

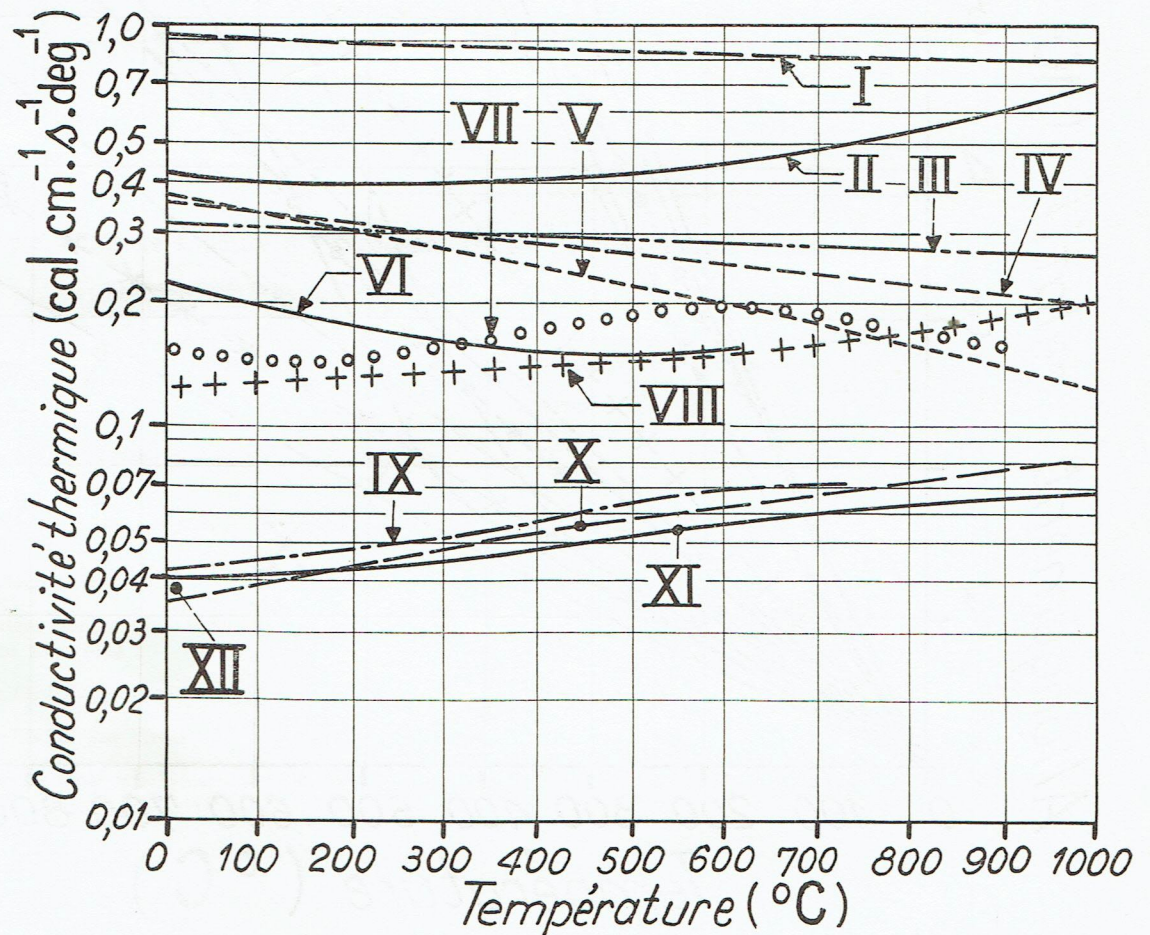
PAGES FORMULAIRES

Conductivité thermique des métaux, de 0 à 1 000 °C	Form. E 228 - 1	Charge de rupture (compression, traction) des céramiques, de 0 à 1 500 °C	Form. E 228 - 10
Allongement thermique des métaux de 0 à 1 000 °C	— 2	Module d'élasticité des céramiques, de 0 à 1 200 °C	— 11
Tension de vapeur des métaux, de - 50 à 3 500 °C	— 3	Résistivité des céramiques, de 0 à 900 °C ..	— 12
Charge de rupture à la traction des métaux à l'état adouci, de 0 à 2 500 °C	— 4	Emission thermoélectronique saturée des métaux, de 0 à 2 800 °C	— 13
Puissance rayonnée par des métaux d'anode, de 0 à 3 000 °C	— 5	Tension de vapeur de gaz et de vapeurs métalliques, de - 260 à 800 °C (tabl. XXIX)	— 13
Module d'élasticité des métaux, de - 200 à 1 000 °C	— 6	Températures de formation des eutectiques ou de fusion des alliages (§ 9,1)	— 14
Résistivité des métaux, de 0 à 2 500 °C ...	— 7	Possibilités de soudure électrique des métaux par points, à l'argon-arc, par bombardement électronique (§ 9,2 et 9,3)	— 15
Emission secondaire des métaux à 20 °C ..	— 7	Possibilités d'association des céramiques avec les métaux (§ 11,3)	— 16
Conductivité thermique des céramiques, de 0 à 1 200 °C	— 8		
Allongement thermique des céramiques, de 0 à 1 000 °C	— 9		

© TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR 1967.

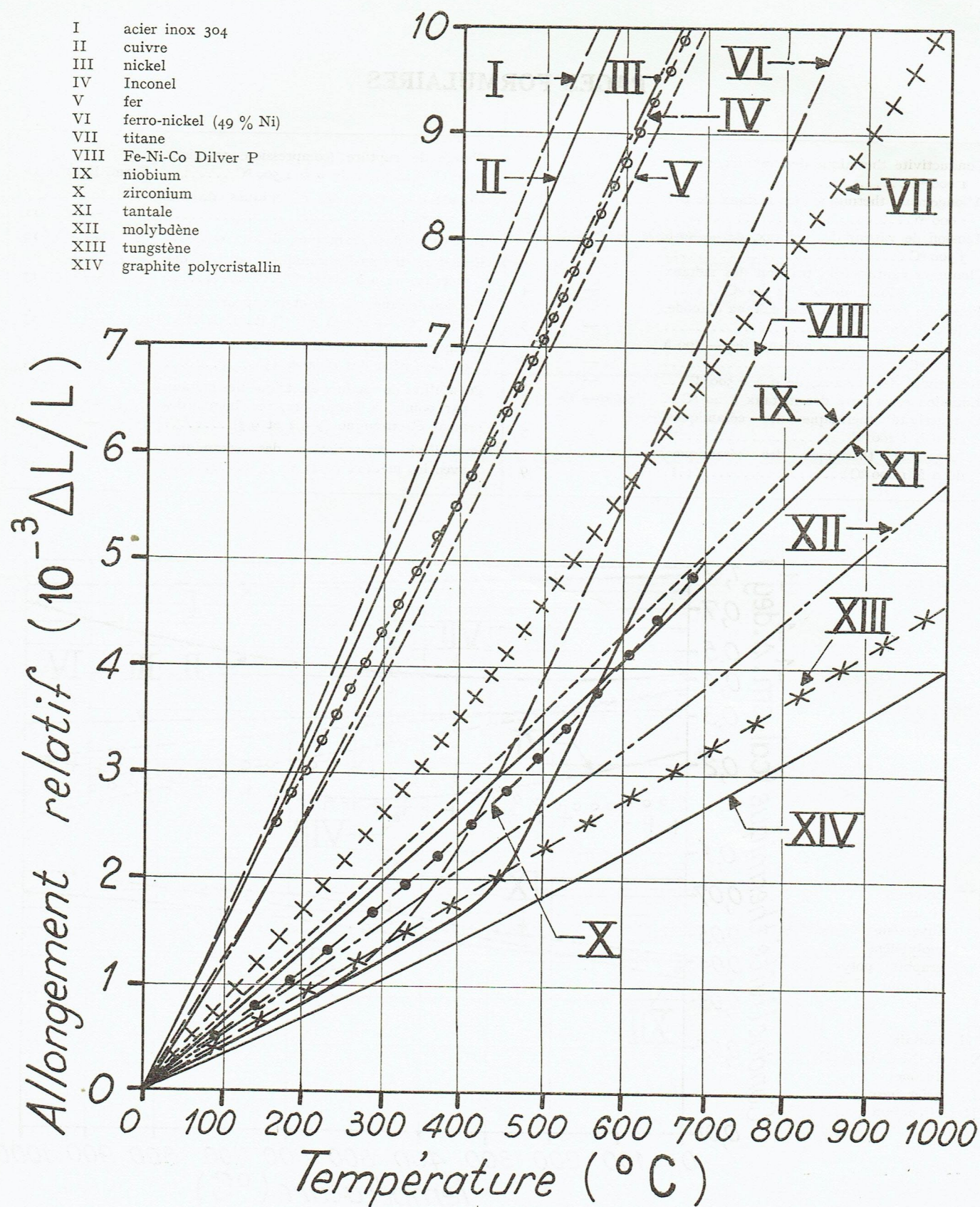
Form. E 228

- I cuivre
- II titane
- III tungstène
- IV molybdène
- V graphite polycristallin
- VI nickel
- VII fer
- VIII tantale
- IX Fe-Ni-Co DilverP
- X Inconel
- XI acier inox 304
- XII zirconium

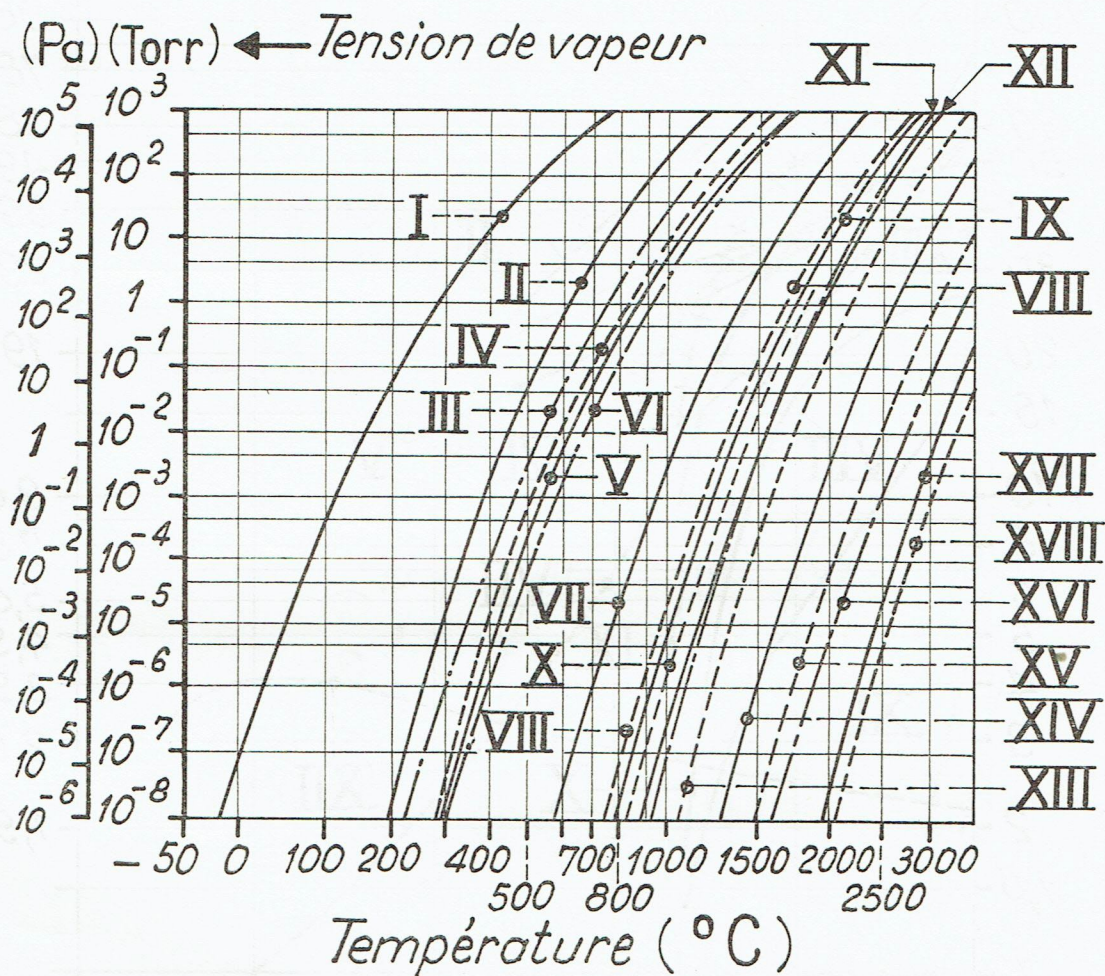


Conductivité thermique des métaux, de 0 à 1 000 °C

- I acier inox 304
- II cuivre
- III nickel
- IV Inconel
- V fer
- VI ferro-nickel (49 % Ni)
- VII titane
- VIII Fe-Ni-Co Dilver P
- IX niobium
- X zirconium
- XI tantale
- XII molybdène
- XIII tungstène
- XIV graphite polycristallin



Allongement thermique des métaux, de 0 à 1 000 $^{\circ}C$ (pour Fe et Ni, cf. fig. 18 de l'article).



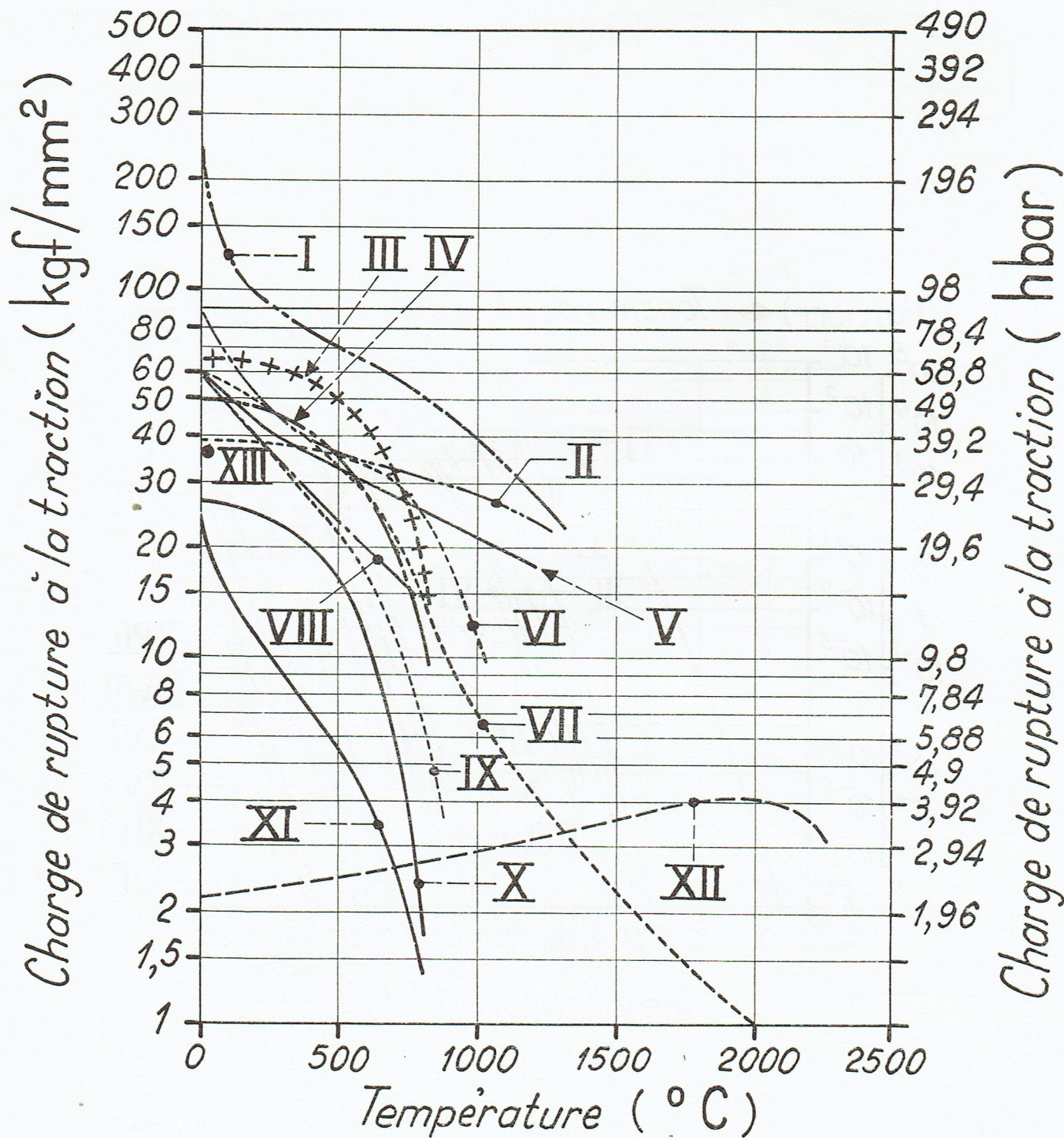
• point de fusion

I césium
 II magnésium
 III strontium
 IV calcium
 V baryum
 VI antimoine

VII argent
 VIII cuivre
 IX or
 X acier inox 304
 XI nickel
 XII fer

XIII titane
 XIV platine
 XV zirconium
 XVI molybdène
 XVII tantale
 XVIII tungstène

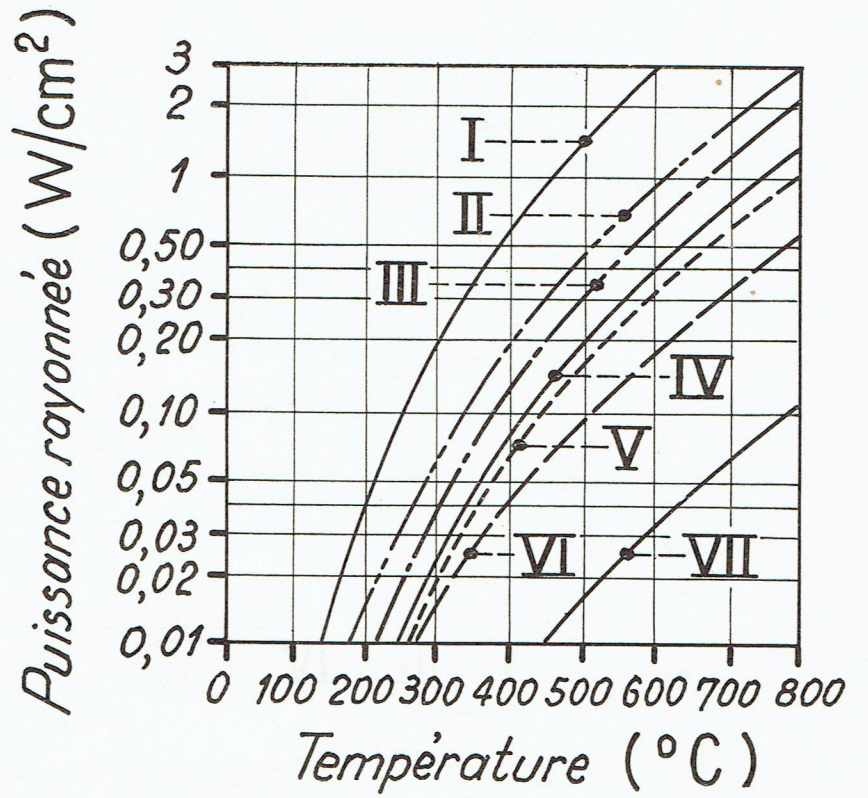
Tension de vapeur des métaux, de - 50 à 3 500 °C



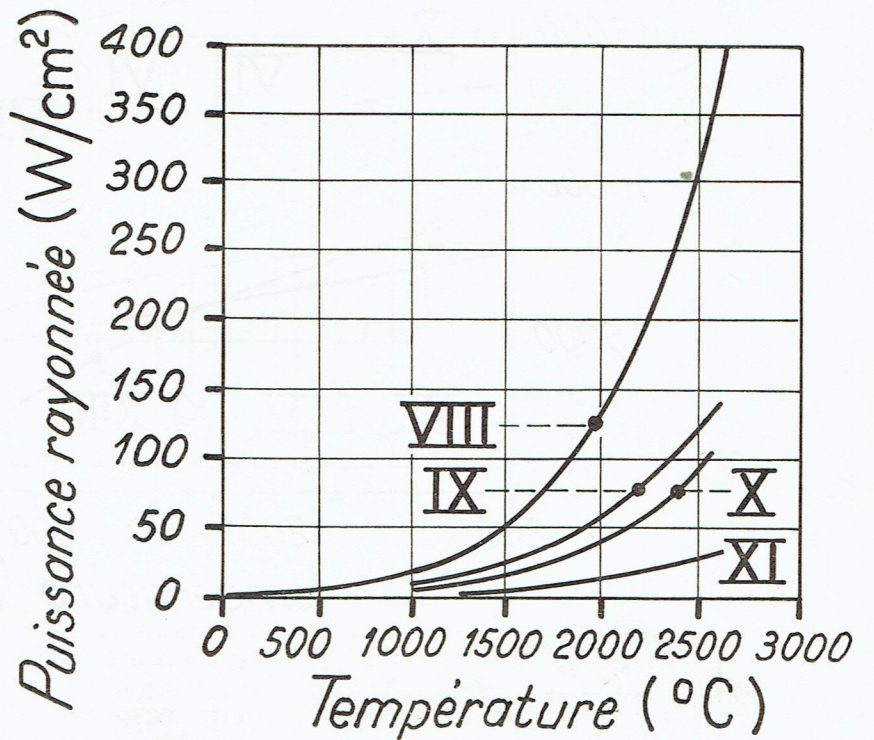
I tungstène fil Φ 30 μ	V molybdène fritté tige Φ 3 mm	IX titane
II tungstène tige Φ 3 mm	VI tantale	X zirconium
III Inconel	VII niobium	XI cuivre
IV acier inox 304	VIII Dilver P	XII graphite polycristallin
		XIII nickel

Charge de rupture à la traction des métaux à l'état adouci, de 0 à 2 500 °C

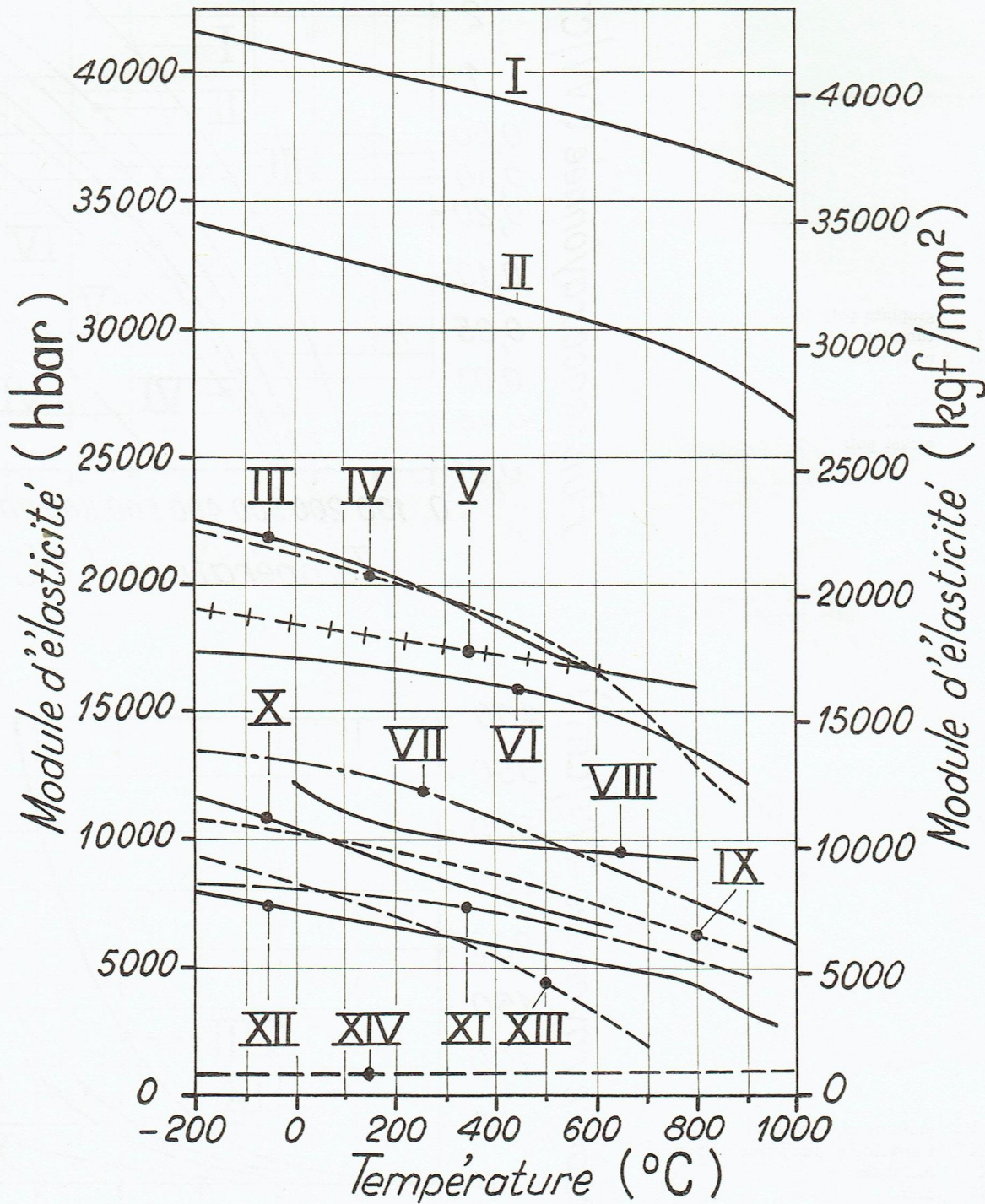
- I graphite polycristallin
- II tungstène
- III molybdène
- IV tantale
- V nickel carboné
- VI nickel sablé
- VII nickel poli



- VIII graphite polycristallin
- IX tungstène et tungstène carburé
- X molybdène
- XI tantale



Puissance rayonnée par des métaux d'anode, de 0 à 3000 °C

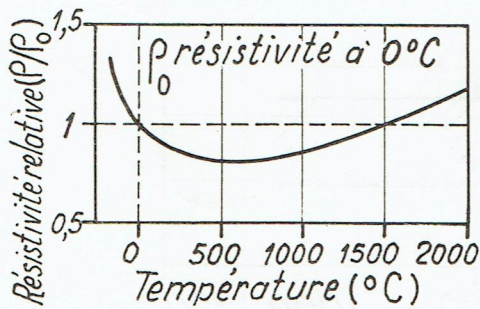
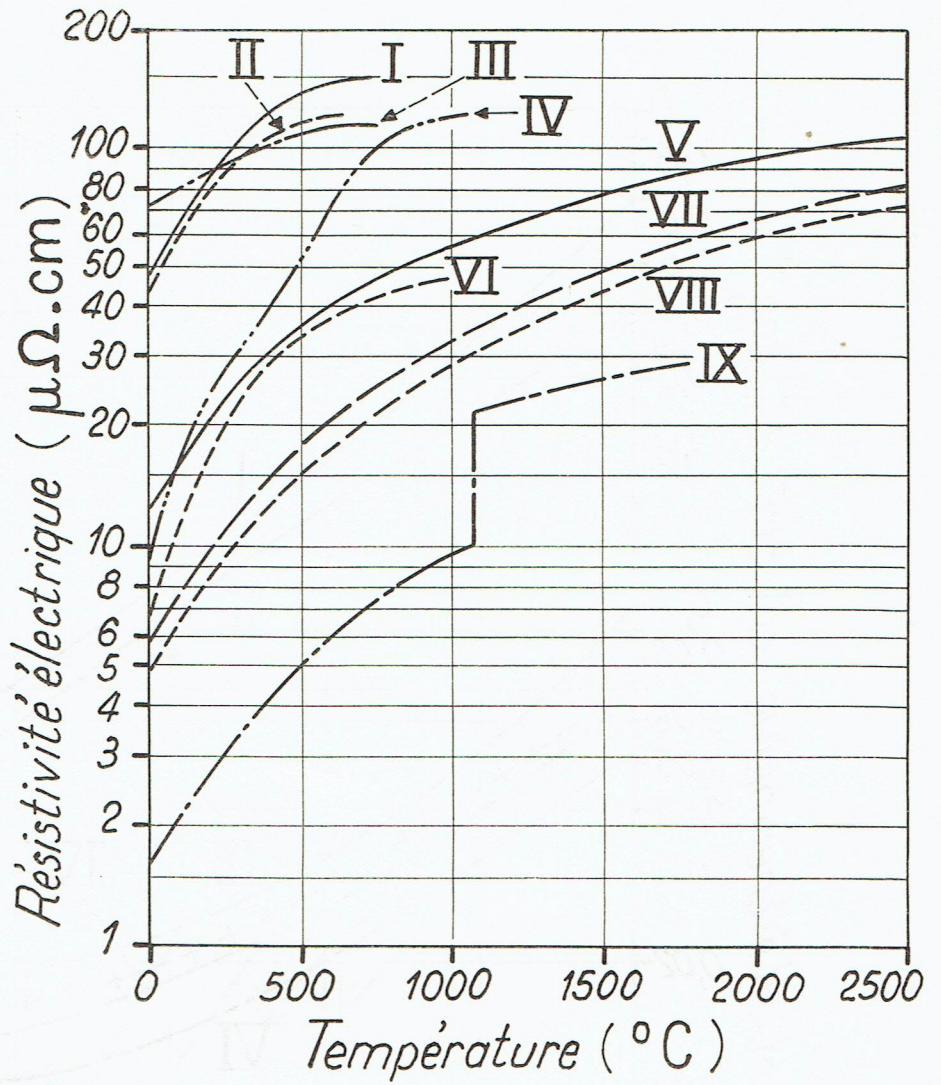


I	tungstène	VI	platine	XI	or
II	molybdène	VII	cuivre	XII	zirconium
III	nickel	VIII	Dilver P	XIII	niobium
IV	fer	IX	argent	XIV	graphite polycristallin
V	tantale	X	titane		

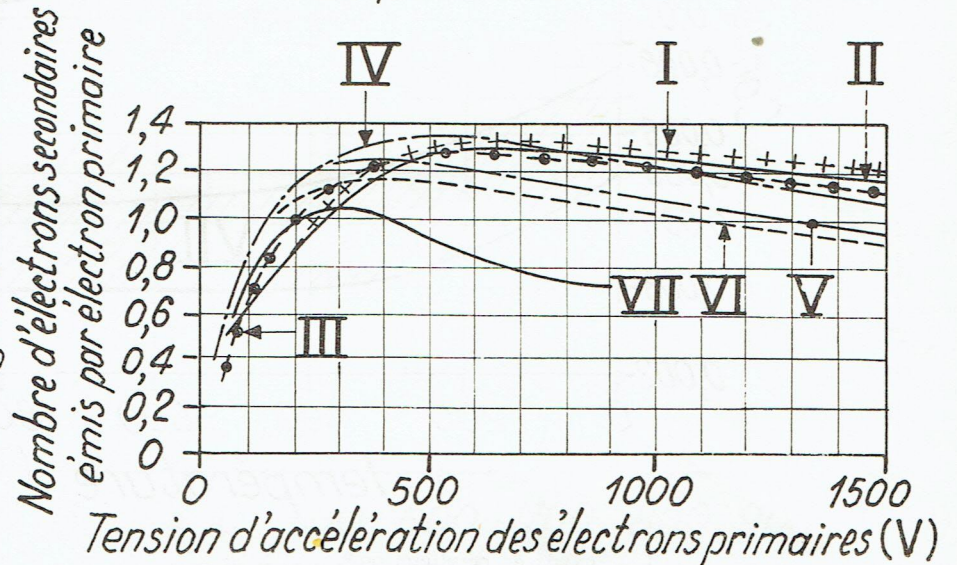
Module d'élasticité des métaux, de - 200 à 1 000 °C

- I titane
- II Dilver P et zirconium
- III acier inox 304
- IV fer
- V tantale
- VI nickel
- VII tungstène
- VIII molybdène
- IX cuivre

Résistivité des métaux en fonction de la température.

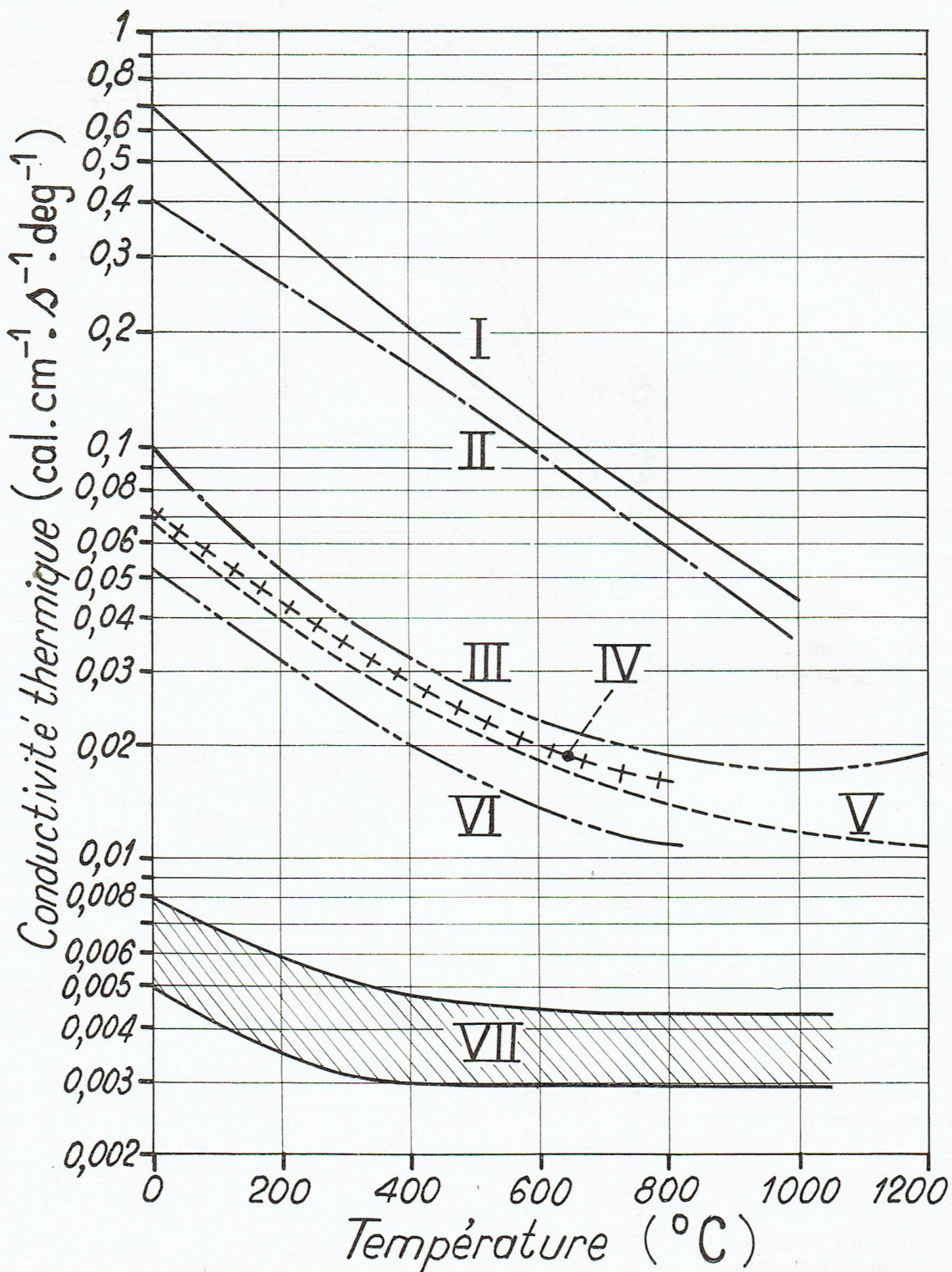


Résistivité du graphite en fonction de la température.



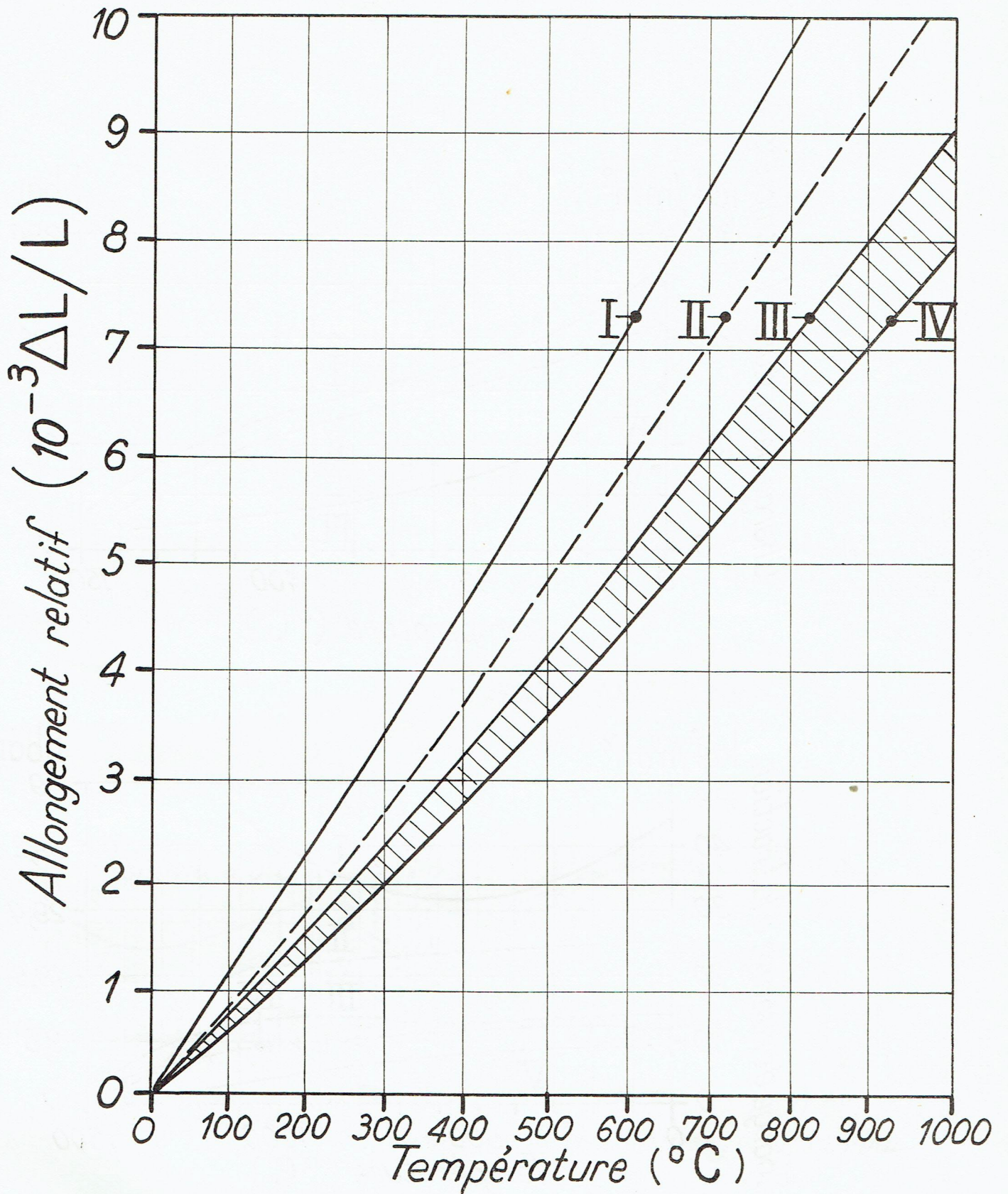
- I tungstène
- II tantale
- III cuivre
- IV nickel
- V molybdène
- VI niobium
- VII graphite polycristallin

Emission secondaire des métaux à 20°C.



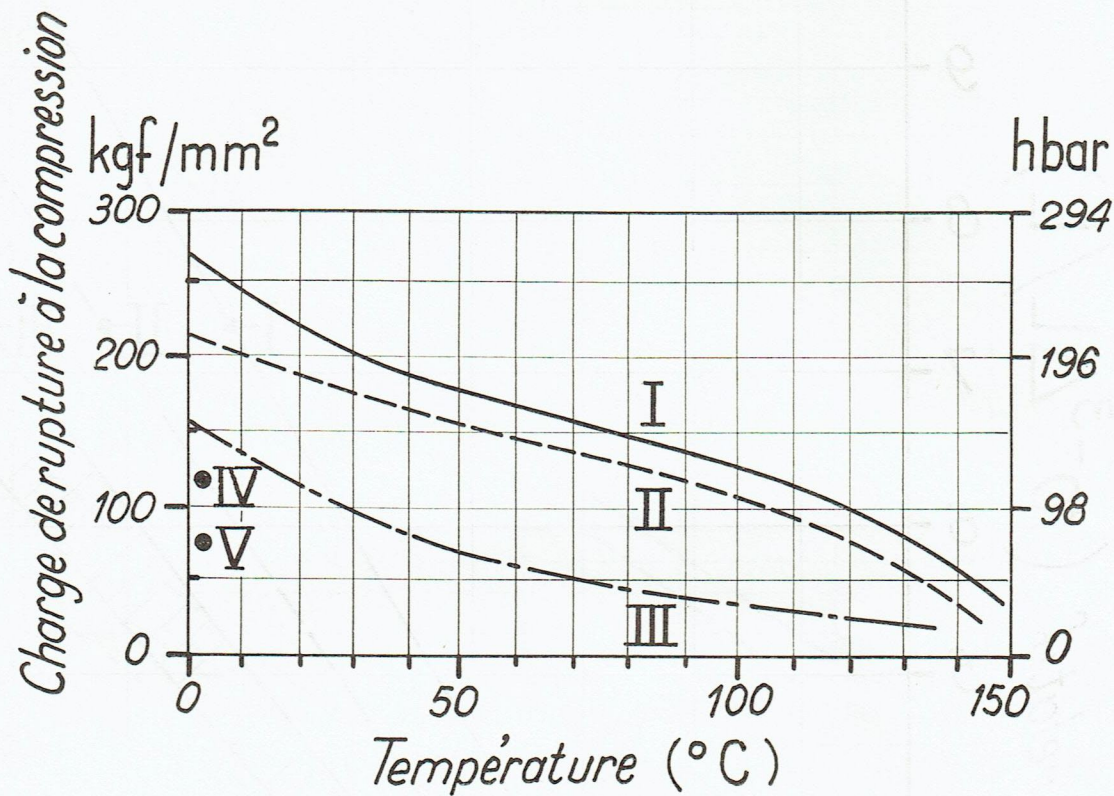
- | | | | |
|-----|-------------------------|-----|------------------------|
| I | oxyde de béryllium 99 % | V | magnésie 99 % |
| II | oxyde de béryllium 96 % | VI | alumine 95 % |
| III | saphir | VII | stéatite et forstérite |
| IV | alumine 99 % | | |

Conductivité thermique des céramiques en fonction de la température.

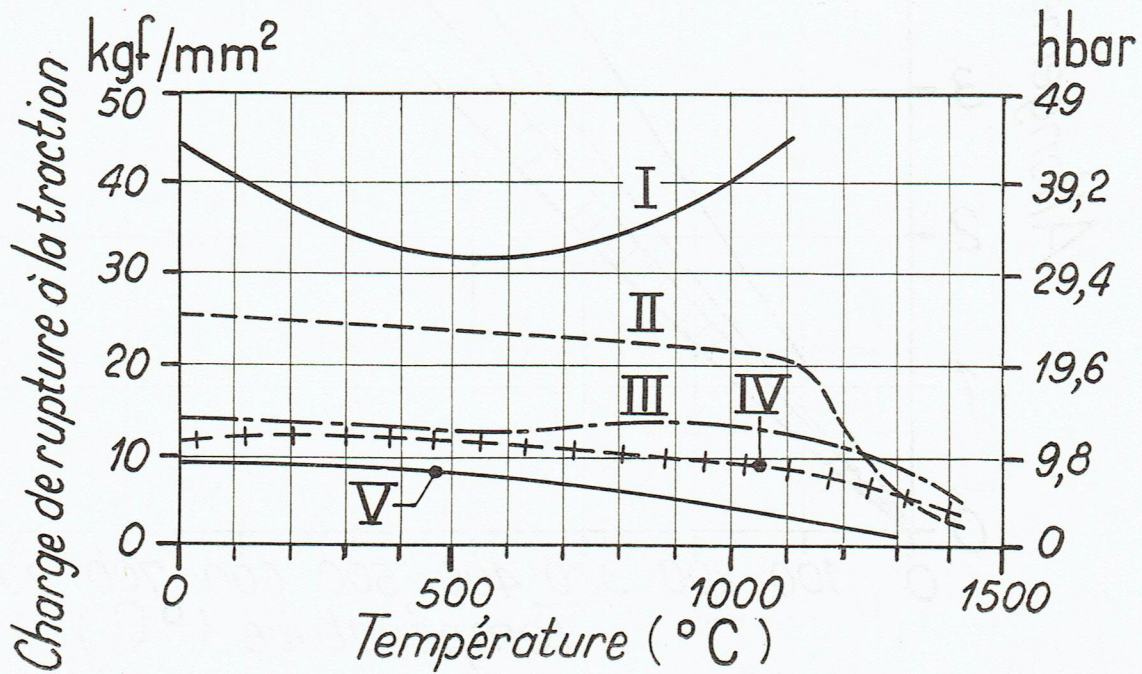


I magnésite II forstérite III à IV aluminés 95 à 99 %, stéatite, oxydes de béryllium à 96 et 99,5 %

Allongement thermique des céramiques en fonction de la température.

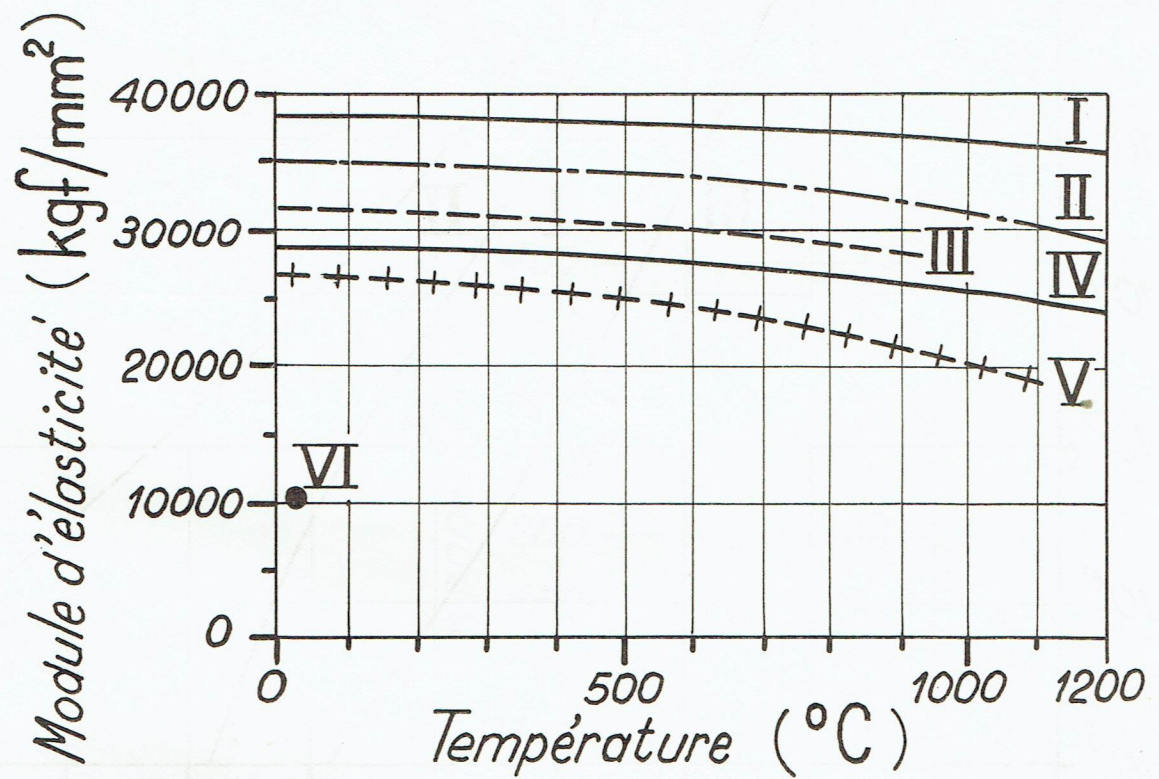


- I alumine à 99 %
- II alumine à 95 %
- III oxyde de béryllium
- IV magnésie
- V stéatite; forstérite



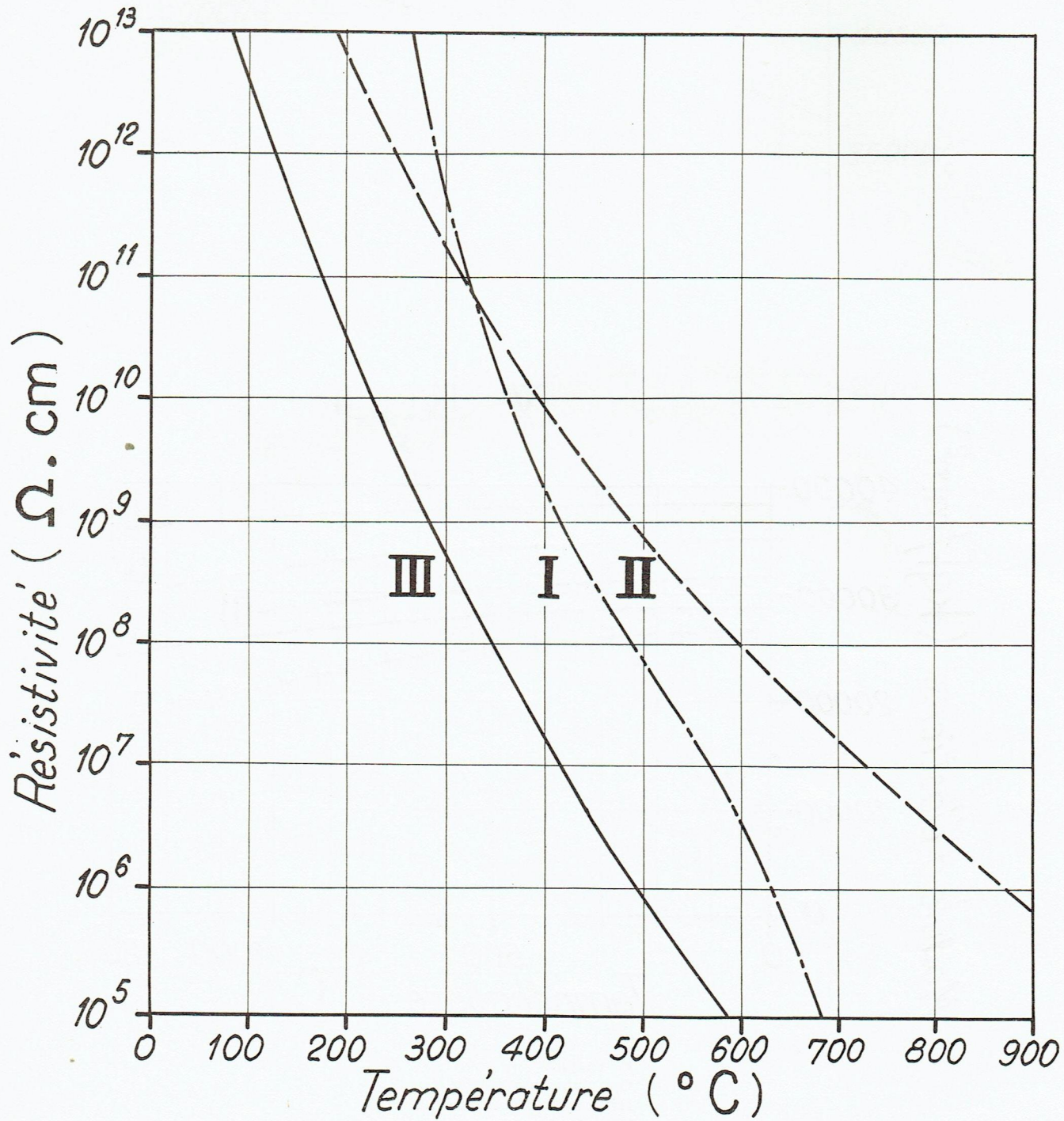
- I saphir
- II alumine à 99 %
- III alumine à 95 %
- IV magnésie
- V forstérite; oxyde de béryllium; stéatite

Charge de rupture des céramiques en fonction de la température.



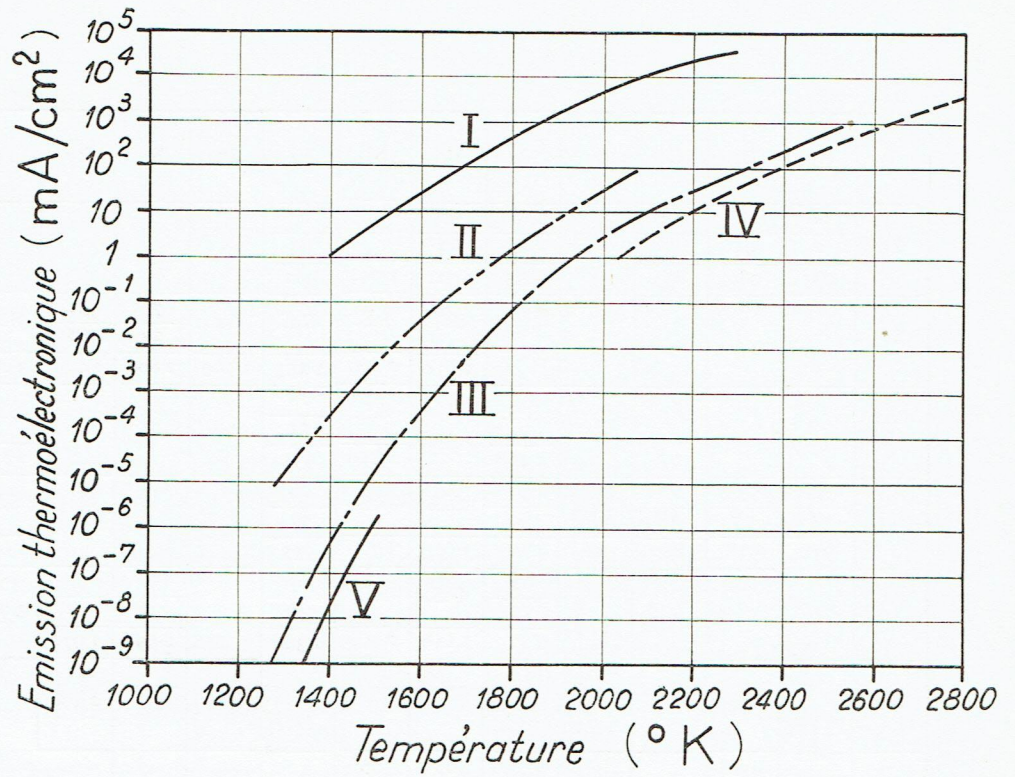
- I saphir
- II alumine à 99 %
- III oxyde de béryllium à 99,5 %
- IV alumine à 95 %
- V magnésie
- VI forstérite

Module d'élasticité des céramiques en fonction de la température.



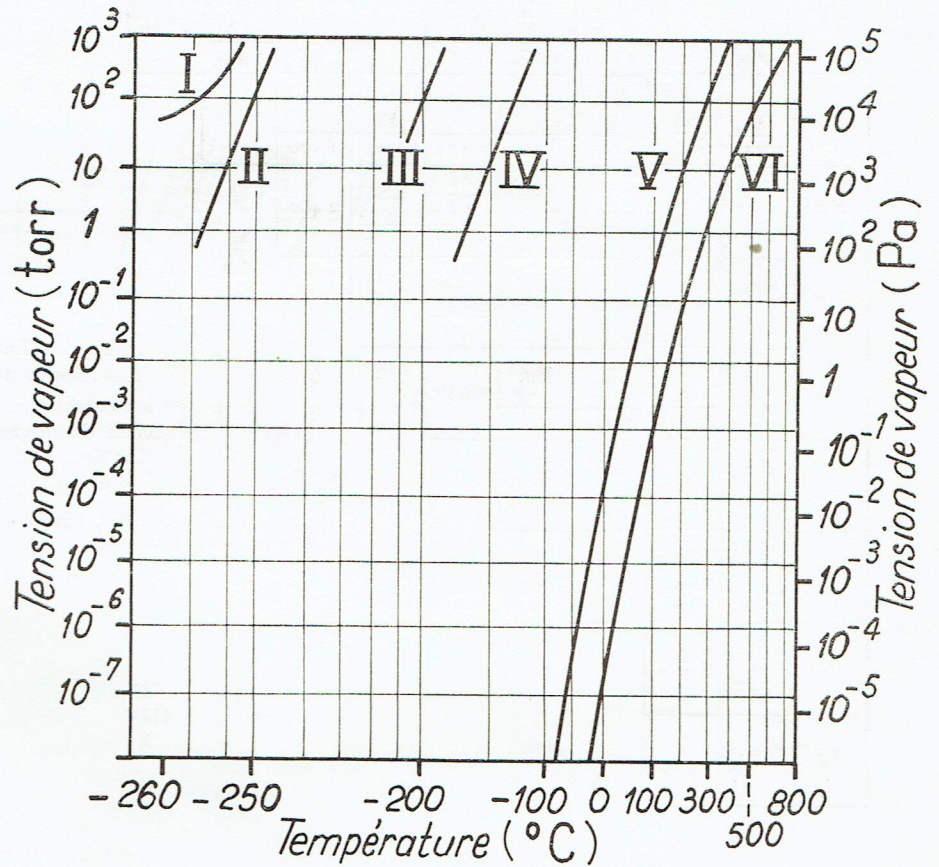
- I oxyde de béryllium à 99,5 %
- II alumine à 99 %
- III alumine à 95 %

Résistivité électrique des céramiques en fonction de la température.



- I tungstène thorié
- II tantale
- III molybdène
- IV tungstène
- V nickel

Emission thermoélectronique saturée de métaux pour cathodes.



- I hydrogène
- II néon
- III argon
- IV xénon
- V mercure
- VI césium

Tension de vapeur de gaz et de vapeurs métalliques en fonction de la température.

MATÉRIAUX POUR TUBES

	Ag	Be	Cu	Au	Fe	Mo	Nb	Ni	Pt	Re	Ru	Ta	Ti	V	W	Zr
Zr	98	6	52		16	31	S.S.	17					S.S.	30	18	1 852
	2	94	48		84	69		83					S.S.	70	82	
	955	980	855		935	1 521	1 740	961					1 600	1 230	1 660	
W						S.S.	S.S.	Eu.	Eu.	77	32	S.S.	S.S.			3 400
						2 610	2 460	1 453	1 769	23	68	3 000	1 680			
V					S.S.		S.S.	28				S.S.	S.S.			1 900
					1 468		1 810	72				1 800	1 620			
Ti	97	3	72	Eu.	30	S.S.	S.S.	28				S.S.				1 680
	3	97	28		70			72								
	910	949	880	1 063	1 085	1 600	1 720	955				1 680				
Ta					80	S.S.	S.S.	63		50	58					3 000
					20			37		50	42					
					1 410	2 610	2 460	1 360		2 690	1 970					
Ru																2 490
Re						35	35		Eu.							3 180
						65	65									
						2 500	2 340		1 769							
Pt	Eu.		S.S.	S.S.	S.S.			S.S.								1 769
	960		1 083	1 063	1 534			1 452								
Ni	5	5	S.S.	S.S.	S.S.	47	51									1 453
	95	95				53	49									
	1 435	1 157	1 083	950	1 450	1 315	1 176									
Nb					81	S.S.										2 460
					19											
					1 360	2 460										
Mo					65											2 610
					35											
					1 450											
Fe		8	Eu.	Eu.												1 539
		92														
		1 165	1 083	1 032												
Au	S.S.		S.S.													1 063
	960		889													
Cu	72		Eu.													1 083
	28															
	780		840													
Be	99															1 284
	1															
	880															
Ag	960															

Exemple. La case à la rencontre de la verticale Ag et de l'horizontale Cu se lit ainsi :

à l'eutectique, le % d'argent (en masse) est de 72, celui de cuivre est de 28. La température de formation de cet eutectique est de 780 °C.

S.S. solution solide continue.

Eu. réaction eutectoïde.

Températures de formation des eutectiques ou du point minimal de fusion des alliages.

Possibilités de soudure électrique par points pour quelques métaux usuels.

TF très facile. F facile. D difficile. TD très difficile ou impossible.

Métaux	Monel	Cu/Ni 60/40	Kovar	Ti	Cu	Fe	Ni	Ta et Nb	Mo *	W
W	F	F	D	TD	TD	D	F	D	TD	TD
Mo	F	F	F	D	D	TD	F	D	TD	
Ta et Nb	F	F	D	D	D	D	TF	D		
Ni	F	D	D	F	D	TF	TF			
Fe	D	F	D	D	F	TF				
Cu	D	D	D	D	TD					
Ti	F	F	D	D						
Kovar	TD	D	TD							
Cu/Ni 60/40	F	F								
Monel	F									

Possibilités de soudure à l'argon-arc ou par bombardement électronique.

TF Soudure très facile. F Soudure facile. D Soudure difficile ou impossible.

Métaux à souder	Forme de soudure	
	à lèvres	jointes en bouts
Cuivre OFHC sur cuivre OFHC	TF	F
Kovar sur kovar	F	F
Acier inox 18/8 sur acier inox 18/8	F	TF
Molybdène fritté sur molybdène fritté	D	D
Molybdène fondu sous vide sur molybdène fondu sous vide	F (1)	F (1)
Cuivre OFHC sur acier inox 18/8	F	D
Cuivre OFHC sur kovar	D	D
Molybdène fritté sur kovar	D	D
Titane sur titane	F	F
Niobium sur niobium	F	F
Tantale sur tantale	F	F

(1) En soudure argon-arc, opérer dans une hotte remplie elle-même d'argon.

Possibilités d'association des céramiques avec les métaux.

- a) le procédé de scellement
 MD métallisation dure
 HT hydrure de titane
 T titane massif
- b) le type de scellement recommandé
 I plat
 II céramique extérieure (par exemple passage conducteur)
 III céramique intérieure (métal sous forme de bague extérieure)
- c) l'atmosphère de brasage
 V vide (meilleur que 10^{-3} Pa)
 R réductrice ou neutre

Métaux		Céramiques			
		Forstérite	Alumine 75 à 98 %	Alumine ≥ 99 %	Glucine 96 à 98 %
Molybdène	a		MD — HT	HT	HT — MD
	b		II	II	II
	c		V — R	V	V — R
Tantale	a		MD — HT	HT	HT — MD
	b		II	II	II
	c		V	V	V
Niobium	a		MD — HT	HT	HT — MD
	b		II — III	II — III	II — III
	c		V	V	V
Titane	a	T	T	T	T
	b	I — II — III	III	III	III
	c		V	V	V
Fenico	a		MD — HT	HT	HT — MD
	b		I — II — III	I — II — III	I — II — III
	c		V — R	V — R	V — R
Nickel	a		HT — MD	HT	HT — MD
	b		III	III	III
	c		V — R	V	V — R
Cuivre	a	HT — MD	MD	HT	HT — MD
	b	III	III	III	III
	c	V — R	V — R	V	V — R

N. B. — Les métaux peuvent être recouverts d'un métal diffusé ou non.

— Les scelllements par métallisation dure peuvent être effectués indifféremment sous vide ou sous atmosphère réductrice. Les scelllements à l'hydrure de titane ou au titane massif doivent être effectués sous vide ou, à défaut, sous atmosphère parfaitement neutre.