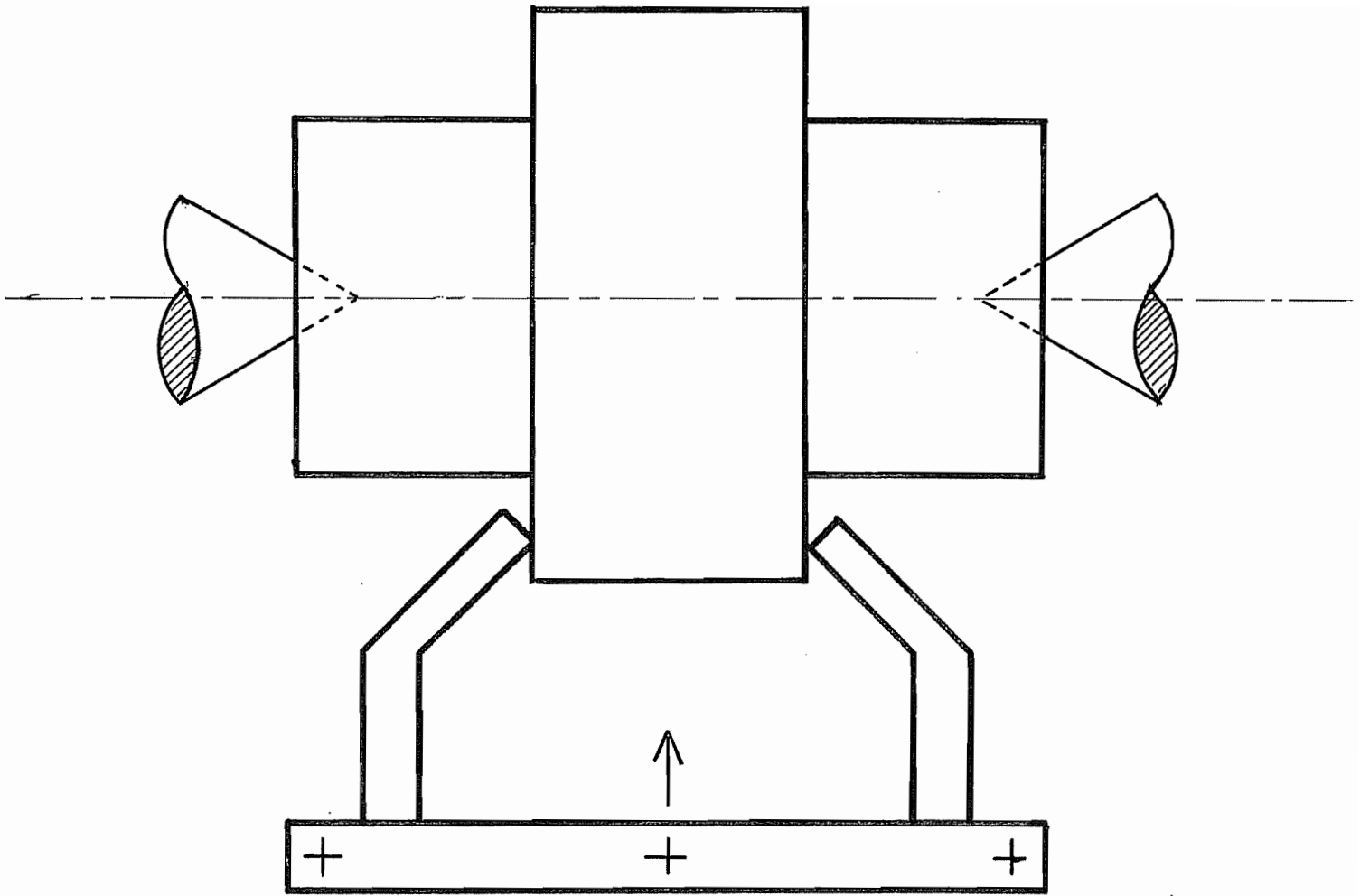


Fig. 4

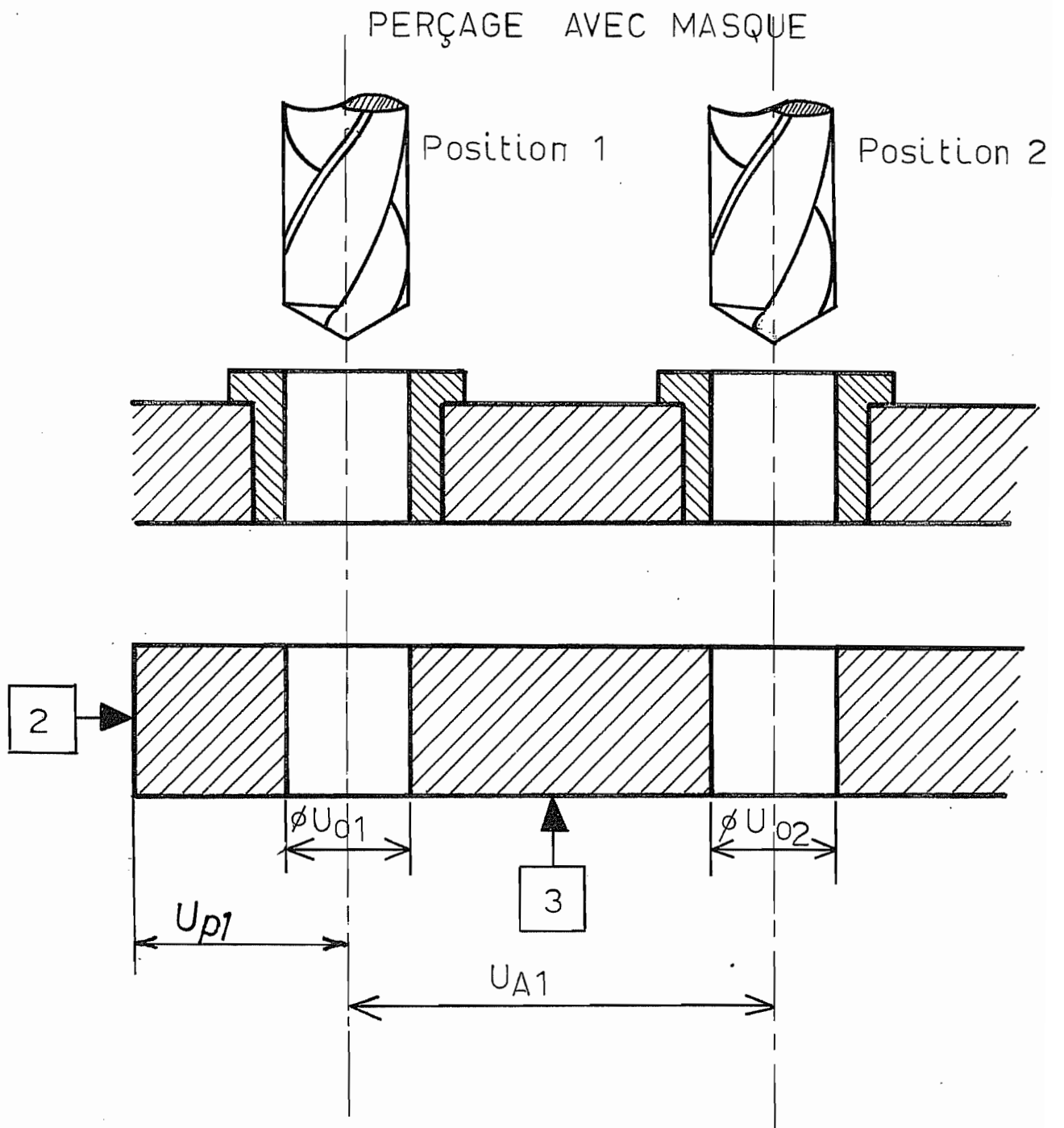


Fig. 5

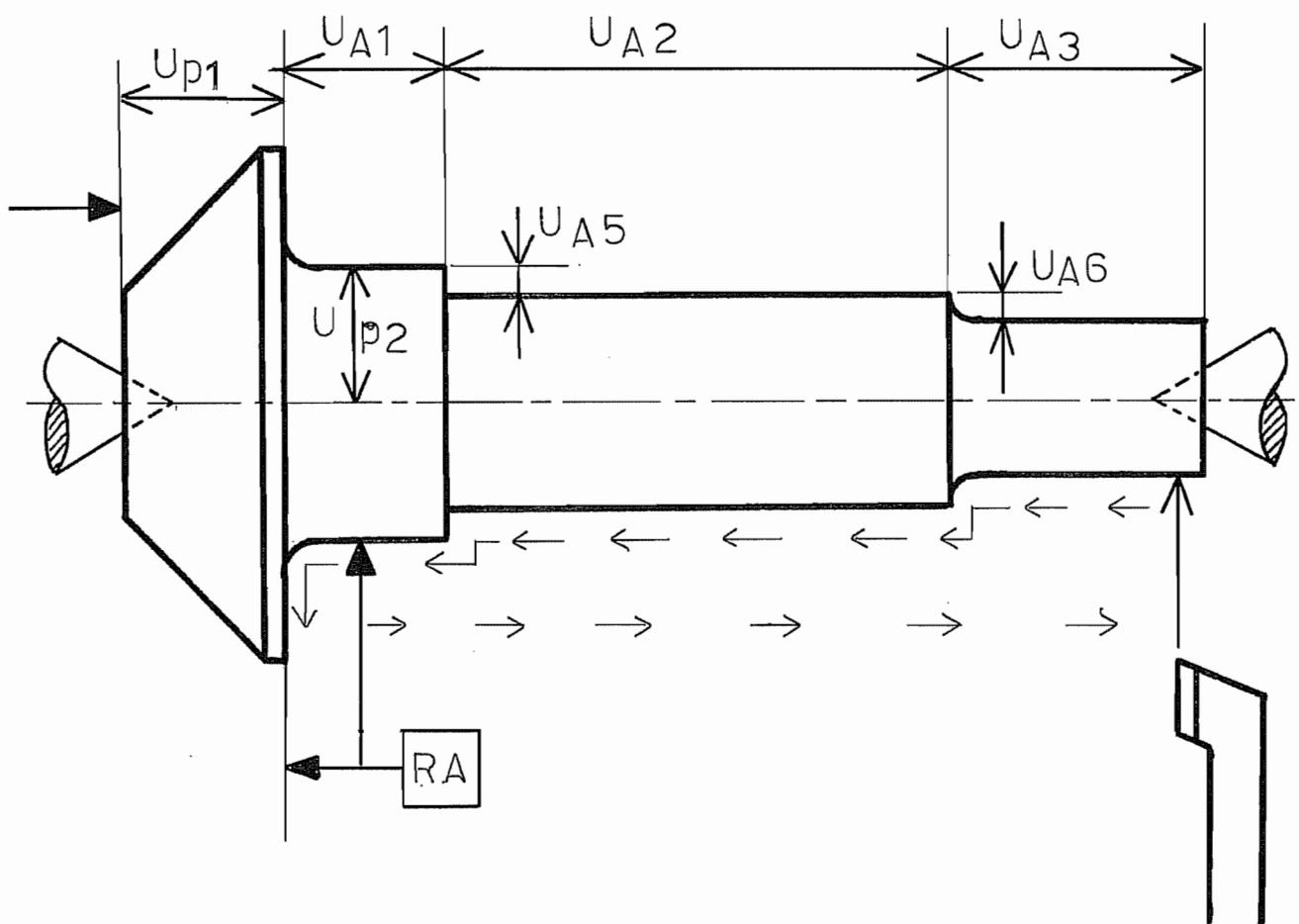


Fig. 6

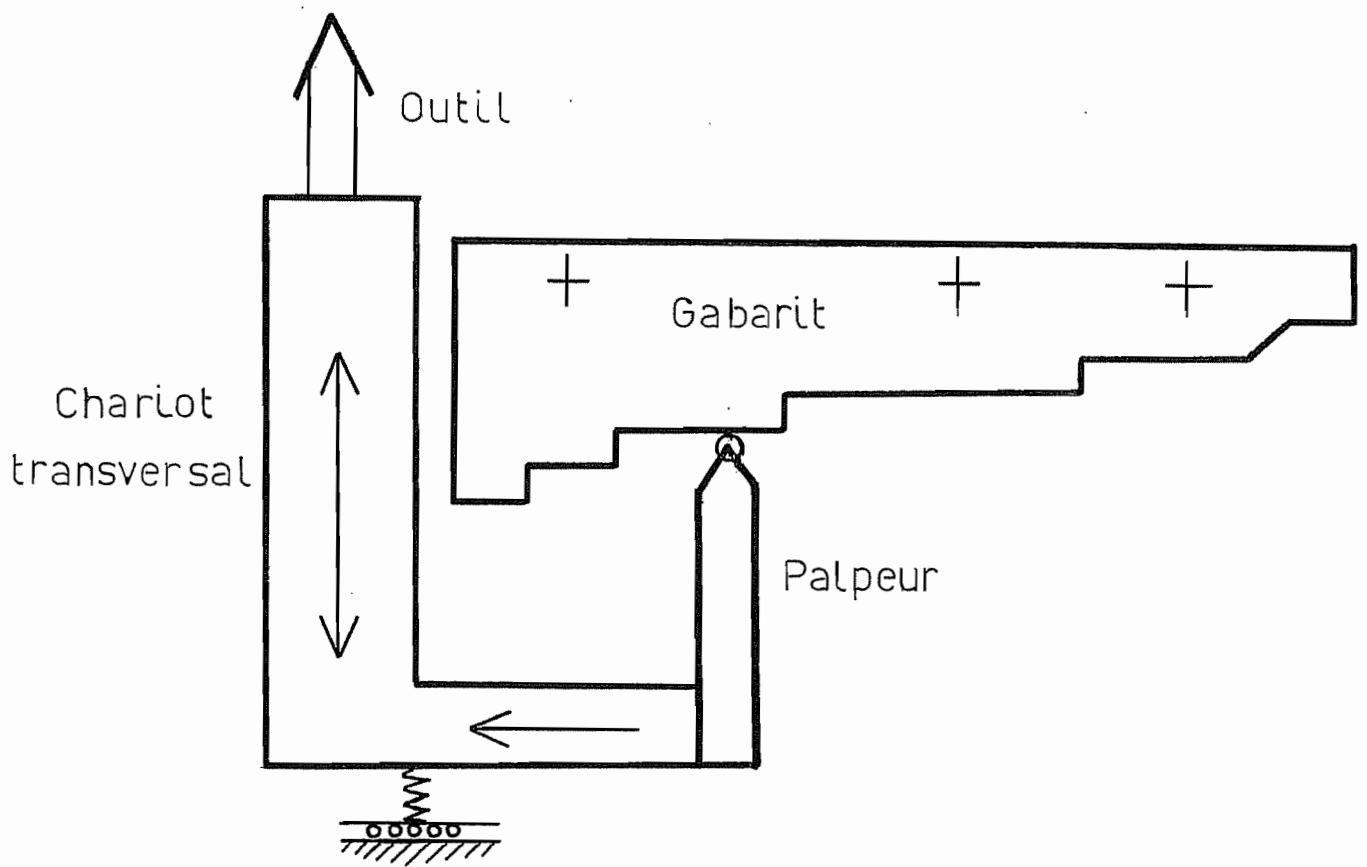


Fig. 7

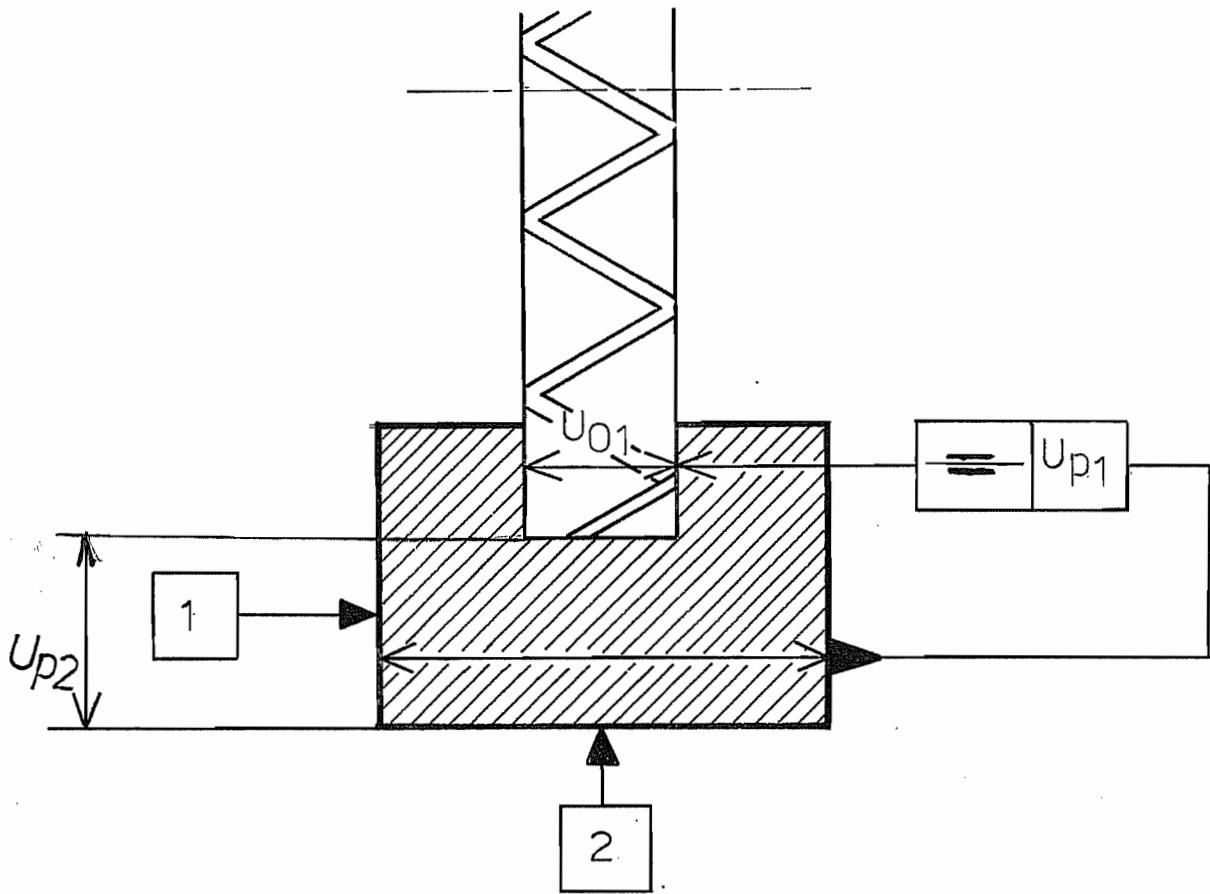


Fig. 8

Référentiel

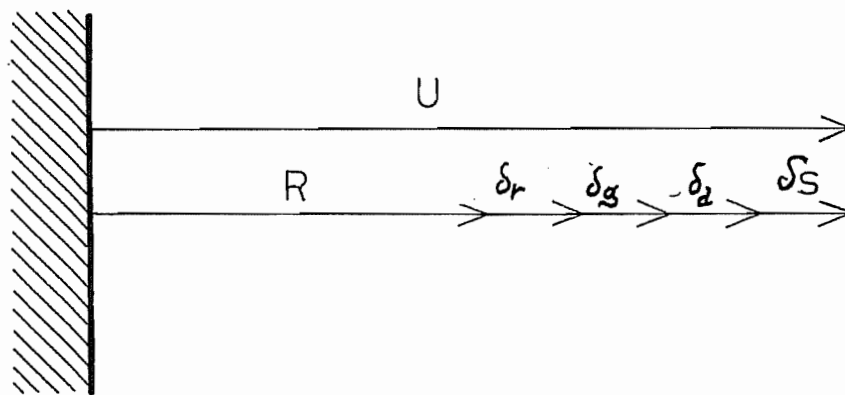


Fig. 9

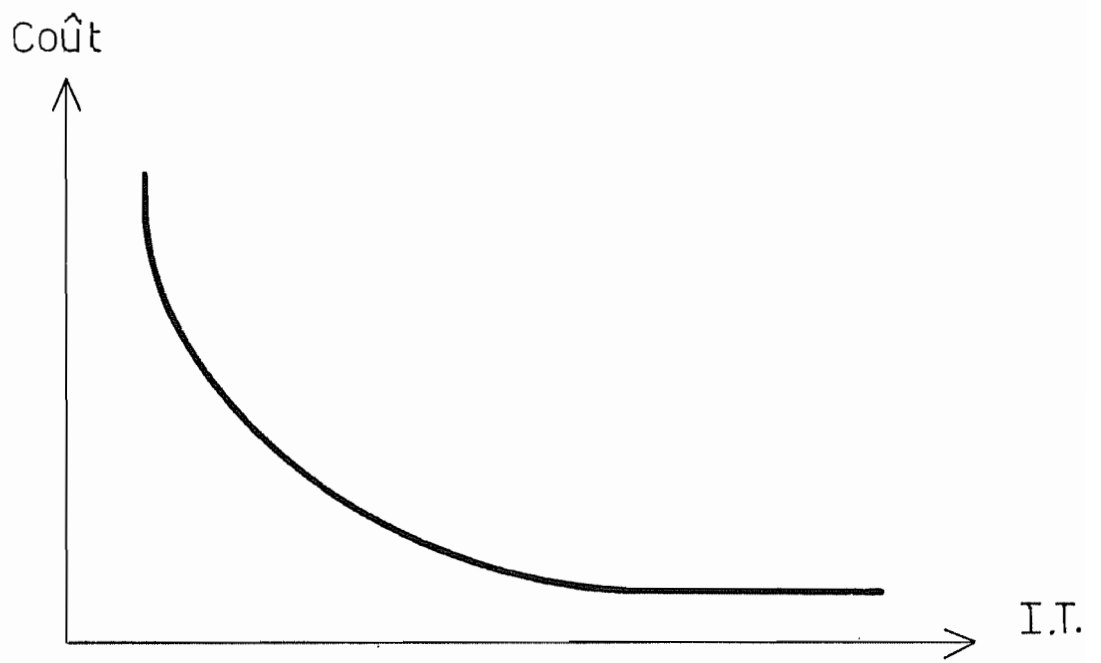


Fig. 10

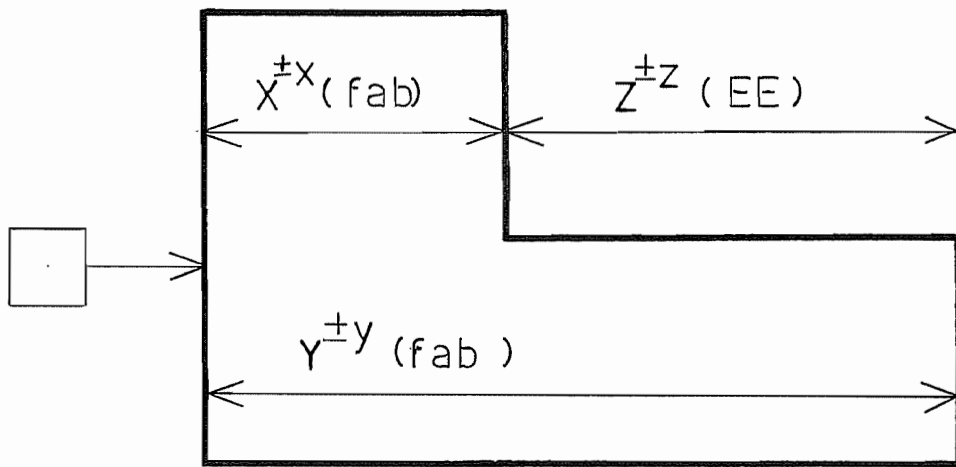
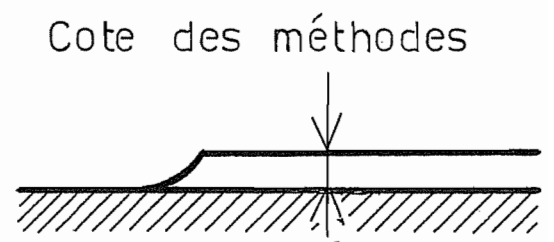
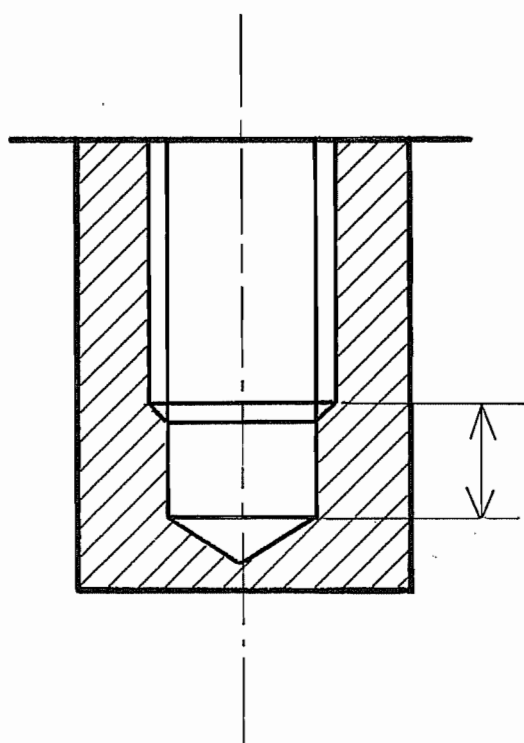


Fig. 11



Cote des méthodes

Fig. 12

Transfert de cote

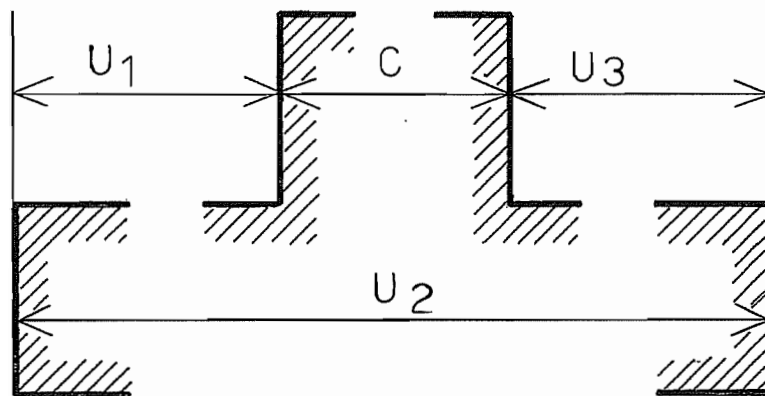
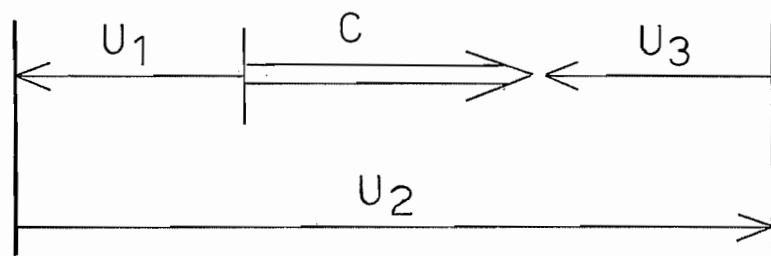


Fig. 13



$$C = -U_1 + U_2 - U_3$$

Fig. 14

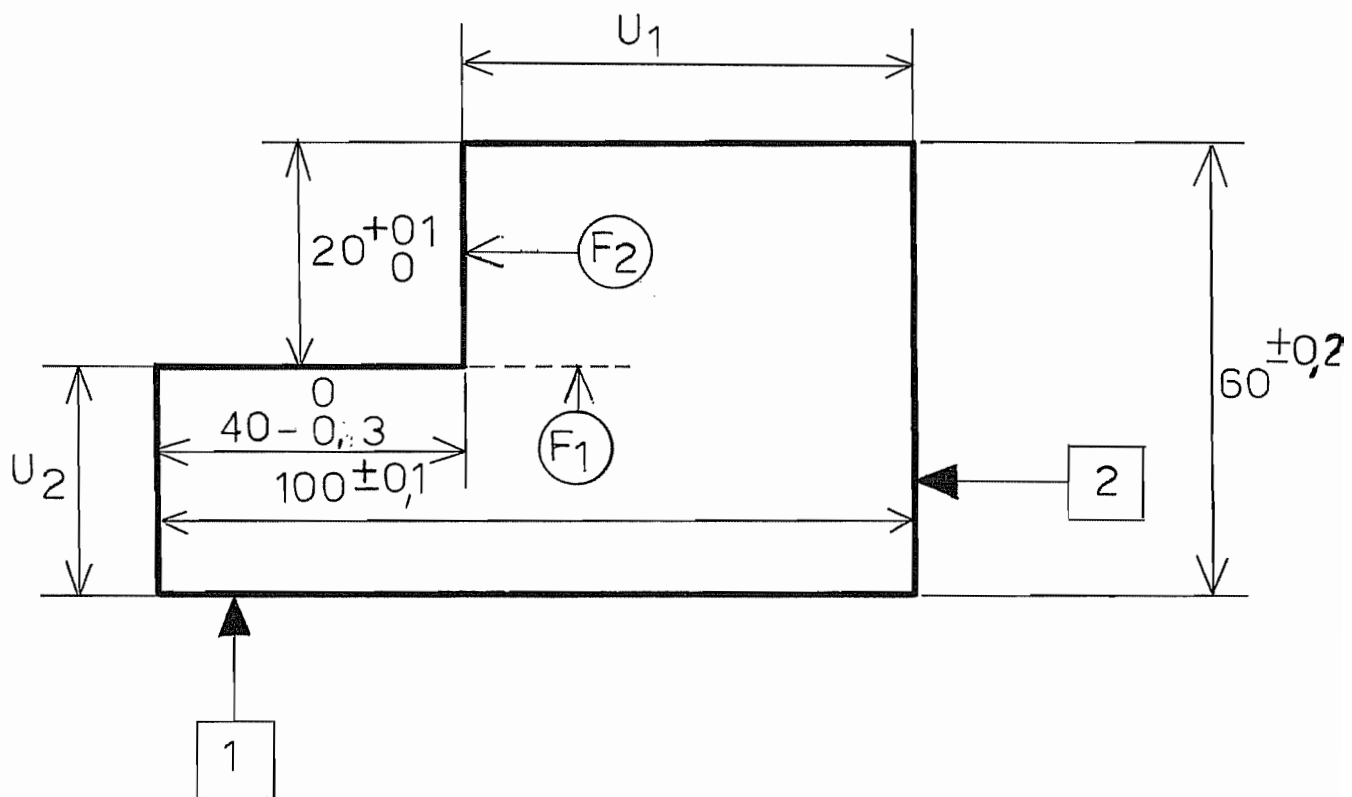


Fig. 15

a) Cote U_1

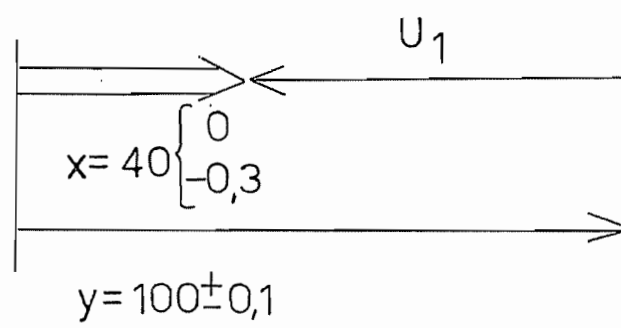


Fig. 16

b) Cote U₂

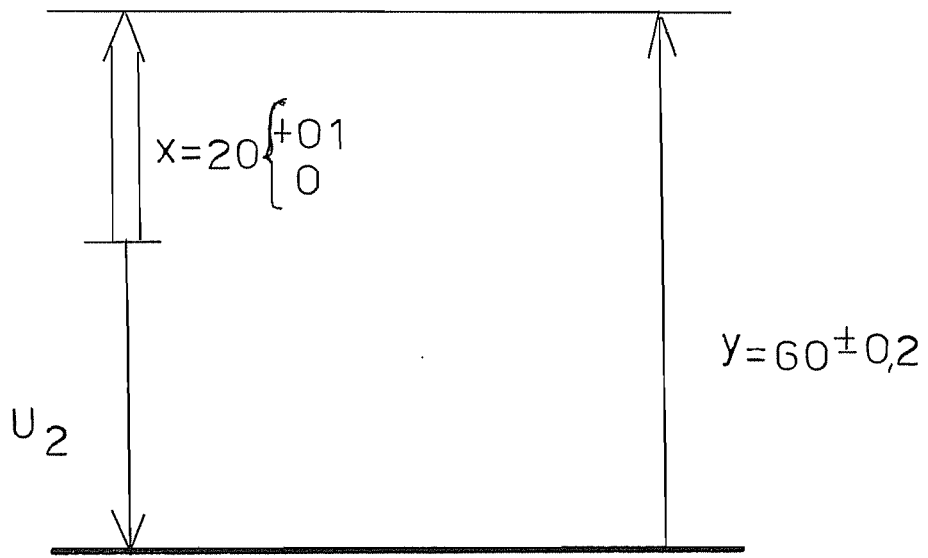


Fig. 17

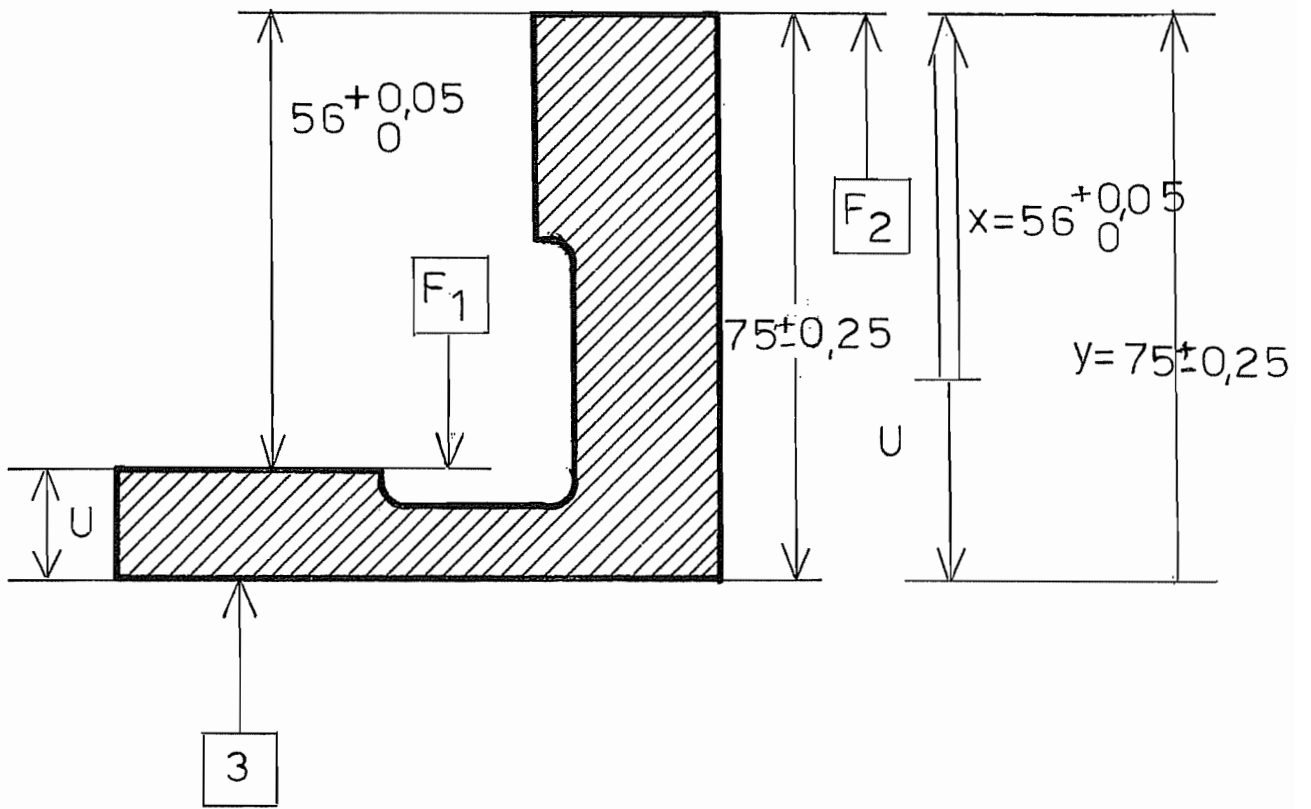


Fig. 18

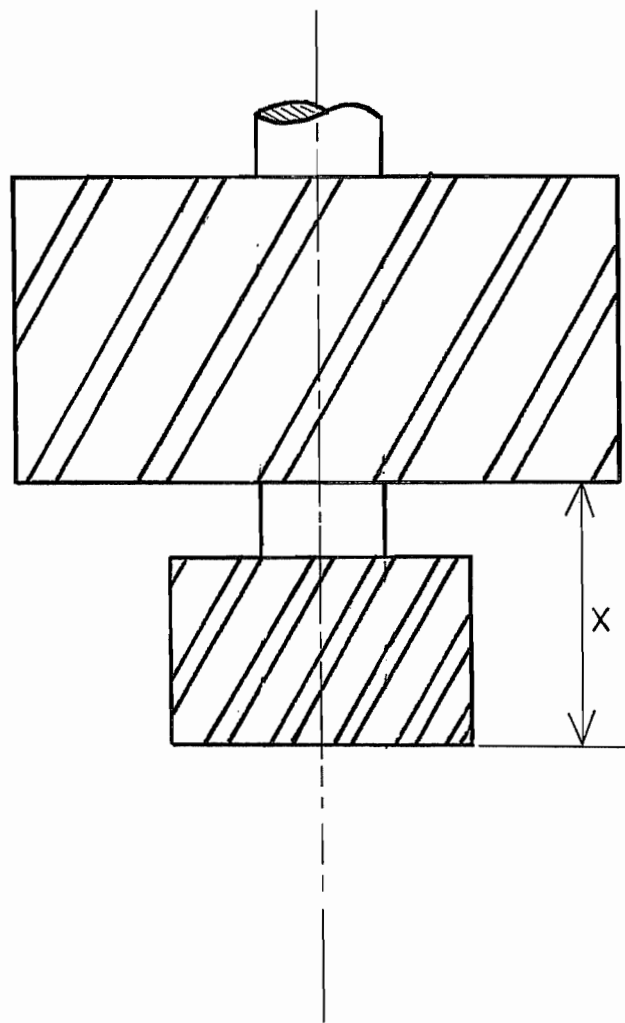


Fig. 19

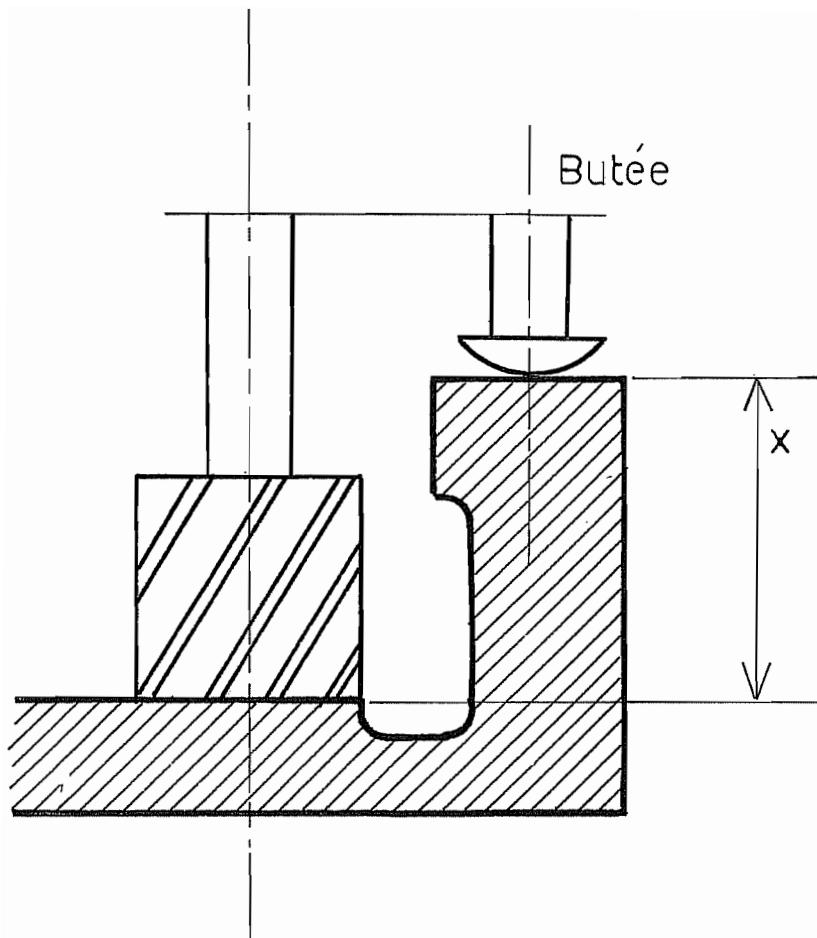


Fig. 20

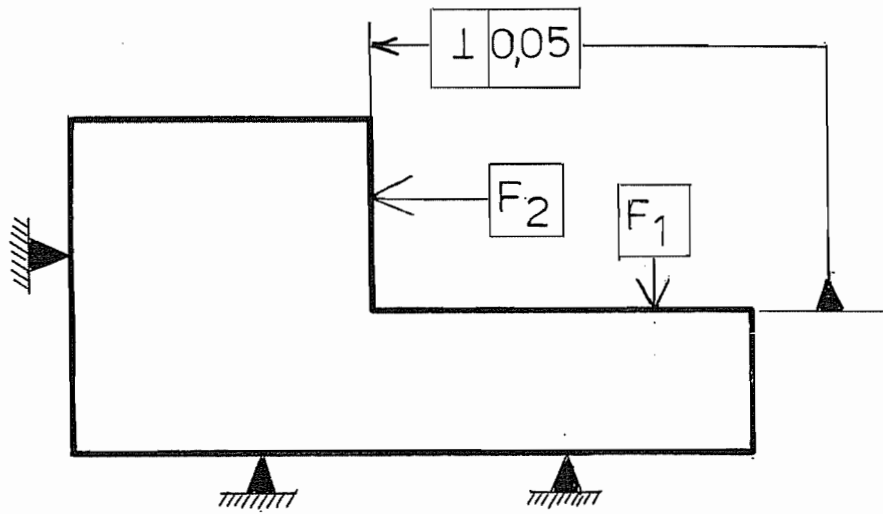


Fig. 21

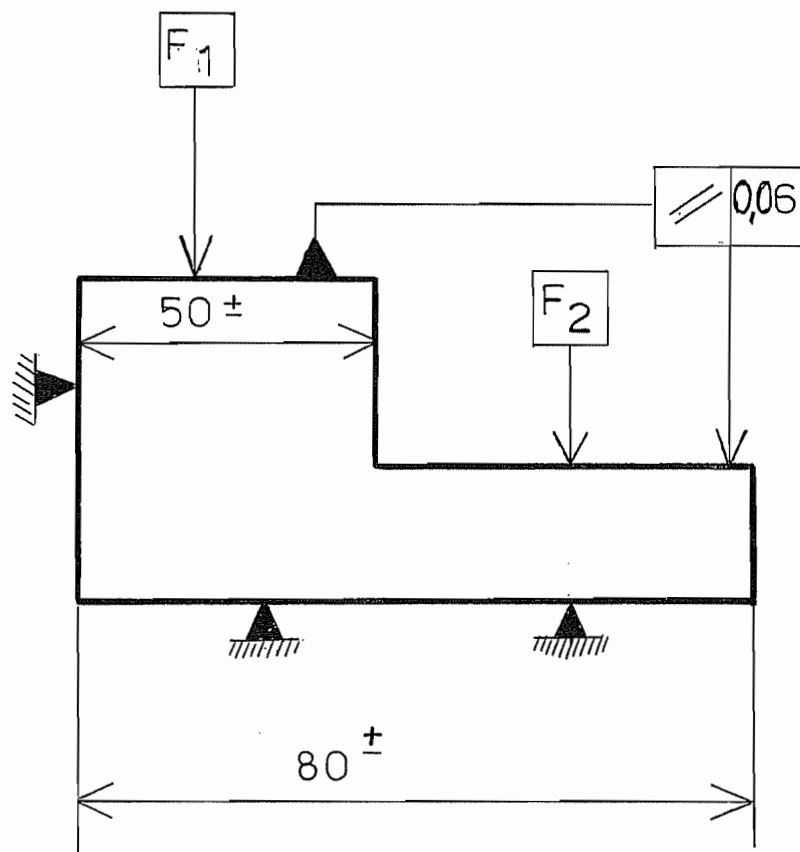


Fig. 22

1^{er} étape \rightarrow angle α_1

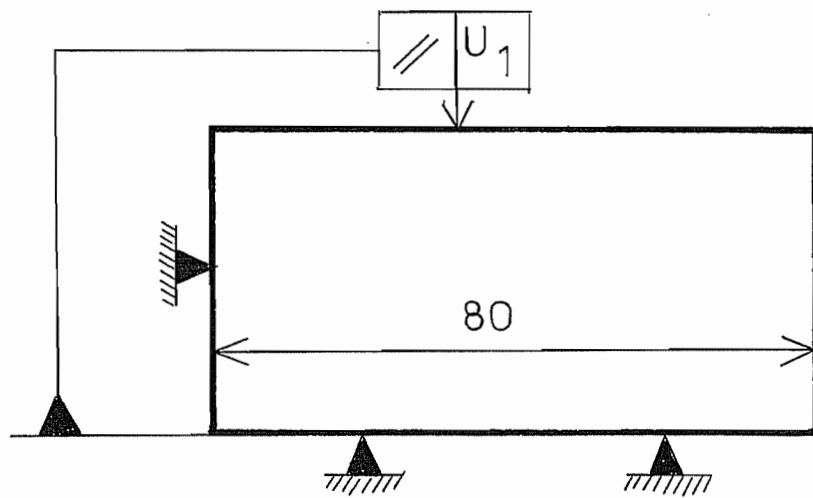


Fig. 23

2^e étape → angle α_2

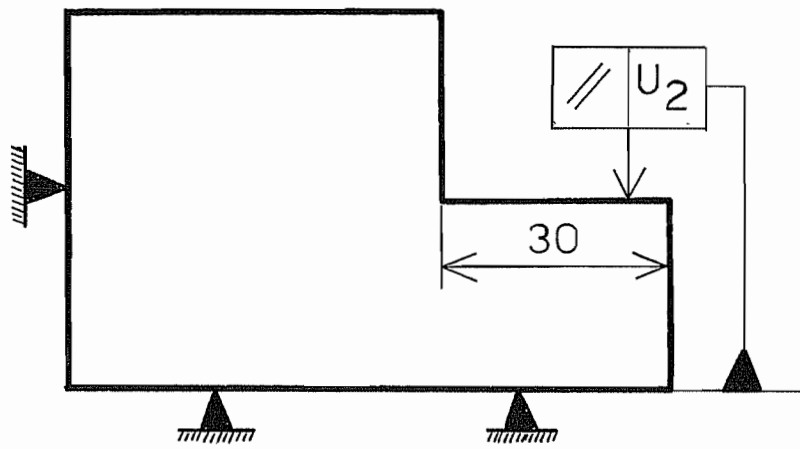


Fig.24

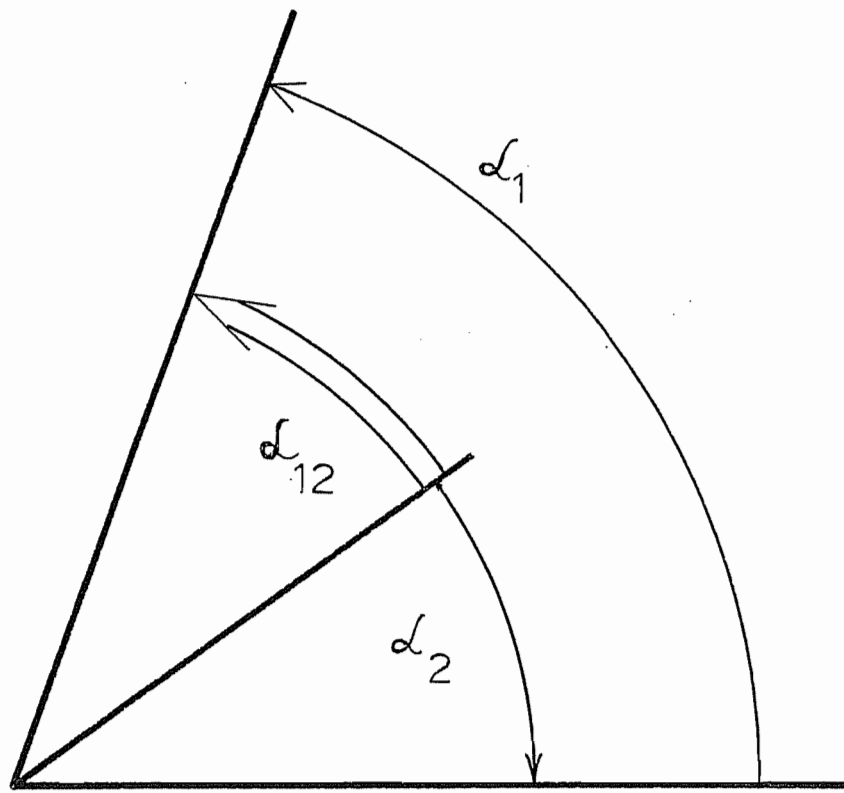


Fig. 25

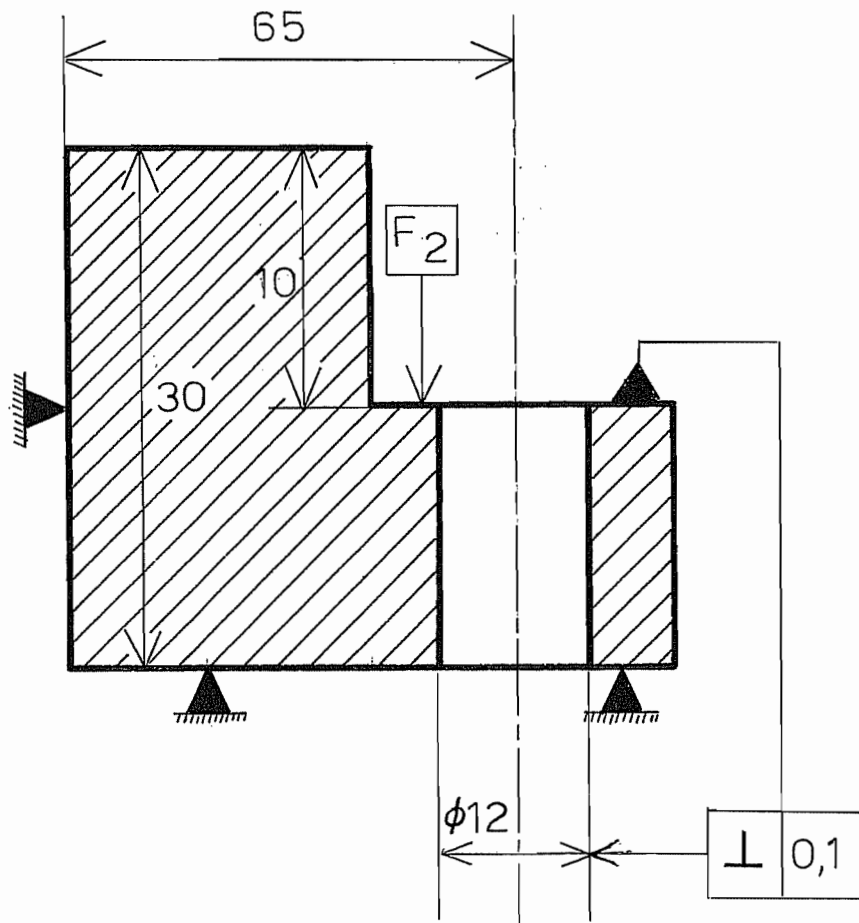


Fig. 26

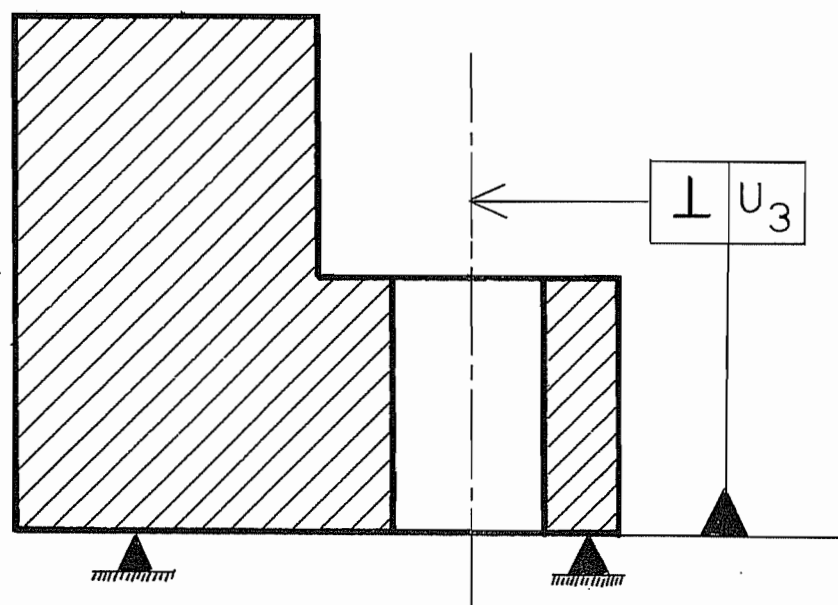


Fig. 27

Axe du trou

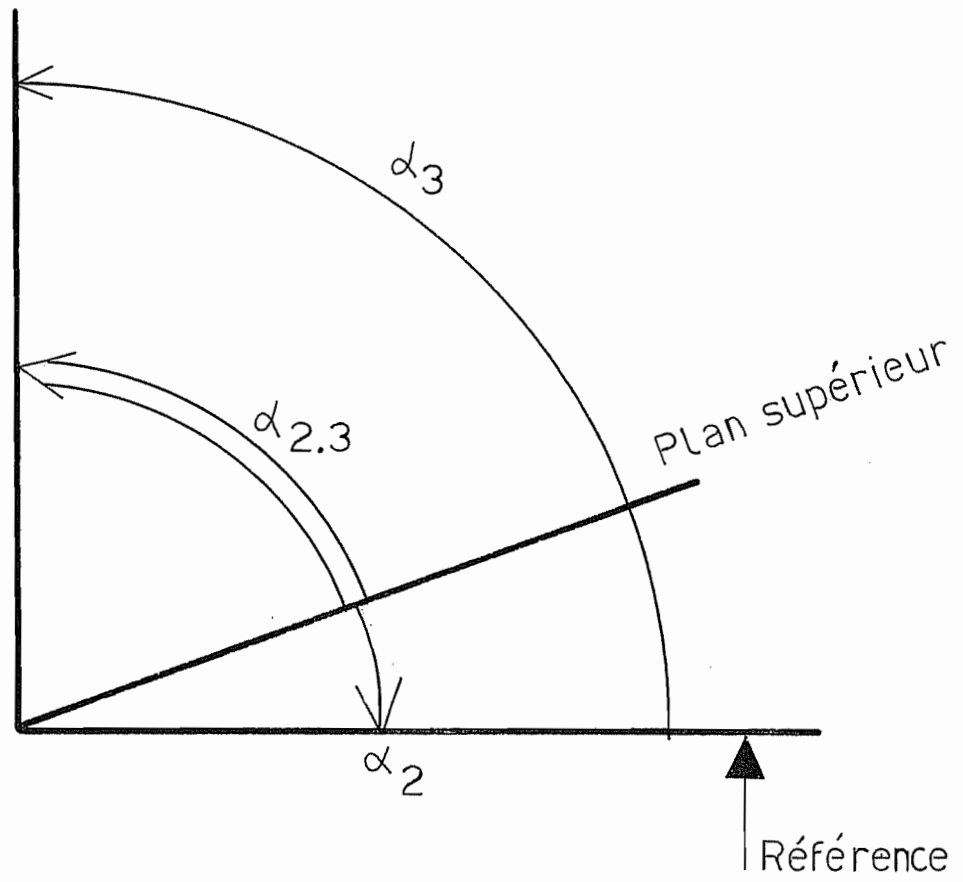


Fig. 28

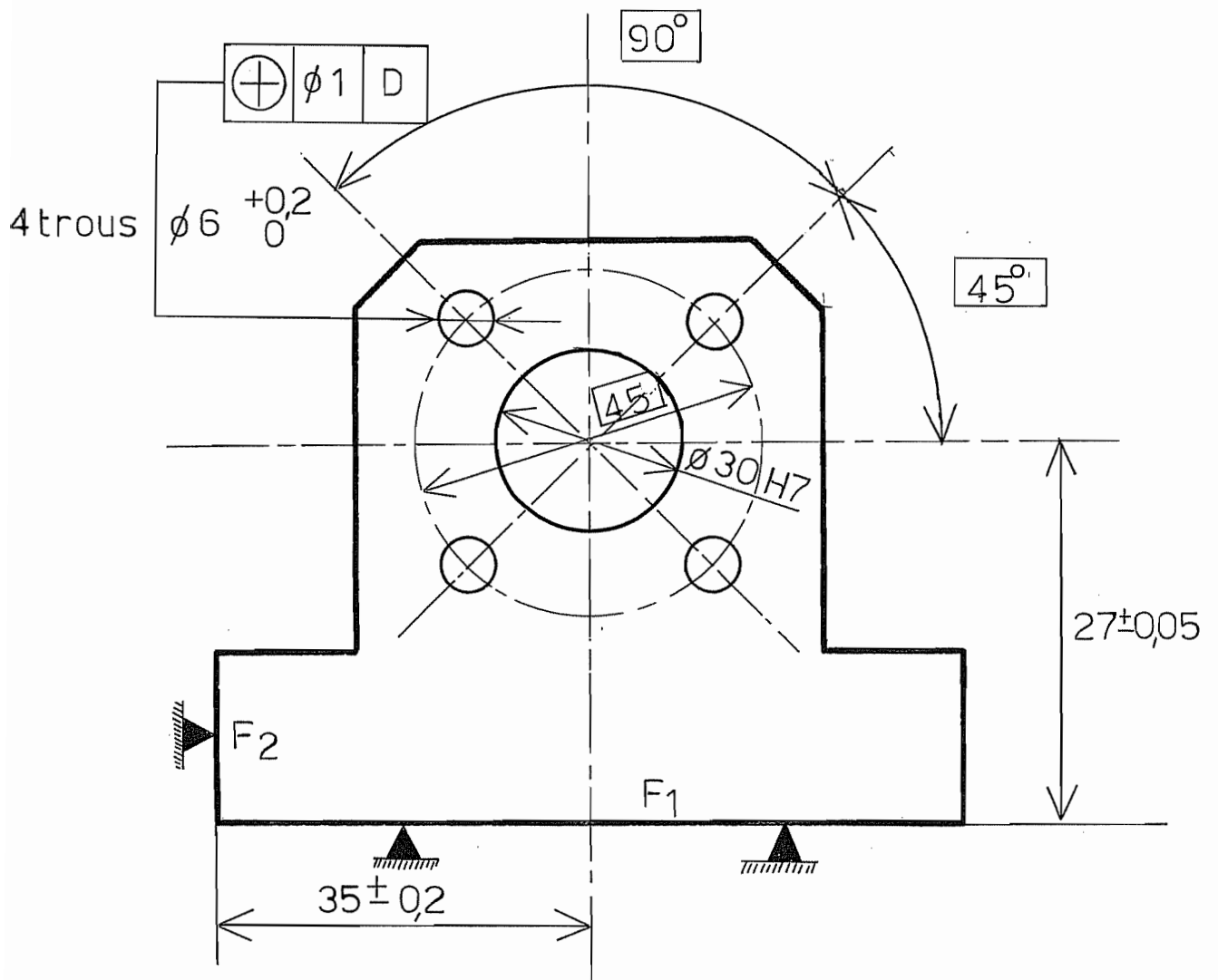


Fig. 29

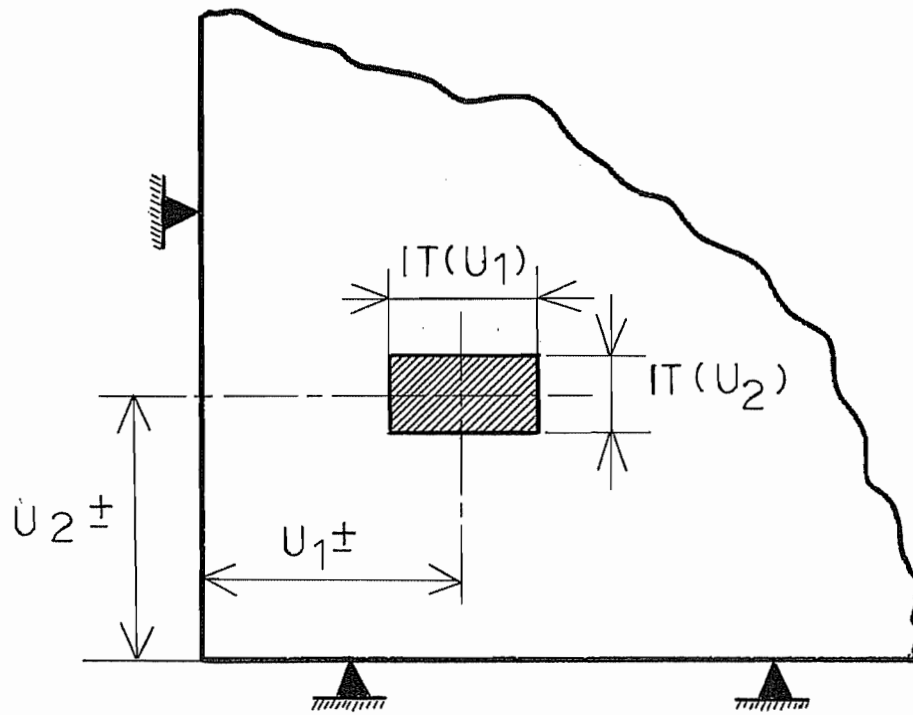
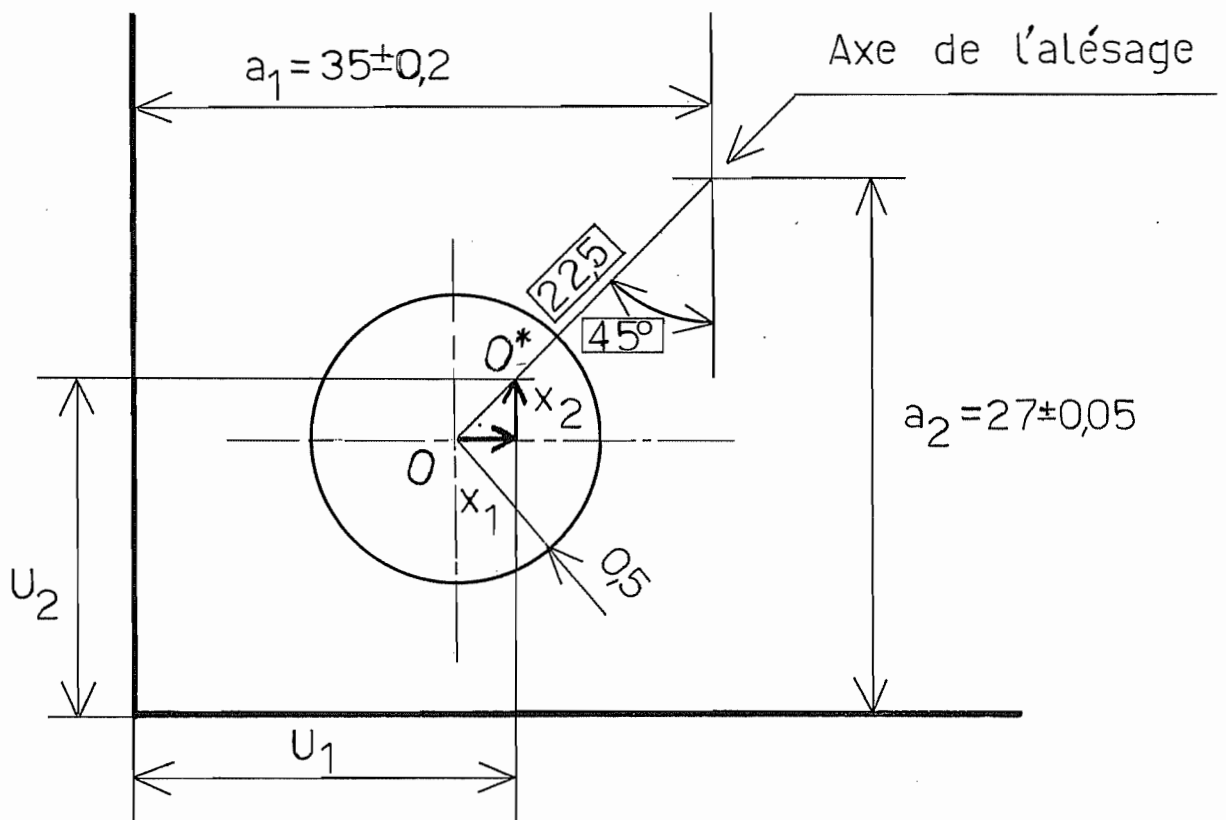


Fig. 30



O : position idéale de l'axe du trou
O* : position réelle de l'axe du trou

Fig. 31

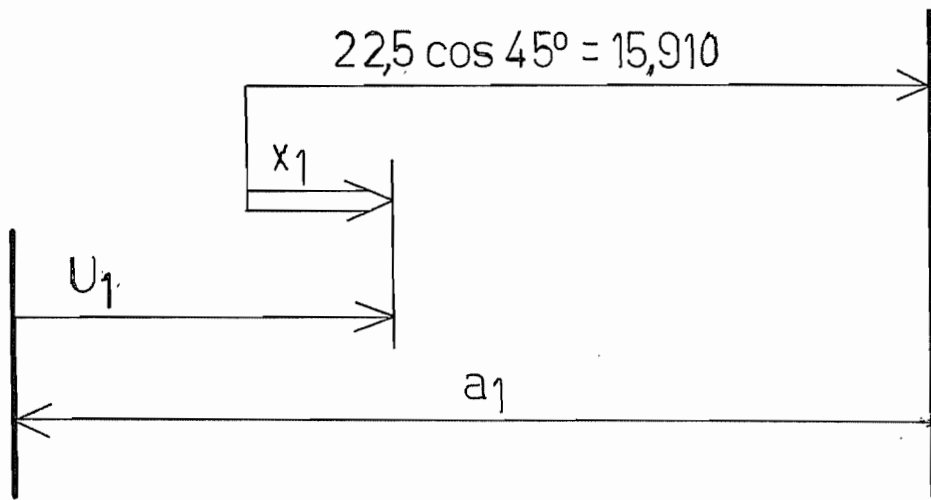


Fig. 32

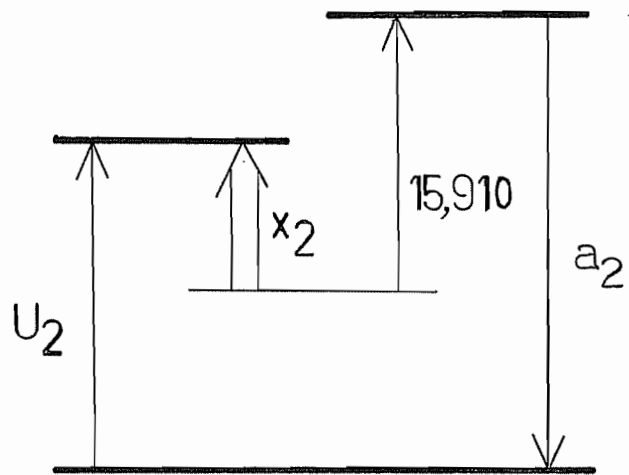


Fig. 33

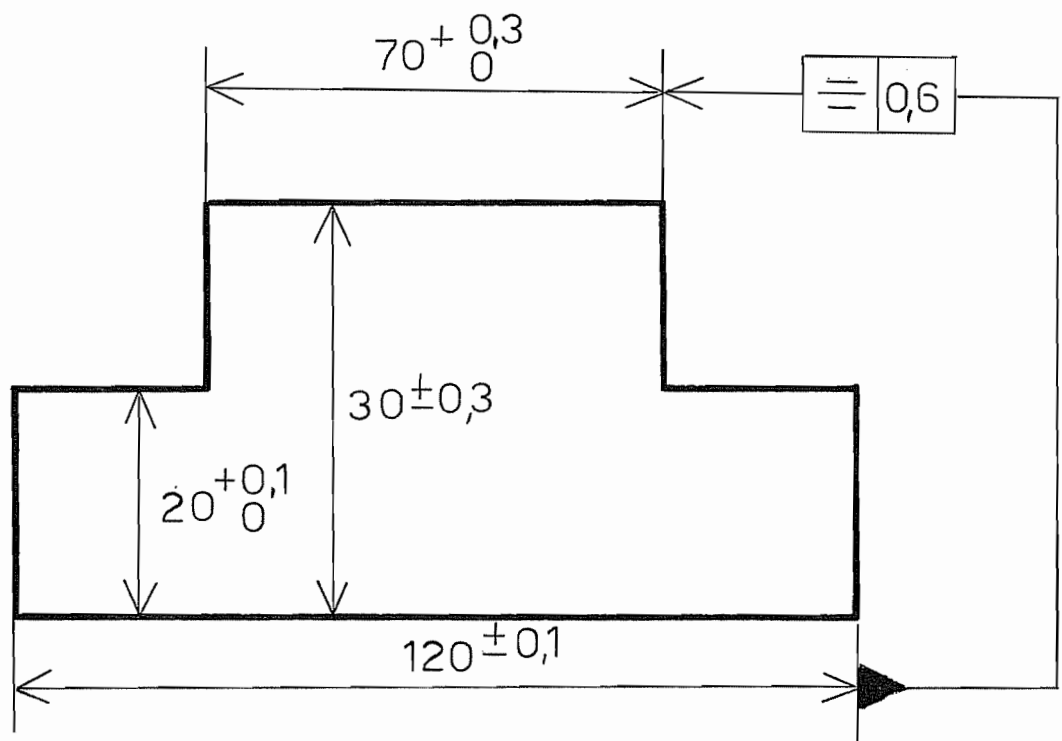


Fig. 34

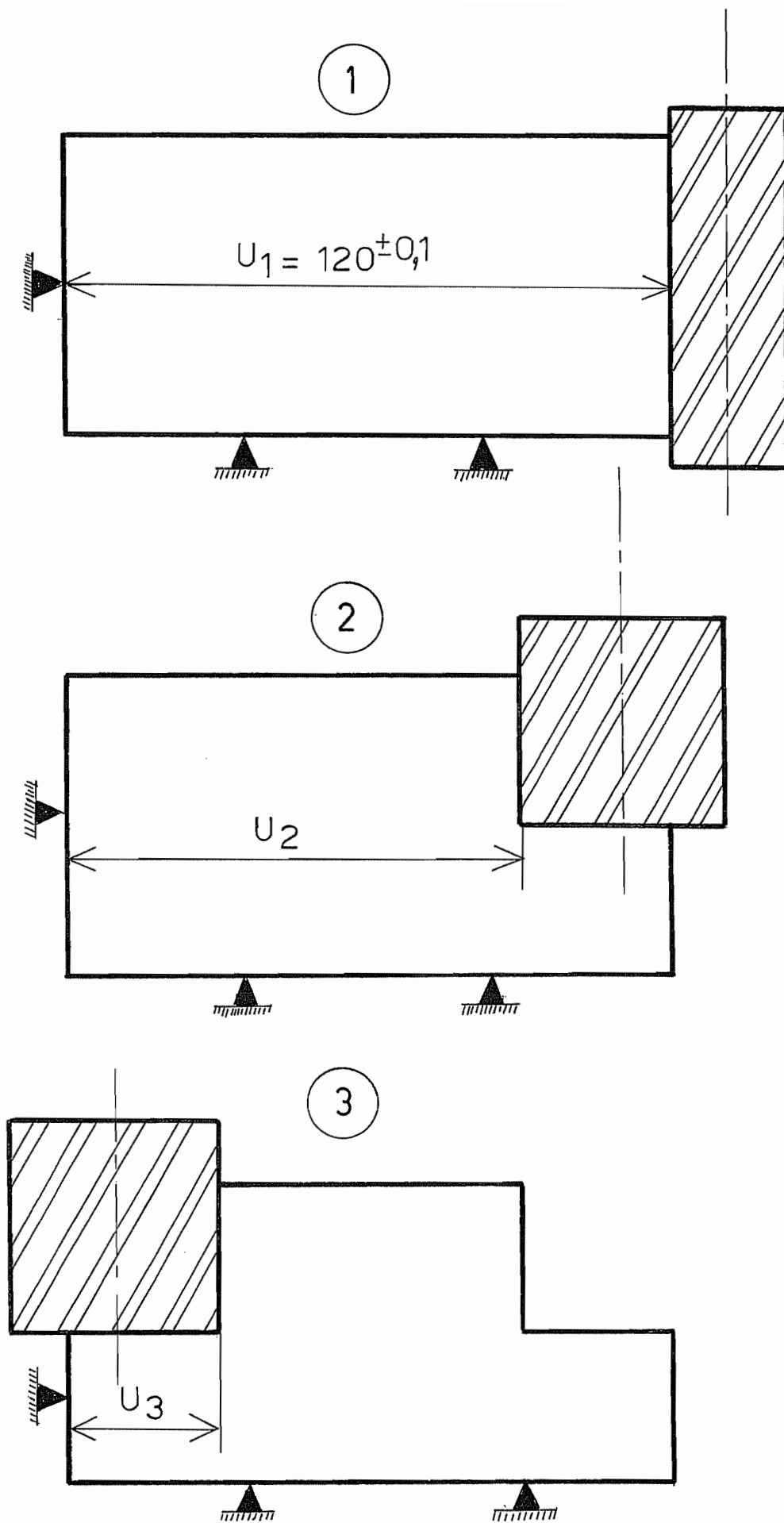


Fig. 35

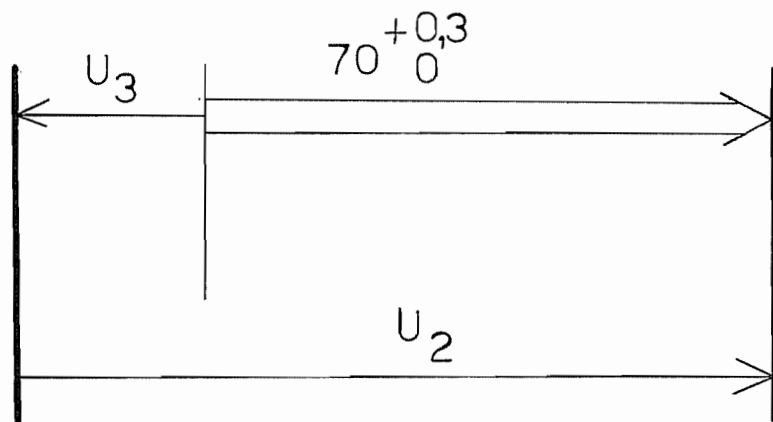


Fig. 36

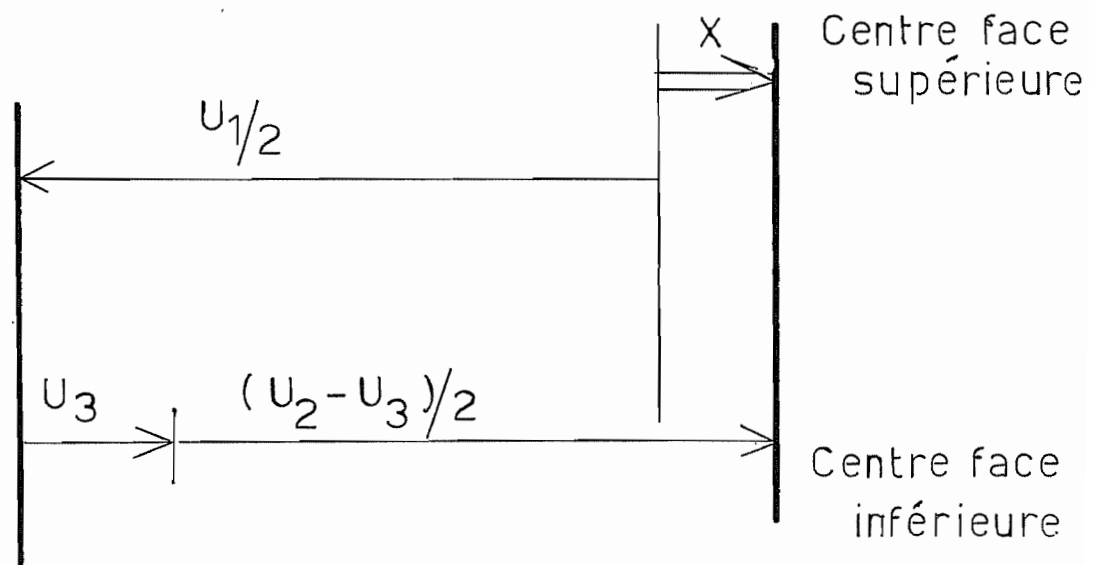


Fig. 37

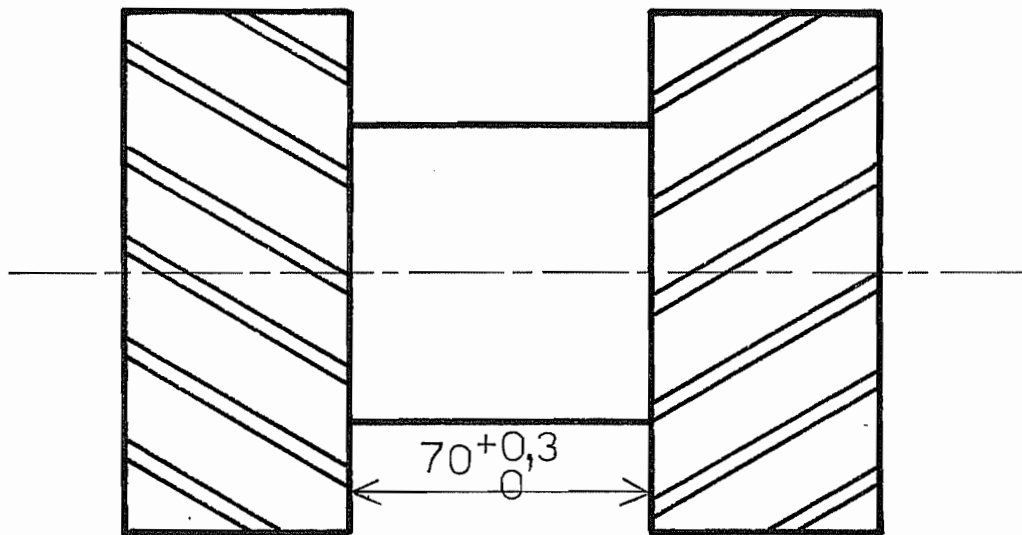


Fig. 38

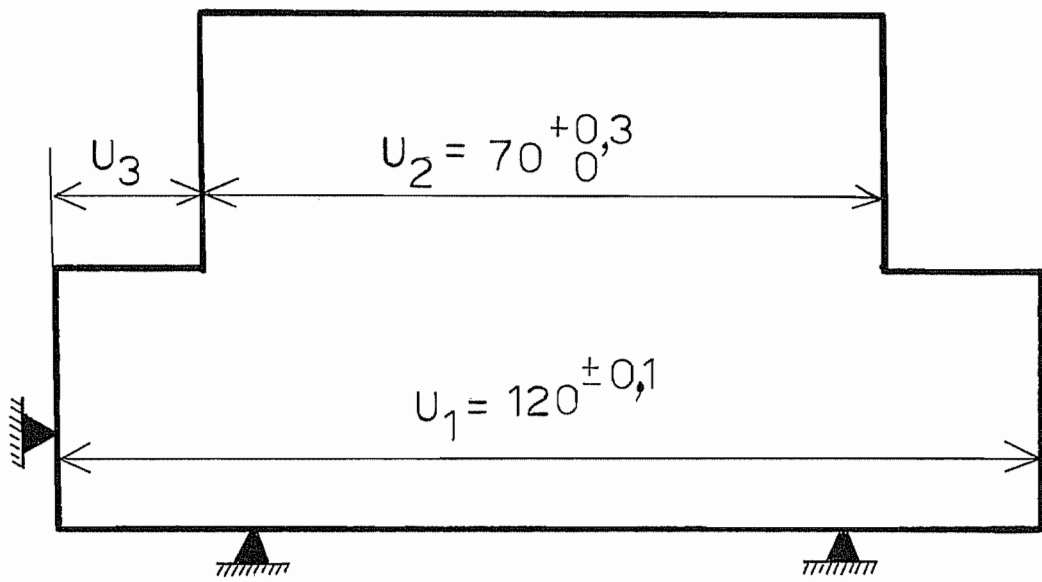


Fig. 39

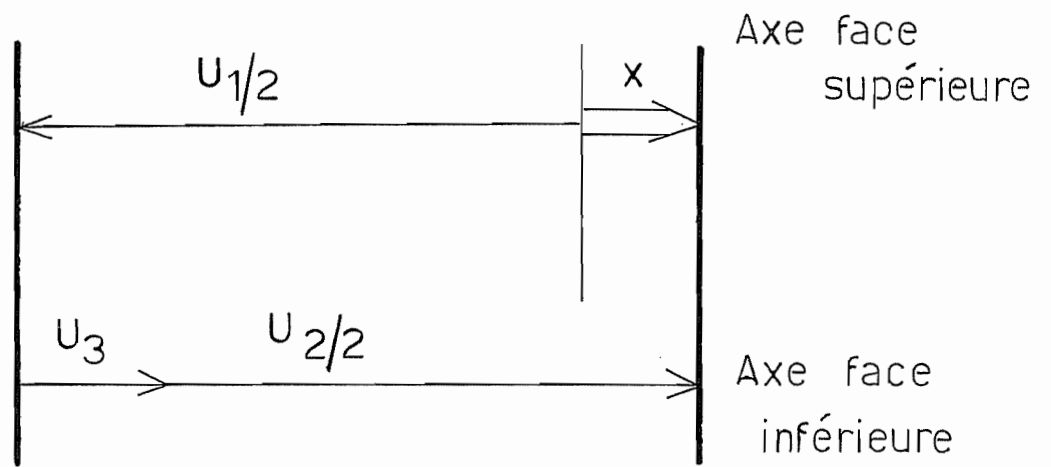
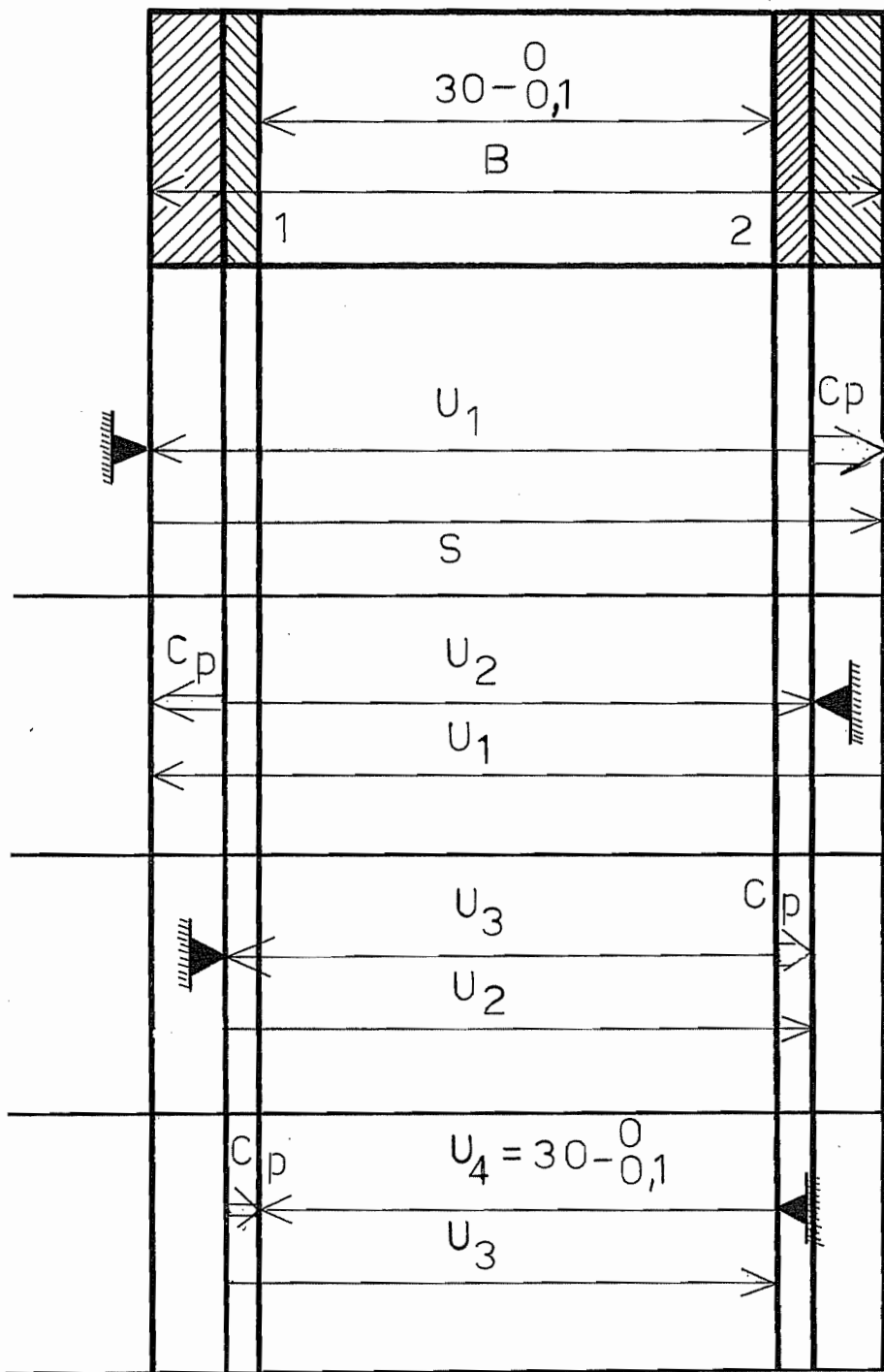


Fig. 40



$$C_{pm} = \begin{cases} 2,5 & (\text{ébauche}) \\ 0,5 & (\text{ finition}) \end{cases}$$

$$IT = \begin{cases} 0,8 & (\text{ cotés/brut}) \\ 0,2 & (\text{ cotés/surf. usinées}) \end{cases}$$

Ebauche face 2

$$C_p = B - U_1 \quad \begin{cases} C_{pm} = B_m - U_{1M} = 2,5 \\ U_{1M} - U_{1m} = 0,8 \end{cases}$$

Ebauche face 1

$$C_p = U_1 - U_2 \quad \begin{cases} C_{pm} = U_{1m} - U_{2M} = 2,5 \\ U_{2M} - U_{2m} = 0,2 \end{cases}$$

Finition face 2

$$C_p = U_2 - U_3 \quad \begin{cases} C_{pm} = U_{2m} - U_{3M} = 0,5 \\ U_{3M} - U_{3m} = 0,2 \end{cases}$$

Finition face 1

$$C_p = U_3 - U_4 \quad \begin{cases} C_{pm} = U_{3m} - U_{4M} = 0,5 \\ U_{4M} - U_{4m} = 0,1 \end{cases}$$

Fig. 41

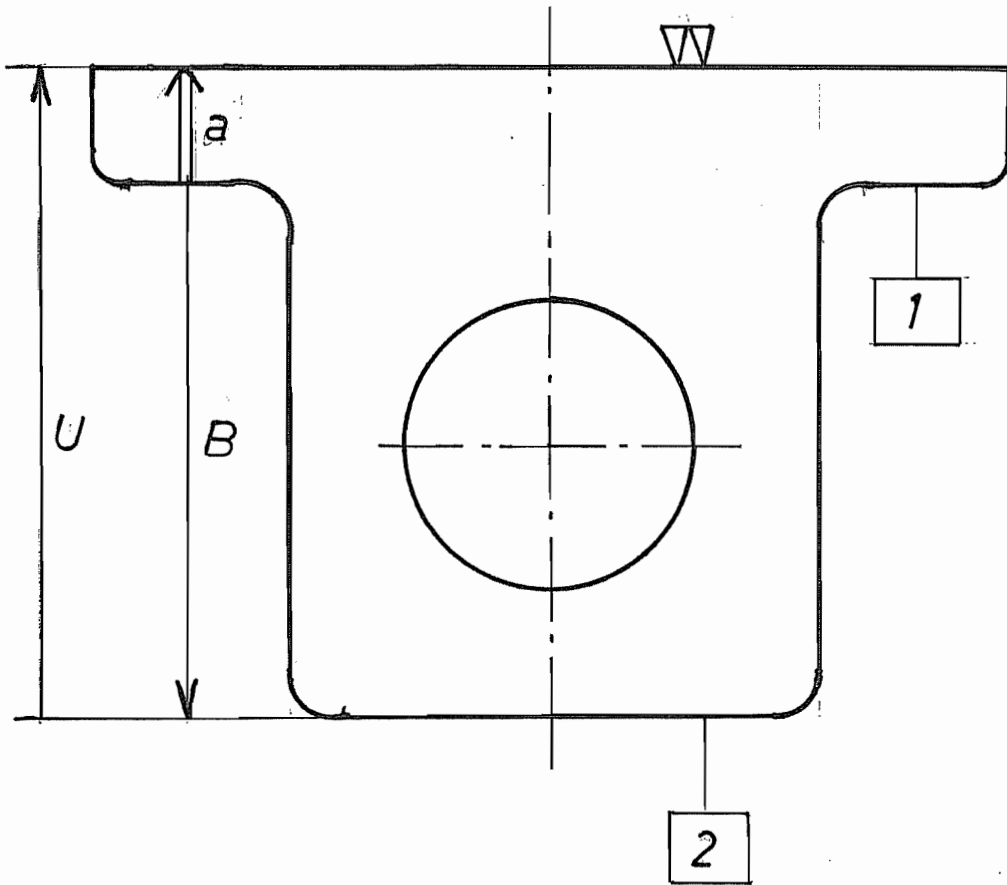


Fig. 42

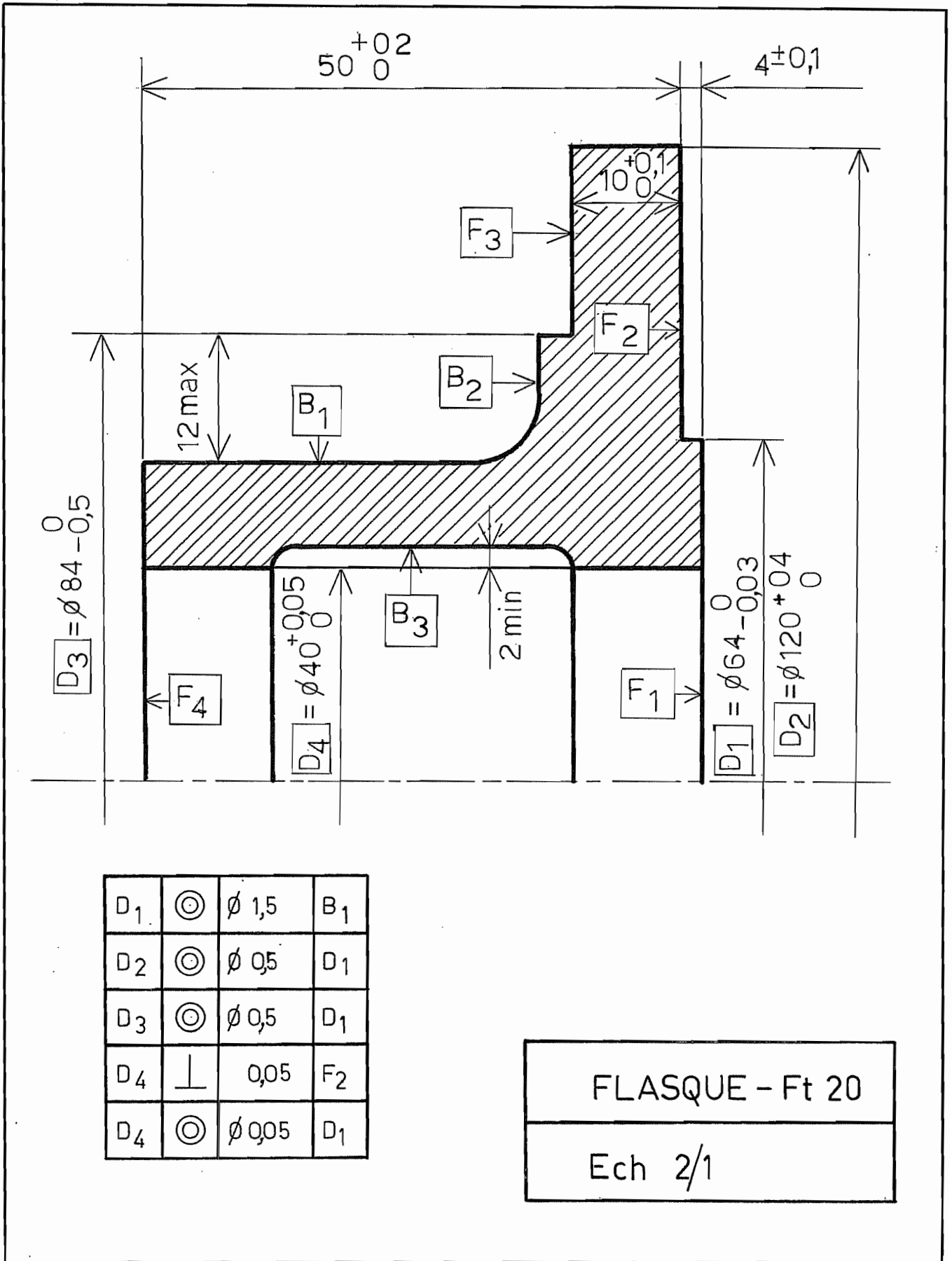
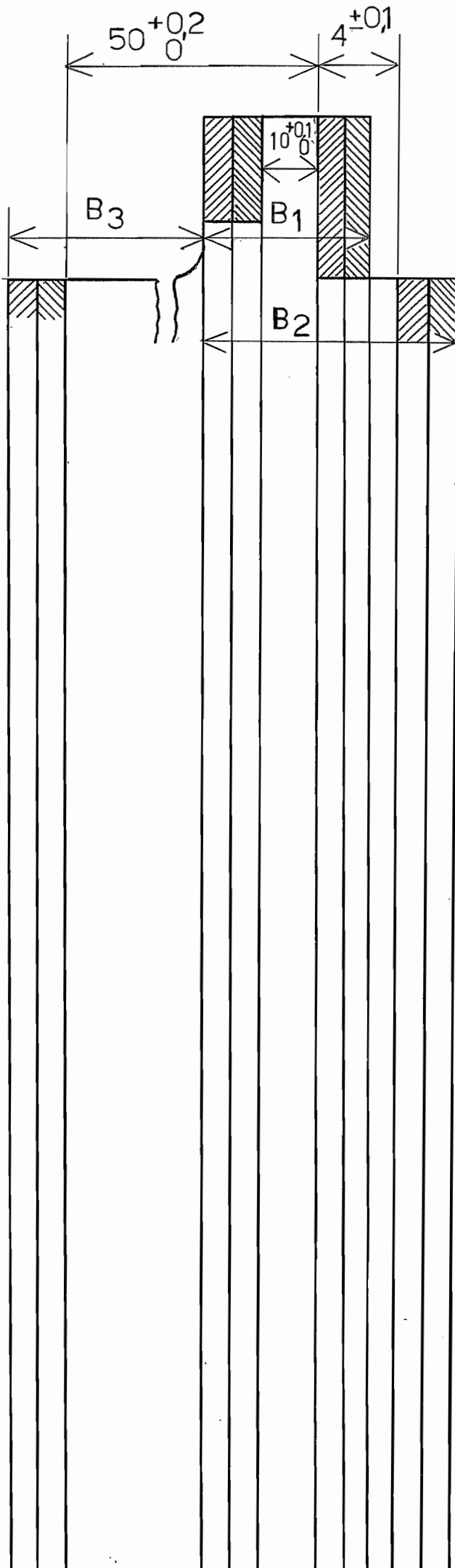


Fig. 43

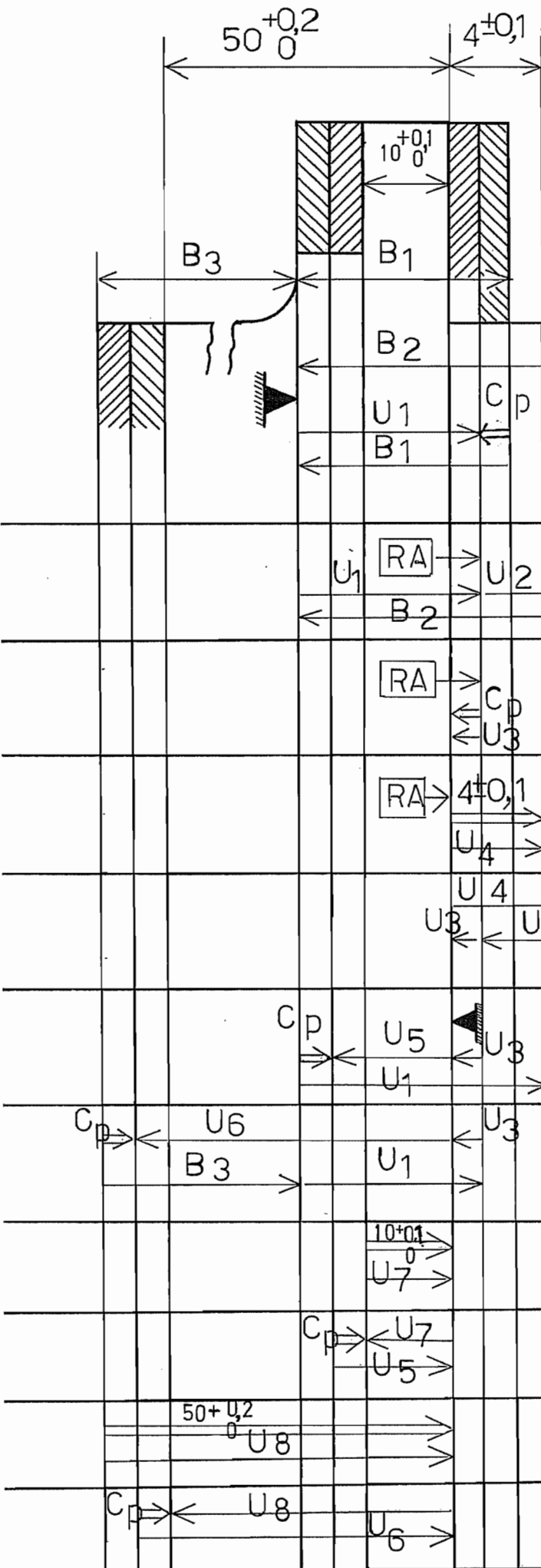
COTES AXIALES



$$C_{pm} = \begin{cases} 0,5 & \text{finition} \\ 2 & \text{dégrossissage} \end{cases}$$
$$IT = \begin{cases} 0,8 & \text{dégrossissage} \\ 0,2 & \text{finition} \end{cases}$$

Fig. 44

COTES AXIALES



$C_{pm} = \begin{cases} 0,5 \text{ finition} \\ 2 \text{ dégrossissage} \end{cases}$
 $IT = \begin{cases} 0,8 \text{ (dégr)} \rightarrow \text{si réf. = surf brute} \\ 0,2 \text{ (finition)} \end{cases}$

Phase 10

$C_{pm} = B_{1m} - U_{1M} = 2$ (a)

$IT(U_1) = 0,8$

Réf. aux. = F2 dégrossie

$C_{pm} = B_{2m} - U_{1M} - U_{2M} = 2$ (b)

$IT(U_2) = 0,2$

Idem $\Rightarrow U_3$ cote directe

$C_{pm} = U_{3m} = 0,5$

$IT(U_3) = 0,2$

$U_3 = 0,5^{+0,2}_0$

Réf. aux. = F2 finie $\Rightarrow U_4$ cote directe

$U_4 = 4 \pm 0,1$

$C_{pm} = U_{2m} + U_{3m} - U_{4M} = 0,5$

$U_{2m} = 0,5 - 0,5 + 4,1 = 4,1$

$U_2 = 4,1^{+0,2}_0$

Phase 20

$C_{pm} = U_{1m} - U_{3M} - U_{5M} = 2$ (c)

$IT(U_5) = 0,2$

$C_{pm} = B_{3m} + U_{1m} - U_{3M} - U_{6M} = 2$ (d)

$IT(U_6) = 0,2$

$U_7 = 10^{+0,1}_0$

Cote directe

$C_{pm} = U_{5m} - U_{7M} = 0,5$ $U_{5m} = 0,5 + 10,1 = 10,6$

$U_5 = 10,6^{+0,2}_0$

$U_8 = 50^{+0,2}_0$

$C_{pm} = U_{6m} - U_{8M} = 0,5$ $U_{6m} = 0,5 + 50,2 = 50,7$

$U_6 = 50,7^{+0,2}_0$

Fig. 45

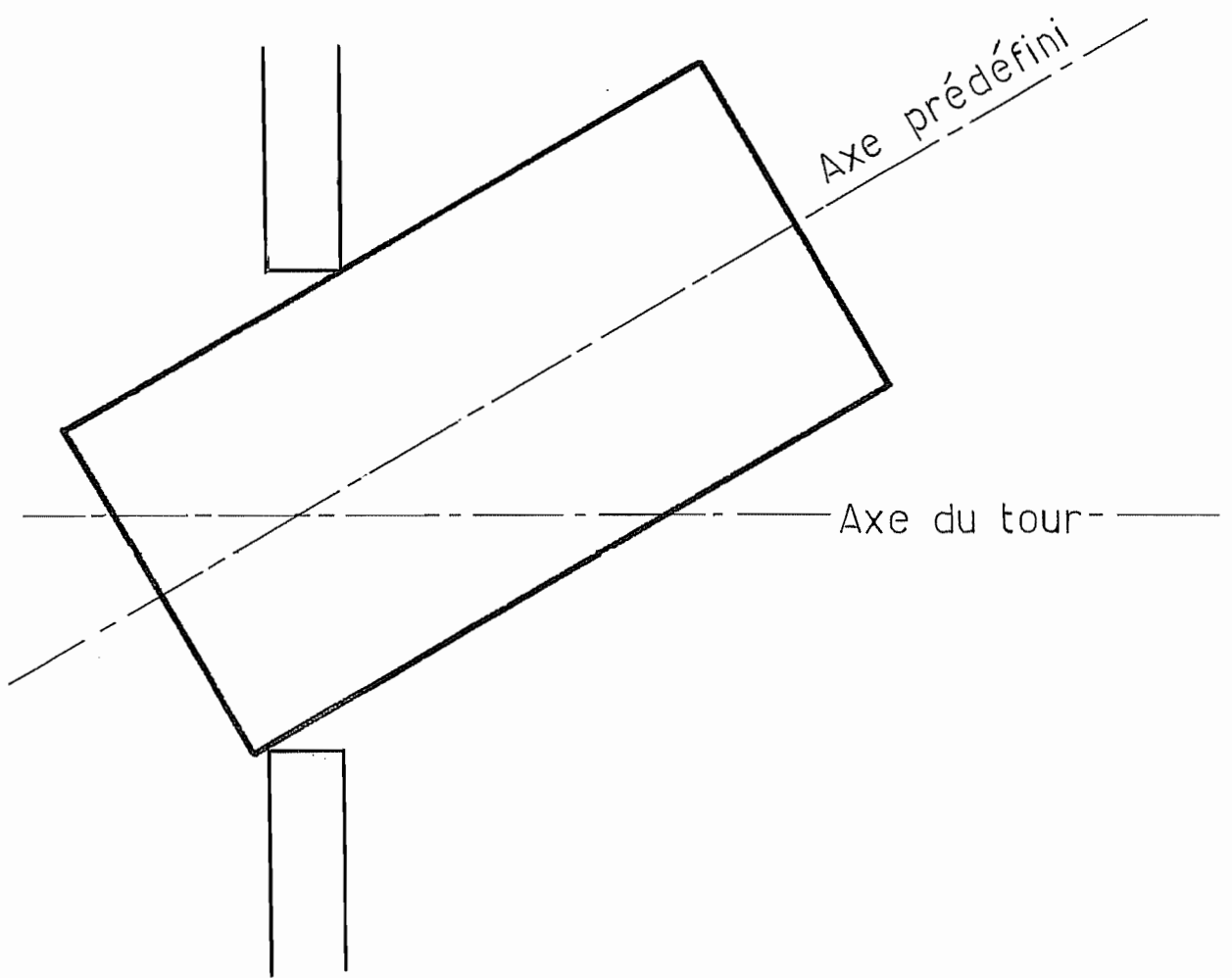
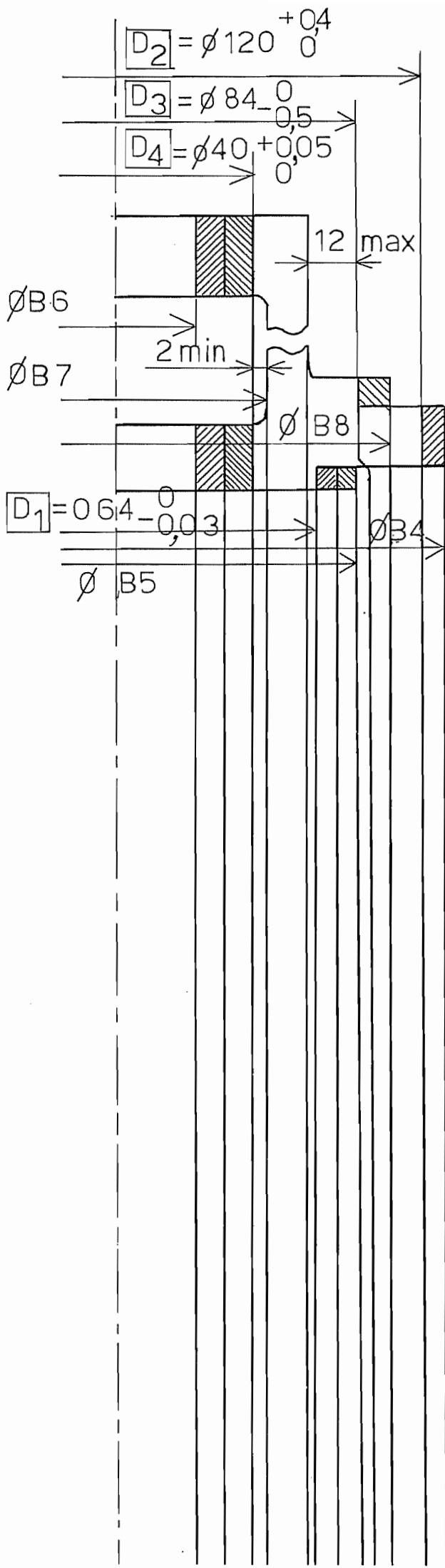


Fig. 46



COTES RADIALES

D ₁	⊙	ø 1,5	B ₁
D ₂	⊙	ø 0,5	D ₁
D ₃	⊙	ø 0,5	D ₁
D ₄	⊥	0,05	F ₂
D ₄	⊙	ø 0,05	D ₁

$$C_{pm} = \begin{cases} 0,5 \text{ finition} \\ 2 \text{ dégrossissage} \end{cases}$$

$$I.T = \begin{cases} 0,2 \text{ finition} \\ 0,8 \text{ dégrossissage} \end{cases}$$

Fig. 47

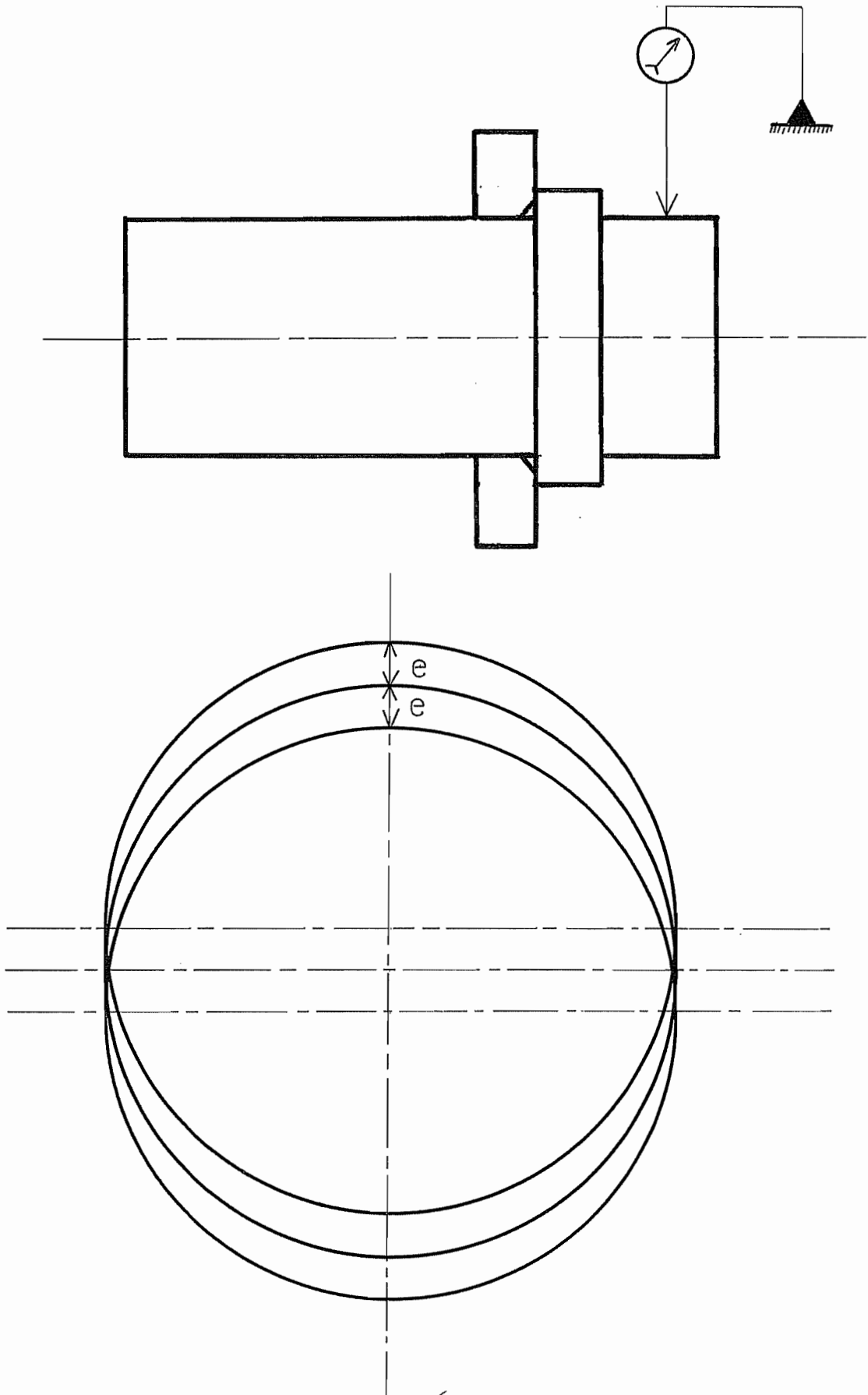
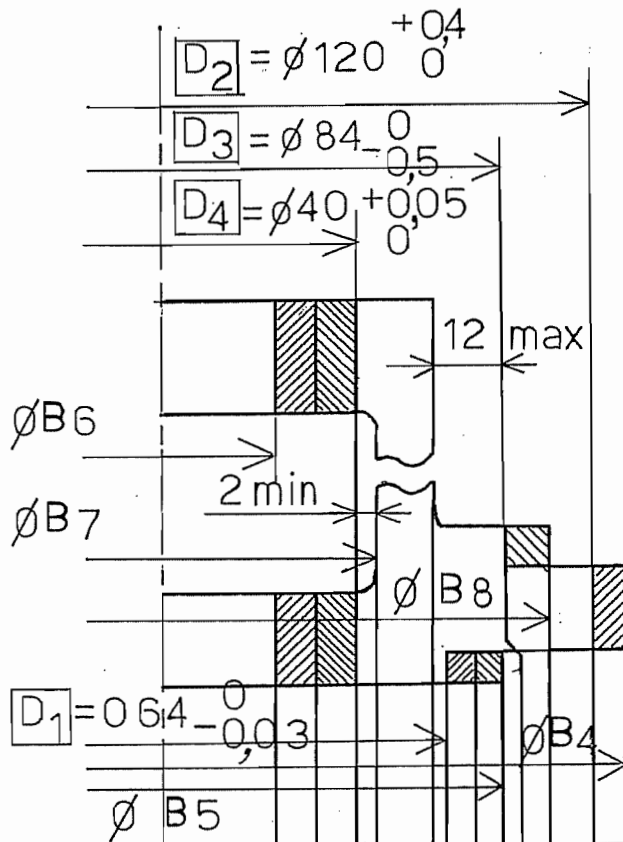


Fig. 48

Fig. 49



D ₁	⊙	ø 1,5	B ₁
D ₂	⊙	ø 0,5	D ₁
D ₃	⊙	ø 0,5	D ₁
D ₄	⊥	0,05	F ₂
D ₄	⊙	ø 0,05	D ₁

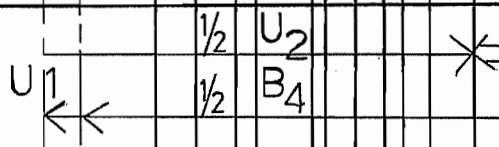
$C_{pm} = \begin{cases} 0,5 \text{ finition} \\ 2 \text{ dégrossissage} \end{cases}$
 $IT = \begin{cases} 0,8 \text{ dégrossissage} \\ 0,2 \text{ finition} \end{cases}$

Phase 10

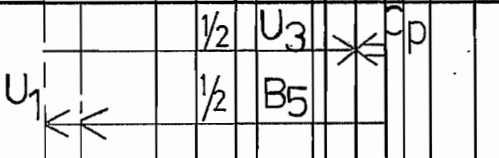
D ₁	⊙	ø 1,5	B ₁
----------------	---	-------	----------------

$U_1 = 0 \pm 0,75$

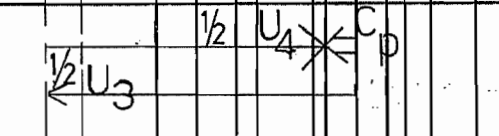
cote directe



$C_p \quad C_{pm} = \frac{1}{2} B_{4m} + U_{1m} - \frac{1}{2} U_{2M} = 2 \text{ (part du brut)}$
 $U_2 = 120 \begin{smallmatrix} +0,4 \\ 0 \end{smallmatrix}$
 $B_{4m} = 4 - 2(-0,75) + 120,4 = 125,9$
 $B_4 = 125,9 \text{ min}$

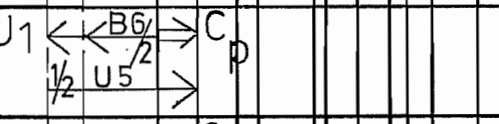


$C_p \quad C_{pm} = \frac{1}{2} B_{5m} + U_{1m} - \frac{1}{2} U_{3M} = 2$
 $= \frac{1}{2} B_{5m} - 0,75 - \frac{1}{2} U_{3M} = 2$
 $IT(U_3) = 0,8$

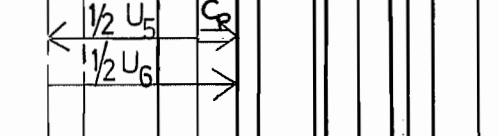


$C_p \quad C_{pm} = \frac{1}{2} U_{3m} - \frac{1}{2} U_{4M} = 0,5$
 $U_{3m} = U_{4M} + 1 = 65$
 $U_4 = 64 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,03 \end{smallmatrix}$

 $\text{Calcul: } U_{3M} = 65 + 0,8 = 65,8$
 $B_{5m} = 1,5 + U_{3M} + 4 = 1,5 + 65,8 + 4 = 71,3$
 $B_5 = 71,3 \text{ min}$

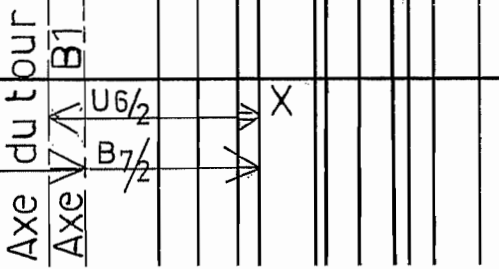


$C_p \quad C_{pm} = \frac{1}{2} U_{5m} - U_{1m} - \frac{1}{2} B_{6M} = 2$
 $IT(U_5) = 0,8$



$C_p \quad C_{pm} = \frac{1}{2} U_{6m} - \frac{1}{2} U_{5M} = 0,5$
 $U_6 = 40 \begin{smallmatrix} +0,05 \\ 0 \end{smallmatrix}$

 $\text{Calcul: } U_{5M} = U_{6m} - 1 = 40 - 1 = 39$
 $U_5 = 39 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0,8 \end{smallmatrix}$
 $B_{6M} = U_{5m} - 2U_{1m} - 4 = 38,2 - 2(-0,75) - 4 = 32,7$
 $B_6 = 32,7 \text{ max}$

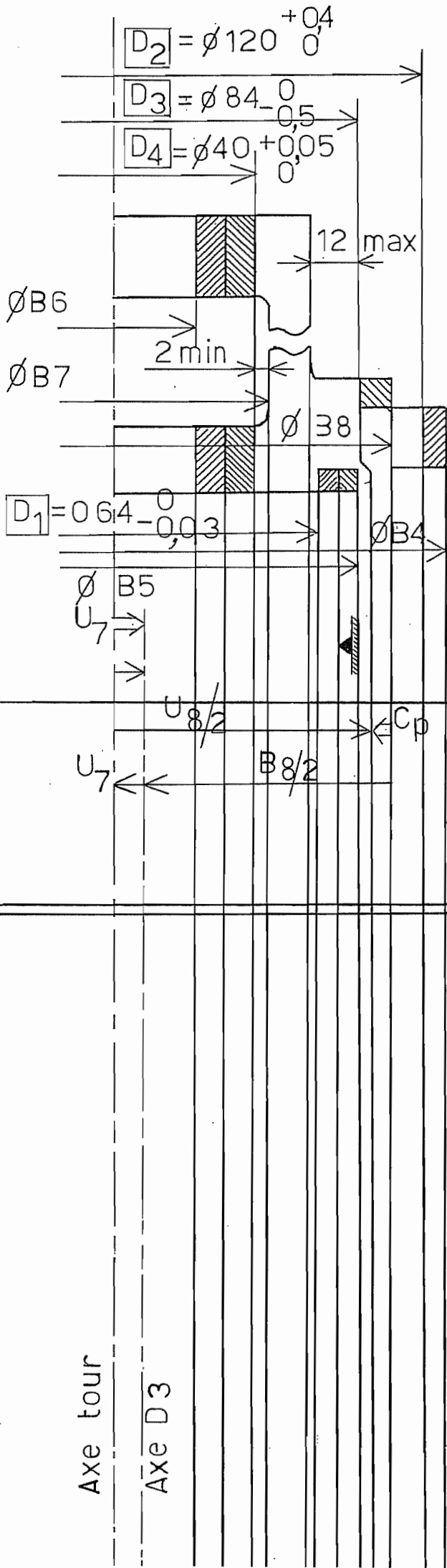


$x_m = 2$
 $x_m = \frac{1}{2} B_{7m} + U_{1m} - \frac{1}{2} U_{6M}$
 $B_{7m} = 2x_m - 2U_{1m} + U_{6M} = 4 - 2(-0,75) + 40,05 = 45,55$
 $B_7 = 45,55 \text{ min}$

COTES RADIALES
suite

Fig. 50

D ₁	⊙	∅ 1,5	B ₁
D ₂	⊙	∅ 0,5	D ₁
D ₃	⊙	∅ 0,5	D ₁
D ₄	⊥	0,05	F ₂
D ₄	⊙	∅ 0,05	D ₁



$$C_{pm} = \begin{cases} 0,5 \text{ finition} \\ 2 \text{ dégrossissage} \end{cases}$$

$$D_3 \text{ } \odot \text{ } 0,05 \text{ } D_1 \text{ l.T.} = \begin{cases} 0,2 \text{ finition} \\ 0,8 \text{ dégrossissage} \end{cases}$$

$$U_7 = 0 \pm 0,25 \quad \text{Cote directe}$$

$$U_8 = 84_{-0,5}$$

$$C_{pm} = \frac{1}{2} B_{8m} + U_{7m} - \frac{1}{2} U_{8M} = 2$$

$$B_{8m} = 4 - 2U_{7m} + U_{8M} = 4 - 2(-0,25) + 84 = 88,5$$

Mais assuré par le bout B4...

Axe tour
Axe D3

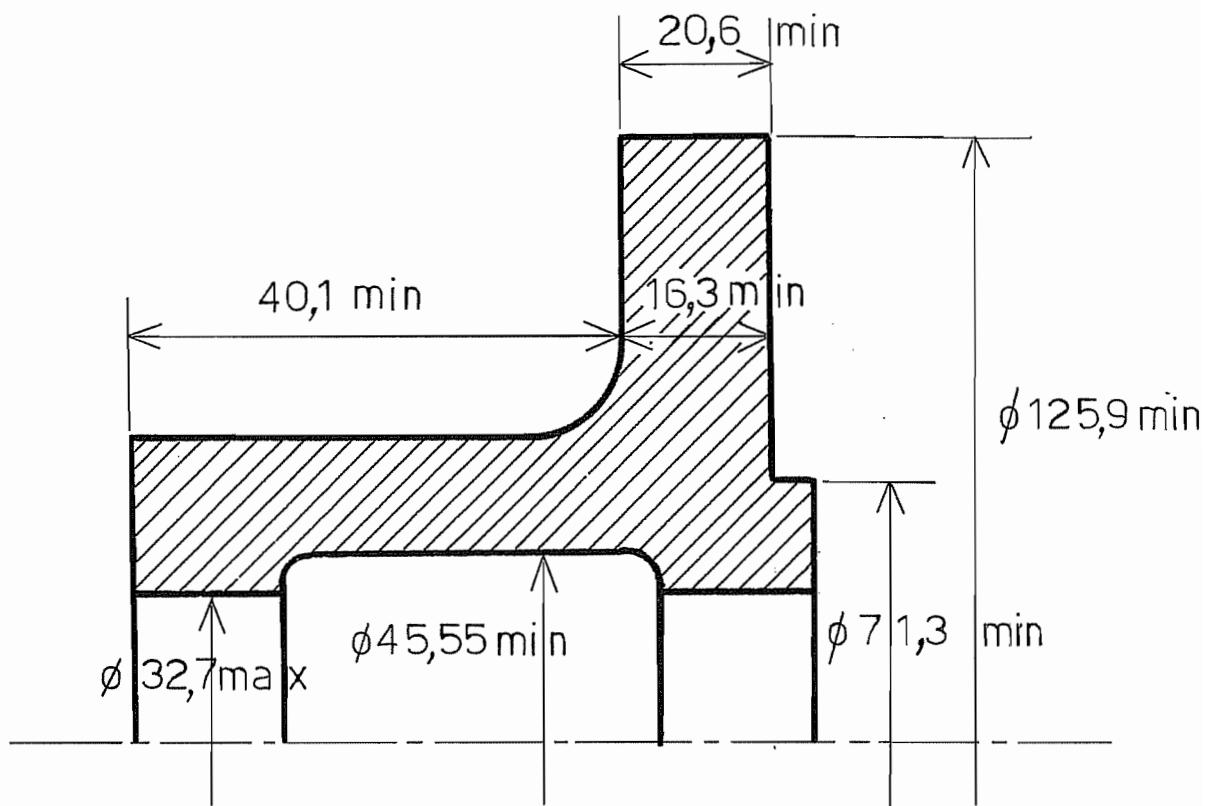


Fig. 51

Chapitre 4

Contraintes résiduelles

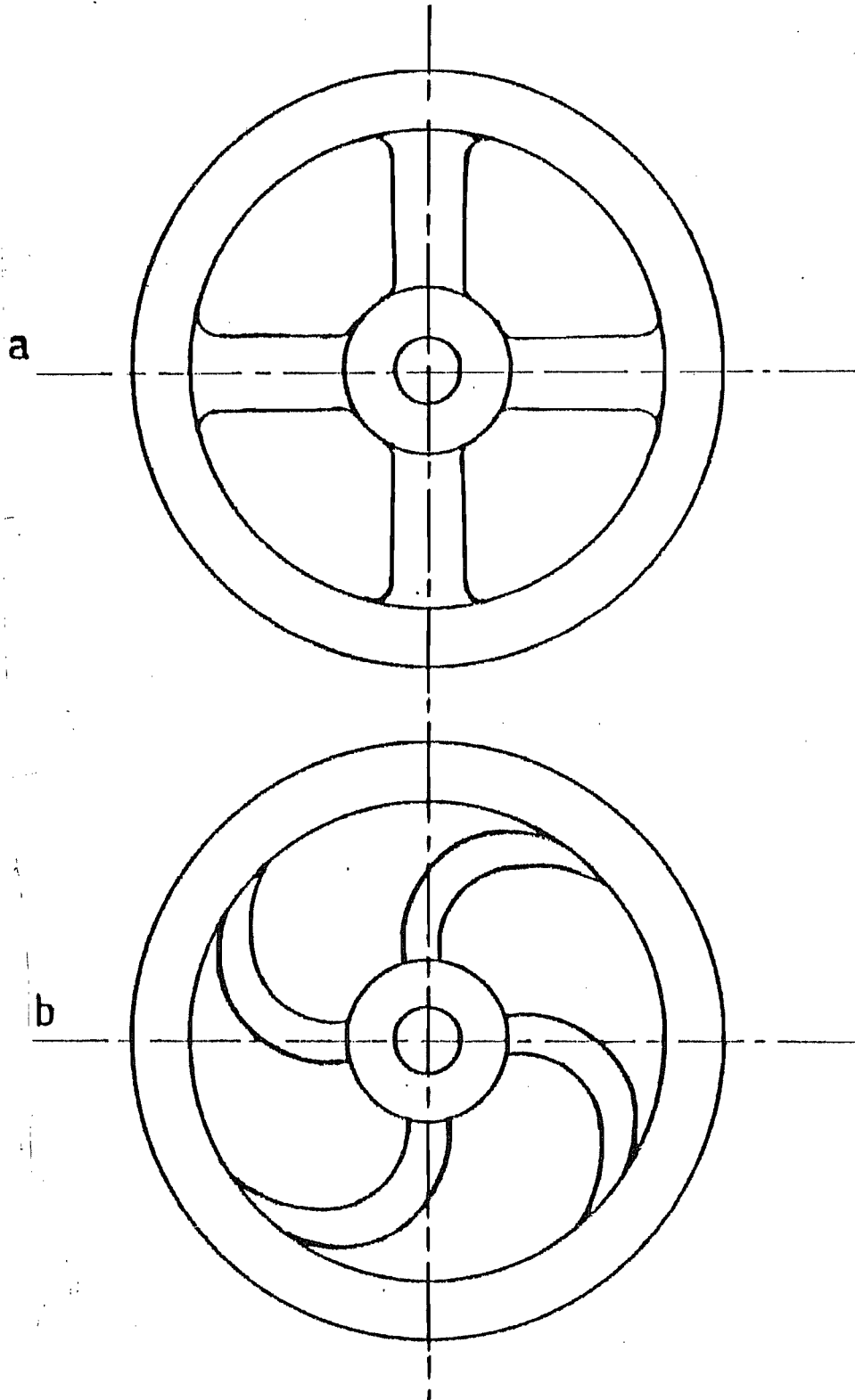


Fig. 1

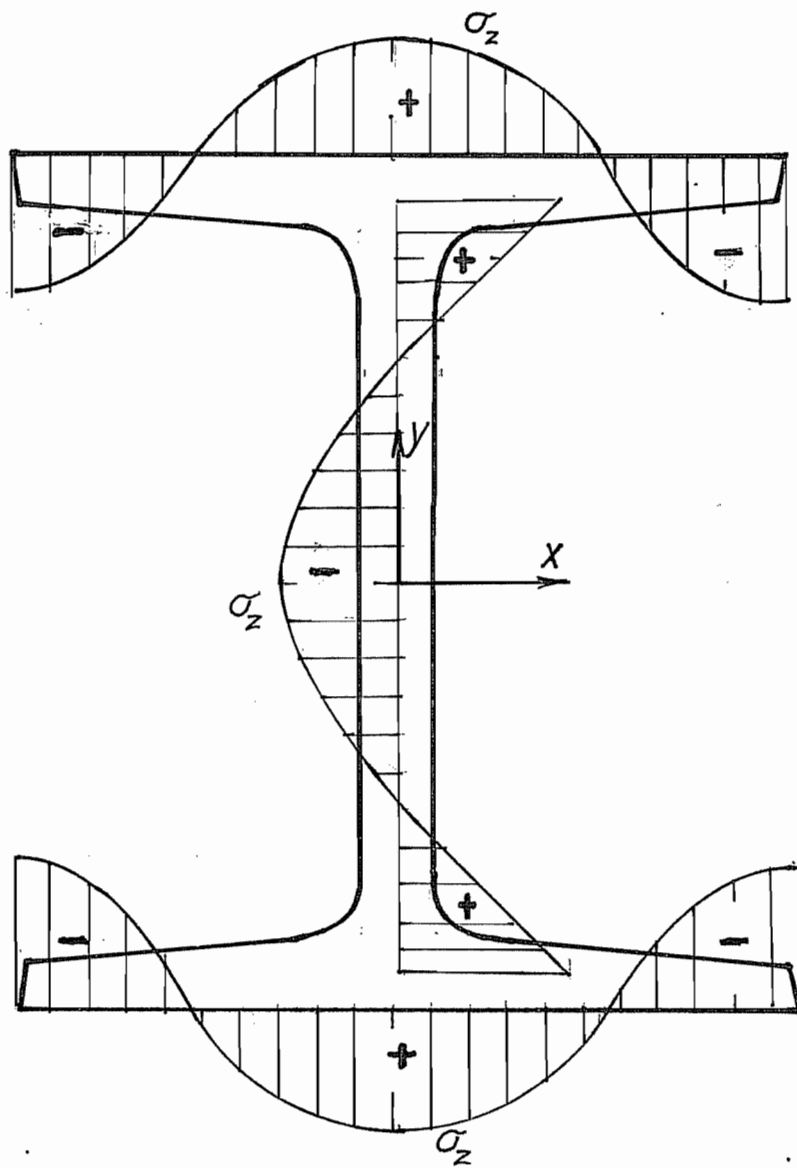


Fig. 2

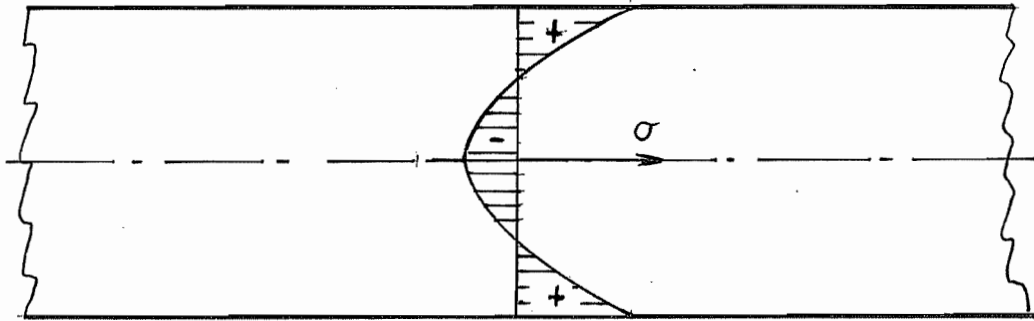


Fig. 3

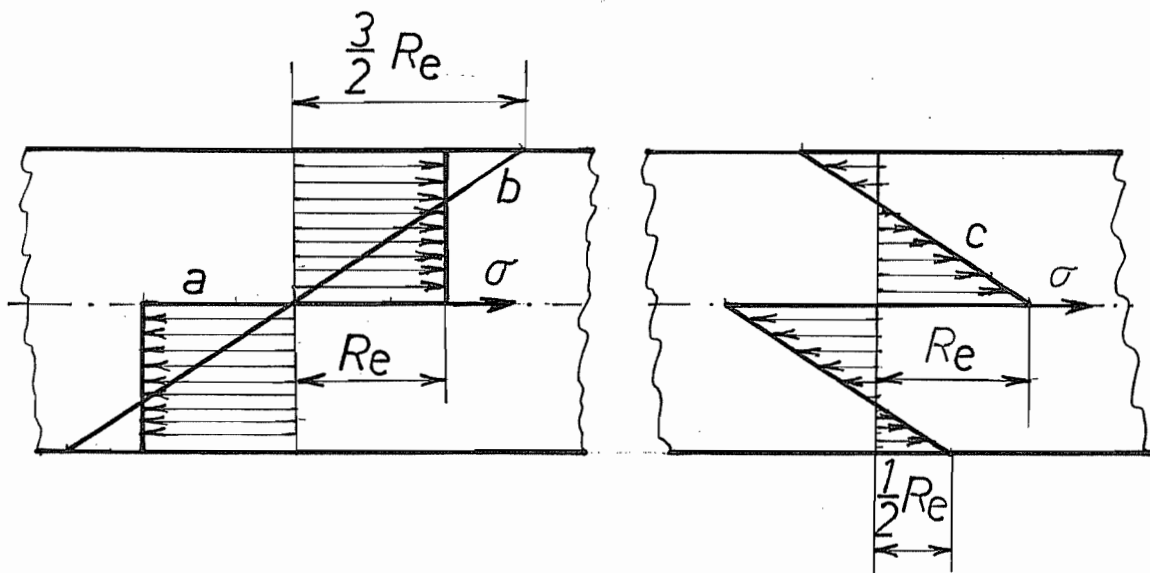


Fig. 4

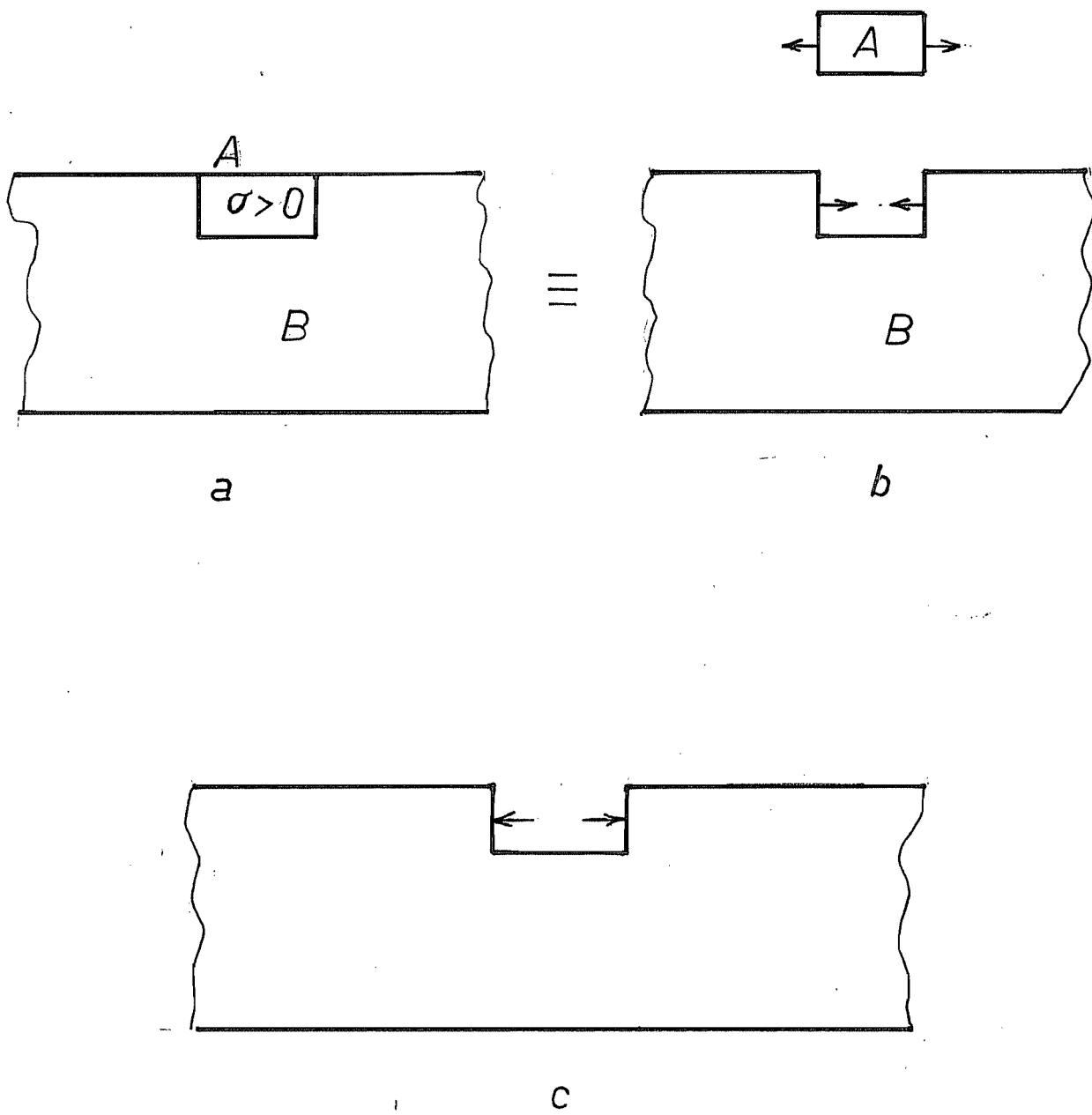


Fig. 5

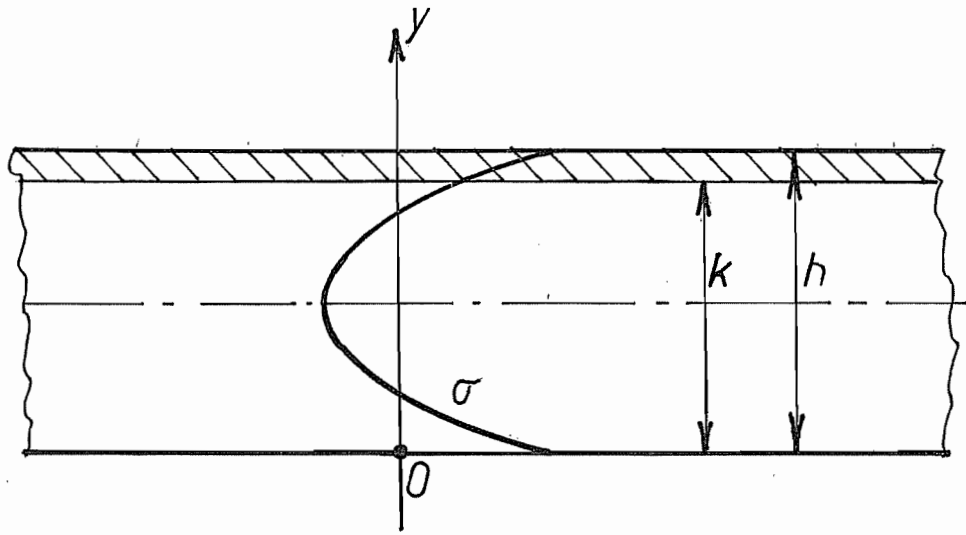


Fig. 6

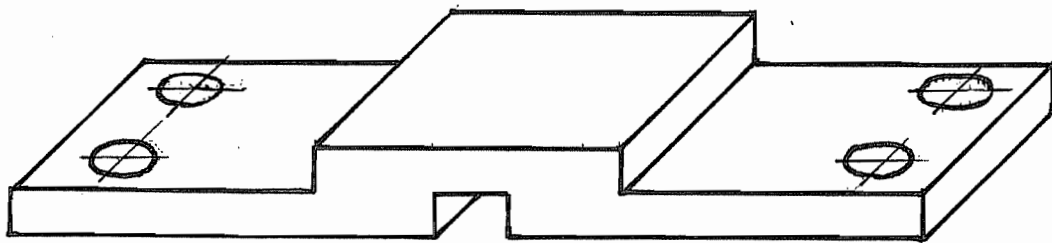


Fig. 7

Chapitre 5

Ablocage des pièces

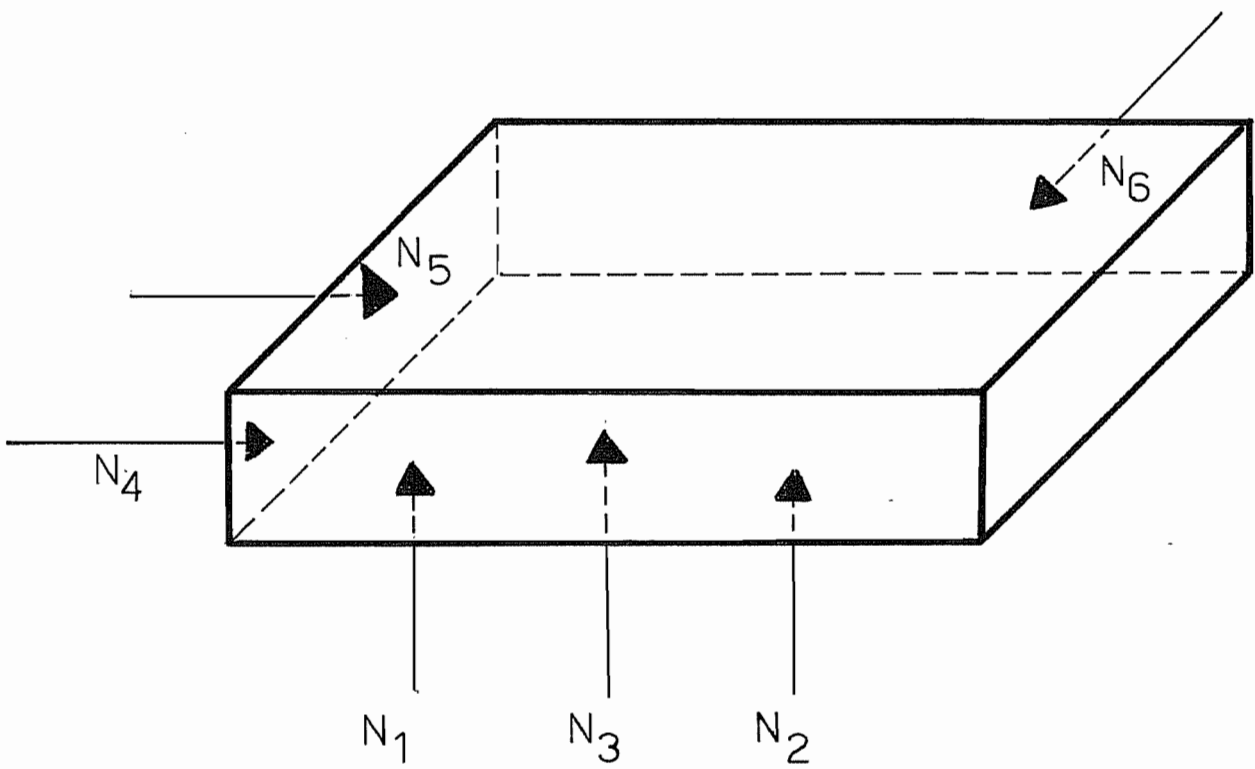


Fig 1

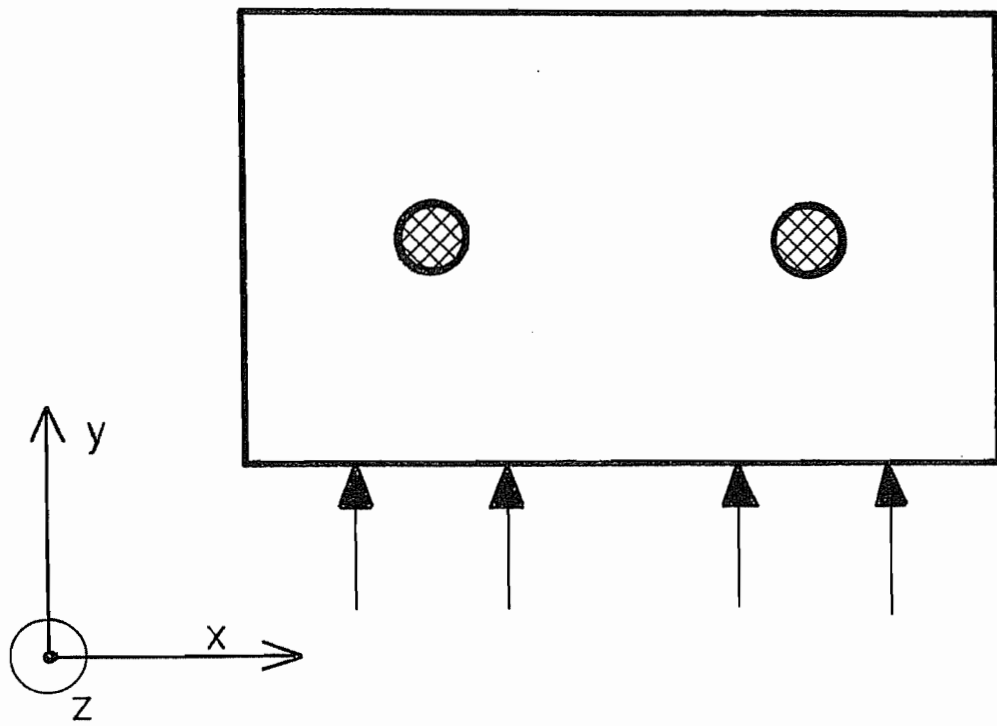


Fig 2

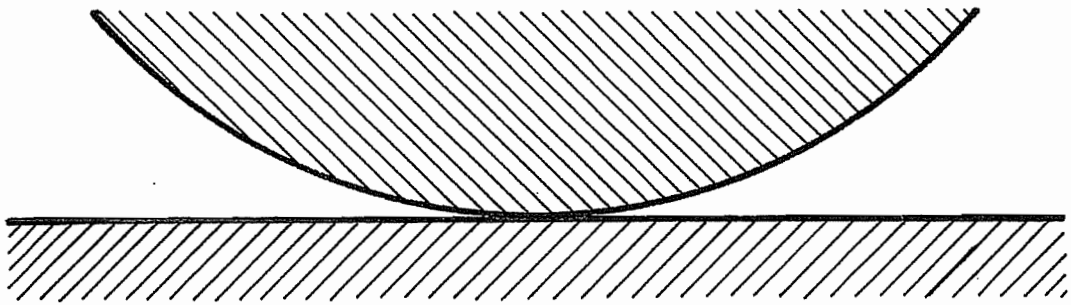
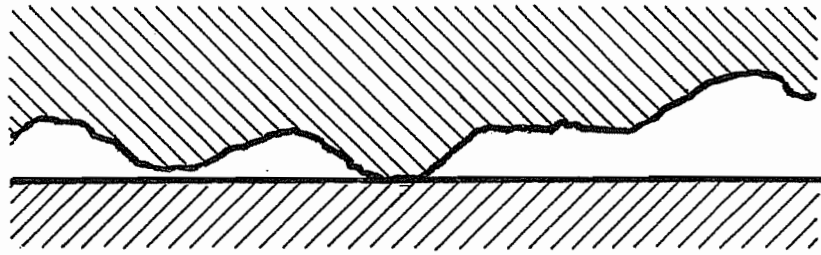


Fig 3

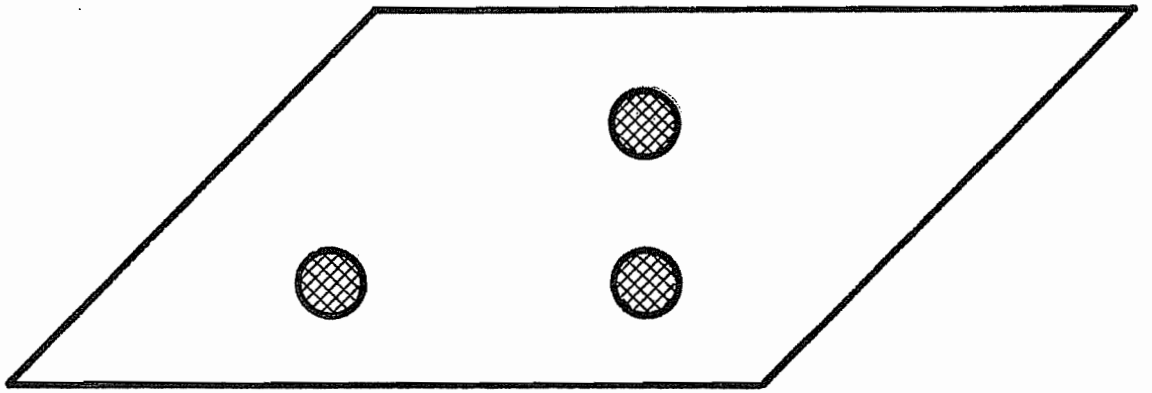


Fig 4

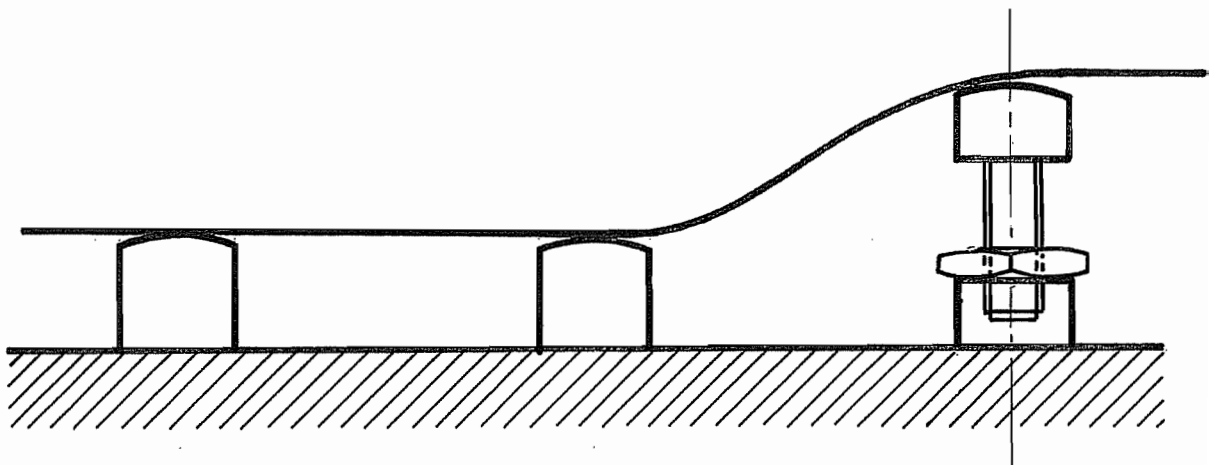


Fig 5

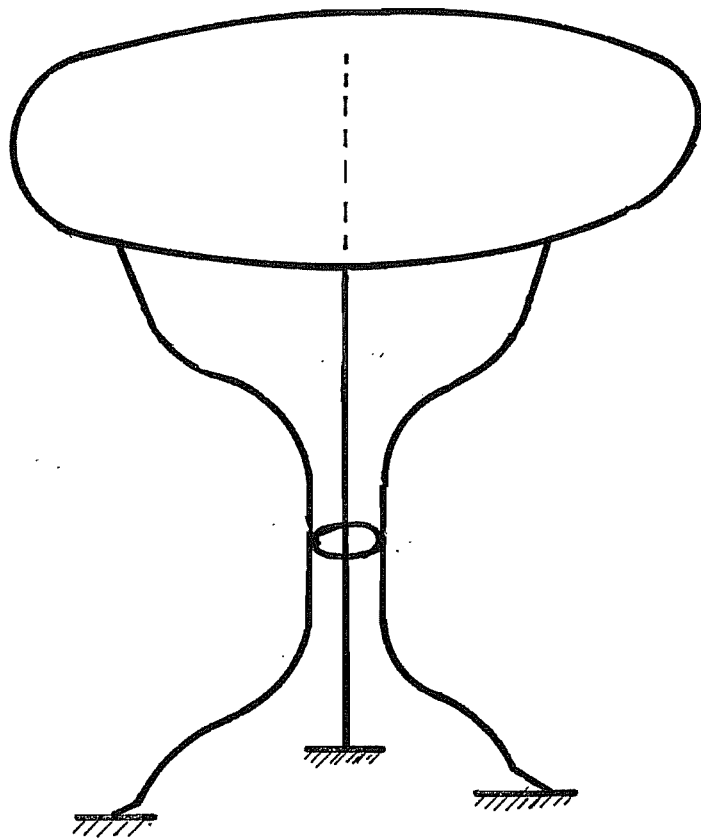


Fig 6

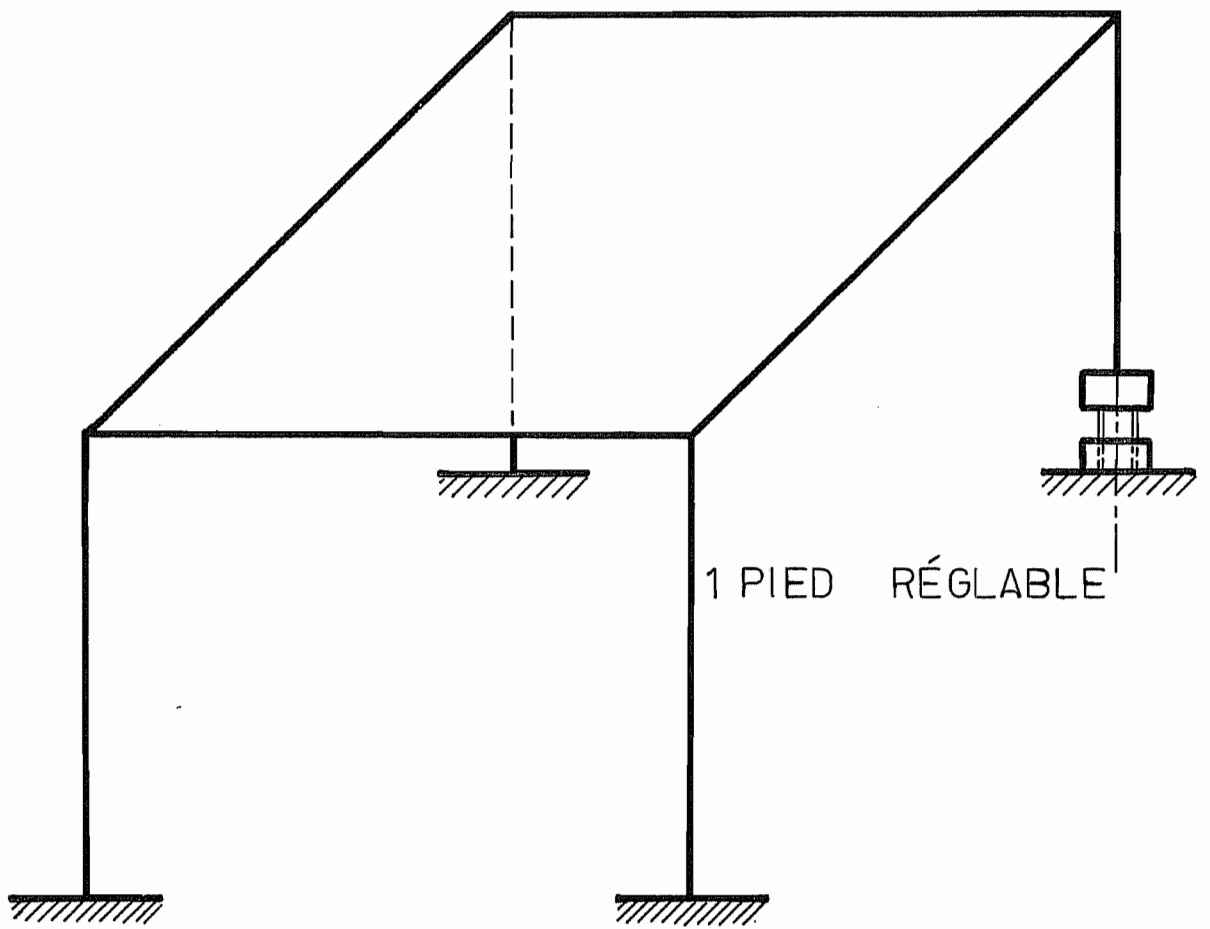


Fig 7

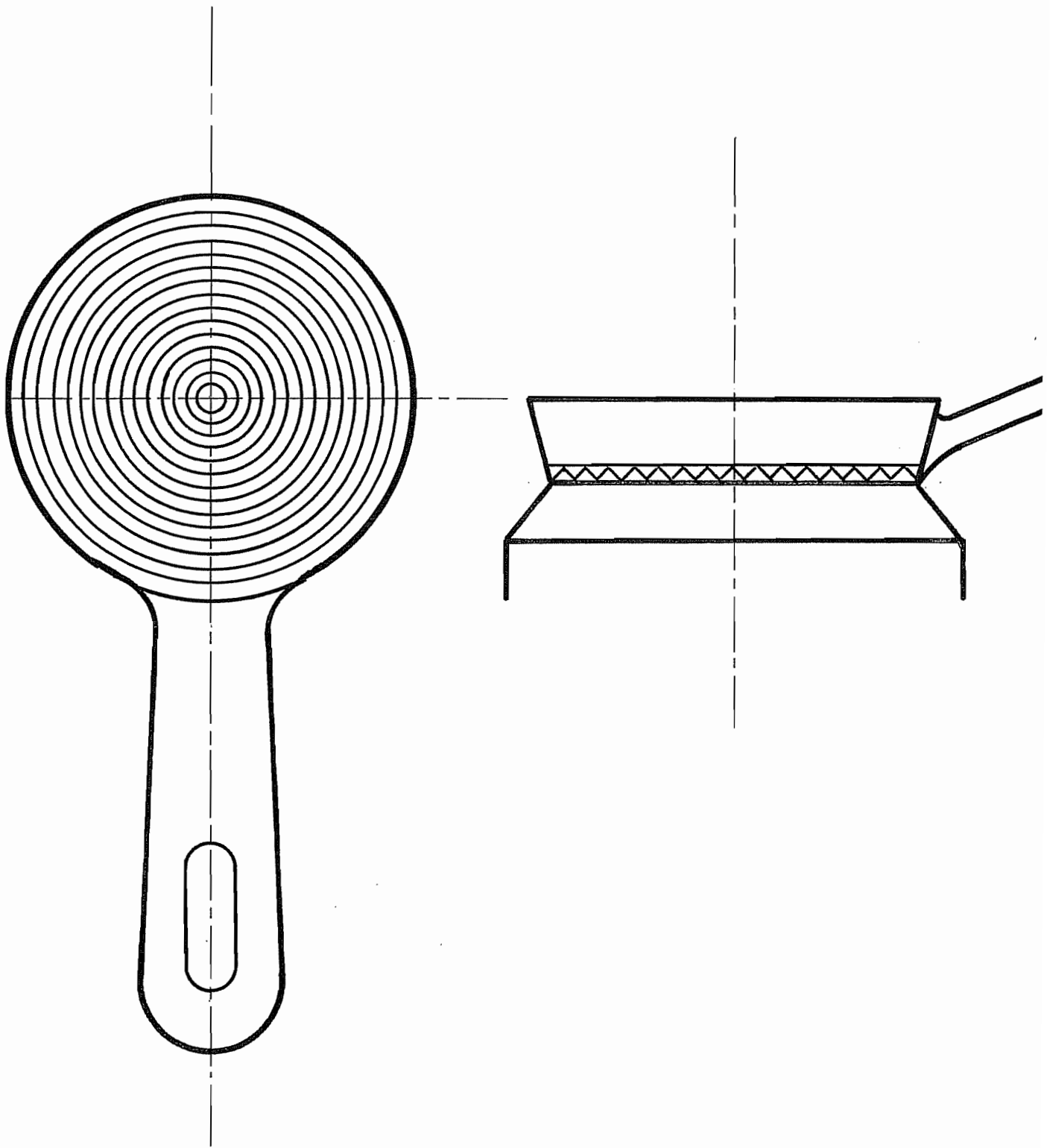


Fig 8

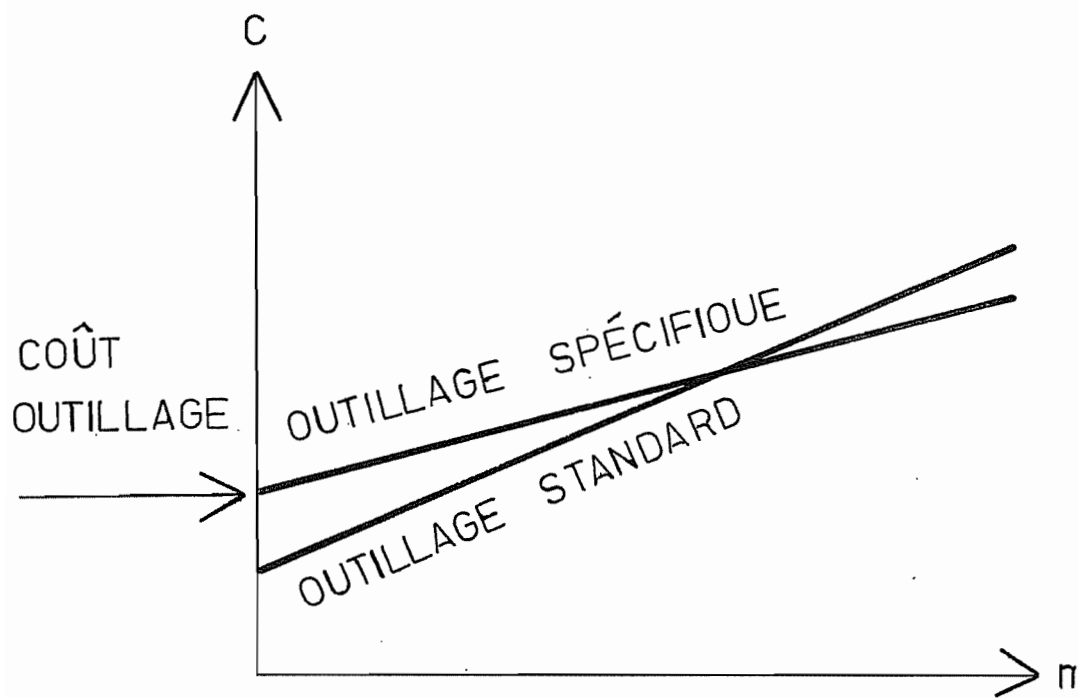


Fig 9

BORNES

BORNES FIXE - BORNE DÉMONTABLE - BORNE RÉGLABLE

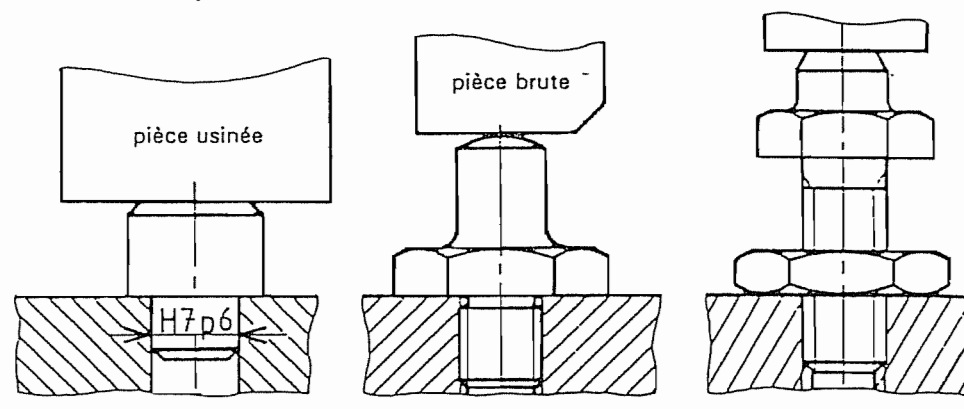
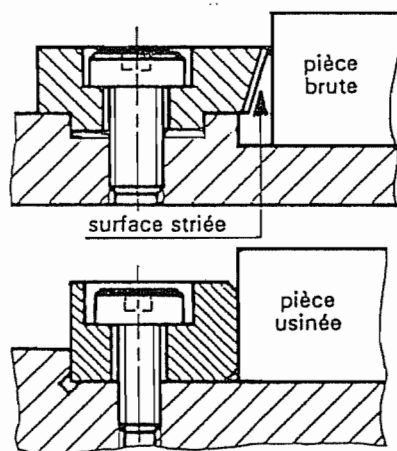


Fig 10

BUTÉES

BUTÉES FIXES



BUTÉE PALONNÉE

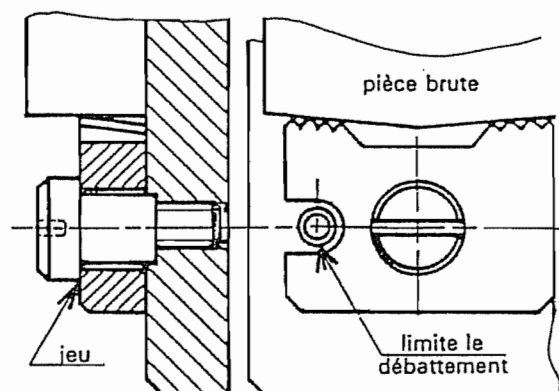


Fig 11

CENTREURS

CENTREURS FIXES

CENTREURS DÉMONTABLE

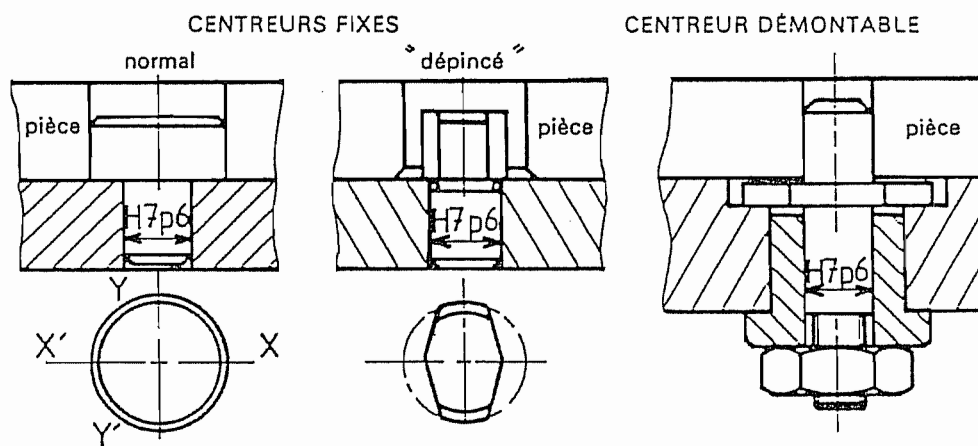


Fig 12

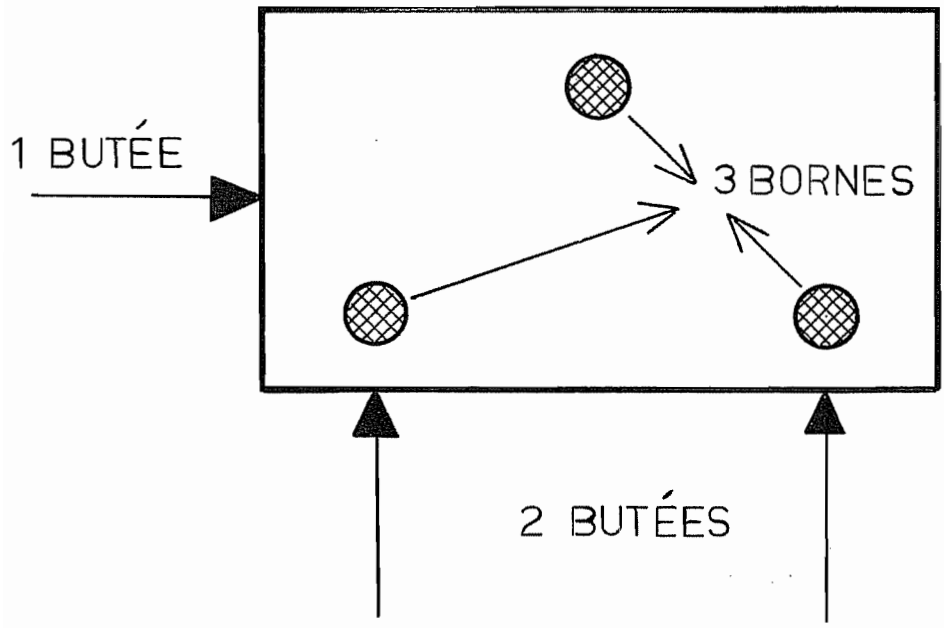
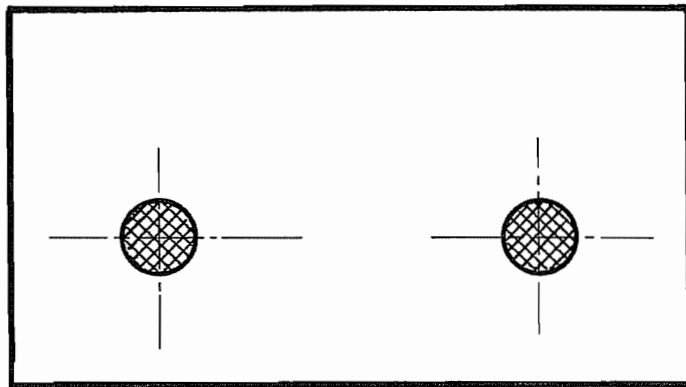


Fig 12 bis



HYPERSTATIQUE

Fig 13

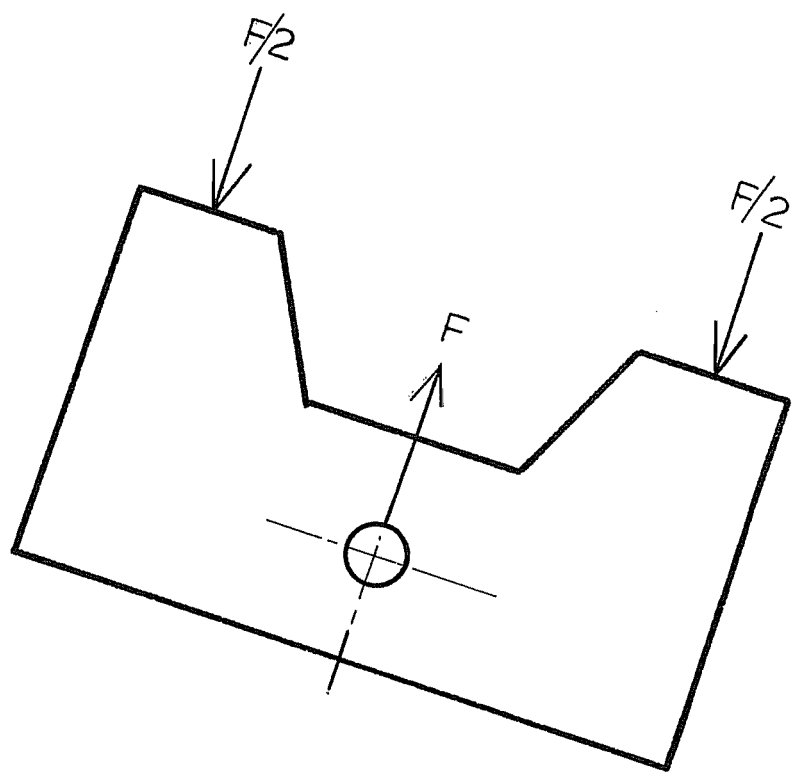
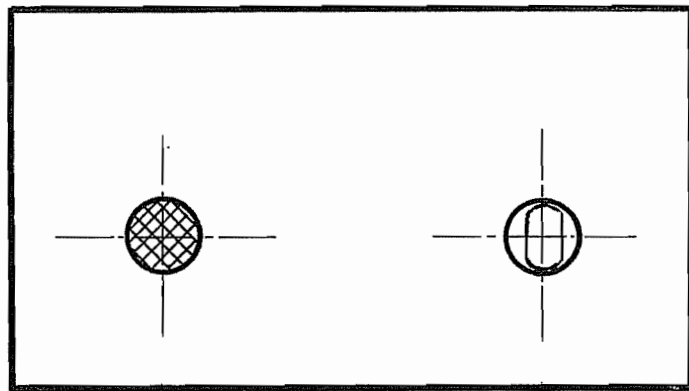


Fig 13 bis



BUTÉE DÉPINCÉE

Fig 14

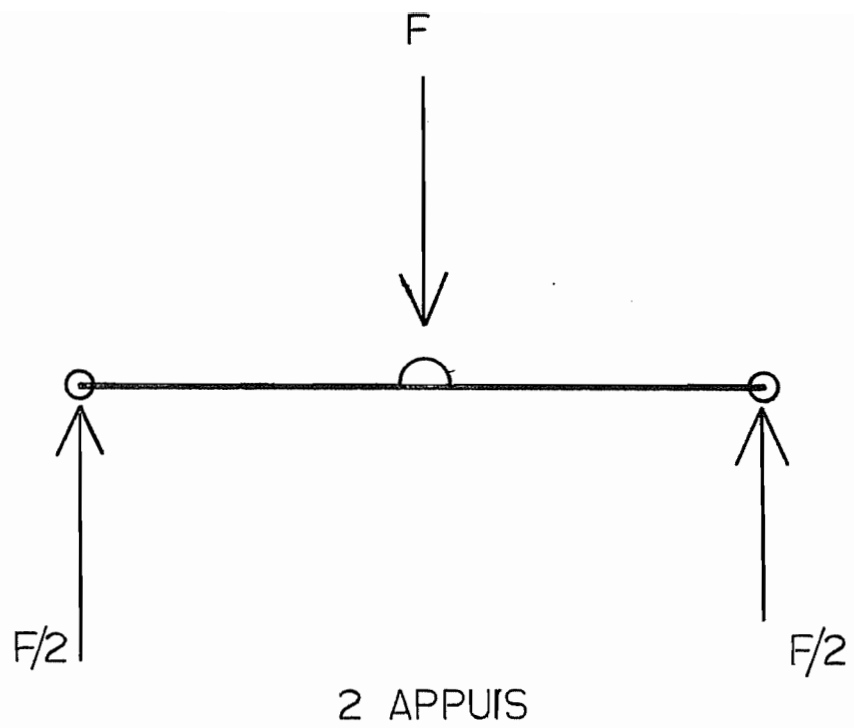


Fig 15

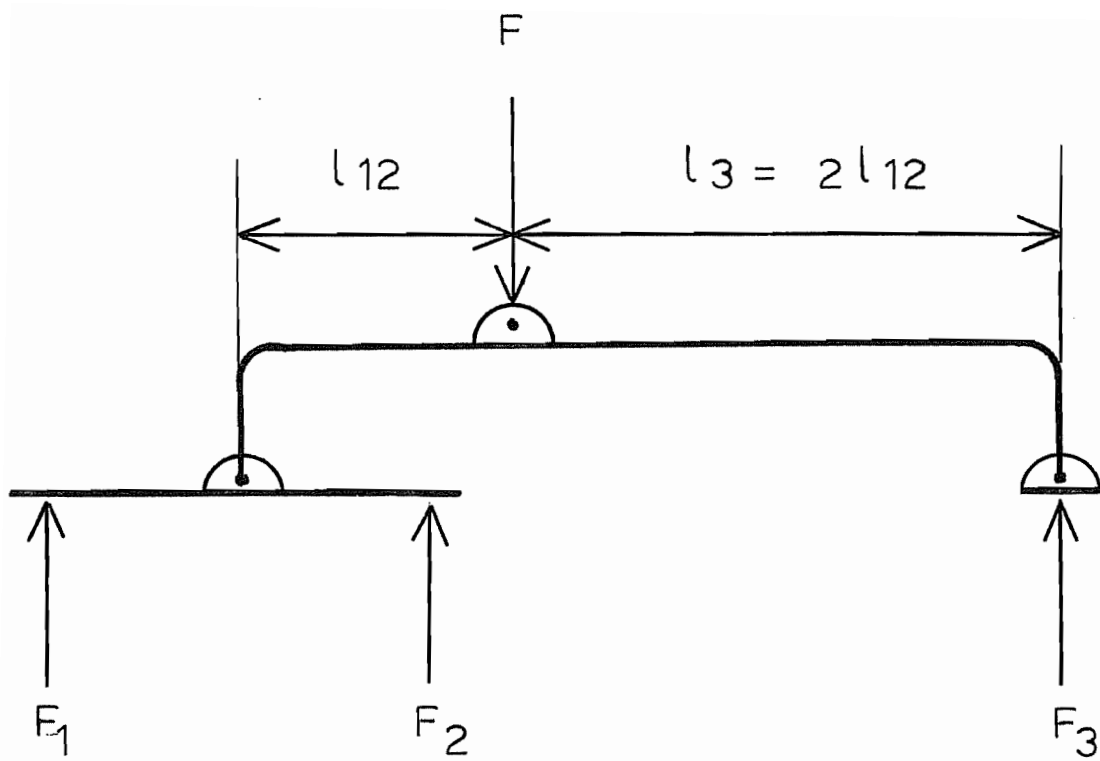


Fig 16

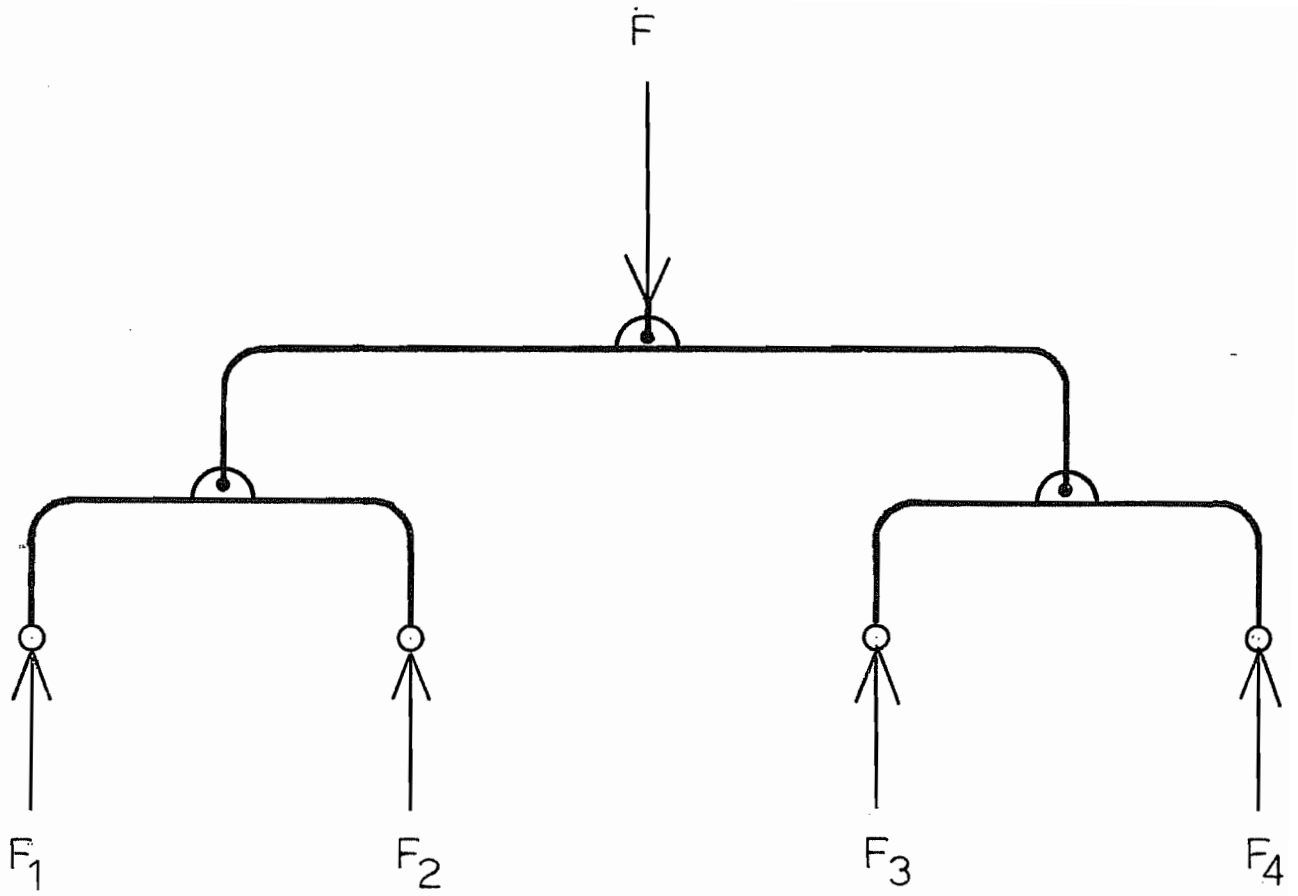


Fig 17

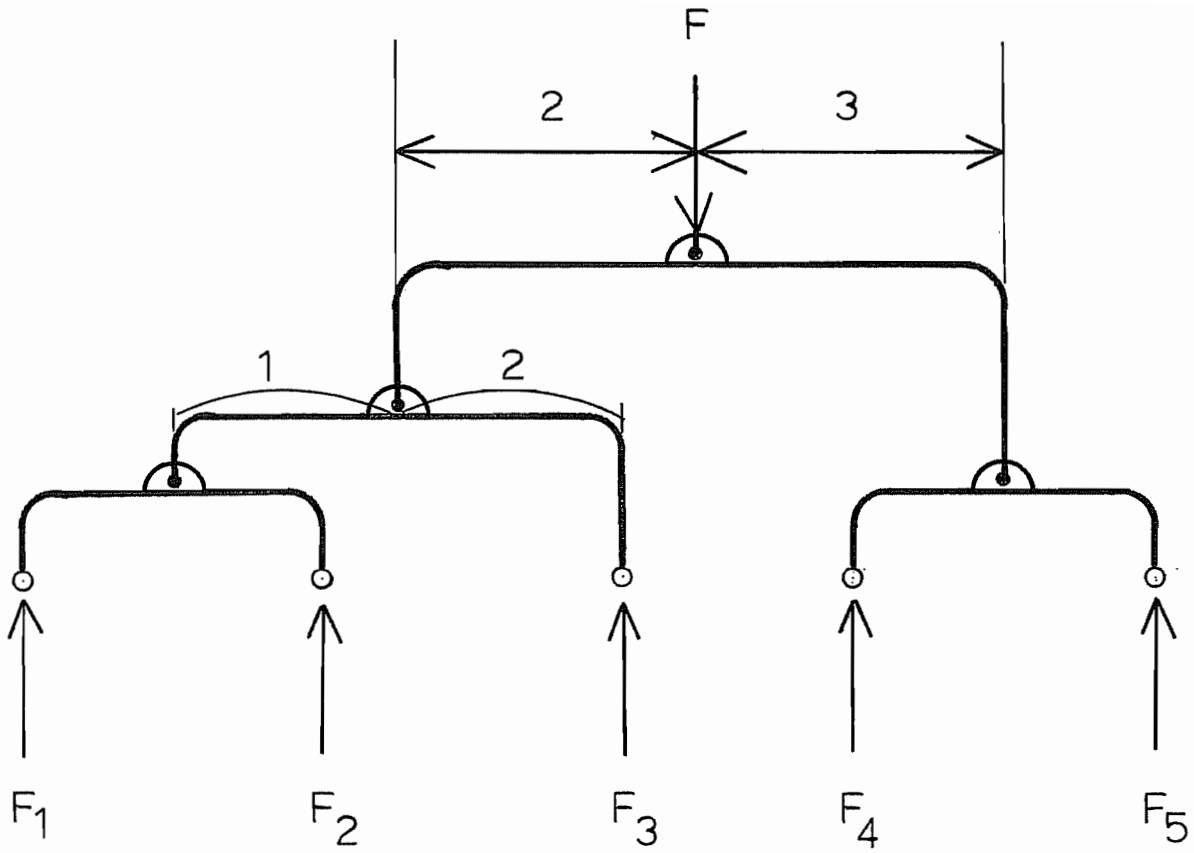


Fig 18

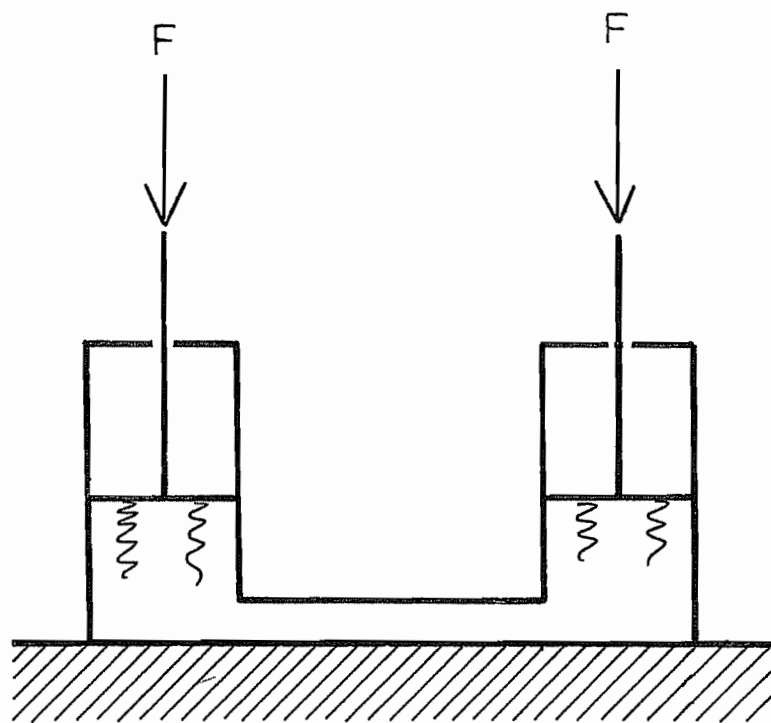


Fig 19

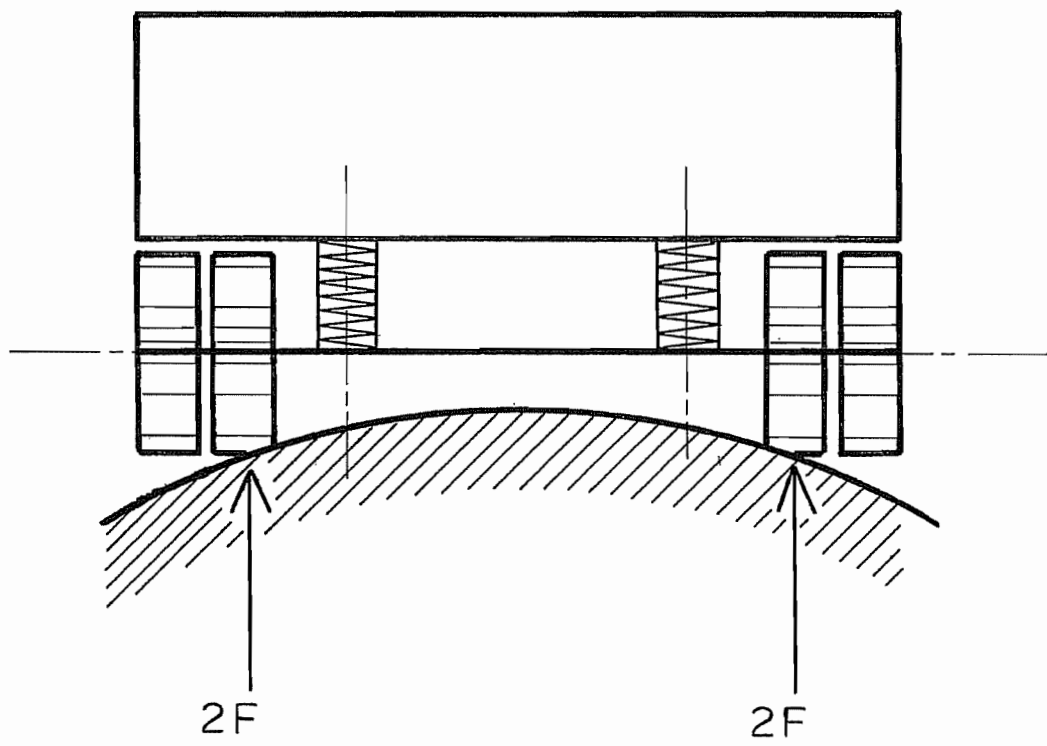


Fig 20

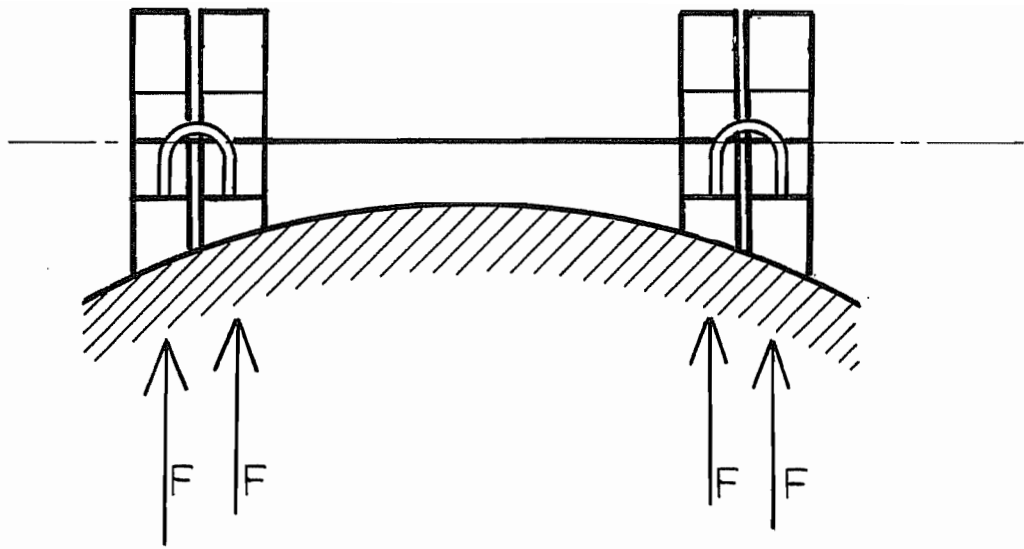


Fig 21

PALONNIER

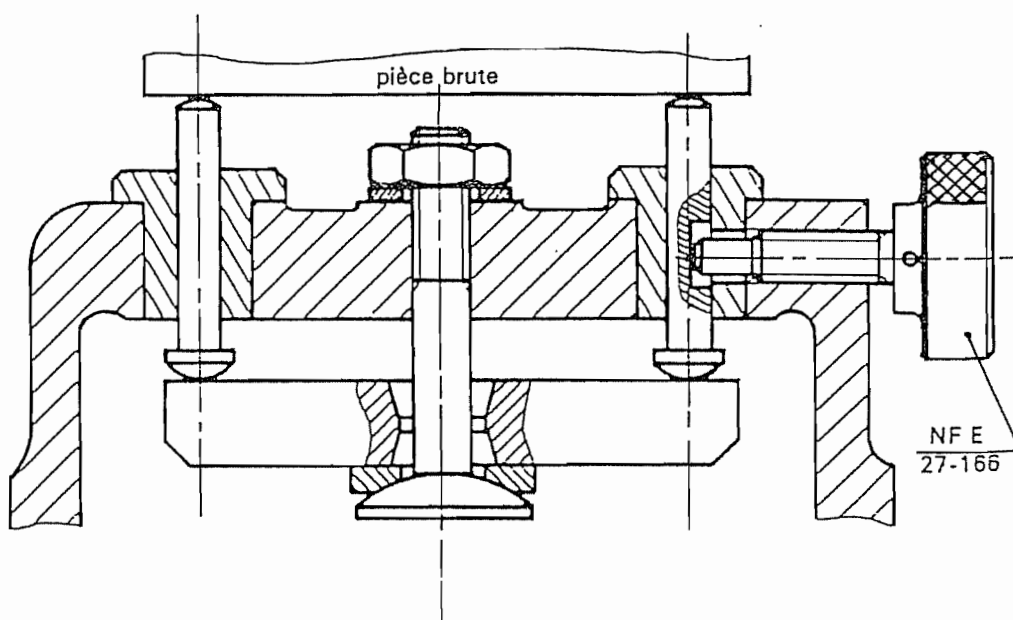
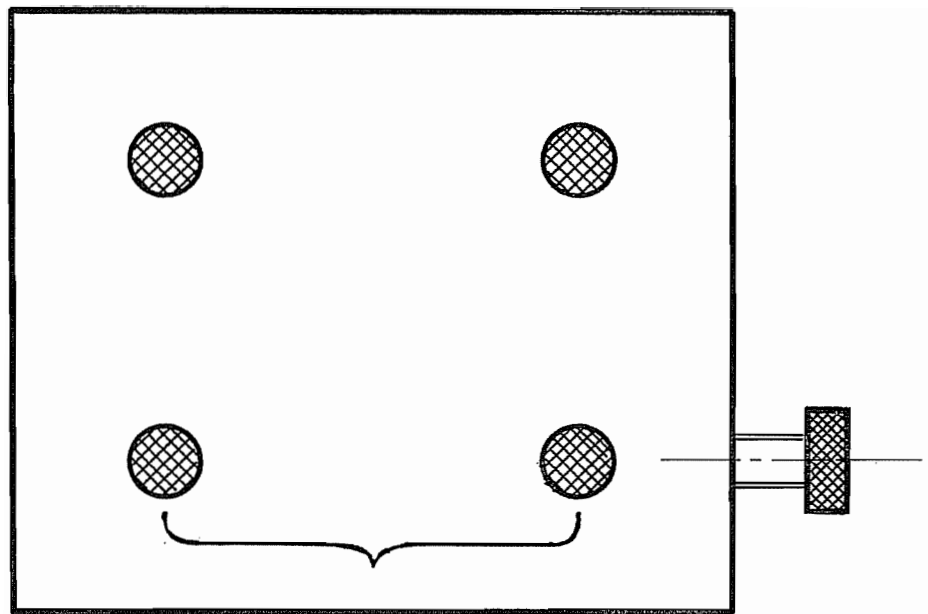


Fig 22



PALONNÉ PUIS FIXÉ

Fig 23

APPUI SENSITIF

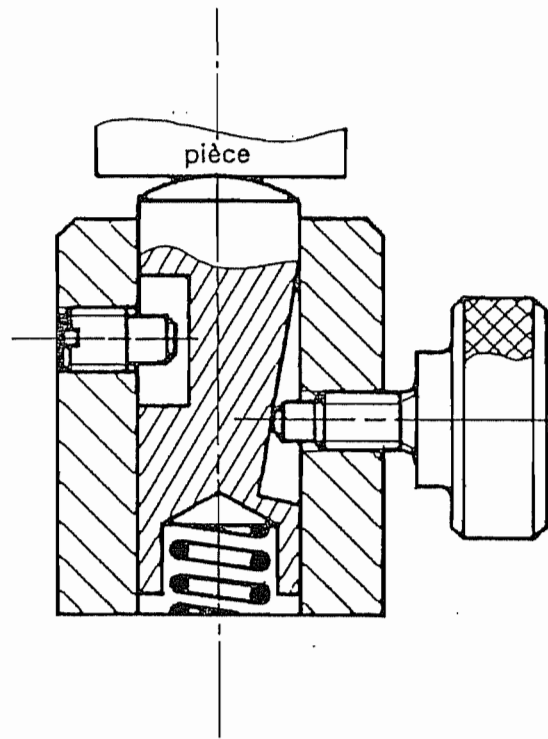
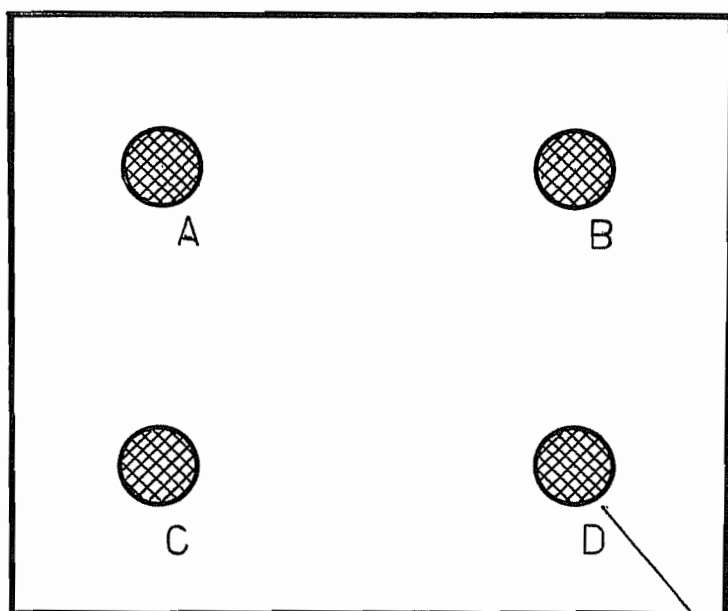


Fig 24



SENSITIF

Fig 25

DÉTROMPEUR

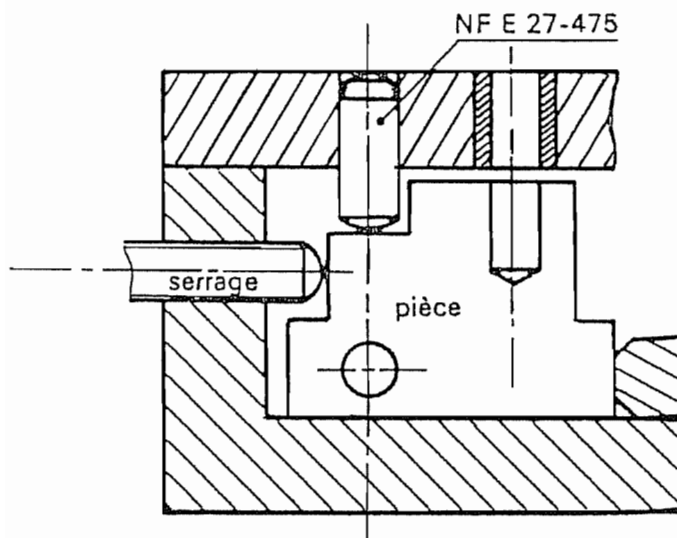
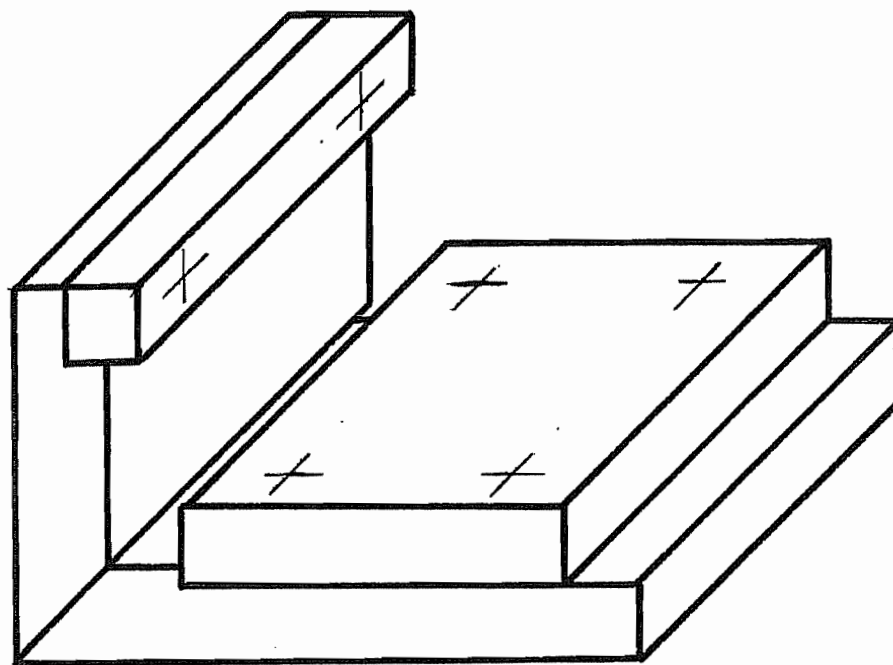
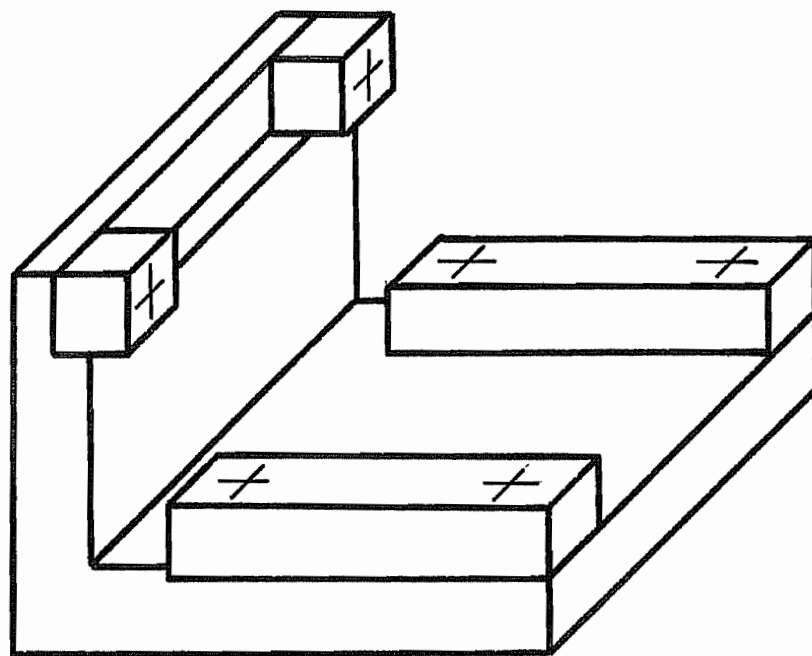


Fig 26



APPUI PLAN-TRAIT POUR SURFACES USINÉES

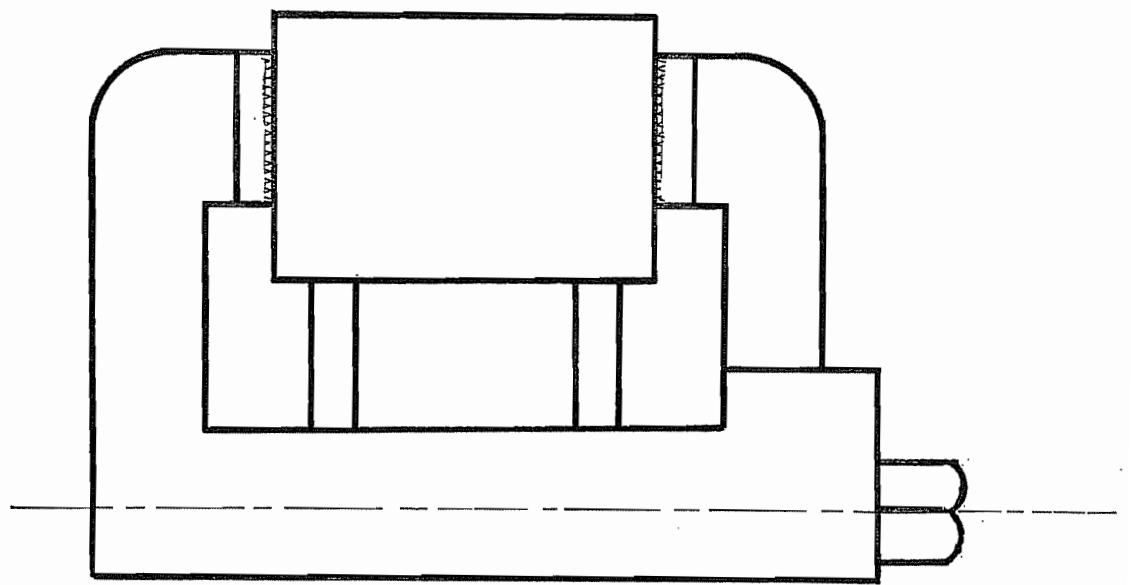
Fig 27



IDEM, AVEC RÉGLETTES

MOINS HYPERSTATIQUE

Fig 28



PRISE EN ÉTAU SUR DEUX RÉGLETTES

RECTIFIÉES

Fig 29

MONTAGE ENTRE POINTES

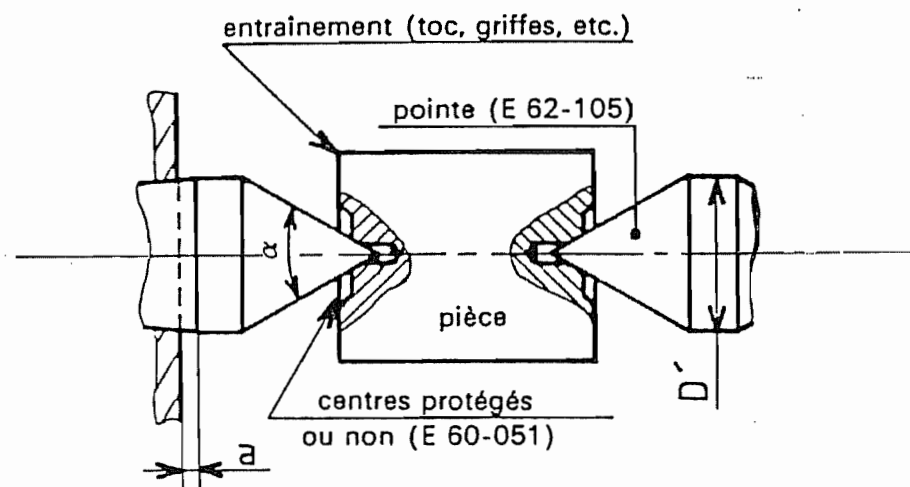


Fig 30

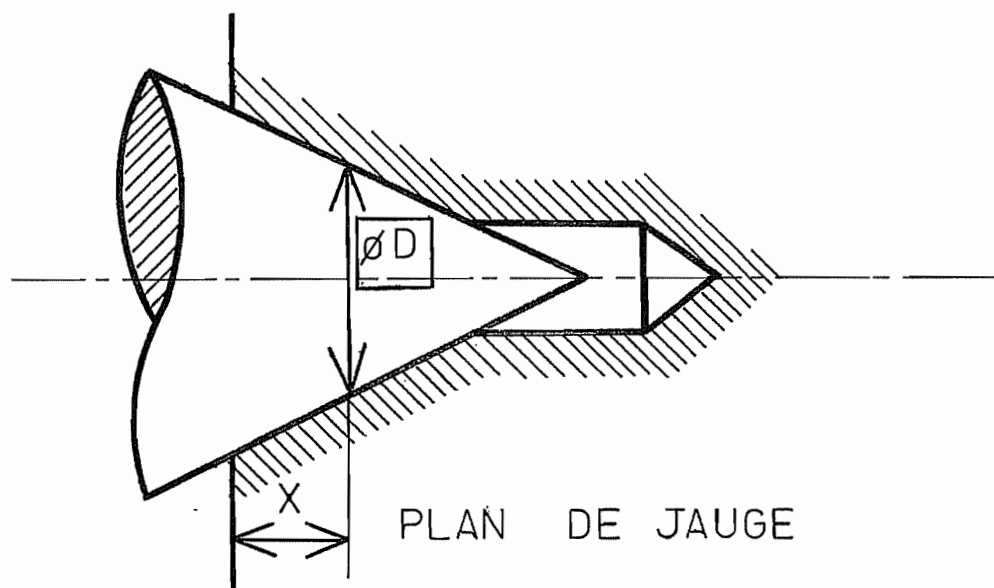


Fig 31

POINTE À RESSORT

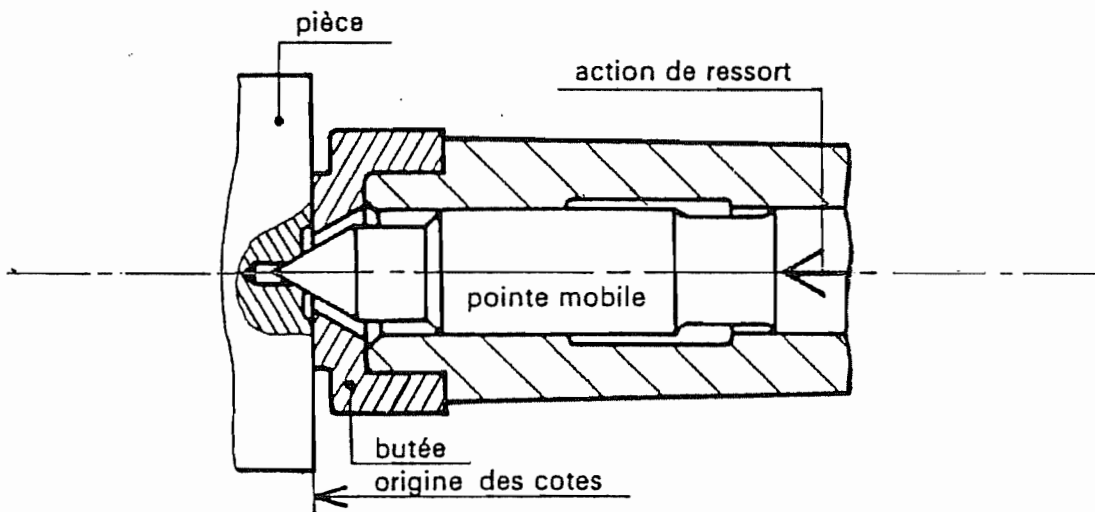


Fig 32

EFFET DU FAUX-ROND DE LA POINTE TOURNANTE

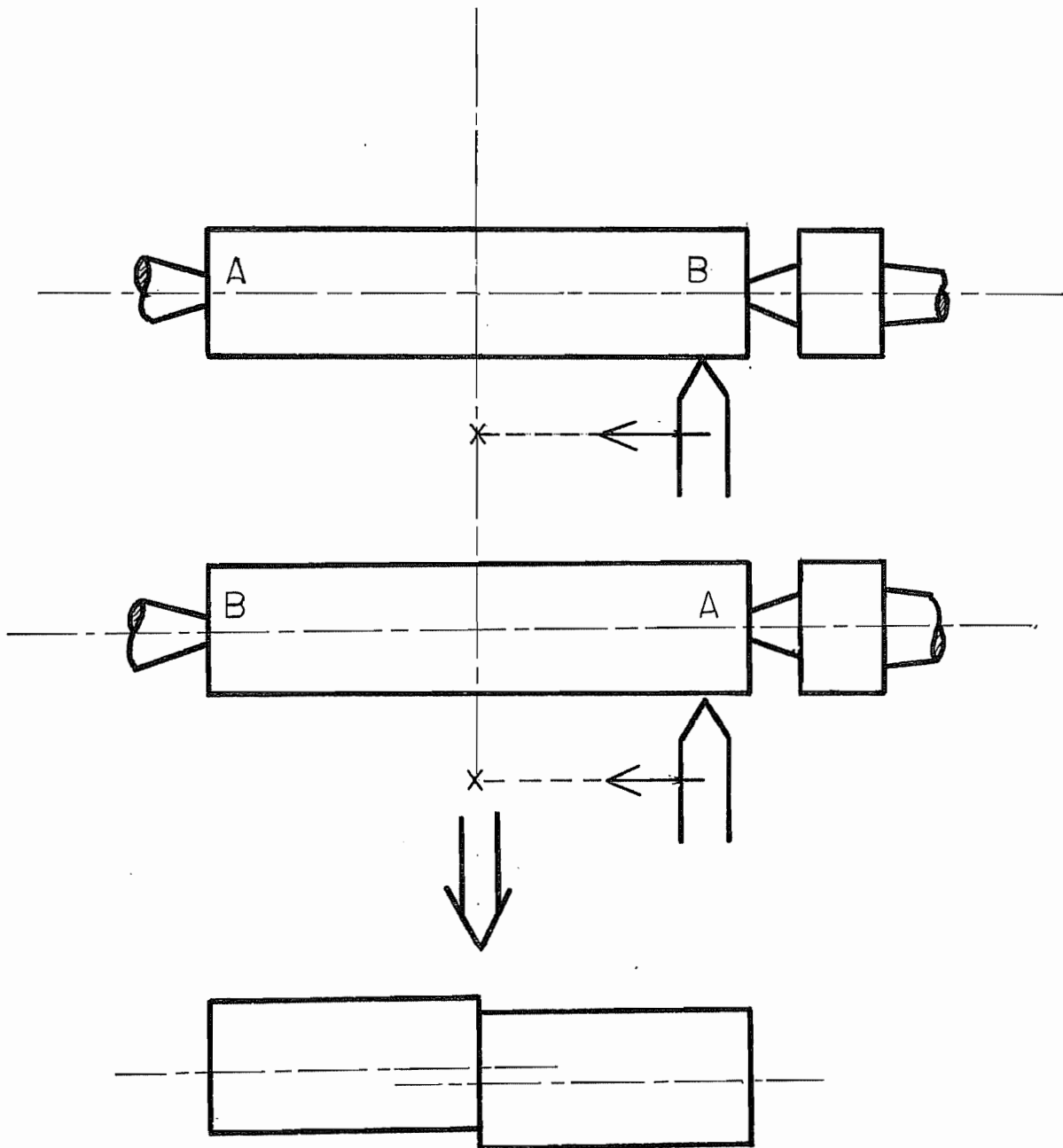


Fig 33

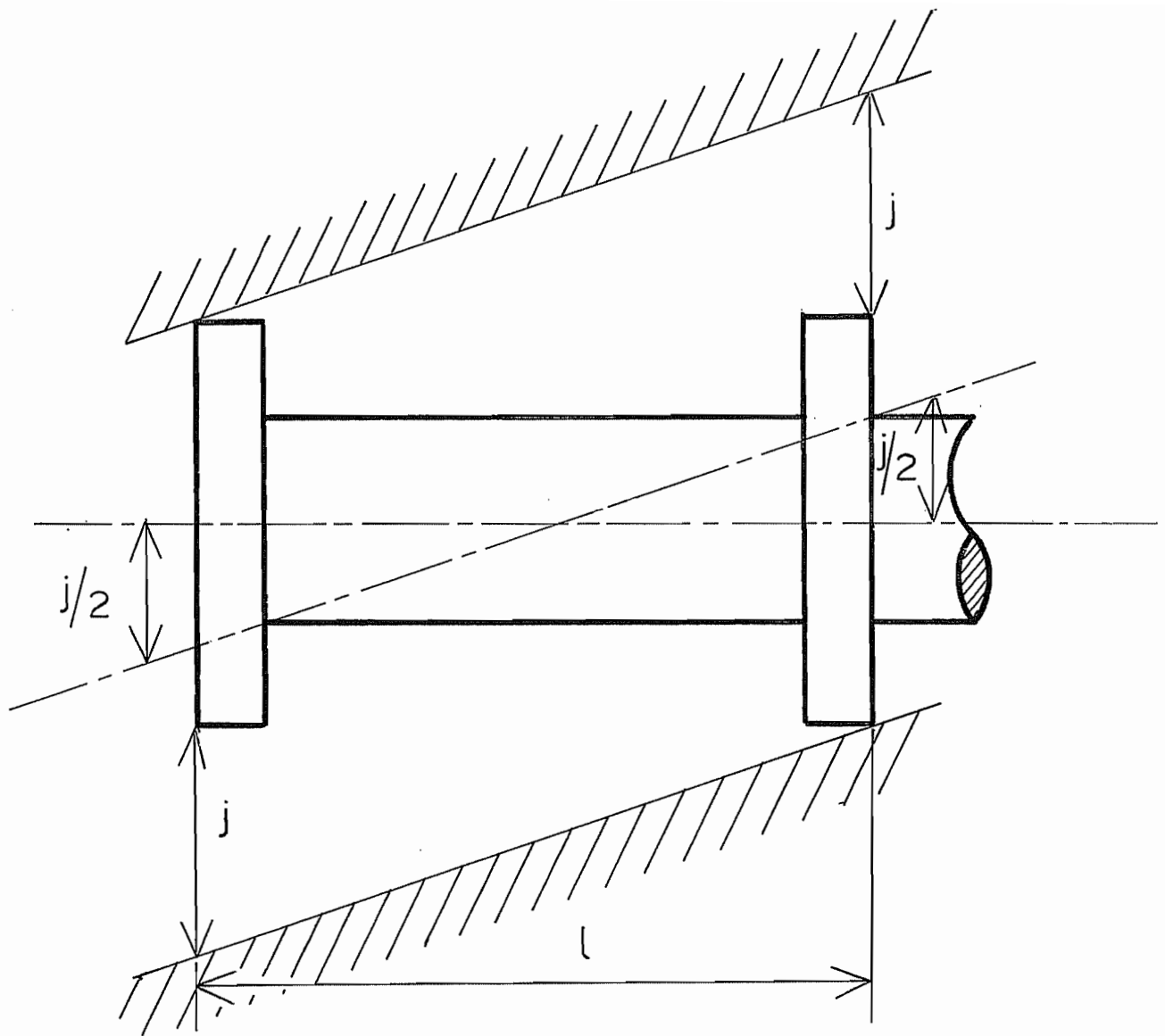


Fig 34

CENTRAGE LONG

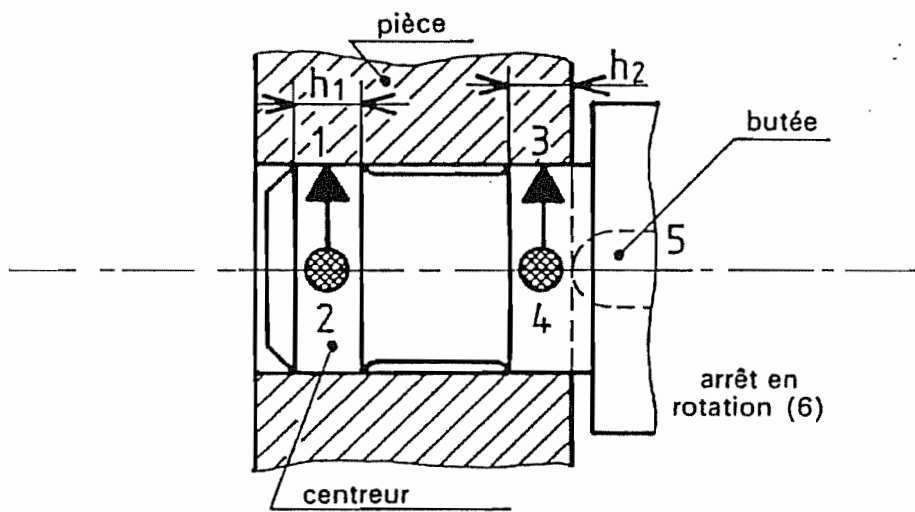


Fig 35

CENTRAGE COURT

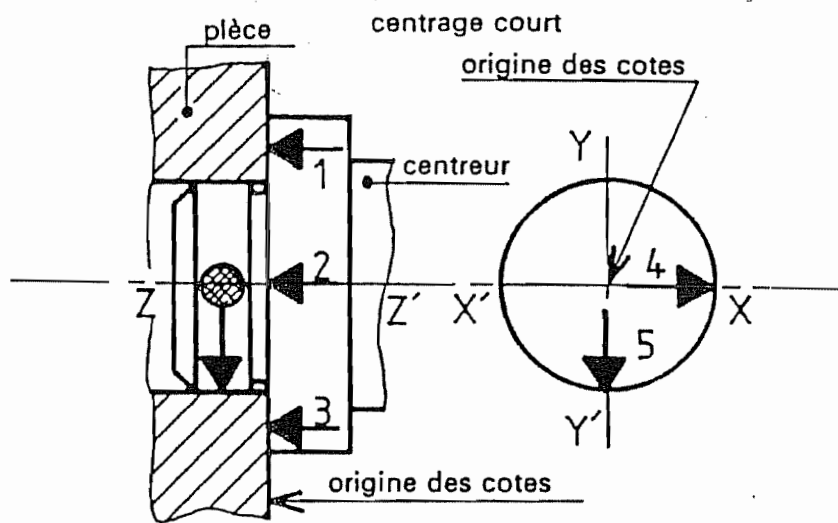


Fig 36

MANDRIN À SERRAGE CONCENTRIQUE

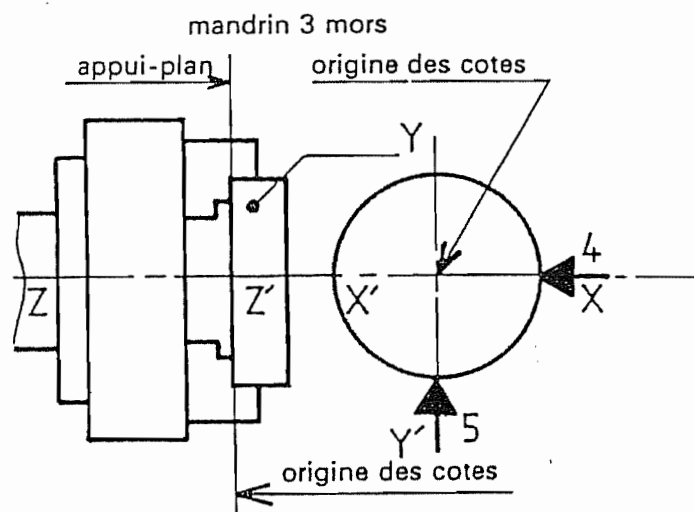
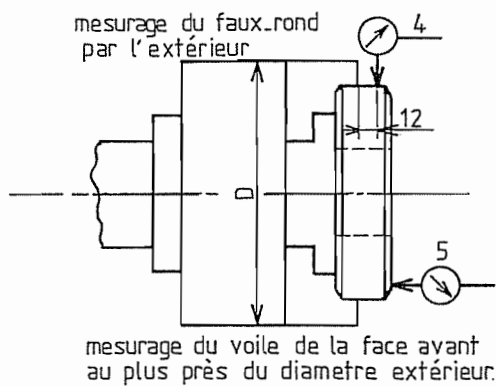


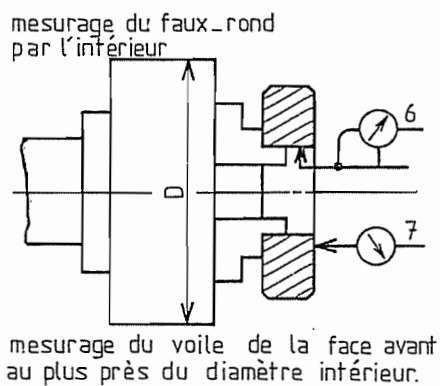
Fig 37

PRÉCISION DE LA PRISE EN MANDRIN

NF E 62-100 / 101 / 102 / 109



Opérations	Diamètre du mandrin D	1 Écart toléré
4	$D \leq 315$	0,075
	$315 < D \leq 630$	0,10
	$630 < D \leq 1000$	0,125
5	$D \leq 200$	0,04
	$200 < D \leq 400$	0,07
	$400 < D \leq 630$	0,10
	$630 < D \leq 1000$	0,125



Opérations	Diamètre du mandrin D	2 Écart toléré
6	$D \leq 315$	0,075
	$315 < D \leq 630$	0,10
	$630 < D \leq 1000$	0,125
7	$D \leq 200$	0,03
	$200 < D \leq 400$	0,04
	$400 < D \leq 630$	0,05
	$630 < D \leq 1000$	0,06

Fig 38

USINAGE DE MORS DOUX

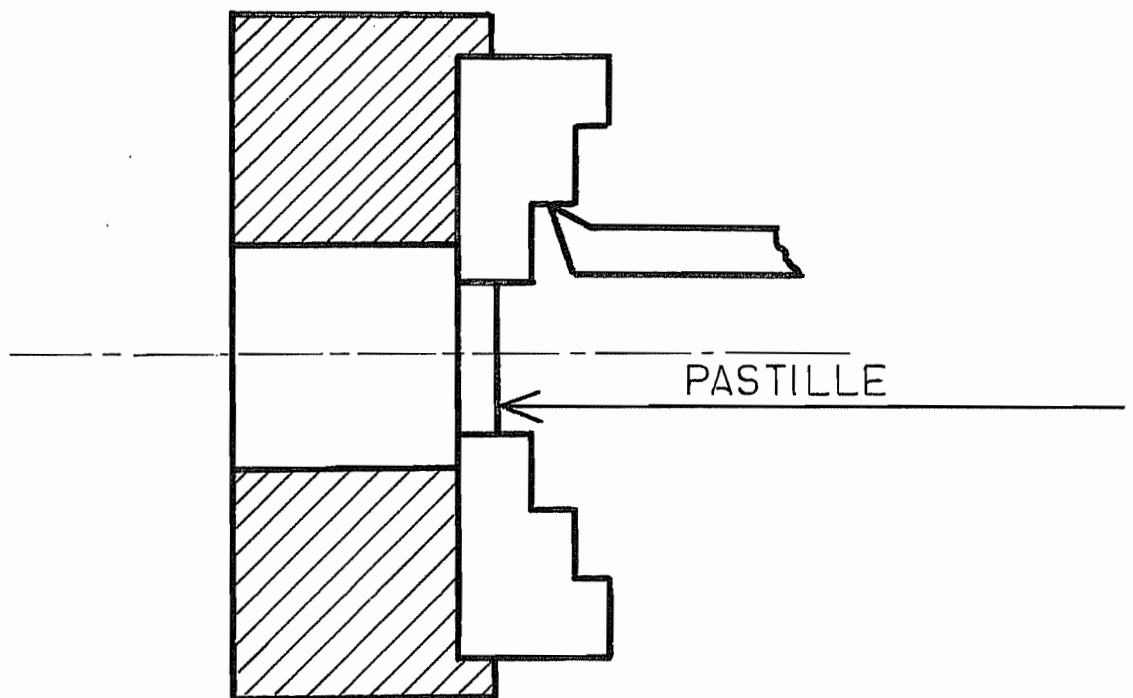


Fig 39

① NEUTRALISATION DES EFFORTS

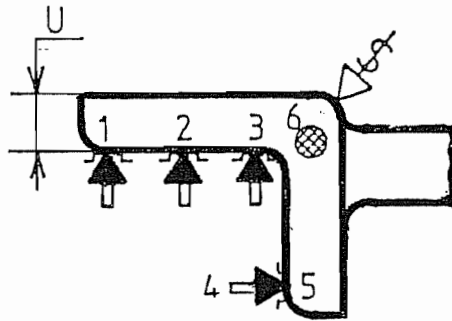


Fig 40

② CONTNUITÉ DE LA MATIÈRE

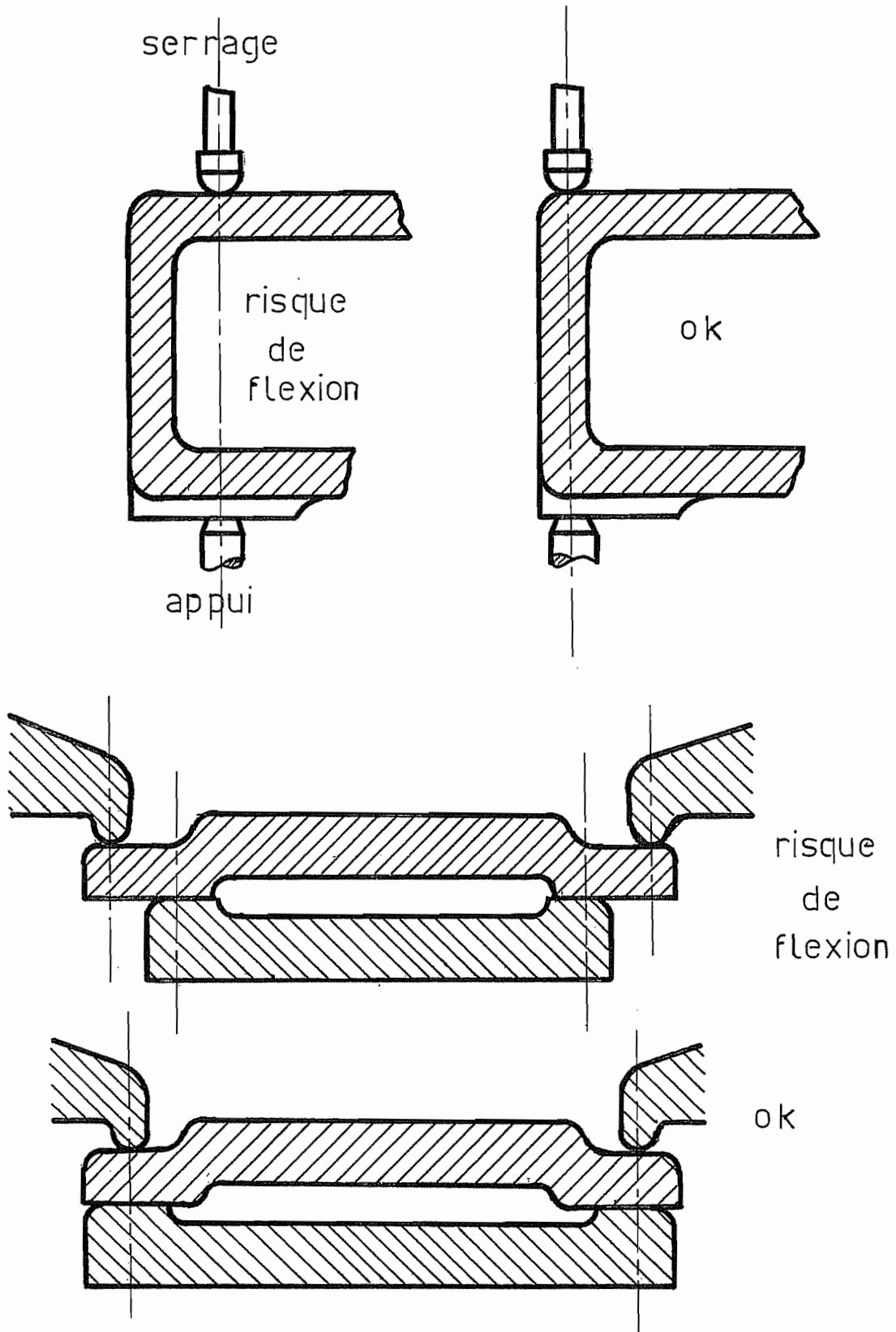


Fig 41

③ SIMPLIFIER ET RÉDUIRE LES PONTS DE SERRAGE

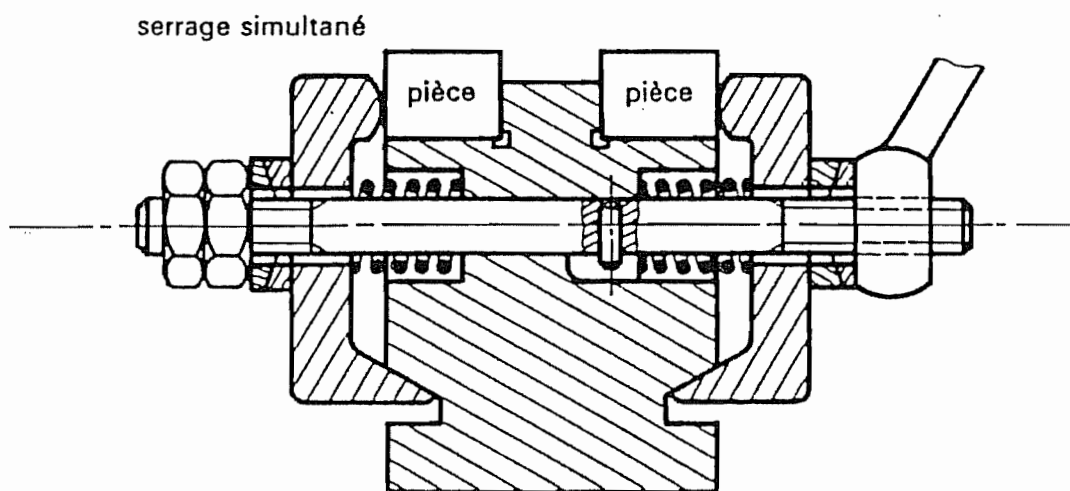


Fig 42

④ SERRAGE PALONNÉ

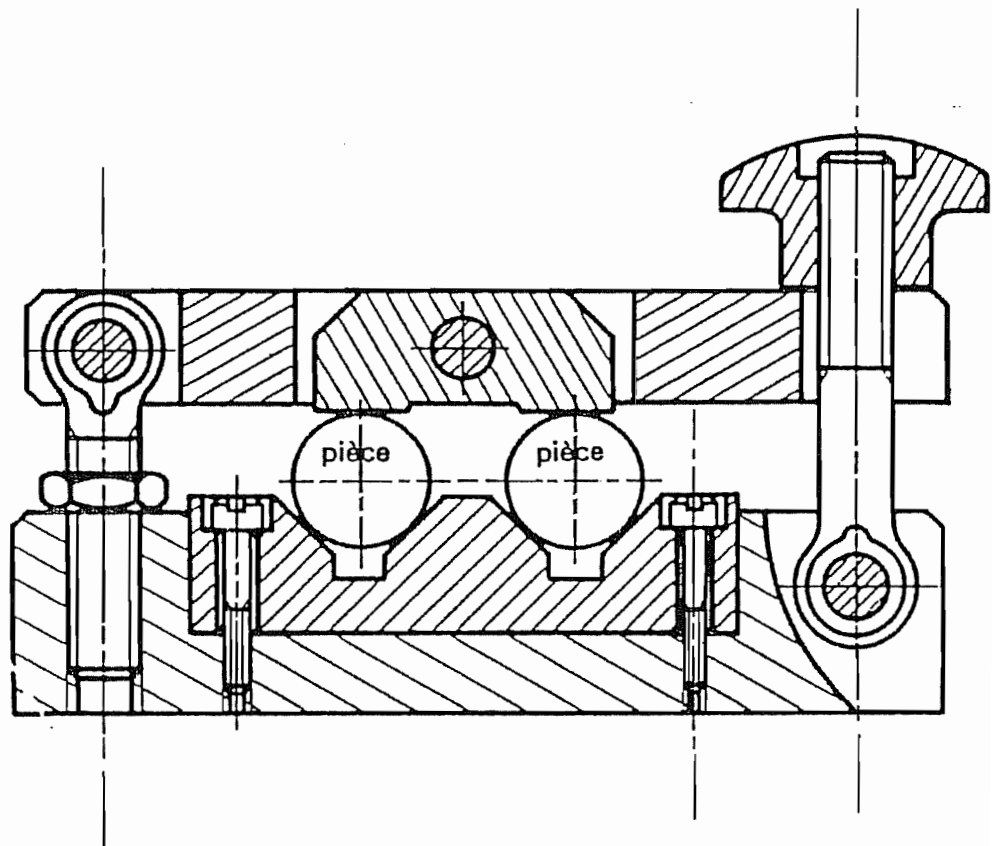


Fig 43

⑤ EVITER LES PRESSIONS DE SERRAGE
EXCESSIVES

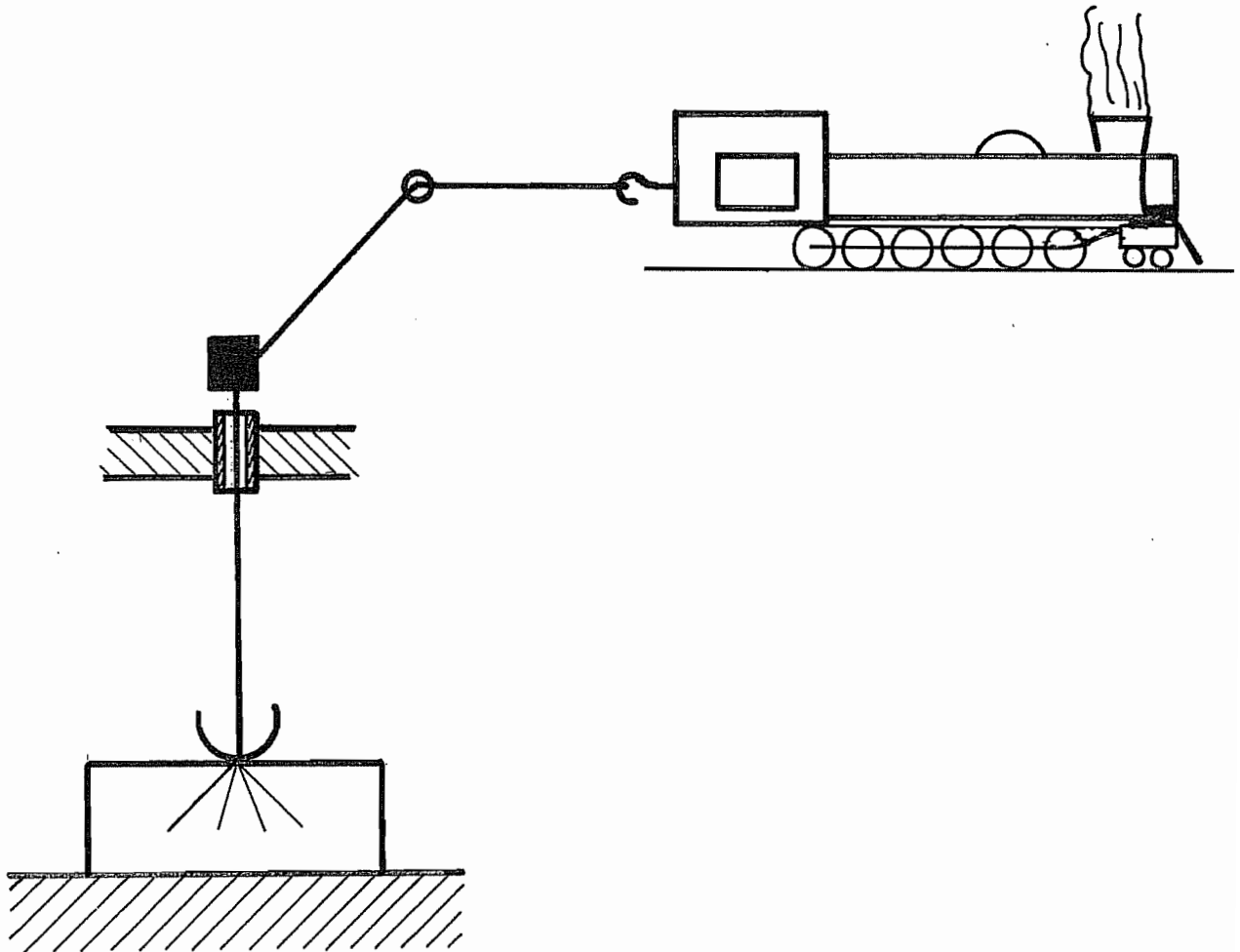
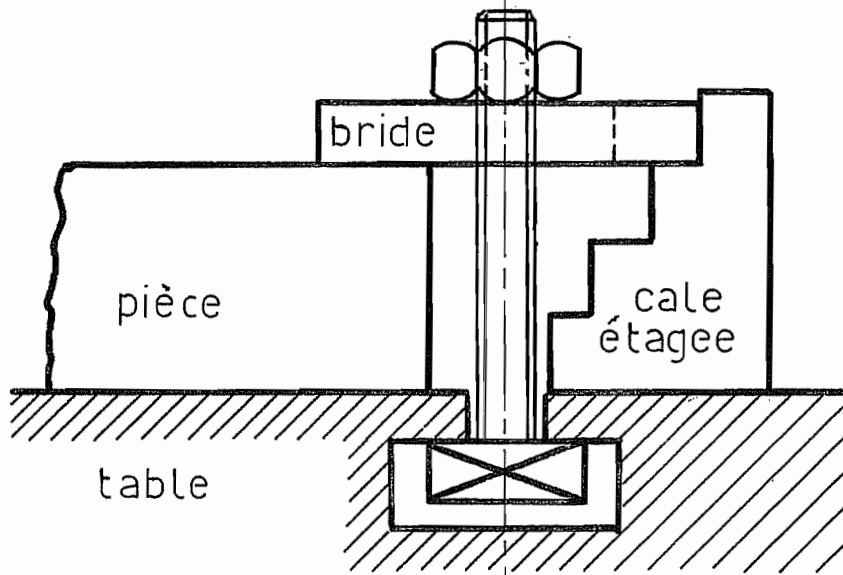
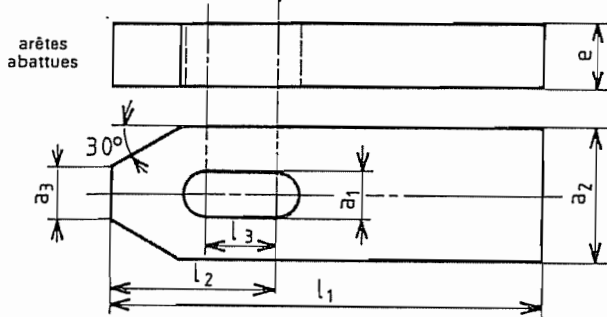


Fig 44

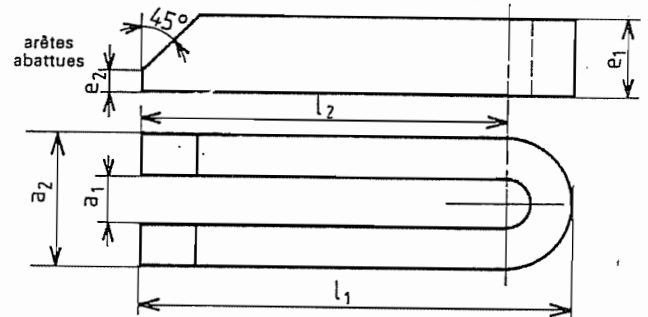
BRIDES



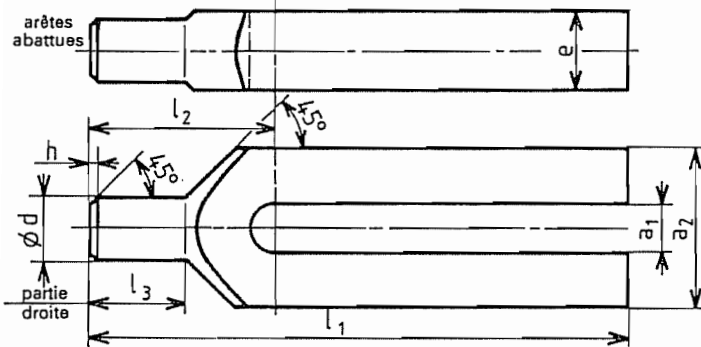
brides plates NF E 21-501



brides ouvertes NF E 21-502



brides à tourillon NF E 21-503



brides coudées NF E-21-504

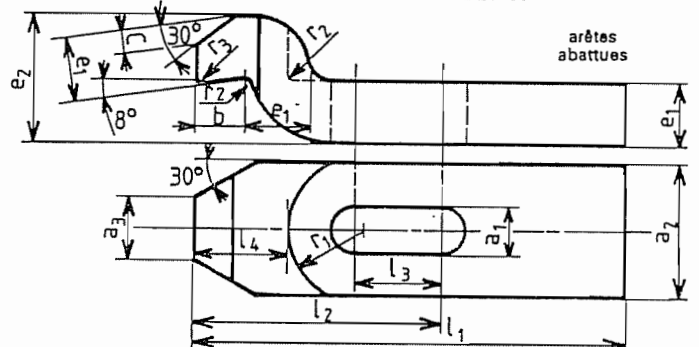


Fig 45

EXEMPLES DE RÉALISATION

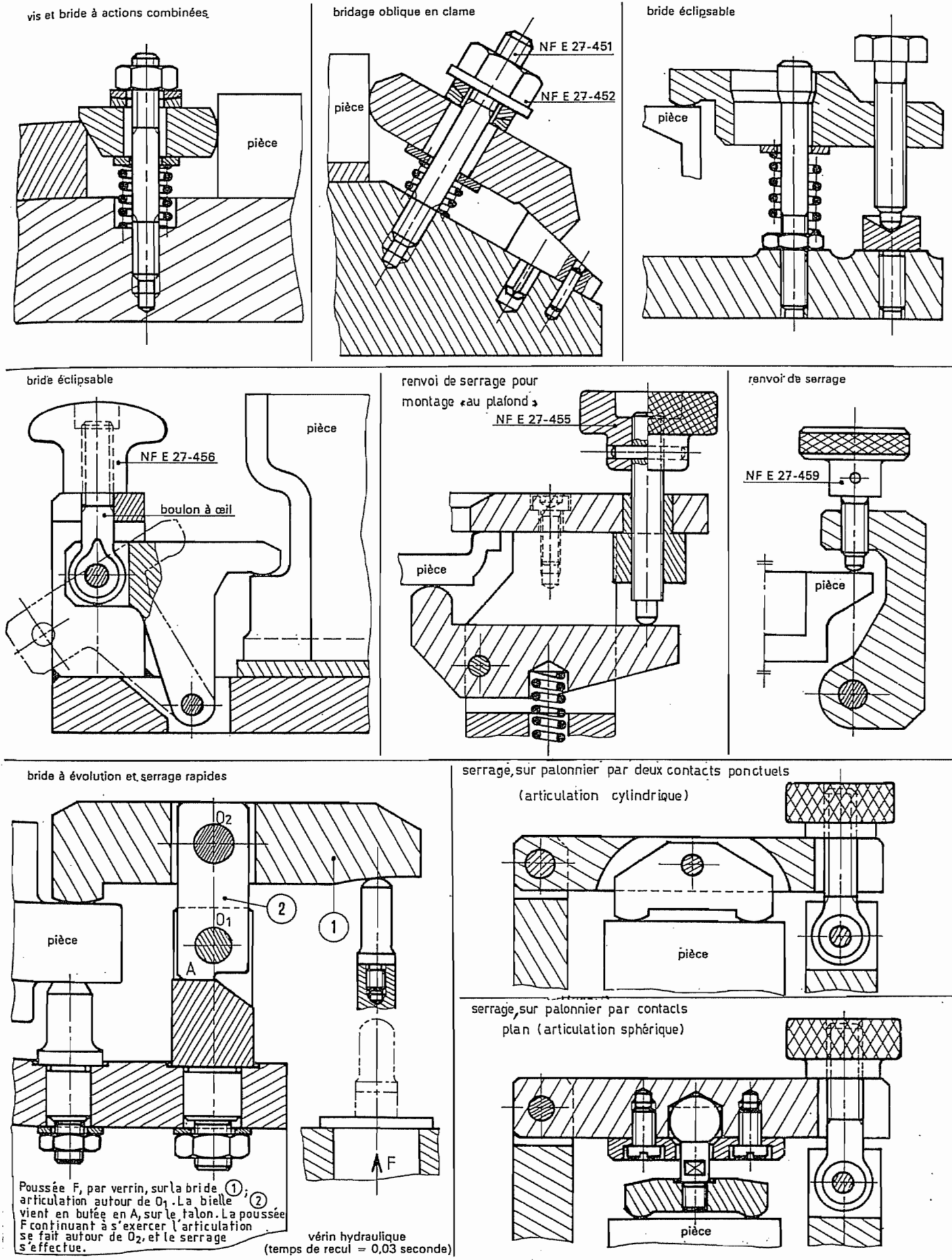


Fig 46

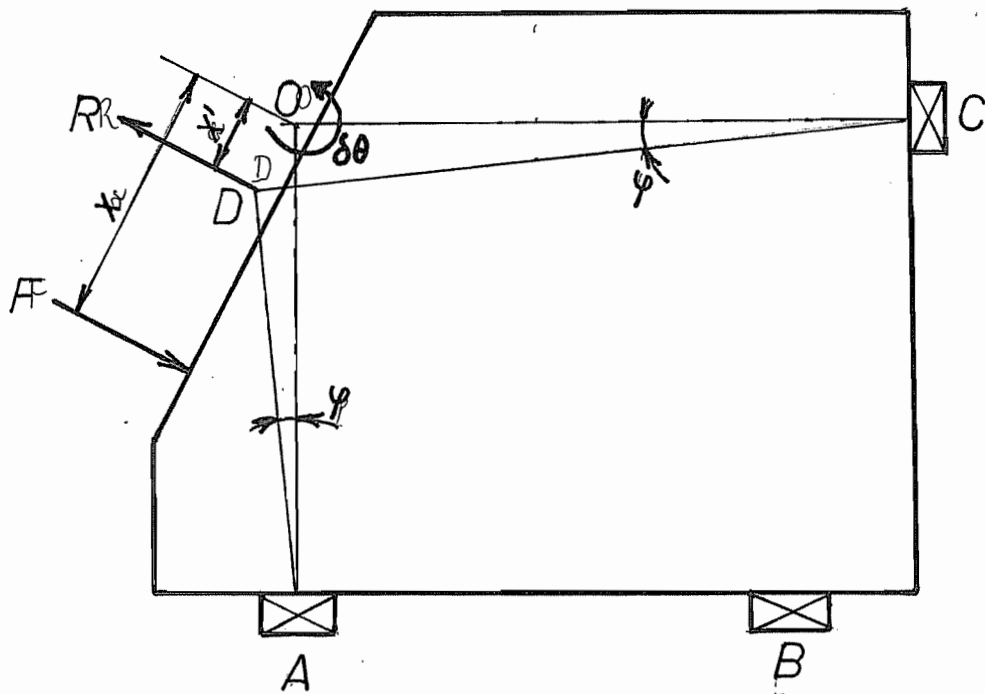


Fig. 47

Chapitre 6

Liaison outil-machine

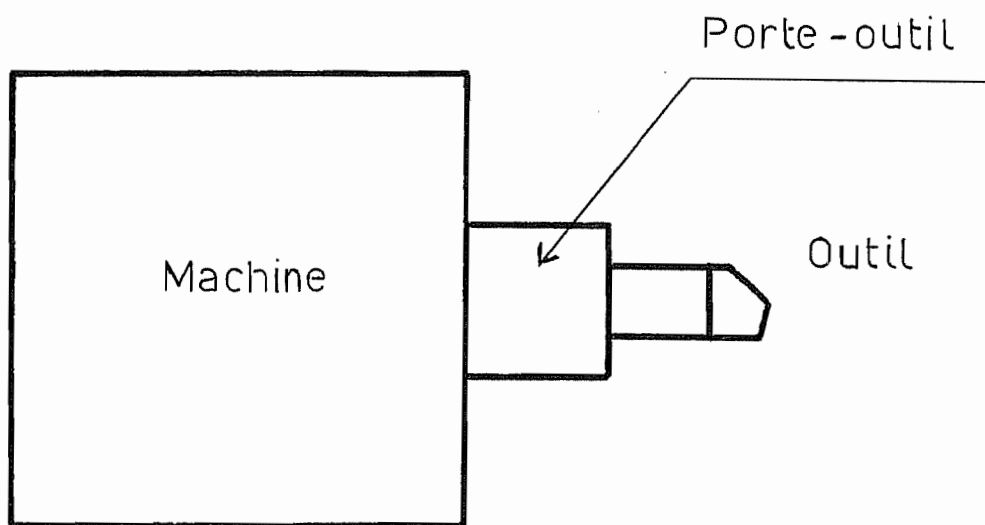


Fig 1

PAR BRIDE

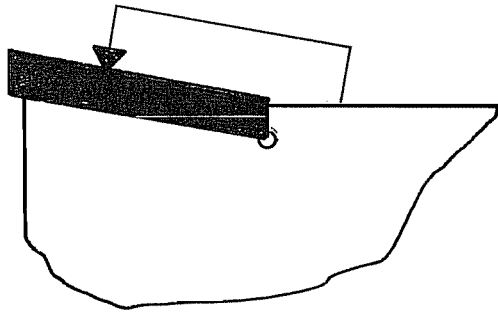


Fig 3

PAR TROU CENTRAL ET BRIDE

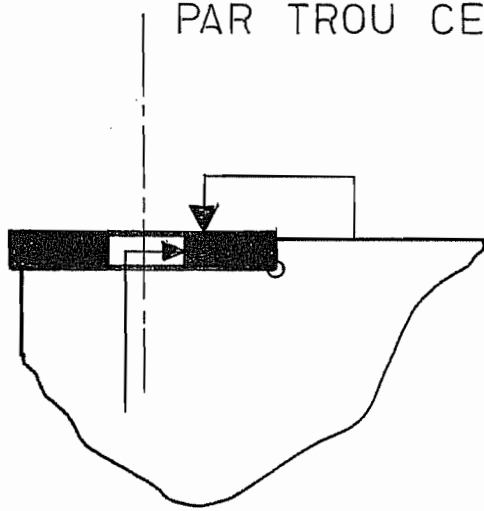


Fig 4

PAR TROU CENTRAL SEUL

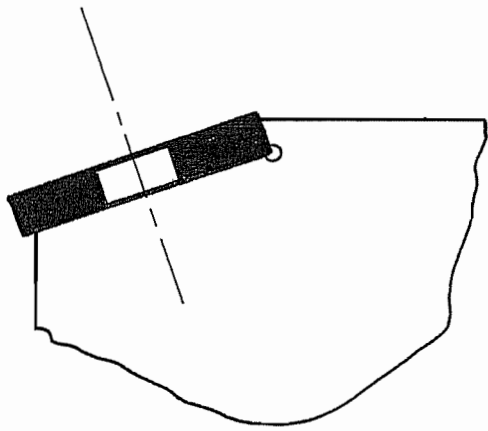


Fig 5

PAR VIS CENTRALE

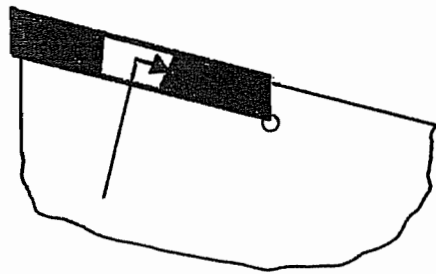


Fig 6

MATÉRIAUX DE COUPE

NF A 35-590/591 et NF E 66-304/305/306/307

1. LES ACIERS RAPIDES.

Leur composition chimique comporte plus de 0,7 % de carbone et des éléments susceptibles de former des carbures durs. Dans tous les cas, environ 4 % de chrome et du vanadium en teneurs variables; du tungstène, du molybdène et éventuellement du cobalt (fig. 1). Les aciers rapides sont utilisés pour la fabrication d'outils monoblocs (*forets, fraises, alésoirs, etc.*) ou de mises rapportées (*outils de tournage, rabotage, etc.*).

2. LES CARBURES MÉTALLIQUES.

Les carbures sont des agglomérés de cobalt et de carbures divers (*tungstène, tantale, titane, bore*) obtenus par frittage. Dureté voisine du diamant et densité 14,6. Ils conservent leur dureté jusqu'à 1000°. Assez fragiles, ils sont sensibles aux variations de température (*criques*). Ils permettent des vitesses de coupe élevées et de fortes passes dans l'usinage de matériaux divers.

3. CLASSIFICATION DES CARBURES NF E 66-304.

La norme se borne à une classification en fonction des applications, et au mode de désignation. Les groupes d'application sont désignés par une lettre (P, M ou K) symbolisant le groupe principal correspondant suivi d'un numéro distinctif définissant les domaines d'application (voir tableau fig. 2).

Les carbures sont utilisés sous formes de plaquettes fixes (*brasées*) ou amovibles (*fixation mécanique*). NF E 66-305/306/307.

4. LES CÉRAMIQUES.

Les céramiques sont composées d'oxydes d'aluminium et de chrome. Leur dureté est comparable à celle des carbures. Elles conservent leur qualité jusqu'à 1200°, avec des conditions de coupe très élevées.

①

N° de nuance	Symbole	Désignation abrégée	M. Vol. kg/dm ³	HRc
Groupe 41.	Aciers à 12 % de tungstène			
4151	Z 80 WCDV 12-04-02-02	12-2-2	8,3	65/62
4161	Z 130 WCV 12-04-04	12-0-4	8,3	66/63
4171	Z 150 WKVC 12-05-05-04	12-0-5-5	8,3	67/64
4175	Z 165 WKVC 12-10-05-04	12-0-5-10	8,3	68/64
Groupe 42.	Aciers à 18 % de tungstène			
4201	Z 80 WCV 18-04-01	18-0-1	8,7	65/62
4203	Z 85 WCV 18-04-02	18-0-2	8,7	65/62
4271	Z 80 WKCV 18-05-04-01	18-0-1-5	8,7	66/63
4275	Z 80 WKCV 18-10-04-02	18-0-2-10	8,7	66/63
Groupe 43.	Aciers au tungstène-molybdène			
4301	Z 85 WDCV 06-05-04-02	6-5-2	8,1	65/62
4361	Z 130 WDCV 06-05-04-04	6-5-4	8,1	65/63
4371	Z 85 WDKCV 06-05-05-04-02	6-5-2-5	8,1	65/62
4373	Z 150 WDKVC 07-05-05-05-04	7-5-5-5	8,1	67/64
4375	Z 175 KWVDC 10-07-05-05-04	7-5-5-10	8,1	68/64
Groupe 44.	Aciers au molybdène.			
4441	Z 85 DCWV 08-04-02-02	2-8-2	8,0	65/62
4475	Z 110 DKCWV 09-08-04-02-01	2-9-1-8	8,1	69/65

Groupes principaux enlèvement de copeaux		Groupes d'application			Sens croissant des caractéristiques
Symbole	Matières	Symboles	Matières à usiner	Utilisation et conditions de travail	coupe carbure
P	Métaux ferreux à copeaux longs	P 01	Acier, acier moulé	Tournage et alésage de finition : grande vitesse de coupe, petite section de coupe.	↑ Vitesses ↓ Avances ↑ Résistance à l'usure ↓ Ténacité
		P 10	Acier, acier moulé	Tournage, copiage, filetage et fraisage, grande vitesse de coupe, section de copeaux petite ou moyenne.	
		P 20	Acier, acier moulé Fonte malléable à copeaux longs	Tournage, copiage, fraisage, vitesse de coupe et section de copeaux moyenne.	
		P 30	Acier, acier moulé Fonte malléable à copeaux longs	Tournage, fraisage, rabotage, moyenne ou petite section de copeaux.	
		P 40	Acier Acier moulé avec inclusion de sable ou retassures	Tournage, rabotage, mortaisage, petite vitesse de coupe, grande section de copeaux avec possibilité de grand angle de coupe.	
M	Métaux ferreux à copeaux longs et métaux non ferreux	M 10	Acier, acier moulé, acier au manganèse Fonte grise, fonte alliée	Tournage, moyenne ou grande vitesse de coupe. Section de copeaux petite ou moyenne.	↑ Vitesses ↓ Avances ↑ Résistance à l'usure ↓ Ténacité
		M 20	Acier, acier moulé, acier austénitique, acier au manganèse, fonte grise	Tournage, fraisage. Vitesse de coupe et section de copeaux moyennes.	
		M 30	Acier, acier moulé, acier austénitique, fonte grise	Tournage, fraisage. Vitesse de coupe et section de copeaux moyenne ou grande.	
		M 40	Acier doux de décolletage, acier de faible résistance Métaux non ferreux et alliages légers	Tournage, tronçonnage, particulièrement sur machines automatiques.	
K	Métaux ferreux à copeaux courts et métaux non-ferreux et matières non métalliques	K 01	Fonte grise de dureté élevée, moulage en coquille de dureté sup. à 8-5 shore	Tournage, tournage de finition, alésage, fraisage, grattage.	↑ Vitesses ↓ Avances ↑ Résistance à l'usure ↓ Ténacité
		K 10	Fonte grise de plus de 220 Brinell Fonte malléable à copeaux courts Aciers trempés. Alliages de cuivre	Tournage, fraisage, perçage, alésage, brochage, grattage.	
		K 20	Fonte grise jusqu'à 220 Brinell, métaux non ferreux : cuivre	Tournage, fraisage, rabotage, alésage, brochage exigeant une grande ténacité des carbures métalliques.	
		K 30	Fonte grise de faible dureté, acier de faible résistance, bois comprimé	Tournage, fraisage, rabotage, mortaisage, pour usinage dans conditions défavorables.	
K 40	Bois naturel, tendre ou dur Métaux non ferreux	Tournage, fraisage, rabotage, mortaisage pour usinage dans conditions défavorables.			

*Matières ou formes de pièces présentant certaines difficultés d'usinage : croûte dure, dureté variable, profondeur de coupe variable.

OUTILS TOURNANTS

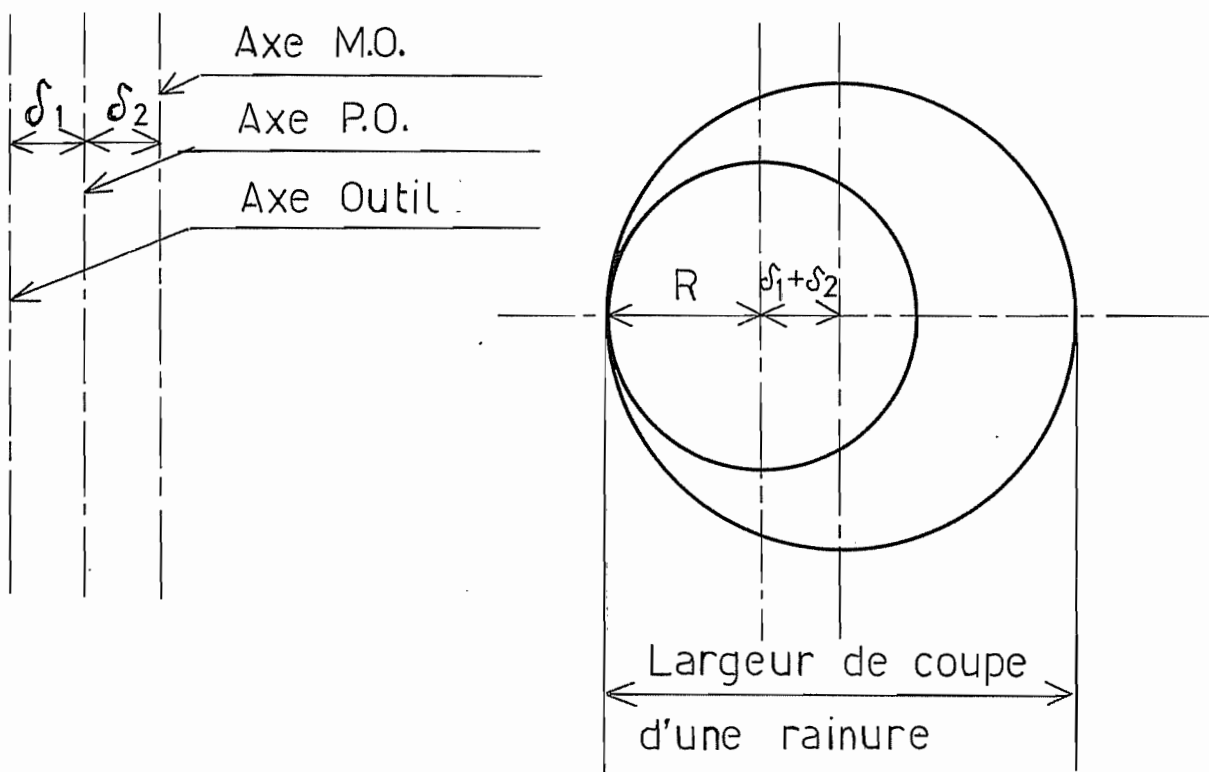


Fig 7

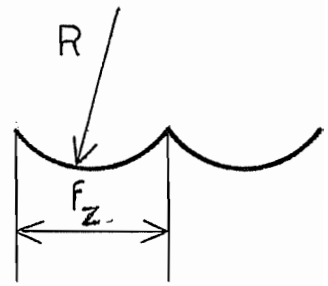


Fig 8

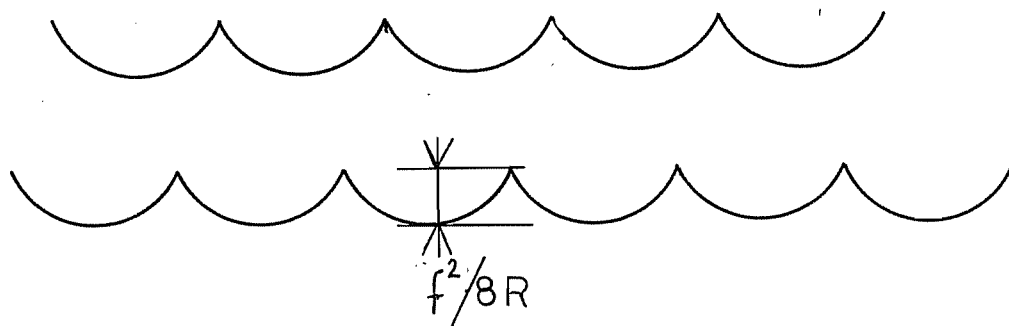


Fig 9

a) Tournage

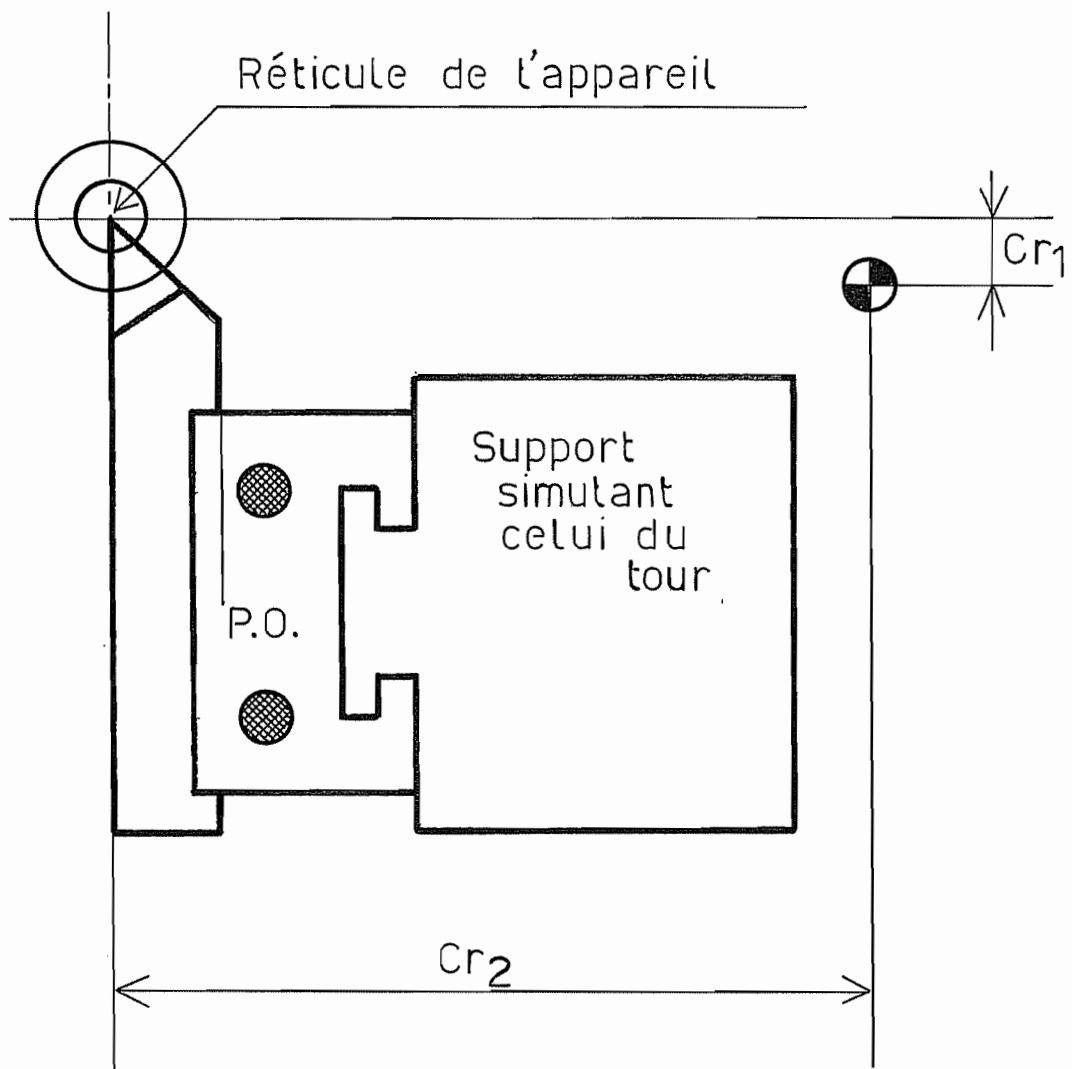


Fig 10

b) Fraisage

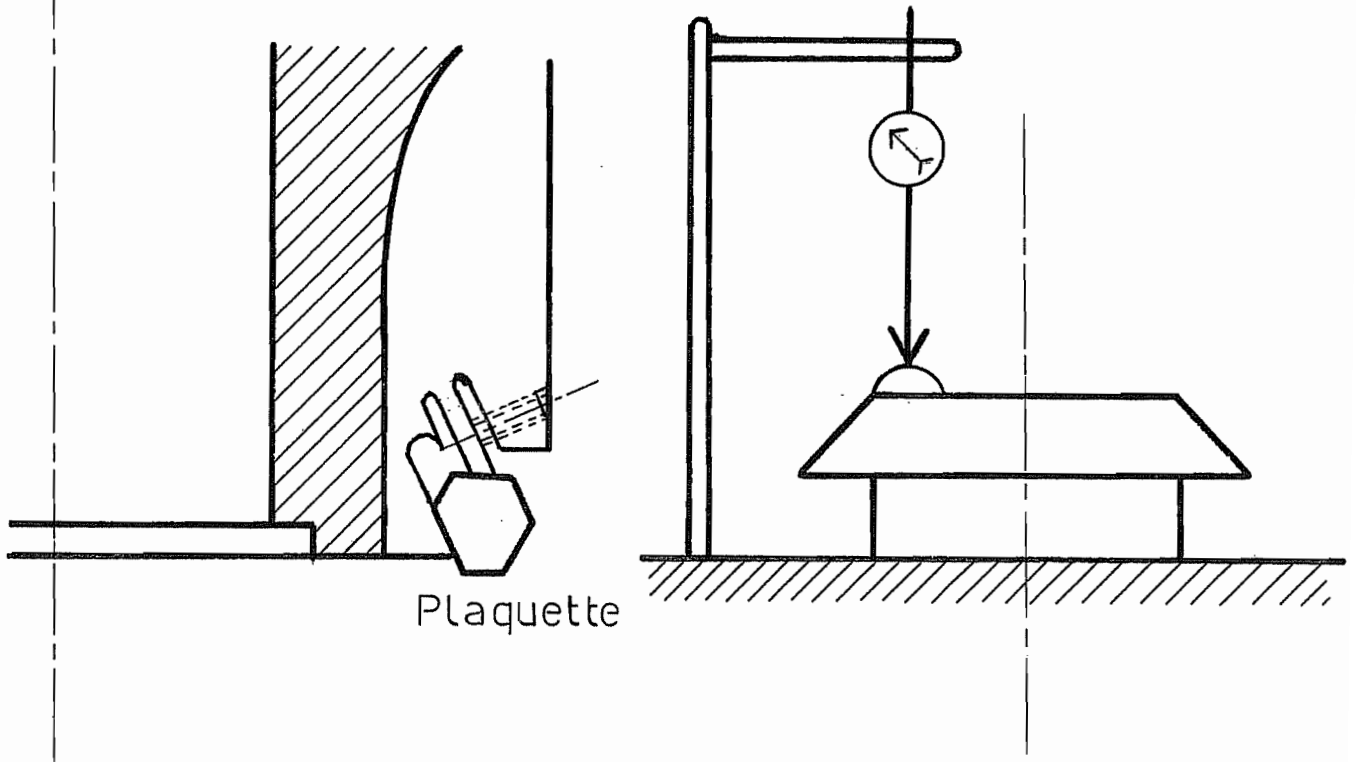


Fig 11

c) Alésage

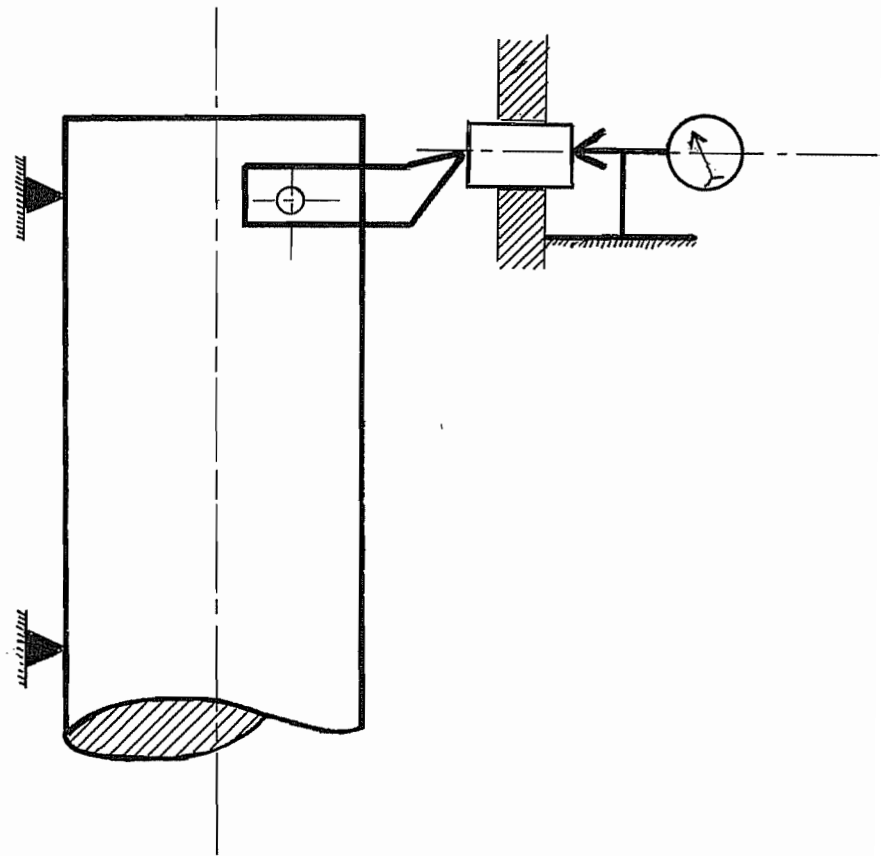


Fig 12

a) Perçage

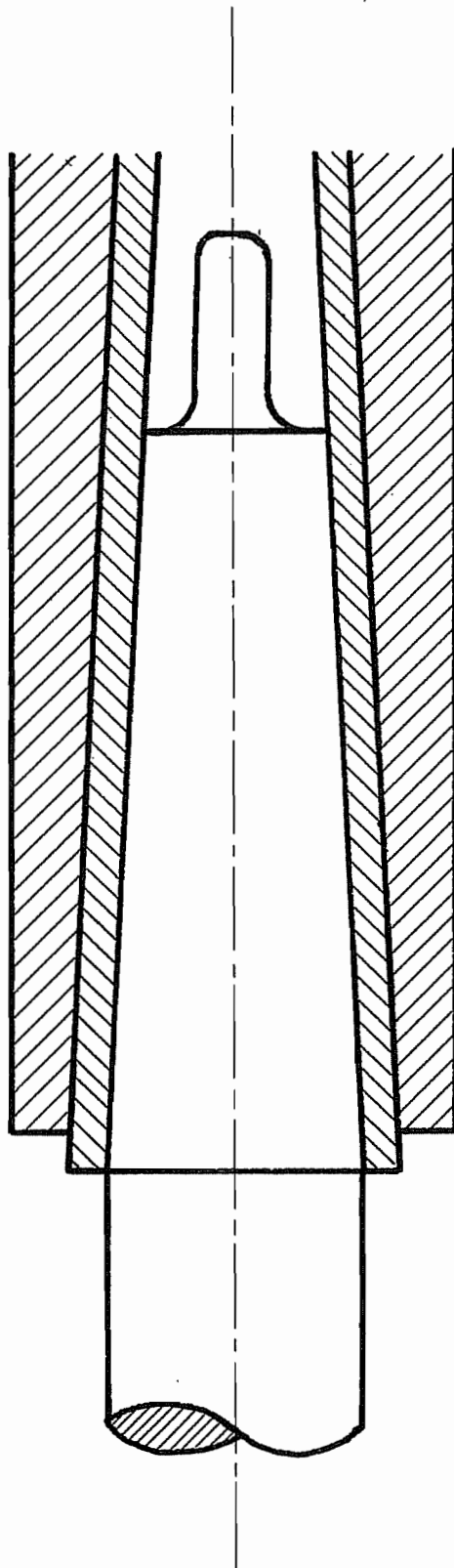


Fig 13

b) Fraisage

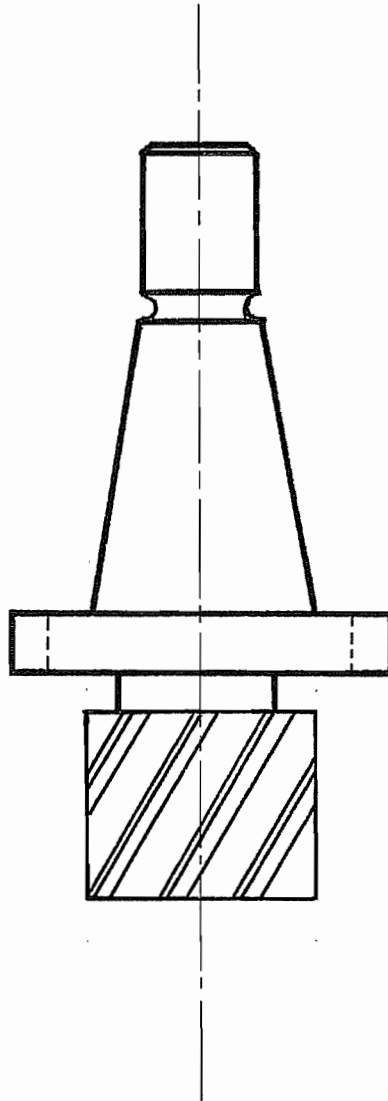


Fig 14

c) Tournage

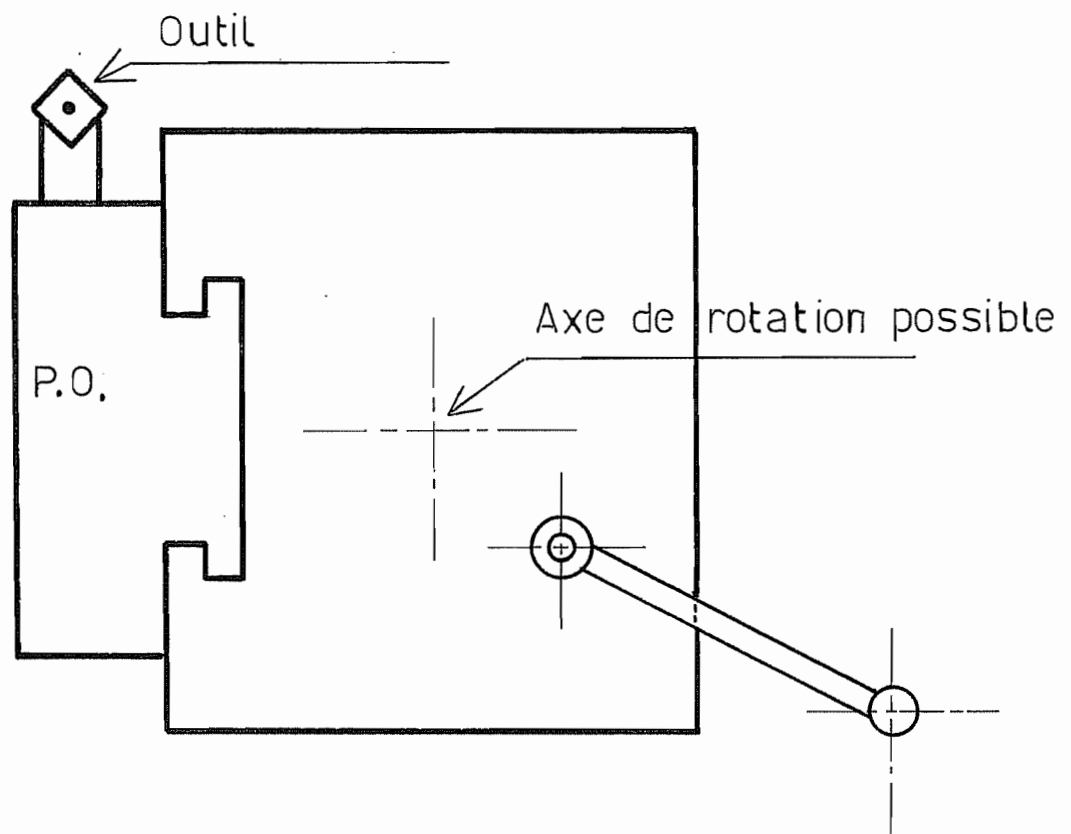


Fig 15

La tourelle évolutive

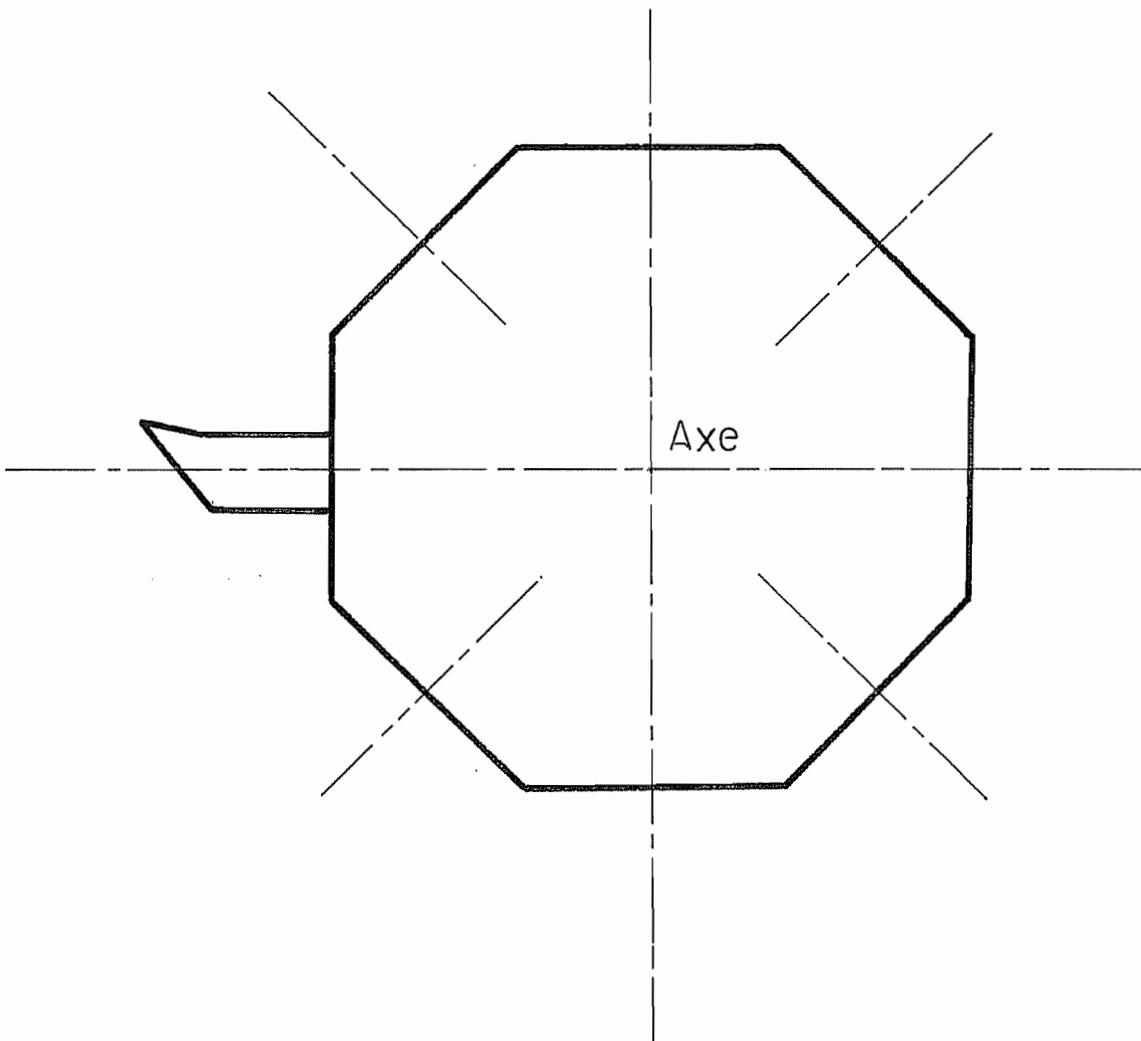


Fig 16

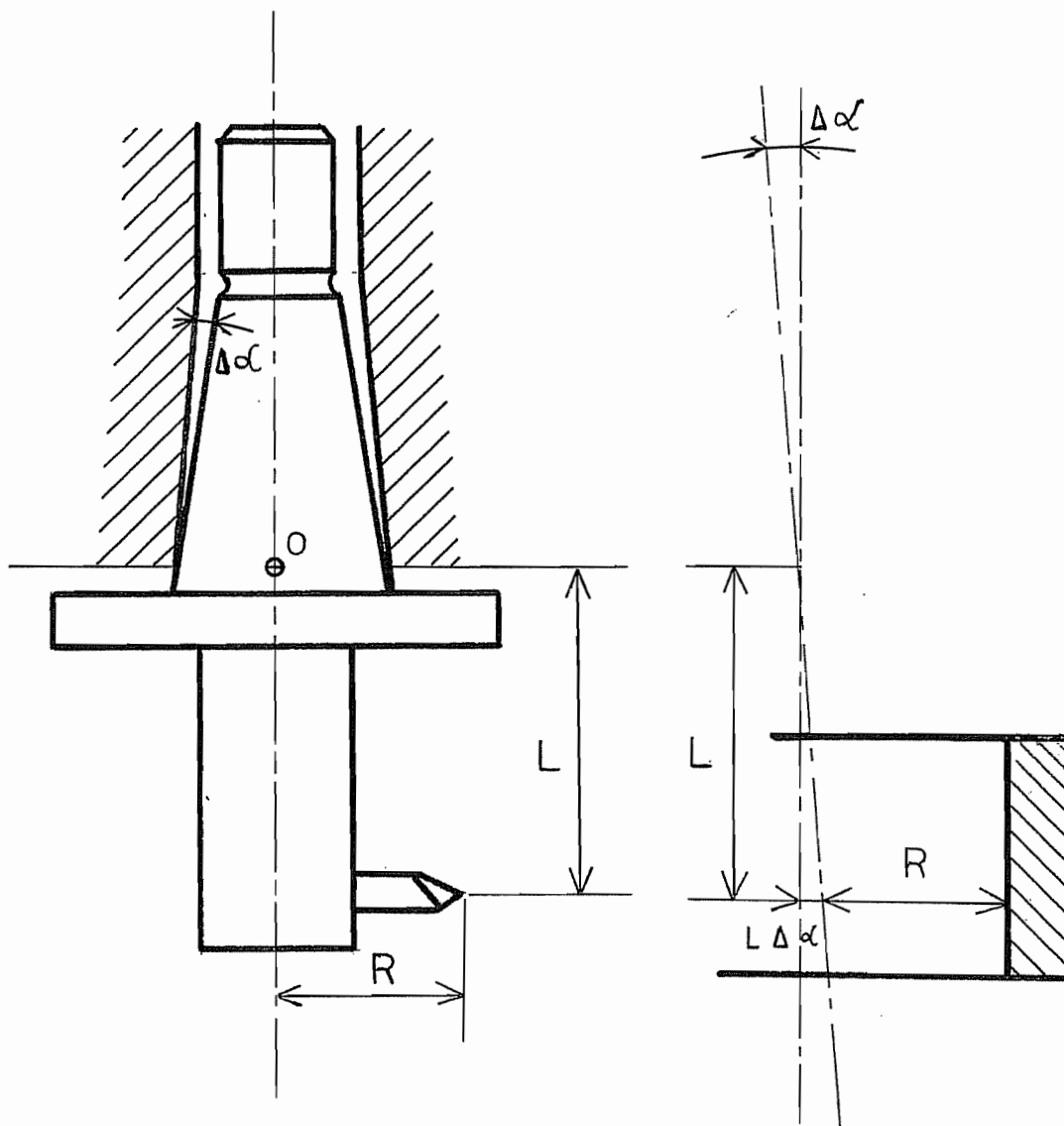


Fig 17

Tourelle à axe perpendiculaire à l'axe
de la broche

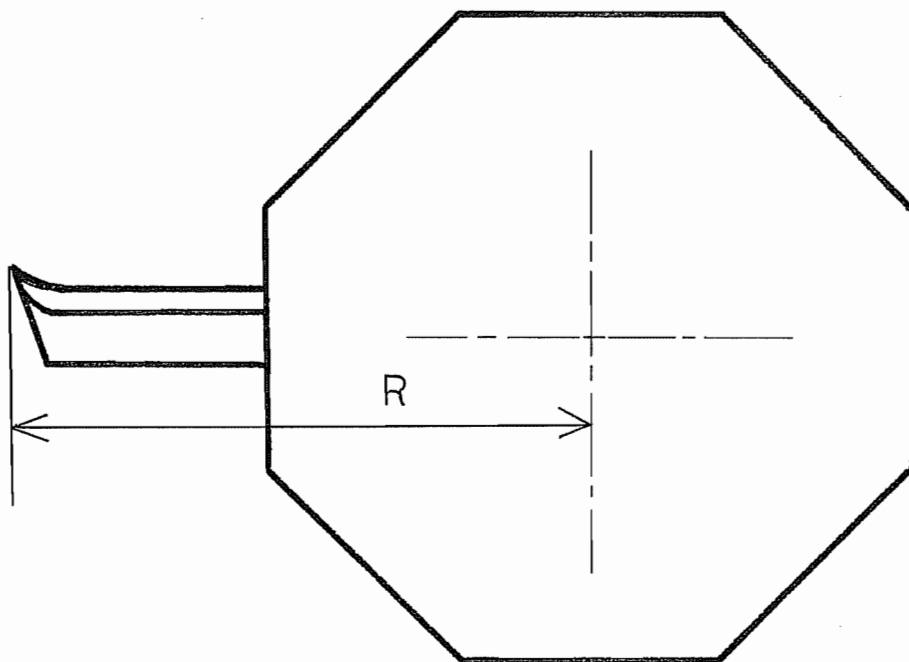


Fig 18

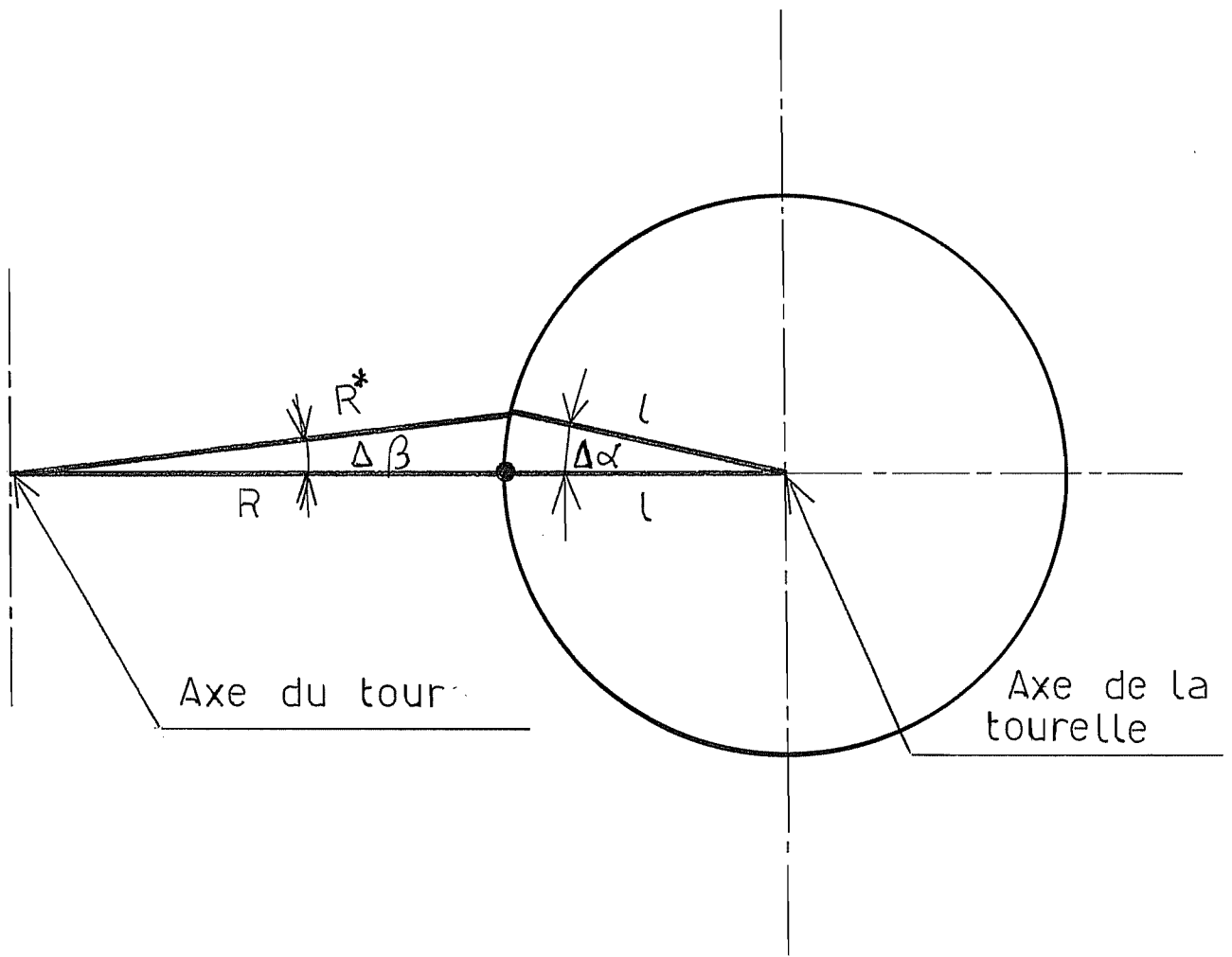


Fig 19

Chapitre 7

Machines-outils à commande numérique

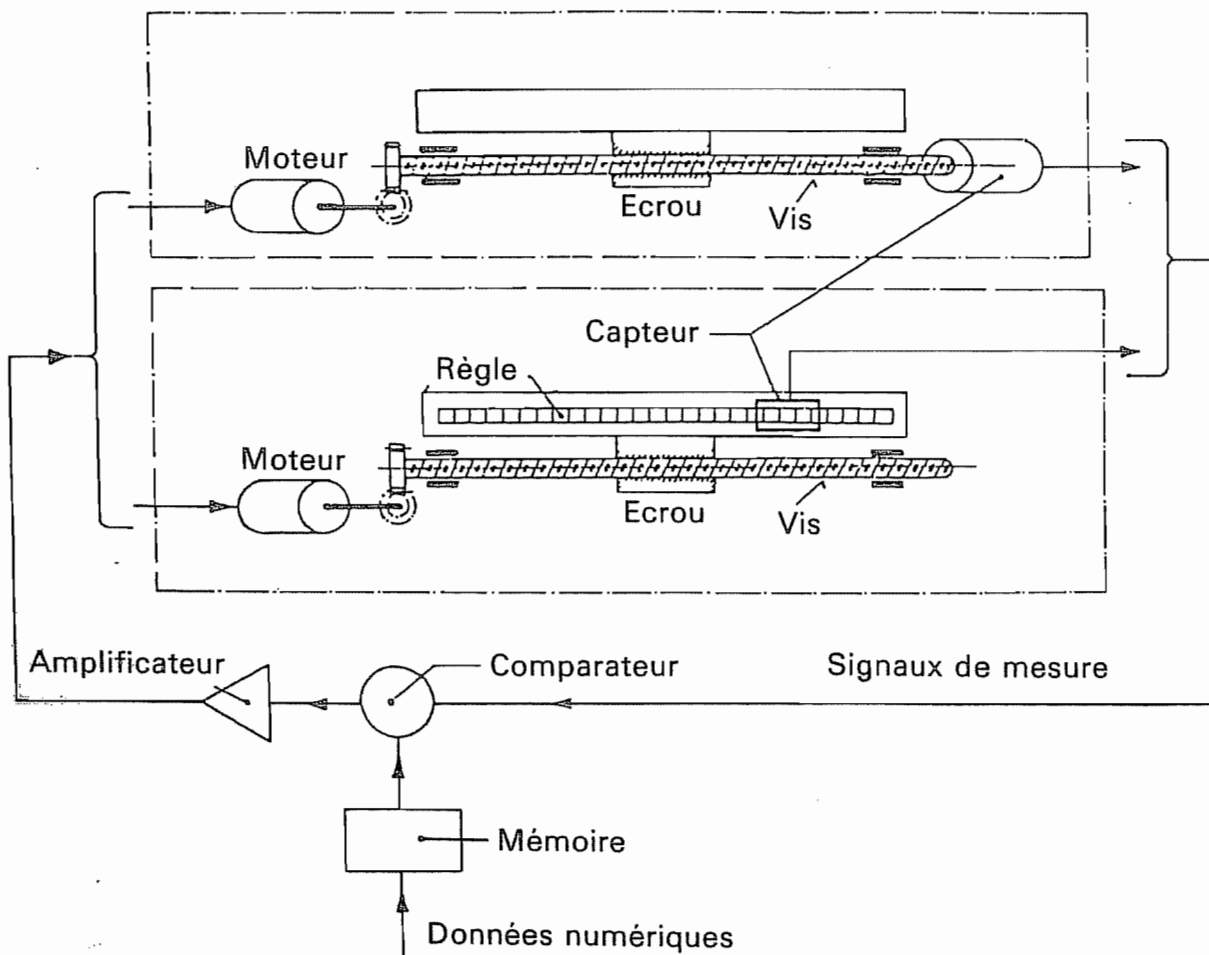


Fig. 1:
Les éléments de base d'un mouvement commandé numériquement

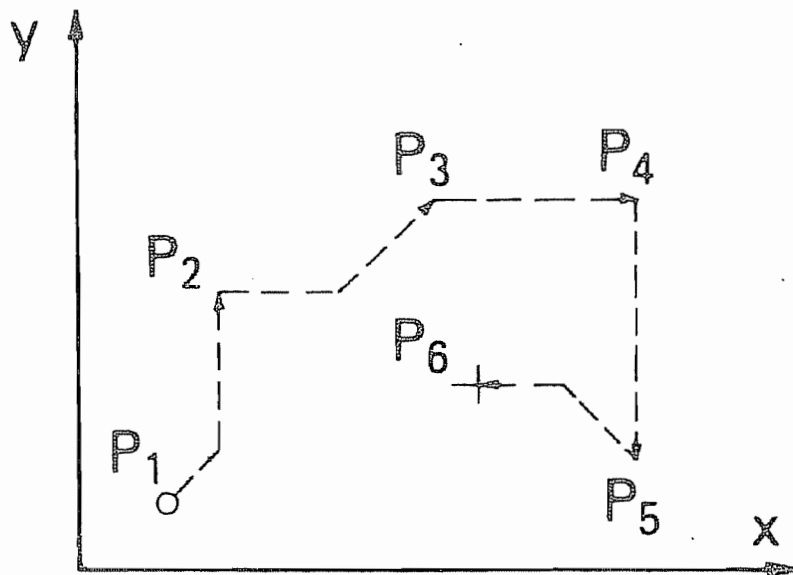


Fig. 2:
Commande point par point

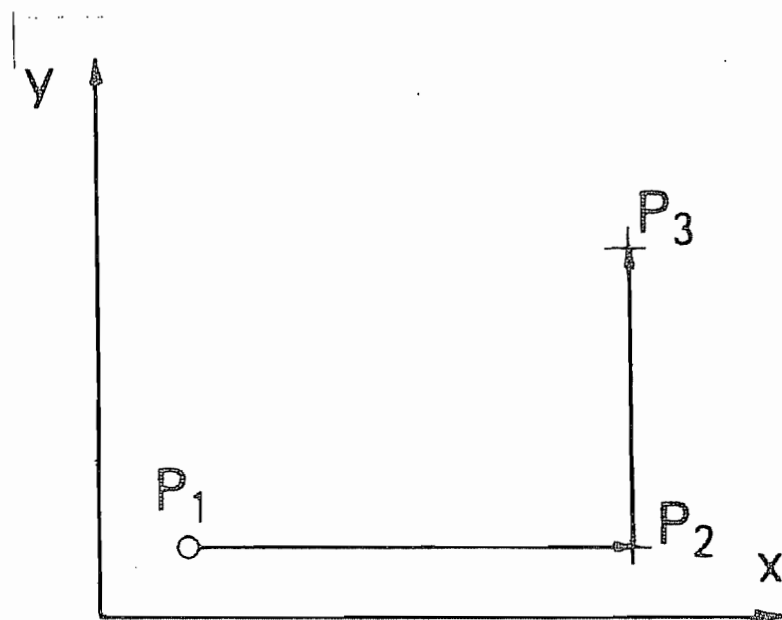


Fig. 3:
Commande paraxiale

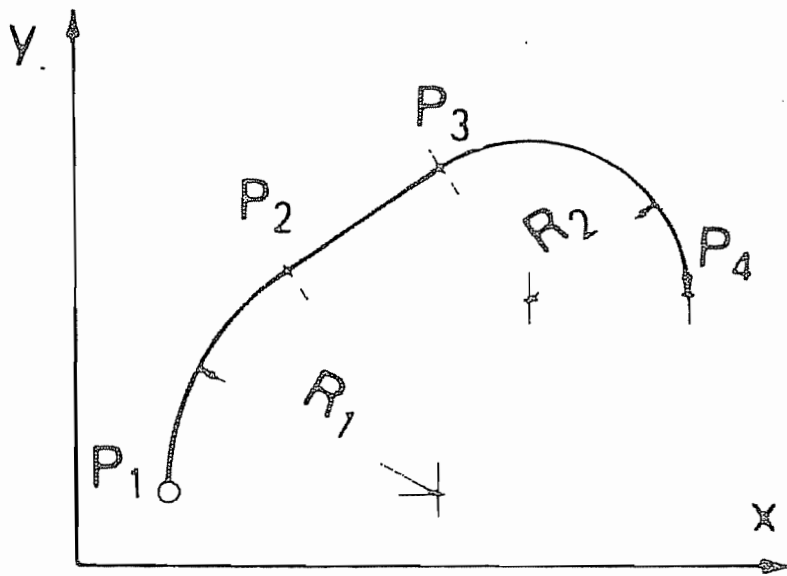


Fig. 4:
Commande de
contournage

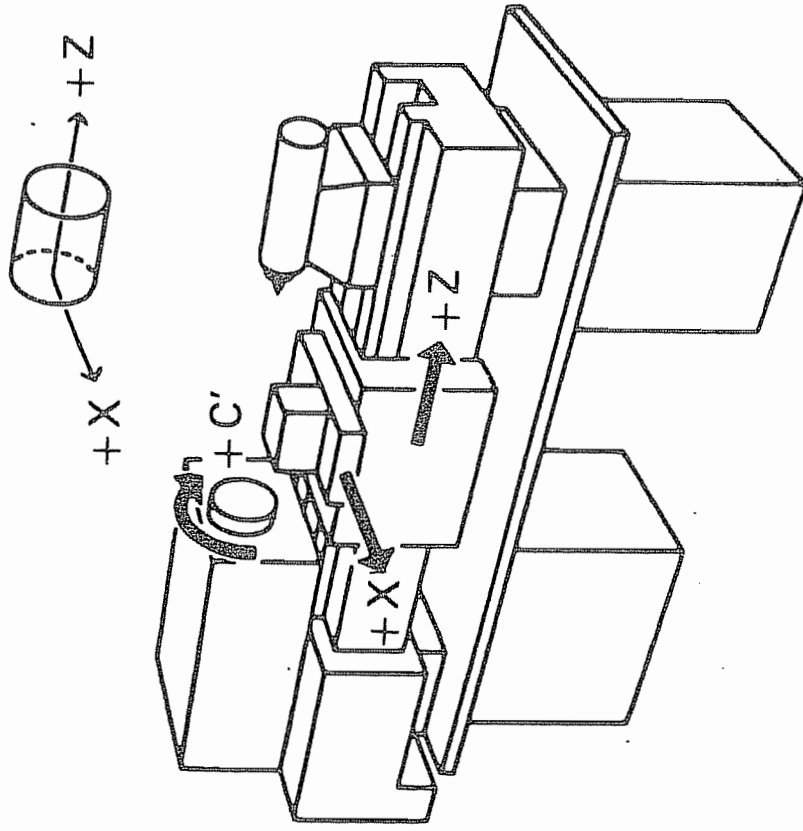


Fig.5:
Désignation des axes
et sens de comptage sur le tour

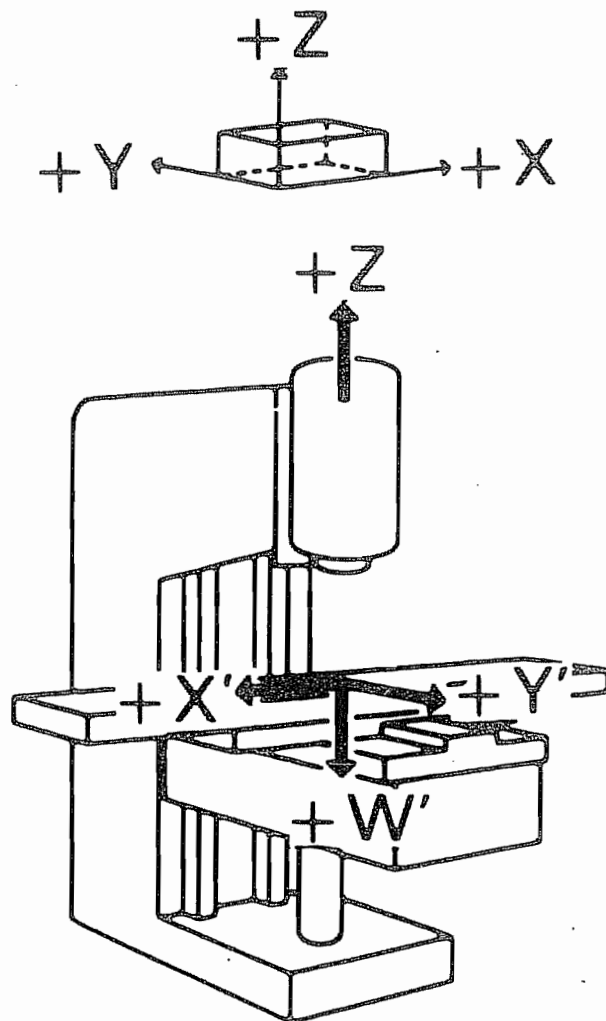


Fig. 6 :
Désignation des axes et sens de
comptage sur la fraiseuse

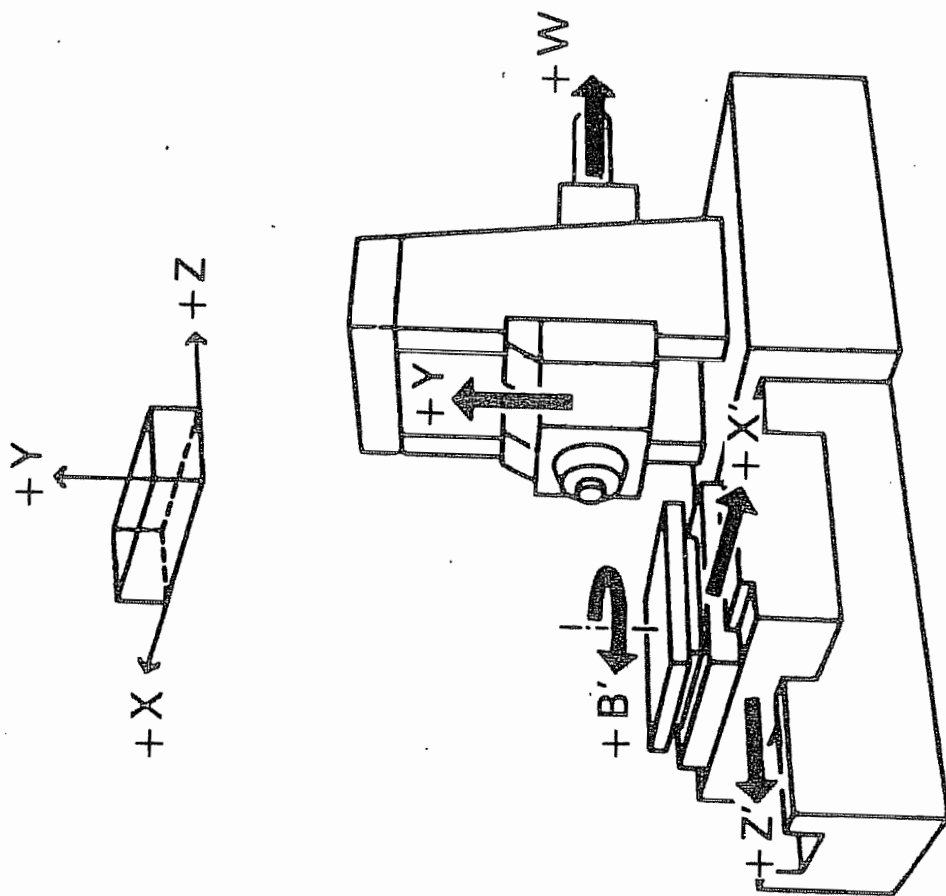


Fig. 7:
Désignation des axes et sens de
comptage sur l'aléseuse

FRAISEUSE - ALESEUSE UNIVERSELLE

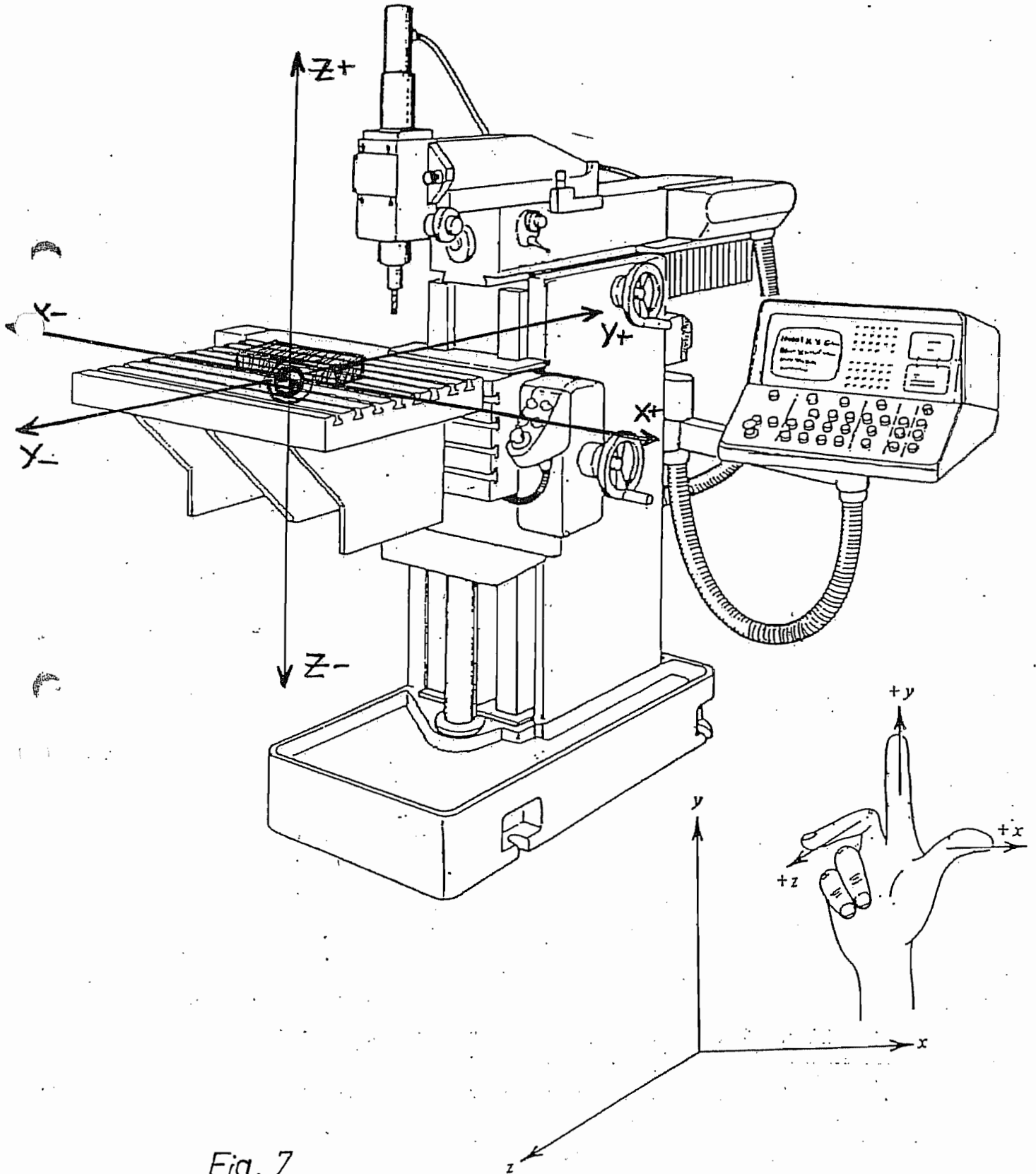


Fig. 7

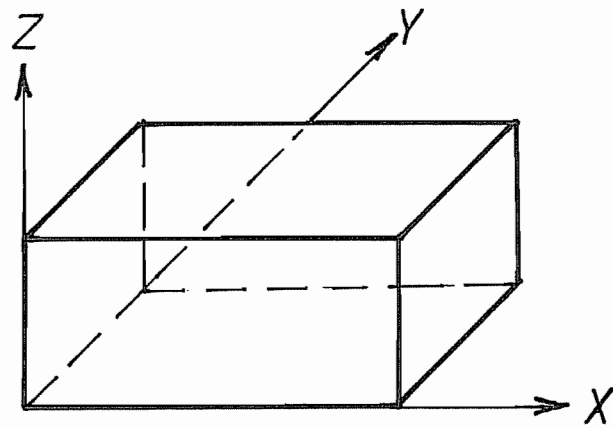


Fig. 8

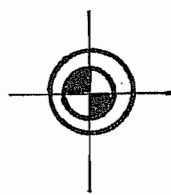


Fig. 9

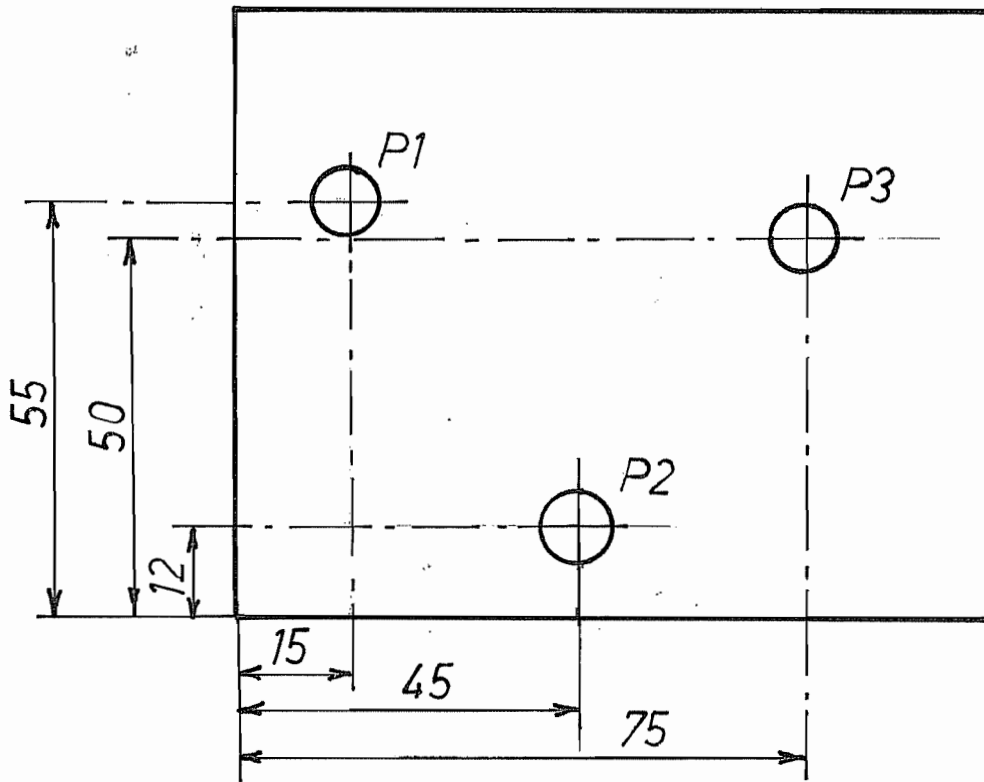


Fig. 10

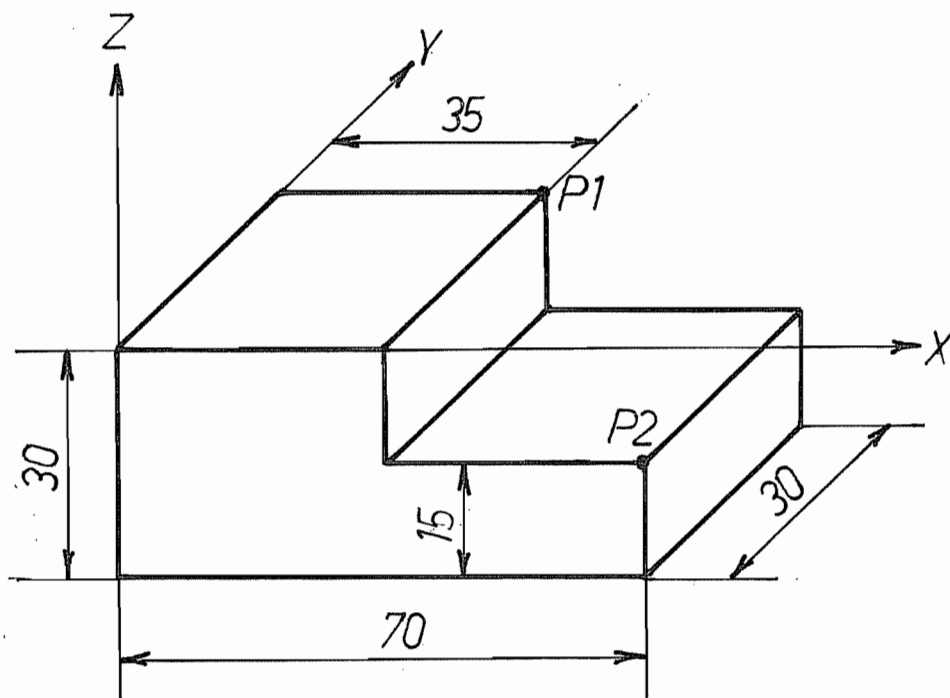


Fig. 11

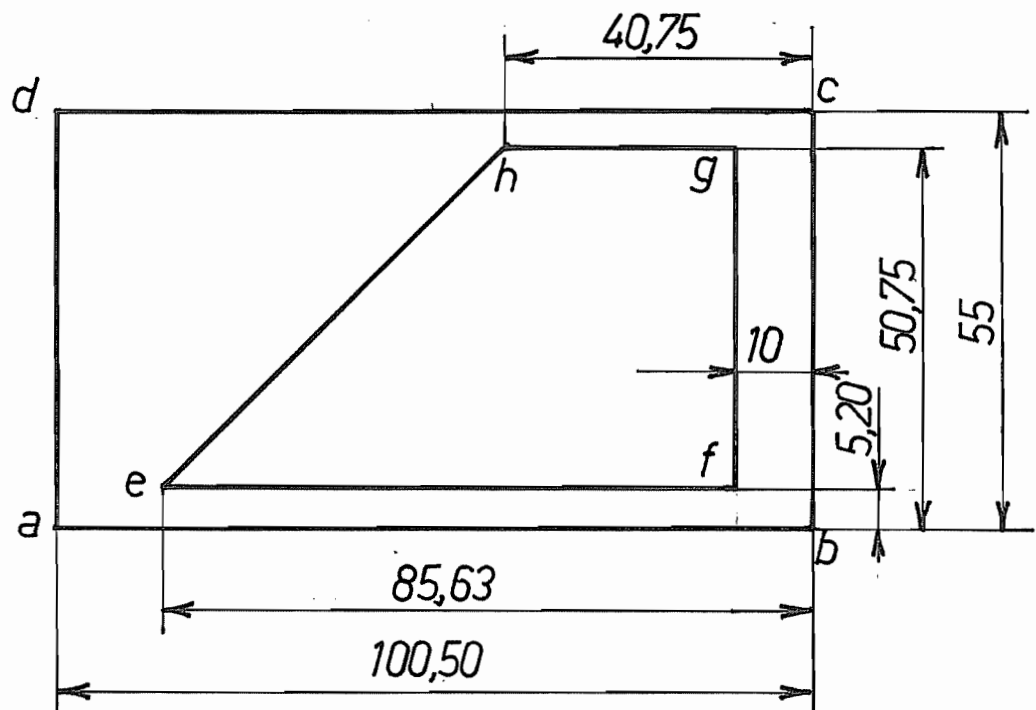


Fig. 12

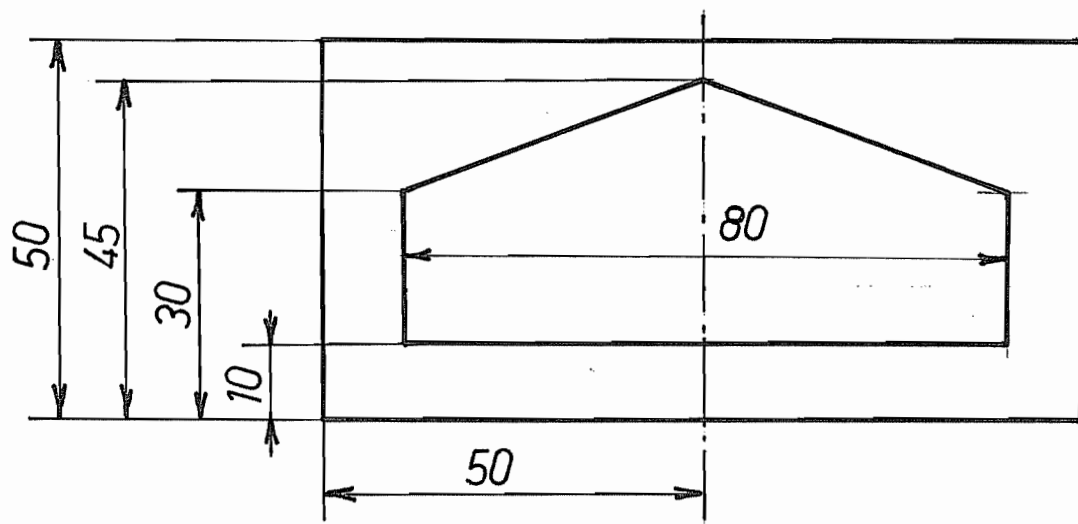


Fig. 13

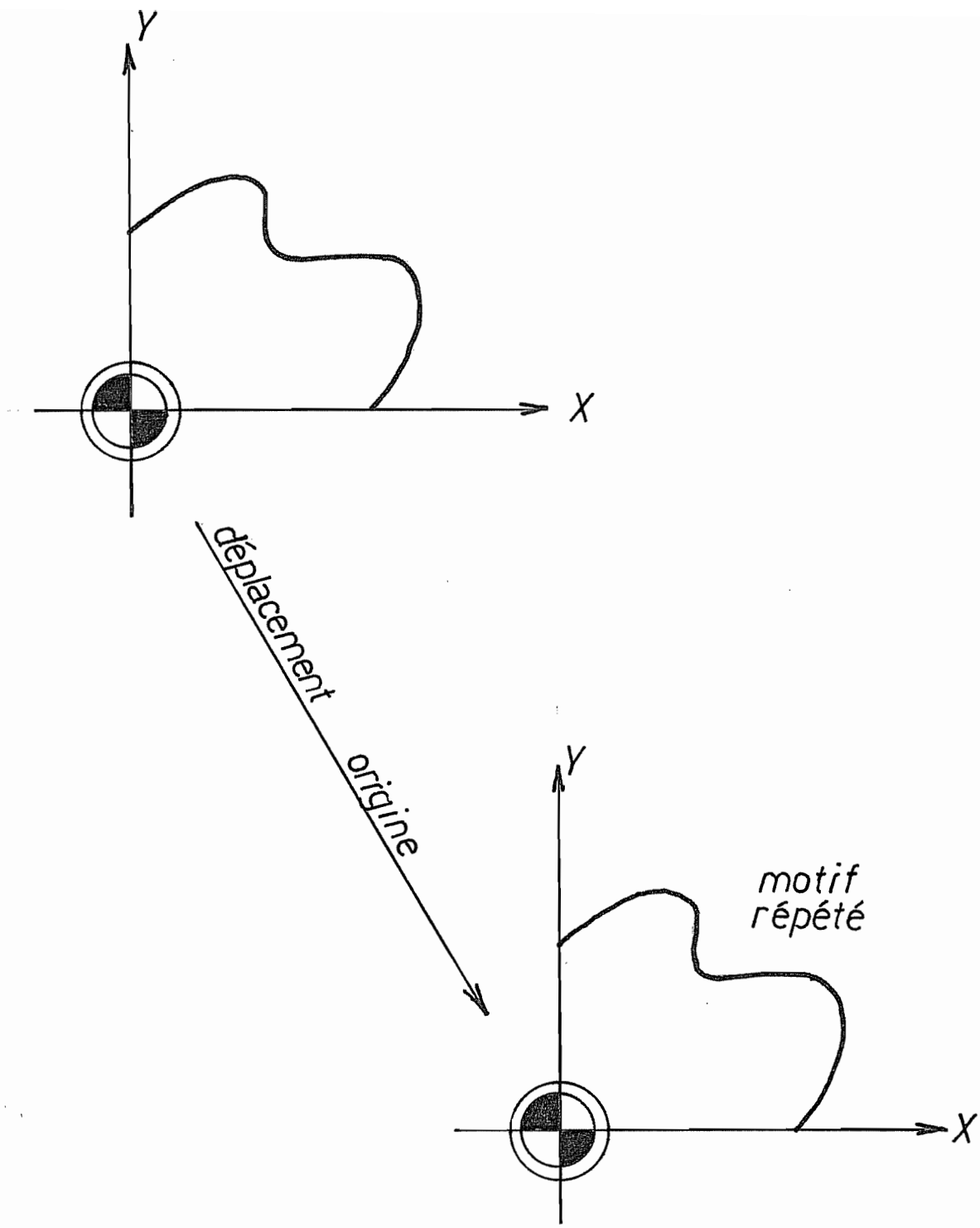


Fig. 14

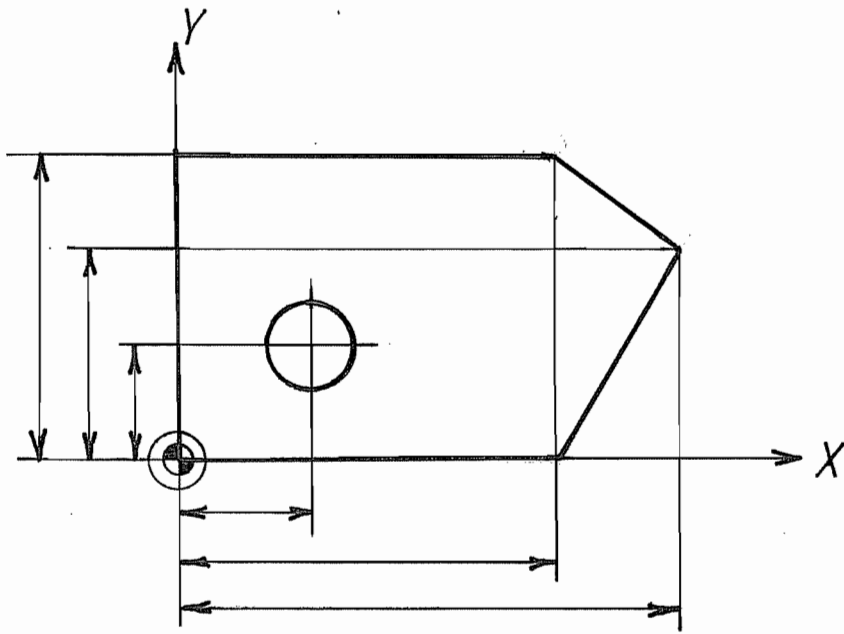


Fig. 15 : cotation absolue

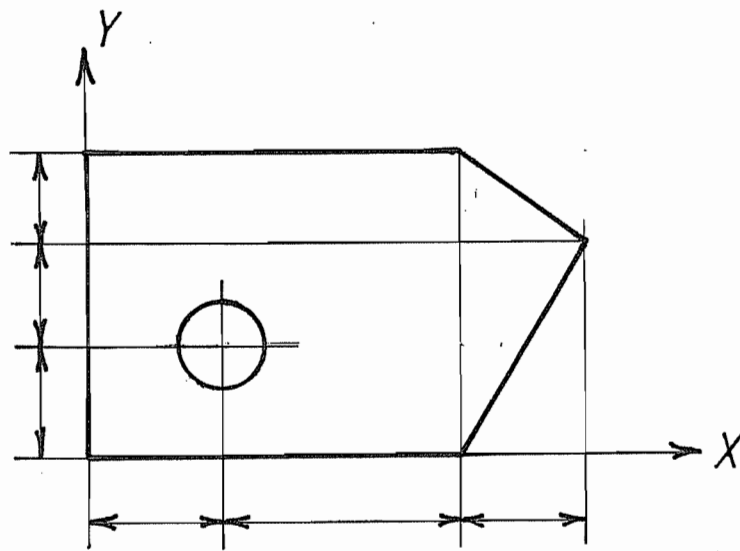


Fig. 16 : cotation relative

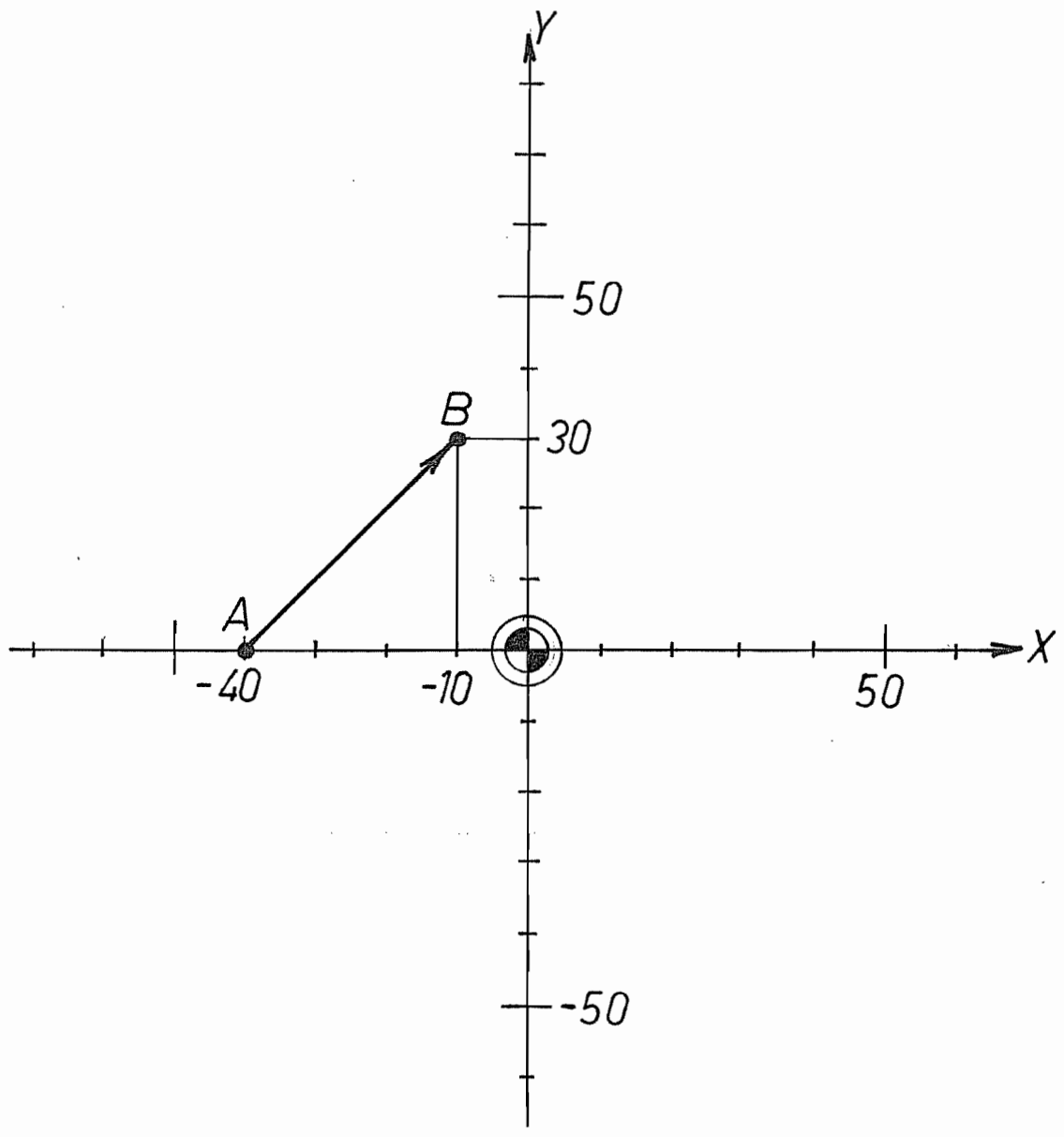


Fig. 17

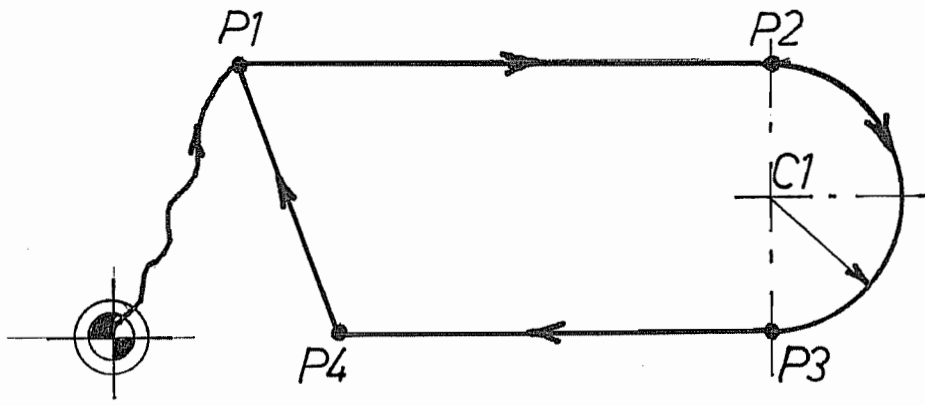


Fig 18

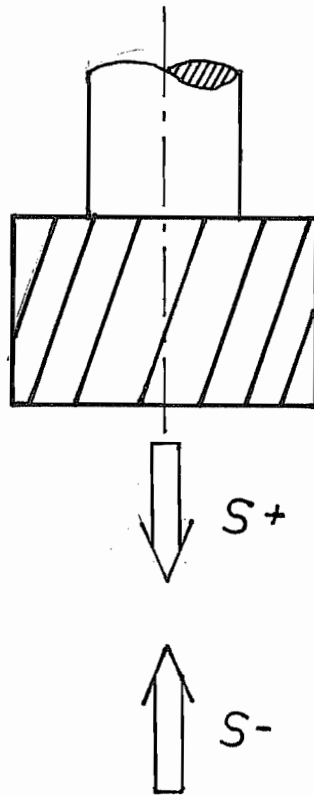


Fig. 19

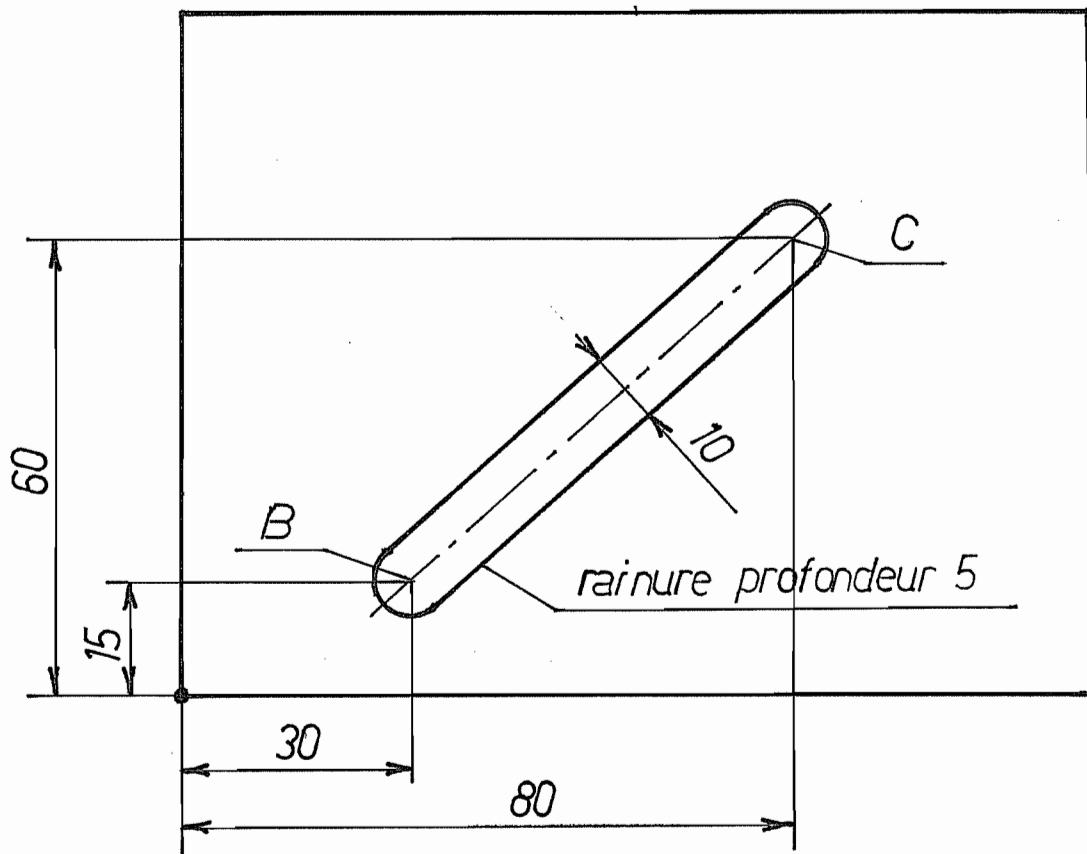


Fig. 20

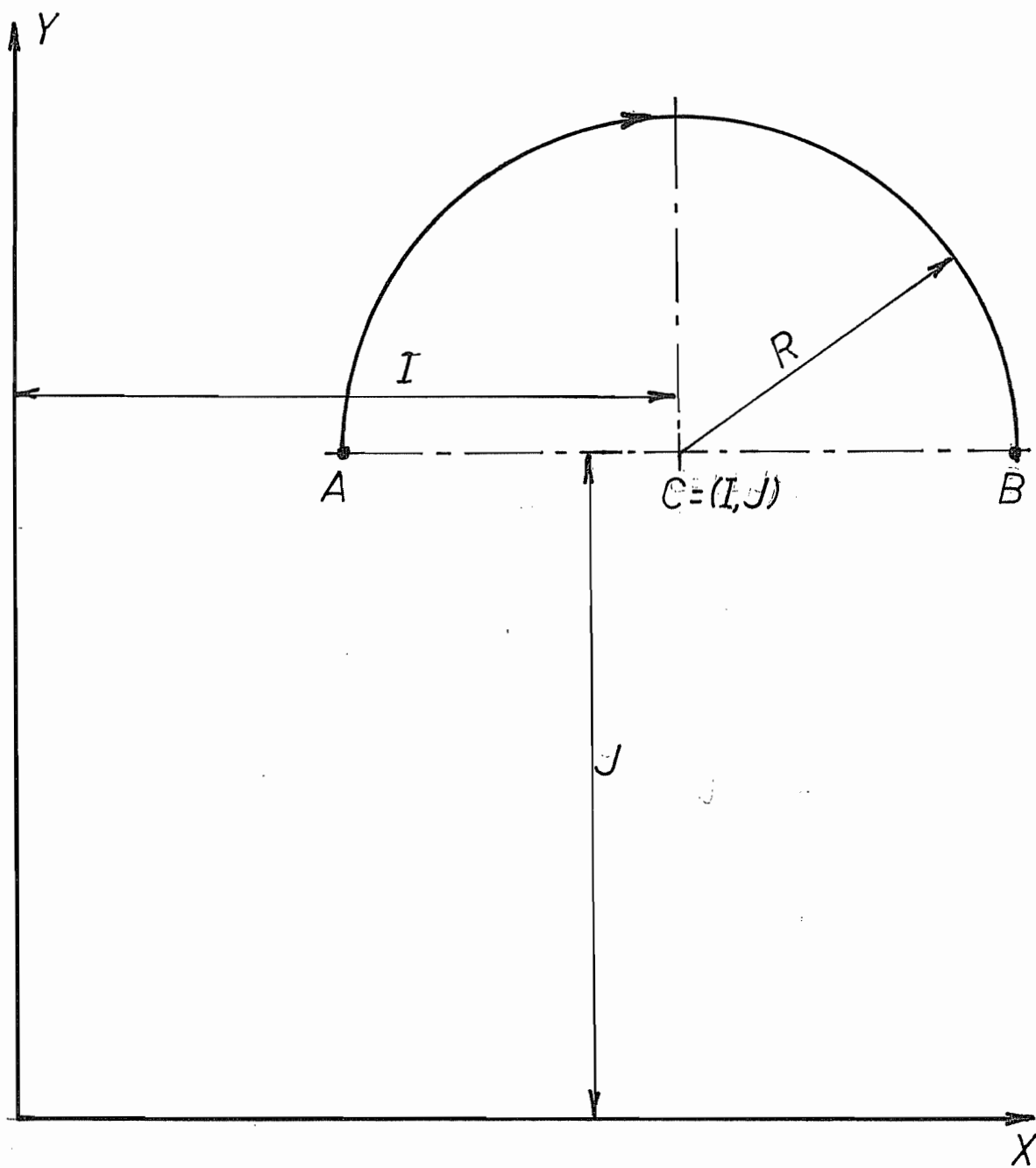


Fig. 21

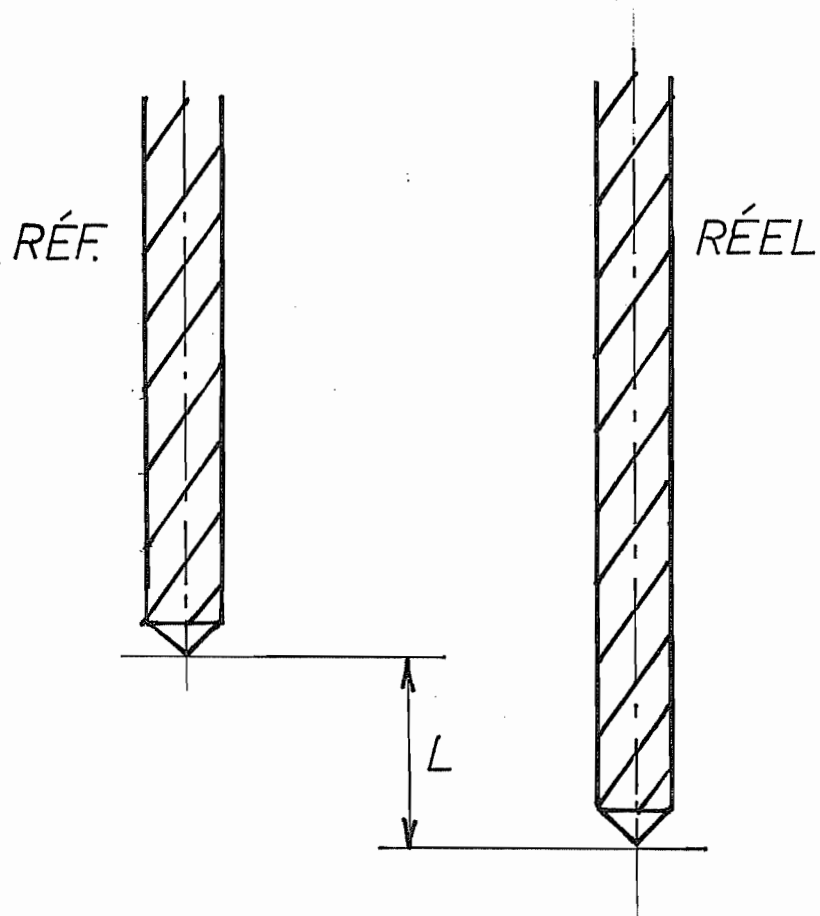


Fig. 22

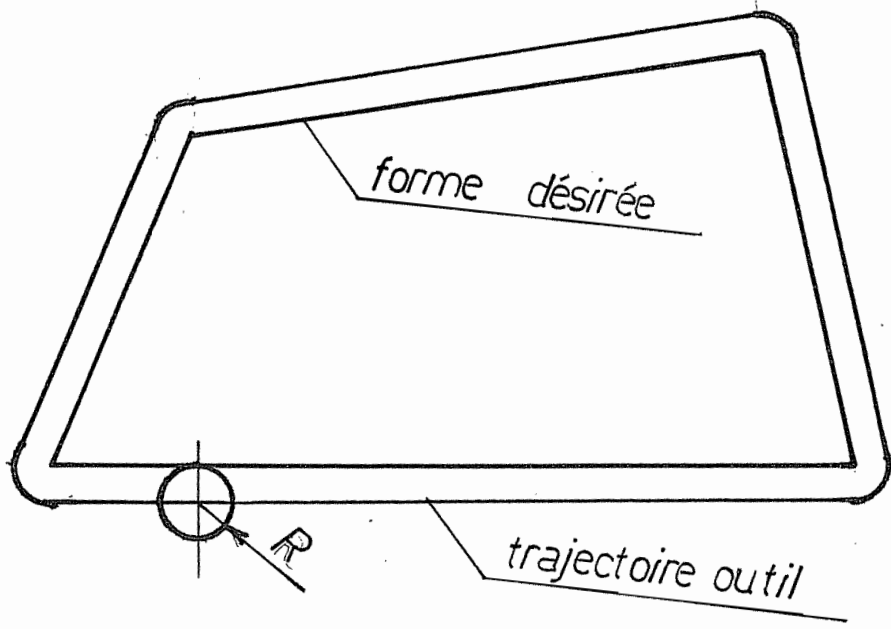
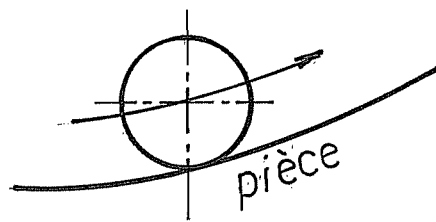
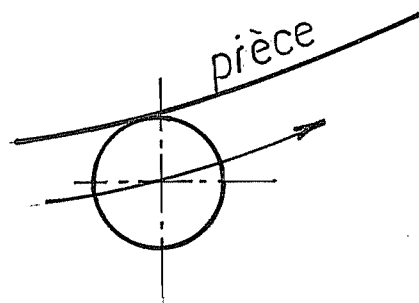


Fig. 23



*Outil à gauche
G41*



*Outil à droite
G42*

Fig. 24

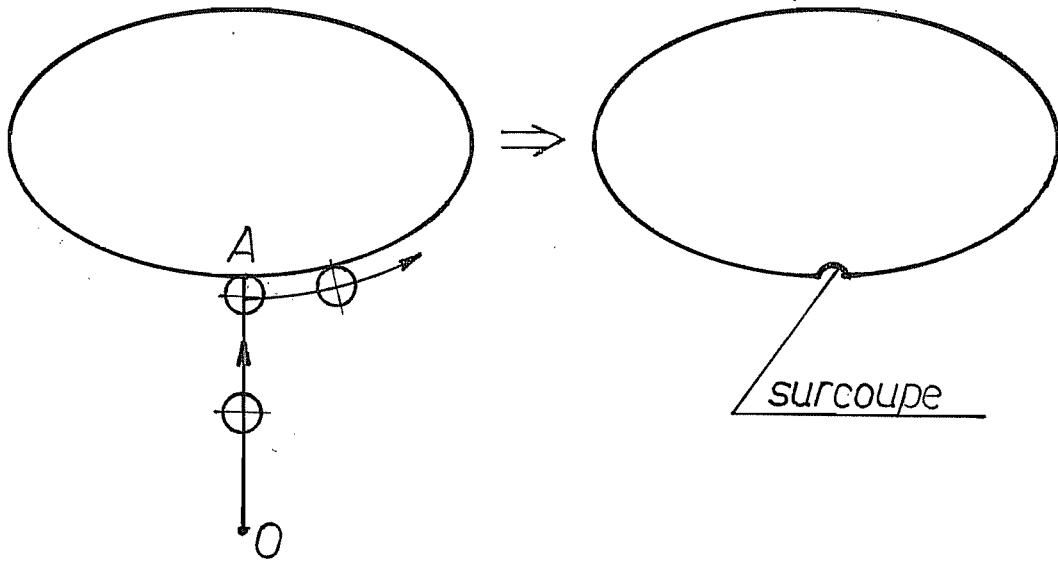


Fig. 25

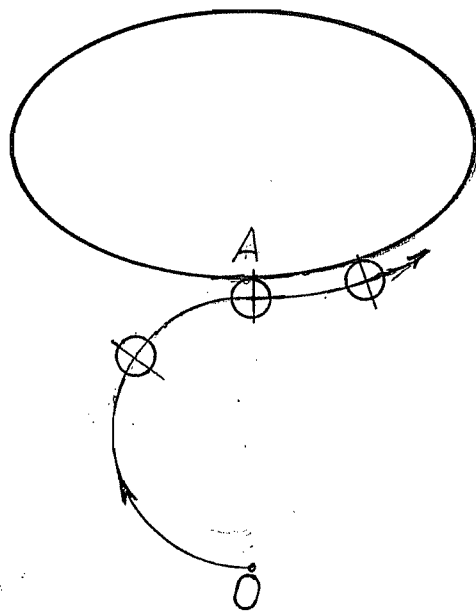


Fig. 26

Chapitre 8

Sciage et brochage

SCIAGE

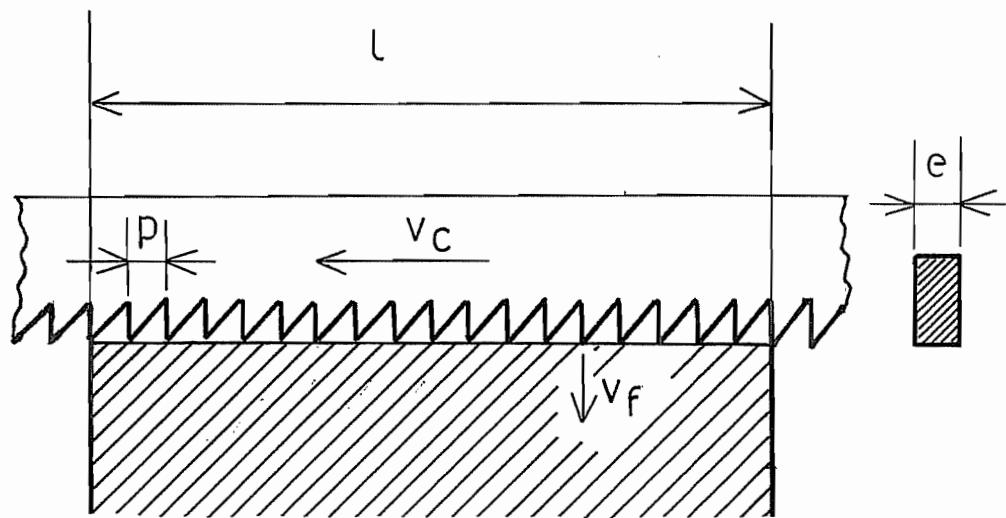


Fig 1

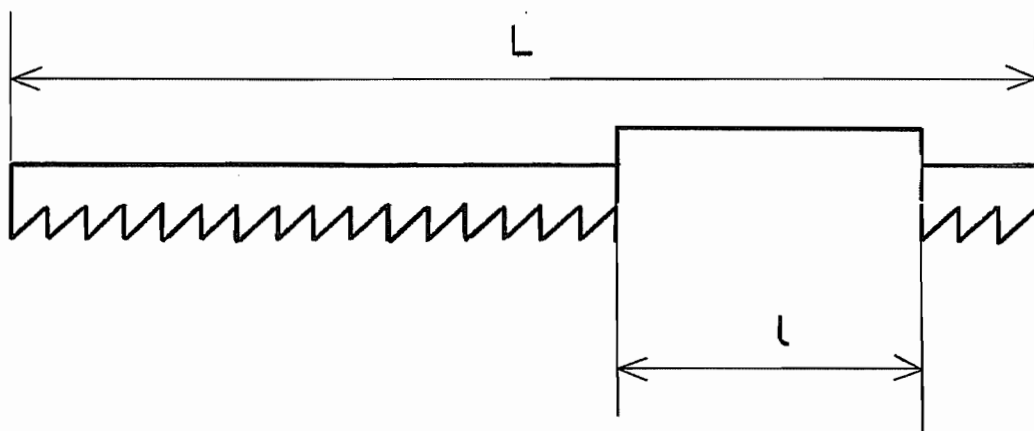


Fig 2

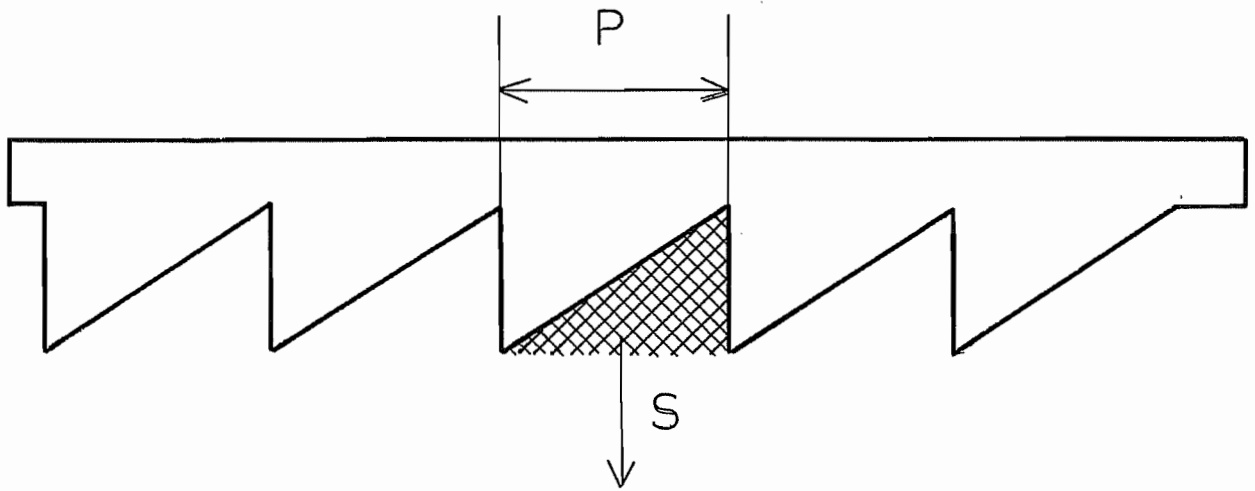


Fig 3

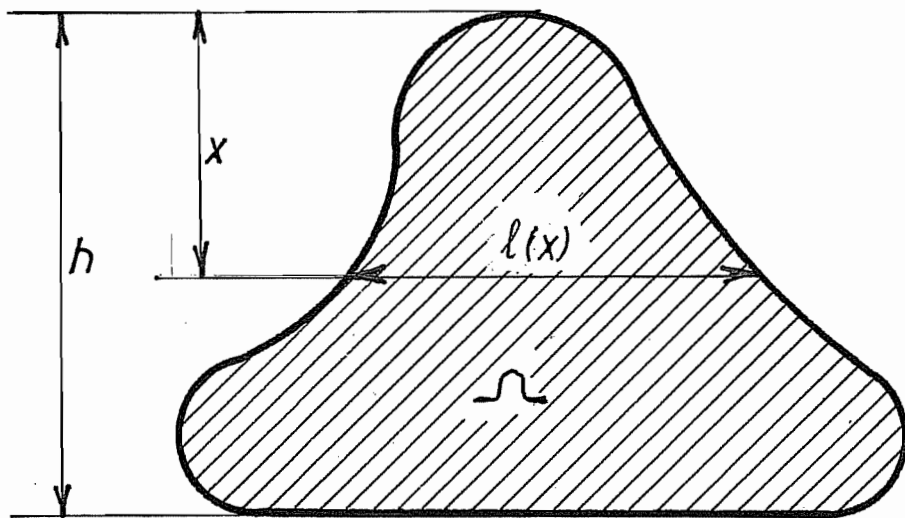


Fig 4

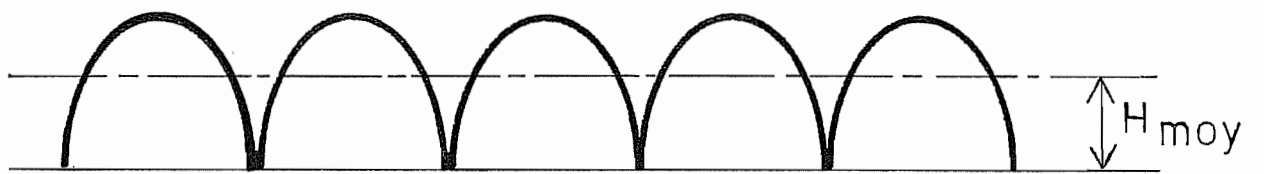


Fig 5

Coupe dans la denture

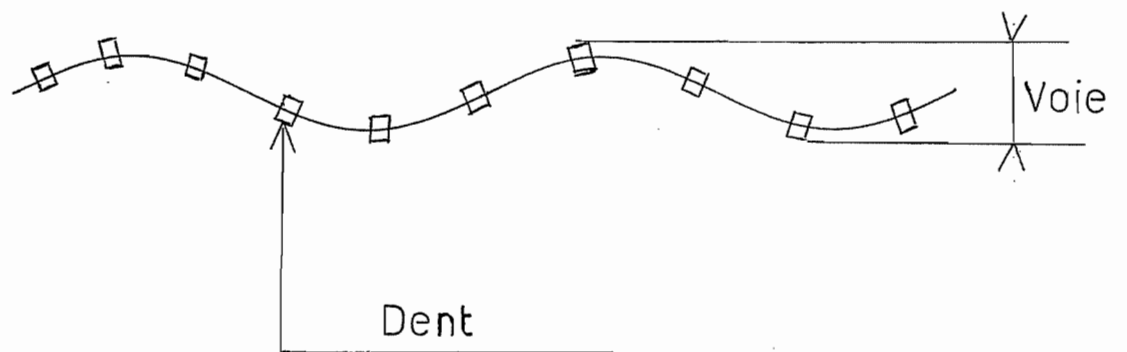
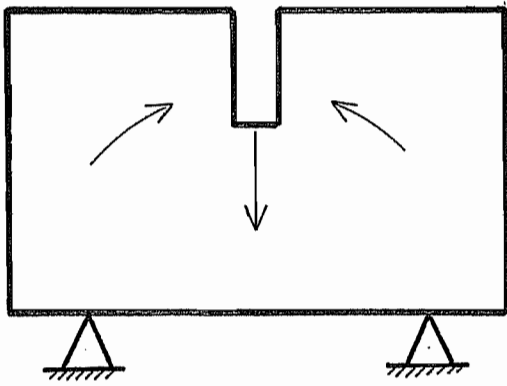
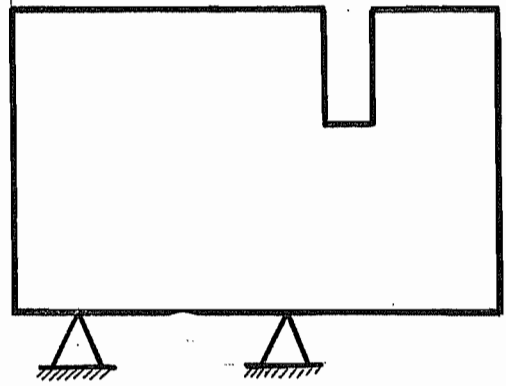


Fig 6



Mauvais



Bon

Fig 7

BROCHAGE

La broche

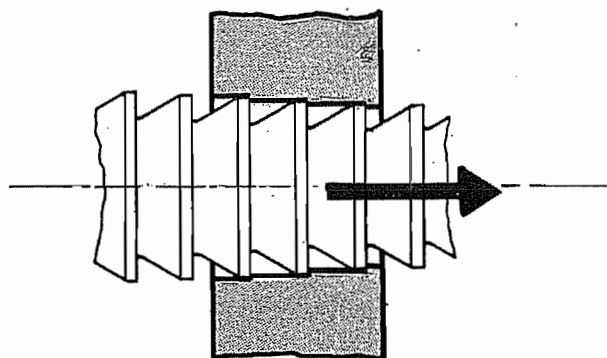
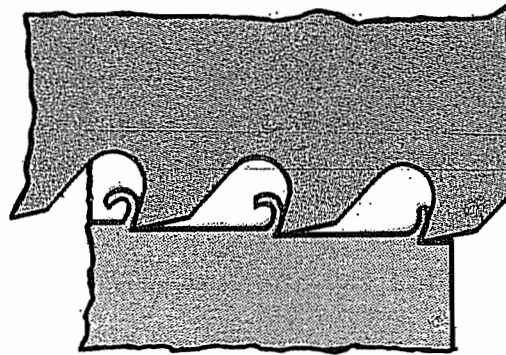


Fig 8

BRUNISSAGE

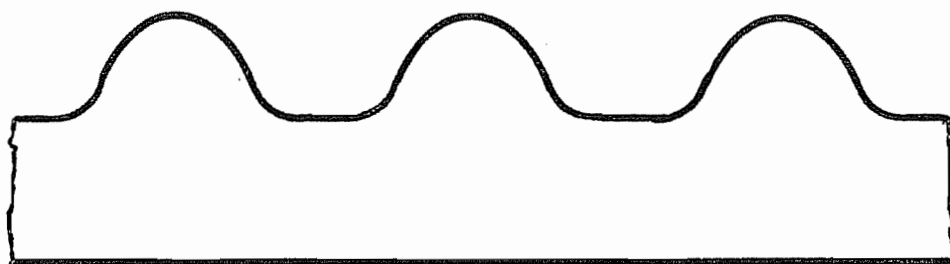


Fig 9

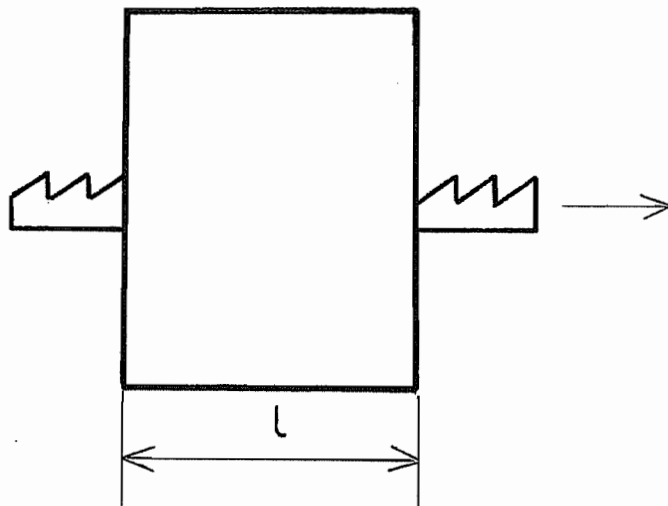
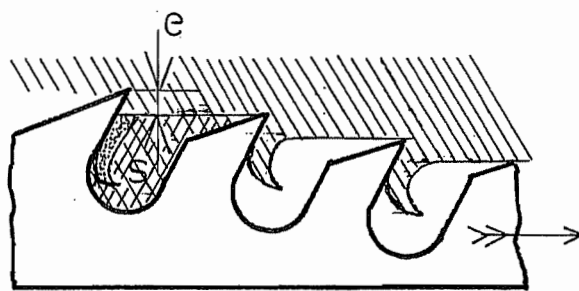


Fig 10

Chapitre 9

Taillage des roues dentées

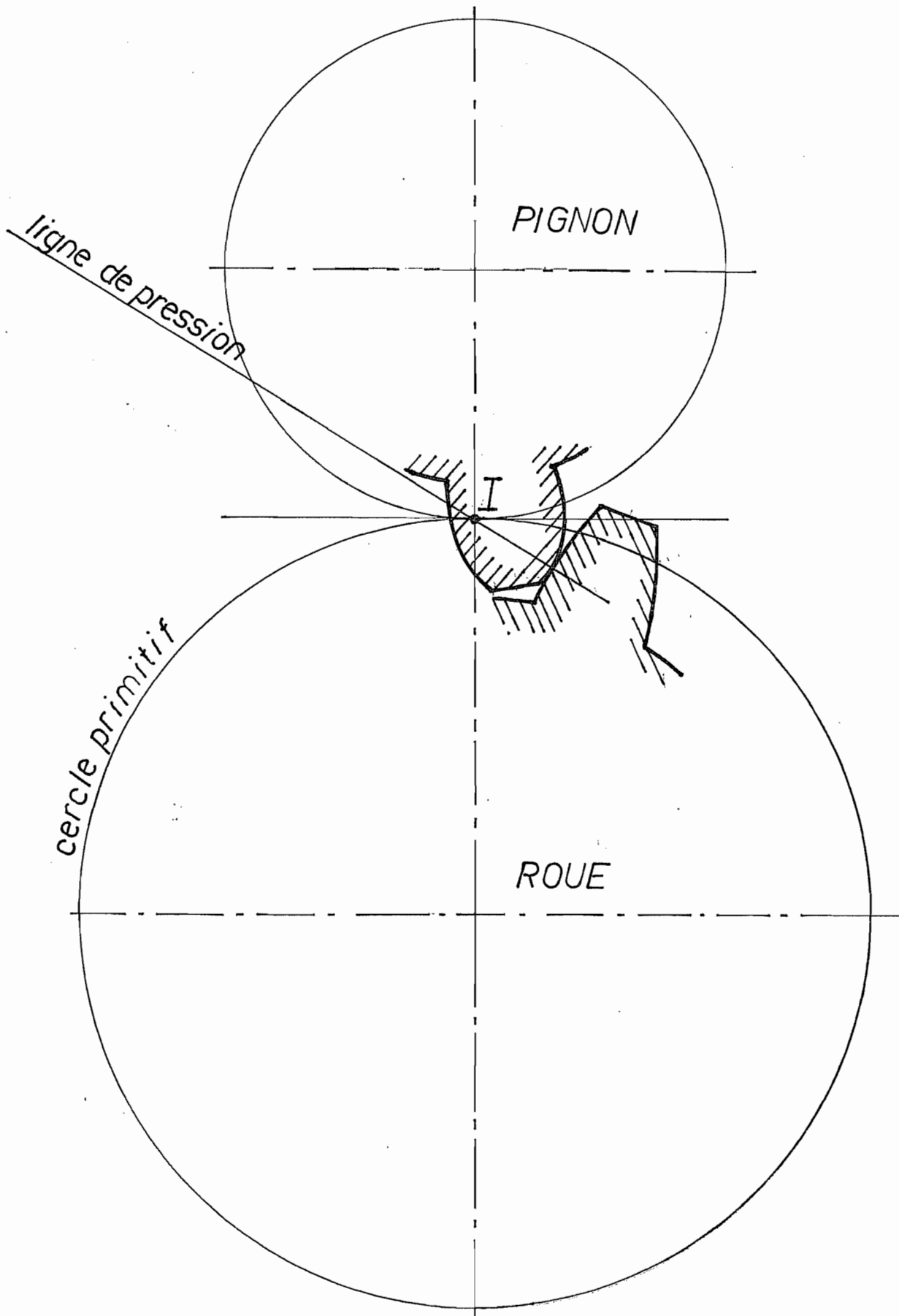


Fig. 1

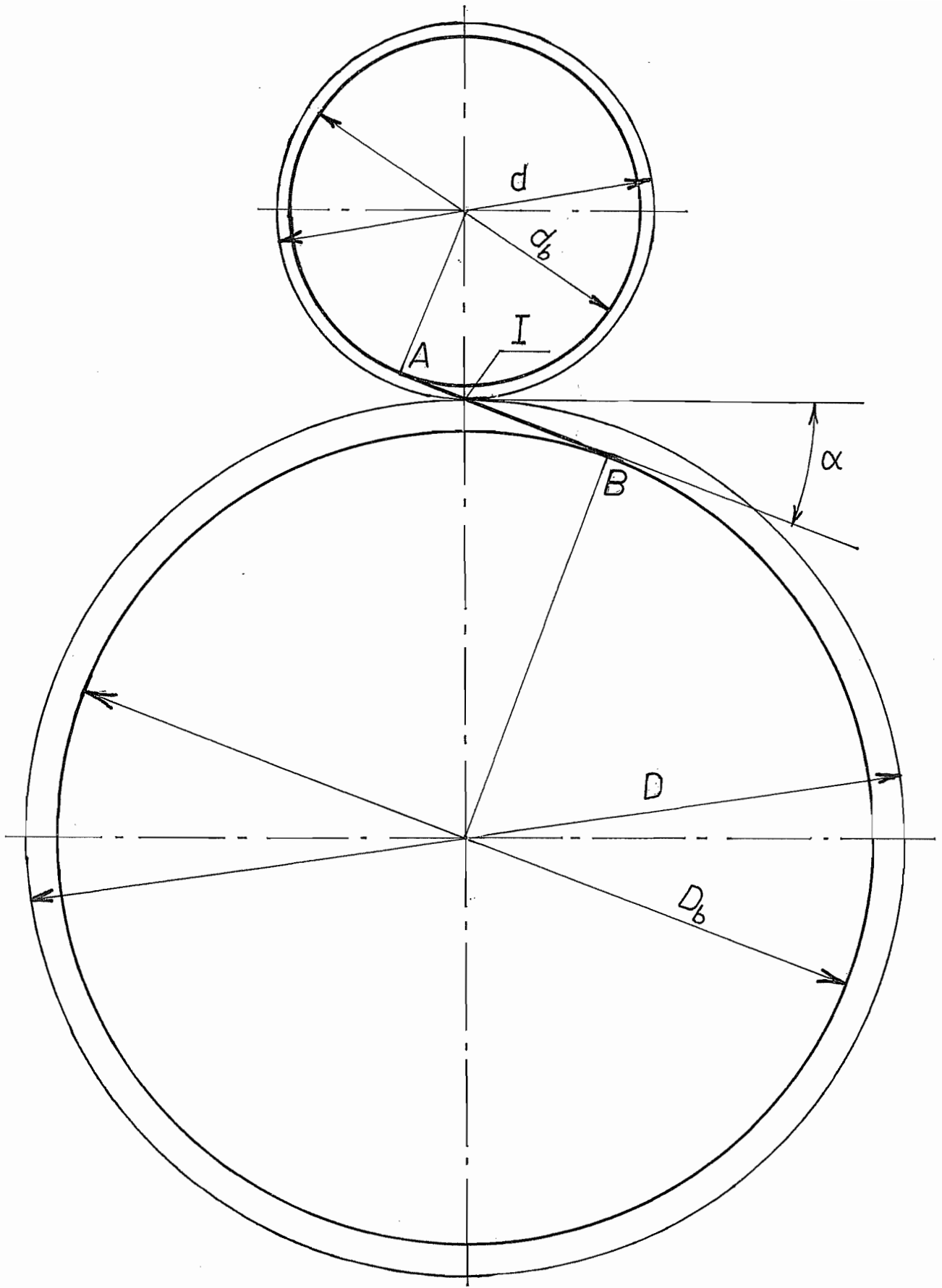


Fig.2

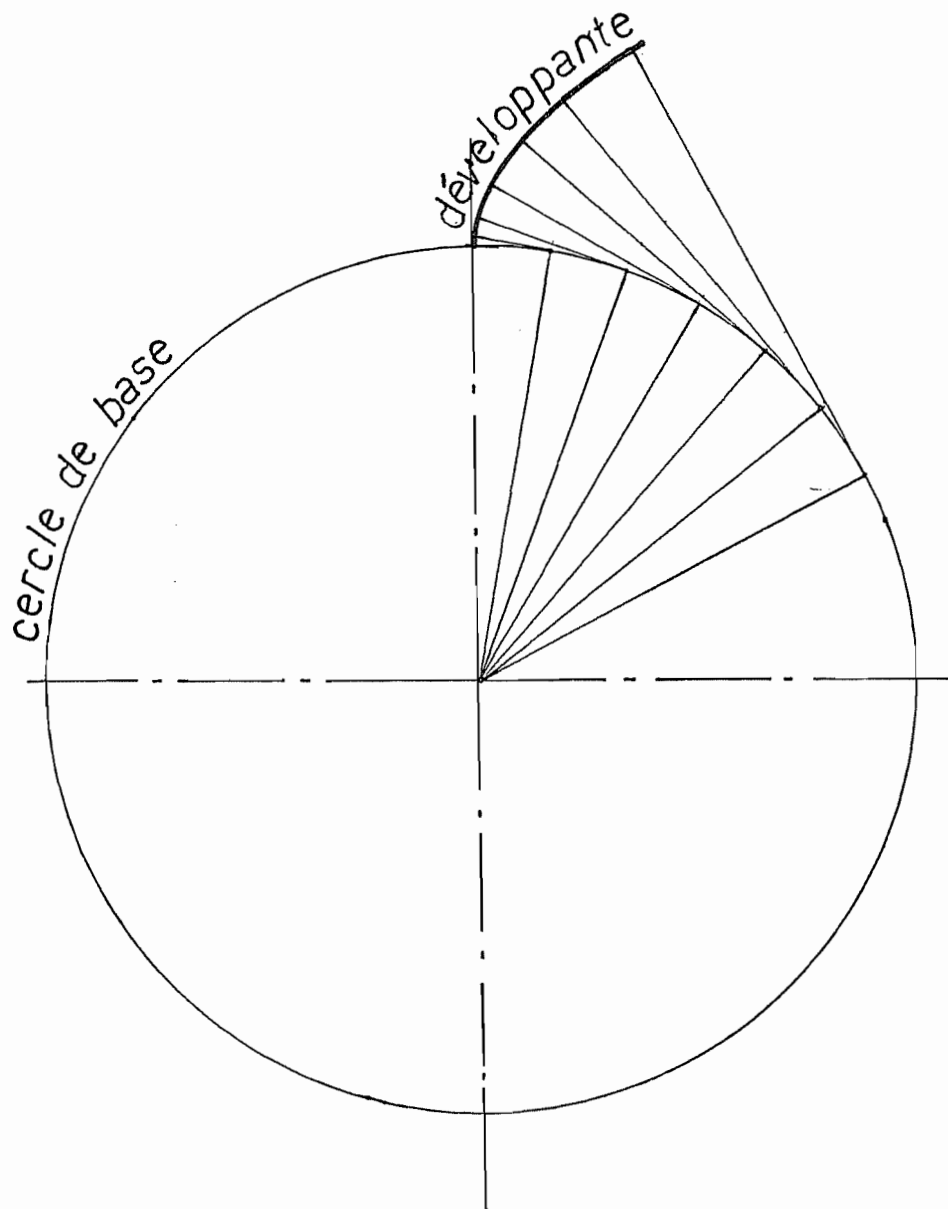


Fig. 3

1

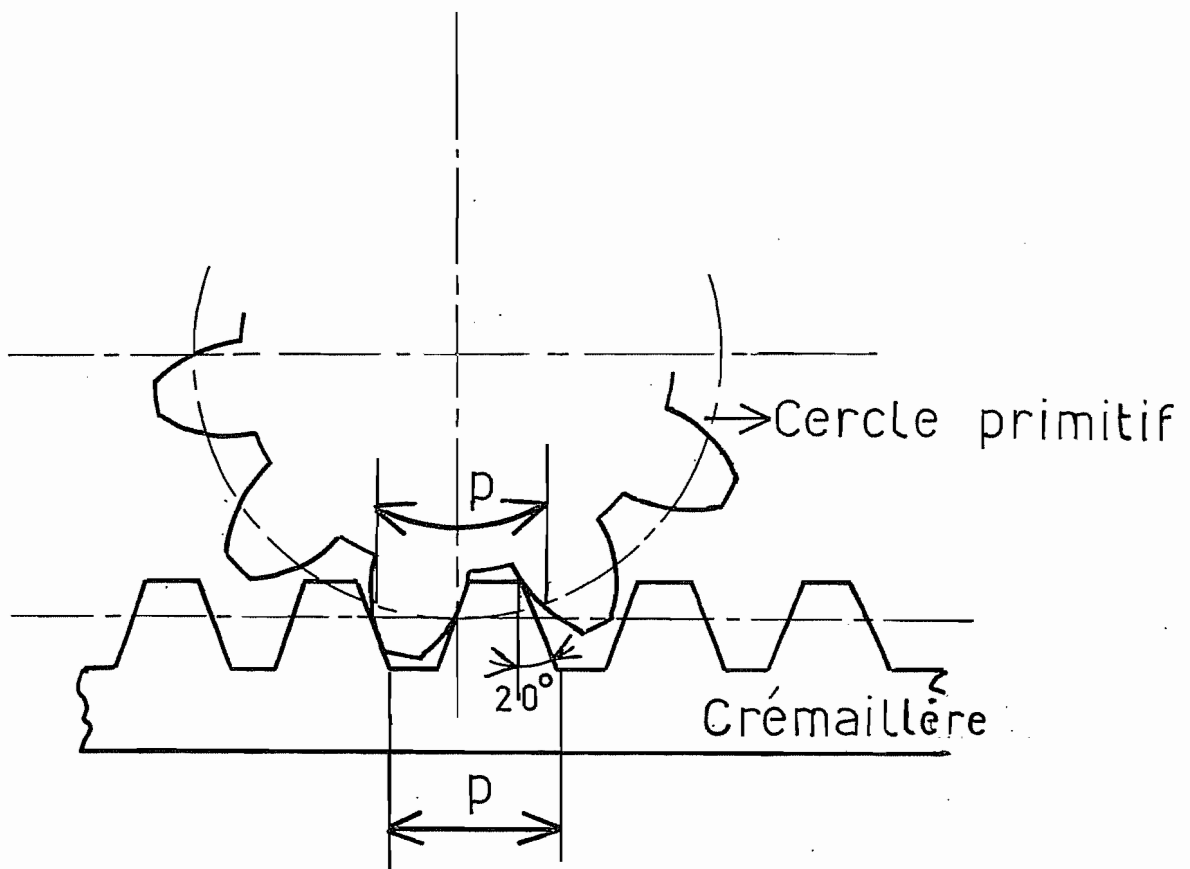
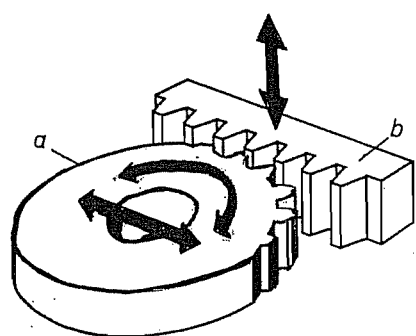
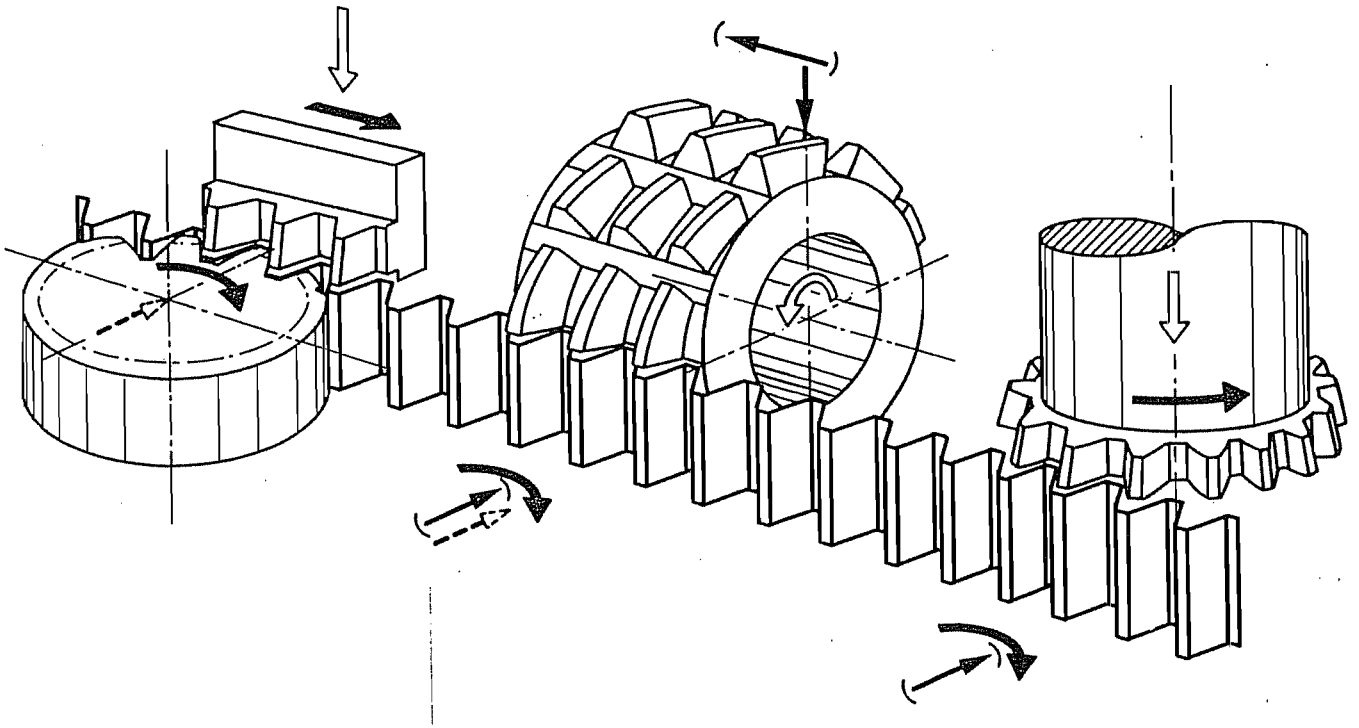
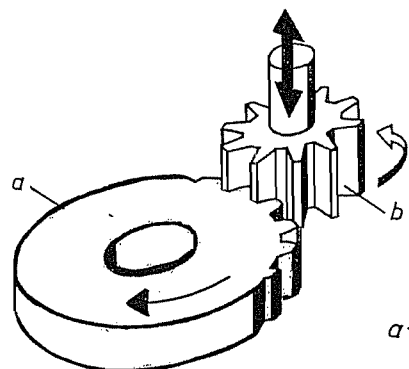


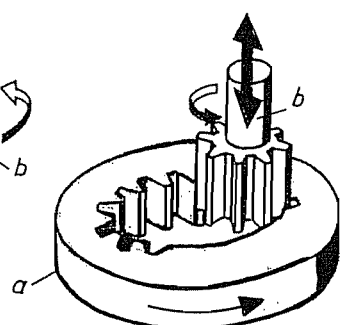
Fig. 4



Processus dans le mortaisage par fraise-mère développante avec un outil crémaillère. a) Corps de roue; b) Outil-crémaillère.



Processus dans le mortaisage d'un engrenage extérieur par développante avec le pignon-couteau. a) Corps de roue; b) Outil-pignon.



Processus dans le mortaisage d'un engrenage intérieur par développante avec le pignon-couteau. a) Corps de roue; b) Outil-pignon.

Fig. 5

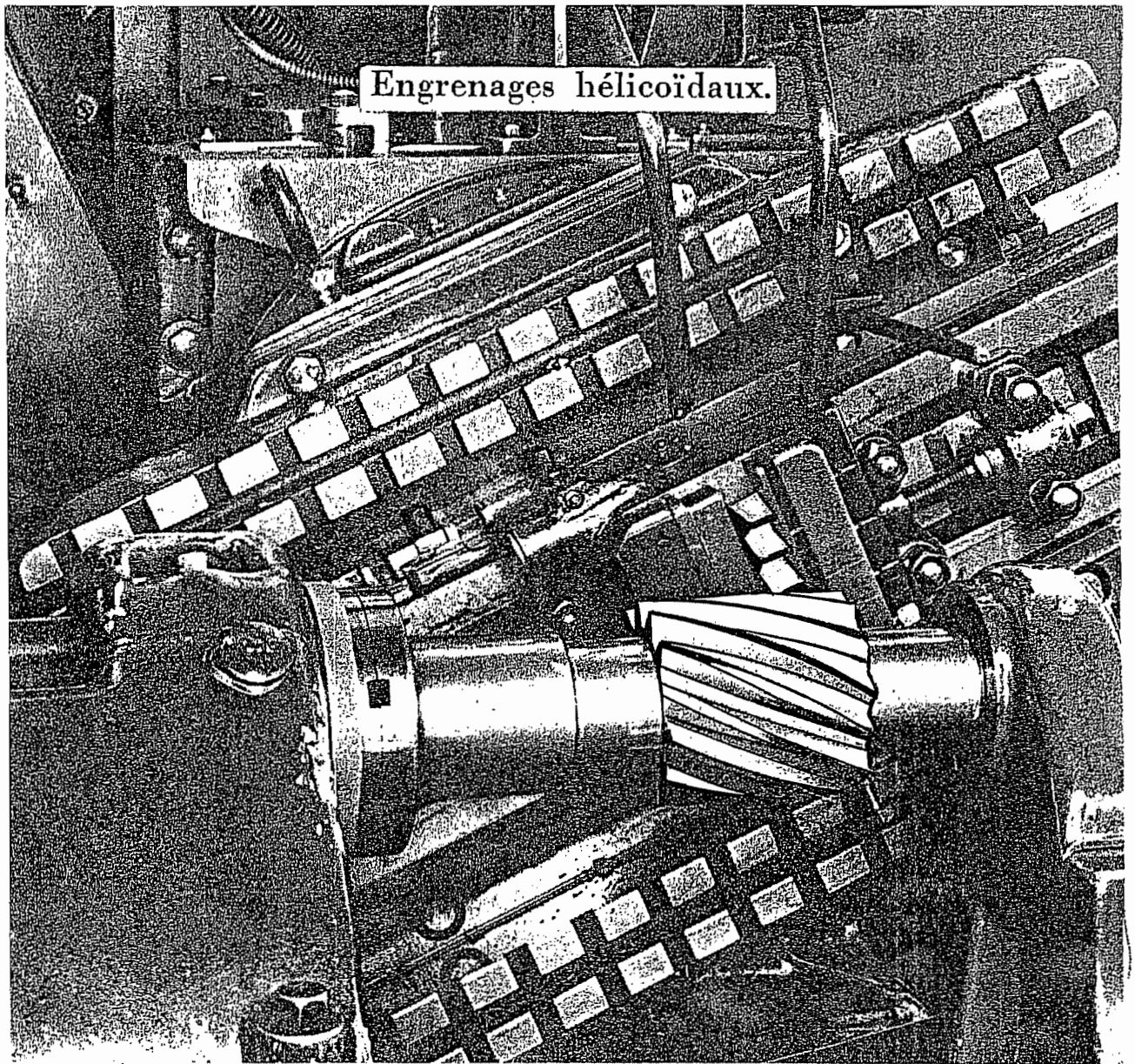


Fig. 6

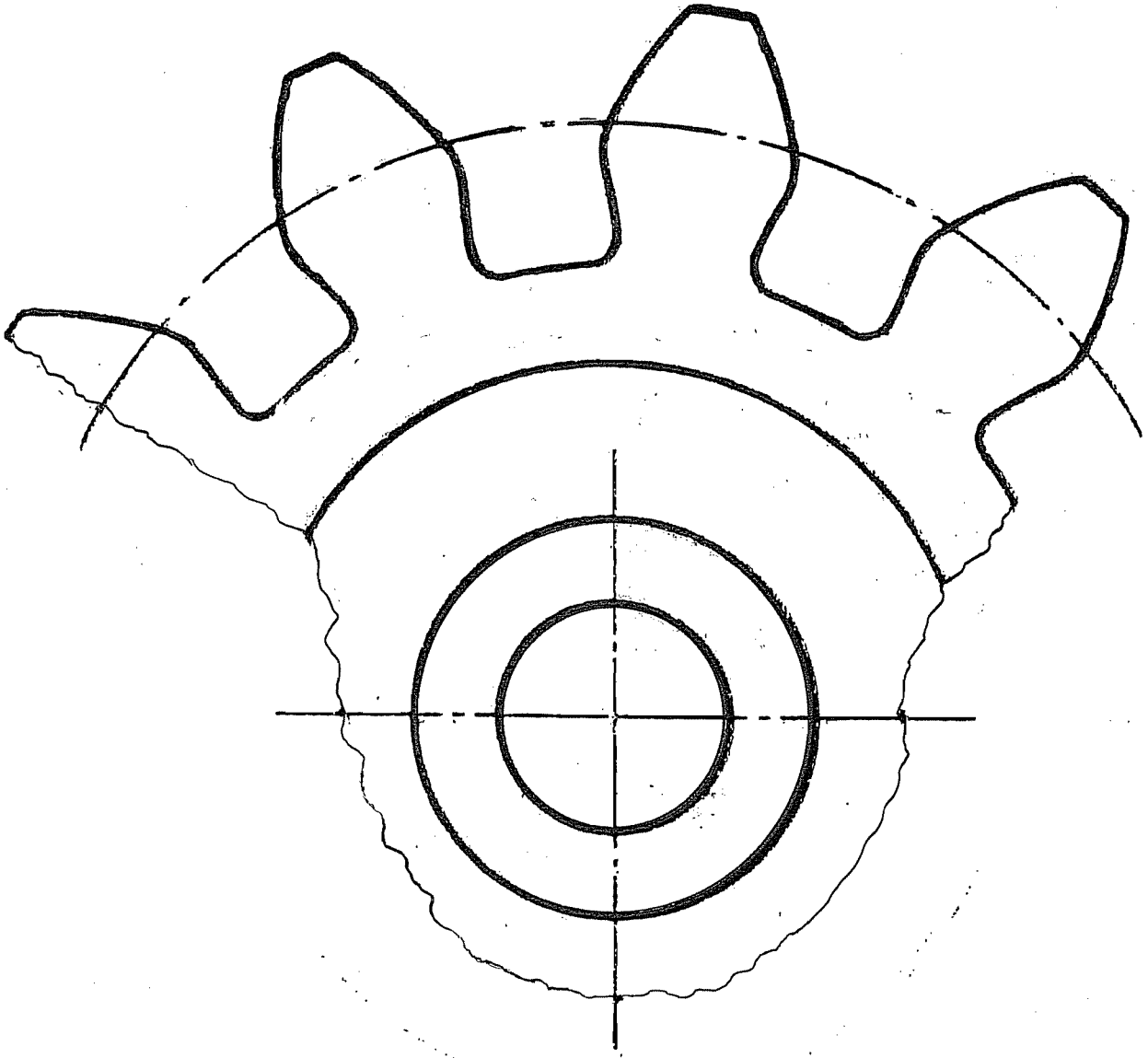


Fig.7

Fraise - mère pour la taille des engrenages

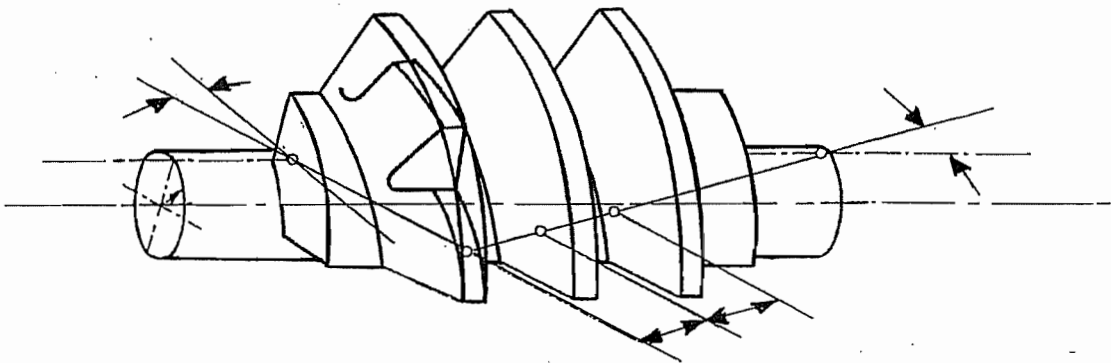
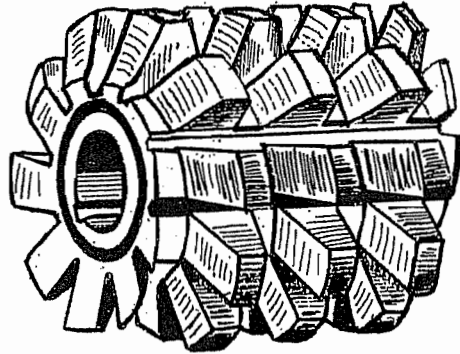


Fig. 8

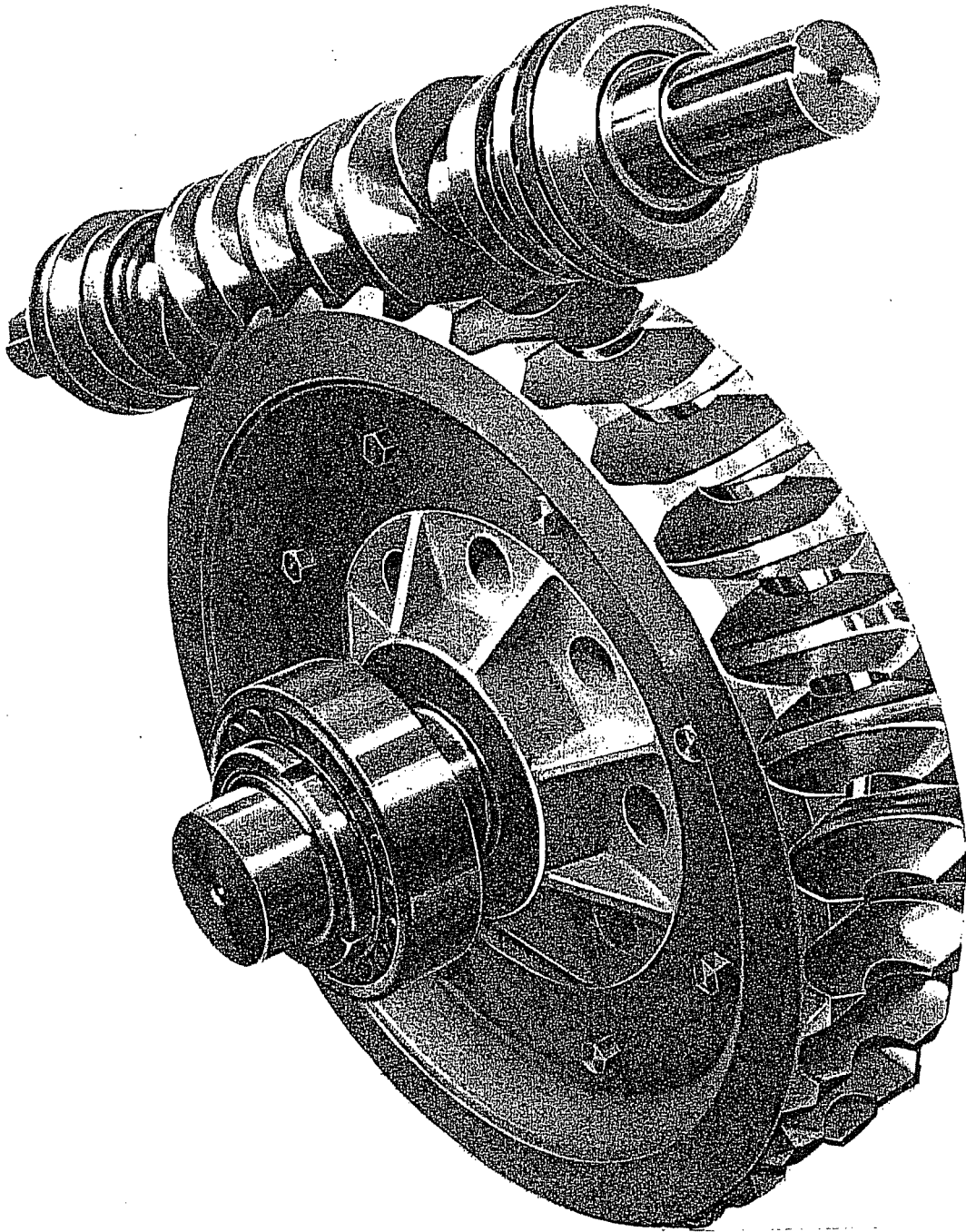


Fig. 9

Taillage par fraise-mère développante

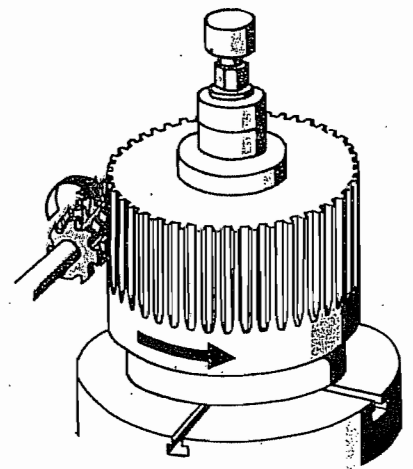
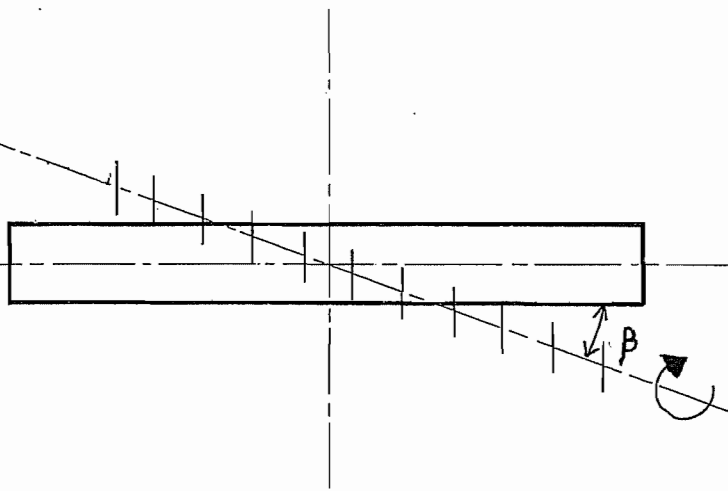
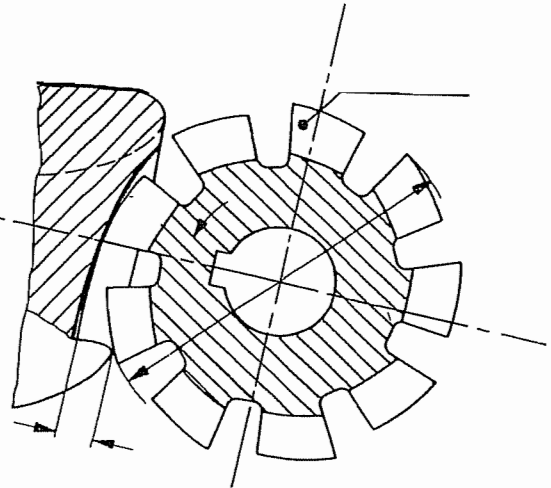
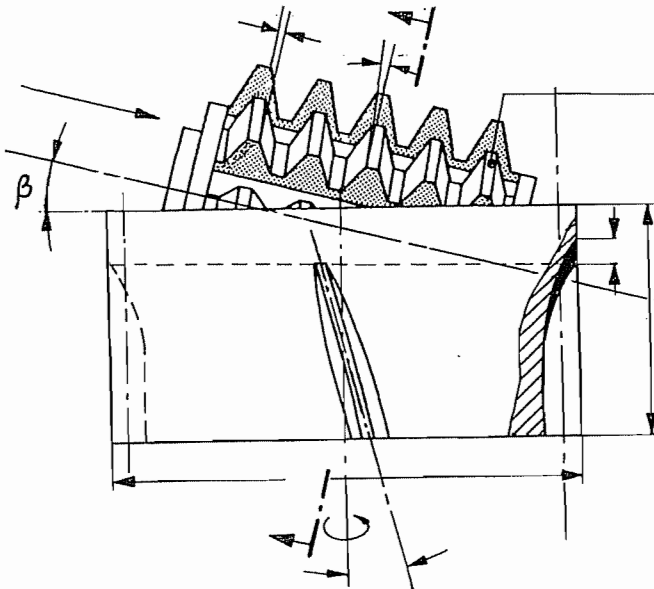
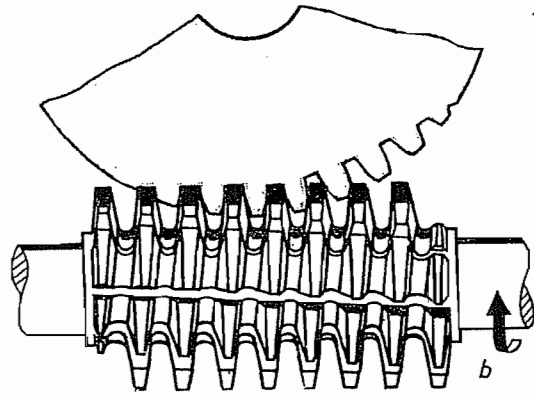
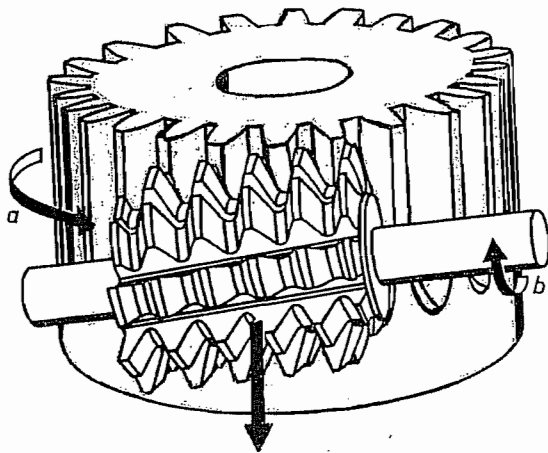


Fig. 10

Fraise module

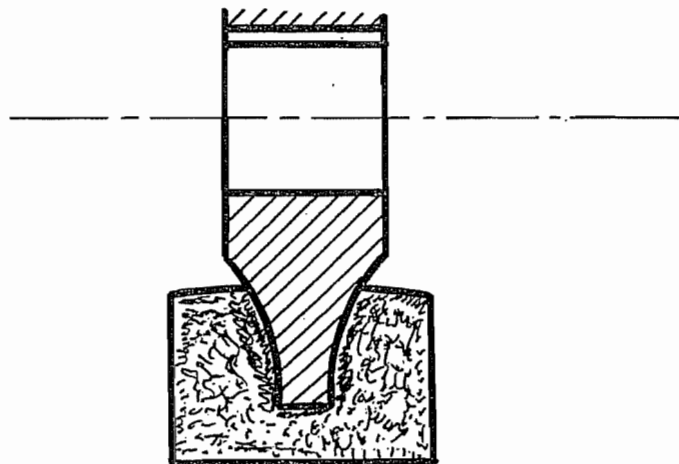
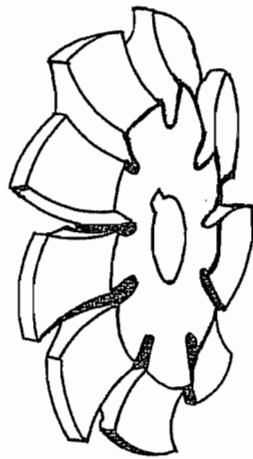


Fig. 11

Fraise - doigt

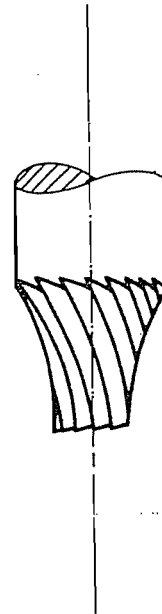
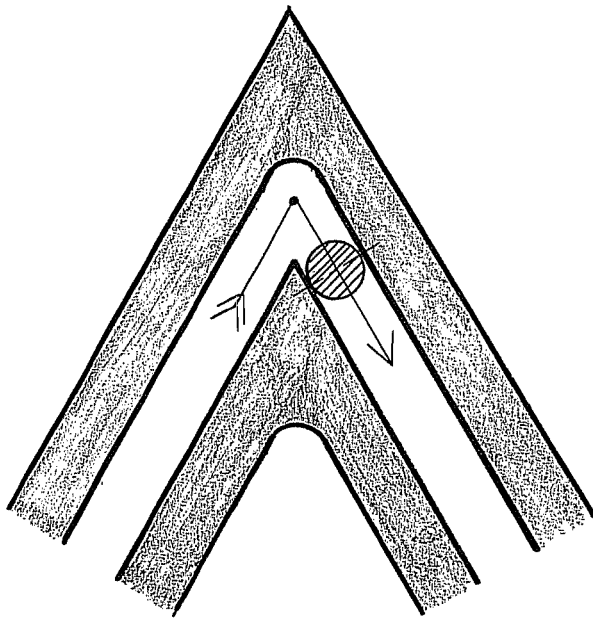
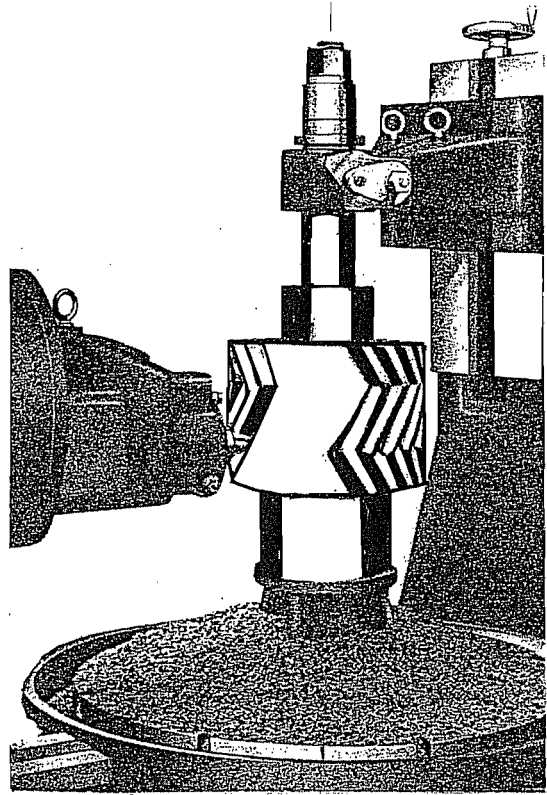
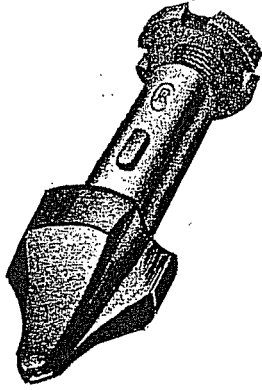


Fig. 12

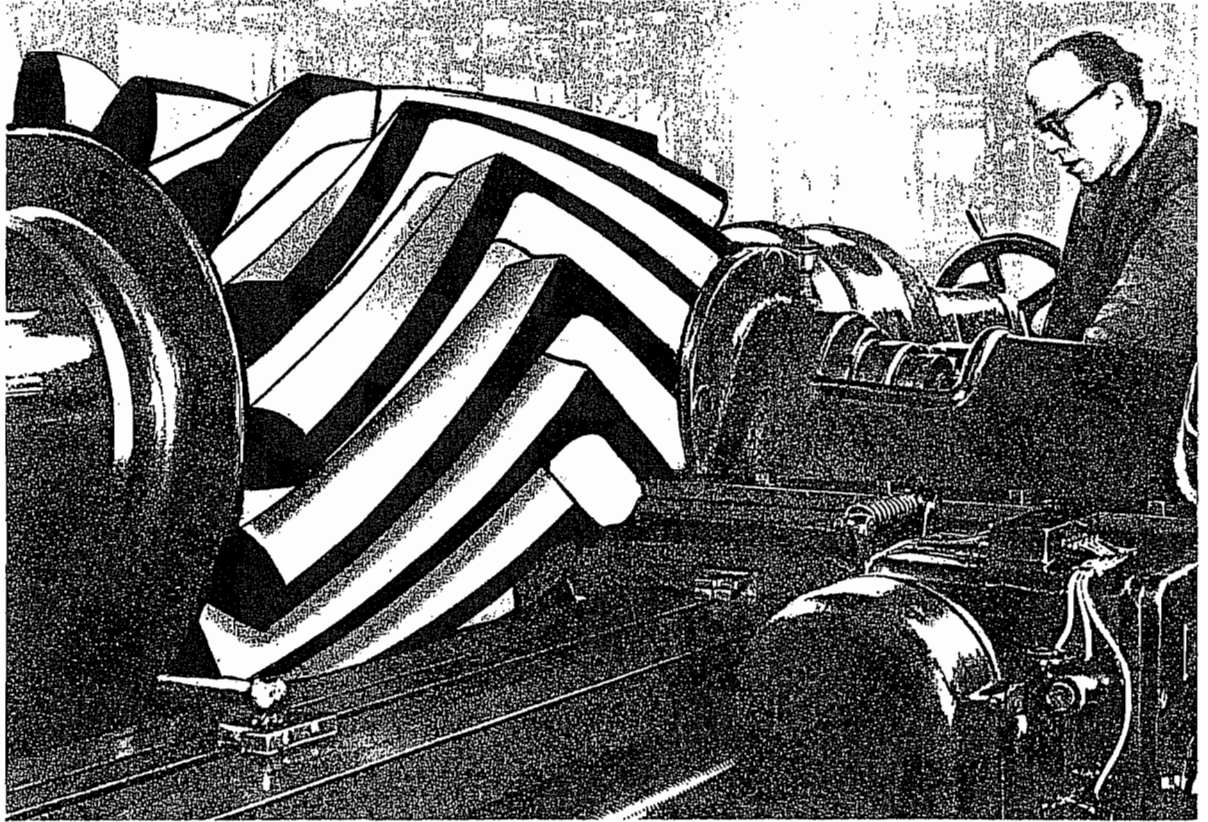


Fig. 13

Chapitre 10

Filetage au tour

harnais d'engrenages

TOUR A FILETER

Vue de côté.

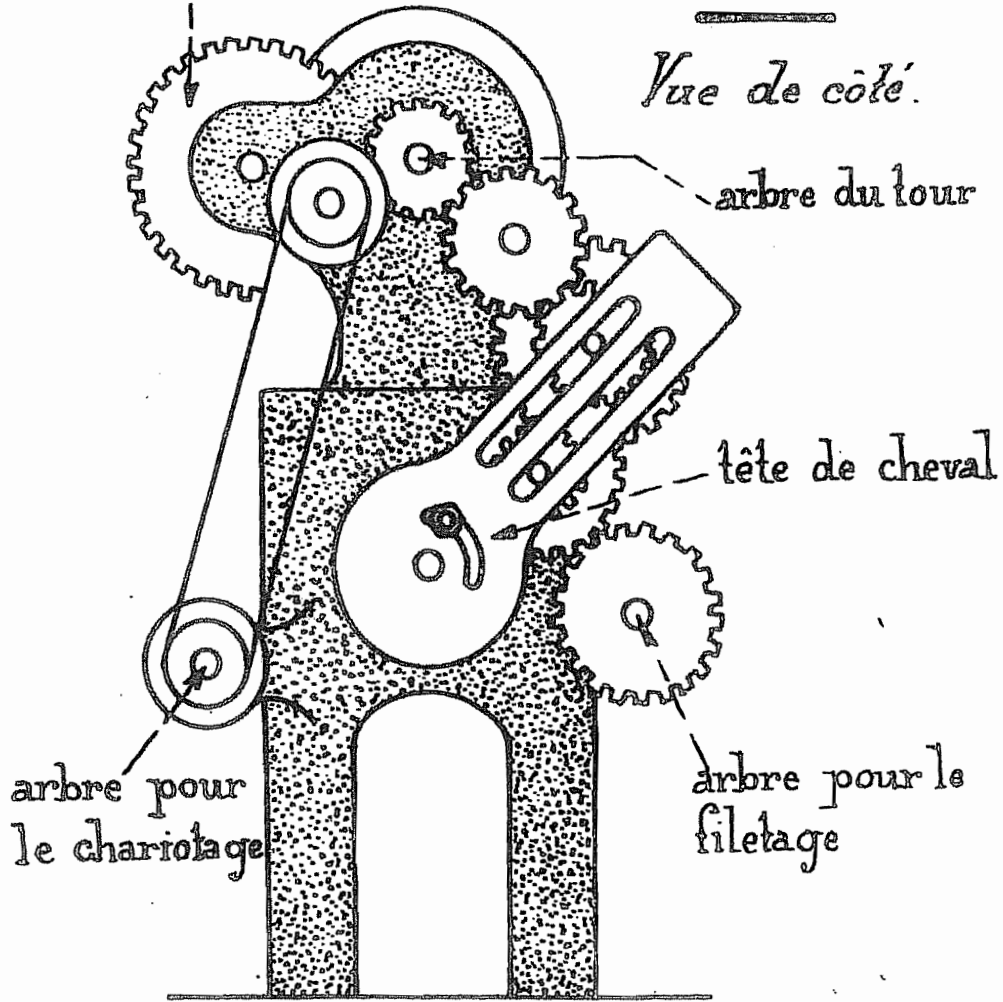


FIG. 1

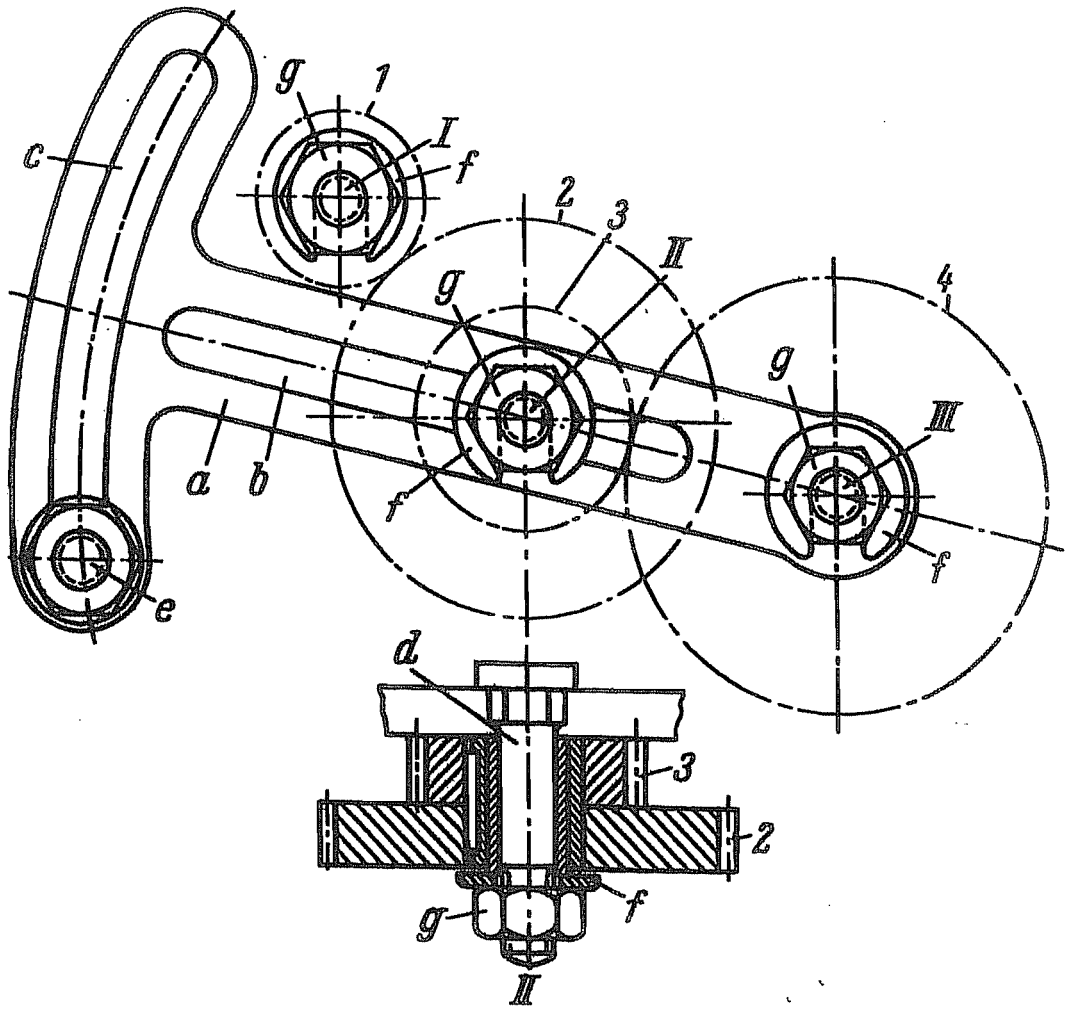


FIG. 2

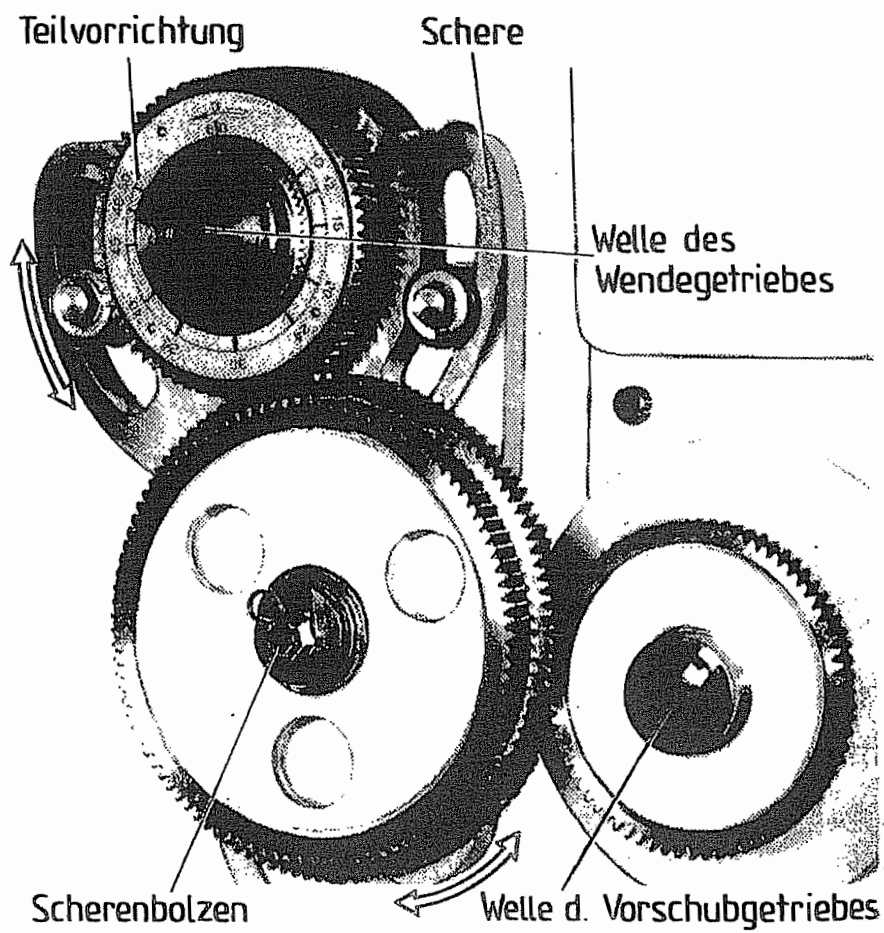
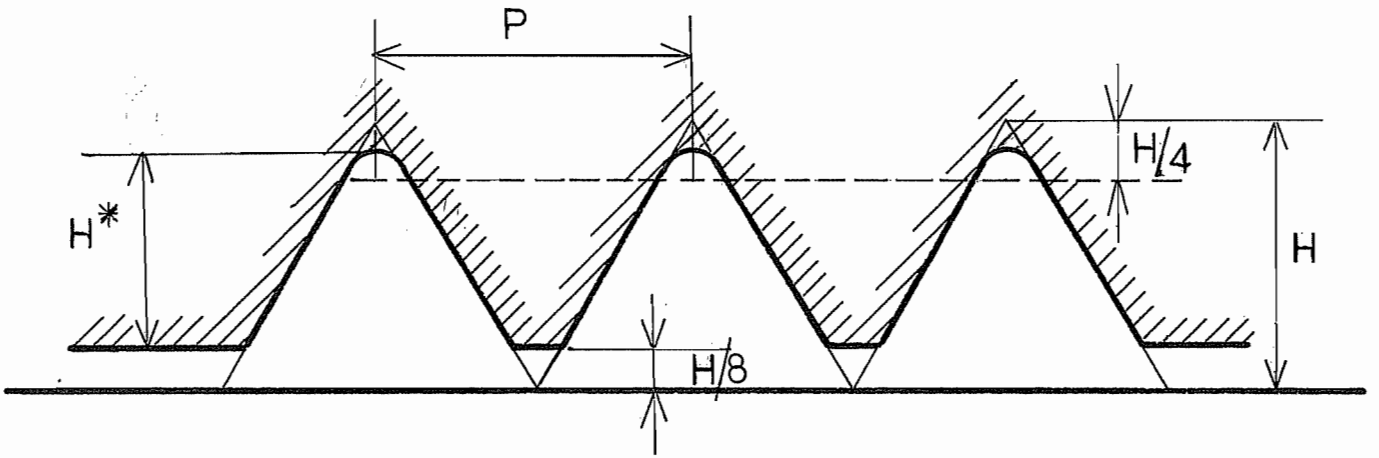
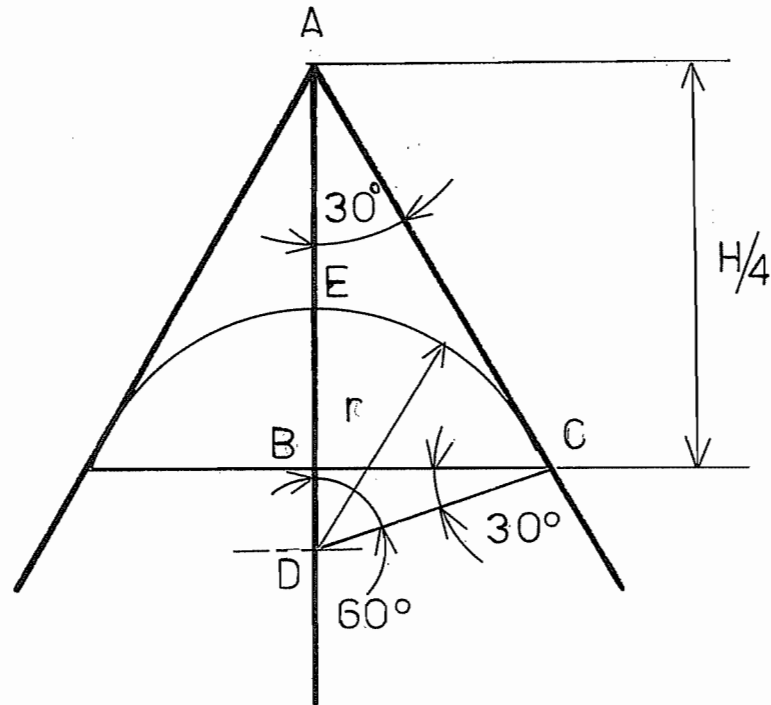


FIG. 3



Creux



FILETAGE

Fig. 4

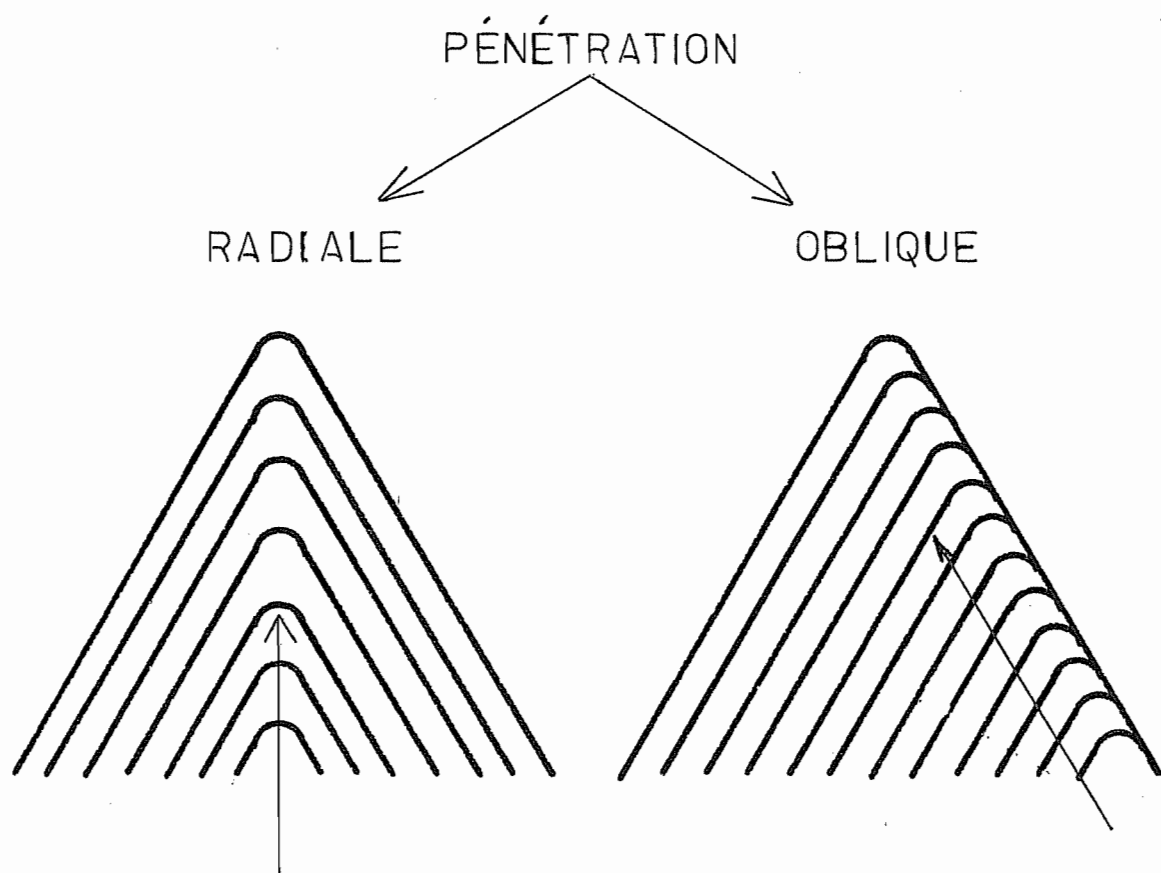


Fig. 5

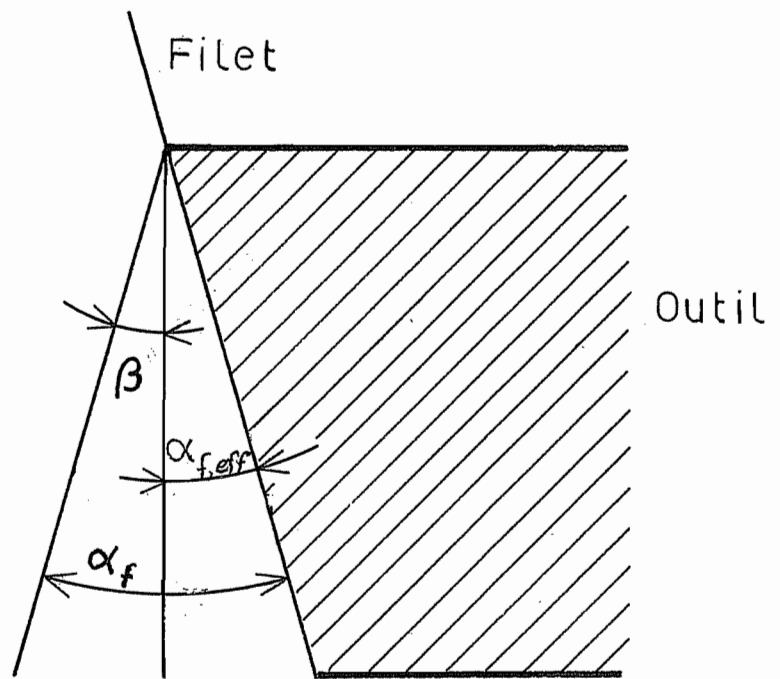


Fig. 6

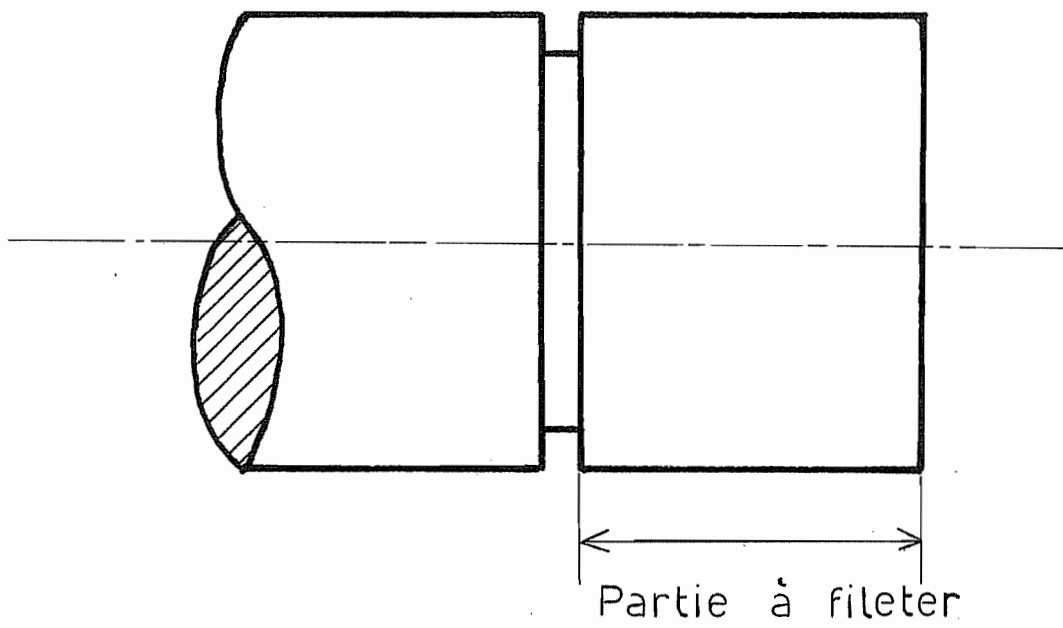
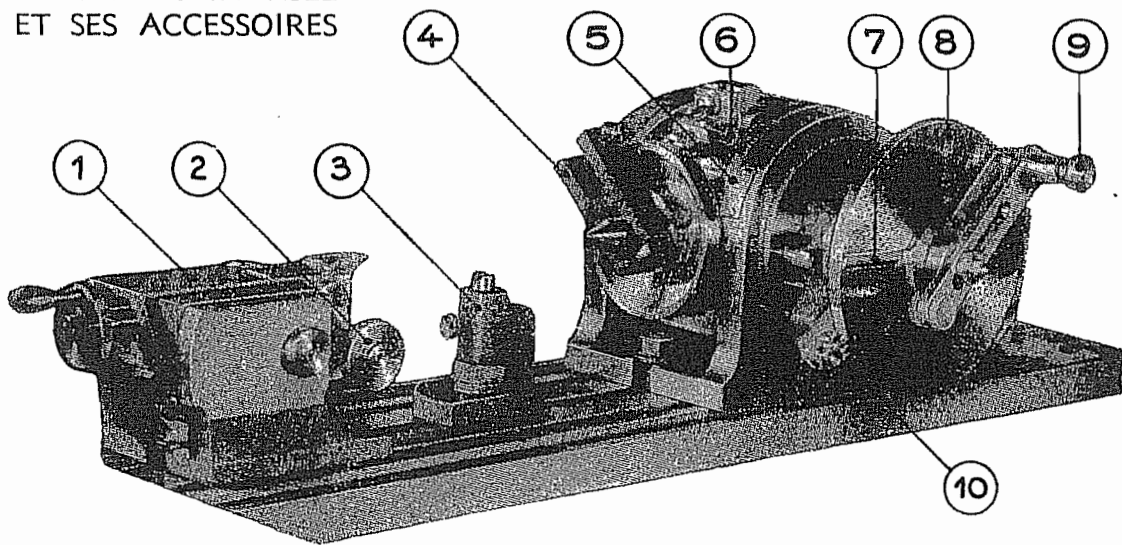


Fig. 7

Chapitre 11

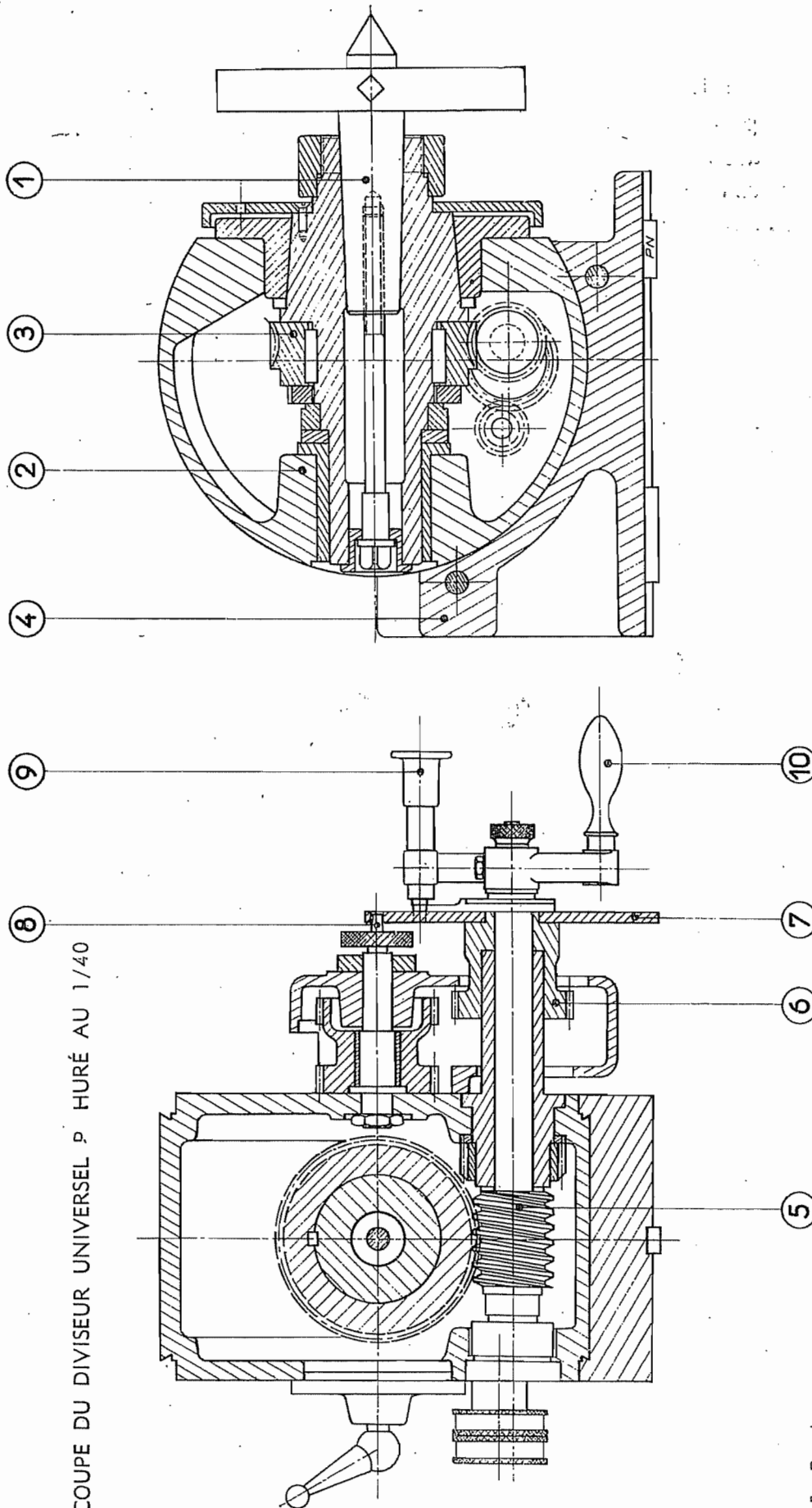
Appareil diviseur

DIVISEUR UNIVERSEL
ET SES ACCESSOIRES



- | | |
|---|---|
| 1. Contrepoupée. | 6. Manette d'arrêt
pour division simple. |
| 2. Réglage en hauteur
de la contre-pointe. | 7. Fourchette. |
| 3. Vérin support. | 8. Disque à trous. |
| 4. Entraîne-toc. | 9. Manivelle alidade. |
| 5. Vernier de réglage vertical. | 10. Réglage auxiliaire de précision. |

FIG. 1



COUPE DU DIVISEUR UNIVERSEL P HURÉ AU 1/40

- 1. Broche.
- 2. Corps pivotant de la poupée.
- 3. Roue hélicoïdale creuse de 40 dents.
- 4. Semelle fixe du diviseur.
- 5. Vis sans fin à un filet.
- 6. Engrenage auxiliaire pour taillage.
- 7. Disque à trous.
- 8. Pointeau d'arrêt du disque.
- 9. Pointeau d'arrêt de l'alidade.
- 10. Manivelle alidade.

FIG. 2

DISPOSITIF « DISQUE A TROUS ET ALIDADE »

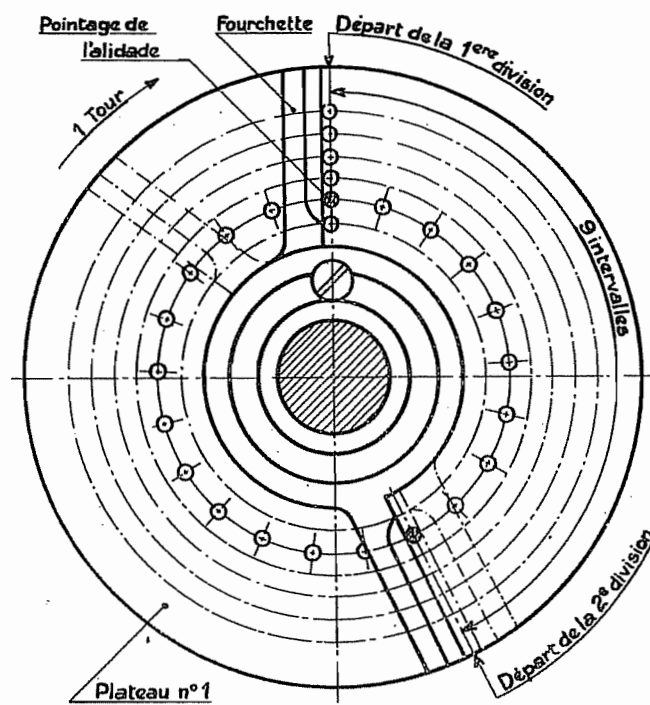


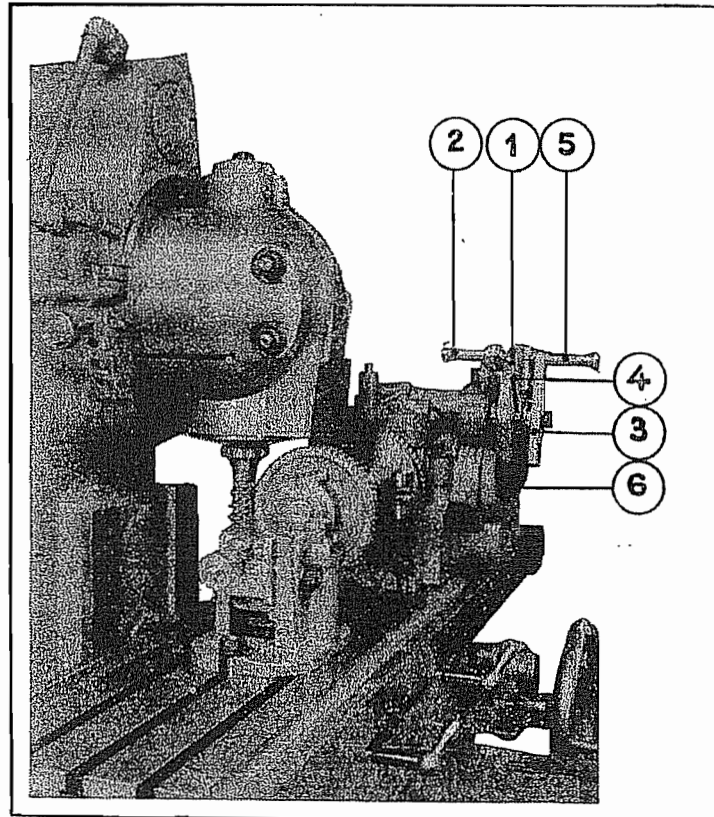
FIG. 3

DIVISIONS SIMPLES DE 1 A 120
AVEC LES TROIS DISQUES A TROUS NORMAUX. R : 1/40

NOMBRES	TOURS et fractions de tours	NOMBRES	TOURS et fractions de tours	NOMBRES	TOURS et fractions de tours	NOMBRES	TOURS et fractions de tours	NOMBRES	TOURS et fractions de tours	NOMBRES	TOURS et fractions de tours
1	40	26	1 21/39	54	20/27	95	8/19	165	8/33	260	6/39
2	20	27	1 13/27	55	24/33	96	10/24	168	5/21	264	5/33
3	13 15/45	28	1 9/21	56	25/35	100	8/20	170	4/17	270	4/27
4	10	29	1 11/29	58	20/29	104	15/39	172	10/43	280	5/35
5	8	30	1 15/45	60	30/45	105	8/21	175	8/35	290	4/29
6	6 30/45	31	1 9/31	62	20/31	108	10/27	180	10/45	296	5/37
7	5 25/35	32	1 6/24	64	15/24	110	12/33	184	5/23	300	6/45
8	5	33	1 7/33	65	24/39	115	8/23	185	8/37	310	4/31
9	4 12/27	34	1 3/17	66	20/33	116	10/29	188	10/47	312	5/39
10	4	35	1 5/35	68	10/17	120	15/45	190	4/19	320	3/24
11	3 21/33	36	1 5/45	70	20/35	124	10/31	192	5/24	328	5/41
12	3 15/45	37	1 3/37	72	25/45	125	8/25	195	8/39	330	4/33
13	3 3/39	38	1 1/19	74	20/37	130	12/39	200	5/25	340	2/17
14	2 18/21	39	1 1/39	75	24/45	132	10/33	205	8/41	344	5/43
15	2 30/45	40	1	76	10/19	135	8/27	210	4/21	350	4/35
16	2 12/24	41	40/41	78	20/39	136	5/17	215	8/43	360	5/45
17	2 6/17	42	20/21	80	12/24	140	10/35	216	5/27	370	4/37
18	2 6/27	43	40/43	82	20/41	145	8/29	220	6/33	376	5/47
19	2 2/19	44	30/33	84	10/21	148	10/37	225	8/45	380	2/19
20	2	45	40/45	85	8/17	150	12/45	230	4/23	390	4/39
21	1 19/21	46	20/23	86	20/43	152	5/19	232	5/29	400	2/20
22	1 27/33	47	40/47	88	15/33	155	8/31	235	8/47	410	4/41
23	1 17/23	48	20/24	90	20/45	156	10/39	240	4/24	420	2/21
24	1 30/45	50	16/20	92	10/23	160	6/24	248	5/31		
25	1 15/25	52	30/39	94	20/47	164	10/41	250	4/25		

TABLEAU 1

DIVISION COMPOSÉE SUR POUPÉE DIVISEUR GAMBIN



1. Plateau avant. — 2. Pointeau arrière fixe. — 3. Manivelle alidade. — 4. Fourchette ou compas avant. — 5. Pointeau de la manivelle alidade. — 6. Plateau arrière

FIG. 4

DIVISION COMPOSÉE (Un seul disque à trous)

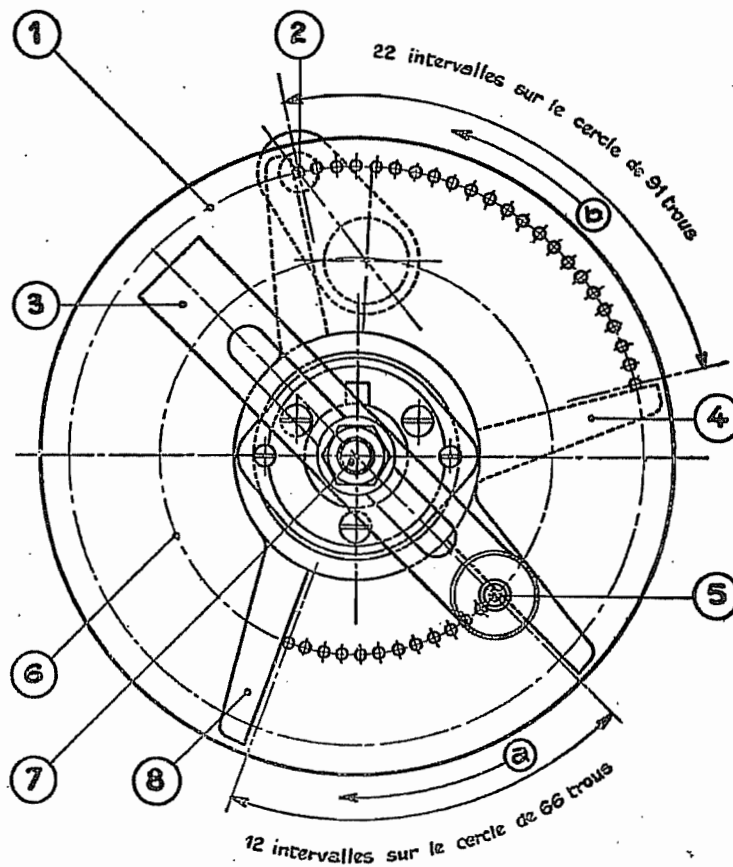
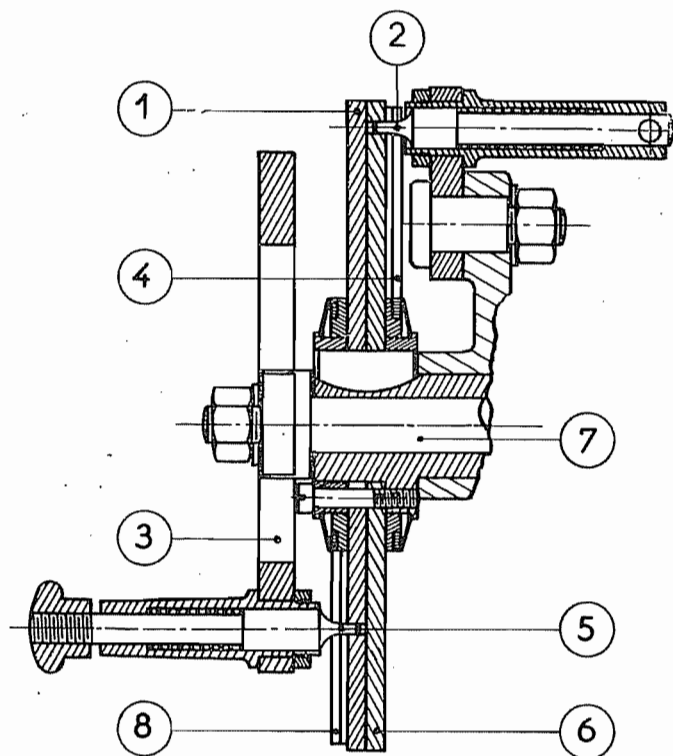


FIG. 5

Exemple pour 1001 parties égales :

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. Plateau I. Cercle E (91 trous). 2. Pointeau arrière fixe. 3. Manivelle alidade. 4. Fourchette ou compas arrière. 5. Pointeau de la manivelle alidade. | <ul style="list-style-type: none"> 6. Plateau I. Cercle O (66 trous). 7. Axe de la vis sans fin. 8. Fourchette ou compas avant. a. Sens d'avancement de la manivelle alidade. b. Sens de recul du disque à trous. |
|--|--|

DIVISION COMPOSÉE (Deux disques à trous)



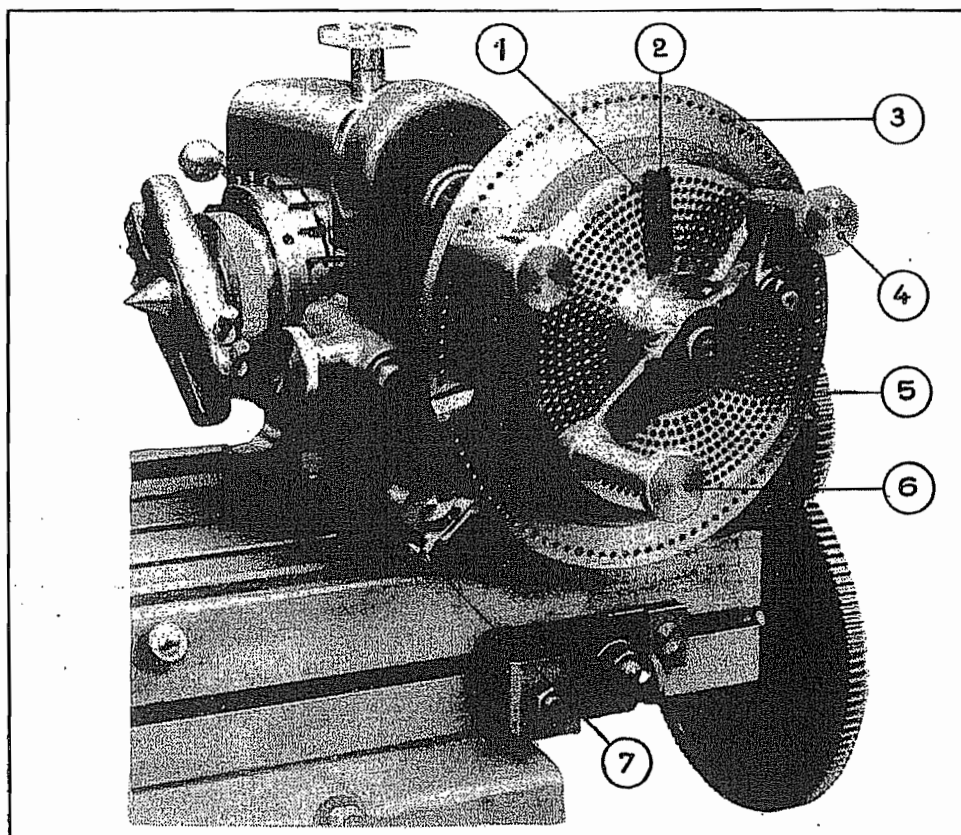
- | | |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Plateau avant. | 5. Pointeau de la manivelle alidade. |
| 2. Pointeau arrière fixe. | 6. Plateau arrière. |
| 3. Manivelle alidade. | 7. Axe de la vis sans fin. |
| 4. Fourchette ou compas arrière. | 8. Fourchette ou compas avant. |

Voici les nombres de trous que comportent les trois plateaux :

Plateau n° 1	31	49	50	64	66	72	77	78	81	84	91	121
Plateau n° 2	41	43	53	58	67	71	76	83	101	103	113	119
Plateau n° 3	37	46	47	59	61	73	79	89	97	107	109	127
Repères	T	S	R	P	O	N	L	K	H	G	E	D

FIG. 6

POUPÉE DIVISEUR DÉCIMALE UNIVERSELLE SOMUA

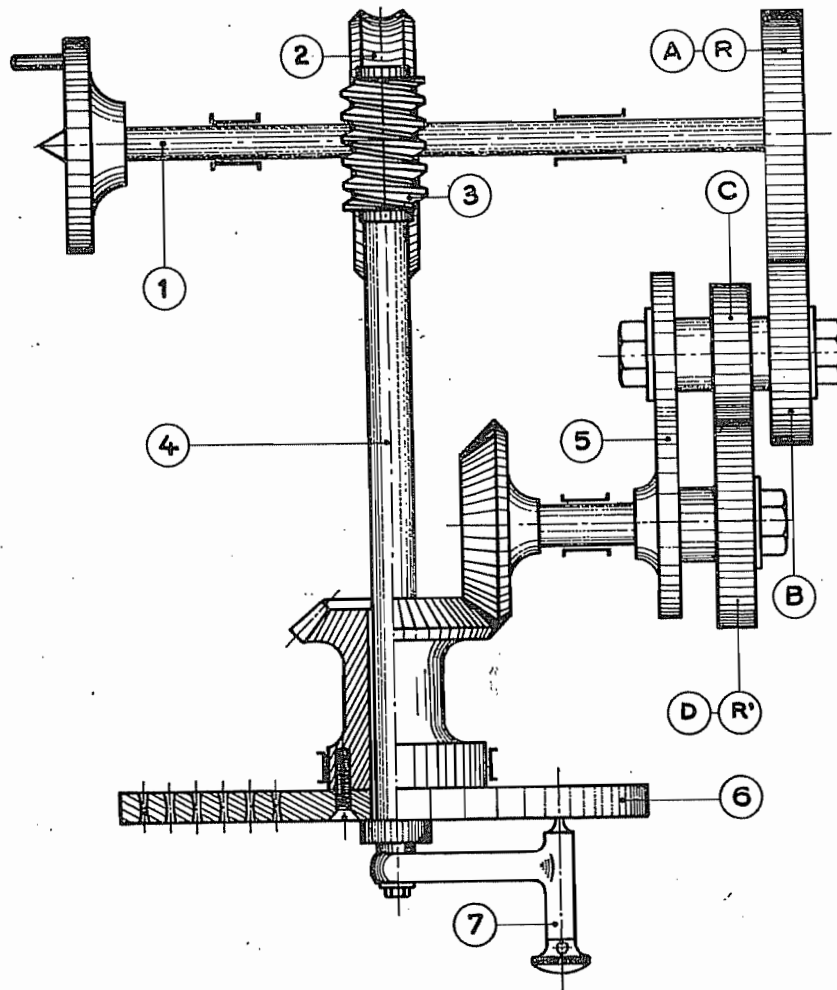


1. Cercle de 99 trous.
2. Fourchette ou compas.
3. Cercle de 100 trous.
4. Pointeau articulé.

5. Cercles à trous pour division normale.
6. Manivelle alidade.
7. Verrou d'arrêt.

FIG. 7

PRINCIPE DU MOUVEMENT DIFFERENTIEL



1. Broche du diviseur.
2. Roue hélicoïdale creuse.
3. Vis sans fin.
4. Axe de la vis sans fin.
5. Lyre ou tête de cheval.
6. Disque à trous.
7. Manivelle alidade.

MONTAGE A 4 ROUES

- R Engrenage de commande de la broche du diviseur.
 R' Engrenage de commande de l'entraîneur du disque à trous.
 A et C. Roues de commande du train d'engrenage.
 B et D. Roues commandées du train d'engrenage.

FIG. 8

Chapitre 12

Optimisation en chariotage

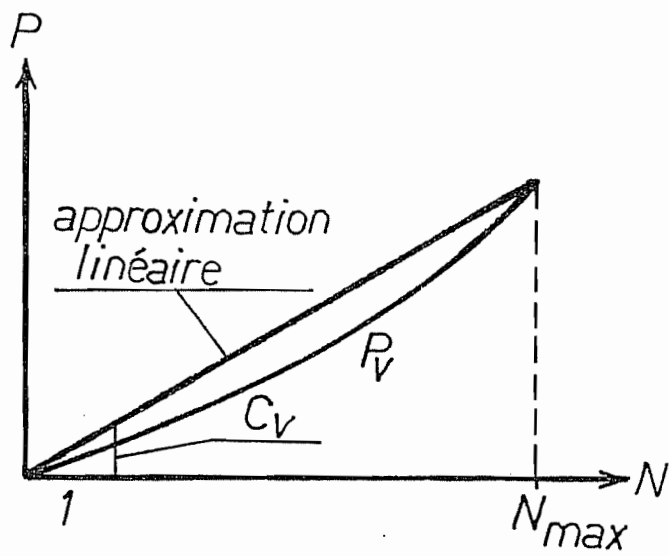


FIG. 1

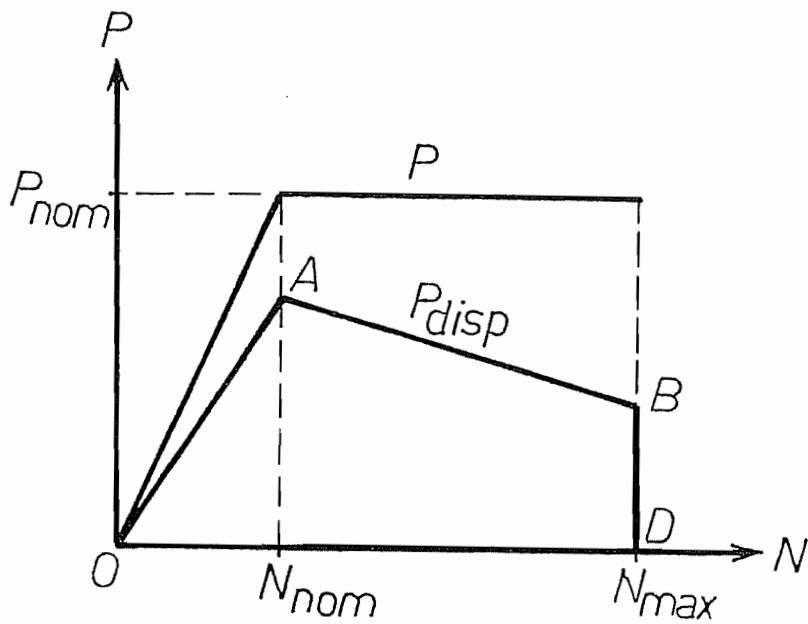


FIG. 2

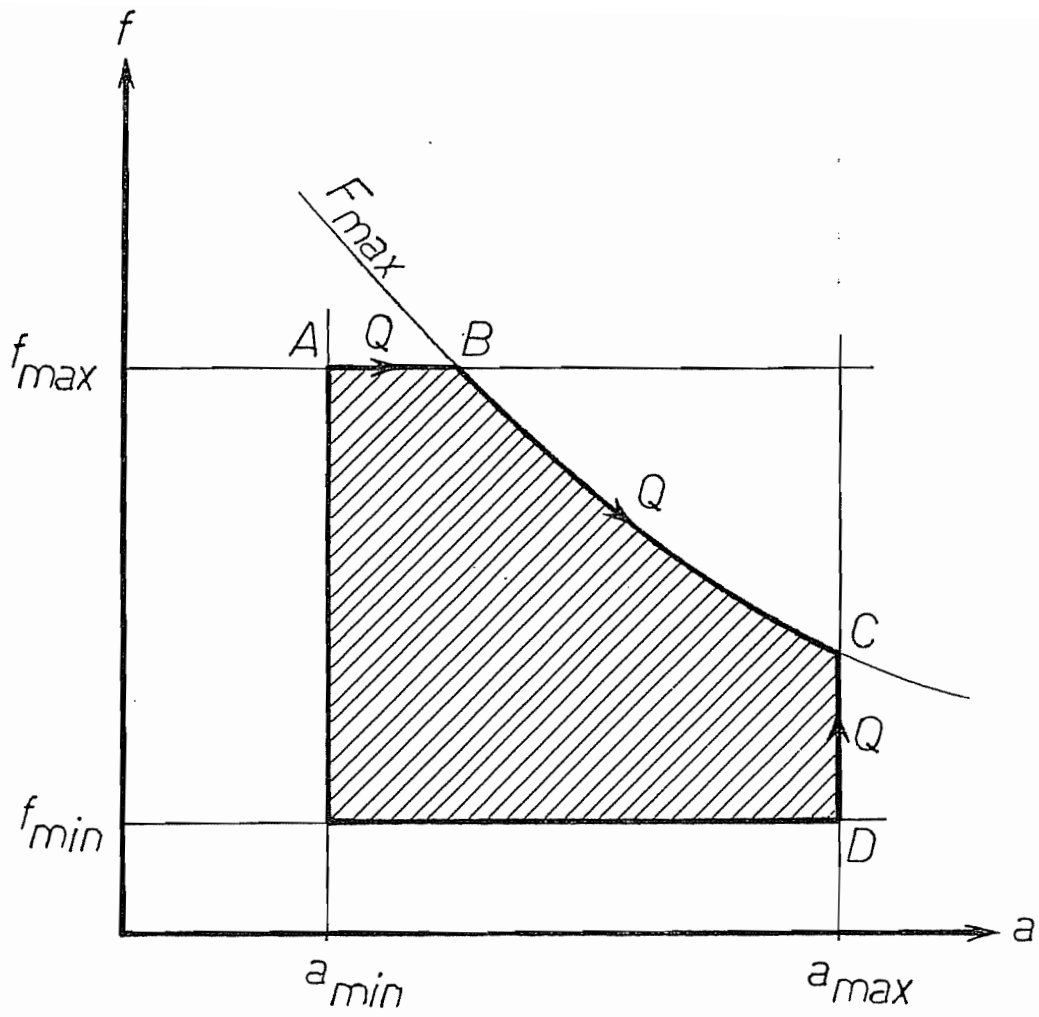


FIG. 3

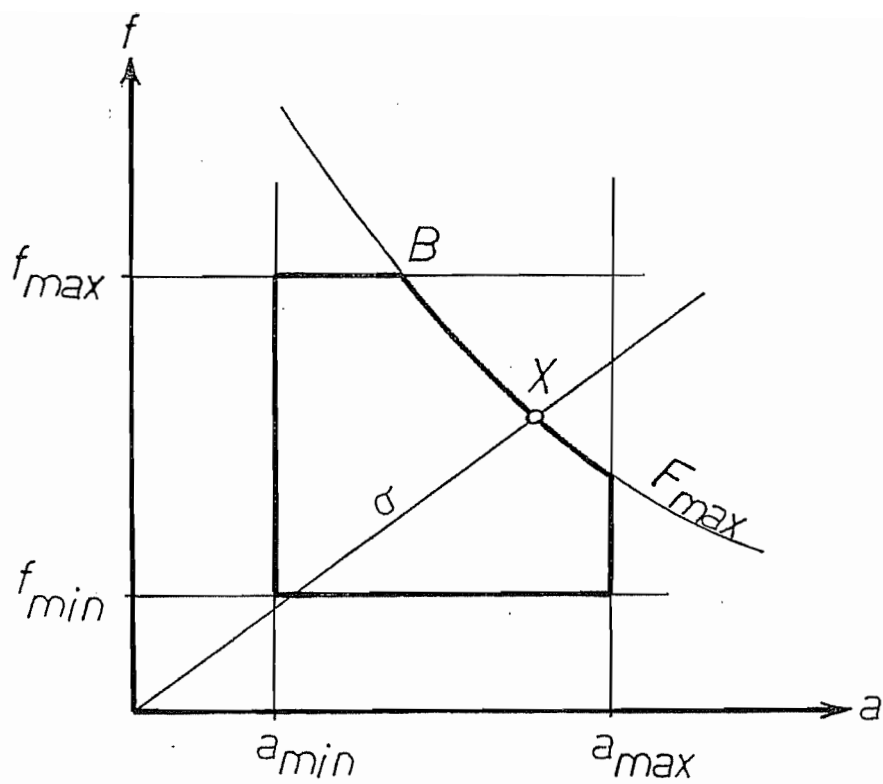


FIG. 4

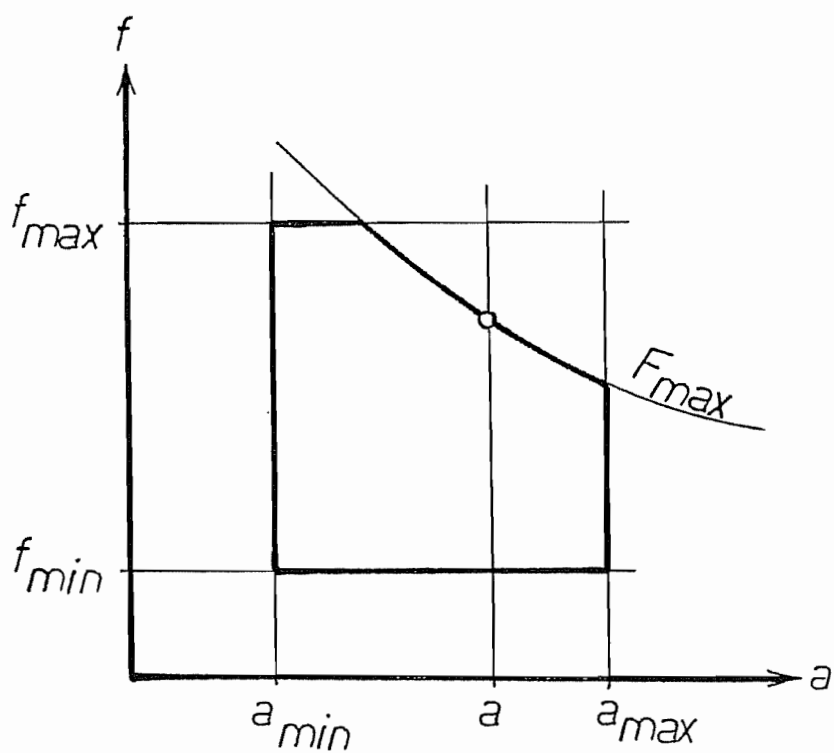


FIG. 5

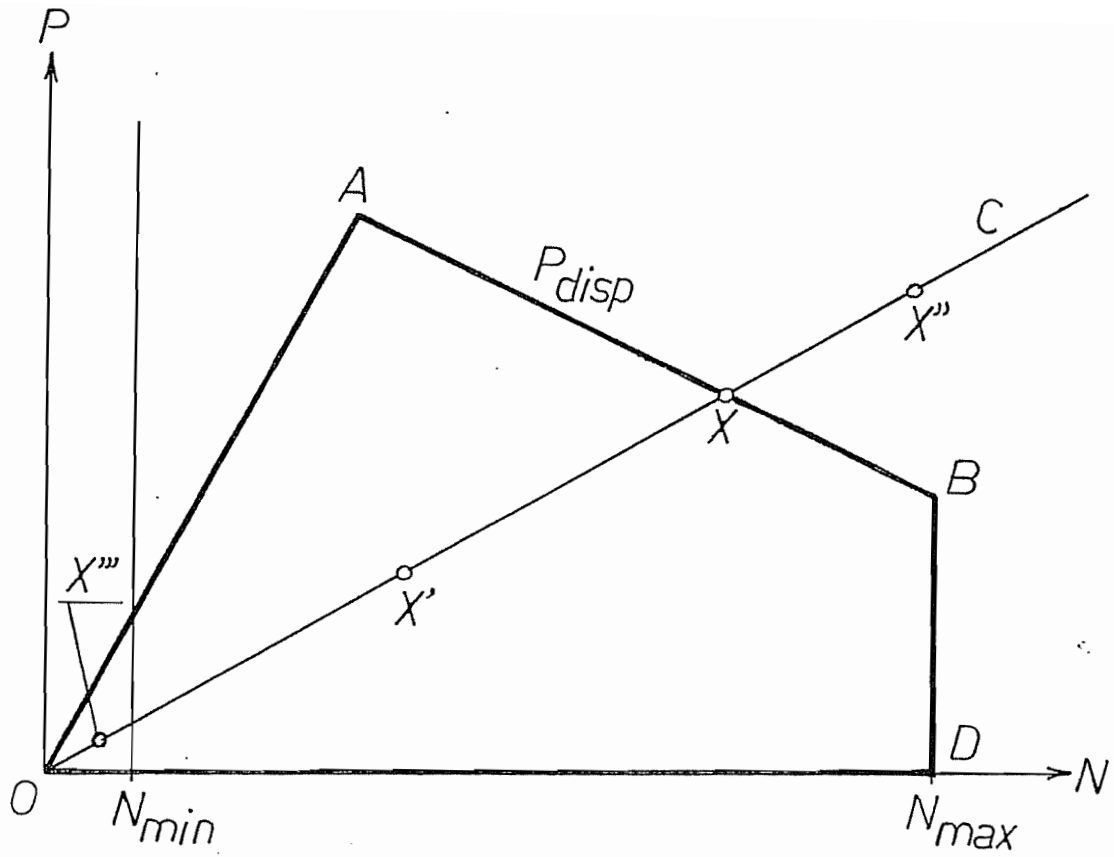


FIG. 7

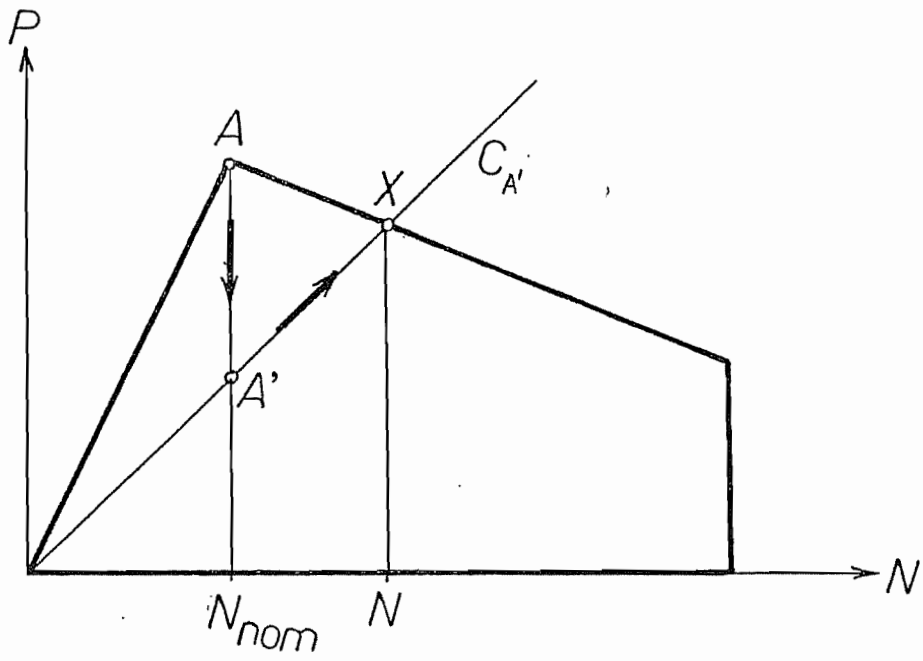


FIG. 8

Table des matières

- 1 Choix d'un acier
- 2 Tolérances et états de surface
- 3 Cotation de fabrication
- 4 Contraintes résiduelles
- 5 Ablocage des pièces
- 6 Liaison outil-machine
- 7 Machines-outils à commande numérique
- 8 Sciage et brochage
- 9 Taillage des roues dentées
- 10 Filetage au tour
- 11 Appareil diviseur
- 12 Optimisation en chariotage