

## 1. Définitions préliminaires

**Corroyage** : opération consistant à déformer plastiquement un métal afin d'obtenir une forme désirée. Le forgeage, le laminage et le filage sont des exemples de corroyage. Le corroyage peut être réalisé à chaud ou à froid. Le métal subit généralement un écrouissage plus ou moins accentué (le métal est dit écroui).

**Durcissement structural** : durcissement du métal provoqué soit par un phénomène de trempe uniquement (aciers...) soit par une trempe suivie d'une maturation (alliages d'aluminium...) soit encore par un traitement mécanique (écrouissage...). Au cours du durcissement, la résistance à la rupture  $R_r$ , la limite élastique  $R_e$  (ou  $R_p$ ), la dureté  $H$  augmentent et l'allongement pour cent  $A\%$  (autrement dit la malléabilité) diminue.

**Ecrouissage** : modification de la structure d'un métal par déformation plastique à une température et à une vitesse telles que le métal durcisse. Amène une augmentation de la résistance mécanique et de la dureté mais aussi une perte de ductilité ( $A\%$  diminue).

**Maturation** : immédiatement après trempe, la malléabilité des alliages d'aluminium est voisine de celle obtenue à l'état recuit ( $R_r$ ,  $R_e$  et  $H$  mini ;  $A\%$  maxi). Cette malléabilité diminue assez rapidement dans le temps qui suit la trempe à la **température ambiante** ( $R_r$ ,  $R_e$ ,  $H$  augmentent et  $A\%$  diminue). C'est le phénomène de maturation dont l'origine est la précipitation d'un ou plusieurs composés.

**Mise en solution ("trempe" des Al)** : correspondant à la "trempe" des alliages d'aluminium, traitement thermique qui consiste à chauffer, maintenir à une certaine température pour permettre aux composants d'entrer en solution solide, puis à refroidir assez rapidement (eau froide, eau tiède, eau bouillante, huile, brouillard, courant d'air) pour conserver les composants en solution.

**Recuit** : dans le cas des métaux non ferreux, traitement thermique destiné à adoucir le métal en éliminant l'écrouissage ou par coalescence des précipités formés à partir de la solution solide. C'est le traitement qui confère aux alliages (s'applique à tous les alliages qu'ils soient sans traitement ou à traitement thermique) le maximum de malléabilité ( $R_r$ ,  $R_e$  et  $H$  minimum,  $A\%$  maximum).

**Revenu** : traitement thermique qui, dans le cas des alliages d'aluminium, provoque le durcissement structural des alliages qui ne bénéficient pas de la maturation. Le traitement augmente la résistance à la rupture  $R_r$ , la limite élastique  $R_e$  (ou  $R_p$ ), la dureté et diminue l'allongement pour cent  $A\%$ . A noter que les résultats sont inverses de ceux obtenus par le revenu des aciers.

**Stabilisation (traitement de)** : traitement thermique qui permet de stopper ou de limiter les évolutions au cours du temps des propriétés d'un matériau ou d'un produit (évite le phénomène d'adoucissement, des variations dimensionnelles en cours de service...).

**Exemple** : cas des pistons qui en service sont exposés à des températures capables de provoquer un recuit partiel.

**Trempe** : voir "mise en solution" et "maturation". A remarquer que la trempe des alliages d'aluminium est très différente de celle des aciers et que le durcissement structural s'obtient par une période de maturation après trempe (le terme "trempe" est remplacé par "mise en solution").

**Vieillessement** : précipitation à partir d'une solution solide sursaturée entraînant une modification des propriétés de l'alliage, soit à température **ambiante (vieillessement naturel ou maturation)** ou plus rapidement à température élevée (vieillessement artificiel ou revenu).

## 2. Désignation normalisée des états métallurgiques de base

Les états métallurgiques ("ou de livraison") sont normalisés. Leur désignation est effectuée par une lettre (F, O, H, W ou T) suivie par un ou plusieurs chiffres.

Le premier chiffre indique un cycle de traitements thermiques ou mécaniques (écrouissage...), les chiffres suivants précisent les variantes possibles du cycle. Mêmes remarques dans le cas des pièces moulées. Normes : NF EN 515 ; NF EN 1173...

<b>NOM :</b>	<b>II. PRINCIPAUX ETATS METALLURGIQUES</b>	<b>PJ</b>
--------------	--	-----------

**Etats métallurgiques de base (Al, Cu, Ni, Mg) : NF EN 515 Tableau 2**

Symbole	Etat	Observations
<b>F</b>	brut de fabrication	Sans moyen de contrôle particulier.
<b>O</b>	recuit	Etat donnant la résistance mécanique la plus faible, cas: O1- recuit à haute température et refroidi lentement O2- soumis à un traitement thermomécanique O3- homogénéisé
<b>H</b>	écroui	Ecroui (déformation plastique du métal à une température et à une vitesse telles que le métal durcisse) sans traitement thermique supplémentaire.
<b>W</b>	mis en solution (trempe)	Trempe des alliages d'aluminium. Décrit un état instable, s'applique aux alliages qui vieillissent spontanément. La durée de maturation peut être spécifiée (W 2h).
<b>T</b>	traité thermiquement	S'applique aux produits traités thermiquement pour obtenir un état stable autre que F, O ou H, avec ou sans écrouissage.

**Subdivision de l'état H - NF EN 515 Tableau 3**

Etat niveau de dureté	Ecroui seul (H1x)	Ecroui recuit (H2x)	Ecroui stabilisé (H3x)	Ecroui verni (H4x)
1/4 dur	H12	H22	H32	H42
1/2 dur	H14	H24	H34	H44
3/4 dur	H16	H26	H36	H46
4/4 dur	H18	H28	H38	H48

Le chiffre 8 est attribué à l'état le plus dur; la résistance à la traction à Hx4 est à mi-chemin entre celle à l'état Hx8 et celle à l'état O; Hx6 est à mi-chemin entre Hx8 et Hx4... Autres subdivisions (indiquent des variantes d'un état H à 2 chiffres): Hx11;H112; H116, Hxx4 et Hxx5.

**Etats métallurgiques (cuivre et alliages de cuivre NF EN 1173\*) Tableau 4**

Lettre	Caractéristique désignée	Exemple d'indication
<b>A</b>	Allongement	Fil EN...-Cu-Of-A007
<b>B</b>	Limite de flexion (indiquée en Mpa par les chiffres suivants)	Bande EN 1654-CuSn8-B410
<b>D</b>	Brut d'étirage sans spécification	Tube EN...-Cu-ETP-D
<b>G</b>	Grosseur du grain	Bande EN 1652-CuZn37-G020
<b>H</b>	dureté (Brinell ou Vickers)	Tôle EN 1652-CuZn37-H150
<b>M</b>	Brut de fabrication sans spécification	Barre creuse EN 12168-CuZn36Pb3-M
<b>R</b>	Résistance à la traction (Rr ou Rp indiquée en Mpa par les chiffres suivants)	Barre EN 12164-CuBe2-R1200
<b>Y</b>	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2% (Re <sub>0,2</sub> en Mpa par les chiffres suivants)	Bande EN 1654-CuZn30-Y460

\* Remplace la norme NF A 02-008. La désignation comporte en général 4 caractères (1 lettre + 3 chiffres), plus éventuellement un autre chiffre ou une lettre s'il y a un traitement supplémentaire. Exemple : Tube EN...-CuZn20Al2-R340S (avec traitement supplémentaire de détensionnement).

**Subdivisions de l'état T (aluminium et alliages NF EN 515) Tableau 5**

<b>NOM :</b>	<b>II. PRINCIPAUX ETATS METALLURGIQUES</b>	<b>PJ</b>
--------------	--	-----------

Symbol e	Traitements	Observations
<b>T1</b>	refroidi * + mûri	Pas d'écrouissage après refroidissement. Obtention d'un état pratiquement stable.
<b>T2</b>	refroidi* + écroui + mûri	Ecrouissage après refroidissement. Obtention d'un état pratiquement stable.
<b>T3</b>	mis en solution + écroui + mûri	Ecrouissage après mise en solution. Obtention d'un état pratiquement stable. T31 = écroui à 1%; T36 = écroui à 6%, etc.
<b>T4</b>	mis en solution + mûri	Pas d'écrouissage après mise en solution. Obtention d'un état pratiquement stable...
<b>T5</b>	refroidi* + revenu	Refroidi après transformation à chaud puis revenu. T51: avec sous revenu pour améliorer l'aptitude au formage. T56: contrôle spécial du procédé amenant des caractéristiques mécaniques supérieures à T5...
<b>T6</b>	mise en solution + revenu	T61: avec conditions de sous revenu pour améliorer l'aptitude au formage. T64: idem, mais situé entre T6 et T61 (le sous revenu est de plus en plus accentué en allant de T65 à T61). T66: contrôle spécial du procédé amenant des caractéristiques mécaniques supérieures à T6.
<b>T7</b>	mise en solution + sur-revenu/stabilisé	Le sur-revenu est destiné, soit à améliorer la résistance à la corrosion sous contrainte (T73), la ténacité, la résistance à la corrosion exfoliante (T76), ou à obtenir un compromis entre ces propriétés et la résistance à la traction. Le sur-revenu est de plus en plus accentué en allant de T79 à T73 (complet).
<b>T8</b>	mise en solution + écroui + revenu	T81: écroui à 1%. T86: écroui à 6%.
<b>T9</b>	mise en solution + revenu + écroui	
<b>T10</b>	refroidi (après transformation à chaud) + revenu + écroui	

\* Refroidi après transformation à chaud.

**Etats de livraison des produits non ferreux moulés Tableau 6**

Symbole	Procédé d'obtention	Symbole	Traitement
<b>Y0</b>	Non défini	<b>0</b>	Aucun traitement
<b>Y2</b>	Moulage au sable	<b>1</b>	Recuit
<b>Y3</b>	Moulage en coquille	<b>2</b>	Trempé
<b>Y4</b>	Moulage sous pression	<b>3</b>	Trempé + revenu
<b>Y5</b>	Par frittage	<b>4</b>	Trempé + mûri
<b>Y7</b>	En coulée continue	<b>5</b>	Stabilisé
<b>Y8</b>	Par centrifugation	<b>6</b>	Trempé et stabilisé
<b>Y9</b>	Suivant prescriptions	<b>9</b>	Suivant prescriptions
Y20: coulé en sable, non traité thermiquement Y23: coulé en sable, mis en solution, trempé et revenu Y24: coulé en sable, mis en solution, trempé et mûri Y29: coulé en sable, traité suivant prescription Y30: coulé en coquille, non traité thermiquement Y33: coulé en coquille, mis en solution, trempé et revenu		Y34: coulé en coquille, mis en solution, trempé et mûri Y35: coulé en coquille, stabilisé Y36: coulé en coquille, mis en solution, trempé et stabilisé Y39: coulé en coquille, traité suivant prescription Y40: coulé en coquille sous pression, non traité...	