

Les laitons au bismuth : une alternative aux laitons au plomb ?



Vincent Laporte,

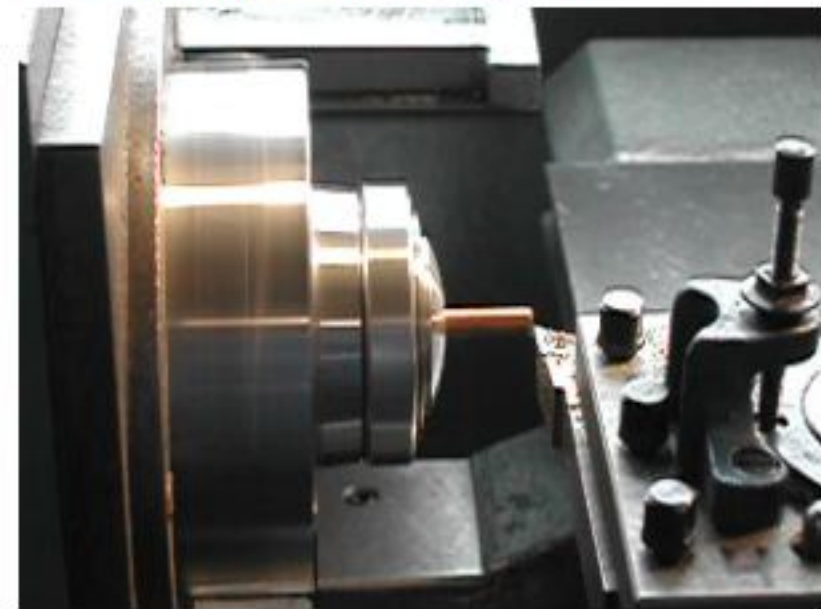
Doris Scherer et

Andreas Mortensen

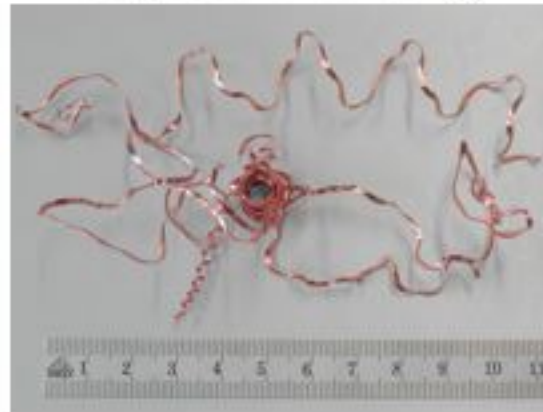
Laboratoire de Métallurgie Mécanique

Usinabilité

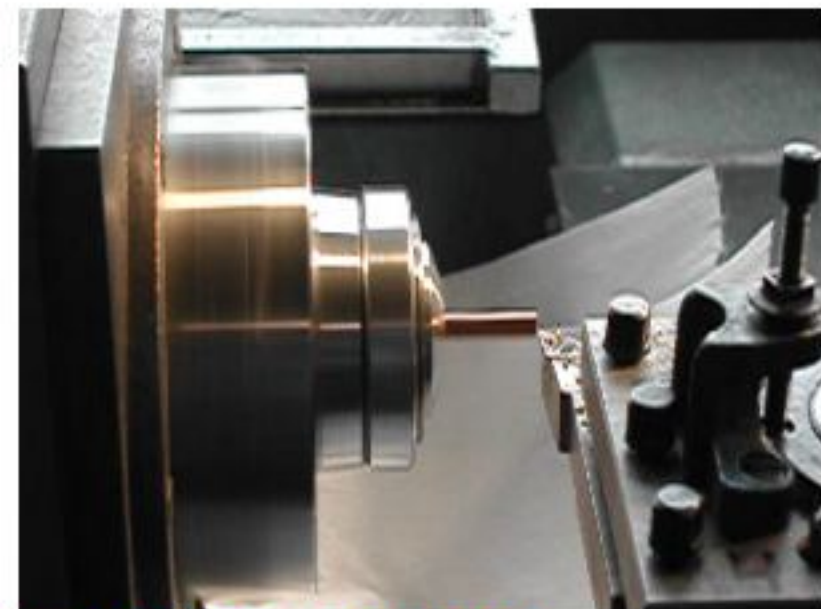
Felberbaum, Thèse EPFL, 2005



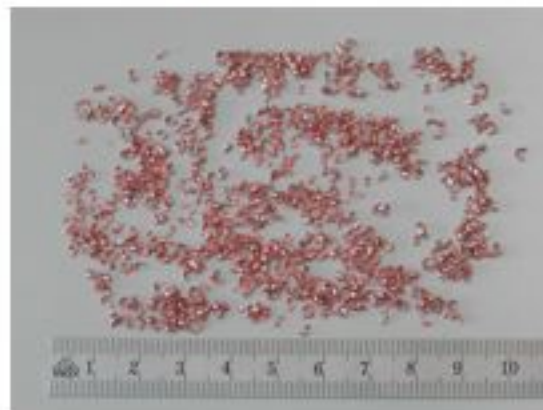
Cu pur
Copeau très long



CuZn37



Cu-1Pb
Copeaux courts



CuZn37Pb0,5

Plomb : réglementation

Plomb \Rightarrow risque de **SATURNISME**

\hookrightarrow Valeur Maximale d'Exposition = $150\mu\text{g}/\text{m}^3$

Domaine d'activité	VME > $150\mu\text{g}/\text{m}^3$
Métallurgie	39 %
Production de métaux non ferreux	50 %
Coulée de métaux en fusion	53 %
Usinage des métaux	20 %

➤ Ecobrass [®] :

Cu-21%mass.Zn-3%mass.Si

➤ EnviroBrass III [®] (ex-SeBiLoys [®]) :

Cu-35%mass.Zn-1%mass.Sn-1%mass.**Bi** + Se

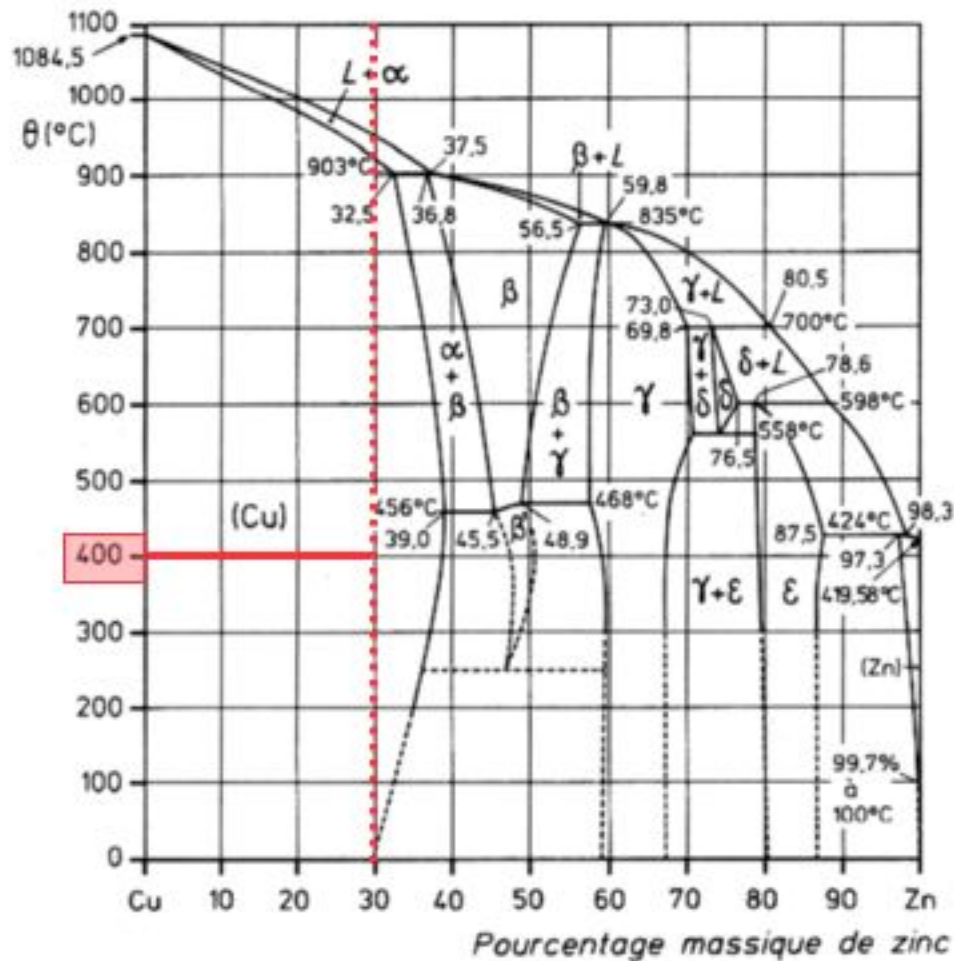
Plomb → Bismuth ?

Pourquoi le bismuth en remplacement du plomb ?

- Solubilités très faibles dans le cuivre et le zinc
- Températures de fusion basses (271°C pour Bi / 327°C pour Pb)
- Absence de risque sanitaire avéré

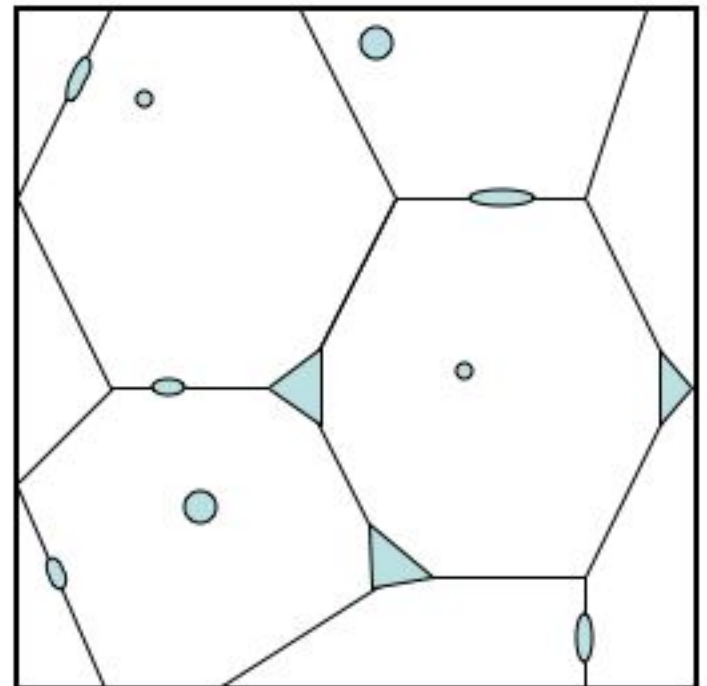
↳ **le bismuth est un remplaçant potentiel du plomb dans les laitons de décolletage, mais il est également reconnu comme un élément fragilisant du cuivre ⇒ ???**

Alliages étudiés

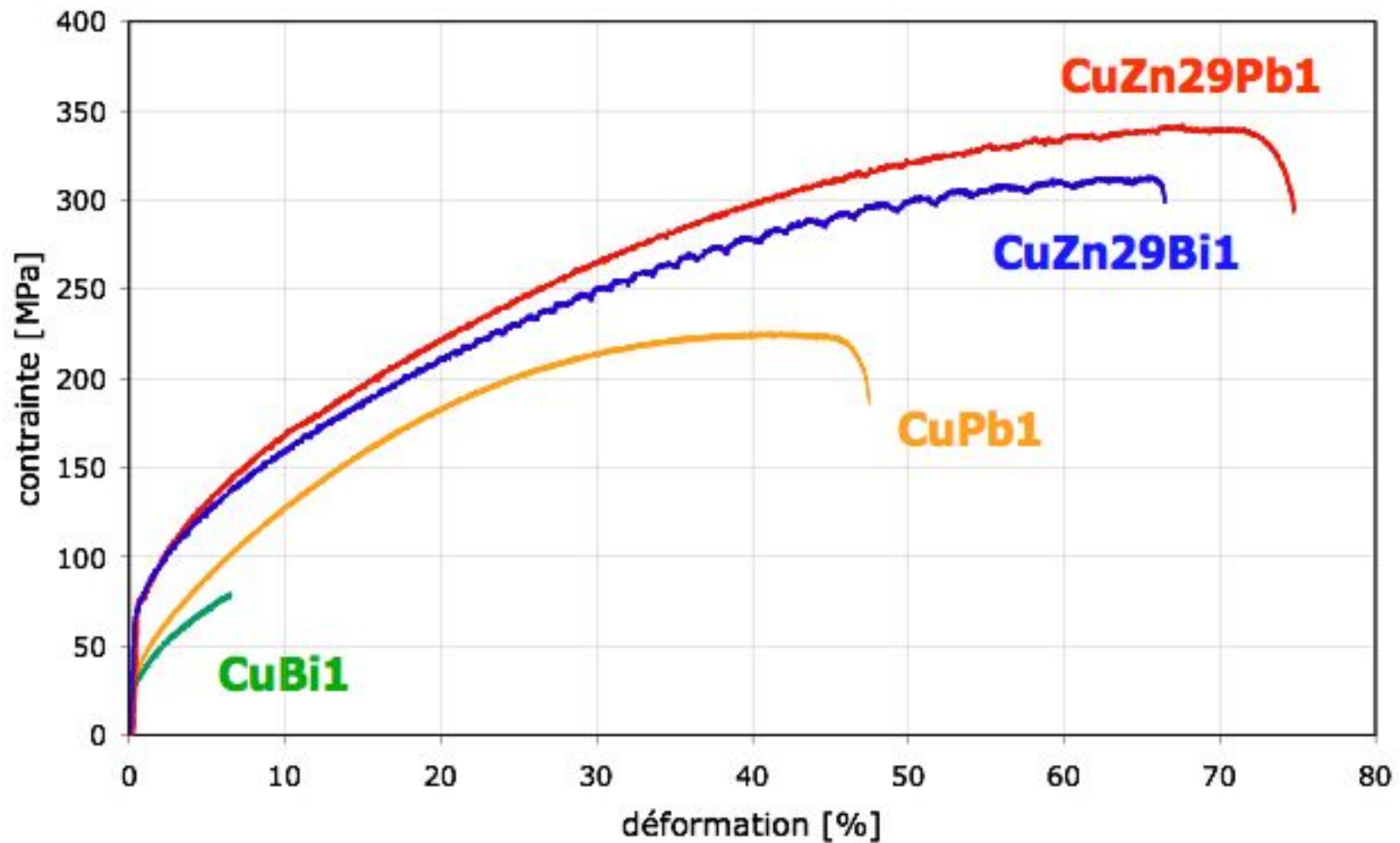


Cu-Zn29-Pb1 et Cu-Zn29-Bi1

- Coulée sous argon → \varnothing 19mm
- Extrusion à 800°C → \varnothing 8mm
- Etirage à froid → \varnothing 6.5mm
- Usinage d'éprouvettes de traction M6 \varnothing 4
- Encapsulation sous argon
- Homogénéisation à 800°C (2h)
- Revenu à 400°C (48h) + trempe à l'eau

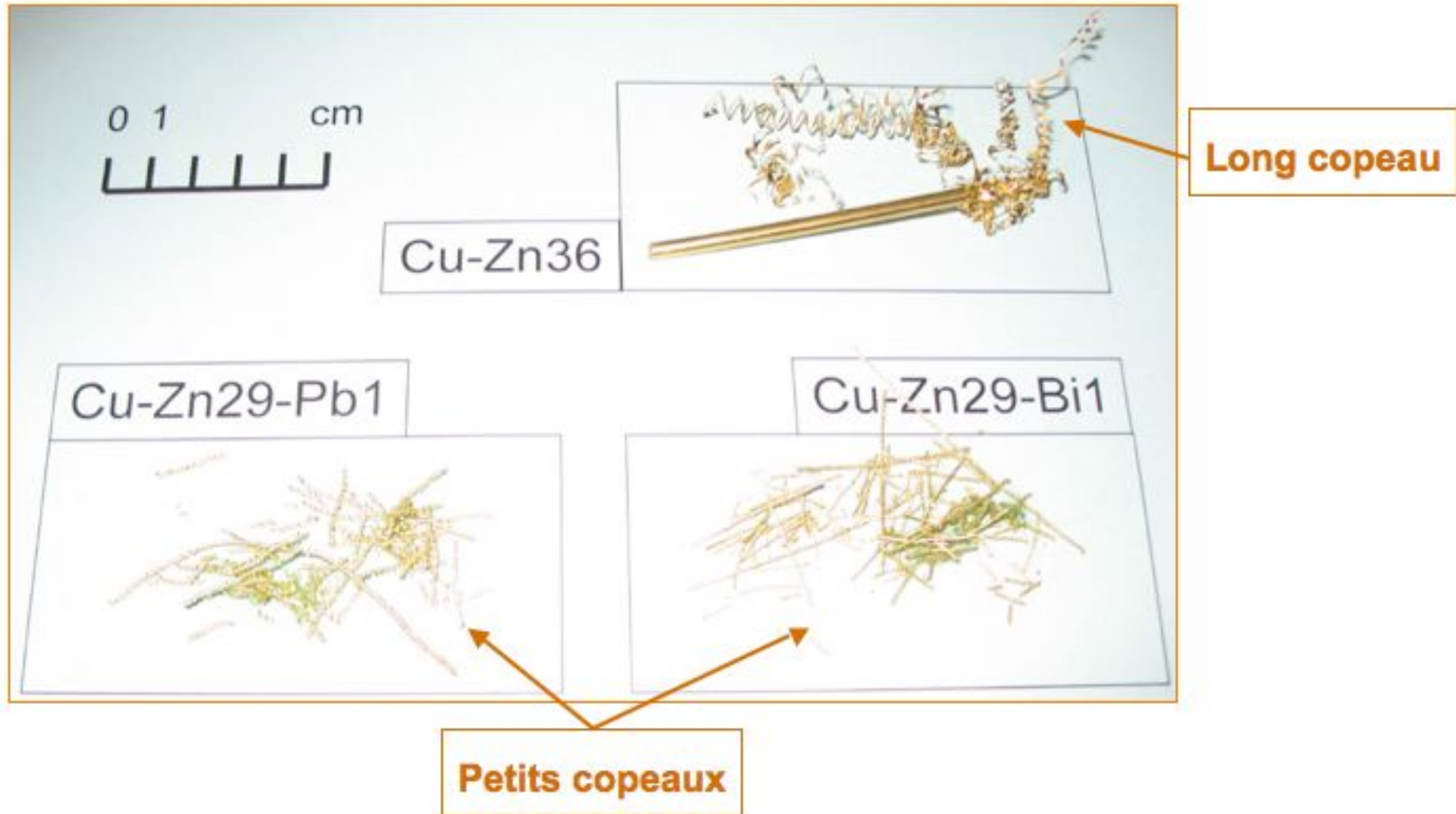


Propriétés mécaniques à 20°C



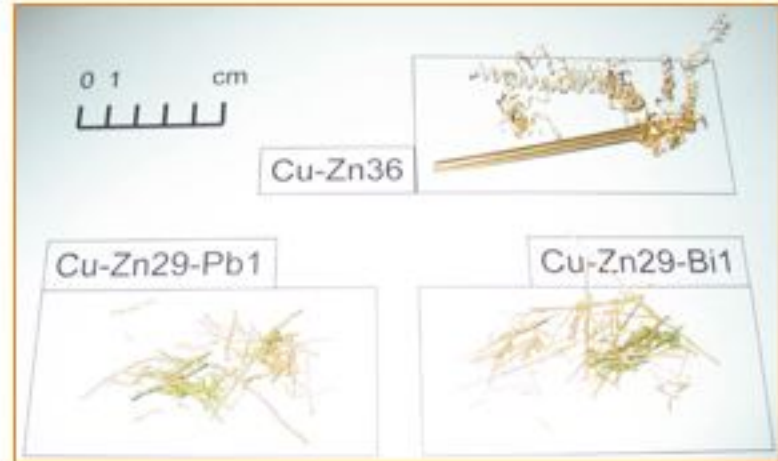
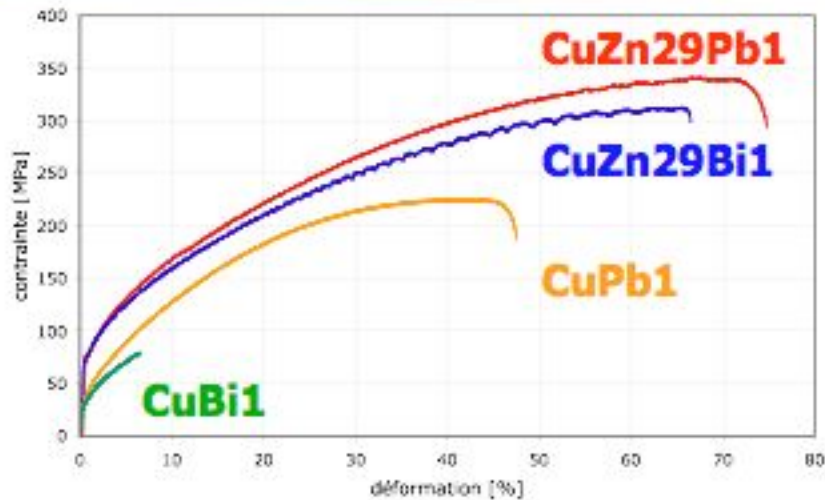
Traction à 20°C et 10^{-3} s^{-1}

Usinabilités comparées



Effets similaires sur l'usinabilité

A la température ambiante

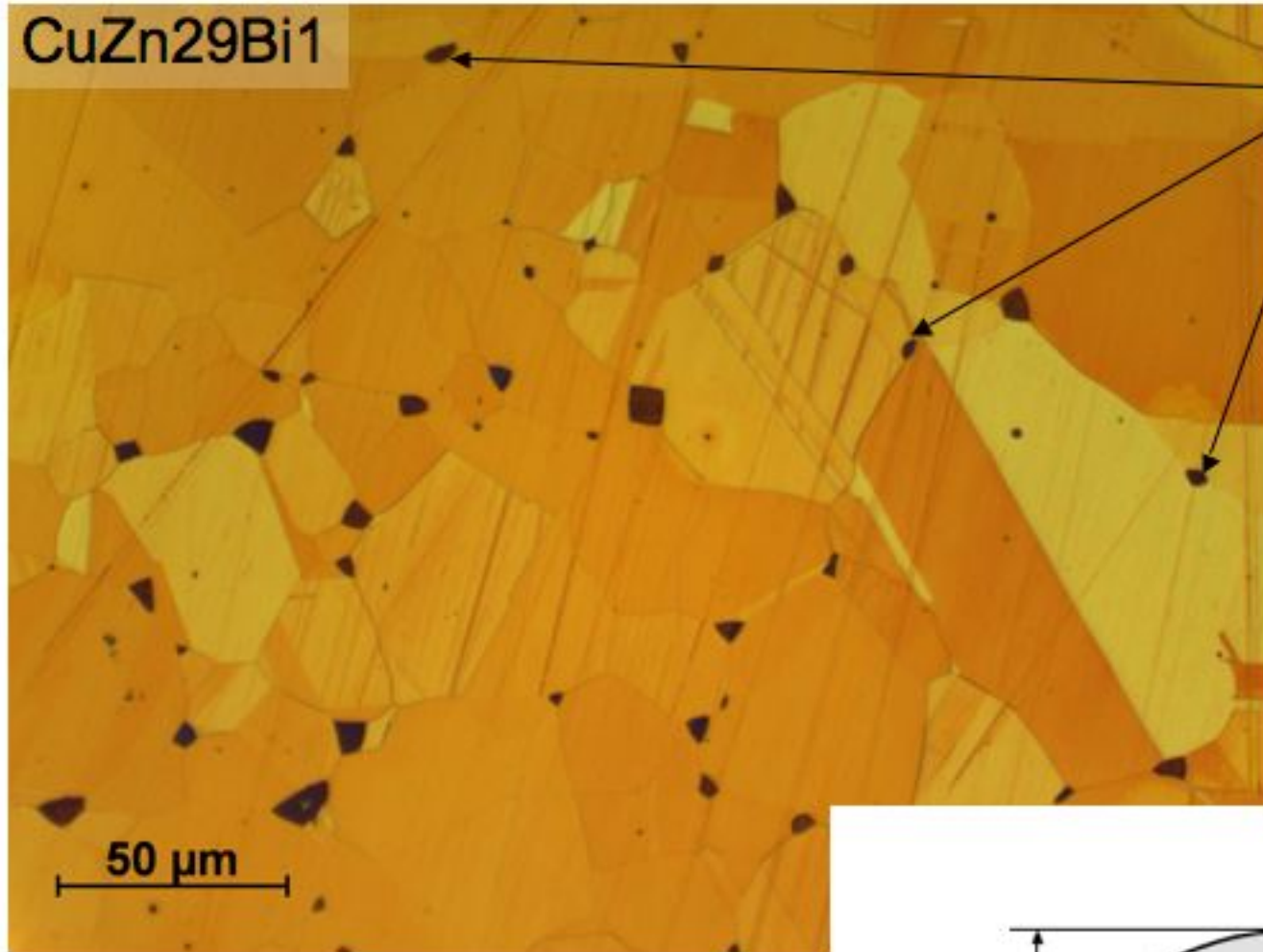


- Caractéristiques mécaniques comparables (R_m , R_e , ϵ_r)
- Effet Portevin-Le Châtelier plus marqué pour le laiton au bismuth
- Effets similaires sur l'usinabilité
- Fragilisation par le bismuth nettement réduite avec l'ajout de zinc

👉 😊 le bismuth peut jouer le même rôle que le plomb dans les laitons de décolletage

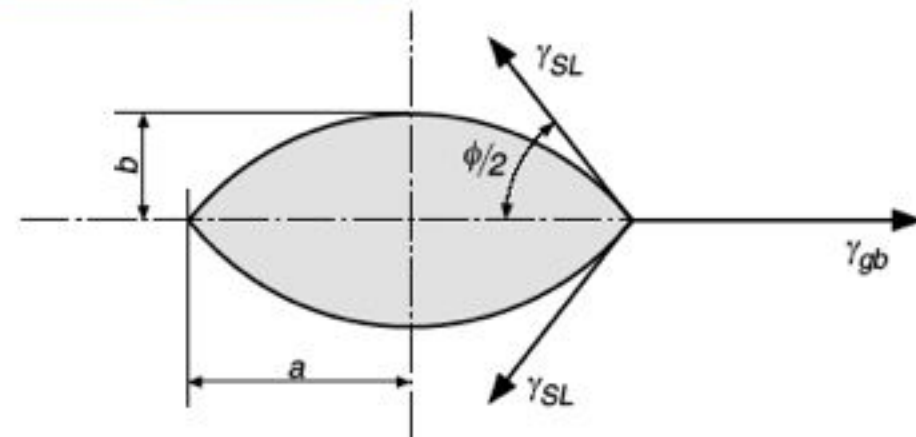
Inclusions intergranulaires

CuZn29Bi1

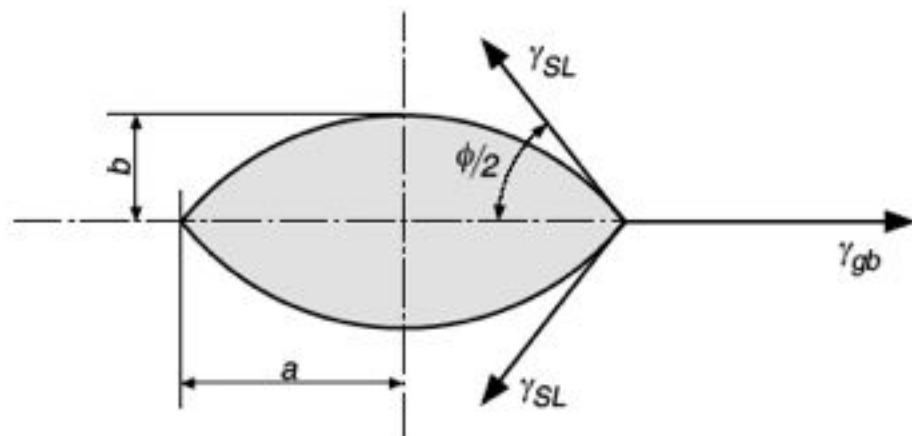


bismuth

$$\gamma_{gb} = 2\gamma_{SL} \cos\left(\frac{\phi}{2}\right)$$



Angles dièdres



$$\gamma_{gb} = 2\gamma_{SL} \cos\left(\frac{\phi}{2}\right)$$

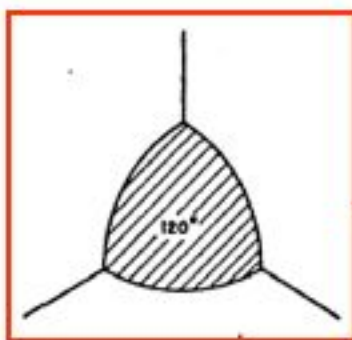
$$\cos\left(\frac{\phi}{2}\right) = \frac{a^2 - b^2}{a^2 + b^2}$$

Angle dièdre à 400°C	Métal liquide (T_{fusion})	Cu-Zn29	Cu
	Plomb (327°C)	117°	85°
	Bismuth (271°C)	80°	30°

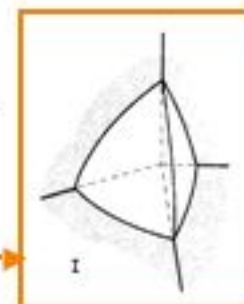
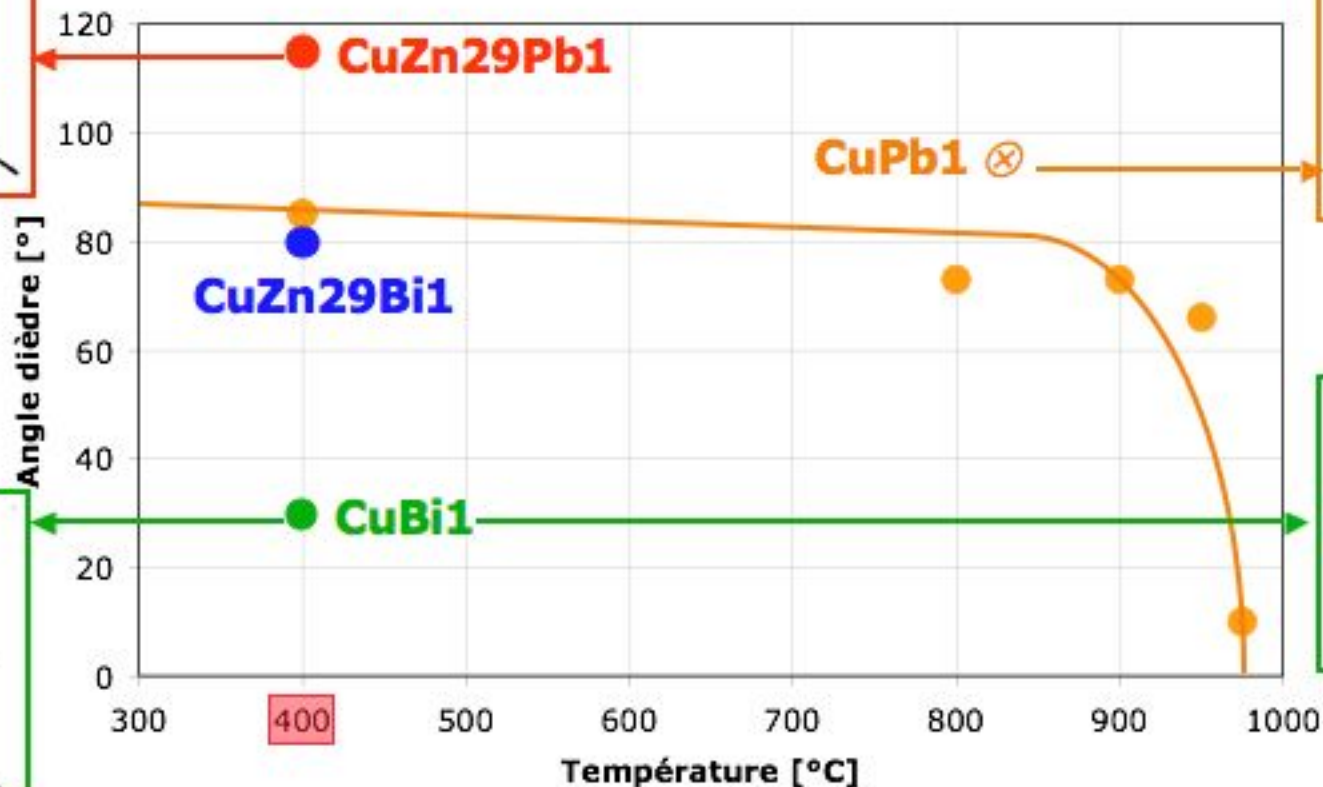
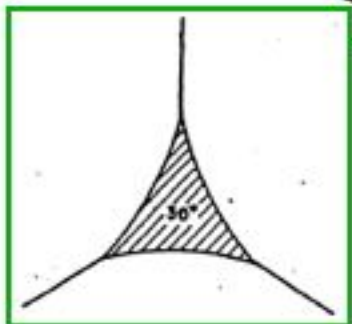
$$\gamma_{SL(L=Bi)} < \gamma_{SL(L=Pb)} \Rightarrow \phi_{(\text{avec Bi})} < \phi_{(\text{avec Pb})}$$

Mouillage intergranulaire

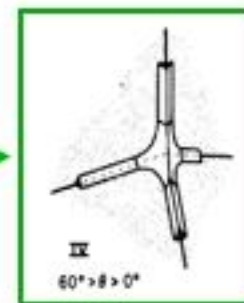
Angle dièdre à 400°C	Métal liquide	Cu-Zn29	Cu
	Plomb	117°	85°
	Bismuth	80°	30°



Smith, 1949

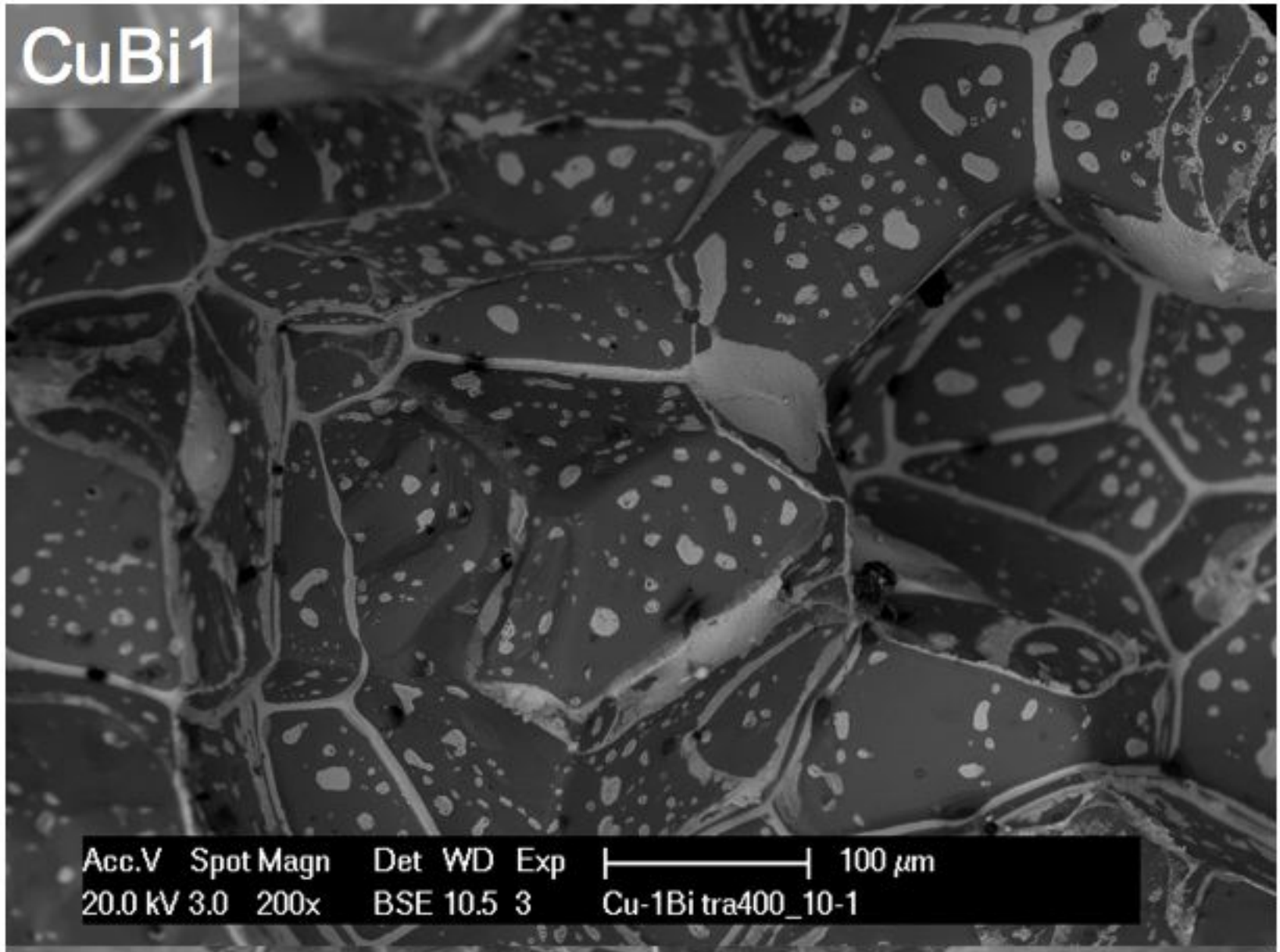


Wray, 1976



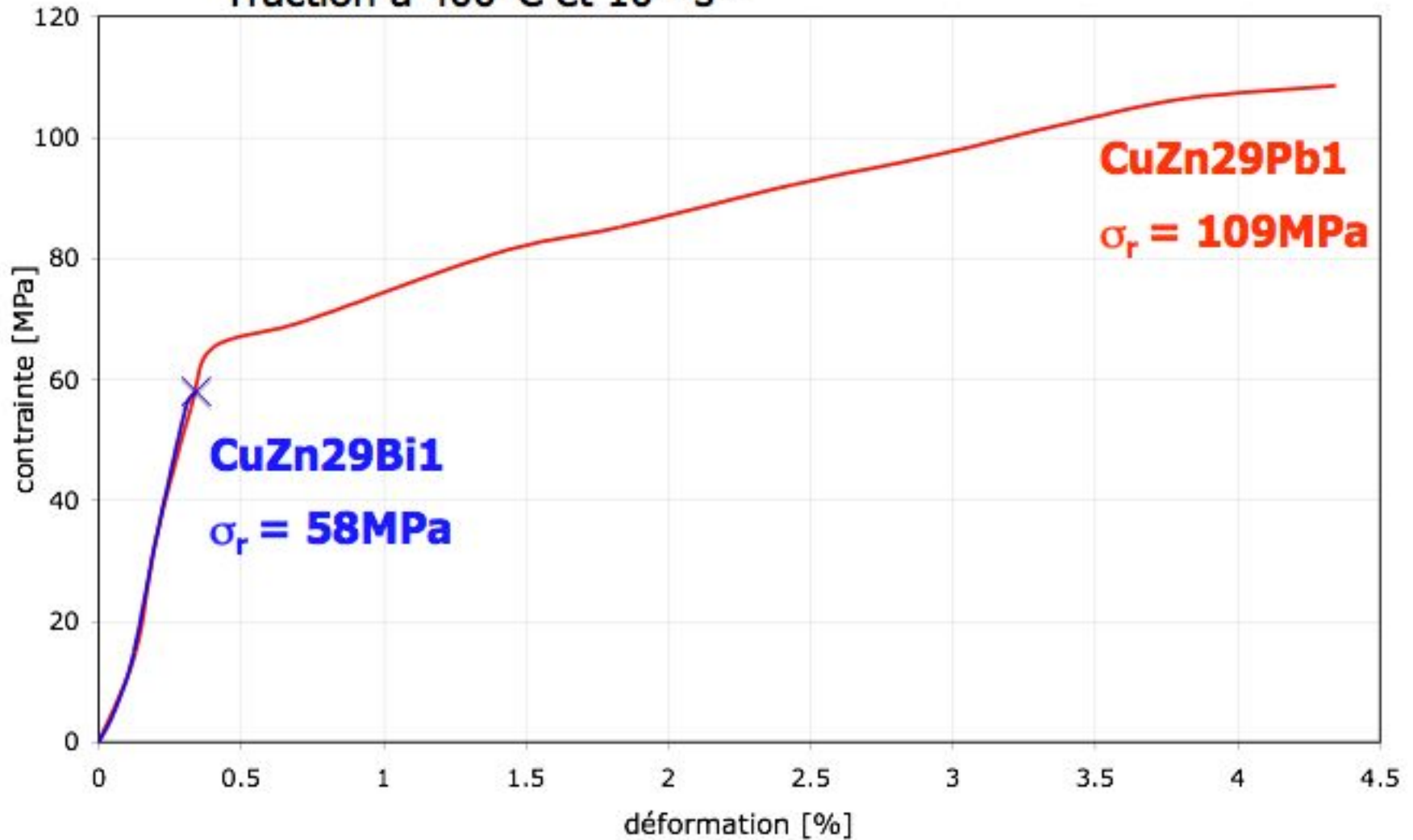
Fragilisation par les Métaux Liquides

CuBi1



A haute température (400°C)

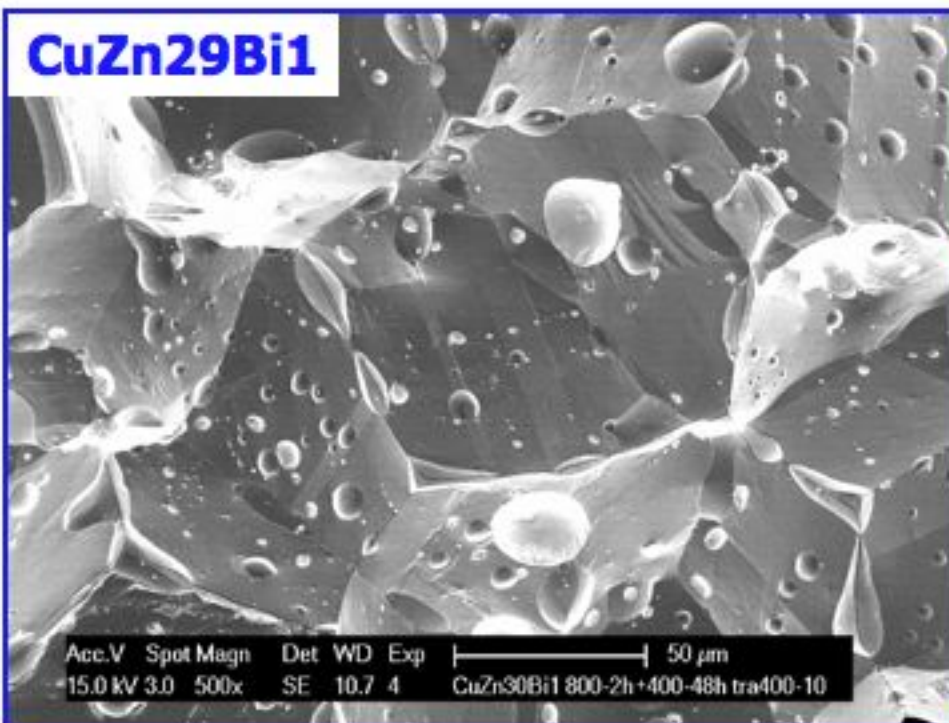
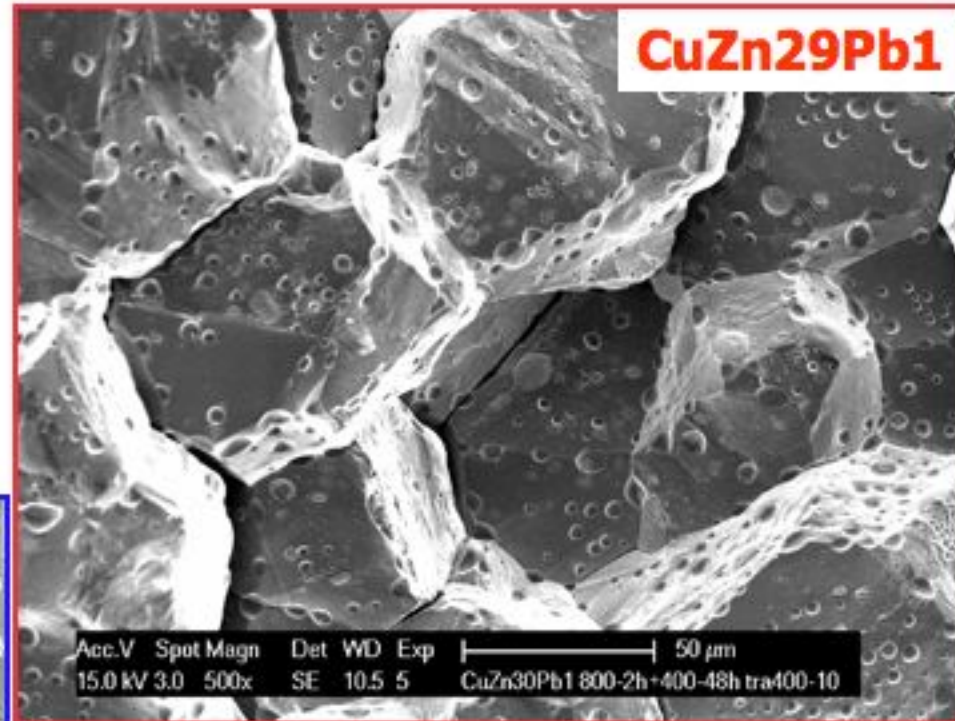
Traction à 400°C et 10^{-1} s^{-1}



Rupture sans plasticité pour CuZn29Bi1

Surfaces de rupture

- Ruptures intergranulaires
- Pas de mouillage des lignes triples
- Inclusions de bismuth plus grosses que les inclusions de plomb



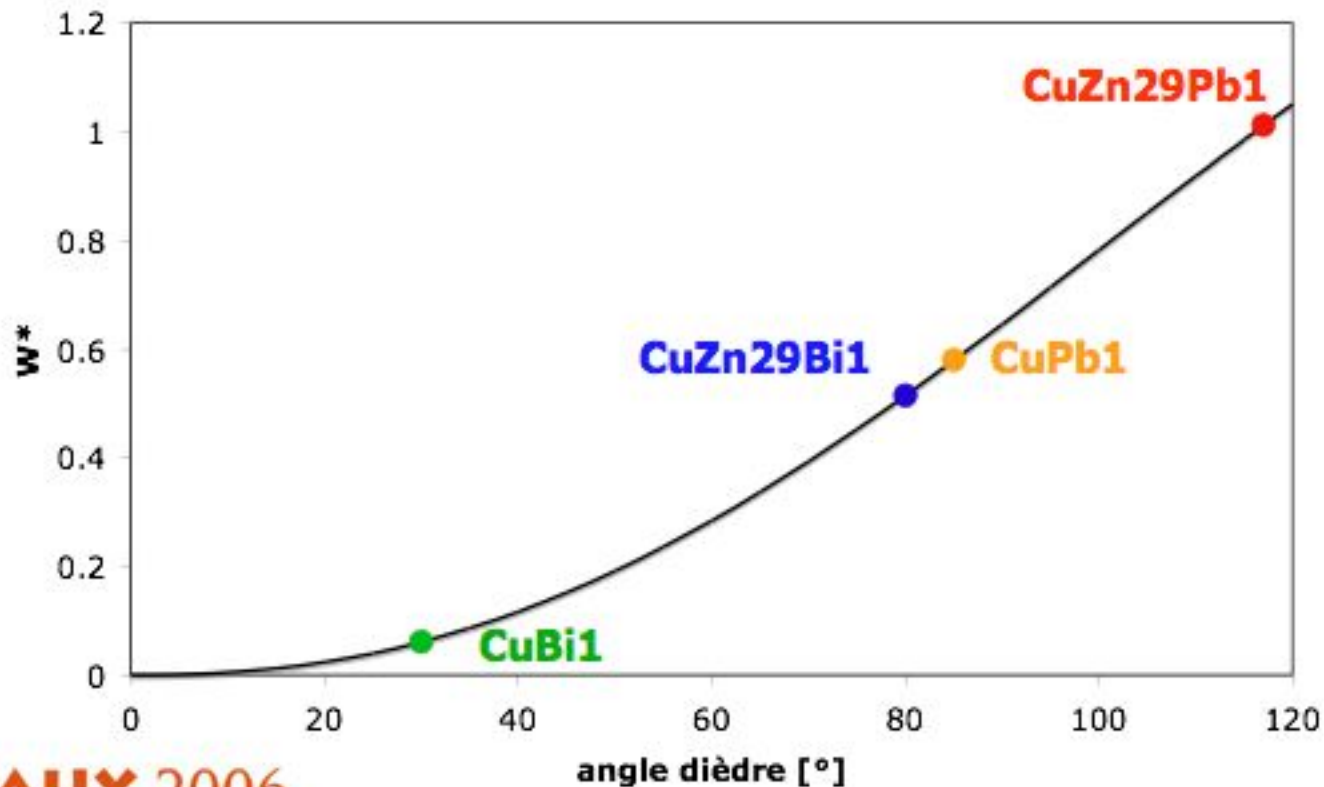
Prédictions ?

Prédictions...

◇ Raj, J. Am. Ceram. Soc., 1986

$$\sigma_c = \sqrt{\left(\frac{2\pi}{3V}\right)^{1/3} \frac{W^*(\phi) \pi G \gamma_{SL}}{(1-\nu)}}$$

Métal liquide	Contraintes prédites ◇	Contraintes expérimentales
Plomb	80-164 MPa	109 MPa
Bismuth	39-80 MPa	58 MPa



Conclusion

Laiton au plomb / laiton au bismuth :

☺ Usinabilité

☺ Propriétés mécaniques

} à la température ambiante

↳ rôle de Zn ?

☹ Propriétés mécaniques à 400°C problématiques

↳ Influence de l'**angle dièdre** (via γ_{SL})