

10.1 PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES

On trouvera aux figures, 24, 25 et 26, les variations des principales propriétés physiques du cuivre en fonction de la température.

Figure 24

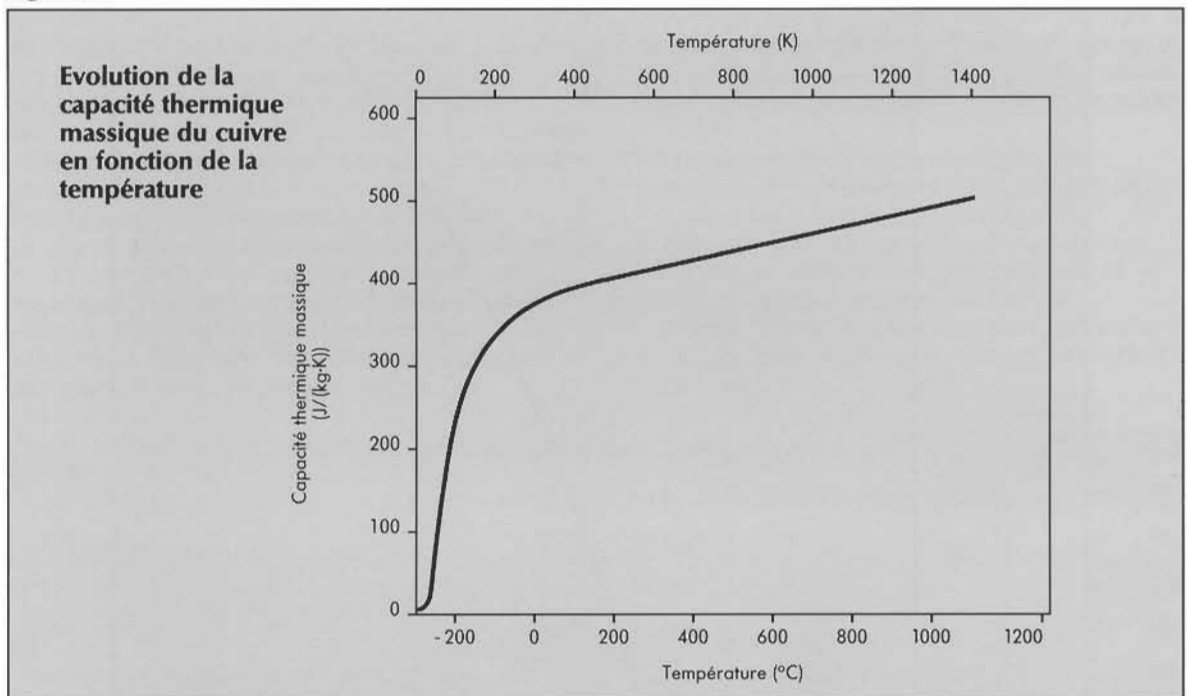


Figure 25

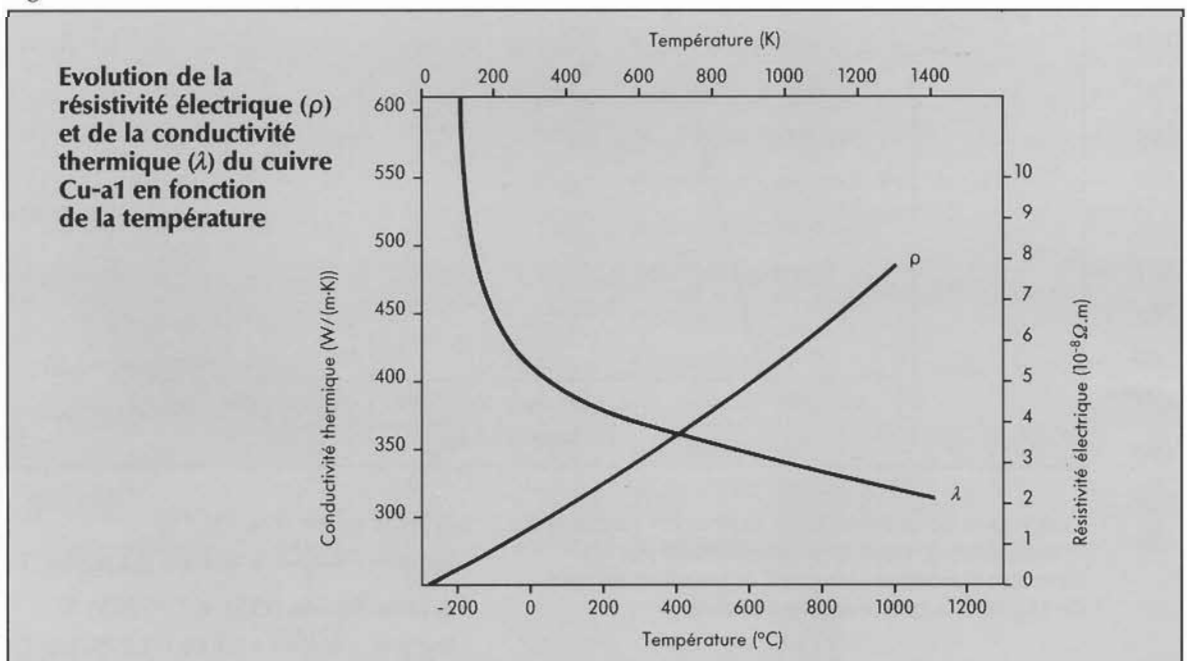
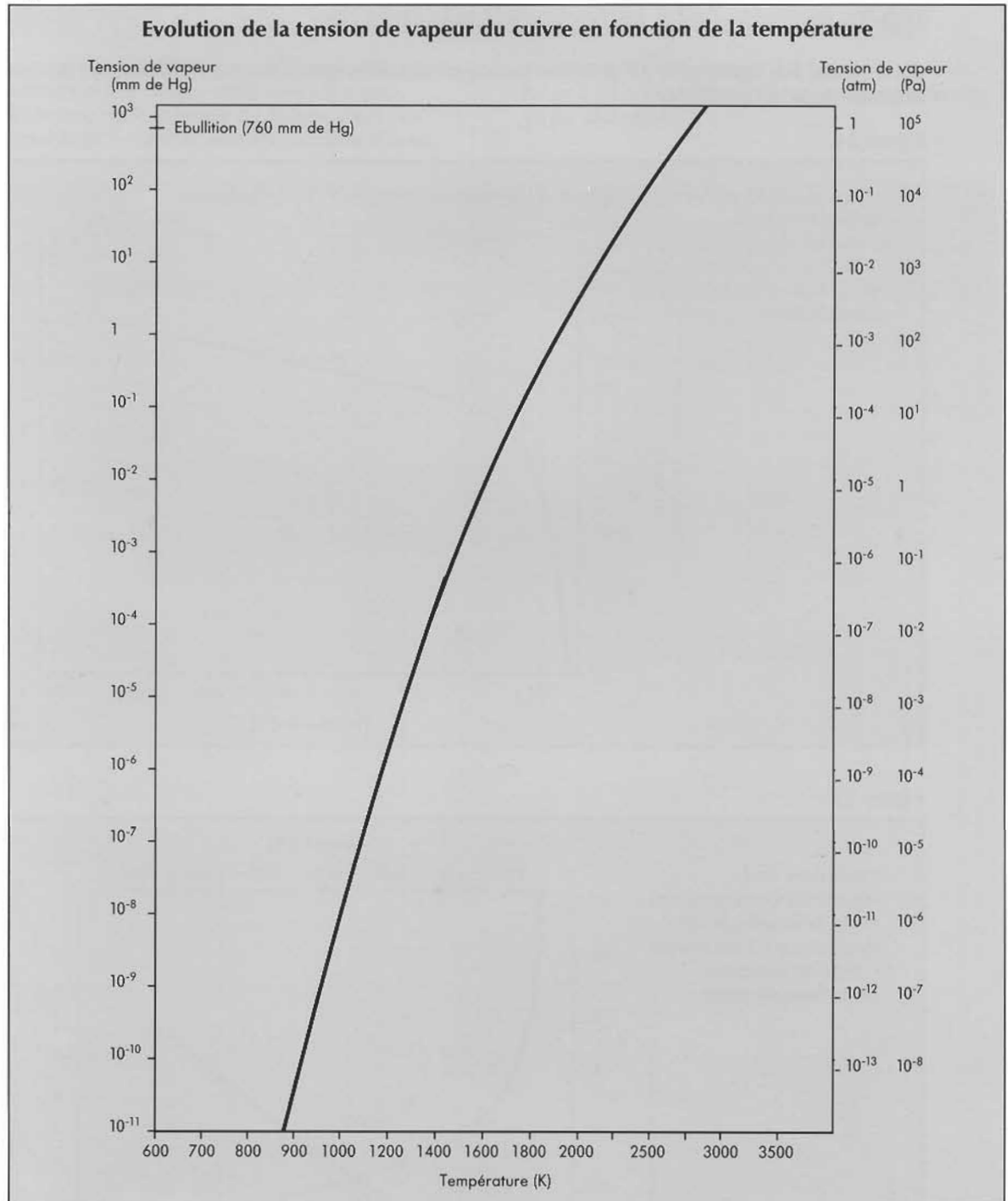


Figure 26



L'évolution de la tension de vapeur en fonction de la température peut être représentée par les formules suivantes (où, p est la pression en mm de Hg, et T la température absolue):

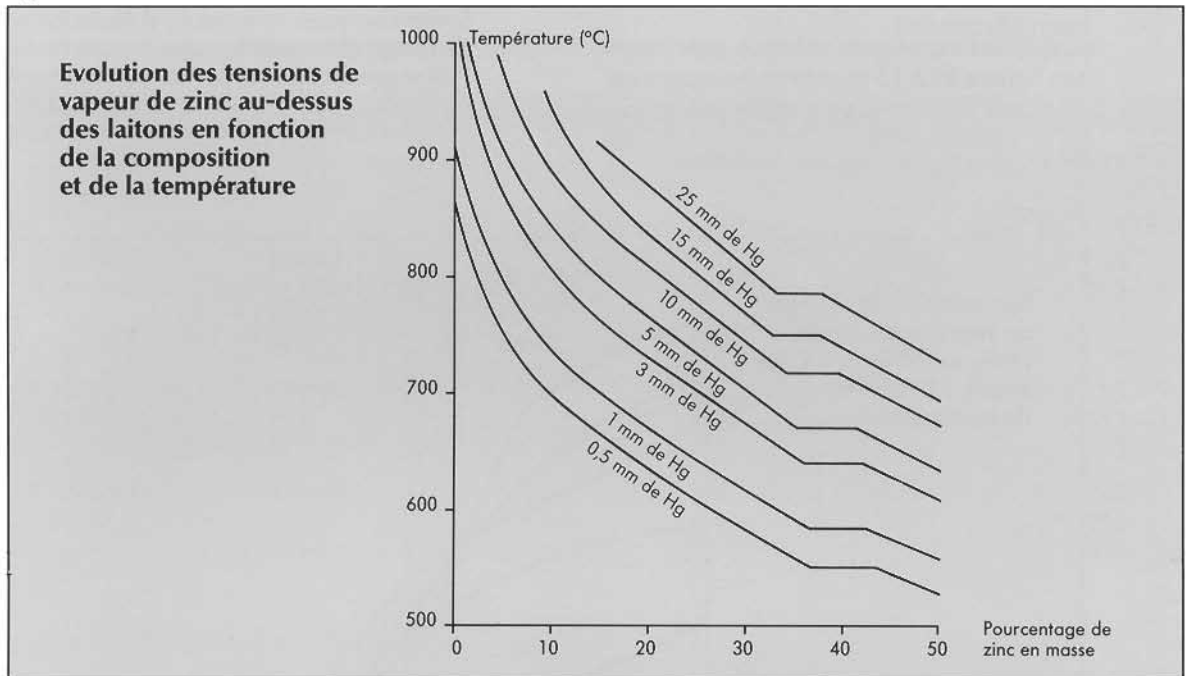
- A l'état solide ($T < 1357 \text{ K}$):

$$\log p = -\frac{17870}{T} + 10,63 - 0,236 \cdot \log T$$
- A l'état liquide ($1357 < T < 2851 \text{ K}$):

$$\log p = -\frac{17650}{T} + 13,39 - 1,273 \cdot \log T$$

La figure 27 montre l'évolution des tensions de vapeur de zinc au-dessus des laitons, à haute température.

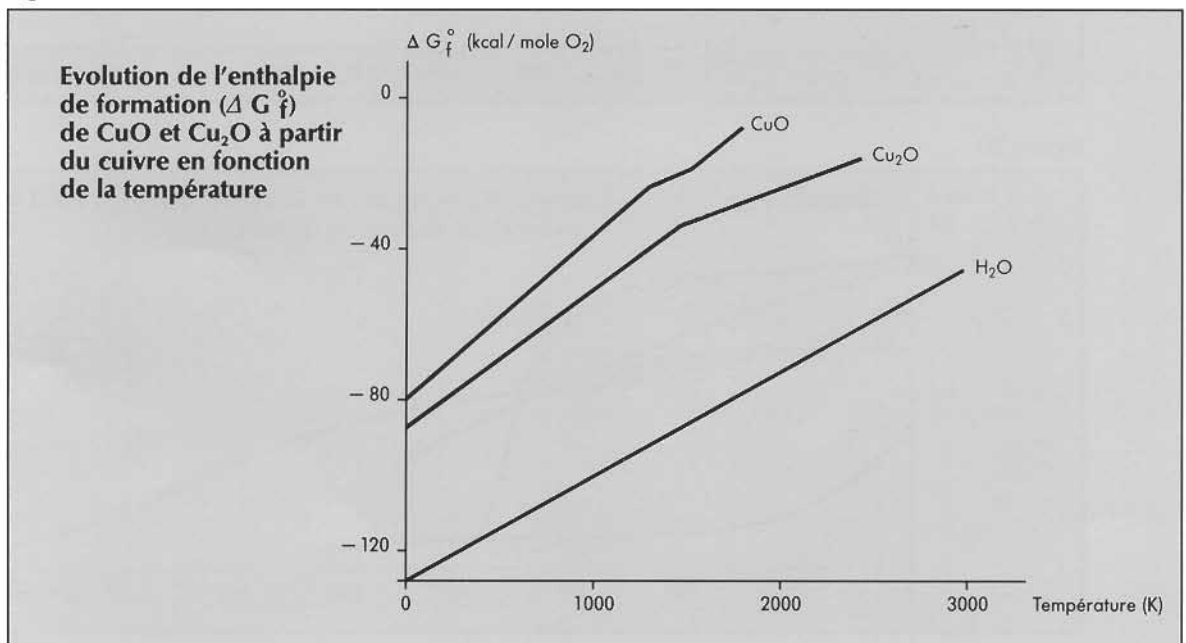
Figure 27



Le zinc est un élément volatil dont la température d'ébullition est de 907 °C. Aussi les tensions de vapeur de ce métal au-dessus des laitons dépendent fortement de sa teneur en zinc.

Les variations des enthalpies libres standard de formation des oxydes de cuivre CuO et Cu₂O sont données en figure 28.

Figure 28



10.2 CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

10.2.1 Domaine des hautes températures

Les figures 29 à 33 montrent les variations des caractéristiques mécaniques du cuivre et de certains alliages cuivreux en fonction de l'augmentation de la température.

D'une manière générale, la charge de rupture, la limite élastique, le module d'élasticité et la limite de fluage diminuent lorsque la température s'élève. L'allongement passe par un minimum entre 300 et 500 °C, intervalle dans lequel il est par conséquent déconseillé d'effectuer la mise en œuvre.

Figure 29

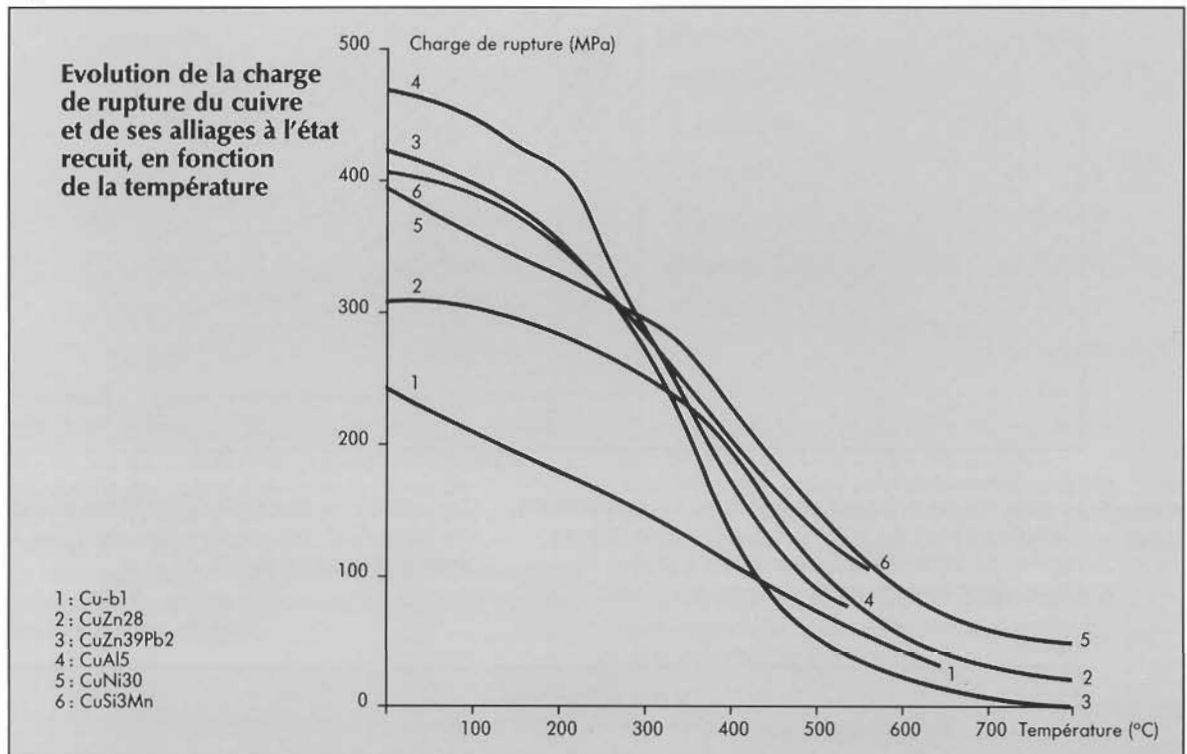


Figure 30

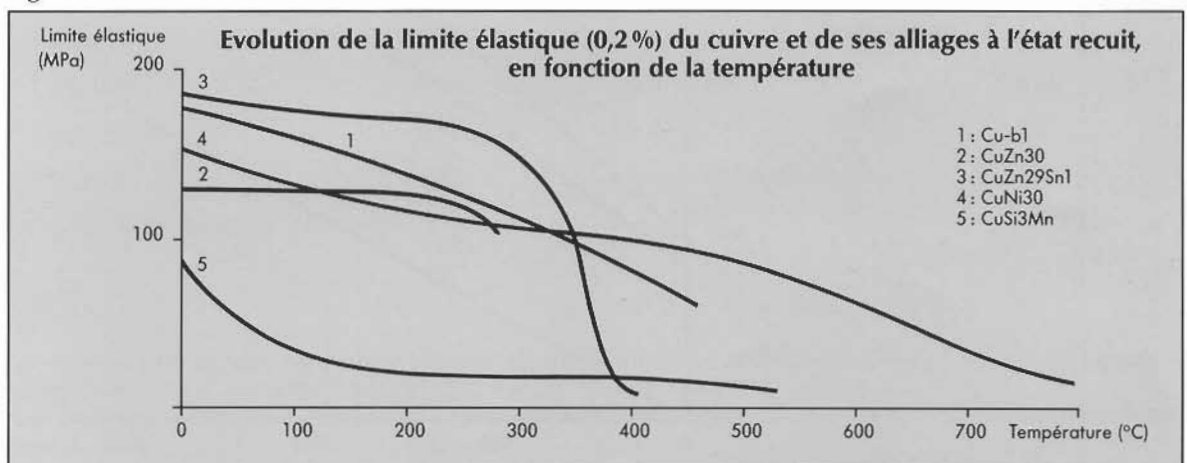


Figure 31

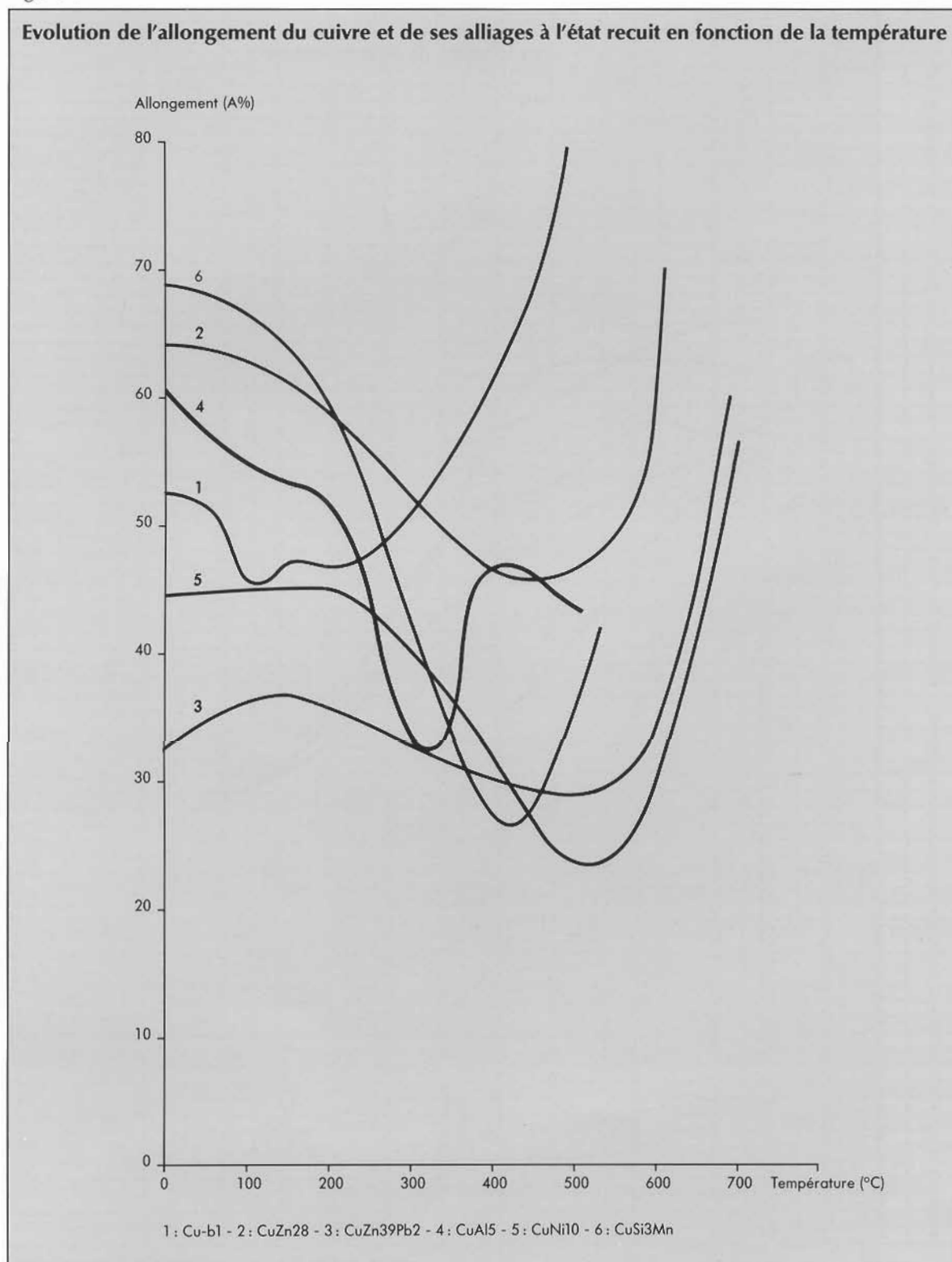


Figure 32

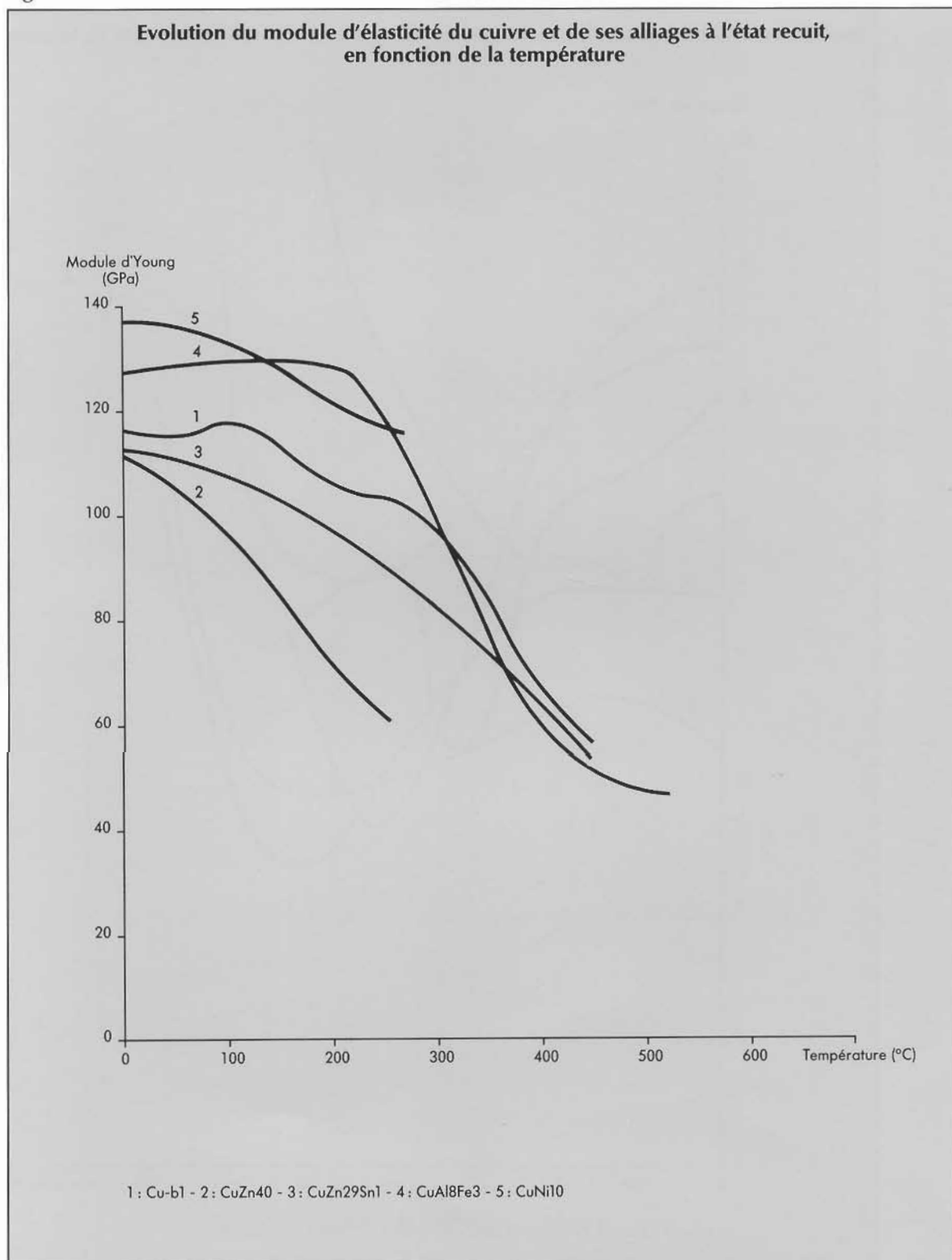
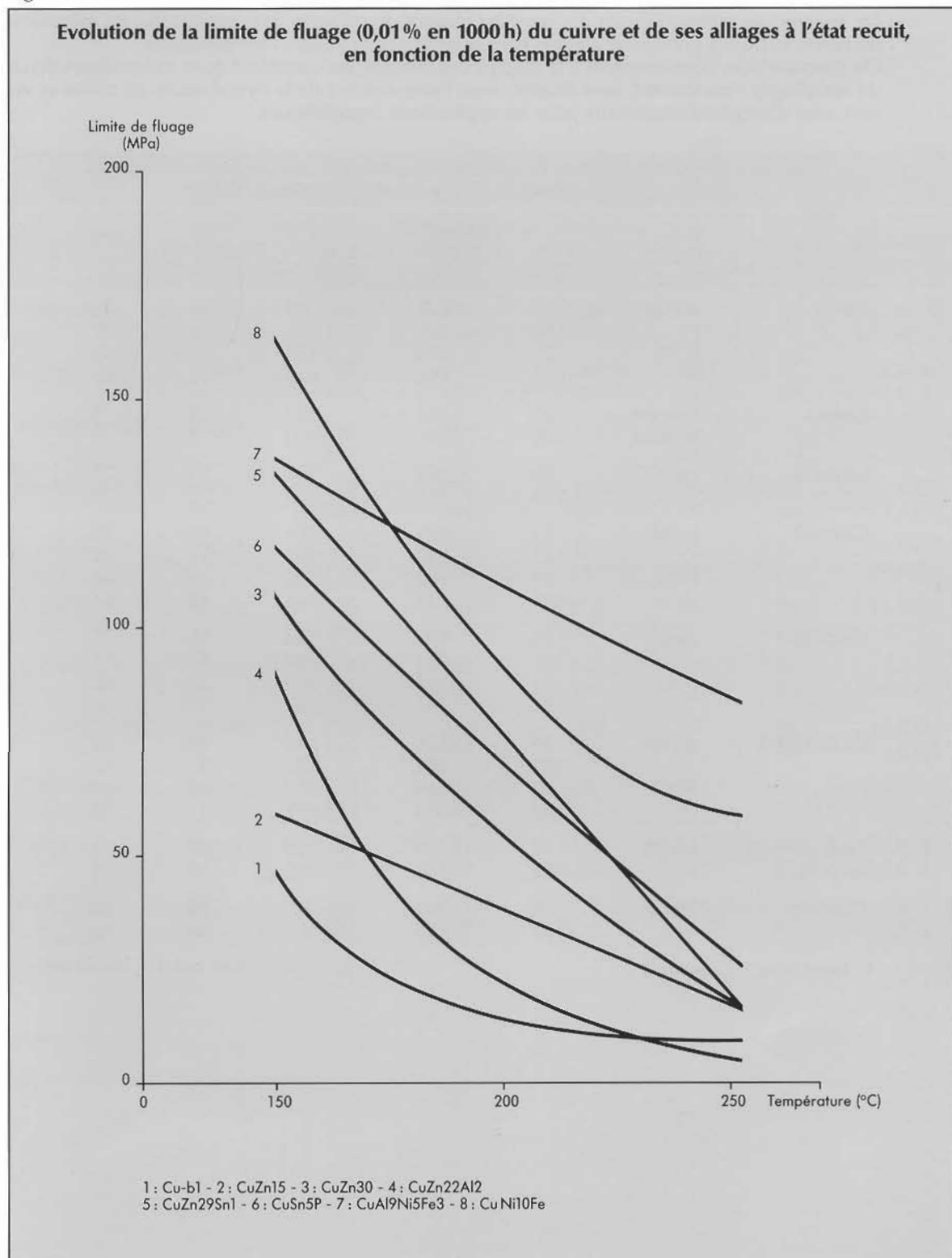


Figure 33



10.2.2 Domaine des basses températures

On trouvera au tableau suivant des résultats d'essais de mesures des caractéristiques mécaniques du cuivre et de ses principaux alliages dans le domaine des basses températures.

On constate que, contrairement à la plupart des métaux, les caractéristiques mécaniques du cuivre et de ses alliages s'améliorent, sans fragilité, avec l'abaissement de la température. Le cuivre et ses alliages sont ainsi d'excellents matériaux pour les applications cryogéniques.

Caractéristiques mécaniques comparées du cuivre et de ses alliages à température ambiante et à basse température							
Métal ou alliage	Etat	Température °C	Charge de rupture (MPa)	Limite élastique à 0,2 % (MPa)	Allongement %	Striction %	Résilience* dal/cm ²
Cu-a1	recuit	20	221	60	43	76	7,4 I
		-180	408	81	58	77	8,6 I
	H 15	20	413	376	8	51	6,6 C
		-183	456	420	11	61	7,4 C
CuBe2	trempé, revenu	20	1312	882	3	5	0,3 I
		-180	1507	1090	3	6	0,5 I
CuZn30	recuit	20	359	198	49	77	11,4 I
		-180	517	208	75	73	13,5 I
CuZn33	recuit	23	401	276	50	72	14,4 C
		-183	537	402	51	71	14,1 C
	H 15	23	600	595	6	66	8,1 C
		-183	723	715	10	66	9,4 C
CuZn40	recuit	20	405	140	51	75	8,6 C
		-183	533	200	55	71	8,3 C
	H 15	20	560	400	20	65	5,1 C
		-183	692	563	24	64	5,3 C
CuZn39Pb2	recuit	20	371	145	50	62	4,4 C
		-183	485	203	51	62	4,6 C
	H 12	20	449	322	28	57	2,2 C
		-183	609	492	31	57	2,2 C
CuZn37Mn2 Al1FePb	recuit	20	509	169	28	44	3,4 I
		-180	666	202	37	41	3,6 I
CuSn4P	recuit	20	433	-	36	65	-
		-180	655	-	56	58	-

*C: Essai Charpy I: Essai Izod

**Caractéristiques mécaniques comparées du cuivre et de ses alliages
à température ambiante et à basse température (suite)**

Métal ou alliage	Etat	Température °C	Charge de rupture (MPa)	Limite élastique à 0,2% (MPa)	Allon- gement %	Striction %	Résilience* daJ/cm ²
CuSn6P	H 15	27	840	780	20	-	-
		-253	1 200	1 080	25	-	-
CuAl6	recuit	20	543	187	26	29	4,1 I
		-180	675	205	29	30	3,6 I
CuAl9Ni3Fe2	recuit	20	600	260	35	-	-
		-180	720	-	23	-	-
CuAl9Ni5Fe3	recuit	20	790	416	20	21	2,6 C
		-180	861	481	8	30	1,5 C
CuNi30	recuit	24	382	151	52	80	18,1 C
		-196	588	217	61	77	21,8 C
CuNi20	recuit	20	362	195	26	78	13,3 C
		-180	518	228	36	72	14,7 C
CuNi5Fe	recuit	14	288	241	37	70	23,2 C
		-196	395	271	51	55	26,8 C
CuNi10Fe1Mn	recuit	14	324	288	37	68	10,0 C
		-196	454	334	46	50	11,4 C
CuNi15Zn22	recuit	20	457	207	47	62	-
		-180	584	267	57	70	-
CuNi18Zn27	recuit	20	529	196	33	53	13,8 I
		-180	733	200	41	55	15,0 I
CuSi3Mn	H 12	25	521	-	40	75	12,5 C
		-190	707	-	36	72	10,3 C

*C : Essai Charpy I : Essai Izod