

1

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES LAITONS DE MATRIÇAGE

1.1 - Présentation

Parmi les métaux et alliages susceptibles d'être matriçés, les laitons occupent une place prépondérante.

Le terme générique de laiton couvre une importante gamme d'alliages dont le composant principal est le cuivre et l'élément d'addition est le zinc.

Les laitons de matriçage sont des alliages cuivre-zinc avec addition de plomb. Ces alliages conjuguent une bonne plasticité à chaud avec une excellente usinabilité nécessaire aux opérations de finition. Leur principale caractéristique est

une grande aptitude à la déformation à chaud, caractérisée par l'allongement à la température où s'effectue l'opération de matriçage.

La présence de plomb est principalement justifiée par les usinages ultérieurs à l'opération de matriçage. Cette teneur en plomb est limitée en pratique à 2,5 %.

1.2 - Propriétés physiques et caractéristiques mécaniques

L'alliage de base est le laiton CuZn39Pb2. Ses principales propriétés physiques sont données au tableau 1.

	Unité	Facteur de conversion	CuZn39Pb2
Masse volumique	g/cm ³		8,4
Intervalle de solidification	°C		895/880
Coefficient de dilatation linéaire de 20 à 300 °C			20.10 ⁻⁶ par °C
Capacité thermique (1) massique à 20 °C	J/(kg.K)	239.10 ⁻⁶ cal/g.°C	377
Conductivité thermique à 20 °C	W/(m.K)	2,39.10 ⁻³ cal cm/(cm ² .s.°C)	117
Conductivité électrique à 20 °C	MS/m %IACS	1 m/Ω .mm ²	16 27
Résistivité électrique à 20 °C	Ω.m	10 ⁸ μΩ.cm	6,4.10 ⁻⁸
Coefficient de température de la résistivité électrique à 20 °C			1,6.10 ⁻³ par °C
Module d'Young à 20 °C (élasticité de traction)	MPa	1 N/mm ²	96 100
Module de torsion à 20 °C (élasticité de cisaillement)	MPa	1 N/mm ²	35 300

Propriétés physiques du laiton Cu Zn 39 Pb 2.

(1) : appelée aussi mais improprement chaleur massique ou chaleur spécifique.

Tableau 1

Les barres de laiton de matriçage peuvent être fabriquées dans plusieurs états métallurgiques qui sont définis au paragraphe 3.3.

Lorsqu'elles sont livrées à l'état calibré, elles répondent aux caractéristiques mécaniques minimales définies par la norme NF A 51-105.

Le laiton est un alliage caractérisé par une remarquable diversité d'applications qui font appel à ses nombreuses propriétés, notamment :

- bonne conductivité électrique et thermique,
- excellente résistance à la corrosion,
- grande aptitude aux traitements de surface,
- propriétés de frottement et de résistance à l'usure.

En marge de ces propriétés de base, le choix du prescripteur est le plus souvent guidé par la facilité et la vitesse de mise en œuvre des pièces en laiton qui, ajoutées à la valeur importante de récupération des déchets, permettent d'atteindre un bilan performance coût optimal.

1.3 - Les critères définissant la matriçabilité des laitons

1.3.1 - Diagramme d'équilibre

Les facteurs métallurgiques influents sur l'aptitude au matriçage découlent de l'examen du diagramme de phases à deux constituants, cuivre et zinc, représenté en figure 2.

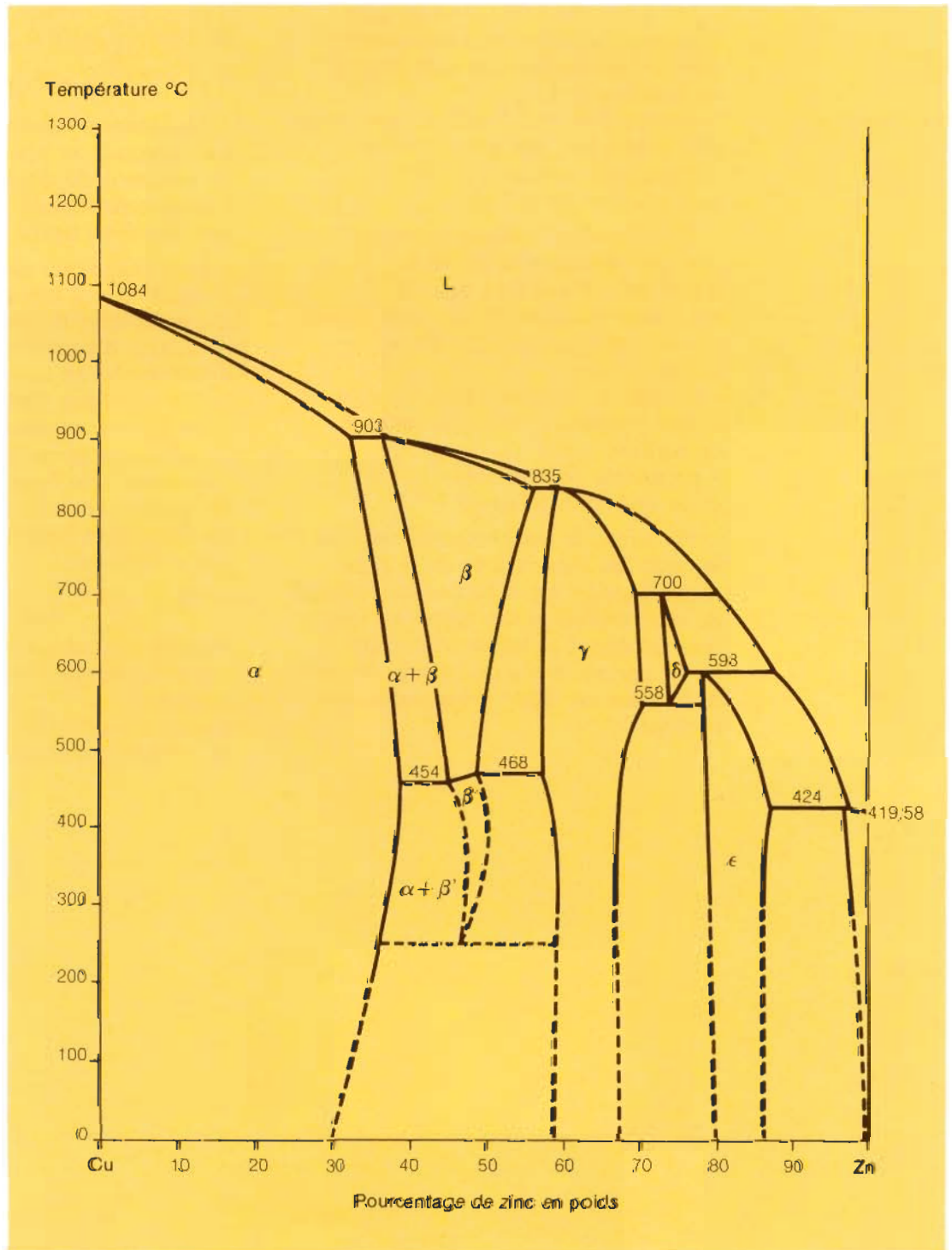
Pour transposer ce diagramme d'équilibre aux laitons au plomb ou, d'une façon plus générale, à des laitons contenant d'autres éléments d'addition, il faut appliquer la notion de titre fictif établie par Léon GUILLET.

Cette théorie consiste à donner à toutes les additions faites dans le laiton cuivre-zinc une équivalence en zinc. On passera ainsi du titre réel en cuivre Cu % au titre fictif en cuivre Cu' % par la formule :

$$\text{Cu}'\% = \text{Cu} \% \frac{100}{100 + \chi (k - 1)}$$

formule dans laquelle :

- χ est la teneur de l'élément d'addition considéré,
- k est le coefficient d'équivalence de l'élément d'addition considéré.



**Diagramme
d'équilibre des
laitons binaires.**

Figure 2

Les coefficients d'équivalence des principaux éléments d'addition sont les suivants :

- Ni : - 1,2
- Co : - 1
- Pb : 0
- Mn : 0,5
- Cd : 0,7
- Fe : 0,9
- Sn : 2
- Al : 6
- Si : 10

Dans le cas du laiton CuZn39Pb2, le titre fictif en cuivre est :

$$\text{Cu}'\% = 59 \times \frac{100}{98} = 60,2 \%$$

Ce calcul ne tient pas compte des impuretés éventuelles.

Dans la partie gauche du diagramme d'équilibre, les laitons peuvent se présenter sous la forme de trois phases à l'état solide :

- la phase α est une solution solide de zinc dans le cuivre et cristallise dans le système cubique à faces centrées. Cette phase est malléable à froid. Son aptitude à la déformation à chaud est inférieure à celle d'un mélange $\alpha + \beta$; elle exige donc des efforts de déformation bien supérieurs.
- la phase β , solution solide plus riche en zinc, de structure cubique centrée, est stable au dessus de 454 °C. Cette phase est bien malléable dans cette zone de température et donc, en principe, possède une excellente aptitude à la déformation à chaud. Toutefois, si l'on maintient trop longtemps un alliage dans la zone de β pur, le grossissement rapide des grains peut entraîner une décohésion aux joints de grains, facilitée en présence de plomb.

- la phase β' est issue de la phase β par une transformation à l'état solide entre 468 °C et 454 °C. Cette phase dure et fragile ne permet que des déformations limitées : elle caractérise en fait les laitons de décolletage à la température ordinaire.

Il découle de cet examen des caractéristiques des différentes phases qu'un laiton de matriçage devra avoir une composition qui permette d'obtenir une structure où coexistent les deux phases α et β , à la température de déformation à chaud du métal.

1.3.2 - Influence de la température

- La température optimale de matriçage est celle qui correspond à la ductilité maximale de l'alliage ; cette ductilité maximale, caractérisée par la mesure de l'allongement, est obtenue pour une gamme de température où la proportion de phase β dans le mélange $\alpha + \beta$ est au moins égale à 50 %.

Sur le diagramme d'équilibre, cette plage de température de matriçage est définie par les limites de la surface dessinée en orange sur la figure 3, qui correspond à une présence de phase β comprise entre 50 % ($\alpha = \beta$) et 100 %.

A titre d'exemple, pour l'alliage CuZn39Pb2 de titre fictif en cuivre 60,2 %, on constate sur cette même figure que la plage de température de matriçage sera comprise entre 680 °C et 790 °C.

Une autre illustration de ce phénomène est donnée en figure 4 qui montre, pour l'alliage ayant un titre fictif en cuivre de 58,7 %, quelles sont les variations de l'allongement en fonction de la température.

On voit sur cet exemple que pour obtenir un allongement de 120 % ou plus, il faut se situer dans une plage de température de matriçage comprise entre 630 °C et 730 °C.

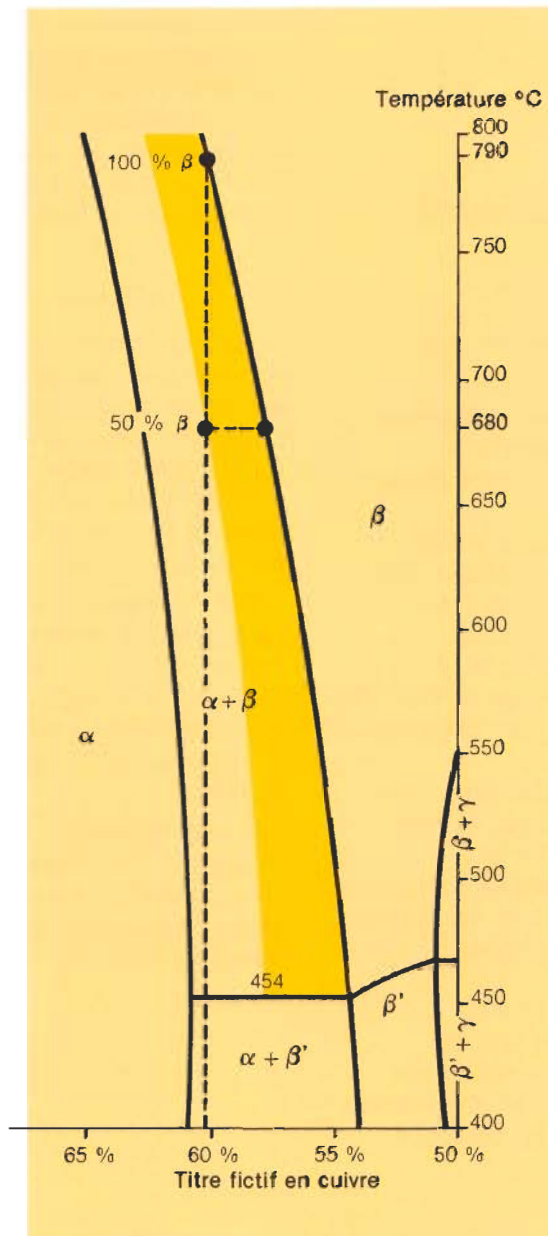


Figure 3
Plage de température de matriçage.

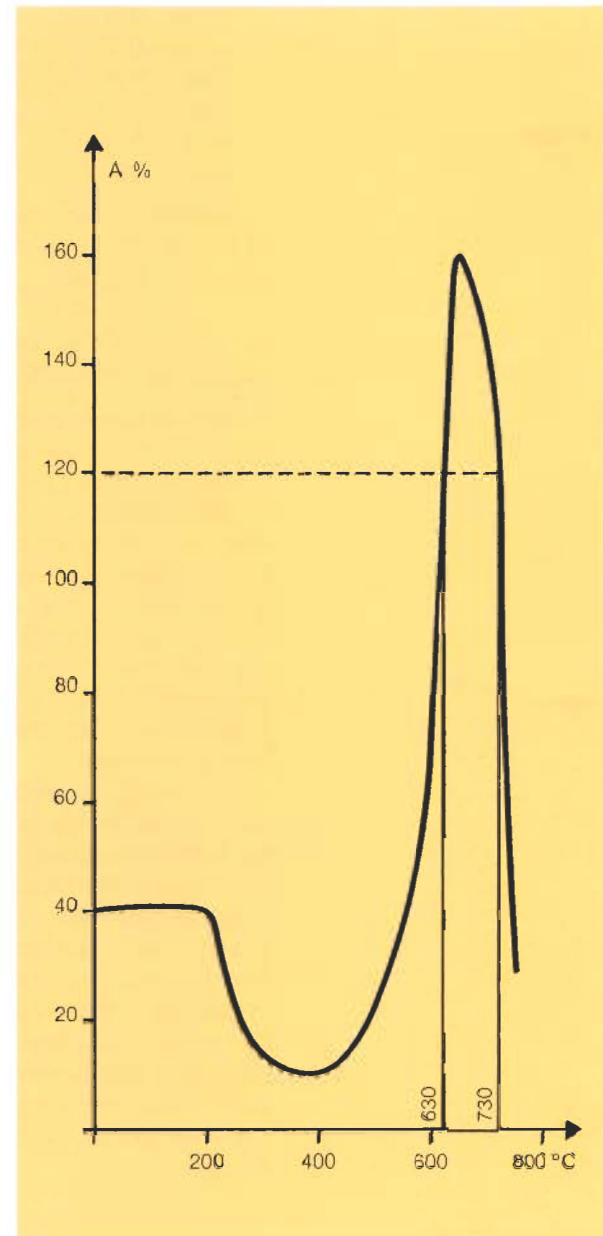


Figure 4
Variations de l'allongement en fonction de la température.

- On peut expérimentalement apprécier l'influence de la température sur l'aptitude à la déformation à chaud, comme le montre la photo représentée en figure 5.

Pour chaque couple (titre en cuivre, température), deux lopins ont été déformés : celui du haut (le plus épais) a été déformé à contrainte constante, celui du bas (la fine galette) a été déformé jusqu'à obtention d'une épaisseur constante.

Il ressort de cet essai les observations suivantes :

- Pour un titre élevé en cuivre (ex : 60,7 %), l'alliage est riche en phase α à faible température (ex : 650 °C) et on constate qu'il se déforme difficilement.
- A l'opposé, pour un titre faible

en cuivre (ex : 58,7 %) l'alliage est riche en phase β à température élevée (ex : 825 °C) et la ductilité de l'alliage est médiocre. La déformation se fait dans de mauvaises conditions avec fissuration des pièces.

- En conclusion, la température optimale pour la bonne déformation à chaud est d'autant plus élevée que le titre en cuivre est lui-même élevé.

Une température de 650 °C est suffisante pour matricer un alliage à 58,7 % de cuivre tandis qu'il faut élever celle-ci à 800 °C pour matricer un alliage à 60,5 % de cuivre.

Les considérations pratiques concernant la température des lopins sont examinées au paragraphe 2.4.2.

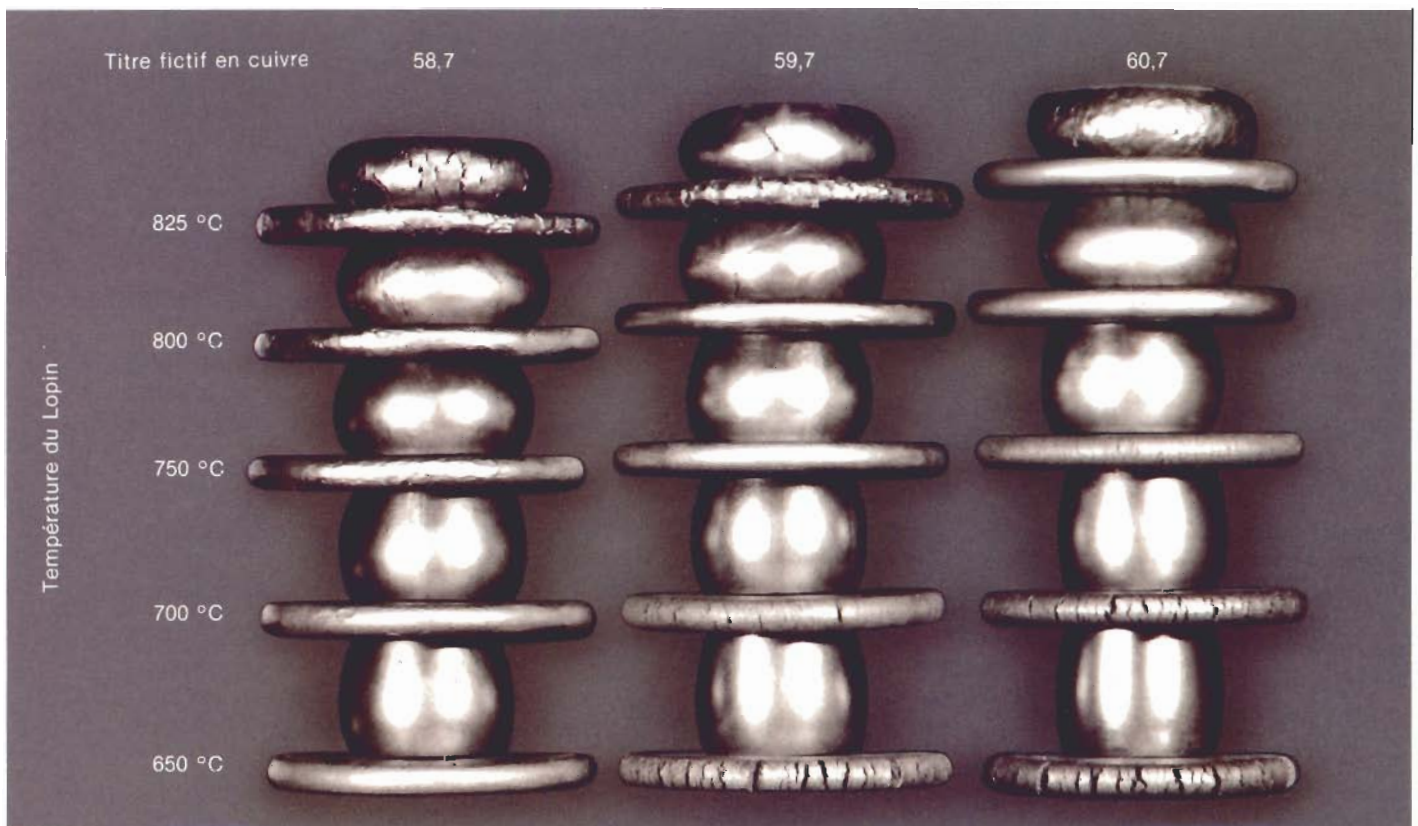


Figure 5 - **Influence de la concentration en cuivre et de la température sur la déformation des lopins.**



Pièce de chalumeau de coupe.

Ebauche matricée et ébavurée, pièce usinée.

*Entreprise :
S.M.T.
Groupe CO2
21110 GENLIS*

1.3.3 - Choix d'un laiton de matriçage

On voit ainsi qu'un laiton de matriçage, dont la caractéristique principale est la bonne déformation à chaud, sera essentiellement défini par sa teneur en cuivre ou, plus exactement, par son titre fictif en cuivre. Il en découle implicitement la plage de température à laquelle le métal doit être matriçé.

Le choix d'une composition précise d'alliage sera fait en fonction de deux critères essentiels :

- la complexité de la pièce à fabriquer et, par conséquent, l'importance de la déformation à réaliser impliquera un dosage des différents constituants, et en particulier du plomb, dans des limites précises.

- les opérations de reprises ultérieures après matriçage impliqueront de la même façon une composition d'alliage particulière suivant les mises en œuvre à réaliser.

Ainsi, une teneur en plomb relativement élevée facilitera le fractionnement des copeaux pour des usinages de grandes séries.

Un titre riche en cuivre sera nécessaire pour des opérations de finition par déformation à froid.

L'ensemble de ces facteurs caractérisant les alliages de matriçage sont traités aux chapitres 3 et 4.