

## SOMMAIRE INFORMATIONS TECHNIQUES

PRINCIPAUX TERMES UTILISES EN METALLURGIE  
TRAITEMENTS THERMIQUES DES ACIERS  
TRAITEMENTS SUPERFICIELS DES ACIERS  
PRINCIPE DE DESIGNATION NORMALISEE DES ACIERS  
TABLE COMPARATIVE DES DURETES  
TOLERANCES ISO  
TABLEAU DES RUGOSITES SUIVANT LES TYPES D'USINAGE  
INFORMATIONS SUR LES OPERATIONS D'ETIRAGE ET  
DE TOURNAGE-GALETAGE  
CHOIX DES NUANCES D'ACIER POUR LES ARTICLES D'ASSEMBLAGE  
SUIVANT LA CLASSE DESIREE  
DESIGNATION DES ETATS METALLURGIQUES DES ALLIAGES D'ALUMINIUM  
PROPRIETES PHYSIQUES TYPIQUES DES ALLIAGES D'ALUMINIUM  
TOLERANCES SUR EPAISSEUR DES TOLES EN ALLIAGES D'ALUMINIUM  
APTITUDES TECHNOLOGIQUES ET D'USAGES DES ALLIAGES D'ALUMINIUM  
APTITUDES AU PLIAGE DES TOLES EN ALLIAGES D'ALUMINIUM  
POSSIBILITES DE PARACHEVEMENT DES ALLIAGES D'ALUMINIUM  
GUIDE DE SELECTION DES PLASTIQUES TECHNIQUES  
CONSEILS D'USINAGE POUR LES PLASTIQUES TECHNIQUES



## **PRINCIPAUX TERMES UTILISES EN METALLURGIE**

### **Allongement**

Valeur rapportée à 100 mm de l'allongement subie par une éprouvette lors d'un essai de traction et mesurée après rupture.

### **Austénite**

Solution solide de carbone dans le fer  $\gamma$ , élément stable à chaud se transformant en martensite lors de la trempe. Élément stable à froid dans certains alliages (après hypertrempe) et sous forme résiduelle dans les aciers à outils après trempe. Lors de la trempe des aciers l'austénite se transforme en trois éléments principaux en fonction de la température de refroidissement et de la vitesse de refroidissement :

- perlite,
- bainite,
- martensite.

L'austénite a une dureté faible et n'est pas magnétique.

### **Bainite**

Supérieure ou inférieure selon la température de formation, c'est un agrégat de fer-cémentite provenant de la décomposition par refroidissement rapide de l'austénite. De structure lamellaire la bainite a une dureté élevée proche de la martensite.

### **Baumann**

Essai ayant pour but de mettre en évidence la répartition des sulfures dans l'acier.

### **Carbone**

Principal élément d'alliage : augmente la trempabilité et la dureté, diminue la résilience ; la dureté maxi est obtenue pour  $\approx 0,9\%$  de carbone, au delà un acier est dit surcarburé.

### **Cémentation**

Enrichissement à chaud en carbone de la couche superficielle d'un acier, permettant ensuite par une trempe d'obtenir une dureté élevée en surface et faible à cœur. Concerne les aciers dont le pourcentage de carbone est en général inférieur à 0,3%.

### **Cémentite**

Carbure de fer Fe<sub>3</sub>C correspondant à 6,66% de carbone. Corps très dur mais fragile.

### **Chrome**

Il augmente la trempabilité, la dureté et la résistance à l'usure (formation de carbure de chrome par combinaison avec le carbone) ; diminue la résilience. Non allié au carbone, il augmente la résistance à la corrosion (mini 13%).

### **Cobalt**

Il augmente la tenue à haute température (outils de coupe).

### **Corroyage**

Définit le taux de réduction de la section d'un bloc d'acier par forgeage ou laminage. Plus le corroyage est important plus l'acier a une structure homogène et fine.

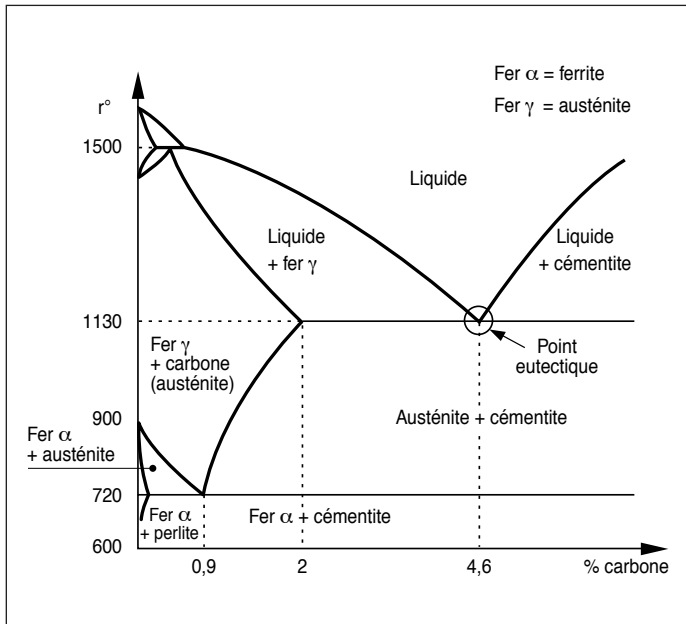
### **Décarburation**

C'est l'inverse d'une cémentation mais c'est un défaut : diminution du pourcentage de carbone par oxydation dans le four de trempe. On y remédie en ajoutant de la poudre de charbon de bois ou avec une atmosphère contrôlée neutre.

## PRINCIPAUX TERMES UTILISES EN METALLURGIE

### Diagramme fer-carbone

Il donne les températures de changement de solution en fonction du pourcentage de carbone.



### Dureté

Se mesure par la valeur de pénétration d'une bille ou d'un diamant sous une charge donnée. Echelles les plus usuelles : Brinell, Rockwell, Vickers (voir tableau de comparaison (voir page 298)).

### Ecrouissage

Déformation plastique de l'état cristallin d'un métal par suite d'un effort mécanique (usinage, étirage...); il augmente la dureté superficielle, la limite élastique mais diminue la résilience.

### Ferrite

Solution solide de carbone dans le fer α élément stable à froid, constituant principal des aciers doux. La ferrite a une dureté faible et est magnétique.

### Grain

La taille du grain influence la résilience : plus le grain est fin, meilleure est la cohésion donc la résilience. On obtient un affinage du grain par les cycles chauffage refroidissement avec passage au point de transformation (notamment la trempe); un maintien trop long à haute température entraîne un grossissement du grain. Le molybdène améliore la finesse.

### Indéformable

Un acier est dit indéformable lorsque le cycle de traitement thermique (conduit dans les conditions préconisées) se traduit par un volume inchangé après le revenu.

La transformation en austénite lors du chauffage au-dessus du point de transformation se traduit par une diminution de volume; la transformation en martensite puis en sorbite - troostite - bainite lors du cycle trempe-revenu se traduit par une augmentation de volume plus importante que la diminution précédente. Le solde est donc une augmentation en volume sauf si on conserve une certaine quantité d'austénite résiduelle.

C'est cette dernière propriété qui permet de retrouver un volume inchangé avec les aciers à outils dits indéformables (les déformations géométriques dues à la forme de la pièce étant totalement indépendantes).

## **PRINCIPAUX TERMES UTILISES EN METALLURGIE**

### **Jominy**

Essai permettant de connaître la trempabilité d'un acier en mesurant la pénétration de la trempe.

### **Limite élastique**

En kg/mm<sup>2</sup> ou en daN/mm<sup>2</sup>. C'est la tension maximale admise par un métal avant de subir des déformations permanentes.

### **Manganèse**

Il augmente la trempabilité et la dureté.

### **Martensite**

Il provient de la transformation de l'austénite par trempe. Solution solide instable (se retransforme en bainite - sorbite - troostite lors du revenu).

### **Micrographie**

Examen au microscope d'un échantillon d'acier après polissage et attaque chimique ; permet de mettre en évidence les divers constituants métallurgiques.

### **Molybdène**

Il favorise la finesse du grain de l'acier, donc améliore la résilience et facilite le polissage de l'acier.

### **Nickel**

Il améliore la trempabilité et la résilience ; favorise la qualité du polissage.

### **Nituration**

Enrichissement à chaud de la couche superficielle d'un acier en azote, celui-ci se transformant en nitrures. Permet d'obtenir une dureté de 1000 à 1100 HV. La nituration s'effectue à 550° environ sur des pièces déjà traitées, en aciers capables de subir un revenu à cette température.

### **Nitruure de titane**

Le dépôt superficiel à chaud de nitrure de titane (couleur or) s'effectue dans un four spécial sous vide par procédé ionique. La dureté du dépôt est de 2000 HV environ.

### **Perlite**

Constituant normal des aciers au carbone refroidis lentement. Mélange de ferrite et de cémentite sous forme soit lamellaire soit globulaire.

### **Phosphore**

Élément d'impureté.

### **Plomb**

En général impureté, sauf pour améliorer l'usinabilité des aciers (notamment des étirés destinés à subir des opérations de décolletage).

### **Point de transformation**

Chaque acier est caractérisé par deux points de transformation  $A_{C1}$ , limite inférieure de l'intervalle de transformation et  $A_{C3}$ , limite supérieure de cet intervalle. Pendant l'intervalle de transformation l'acier change de phase par exemple de perlite en austénite au chauffage.

### **Recuit**

Traitement thermique consistant à chauffer le métal au-dessus du point de transformation  $A_{C3}$  avec un temps de maintien pour obtenir une bonne homogénéité, suivi d'un refroidissement suffisamment lent pour conserver les éléments stables sans transformation du type martensitique (vitesse de refroidissement inférieure à la vitesse critique de trempe). Permet d'éliminer les effets de trempe ou d'écroissage antérieur et d'avoir la dureté minimum.

### **Résilience**

L'inverse de la fragilité. Se mesure grâce à l'essai sur le pendule de Charpy : la résilience K en kg/cm<sup>2</sup> correspond à l'énergie absorbée par la rupture d'un échantillon préparé à cet effet.

### **Résistance à la traction (ou à la rupture)**

En kg/mm<sup>2</sup> ou daN/mm<sup>2</sup> ; c'est la tension minimale rapportée au mm<sup>2</sup>, pour entraîner la rupture de l'échantillon. Il existe un lien direct entre la résistance à la traction et la dureté mais elle n'est qu'approximative et il ne faut pas confondre les deux termes qui correspondent à des essais différents.

## PRINCIPAUX TERMES UTILISÉS EN METALLURGIE

### Revenu

Traitement thermique complémentaire et indispensable de la trempe. Il a pour but de transformer la martensite en éléments plus stables et d'éliminer les tensions internes causées par la trempe. Il diminue la dureté et augmente la résilience (sauf quelques exceptions où le revenu entraîne une transformation de l'austénite résiduelle par exemple pour les aciers à outils à 13% de chrome ceci sous certaines conditions).

### Silicium

Elle augmente la limite élastique et la résistance aux chocs.

### Sorbite

Mélange très fin de cémentite et de ferrite obtenu lors du revenu des aciers trempés à partir de la martensite.

### Soufre

En général c'est une impureté, sauf pour améliorer l'usinabilité des aciers (notamment des étirés destinés à subir des opérations de décolletage) mais nuit à la résilience et au polissage.

### Sulfination

Dépôt superficiel à base de soufre permettant de réduire le coefficient de frottement. S'effectue sur pièce finie.

### Trempe

Traitement thermique consistant à chauffer le métal au-dessus du point de transformation  $A_{C3}$ , en général +50°, le maintenir pour avoir une bonne homogénéité et une transformation complète en austénite, suivi d'un refroidissement rapide pour obtenir les éléments durs tels que bainite, martensite... Le meilleur équilibre des caractéristiques mécaniques s'obtient par la transformation martensitique suivie d'un revenu.

La vitesse de refroidissement doit être supérieure à la vitesse critique de trempe (chaque nuance d'acier est caractérisée par sa propre vitesse critique) mise en évidence lors de l'essai Jominy.

La trempe d'un acier est un traumatisme : celui-ci est dû au choc thermique et à

la variation en volume des différents constituants, cela se traduit par des tensions internes très élevées quelquefois proches de la résistance à la rupture d'où la nécessité de réaliser avec beaucoup d'attention un revenu immédiatement après la trempe. Pour certains alliages dits austénitiques tels que les aciers réfractaires, certains inoxydables et alliages légers, la trempe conduit le métal sous forme austénitique à la température ambiante donc avec une dureté minimum. La dureté maximum s'obtient alors lors du revenu. Dans ce cas la trempe est dite hypertrempe.

### Trempe isotherme

Dans ce cas le milieu de trempe (refroidissement) est un bain à une température déterminée en fonction de l'acier. Elle diminue le choc thermique et pour certaines nuances permet d'obtenir directement une transformation bainitique sans passer par la martensite.

### Trempe (milieu de)

Dans l'ordre décroissant de vitesse de refroidissement : eau froide salée, eau, huile, bains de sel, air pulsé, air calme.

### Troostite

Agrégat de cémentite et de ferrite, assez caractéristique des aciers incomplètement trempés.

### Tungstène

Augmente la tenue à chaud, la dureté et la résistance à l'usure grâce à la formation de carbures, de tungstène ; diminue la résilience. Élément indispensable dans tous les aciers rapides.

### Ultra-sons (contrôle par)

Basé sur le réfléchissement des ultra-sons sur les faces externes de l'acier et sur les défauts internes : ceux-ci provoquent une anomalie du réfléchissement.

### Vanadium

Il augmente la résistance à l'usure et la résilience. Élément très important pour les outils de coupe.

## TRAITEMENTS THERMIQUES DES ACIERS

Les traitements thermiques sont des opérations de chauffage et de refroidissement qui ont pour but de donner à une pièce métallique les propriétés les plus appropriées pour son emploi ou sa mise en forme. Ils permettent d'améliorer dans une large mesure les caractéristiques mécaniques d'un acier de composition déterminée. Toute utilisation rationnelle d'un alliage implique un traitement thermique approprié. D'une façon générale, un traitement thermique ne modifie pas la composition chimique de l'alliage mais apporte les modifications suivantes :

- constitution (état de carbone et forme allotropique du fer),
- structure (grosseur du grain et répartition des constituants),
- caractéristiques mécaniques.

Les principaux traitements thermiques sont les suivants : trempe, revenu et recuit.

### ■ Trempe

Le cycle thermique de trempe comporte trois phases successives :

- chauffage à une température  $T$  dite température de trempe, correspondant à un état austénitique ;
- maintien à cette température  $T$  durant un certain temps de façon à réaliser plus ou moins complètement la mise en solution des carbures et l'homogénéisation de l'austénite. L'ensemble de ces deux phases est dit austénisation ;
- refroidissement par immersion dans un milieu eau, huile ou air, suffisamment rapidement pour obtenir les caractéristiques de trempe recherchées.

### Trempabilité

C'est une grandeur physique caractérisant chaque acier. Elle dépend de la composition chimique de l'acier et du cycle de refroidissement qui est fonction du milieu de refroidissement et de la masse de la pièce.

### ■ Revenu

Après une trempe l'acier est trop fragile pour pouvoir être mis en service sans un traitement complémentaire. La trempe est suivie d'un revenu constitué d'un

chauffage au-dessous du point  $A_{C1}$ . Le revenu réalise alors un compromis entre dureté et résilience : il augmente l'allongement et surtout la résilience ; mais il diminue la dureté, la limite élastique et la résistance à la traction.

### ■ Recuit

Le recuit amène le métal en équilibre physico-chimique et tend à réaliser un équilibre structural ; il a donc pour but de faire disparaître les états hors d'équilibre résultant de traitements antérieurs thermiques ou mécaniques. L'état recuit correspond aux valeurs maximales des caractéristiques de ductilité, et aux valeurs minimales des caractéristiques de résistance.

#### Recuit de normalisation

Le recuit de normalisation est effectué à une température dépassant  $A_{C3}$  de 50 à 100°C et suivi d'un refroidissement à l'air calme. Ce recuit a pour but d'affiner le grain et il contribue également à l'homogénéisation du métal et au relâchement des contraintes internes. Dans le cas des aciers auto-trempants, le refroidissement s'effectue dans un four.

#### Recuit d'adoucissement

Ce recuit consiste à maintenir le métal à quelques dizaines de degrés au-dessous du point de transformation  $A_{C1}$  et a pour but de faciliter l'usinage. Ce recuit s'applique principalement aux aciers à outil et évite la réalisation d'une trempe qui aurait lieu lors d'un refroidissement même lent après chauffage au-dessus de  $A_{C3}$ .

#### Recuit de détente

Ce recuit a pour but le relâchement des contraintes internes dues à la solidification (pièces de moulage) ou à des opérations mécaniques (usinage) ou de soudage. Ce recuit s'effectue généralement vers 600-650°C.

#### Recuit d'hypertrempe (cas des aciers inoxydables austénitiques)

Ce recuit est effectué à une température généralement supérieure à 1000°C et suivi d'un refroidissement rapide (eau, air pulsé) afin d'éviter la précipitation de phases intermédiaires.

## **TRAITEMENTS THERMIQUES DES ACIERS**

### ■ **Traitement thermochimique des aciers**

C'est un traitement thermique réalisé dans un milieu adéquat pour obtenir une modification de la composition chimique du matériau de base par échange avec ce milieu.

#### **Traitement thermique des aciers de cémentation**

Les aciers de cémentation ont l'avantage de présenter à la fois une surface dure et résistante à l'usure ainsi qu'une bonne ténacité à cœur. Pour obtenir ces propriétés particulières, il est nécessaire d'augmenter la teneur en carbone de la zone superficielle. La cémentation peut se faire en milieux pulvérulents, liquides ou gazeux.

#### **Cémentation en poudre**

Dans le cas des aciers de cémentation servant à la mise en forme des matières plastiques, on utilise des poudres de cémentation à action douce afin d'éviter une teneur en carbone trop élevée en surface. Les caisses de cémentation doivent être adaptées à la forme des outils à traiter afin que la carburation soit aussi homogène que possible. La profondeur de carburation adéquate est fonction de la forme de l'outil. Pour mesurer la profondeur de carburation, il est conseillé de placer dans la caisse de cémentation des éprouvettes de la même nuance que l'outil.

#### **Cémentation en bain de sels**

Par rapport à la cémentation en poudre, la méthode en bain de sels présente les avantages suivants :

- gain de temps car les pièces n'ont pas à être emballés puis déballés,
- traitement plus rapide,
- cémentation homogène, même pour les pièces de formes compliquées.

#### **Cémentation gazeuse**

Alors que les procédés solides et liquides obligent à travailler avec un niveau de carbone constant, la cémentation gazeuse permet de faire varier le niveau de carbone à l'intérieur de limites étendues. Ce procédé garantit en outre une teneur en carbone homogène dans toute la zone superficielle et permet d'obtenir des profondeurs de carburation importantes dans des temps encore raisonnables. Tout comme le procédé en bain de sels, la cémentation gazeuse facilite la trempe directe.

## TRAITEMENTS SUPERFICIELS DES ACIERS

Les traitements superficiels permettent d'améliorer les propriétés des aciers ainsi que les tenues en service. Ils peuvent se faire par revêtement ou diffusion.

Méthode	Température de traitement (°C)	Procédés recherchés et conditions requises	Épaisseur de la couche	Dureté superficielle HV
Nitruration	450-570	Résistance au revenu état trempé ou trempé revenu (surface dépassivée)	Jusqu'à 1 mm	Max. 1200
Boruration	800-1050	Insensibilité à la surchauffe Teneur minimale en silicium	Jusqu'à 0,4 mm	Max. 2000
Cémentation	860-900	Faible teneur en carbone Insensibilité à la surchauffe	Jusqu'à 2 mm	Max. 900
Oxydation	300-550	Résistance au revenu Surface dégraissée	Jusqu'à 0,01 mm	–
Durcissement par étincelage électrique	Plusieurs milliers	Aucune	Jusqu'à 0,1 mm	Environ 950
Revêtement de nitrure de titane	≈ 500	Résistance au revenu Haute dureté dans la masse	2-5 µm	2000-2500
Revêtement de nitrure de titane	> 900	Insensibilité à la surchauffe Surface propre non oxydée	6-9 µm	Max. 4800
Chromage dur	50-70	Teneur minimale en chrome Surface dépassivée Traitement thermique en environnement neutre	Jusqu'à 1 mm	900-1200

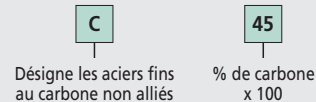


# PRINCIPE DE DESIGNATION NORMALISEE DES ACIERS

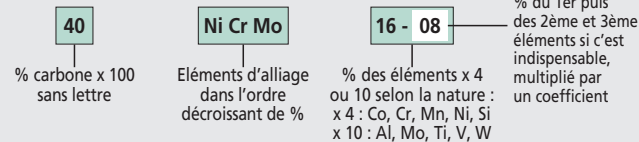
## Aciers ordinaires

**A 50** 50 = résistance à la rupture en daN/mm<sup>2</sup> ou kg F/mm<sup>2</sup>  
**C 20** 20 = % moyen de carbone x 100  
**E 24** 24 = limite élastique en daN/mm<sup>2</sup> ou kg F/mm<sup>2</sup>

## Aciers fins au carbone non alliés ex : C 45

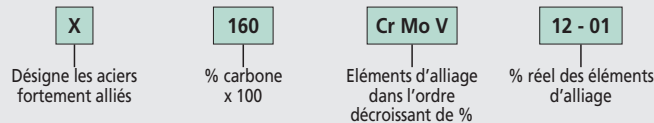


## Aciers faiblement alliés (aucun élément n'atteint 5%) ex : 40 Ni Cr Mo 16-08



Exemple : 0,4% carbone - 4% nickel - 2% chrome + molybdène

## Aciers fortement alliés (au minimum un élément avec 5% ou +) ex : X 160 Cr Mo V 12-01



Exemple : 1,60% carbone - 12% chrome - 1% molybdène + vanadium

## Rappel des symboles

Al : Aluminium  
 C : Carbone  
 Co : Cobalt  
 Cr : Chrome  
 Cu : Cuivre  
 Mn : Manganèse  
 Mo : Molybdène  
 Ni : Nickel  
 P : Phosphore\*  
 Pb : Plomb  
 S : Soufre\*  
 Si : Silicium  
 Ti : Titane  
 V : Vanadium  
 W : Tungstène

\* En général, impuretés avec % très faible.

# TABLE COMPARATIVE DES DURETES

Dureté Brinell HB/30	Dureté Rockwell		Dureté Vickers HV	Résistance à la traction Rm (N/mm <sup>2</sup> )
	HRB	HRC		
100	55	-	105	335
106	59	-	110	350
110	62	-	115	365
114	64	-	120	385
119	67	-	125	400
124	70	-	130	415
128	71	-	135	430
133	73	-	140	450
138	75	-	145	465
142	77	-	150	480
147	79	-	155	495
152	81	-	160	510
157	82	-	165	525
162	84	-	170	545
166	85	-	175	560
171	87	-	180	575
176	88	-	185	590
181	89	-	190	610
185	90	-	195	625
190	91	-	200	640
195	92	-	205	655
200	93	-	210	675
204	94	-	215	690

Dureté Brinell HB/30	Dureté Rockwell		Dureté Vickers HV	Résistance à la traction Rm (N/mm <sup>2</sup> )
	HRB	HRC		
209	95	-	220	705
214	96	-	225	720
223	97	-	235	755
233	98	21,3	245	785
238	99	22,2	250	800
242	100	23,1	255	815
247	-	24,0	260	835
252	-	24,8	265	850
257	-	25,6	270	865
261	-	26,4	275	880
266	-	27,1	280	900
271	-	27,8	285	915
276	-	28,5	290	930
280	-	29,2	295	945
285	-	29,8	300	965
295	-	31,0	310	995
304	-	32,2	320	1030
314	-	33,3	330	1060
323	-	34,4	340	1095
333	-	35,5	350	1125
342	-	36,6	360	1155
352	-	37,7	370	1190
361	-	38,8	380	1220

Dureté Brinell HB/30	Dureté Rockwell		Dureté Vickers HV	Résistance à la traction Rm (N/mm <sup>2</sup> )
	HRB	HRC		
371	-	39,8	390	1255
380	-	40,8	400	1290
390	-	41,8	410	1320
399	-	42,7	420	1350
409	-	43,6	430	1385
418	-	44,5	440	1420
428	-	45,3	450	1455
437	-	46,1	460	1485
447	-	46,9	470	1520
457	-	47,7	480	1555
466	-	48,4	490	1595
476	-	49,1	500	1630
486	-	49,8	510	1665
496	-	50,5	520	1700
506	-	51,1	530	1740
516	-	51,7	540	1775
525	-	52,3	550	1810
535	-	53,0	560	1845
545	-	53,6	570	1880
555	-	54,1	580	1920
565	-	54,7	590	1955
574	-	55,2	600	1995

# TOLERANCES ISO

Arbres - Ecart en microns ( $1\mu = 0,001 \text{ mm}$ )

ø mm	f7	g6	h11	h10	h9	h8	h7	h6	j <sub>s</sub> 11	j <sub>s</sub> 10	j <sub>s</sub> 9	j <sub>s</sub> 8	j <sub>s</sub> 7	j <sub>s</sub> 6	k11	k10	k9	k8	k7	k6
> 1	- 6	- 2	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 30	+ 20	+ 12	+ 7	+ 5	+ 3	+ 60	+ 40	+ 25	+ 14	+ 10	+ 6
≤ 3	- 16	- 8	- 60	- 40	- 25	- 14	- 10	- 6	- 30	- 20	- 12	- 7	- 5	- 3	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 0	+ 0
> 3	- 10	- 4	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 37	+ 24	+ 15	+ 9	+ 6	+ 4	+ 75	+ 48	+ 30	+ 18	+ 13	+ 9
≤ 6	- 22	- 12	- 75	- 48	- 30	- 18	- 12	- 8	- 37	- 24	- 15	- 9	- 6	- 4	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 1	+ 1
> 6	- 13	- 5	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 45	+ 29	+ 18	+ 11	+ 7	+ 4,5	+ 90	+ 58	+ 36	+ 22	+ 16	+ 10
≤ 10	- 28	- 14	- 90	- 58	- 36	- 22	- 15	- 9	- 45	- 29	- 18	- 11	- 7	- 4,5	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 10	+ 1
> 10	- 16	- 6	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 55	+ 35	+ 21	+ 13	+ 9	+ 5,5	+ 110	+ 70	+ 43	+ 27	+ 19	+ 12
≤ 18	- 34	- 17	- 110	- 70	- 43	- 27	- 18	- 11	- 55	- 35	- 21	- 13	- 9	- 5,5	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 1	+ 1
> 18	- 20	- 7	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 65	+ 42	+ 26	+ 16	+ 10	+ 6,5	+ 130	+ 84	+ 52	+ 33	+ 23	+ 15
≤ 30	- 41	- 20	- 130	- 80	- 52	- 33	- 21	- 13	- 65	- 42	- 26	- 16	- 10	- 6,5	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 2	+ 2
> 30	- 25	- 9	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 80	+ 50	+ 31	+ 19	+ 12	+ 8	+ 160	+ 100	+ 62	+ 39	+ 27	+ 18
≤ 50	- 50	- 25	- 160	- 100	- 62	- 39	- 25	- 16	- 80	- 50	- 31	- 19	- 12	- 8	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 2	+ 2
> 50	- 30	- 10	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 95	+ 60	+ 37	+ 23	+ 15	+ 9,5	+ 190	+ 120	+ 74	+ 46	+ 32	+ 21
≤ 80	- 60	- 29	- 190	- 120	- 74	- 46	- 30	- 19	- 95	- 60	- 37	- 23	- 15	- 9,5	+ 0	+ 0	+ 0	- 0	+ 2	+ 2
> 80	- 36	- 12	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 110	+ 70	+ 43	+ 27	+ 17	+ 11	+ 220	+ 140	+ 87	+ 54	+ 38	+ 25
≤ 120	- 71	- 34	- 220	- 140	- 87	- 54	- 35	- 22	- 110	- 70	- 43	- 27	- 17	- 11	+ 0	+ 0	+ 0	+ 0	+ 3	+ 3
> 120	- 43	- 14	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 125	+ 80	+ 50	+ 31	+ 20	+ 12,5	+ 250	+ 160	+ 100	+ 63	+ 43	+ 28
≤ 180	- 83	- 39	- 250	- 160	- 100	- 63	- 40	- 25	- 125	- 80	- 50	- 31	- 20	- 12,5	+ 0	+ 0	+ 0	+ 0	+ 3	+ 3
> 180	- 50	- 15	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	- 0	+ 145	+ 92	+ 57	+ 36	+ 23	+ 14,5	+ 290	+ 185	+ 115	+ 72	+ 50	+ 33
≤ 200	- 96	- 44	- 290	- 185	- 115	- 72	- 46	- 29	- 145	- 92	- 57	- 36	- 23	- 14,5	+ 0	+ 0	+ 0	+ 0	+ 4	+ 4

## TABLEAU DES RUGOSITES SUIVANT LES TYPES D'USINAGE

Type d'usinage	Rugosité Ra $\mu\text{m}$												
	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3	6	12	16	20	25
Oxycoupage, ébavurage, sciage													
Tournage, fraisage, limage													
Forage													
Fraisage													
Alésage													
Brochage													
Rectification													
Polissage / Glaçage													
Super-finissage													
Brillantage													
Sablage													
Laminage à chaud													
Fusion dans le sable													
Forgeage													
Fusion en coquille													
Fusion sous pression													
Laminage, roulage et étirage à froid													
Filage à chaud													

1  $\mu\text{m}$  = 0,001 mm

 Rugosité plus fréquente

 Rugosité moins fréquente

## INFORMATIONS SUR LES OPERATIONS D'ETIRAGE ET DE TOURNAGE-GALETAGE

Les aciers étirés ont une surface lisse, de teinte blanche ou gris clair. De petites défauts de peau sont admises, la norme NFA35050 en définit la dimension et la fréquence. Pour les carrés, hexagones, plats, cornières, les arêtes sont vives mais peuvent comporter un léger arrondi inhérent à l'outillage.

Les aciers tournés-galetés ont un aspect plus clair que celui des étirés.

L'importance dimensionnelle des défauts de surface est limitée au tiers des valeurs définies par la norme NFA35050.

Tolérances de rectitude et de vrillage sur les aciers étirés et tournés-galetés : les barres reposant par leur propre poids sur un plan horizontal doivent paraître droites et sans ressaut brusque sur toute leur longueur. La flèche doit être inférieure à un millimètre par mètre. La torsion de la barre entre deux sections droites de un mètre sera au plus égale à 4°.

**Nota.** Pour toutes précisions complémentaires, se référer au fascicule édité par : l'OTUA (office technique pour l'utilisation de l'acier) ainsi que le SNFEPPA (syndicat national des fabricants d'étirés et de profilés pleins en acier).

### ■ L'étirage

Est habituellement retenu pour les sections  $\leq \varnothing 48$  mm.

Il se décompose en quatre opérations :

- décalaminage - chaulage ;
- étirage ;
- mise à longueur ;
- dressage.

### Etirage

L'opération consiste à faire passer la barre d'acier (par contrainte) dans une filière de forme convenable. La déformation plastique réalisée modifie

profondément la structure de l'acier sous l'effet d'une traction et d'une compression transversale importante.

L'écroissage qui en résulte entraîne l'augmentation sensible de la résistance à la rupture, la limite élastique, la dureté et une diminution de l'allongement et de la résilience.

Ces transformations sont bénéfiques pour de nombreux usages puisqu'elles permettent d'obtenir à froid des caractéristiques mécaniques semblables ou supérieures à celles que pourraient conférer des traitements thermiques.

Elles peuvent par contre être néfastes lorsque certaines caractéristiques recherchées seront diminuées (allongement et résilience) notamment pour la fabrication de pièces cambrées ou cintrées.

### ■ Tournage-galetage

Dit « comprimés », s'effectue principalement pour les dimensions  $\geq \varnothing 50$  mm.

Ce procédé de calibrage qui concerne les sections rondes peut-être justifié par plusieurs raisons :

- caractéristiques des barres laminées ne permettant pas un étirage ;
- élimination des défauts de surface et de la zone de décarburation ;
- conservation des caractéristiques de l'acier laminé.

### Tournage

Réalisé par enlèvement de copeaux au moyen d'outils tranchants sur les barres d'un diamètre supérieur à la section désirée.

### Galetage

Destiné à polir l'acier tout en faisant disparaître les traces d'outils. Il peut provoquer un léger écroissage en surface (2 à 10 kgf/mm<sup>2</sup>).

## CHOIX DES NUANCES D'ACIER POUR LES ARTICLES D'ASSEMBLAGE SUIVANT LA CLASSE DESIREE

Classe	Etat	Nuances
3.6	Recuit de normalisation après usinage	S 250, S 250 Pb, AD 37 Pb, 13 MF4, 18 MF6, XC 12, XC 18
4.6	Recuit de normalisation après usinage	S 300, S 300 Pb, AD 42 Pb, 18 MF5, XC 18 (d ≤ 40)
4.8	Etiré	S 250, S 250 Pb, AD 37 Pb, Fe 360 B, XC 18, XC 18 Pb, 2C 30, 3C 30
5.6	Recuit de normalisation après usinage	2C 30, 2C 35, Fe 490-2 FN
5.8	Etiré	S 250, S 250 Pb, AD 37 Pb, Fe 360 B, XC 18, XC 18 Pb, Fe 490-2 FN
6.8	Etiré	AD 60 Pb, Fe 590-2 FN, 2C 30, 3C 30, 2C 35, 3C 35, 35 MF6, 35 MF6 Pb

Le choix des nuances est laissé à l'initiative du fabricant à condition que les caractéristiques mécaniques et les essais sur articles d'assemblage prévus par la norme soient satisfaits. Pour les éléments d'assemblage non soumis à l'essai de résistance à la traction, des limites de composition chimique sont obligatoires (voir norme EN 20898-1). Dans le cas contraire et à titre indicatif, les nuances suivantes peuvent généralement satisfaire à ces conditions.

Classe	Etat		d ≤ 16	16 < d ≤ 25	25 < d ≤ 39
8.8	Trempe eau	Revenu à 425°C minimum	XC 38 H2, 21 B3, 20 MB5	21 B3, 20 MB5	20 MB5
	Trempe huile		25 CD4, 32 C4, 30 CD4, 34 CD4, 38 B3	25 CD4, 30 CD4, 34 CD4, 38 CB1	38 CD4, 30 NCD8, 42 CD4
9.8	Trempe eau	Revenu à 425°C minimum	38 CB1, 20 MB5, 21 B3		
	Trempe huile		34 CD4, 38 C 4, 42 CD4, 30 CD12		
10.9	Trempe eau	Revenu à 425°C minimum	38 CB1	38 CB1	38 CB1
	Trempe huile		34 CD4, 42 CD4, 38 CD4	42 CD4, 34 CD 4, 38 CD4	42 CD4, 30 CND8, 35 NCD16
12.9	Trempe eau	Revenu à 425°C minimum	38 CB1	38 CB1	
	Trempe huile		42 CD4, 30 NCD8, 34CD4, 38 MB5, 42 C4, 30 NC11	38 CD4, 42 CD4, 30 CND8, 35 NCD16	30 NCD8, 35 NCD16

Pour les vis et goujons à haute résistance, une trempe et un revenu sont obligatoires.

## **DESIGNATION DES ETATS METALLURGIQUES DES ALLIAGES D'ALUMINIUM**

■ **ALLIAGE SANS TRAITEMENT THERMIQUE DE TREMPE**

Séries 1000  
3000  
5000

**Etat de livraison**

F : brut de fabrication  
O : recuit  
H111 : recuit, plané  
H112 : recuit, plané avec garanties spéciales  
H12 : écroui 1/4 dur  
H14 : écroui 1/2 dur  
H24 : écroui, restauré 1/2 dur

■ **ALLIAGES AVEC TRAITEMENT THERMIQUE DE TREMPE**

Séries 2000  
6000  
7000

**Etat de livraison**

T3 : trempé, écroui et mûri  
T4 : trempé en opération séparée, mûri  
T451 : trempé en opération séparée, traction contrôlée, mûri  
T5 : trempé et revenu  
T6 : trempé en opération séparée et revenu  
T651 : trempé, traction contrôlée et revenu  
T851 : trempé, écroui, revenu avec traction contrôlée

## PROPRIETES PHYSIQUES TYPIQUES DES ALLIAGES D'ALUMINIUM

Alliages	Masse volumique kg/dm <sup>3</sup>	Intervalle de fusion* (approximative) °C	Coefficient de dilatation linéique °C -1x10 <sup>6</sup>	Capacité thermique massive** J/kg °C	Etat	Conductivité thermique** W/m °C	Résistivité (à 20°C) μΩ cm
1050A	2,70	646-657	23,6	945	O	231	2,8
2011	2,83	540-645	23,2	905	T3	152	4,4
2014	2,80	508-635	22,5	920	T4	135	5,1
2017A	2,79	510-640	23,0	920	T4	134	5,1
2024	2,77	500-638	22,9	920	T3	120	5,7
2030	2,82	510-638	22,9	920	T3/T4	135	5,1
2618A	2,76	549-638	22,3	920	T6	146	4,6
3003	2,73	940-655	23,2	935	O	180	3,5
3005	2,73	632-655	23,7	935	O-H18	166	3,9
5005	2,70	630-655	23,7	945	O-H38	205	3,3
5083	2,66	580-640	23,9	945	O-H32	120	6,0
5086	2,66	585-642	23,9	945	O-H32	126	5,6
5754	2,67	590-645	23,8	945	O-H34	132	5,3
6005A	2,70	606-655	23,6	940	T6	178	3,5
6060	2,70	615-655	23,4	945	T5	200	3,3
6061	2,70	575-650	23,6	940	T6	167	4,0
6082	2,71	570-645	23,5	935	T6	174	4,2
7020	2,78	605-645	23,0	920	T5	140	4,9
7075	2,80	475-630	23,5	915	T6	130	5,2

\*20°C à 100°C

\*\*0°C à 100°C

Ce tableau correspond à des valeurs moyennes (présentées à fin de comparaison) et ne peut pas faire l'objet de garantie



## TOLERANCES SUR EPAISSEUR DES TOLES EN ALLIAGES D'ALUMINIUM

Epaisseurs (mm)	Tolérances	
	tôles laminées à froid (mm)	tôles laminées à chaud (mm)
0,50 < e < 0,75	+ 0,05 - 0,05	-
0,75 < e < 1,00	+ 0,06 - 0,06	-
1,00 < e < 1,25	+ 0,08 - 0,08	-
1,25 < e < 2,50	+ 0,10 - 0,10	-
2,50 < e < 2,75	+ 0,12 - 0,12	-
2,75 < e < 3,00	+ 0,13 - 0,13	-
3,00 < e < 3,50	+ 0,13 - 0,13	+ 0,25 - 0,25
3,50 < e < 4,00	+ 0,16 - 0,16	+ 0,30 - 0,30
4,00 < e < 4,50	+ 0,16 - 0,16	+ 0,30 - 0,30
4,50 < e < 5,50	+ 0,20 - 0,20	+ 0,35 - 0,35
5,50 < e < 6,50	+ 0,24 - 0,24	+ 0,35 - 0,35
6,50 < e < 8,00	+ 0,30 - 0,30	+ 0,40 - 0,40
8,00 < e < 10,00	+ 0,35 - 0,35	+ 0,50 - 0,50

Epaisseurs (mm)	Tolérances	
	tôles laminées à froid (mm)	tôles laminées à chaud (mm)
10,00 < e < 12,00	+ 0,40 - 0,40	+ 0,60 - 0,60
12,00 < e < 16,00	+ 0,50 - 0,50	+ 0,70 - 0,70
16,00 < e < 20,00	+ 0,60 - 0,60	+ 0,80 - 0,80
20,00 < e < 25,00	+ 0,70 - 0,70	+ 0,90 - 0,90
25,00 < e < 30,00	-	+ 1,00 - 1,00
30,00 < e < 40,00	-	+ 1,10 - 1,10
40,00 < e < 50,00	-	+ 1,30 - 1,30
50,00 < e < 60,00	-	+ 1,50 - 1,50
60,00 < e < 70,00	-	+ 1,80 - 1,80
70,00 < e < 80,00	-	+ 2,10 - 2,10
80,00 < e < 100,00	-	+ 2,20 - 2,20
e > 100,00	-	+ 2,40 - 2,40

Pour les tôles supérieures à 1250 mm, tolérances différentes pour certaines épaisseurs.  
Aucune tolérance n'est donnée pour les pièces découpées.

# APTITUDES TECHNOLOGIQUES ET D'USAGES DES ALLIAGES D'ALUMINIUM

Alliages	Etat	Comportement à l'atmosphère		Aptitudes											
				à l'anodisation			au soudage <sup>(1)</sup>				à l'usinage		à l'emboutissage		au repoussage
		générale	marine	protection	dure	brillante	à l'arc	par résistance	soudo- brasage	par faisceau d'électron	fragmentation copeaux	brillance surface	par expansion	profond	
1050A	O	•••••	••••	•••••	•••••	••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•	•••••	•••••	••••	•••••
1050A	H14	•••••	••••	•••••	•••••	••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•	•••••	••••	•••••	••••
1050A	H18	•••••	••••	•••••	•••••	••••	•••••	•••••	•••••	•••••	••	•••••	•	••••	•
1200	O	•••••	•••••	•••••	•••••	••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•	•••••	•••••	•••••	•••••
2011		••	•	••	•••	•••	•	-	•	-	•••••	••••	•	•	•
2014	T4	••	•	••	••••	•••	•	•••••	••••	••••	••••	••••	••	•	•
2014	T6	••	•	••	••••	•••	•	•••••	••••	••••	••••	••••	••	•	•
2017A	T4	••	•	••	••••	•••	•	•••••	••••	••••	••••	••••	••••	•	•
2024	T4	••	•	••	••••	•••	•	•••••	••••	••••	••••	••••	••••	•	•
2030	T3	••	•	••	•••	•••	•	-	•	-	•••••	••	•	•	•
2618A	T6	••	•	••	••	•••	•	••••	••	••	••	••••	•	•	•
3003	O	•••••	••••	•••••	••••	•••	•••••	•••••	•••••	•••••	•	•••••	•••••	••••	••••
3005	O	•••••	••••	•••••	••••	•••	•••••	•••••	•••••	•••••	•	•••••	•••••	••••	••
3005	H26	•••••	••••	•••••	••••	•••	•••••	•••••	•••••	•••••	•	•••••	••	••••	•
5005	O	•••••	••••	•••••	•••••	••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•	•••••	•••••	••••	••••
5005	H24	•••••	••••	•••••	•••••	••••	•••••	•••••	•••••	•••••	•	•••••	••	•••••	••
5005	H18	•••••	••••	•••••	•••••	••••	•••••	•••••	•••••	•••••	••	•••••	•	••••	•

# APTITUDES TECHNOLOGIQUES ET D'USAGES DES ALLIAGES D'ALUMINIUM

Alliages	Etat	Comportement à l'atmosphère		Aptitudes											
				à l'anodisation			au soudage <sup>(1)</sup>				à l'usinage		à l'emboutissage		au repoussage
		générale	marine	protection	dure	brillante	à l'arc	par résistance	soudo- brasage	par faisceau d'électron	fragmentation copeaux	brillance surface	par expansion	profond	
5083	O	●●●● (2)	●●●● (2)	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●
5086	O	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●
5754	O	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●
6005A	T5/T6	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●	●	-
6060	T5/T6	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●	●●	-
6061	O	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●	-	●●●●	●●●●	●●●●
6061	T6	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●	●	-
6082	O	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●	-	●●●●	●●●●	●●●●
6082	T6	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●	●	-
7020	T5	●●●● (3)	●● (3)	●●●●	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●●●●	●	●	-
7075	T6	●● (4)	● (4)	●●●●	●●●●	●●	●	●●●●	●●	●●●●	●●●●	●●●●	●	●	-
7049A	T6	●● (4)	● (4)	●●●●	●●●●	●●	●	●●●●	●●	●●	●●●●	●●	●	●	-

●●●● : excellent   ●●●● : très bien   ●●● : bien   ●● : moyen   ● : passable   - : non applicable

1. L'aptitude au soudage oxyacétylénique est identique à celle du soudage à l'arc.
2. Pour des utilisations à des températures supérieures à 65°C, nous consulter.
3. Prendre des précautions contre la corrosion à l'état T4 ou T5/T6 soudé.
4. Risque de corrosion sous tension à l'état T6.

Ce tableau correspond à des valeurs moyennes (présentées à fin de comparaison) et ne peut pas faire l'objet de garantie

## APTITUDES AU PLIAGE DES TOLES EN ALLIAGES D'ALUMINIUM

Tableau des valeurs indicatives du rayon de pliage des tôles\* pliées à 90° sur presse classique.  
Ces valeurs doivent être multipliées par l'épaisseur en mm (e) de la tôle pour obtenir le rayon minimum exprimé en mm.

Alliages	Etat	0,4 < e < 0,8	0,8 < e < 1,6	1,6 < e < 3,2	3,2 < e < 4,8	4,8 < e < 6	6 < e < 10	10 < e < 12
1050A	O-H111	0	0	0	0,5	1	1	-
1050A	H14-H24	0	0,5	1	1	1,5	2	1,5
1050A	H18	1	2	3	3,5	-	-	2,5
1200	O	0	0	0	0,5	1	1	1,5
2014	O	0	0	0,75	1	1,5	2,5	4
2014	T6**	4,5	4,75	5,5	6,5	8	-	-
2017	T4**	2,5	3	4	5	5	6	-
2017A	O	0	0	0,75	1	1,5	2,5	4
2017A	H4	2,5	3	4	5	5	6	-
2024	O	0	0	0,75	1	1,5	-	-
2024	T4**	3	4	5	6	6	-	-
5083	O	0,5	1	1	1,25	15	2	-
5086	O	0,5	1	1	1,25	15	2	-
5754	O-H111	0	0,5	1	1	1,25	1,5	2
6061	O	0	0,5	1	1	1	1,5	2
6061	T4**	0,5	1	15	2,5	3	3,5	4
6061	T6**	1,5	2,5	3,5	3,5	4	4,5	5
6082	O	0	0,5	1	1,5	1,75	2	2,5
6082	T4**	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
6082	T61**	1,5	2	2,5	3,5	4	-	-
7020	T4**	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5
7020	T6**	3	3,5	4	5	5,5	6	-
7075	O	0	1	1	1,5	2,5	3,5	-
7075	T6**	4,5	5,5	6,5	7	8	-	-

\* Ces valeurs ne sont pas valables pour les tôles laquées.

\*\* Les alliages pour traitements thermiques peuvent être pliés avec des rayons plus courts si ils sont mis en forme peu de temps après la trempe.

## **POSSIBILITES DE PARACHEVEMENT DES ALLIAGES D'ALUMINIUM**

Toutes les possibilités de parachèvement concernent l'aluminium et ses alliages.

Pour toute autre forme de parachèvement, nous consulter.

### ■ PROTECTION ET TRAITEMENT DE SURFACE

- Protection des tôles avec film PVC 1 ou 2 faces 80 microns.
- Anodisation 15 à 20 microns.
- Brossage tous grains.
- Polissage.

### ■ USINAGE - MISE AU FORMAT

- Cisailage : jusqu'à 6 mm d'épaisseur  
longueur 2000 mm  
tolérances + 0 / + 1,5 mm
- Découpe : jusqu'à 100 mm d'épaisseur  
tolérances + 0 / + 0,2 mm
- Sciage : du diamètre 20 mm au diamètre 300 mm  
tolérances + 0 / + 2 mm
- Découpage : plasma, découpe jet d'eau, laser, toutes épaisseurs
- Pliage : jusqu'à 5 mm d'épaisseur  
longueur maxi 2000 mm  
couvre joint, acrotère, couvertine
- Soudage : mécano-soudure par procédé TIG et MIG
- Mise en forme : cintrage, roulage

# GUIDE DE SELECTION DES PLASTIQUES TECHNIQUES

Norme	Famille		Critère											
			Mécanique						Thermique			Chimique		Elec.
			Densité	Coefficient de frottement dynamique	Reprise d'humidité	Résistance à la compression	Résistance à l'usure	Usinabilité	Coefficient de dilatation lin. thermique	Température d'utilisation	Auto-extinguibilité	Résistance chimique	Alimentarité	Isolation électrique
PA	Polyamide extrudé	PA 6	1,14	••	•	••	•••	••	••	••	••	•	•	••
		PA 66	1,15	••	•	••	•••	•••	••	•••	••	•	••••	••
	Polyamide coulé	PA 6G	1,15	••	•	••	••••	•••	••	•••	••	•	••••	••
		PA 6G Mo S2	1,16	•••	••	•••	••••	•••	••	•••	••	•	•	••
POM	Polyacétal	POM	1,41	•••	••••	•••	••	••••	•••	•••	•	•	••••	••
PETP	Polyéthylène	PETP	1,39	•••	••••	•••	••••	•••	••••	•••	••	•	••••	••
PMMA	Polyméthacrylate de méthyle		1,19	–	••••	•••	–	••••	•••	••	•	•	••••	••
PC	Polycarbonate		1,20	–	••••	•••	•	••••	•••	•••	••••	•	••••	••
ABS	Acrylonitrile-Butadiène-Styrène		1,05	–	••••	••	–	•••	••••	•	••	•	••••	••
PVC	Polychlorure de vinyle		1,42	•	••••	••	–	•••	•••	•	••	•	•	••
PP	Polypropylène	PP	0,91	••	••••	••	–	•••	•	•••	•	•	••••	•••
PEHD		PEHD 500	0,95	••••	••••	••	•••	••••	•	••	•	••••	••••	••••
		PEHD 1000	0,94	••••	••••	••	••••	••••	•	••	•	••••	••••	••••
PTFE	Polytétrafluoréthylène		2,18	••••	••••	•	•	••••	•	••••	••••	••••	••••	••••
PVDF	Polyfluorure de vinylidène		1,78	••	••••	••	•••	••••	•	••••	••••	••••	••••	•••
PEI	Polyétherimide		1,27	–	••••	••••	•	•••	••••	••••	••••	••	••••	••
PEEK	Polyétherétherétone		1,31	••	••••	••••	•••	••••	••••	••••	••••	••••	••••	•••
PUR	Polyuréthane		1,05	–	••	–	•••	•	•	••	•	••	•	•
			1,25	–	••	–	•••	•	•	••	•	••	•	•

••••• : excellent   ••••• : très bien   ••• : bien   •• : moyen   • : passable   – : non applicable



## CONSEILS D'USINAGE POUR LES PLASTIQUES TECHNIQUES

### ■ Stabilité dimensionnelle

Des demi-produits stabilisés et exempts de tensions sont la condition pour la fabrication des produits aux cotes exactes. Une déformation de la pièce est souvent due à la chaleur produite par l'enlèvement de copeaux et à des tensions d'usinage qui en résultent. Lorsqu'il se produit un volume d'enlèvement de copeaux élevé, il est recommandé de stabiliser la pièce intermédiairement afin de réduire des tensions thermiques déjà apparues. Ce conditionnement est appliqué avant l'usinage des matières ayant une absorption d'eau élevée, par exemple polyamides. En raison de cette dilatation thermique élevée, il faudrait prévoir pour les matières plastiques des tolérances de fabrication supérieures à celles des métaux. Les matières thermoplastiques ne doivent jamais être serrées en forçant lors de l'usinage. Les matières rigides et dures comme le PA 6.6, PA 6 GF 30 ou PC courent le risque d'éclater ; cela concerne surtout des corps creux. Les pièces en matières plus élastiques peuvent se déformer par le dispositif de serrage en cas de contrainte de compression trop élevée.

### ■ Tournage

Pour atteindre des surfaces de qualité particulièrement haute, il faut prévoir le tranchant sous forme de finition large. Pendant la coupe, le ciseau doit être aiguisé pour éviter des surfaces écailleuses. En revanche, lors de l'usinage des matières à parois minces et particulièrement

souples, il est conseillé d'employer des outils acérés comme des couteaux.

### ■ Fraisage

Pour le fraisage les types de fraiseuses habituels peuvent être utilisés. Pour un grand nombre de pièces, il est préférable d'utiliser des fraiseuses munies de plaquettes au carbure pour que la vitesse de coupe puisse être augmentée. Les fraiseuses utilisées habituellement pour l'usinage des métaux légers sont particulièrement adaptées aux polyamides.

### ■ Perçage

En perçant avec des forets métalliques usuels, il faut veiller en particulier à ce que les tranchants soient bien acérés et l'ensemble bien refroidi. De même, l'élimination des copeaux de perçage par une ventilation fréquente est une condition pour une qualité irréprochable du perçage, car l'échauffement du foret est influencé par le frottement des copeaux. Les diamètres de perçage importants doivent être prépercés ou exécutés au moyen d'une mèche creuse ou par alésage au tour. Pour le perçage des thermoplastiques durs ou renforcés (PA 6.6, PA 6 GF 30), il est recommandé de préchauffer la pièce à 100°C pendant environ une heure par 10 mm de section droite. En raison des tensions, les qualités PC et PPO ont facilement tendance à craqueler ; pour cette raison, il faut, dans ce cas, n'aérer qu'avec de l'air ou de l'eau pendant l'usinage.

### ■ Sciage

La plupart des matières plastiques peuvent être sciées avec des scies à ruban ou circulaires, les dents devant être fortement affûtées pour obtenir une coupe libre.

### ■ Elimination de bavures

Lors de toutes les méthodes mentionnées d'usinage par enlèvement de copeaux, il faut compter sur des bavures plus ou moins prononcées. L'élimination manuelle avec des couteaux d'ébarbage spéciaux donne de meilleurs résultats. L'ébavurage au tonneau ou le ponçage vibrant sont d'autres possibilités, les abrasifs devant être choisis en fonction des pièces.

### ■ Taraudage

La coupe mécanique et la taille du filetage doivent être effectuées à des vitesses de coupe basses afin de maintenir le développement de chaleur aussi réduit que possible. Il est en tout cas recommandé d'utiliser un agent réfrigérant. Les tarauds doivent souvent être pourvus d'une surcote.

### ■ Découpage

Des pièces à parois minces jusqu'à 1,5 mm peuvent être produites économiquement par le découpage, qui peut se faire à haute vitesse. Pour le cas où il se produirait des cassures, le matériau doit être préchauffé.

*Ces informations sont données à titre indicatif.*