
Influence d'un traitement thermomécanique complexe sur les évolutions microstructurales et les propriétés élastiques et acoustiques associées dans le cas d'un alliage de cuivre utilisé dans la fabrication d'instruments de musique

B. Bacroix, T. Chauveau, R. Chiron (LPMTM, Univ. Paris13)
W. Seiler (PIMM, ENSAM Paris)



LPMTM - CNRS - Université Paris 13
Juin 2009



Propriétés acoustiques d'un instrument (famille des cuivres)

Sont liées aux propriétés mécaniques (matériau)
et à l'épaisseur (structure)

Matériau « mou » : son brillant en jouant, mat en frappant

Matériaux « dur » : son mat en jouant, brillant en frappant



- Recuit partiel en des endroits distincts (zones martelées) parfois recommandé ; dépend également de l'épaisseur
- Le vernis change le son (car change l'épaisseur)

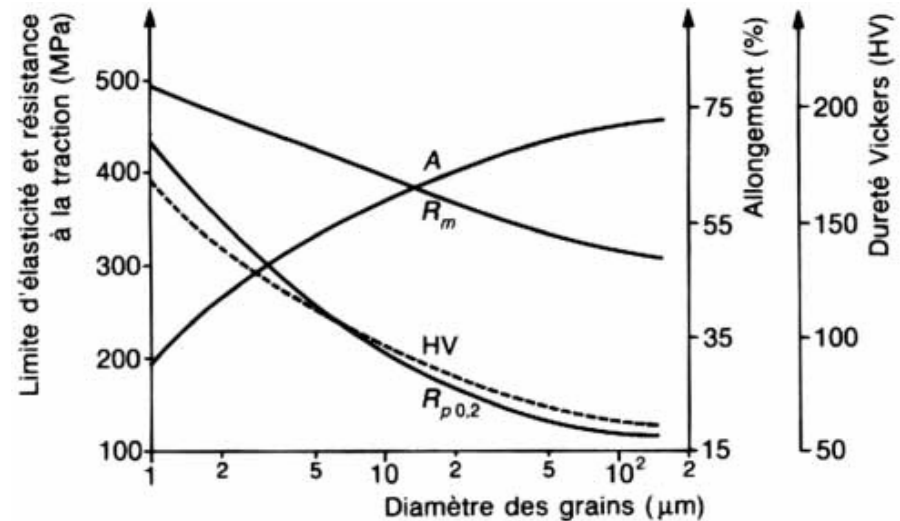
Propriétés mécaniques du laiton

	Etat	Charge de rupture (MPa)	Limite élastique à 0.2% (MPa)	Allongement t (A%)	Dureté Vickers	Module d'Young (MPa)
CuZn10	Recuit	275	100	45	65	125000
	H11	320	250	25	85	118000
	H14	430	380	5	127	
CuZn33	Recuit	340	120	60	80	112000
	H11	375	280	42	105	95000
	H14	525	430	8	150	
CuZn36	Recuit	350	120	60	80	109000
	H11	375	280	43	105	95000
	H14	520	425	8	150	
CuZn40	Recuit	370	160	40	90	102000
	H11	390	265	30	120	94000
	H14	510	440	8	162	



Meilleure ductilité entre 25 et 36% Zn

Influence de la taille de grain sur les propriétés mécaniques et la rugosité (CuZn33 recristallisé)



1. Objet de l'étude

Etudier les sources possibles d'évolution du son dans le temps, en cas de stockage « sec ».

Probables :

Relaxation de contraintes

Evolution de la microstructure (self- annealing)

Peu probables :

Evolution de la composition chimique (vieillessement)

Corrosion sous contraintes



2. Méthodologie

Diffraction X : contraintes internes
textures cristallographiques

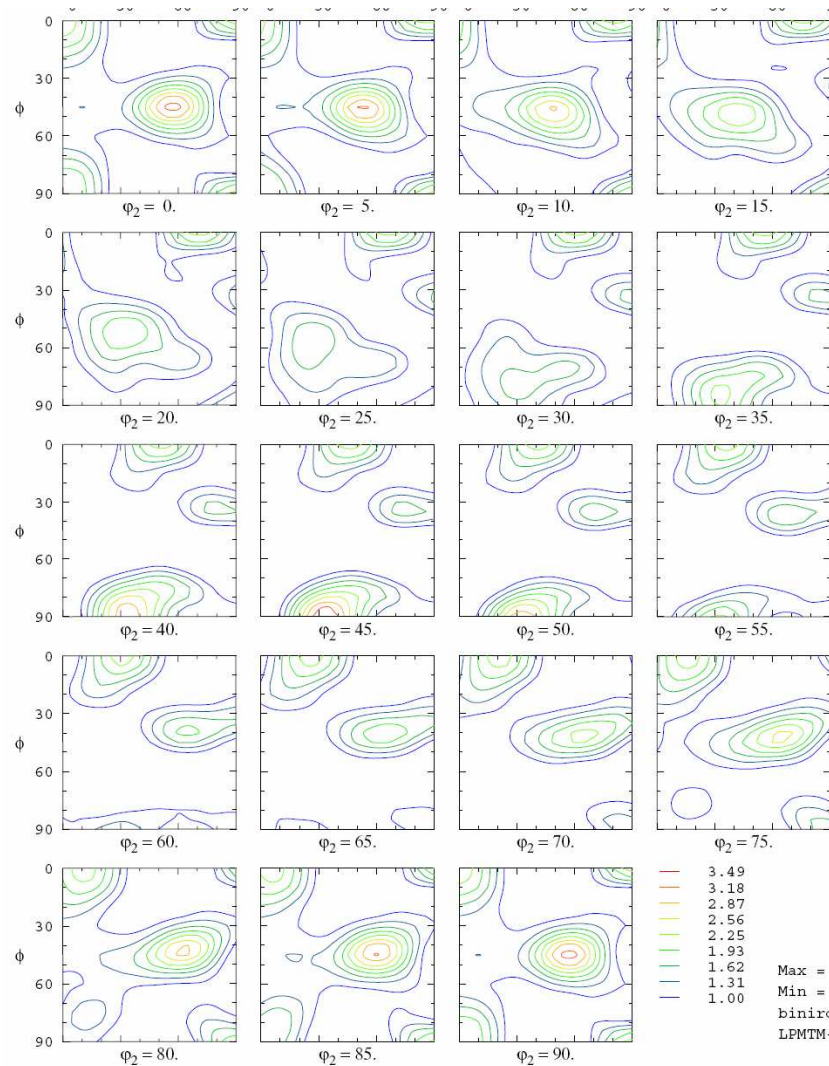
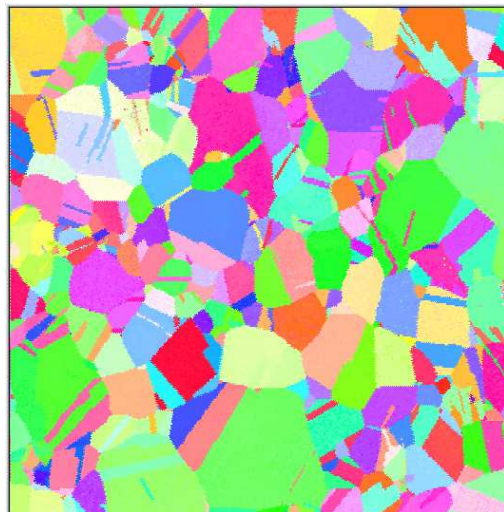
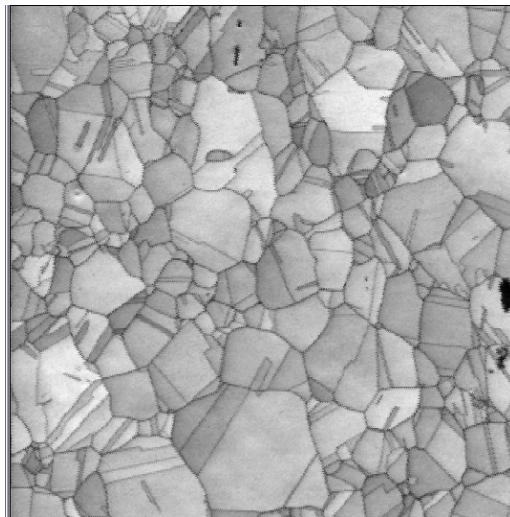
MEB - EBSD : textures cristallographiques
taille de grains
état d'écrouissage

Modèle polycristallin : calcul de propriétés plastiques et élastiques

Comparaison des microstructures et textures avant et après fabrication (instruments après durées de stockage variables)



3. Le matériau initial : CuZn33, recristallisé, monophasé



Texture :

Bs - S - Goss (déf.)
 +
 Cube - Goss (rec.)
 +
 Bs maclé (rec.)
 =
 Laminage + recuit

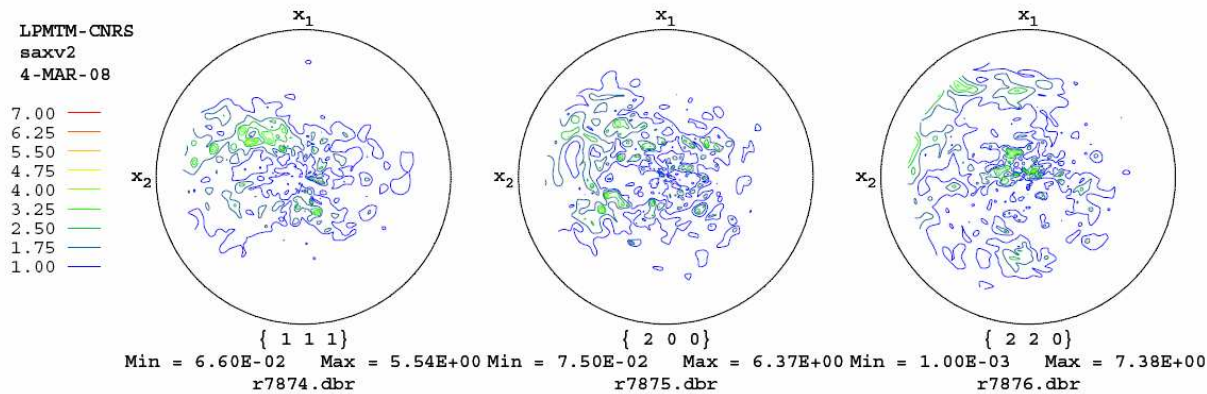
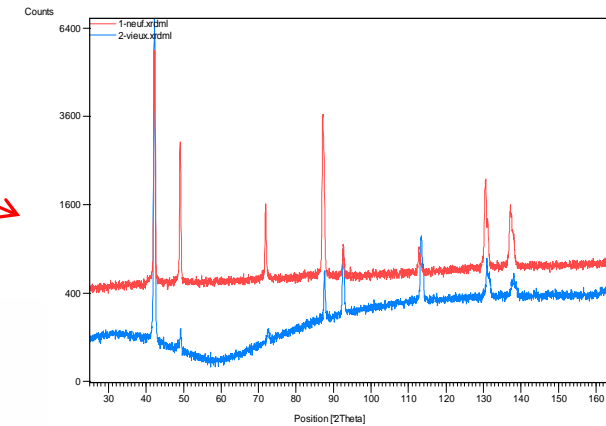
Taille de grain :
 20 μm

3. Le matériau après fabrication



Rocking Curves en DRX :
Pas de contraintes.

Texture : gros grains !!!

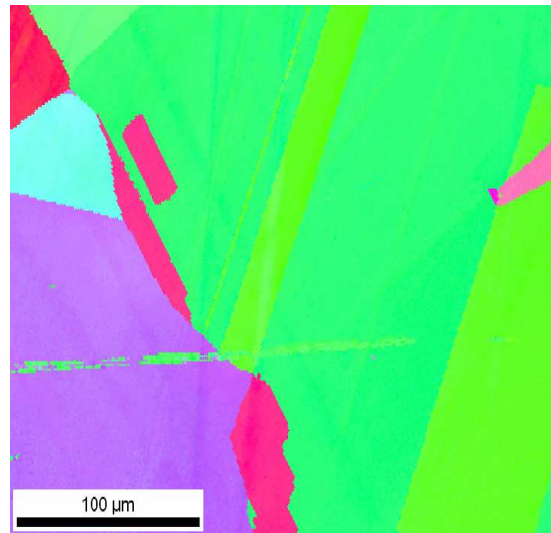


3. La microstructure en EBSD

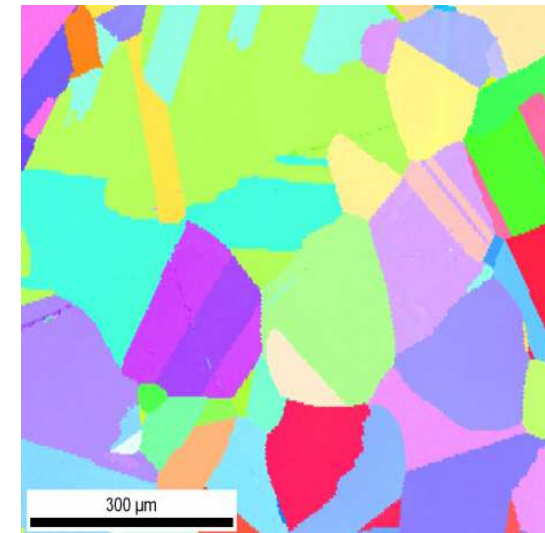
Fabrication : déformation, recuits, perçage, soudage, polissage =
Traitement thermomécanique complexe mais bien contrôlé



140*140 μm
Tôle initiale

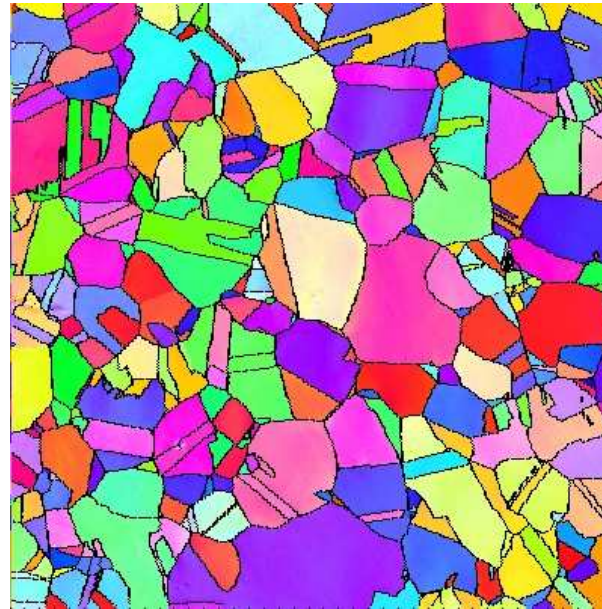
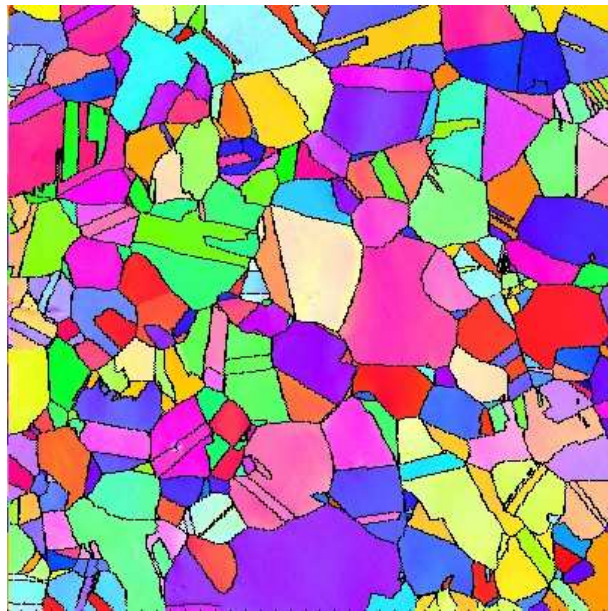


300*300 μm
Instrument



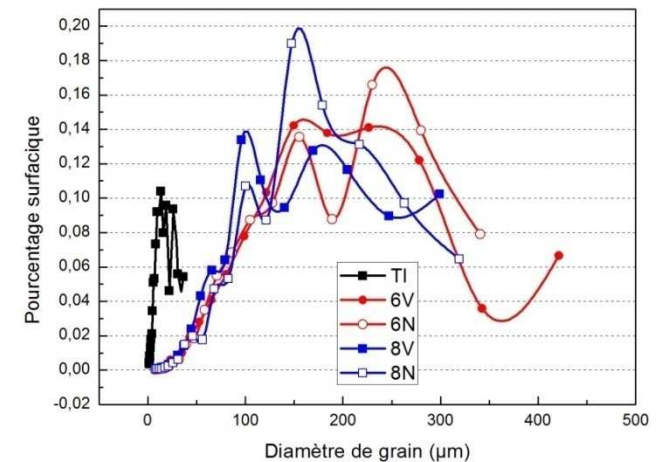
900*900 μm
Instrument

3. Les microstructures après fabrication

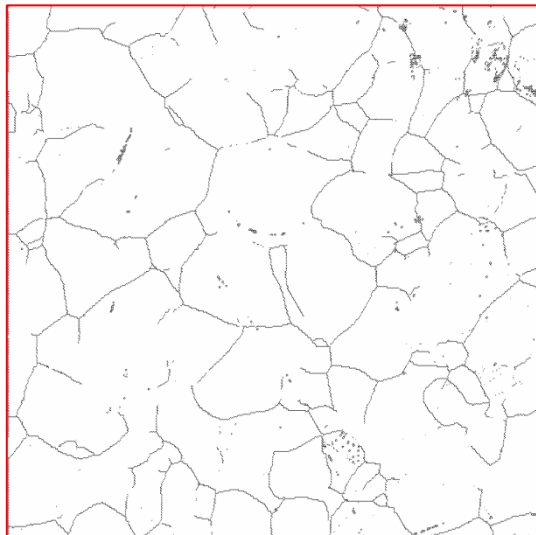


EBSD maps : $900 \times 900 \mu\text{m}$
Temps de stockage : court (gauche)
et long (droite)

A priori : peu d'influence du temps de stockage
Sur la texture et la taille de grain



3. Les microstructures après fabrication (JG hors macle)



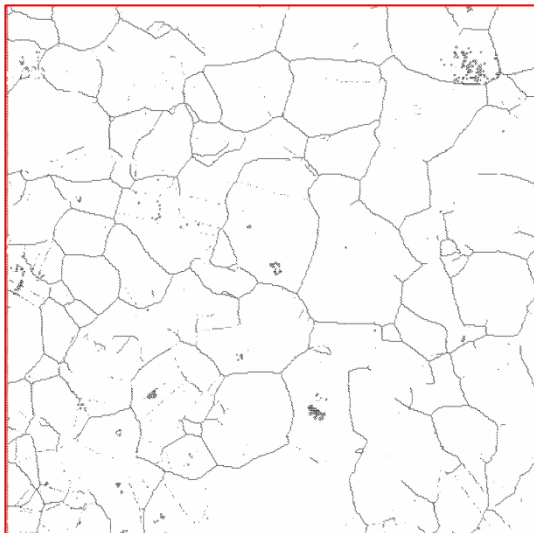
$C = 0.060453$

Temps courts



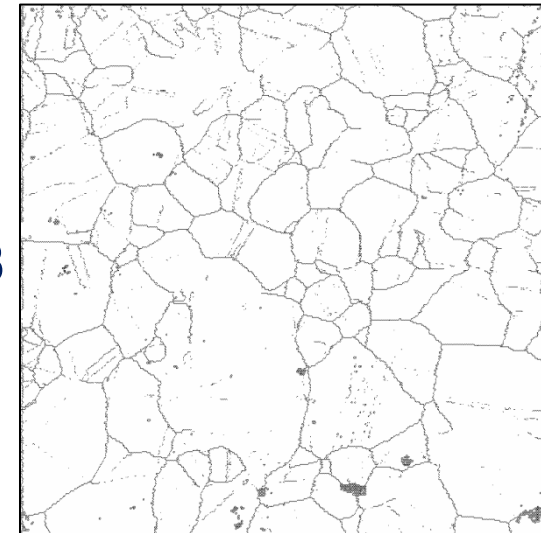
$C = 0.054031$

Temps longs



$C = 0.069428$

$C = 0.093648$



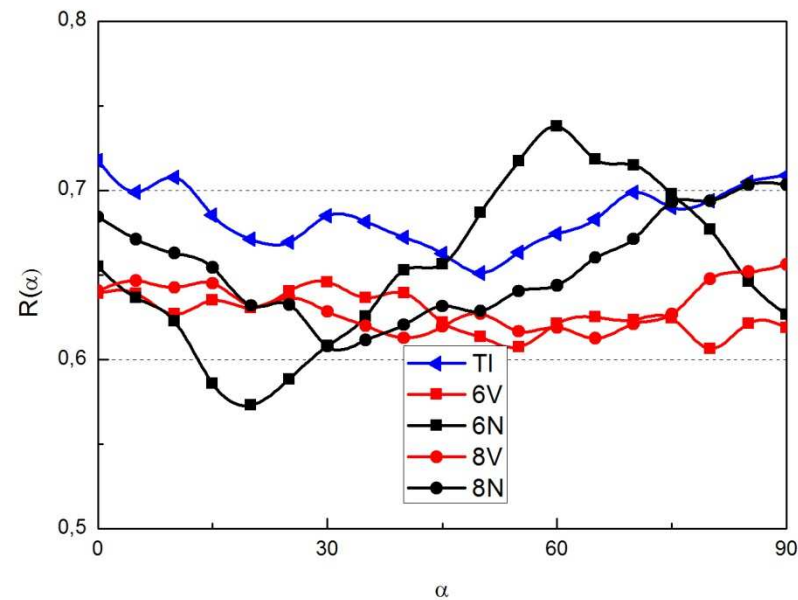
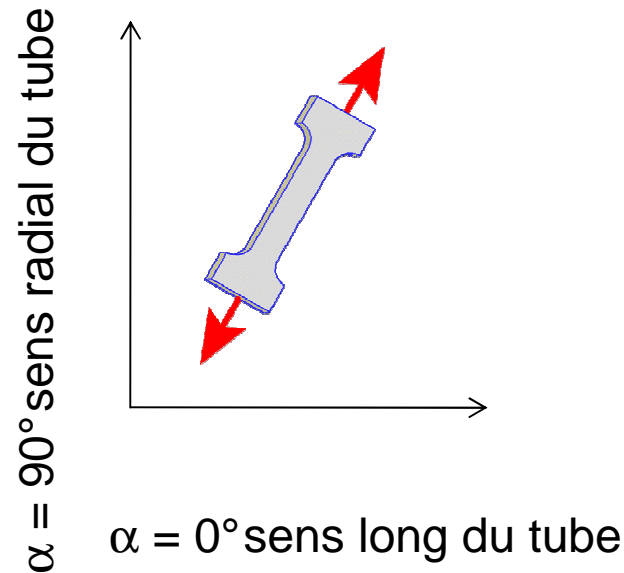
3. Les microstructures après fabrication

Orientations Idéales Echantillons	C (Copper)	S	Bs (Brass) (Rec.)	G (Goss)	Cube (Rec.)
Tôle Initiale	3.0	3.1	6.1	1.1	5.1
Temps courts	2.3	2.6	7.1	1.5	1.2
Temps longs	1.1	1.3	14.2	2.1	3.1

***Fractions volumiques moyennes des principales orientations (en %)
(calculées sur 2 à 8 cartographies par état).***



4. Calcul de propriétés mécaniques



Tôle initiale

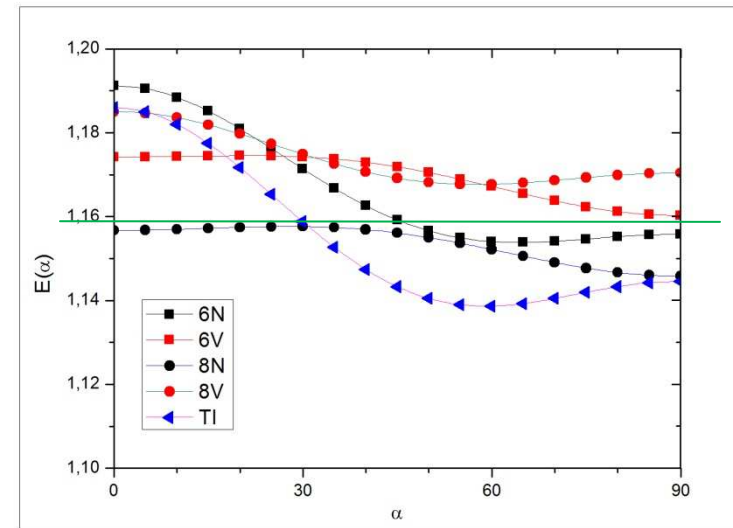
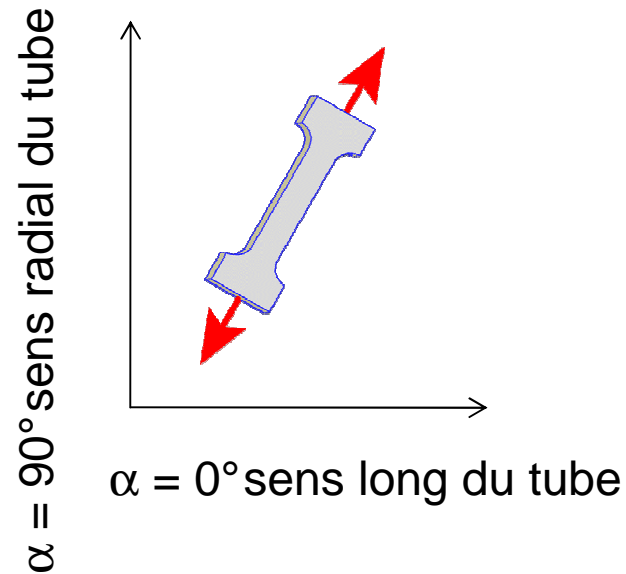
Temps courts

Temps longs - > Isotropie dans le plan

$$R(\alpha) = \varepsilon \text{ Largeur} / \varepsilon \text{ Epaisseur} \\ = 1 \text{ Isotropie}$$

Modèle de Taylor

4. Calcul de propriétés mécaniques



Iso.

$E(\alpha)$ = module d'Young
Modèle de Hill

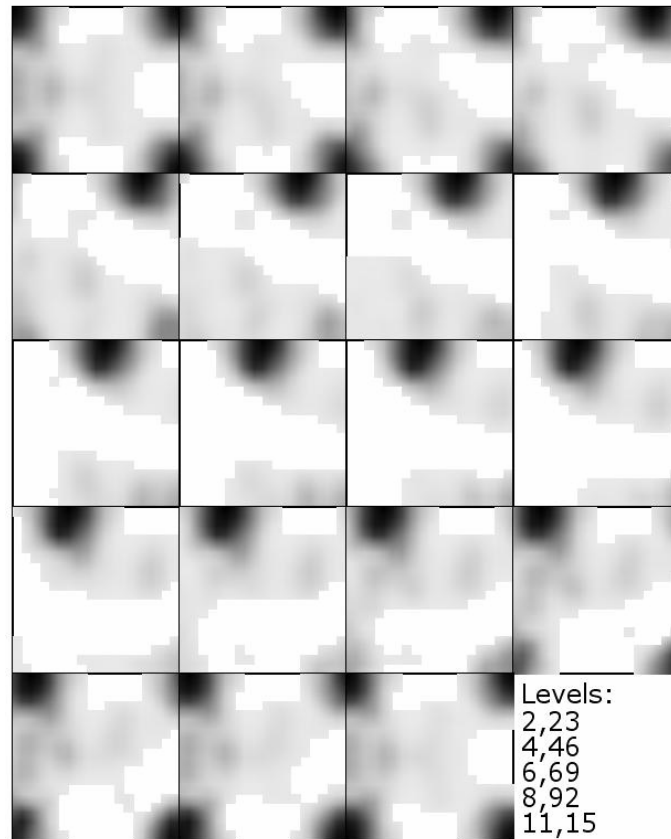
Tôle initiale

Temps courts

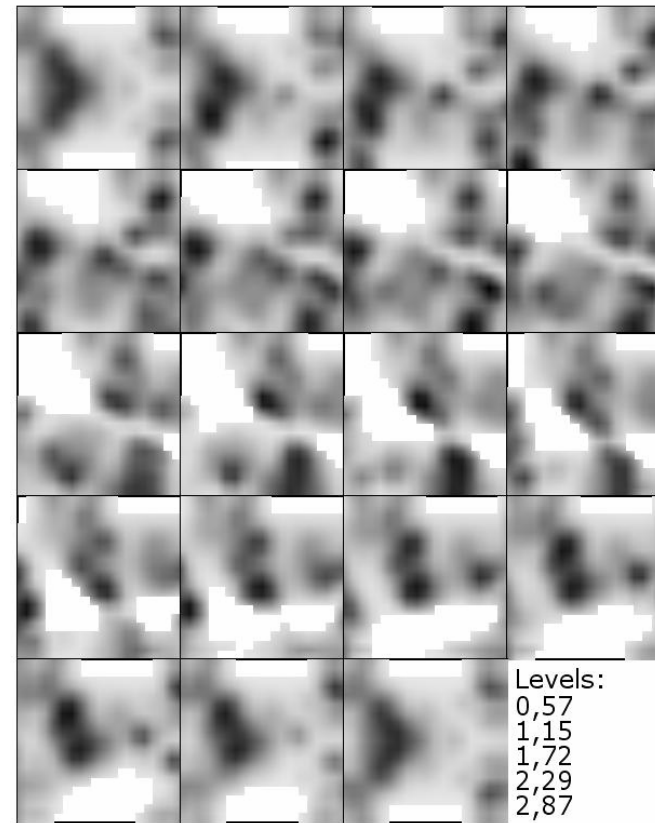
Temps longs - > Isotropie dans le plan

5. Interprétation

Mise en évidence d'un mécanisme d' « auto-restauration » (« self-annealing »)
Observé plus classiquement dans le cuivre après déformation (LPMTM) :



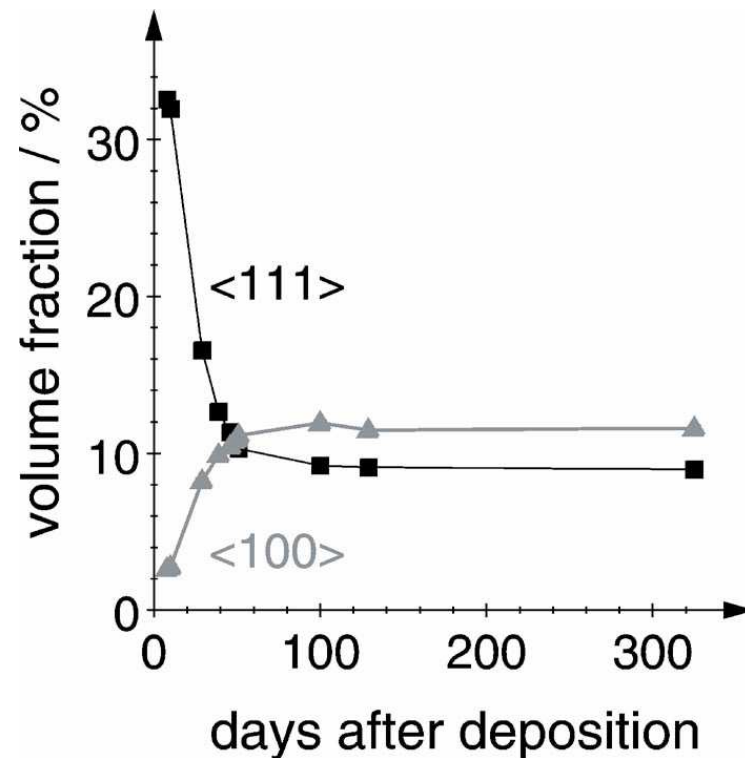
2000 : Lowest IQ orientations



2008 : Lowest IQ orientations

5. Interprétation

Ou dans du cuivre nanocristallin électrodéposé (films minces)



*Volume fraction of the <111> and <100> fiber textures allowing for a deviation of up to 10° from the fiber axes as a function of time for the 0.9 m thick Cu layer.
Pantleon et al. 2006*

6. Conclusions

- Le traitement thermomécanique complexe entraîne une hétérogénéité de microstructure dans le tube étudié ;
- Après fabrication, le matériau est recristallisé à très gros grains - > bonnes propriétés acoustiques ;
- Les mécanismes de recristallisation sont classiques : germination intergranulaire, maclage, croissance de grains exagérée ;
- Le stockage peut entraîner une légère évolution de la microstructure, de type « self – annealing » ce qui entraîne une légère isotropisation du matériau ;

