

## Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- Le Conservatoire numérique communément appelé le Cnum constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre ([www.eclydre.fr](http://www.eclydre.fr)).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](https://cnum.cnam.fr))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment possible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

## NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Auteur(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Publication : Laboratoire d'essais
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 193.-195.
Nombre de volumes	125
Cote	CNAM-BIB P 1329-B et P 1329-C
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Note	La collection comporte des lacunes : n°24; n°58; n°63; n°67; n°76-n°77
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.abes.fr/cbs//DB=2.1/SET=17/TTL=3/REL?PPN=261820893&amp;RELTYP=NT">https://www.sudoc.abes.fr/cbs//DB=2.1/SET=17/TTL=3/REL ?PPN=261820893&amp;RELTYP=NT</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B_P1329-C">https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B_P1329-C</a>
<b>LISTE DES VOLUMES</b>	
	<a href="#">N°25 (1936)</a>
	<a href="#">N°26 (1937)</a>
	<a href="#">N°27 (1937)</a>
	<a href="#">N°28 (1937)</a>
	<a href="#">N°29 (1938)</a>
	<a href="#">N°30 (1939)</a>
	<a href="#">N°31 (1936)</a>
	<a href="#">N°32 (1938)</a>
	<a href="#">N°33 (1938)</a>
	<a href="#">N°34 (1938)</a>
	<a href="#">N°35 (1938)</a>
	<a href="#">N°36 (1938)</a>
	<a href="#">N°37 (1938)</a>
	<a href="#">N°38 (1938)</a>
	<a href="#">N°39 (1938)</a>
	<a href="#">N°40 (1939)</a>
	<a href="#">N°41 (1939)</a>
	<a href="#">N°42 (1939)</a>
	<a href="#">N°43 (1939)</a>
	<a href="#">N°44 (1939)</a>
	<a href="#">N°45 (1938)</a>
	<a href="#">N°46 (1940)</a>
	<a href="#">N°47 (1940)</a>
	<a href="#">N°48 (1940)</a>
	<a href="#">N°49 (1940)</a>
	<a href="#">N°50 (1940)</a>
	<a href="#">N°51 (1941)</a>
	<a href="#">N°52 (1941)</a>
	<a href="#">N°53 (1941)</a>
	<a href="#">N°54 (1941)</a>
	<a href="#">N°55 (1942)</a>
	<a href="#">N°56 (1942)</a>
	<a href="#">N°57 (1942)</a>
	<a href="#">N°59 (1942)</a>

	<a href="#">N°60 (1941)</a>
	<a href="#">N°61 (1942)</a>
	<a href="#">N°62 (1943)</a>
	<a href="#">N°64 (1943)</a>
	<a href="#">N°65 (1943)</a>
	<a href="#">N°66 (1943)</a>
	<a href="#">N°68 (1943)</a>
	<a href="#">N°69 (1943)</a>
	<a href="#">N°70 (1943)</a>
	<a href="#">N°71 (1943)</a>
	<a href="#">N°72 (1944)</a>
	<a href="#">N°73 (1943)</a>
	<a href="#">N°74 (1944)</a>
	<a href="#">N°75 (1944)</a>
	<a href="#">N°78 (1944)</a>
	<a href="#">N°79 (1944)</a>
	<a href="#">N°80 (1944)</a>
	<a href="#">N°81 (1944)</a>
	<a href="#">N°82 (1944)</a>
	<a href="#">N°83 (1944)</a>
	<a href="#">N°84 (1944)</a>
	<a href="#">N°85 (1944)</a>
	<a href="#">N°86 (1945)</a>
	<a href="#">N°87 (1945)</a>
	<a href="#">N°88 (1945)</a>
	<a href="#">N°89 (1945)</a>
	<a href="#">N°90 (1945)</a>
<b>VOLUME TÉLÉCHARGÉ</b>	<a href="#">N°91 (1945)</a>
	<a href="#">N°92 (1945)</a>
	<a href="#">N°93 (1945)</a>
	<a href="#">N°94 (1945)</a>
	<a href="#">N°95 (1946)</a>
	<a href="#">N°96 (1946)</a>
	<a href="#">N°97 (1946)</a>
	<a href="#">N°98 (1944)</a>
	<a href="#">N°99 (1945)</a>
	<a href="#">N°100 (1945)</a>
	<a href="#">N°101 (1946)</a>
	<a href="#">N°102 (1946)</a>
	<a href="#">N°103 (1946)</a>
	<a href="#">N°104 (1946)</a>
	<a href="#">N°105 (1946)</a>
	<a href="#">N°106 (1946)</a>
	<a href="#">N°107 (1947)</a>
	<a href="#">N°108 (1947)</a>
	<a href="#">N°109 (1947)</a>
	<a href="#">N°110 et 111 (1947)</a>
	<a href="#">N° 112 (1947)</a>
	<a href="#">N° 113 (1947)</a>
	<a href="#">N° 114 (1947)</a>
	<a href="#">N° 115 (1947)</a>
	<a href="#">N° 116 (1947)</a>
	<a href="#">N° 117 (1947)</a>
	<a href="#">N° 118 (1948)</a>
	<a href="#">N° 119 (1948)</a>
	<a href="#">N° 120 (1948)</a>
	<a href="#">N° 121 (1948)</a>
	<a href="#">N° 122 (1947)</a>

	<a href="#">N° 123 (1948)</a>
	<a href="#">N° 124 (1948)</a>
	<a href="#">N° 125 (1948)</a>
	<a href="#">N° 126 (1948)</a>
	<a href="#">N° 127 (1948)</a>
	<a href="#">N° 128 (1948)</a>
	<a href="#">N° 129 (1948)</a>
	<a href="#">N° 130 (1949)</a>
	<a href="#">N° 131 (1949)</a>
	<a href="#">N° 132 (1949)</a>
	<a href="#">N° 133 (1948)</a>
	<a href="#">N° 134 (1949)</a>
	<a href="#">N° 135 (1948)</a>
	<a href="#">N° 136 (1949)</a>
	<a href="#">N° 137 (1950)</a>
	<a href="#">N° 138 (1950)</a>
	<a href="#">N° 139 (1950)</a>
	<a href="#">N° 140 (1950)</a>
	<a href="#">N° 141 (1950)</a>
	<a href="#">N° 142 (1948)</a>
	<a href="#">N° 143 (1950)</a>
	<a href="#">N° 144 (1950)</a>
	<a href="#">N° 145 (1951)</a>
	<a href="#">N° 146 (1951)</a>
	<a href="#">N° 147 (1951)</a>
	<a href="#">N° 148 (1951)</a>
	<a href="#">N° 149 (1951)</a>
	<a href="#">N° 150 (1951)</a>
	<a href="#">N° 151 (1951)</a>
	<a href="#">N° 152 (1951)</a>
	<a href="#">N° 153 (1952)</a>
	<a href="#">N° 154 (1952)</a>
	<a href="#">N° 155 (1952)</a>

<b>NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ</b>	
Auteur(s) volume	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Publication : Laboratoire d'essais
Volume	<a href="#">N°91 (1945)</a>
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 1945
Collation	1 vol. (p. [125-134]) : ill. ; 27 cm
Nombre de vues	16
Cote	CNAM-BIB P 1329-C (12)
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Thématique(s)	Histoire du Cnam
Typologie	Revue
Langue	Anglais Français
Date de mise en ligne	10/04/2025
Date de génération du PDF	07/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	<a href="https://www.sudoc.fr/039014541">https://www.sudoc.fr/039014541</a>
Permalien	<a href="https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-C.12">https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-C.12</a>

## **Note de présentation du ....**

---

...

8<sup>e</sup> Ku. lot

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
LABORATOIRE D'ESSAIS



BULLETIN  
DU  
LABORATOIRE D'ESSAIS  
1945 - N° 12

PUBLICATION N° 91

(Voir le sommaire au verso)

## SOMMAIRE

---

E. PEILLON. — Etude et étalonnage d'une petite machine d'essais métallurgiques .....	page 125
M. FALLOT. — Propriétés magnétiques et diagramme de constitution des ferrocobalt .....	130



# BULLETIN DU LABORATOIRE D'ESSAIS

DU CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS & MÉTIERS

## ÉTUDE ET ÉTALONNAGE D'UNE PETITE MACHINE D'ESSAIS MÉTALLURGIQUES

### MÉCANISME PRODUCTEUR D'EFFORT

Le mécanisme de la petite machine d'essais ayant fait l'objet de notre étude, est un système à vis commandé à la main ou au moteur, et répondant aux caractéristiques suivantes :

Moteur : puissance 0,185 KW.

Vitesse de traction : à vide.....	50 mm/min.
sous 100 kg...	49,5
» 250 kg...	48,5
» 500 kg...	47,5

### MESURE DES EFFORTS

#### PRINCIPE

Soit un pendule dont l'axe présente dans sa rotation des frottements solides qu'on peut définir comme suit : frottements donnant un couple  $\pm F$  dirigé en sens inverse de la vitesse et de valeur constante et indépendante de cette vitesse.

Ce pendule sera en équilibre pourvu que (fig. 1) :

$$|P/\alpha| < F$$

$\alpha$  étant toujours très petit, ou

$F$

$\varphi = -$  étant un angle qui caractérise l'importance du  $P/\alpha$  frottement.

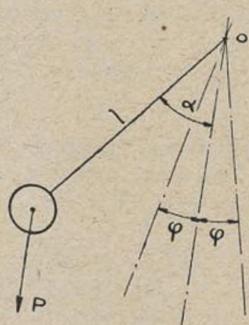


Fig. 1

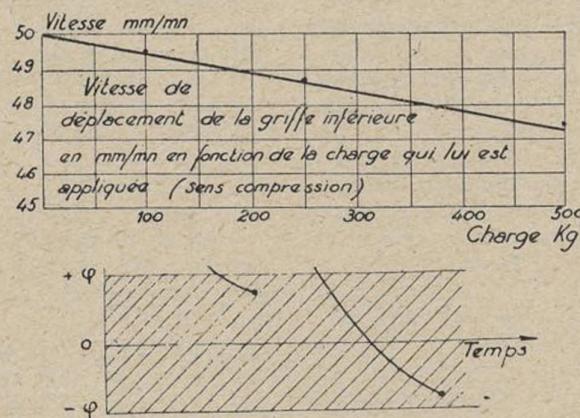


Fig. 2

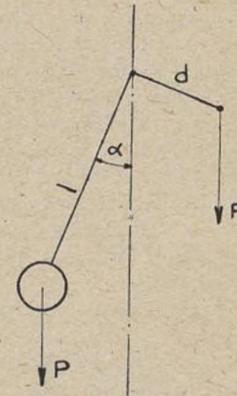


Fig. 3

Si on porte en abscisses le temps, en ordonnées l'angle  $\varphi$  de part et d'autre de la position théorique d'équilibre du pendule (celle qu'il prendrait s'il n'y avait pas de frottement), ce dernier peut s'arrêter d'un côté ou de l'autre de la position théorique d'équilibre suivant la vitesse qu'il possède au moment de franchir l'ordonnée  $\varphi$  (fig. 2).

Donc, le pendule peut dépasser sa position d'équilibre ou ne pas l'atteindre; il n'y a aucune raison pour qu'il s'arrête exactement dessus.

En particulier, si on s'arrange pour que la vitesse soit très faible, dans un sens, puis dans l'autre au moment

La vitesse de traction peut être considérée comme constante à 5 % près.

Vis filets carrés. Longueur maxima de la partie traînante : 900 mm.

Diamètre à fond de filet : 15 mm.

Charge de flambage : 630 kg (cas II), soit un coefficient de sécurité < 1,3, un peu faible.

où le pendule aborde les ordonnées  $\pm \varphi$ , puis  $- \varphi$ , on aura un moyen pratique de mesurer l'écart  $2\varphi$ .

L'équation d'équilibre du dynamomètre à tangente est (fig. 3) :

$$F = P \frac{l}{d} \operatorname{tg} \alpha$$

La mesure de  $F$  résulte de la détermination de la position d'équilibre. Or, si l'appareil de mesure présente des frottements solides, cette position peut différer de  $+$  ou  $- \varphi$  de la position d'équilibre théorique sans qu'on puisse connaître de combien elle en diffère dans cet intervalle, ni de quel sens est l'écart. La lecture peut être affectée d'une erreur  $\pm \varphi$  et si  $\varphi$  est appréciable, la

précision réelle de l'appareil ne correspond pas à la précision de la lecture. Pour que l'appareil soit correctement construit, les frottements solides doivent être assez réduits pour que l'angle  $2\varphi$  soit inférieur à la plus petite rotation appréciable.

#### DESCRIPTION DE L'APPAREIL MESUREUR D'EFFORT

L'appareil indicateur se compose d'une tige AB sur laquelle s'exerce l'effort de traction ou de compression. Les points A et B sont guidés suivant une verticale (fig. 4).

En B sont articulées 2 bielles qui agissent sur le bras

CO du pendule OD. Le bras OF est solidaire du pendule et transmet par la bielle de FG la rotation du pendule à la manivelle O'G de même longueur que OF et qui est elle-même solidaire du doigt O'H.

Ce doigt pousse la crémaillère qui engrène avec le

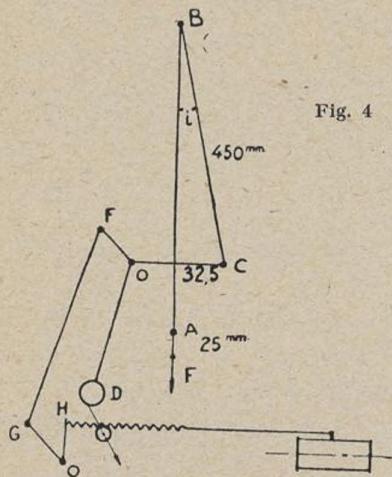


Fig. 4

pignon du cadran et qui porte le style de l'enregistreur.

Le dynamomètre est donc du type à tangente à rectification par crémaillère.

Le pendule a une course angulaire de  $45^\circ$  à partir de

#### TARAGE DE LA MACHINE

Le tarage de la machine a été fait avec des poids de 20 kgs étalonnés (1), — suspendus directement à l'amarrage supérieur pour le tarage en traction — ou suspendus à une extrémité d'un levier à bras égaux, indifférent, dont l'autre extrémité venait tirer sur la tête d'amarrage, pour le tarage en compression.

On a toujours fait agir les poids lentement et progressivement.

Le tarage a été fait dans le sens croissant des efforts et dans le sens décroissant.

L'essai a été fait au moins deux fois dans chaque sens pour se rendre compte de la constance des indications : d'une fois à l'autre, les lectures ne différaient, en général, pas plus d'une demi-division, ce qui prouve que la valeur admise pour sur les courbes est légitime.

Afin de s'assurer que, dans la valeur mesurée pour , il n'entre aucune quantité due au frottement fluide — quantité qui tendrait vers zéro, à mesure qu'augmente le temps — certaines charges ont été laissées pendant plusieurs heures : dans tous les cas, la lecture au cadran est restée la même.

Les résultats sont les suivants : (voir page suivante).

A sens croissant des efforts

D sens décroissant

Dans le sens croissant, l'aiguille indicatrice entraîne l'aiguille témoin.

Les courbes ci-jointes traduisent les résultats portés dans ces tableaux. On a tracé pour chaque échelle, en fonction des charges réelles portées en abscisses :

1<sup>o</sup> Les valeurs obtenues lors du tarage ascendant.

(1) Par mesure de précaution, il a été demandé à la Section de Métrologie de vérifier cinq d'entre eux pris au hasard. Voici les résultats :

10 006,6
20 006,4
20 005,9
20 006,4
20 007

On peut admettre que l'erreur moyenne relative sur l'ensemble des poids ne dépasse pas 1/3000, ce qui est négligeable devant la précision des machines à tarer.

la verticale. Mais les bras OC et O'H ont leur course répartie symétriquement de part et d'autre respectivement de l'horizontale et de la verticale.

La bielle BC est longue, de façon que la réaction horizontale en B soit aussi faible que possible.

BC étant verticale au zéro et au maximum de charge, son inclinaison maxima est, à demi-charge :

$$i = \frac{\text{flèche arc } 45^\circ \times 32,5}{450} = \frac{0,076 \times 32,5}{450} = 0,005$$

$$i < 20'$$

La réaction ne dépasse donc jamais 1,250 K.

#### VALEUR QUE NE DOIT PAS DÉPASSER LE COUPLE DE FROTTEMENT

Dans le cas le plus défavorable, soit à la sensibilité 50 kg, le couple maximum au bras de charge du peson est :

$$50 \times 32,5 \times \cos 22^\circ 30' = 1495 = 1500 \text{ kg. mm.}$$

Comme le cadran est gradué par 100 gr. (soit 500 div.) et qu'on peut apprécier la 1/2 division, l'angle de frottement ne doit pas être supérieur à :

$$\frac{1}{1000} \times 360 = 20'$$

et le couple de frottement ne doit pas dépasser :

$$\frac{1500}{e \times 580} = 1,5 \text{ kg. mm.}$$

c'est-à-dire une valeur très faible.

2<sup>o</sup> Les valeurs obtenues lors du tarage descendant.

Ces deux courbes ne sont pas nécessairement confondues. Leur écart représente la valeur 2 puisqu'on a toujours appliqué ou enlevé les charges progressivement. L'ensemble de ces deux courbes donne un fuseau plus ou moins pointu et plus ou moins large selon l'importance relative du frottement solide.

On a représenté pour chaque échelle un seul fuseau car les valeurs en traction et en compression évoluent sensiblement de la même façon; de plus, les graphiques sont à trop petite échelle et n'ont qu'une valeur d'image pour permettre de tirer des conclusions.

3<sup>o</sup> Les valeurs de pour chaque charge en traction.

4<sup>o</sup> Les valeurs de pour chaque charge en compression.

L'angle a été exprimé en gr. ou en g : pour permettre de voir tout de suite à quelle largeur de graduation il correspond.

On constate que :

1<sup>o</sup> Les frottements solides présentent quelques points particuliers qui correspondent sans doute aux points durs qu'on rencontre dans tout roulement d'une surface sur une autre.

Exemples : échelle 50 kg; traction à 5 et 50 kg  
 » 100 kg; » et compression 10 kg  
 » 250 kg; » 60 kg  
 » 500 kg; » 400 kg

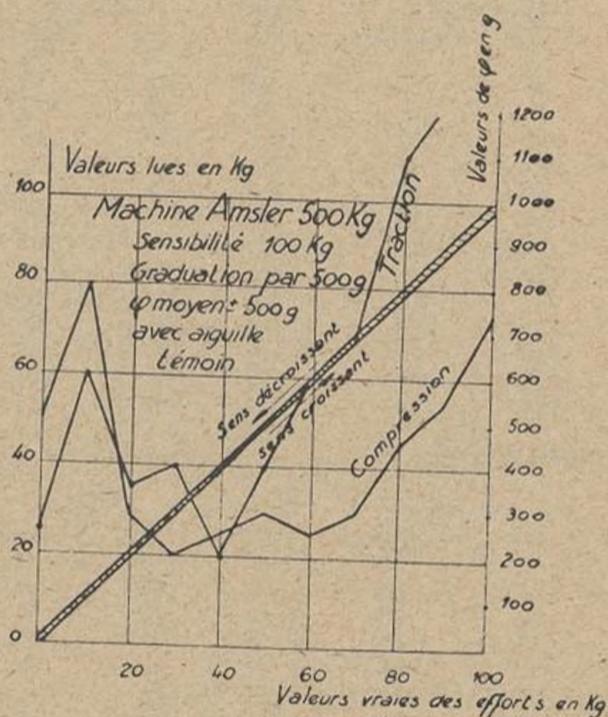
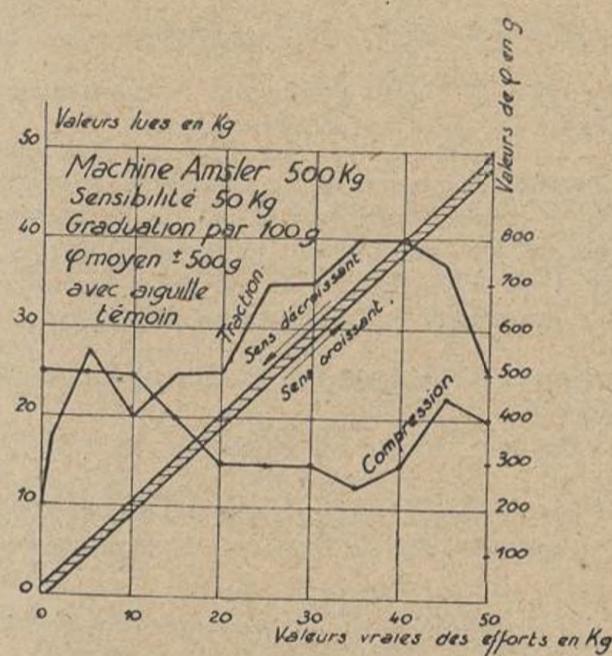
2<sup>o</sup> La machine est plus sensible en compression qu'en traction. Cela provient sans doute du fait que les efforts dirigés de bas en haut soulagent les roulements.

3<sup>o</sup> Dans le cas de l'échelle de 50 kg, le fuseau de tarage est à peu près de largeur uniforme; les charges que l'on applique à la griffe supérieure sont à peu près négligeables vis-à-vis de celles qui agissent déjà sur les roulements. Nous disons « à peu près » car on voit que est quand même un peu plus grand en traction qu'en compression à partir de 15 kg.

4<sup>o</sup> Dans le cas de l'échelle de 100 kg, les bords du fuseau, d'abord parallèles, vont en s'évasant : c'est l'influence des efforts qui chargent les roulements.

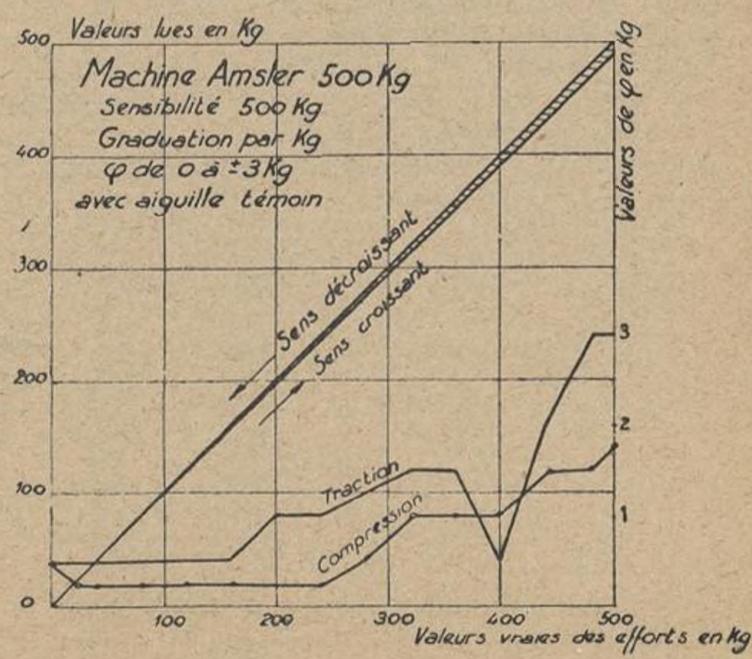
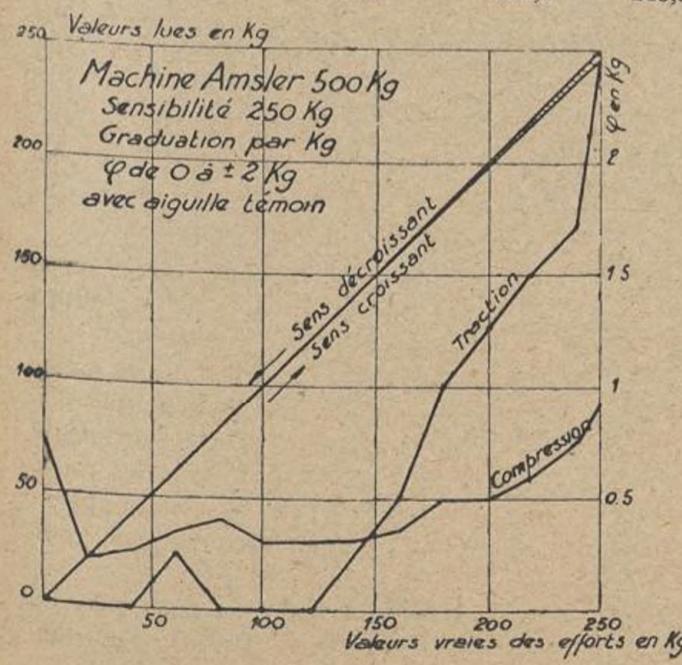
SENSIBILITE 50 Kg			
Traction	Valeurs vraies	Compression	
A	D	A	D
0,000	0,400	0	0,000
0,500	1,200	1	1,000
1,400	2,200	2	
4,500	5,600	5	4,300
9,750	10,600	10	9,200
14,500	15,500	15	14,300
19,400	20,400	20	19,300
24,300	25,700	25	24,200
29,200	30,600	30	29,200
34,000	35,600	35	34,200
38,900	40,500	40	39,000
43,900	45,400	45	43,800
48,600	49,600	50	48,800

SENSIBILITE 100 Kg			
Traction	Valeurs vraies	Compression	
A	D	A	D
0,0	0,5	0	0,0
9,5	10,8	10	9,0
19,8	20,5	20	19,4
29,4	30,2	30	29,4
40,0	40,4	40	39,3
49,4	50,2	50	49,0
59,2	60,4	60	59,1
68,6	70,0	70	69,0
78,3	80,5	80	78,5
87,8	90,5	90	88,5
97,2	100,5	100	98,3



SENSIBILITE 250 Kg			
Traction	Valeurs vraies	Compression	
A	D	A	D
0	0	0	0,0
10	10	10	10,0
20	20	20	20,0
40	40	40	39,5
59,5	60	60	59,3
80	80	80	60,0
99,5	99,5	100	79,2
120	120	120	99,2
139	139,5	140	119,0
158,5	159,5	160	119,6
178	180	180	139,0
197,5	200	200	139,6
217	220	220	158,8
236,5	240	240	159,5
245	250	250	178,5

SENSIBILITE 500 Kg			
Traction	Valeurs vraies	Compression	
A	D	A	D
0	1	0	0
25	26	25	24,5
40	41	40	39
80,0	81	80	79
120	121	120	118,5
160	161	160	157,5
199	201	200	197
239	241	240	236,5
278,5	281	280	276
318	321	320	315
357	360	360	354,5
398	399	400	393,5
435	439	440	433
474	480	480	472
493	499	500	490,5



5° Dans les échelles 250 g et 500 kg, le fuseau, jusque vers 100-150 kg, se réduit à une droite car les frottements sont trop faibles par rapport à l'unité de graduation pour être appréciables. Par la suite, le fuseau va en s'évasant.

6° Sur la fin des échelles, la machine « retarde » car la rectification du dynamomètre à tangente par crémaillère n'est pas réalisée pour les trop grandes courses angulaires du peson : il y aurait lieu d'avoir un peson qui fasse de moins grands angles avec la verticale. Mais ceci n'est pas grave : il suffit d'étalonner, une fois pour toutes, la machine, ce qui fait l'objet du tableau suivant :

Echelle 50 Kg			Echelle 100 Kg		
Vraie valeur	Lecture	Compr.	Vraie valeur	Lecture	Compr.
Tr.			Tr.		
0	0	0	0	0	0
20	20	20	40	40,5	39,5
40	40	40	80	80,5	79,5
60	60	60	120	120,5	119
80	80	79,5	160	160,5	158
100	99,5	99,5	200	200	197,5
120	120	119,5	240	240	237
140	139,5	139,5	280	280	277
160	159	159	320	319,5	316
180	179	179	360	358,5	355,5
200	199	198,5	400	398,5	395
220	218,5	218,5	440	437	435
240	238	238,5	480	477	474
250	247,5	248	500	496	492

Echelle 250 Kg			Echelle 500 Kg		
Vraie valeur	Lecture	Compr.	Vraie valeur	Lecture	Compr.
Tr.			Tr.		
0	0	0	0	0	0
5	5	4,8	10	10	10
10	10	9,7	20	20	20
15	15	14,7	30	30	29,5
20	20	19,7	40	40	39,5
25	25	24,5	50	50	49,5
30	29,9	29,5	60	60	59,5
35	34,8	34,5	70	69,5	69,5
40	39,7	39,3	80	79,5	79
45	44,6	44,3	90	89	89
50	49,1	49,2	100	99	99

#### CONCLUSIONS

1° Dans cette machine à quatre sensibilités dont la plus petite est le 1/10° de la force maxima de la machine,

#### TARAGE DE DEUX MACHINES

##### AMSLER 2000 KG. ET 50 T.

Afin de voir si les conclusions trouvées pour l'appareil de mesure des efforts de la machine à 500 kg sont valables pour les autres machines *Amsler*, le tarage a été poursuivi sur les machines 2000 kg et 50 t.

Les résultats sont portés dans le tableau ci-joint.

On peut constater, sur les courbes correspondant à ce tableau, que ce qui a été dit plus haut s'applique aussi à la machine de 2000 kg, à savoir :

— zone d'insensibilité importante rendant illusoire la précision de la petite échelle;

on n'a pas intérêt, au point de vue précision de l'essai, à utiliser cette plus petite échelle; sa sensibilité réelle n'est pas plus grande que celle de l'échelle immédiatement supérieure : on ne risque, en l'utilisant, que de s'illusionner sur la précision du résultat obtenu.

Il serait peut-être suffisant, dans une machine d'essai, de ne prévoir que trois sensibilités, la plus faible étant le 1/5° de la plus forte.

2° Dans une échelle déterminée, il vaut mieux éviter d'utiliser le dernier cinquième de la graduation, car dans cette région, la machine tarde, ce qui nécessite d'avoir recours à un tableau d'étalonnage, et sa zone d'insensibilité s'accroît beaucoup. Il est préférable de passer à l'échelle supérieure.

#### DISPOSITION GÉNÉRALE DE LA MACHINE

Au point de vue de l'utilisation de la machine, on peut formuler les deux remarques suivantes :

*Commande à main.* — La manivelle de commande à main se trouve située vers le bas de la machine. Outre qu'on est dans une position incommoder pour la manœuvre, il est alors difficile de surveiller l'éprouvette, l'aiguille des efforts et l'indicateur d'allongement.

*Mesure des allongements.* — Un dispositif non figuré permet :

1° De tenir compte du glissement des coins dans leur cage;

2° De conserver après rupture la mesure de l'allongement, indiquée par un index sur la règle graduée.

Il y a lieu de remarquer que :

1. Il est illusoire de tenir compte du glissement des mors dans leur cage car lorsqu'il se produit, se produit aussi un glissement de l'éprouvette dans les mors, glissement qui est plus important et plus capricieux.

2. Au cours de plusieurs essais sur fils, tôles d'aluminium, il n'a pas été possible d'obtenir un fonctionnement sûr et correct de l'appareil qui permet de conserver la mesure de l'allongement. Il vaut mieux, lorsqu'on désire obtenir cette valeur, prendre un enregistrement graphique.

— retard dans le dernier cinquième du cadran.

Quant à la machine de 50 t. hydraulique, elle s'est avérée parfaitement juste et très sensible même à la plus petite échelle.

On peut donc conclure que les imperfections constatées sur les autres machines sont dues au trop grand nombre d'articulations et de roulements existant dans l'appareil de mesure.

E. PEILLON.

essai,  
n'est  
ment  
s'illu-  
  
essai,  
étant  
  
éviter  
dans  
avoir  
sensi-  
er à  
  
peut  
  
ds à  
autre  
nœu-  
l'ai-  
  
guré  
leur  
onge-  
des  
produit  
lissee-  
  
umine-  
r la  
ésire  
que.  
  
s'est  
plus  
itées  
nbre  
areil  
  
N.

Sensibilité 200 Kg

Valeurs		Valeurs		Valeurs		Valeurs	
Traction	vraies	Compr.	Traction	vraies	Compr.	Traction	vraies
A	D	A	D	A	D	A	D
0	1	0	0	0	1	0	0,5
24	26	25	24	26	39	41,5	40
38	41	40	38,5	41,5	79	81,5	80
58	61	60	59,5	61,5	118,5	121	120
78,5	81	80	78	81,5	158,5	161,5	160
98	101	100	98	101,5	198	202	200
118	121	120	118	121,5	238	242	240
138	141	140	137,5	141,5	278	281,5	280
158	161	160	157	161,5	317,5	321,5	320
178	182	180	176,5	181	358	361,5	360
182,5	185	185	181	185	398	402	400
184,5	190	190	186	190	438	441	440
193	200	200	194,5	198,5	473	479	480
				493	499	500	496
						501	

Sensibilité 500 Kg

Valeurs		Valeurs		Valeurs		Valeurs	
Traction	vraies	Compr.	Traction	vraies	Compr.	Traction	vraies
A	D	A	D	A	D	A	D
0	1	0	0	0	1	0	0,5
24	26	25	24	26	39	41,5	40
38	41	40	38,5	41,5	79	81,5	80
58	61	60	59,5	61,5	118,5	121	120
78,5	81	80	78	81,5	158,5	161,5	160
98	101	100	98	101,5	198	202	200
118	121	120	118	121,5	238	242	240
138	141	140	137,5	141,5	278	281,5	280
158	161	160	157	161,5	317,5	321,5	320
178	182	180	176,5	181	358	361,5	360
182,5	185	185	181	185	398	402	400
184,5	190	190	186	190	438	441	440
193	200	200	194,5	198,5	473	479	480
				493	499	500	496
						501	

Sensibilité 1000 Kg

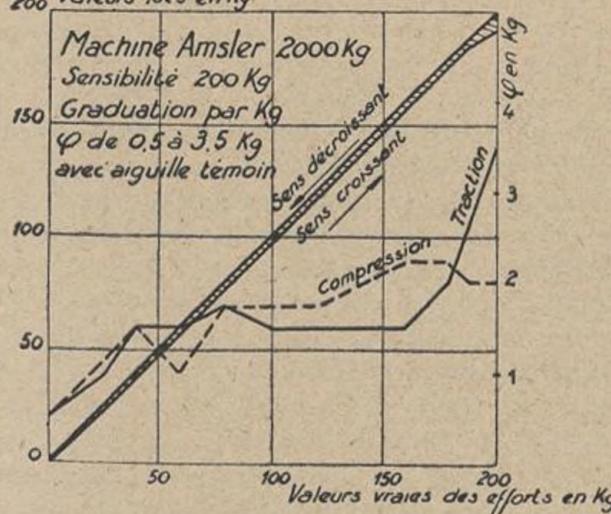
Valeurs		Valeurs		Valeurs		Valeurs	
Traction	vraies	Compr.	Traction	vraies	Compr.	Traction	vraies
A	D	A	D	A	D	A	D
0	2	0	0,5	0	103	100	0
24	26	25	24	26	39	40,5	39
38	41	40	38,5	41,5	79	80,5	79
58	61	60	59,5	61,5	118,5	121	119
78,5	81	80	78	81,5	158,5	161,5	159
98	101	100	98	101,5	198	202	199
118	121	120	118	121,5	238	242	240
138	141	140	137,5	141,5	278	281,5	280,5
158	161	160	157	161,5	317,5	321,5	320,5
178	182	180	176,5	181	358	361,5	360,5
182,5	185	185	181	185	398	402	397,5
184,5	190	190	186	190	438	441	436,5
193	200	200	194,5	198,5	473	479	476,5
				493	499	500	496
						501	

Sensibilité 2000 Kg

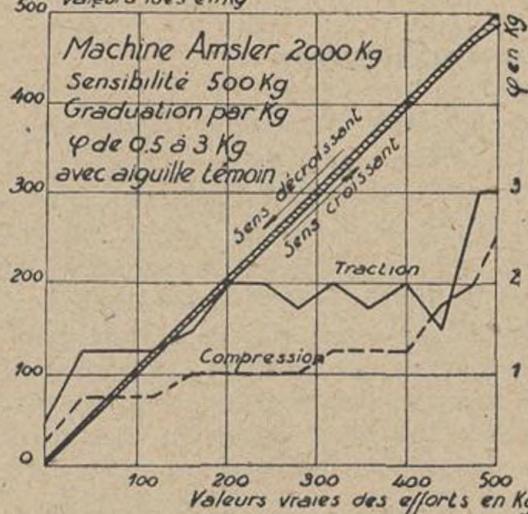
Valeurs		Valeurs		Valeurs		Valeurs	
Traction	vraies	Compr.	Traction	vraies	Compr.	Traction	vraies
A	D	A	D	A	D	A	D
0	0	0	0	0	202	200	200
24	26	25	24	26	402	400	400
38	41	40	38,5	41,5	604	600	600
58	61	60	59,5	61,5	1000	1002	1000
78,5	81	80	78	81,5	1202	1200	1200
98	101	100	98	101,5	1400	1402	1400
118	121	120	118	121,5	1600	1602	1600
138	141	140	137,5	141,5	1798	1800	1800
158	161	160	157	161,5	1992	1998	2000
178	182	180	176,5	181			
182,5	185	185	181	185			
184,5	190	190	186	190			
193	200	200	194,5	198,5			
				493	499	500	496
						501	

L'étalonnage  
n'a pas été fait

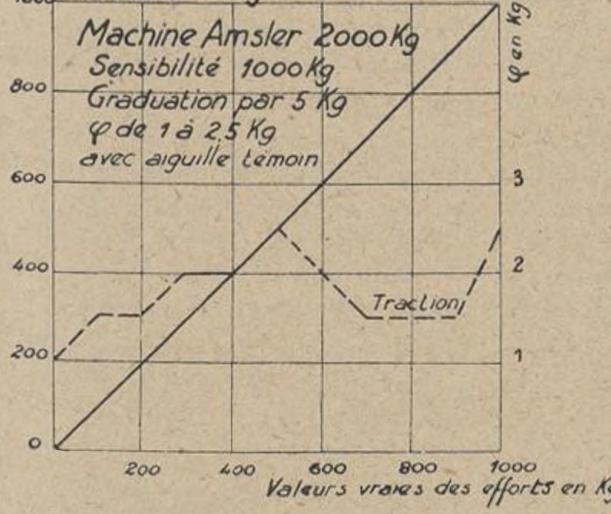
Valeurs lues en Kg



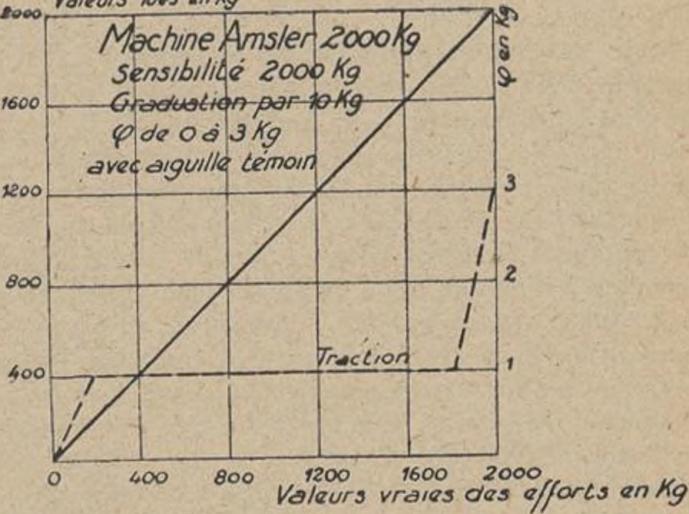
Valeurs lues en Kg



Valeurs lues en Kg



Valeurs lues en Kg



MACHINE 50 T.

Sensibilité 5 T. (graduation par 10 Kg).

Valeurs vraies      Traction

Valeurs vraies	A	D
3000	2995	3000
0	0	0
200	200	200
400	400	400
600	600	600
800		

## PROPRIÉTÉS MAGNÉTIQUES ET DIAGRAMME DE CONSTITUTION DES FERROCOPALB

### INTRODUCTION

Le diagramme des alliages de fer et le cobalt est bien connu (1), toutefois les propriétés magnétiques ont été peu étudiées dans l'ensemble du domaine de concentrations; en conclusion de ses études magnétiques, PREUSS a déduit (2) un diagramme assez compliqué, différent du diagramme de TAMMANN (3). Une incertitude régnait également sur les constantes magnétiques du cobalt, en particulier sur le point de Curie et sur le moment de l'atome Co à haute température, PREUSS a donné la valeur  $14,99 \mu_w$  tandis que BLOCH (4), à la suite d'une étude sur les nickel-cobalt, a donné  $15,50 \mu_w$  et les expé-

riences plus récentes et soignées de SUCKSMITH et PEARCE (5) sur le cobalt pur ont donné  $15,50 \mu_w$ .

Les expériences sur le cobalt et ses alliages doivent être faites à des températures élevées, dont la réalisation et la mesure étaient autrefois délicates dans les laboratoires, et ces difficultés expliquent la divergence des valeurs numériques obtenues. Après un examen détaillé des divers travaux rappelés ci-dessus, P. WEISS avait indiqué la nécessité de reprendre ces expériences, celles de PREUSS en particulier, et c'est le résultat de cette étude, entreprise sur l'initiative de ce maître regretté, que nous donnons ci-dessous.

### ÉTUDE PARAMAGNÉTIQUE

La mesure de la force d'attraction exercée sur la substance dans un champ non uniforme permet de calculer la susceptibilité. Le dispositif expérimental utilise un pendule de translation de FOEN et FORRER (6), dans lequel on équilibre la force inconnue par l'attraction d'une petite bobine dans un champ fixe, le courant continu parcourant cette bobine étant mesuré par la différence de potentiel aux bornes d'une résistance fixe. On ramène ainsi la mesure d'une susceptibilité magnétique à celle d'une différence de potentiel, lue au potentiomètre. Les mesures sont relatives et on étalonne l'appareil au moyen d'une substance type, connue pour suivre la loi de Curie: le pyrophosphate de manganèse, le sulfate de gadolinium, l'alun de titane et de caesium conviennent particulièrement.

L'étude aux températures élevées a nécessité la réalisation d'un four et d'un support adaptés au but poursuivi.

La résistance chauffante du four est un fil de platine de 0,5 mm de diamètre, enroulé sur un tube lisse en alumine pure Degussa de 18 mm de diamètre et de 100 mm de long. Entre les spires, on a disposé de l'alumine fondue et finement broyée (type de l'alumine pour coulage en barbotine) qui, dès le premier chauffage du four à  $1500^\circ\text{C}$ , est agglomérée et forme un ciment isolant qui maintient en place les spires. Tout emploi de silicate est nuisible et met rapidement le four hors d'usage, soit par attaque du platine, soit par formation d'eutectiques avec l'alumine. Le tube d'alumine est fermé à sa partie supérieure et le fil est bobiné de façon à ne pas créer de champ axial lorsqu'on alimente le four en courant continu. Le tube chauffant est entouré de deux cylindres coaxiaux en nicral D d'Impphy, qui forment écrans contre le rayonnement, enfin, une chemise à circulation d'eau, en laiton, assure le refroidissement extérieur du four. L'ensemble ne mesure que 35 mm de diamètre et 180 mm de long. Les amenées de courant se trouvent à la partie supérieure du four, calorifugée par un disque épais en stéatite; il faut avoir soin de laisser à celui-ci le jeu nécessaire à la dilatation du tube d'alumine; sans cette précaution, le tube ramollit se déforme et est rapidement brisé. Ce four, grâce à son inertie très faible, a l'avantage de se mettre très vite en équilibre de température pourvu que la tension d'alimentation et le débit d'eau soient constants: en deux heures, on peut atteindre  $1500^\circ\text{C}$  par paliers successifs et se maintenir à toute température intermédiaire désirée pendant dix minutes au moins, temps largement suffisant pour atteindre l'équilibre de température et effectuer les

mesures. Sa construction soignée a permis de l'utiliser déjà plusieurs centaines d'heures.

La substance étudiée doit être protégée de l'oxydation; il faut éviter également l'évaporation des métaux, qui n'est pas négligeable aux températures élevées; elle est particulièrement à craindre pour l'étude des alliages dont un constituant peut distiller, faisant varier à la fois la masse et la composition de l'échantillon.

Nous avons utilisé des cylindres de 3 à 4 mm de diamètre et 12 mm de long, enfermés dans des ampoules en quartz transparent, scellées sous vide. La transformation de la silice en cristoballite, qui a pour effet de « dévitrifier » le quartz par chauffage au-delà de  $800^\circ$  était à craindre, mais on a constaté qu'au cours d'une seule expérience, l'enveloppe en quartz reste suffisamment étanche; on a vérifié qu'il n'y avait ni oxydation, ni perte de masse au cours des mesures.

L'ampoule de quartz se loge dans un creuset en alumine pure de 10 mm de diamètre et 20 mm de hauteur, prolongé par une tige en même matière, de 2 mm de diamètre et 100 mm de long. Ces deux pièces, recuites ensemble à  $1700^\circ\text{C}$  dans un four à enroulement de molybène construit à cet effet, forment un ensemble rigide.

Un couple Pt-Pt Rh pénètre à l'intérieur même de ce support grâce à deux trous de 0,8 mm ménagés à cet effet au fond du creuset. Sur la tige, sont fixés deux disques en réfractaire, empêchant le rayonnement vers l'ouverture inférieure du four, ils maintiennent aussi en place les fils du couple. En position de travail, le dernier disque est au niveau de l'ouverture du four, tandis que le creuset est au centre; l'intérieur réalise pratiquement les conditions d'un corps noir et la température indiquée est celle de l'échantillon.

Les fils du couple ont un assez fort diamètre (0,7 mm) pour éviter une détérioration trop rapide; ils se prolongent par des fils de 0,2 mm dont l'extrémité froide est maintenue dans la glace fondante. Ce couple a été préalablement étalonné au point de fusion de l'or par la méthode du fil; après avoir été porté cinq heures à  $1500^\circ\text{C}$ , il a été changé, son étalonnage ayant varié de  $100 \mu_v$  à  $1000^\circ\text{C}$ . On peut d'ailleurs contrôler souvent l'étalonnage *in situ*, ainsi que l'a fait remarquer WEIL, en utilisant la discontinuité de diamagnétisme de l'or à son point de fusion. Les f.e.m. ont été mesurées au moyen d'un potentiomètre SKM, acquis grâce à une subvention du Centre National de la Recherche Scientifique en 1939,

qui permet d'obtenir des mesures reproductibles à  $1\mu\text{v}$  près.

Les alliages ont été préparés par fusion dans des creusets en alumine pure, au four haute fréquence Ribaud, sous vide, à partir de fer et de cobalt électrolytiques, dûs à l'obligeance, le premier de la Société des Aciéries et Forges de Firminy, le second de la Société du Haut-Katanga, et dont les analyses sont les suivantes :

	Fer	Fe	Cobalt
C	0,010 %	Ni	0,049
Si	0,024	Pb	0,050
P	0,025	Mg	0,008
S	0,005	Ca	0,008
Cu, Mn, Ni Cr	0,000	Non dosés	0,010
	0,064 %		0,132 %

Les susceptibilités magnétiques ont été étudiées à partir du début de l'état paramagnétique jusqu'à  $1400^\circ\text{C}$ . L'appareil permettait de déterminer les susceptibilités à 6 p. mille près et les températures de transformation à  $\pm 1^\circ$ .

Les alliages de titres en Co inférieurs à 13 % atomiques sont constitués par une solution solide de cobalt dans le fer  $\alpha$  à la température ordinaire. Par élévation de la température, le passage de l'état ferromagnétique à l'état paramagnétique a donc lieu sans changement du réseau cristallin; on est en présence d'un point de Curie ferromagnétique ordinaire, réversible (7). La susceptibilité de ces alliages  $\alpha$  ne peut pas être mesurée avec précision, car cette phase n'est stable que dans un domaine trop étroit de température : en effet, pour le fer pur, la transformation  $\alpha \rightarrow \gamma$  a lieu une centaine de degrés au-dessus du point de Curie; or, ce point de transition (\*)  $\alpha$  ferro  $\rightarrow \alpha$  paramagnétique s'élève avec la teneur en cobalt alors que le point de transformation ( $\alpha \rightarrow \gamma$ ) ne s'élève que très légèrement : le domaine d'existence de la phase  $\alpha$  paramagnétique se rétrécit très rapidement. Les mesures paramagnétiques n'ont donc porté que sur les alliages cristallisés dans le réseau cubique à faces centrées.

Les susceptibilités  $x$  obéissent à la loi classique de CURIE-WEISS :

$$\chi(T - \theta) = C$$

où  $C$  est la constante de Curie et  $\theta$  le point de Curie paramagnétique.

Dès que le titre atteint 13 % atomiques, on ne trouve plus d'état paramagnétique, la perte d'aimantation spontanée a lieu par suite du changement de réseau cristallin, et le phénomène est irréversible. Aux titres voisins de 13 %, la zone d'irréversibilité est de  $20^\circ$  environ; elle diminue d'abord et devient 11° pour 45 % de Co; elle s'élargit ensuite et atteint 45° pour 76 % de Co.

Les susceptibilités suivent encore la loi de WEISS, c'est-à-dire que — est représenté par une droite en fonction de la température.

Au delà de 76 %, la solution solide du cobalt dans le fer  $\alpha$  n'existe plus à température ordinaire; les alliages sont constitués par une solution de fer dans le cobalt  $\gamma$ ; ils sont ferromagnétiques jusqu'au point de transition. L'allure des courbes représentant l'inverse de la susceptibilité paramagnétique change alors : immédiatement après le point de Curie ferromagnétique  $\theta_f$ , elles présentent une courbure et, une centaine de degrés au-dessus,

elles redeviennent rectilignes; le prolongement de cette droite vers la valeur nulle de  $1/\chi$  définit le point de Curie paramagnétique  $\theta_p$ , situé assez régulièrement à environ  $40^\circ$  au-dessus du point de Curie ferromagnétique. La pente de la droite donne, comme précédemment, la constante de Curie spécifique.

Les tableaux 1 à 14 donnent les résultats pour des alliages de diverses concentrations, et la figure 1 reproduit le faisceau de courbes  $1/\chi$  ( $T$ ).

TABLEAU I  
Fe-Co      7,3 % atom. Co

T°C	T°K	$10^6 \cdot \chi$	$10^{-3}/\chi$
927,5	1200,6	30,75	32,52
967,7	1240,8	30,31	32,99
1006,6	1279,7	29,87	33,48
1038,0	1311,1	29,63	33,75
1090,4	1363,5	29,09	34,38
1194,7	1467,8	27,98	35,74
1242,6	1515,7	27,53	36,32
1292,1	1565,2	27,08	36,93
1336,6	1609,7	26,67	37,49
1384,7	1657,8	26,25	38,09

TABLEAU II  
Fe-Co      13,3 % atom. Co

T°C	T°K	$10^6 \cdot \chi$	$10^{-3}/\chi$
994,3	1267,4	33,19	30,13
1038,8	1311,9	32,55	30,72
1137,4	1410,5	31,05	32,21
1186,7	1459,8	30,41	32,88
1238,3	1511,4	29,61	33,77
1287,1	1560,2	28,99	34,49
1347,8	1620,9	28,18	35,49
1081,0	1354,1	31,91	31,33

TABLEAU III  
Fe-Co      21,4 % atom. Co

T°C	T°K	$10^6 \cdot \chi$	$10^{-3}/\chi$
1027,2	1300,4	37,35	26,77
1074,6	1347,7	36,34	27,52
1182,5	1455,6	33,95	29,45
1252,4	1525,5	32,56	30,71
1328,4	1601,5	31,15	32,10
1368,2	1641,3	30,37	32,93

TABLEAU IV  
Fe-Co      27,2 % atom. Co

T°C	T°K	$10^6 \cdot \chi$	$10^{-3}/\chi$
970,5	1243,6	43,78	22,84
1007,4	1280,5	42,41	23,58
1051,2	1324,3	41,04	24,37
1099,5	1372,6	39,44	25,35
1166,9	1440,0	37,64	26,57
1235,5	1508,6	35,71	28,00
1309,7	1582,8	33,89	29,51
1345,1	1618,2	33,03	30,27
1388,3	1661,4	32,15	31,10

TABLEAU V  
Fe-Co      33,1 % atom. Co

T°C	T°K	$10^6 \cdot \chi$	$10^{-3}/\chi$
976,8	1249,9	49,35	20,26
991,1	1264,2	48,68	20,54
1011,6	1284,7	47,74	20,95
1059,8	1332,9	45,51	21,97
1093,9	1367,0	44,11	22,67
1156,8	1429,9	41,62	24,03
1210,2	1483,3	39,67	25,21
1283,9	1557,0	37,32	26,79
1342,5	1615,6	35,47	28,19
1377,2	1650,3	34,47	29,01

TABLEAU VI  
Fe-Co      43,5 % atom. Co

T°C	T°K	$10^6 \cdot \chi$	$10^{-3}/\chi$
984,0	1257,1	63,93	15,64
1034,6	1307,7	59,53	16,80
1056,7	1329,4	57,75	17,32
1078,4	1351,5	55,92	17,88
1099,4	1372,5	54,35	18,40
1129,0	1402,1	52,26	19,13
1131,1	1404,2	52,11	19,19
1183,0	1456,1	48,76	20,51
1239,2	1512,3	45,47	21,99
1306,6	1579,7	42,27	23,66

(\*) Nous réservons l'emploi du terme « point de transition » au passage d'un état ferromagnétique à un état paramagnétique (point de Curie ferromagnétique), sans changement de réseau, phénomène analogue au passage ordre désordre dans certains alliages à surstructures. Le temps « point de transformation » est employé lorsqu'il y a un changement de phase. Le premier phénomène est réversible et progressif, tandis que le second est en général irréversible et complet (voir E. BRUN, Les chaleurs spécifiques, A. Colin, Paris 1940, p. 131).

TABLEAU VII

T°C	Fe-Co	50,4 % atom. Co	
T°C	T°K	10 <sup>6</sup> .χ	10 <sup>-3</sup> /χ
980,0	1253,1	—	—
979,5	1252,6	83,28	12,01
982,1	1255,2	83,02	12,04
992,8	1265,9	80,97	12,35
1003,7	1276,8	79,01	12,66
1017,6	1290,7	76,66	13,04
1046,2	1319,3	72,05	13,88
1072,9	1346,0	68,77	14,54
1093,8	1366,9	66,29	15,08
1145,1	1418,2	60,36	16,57
1196,5	1469,6	55,55	18,00
1260,9	1534,0	50,18	19,93
1335,8	1608,9	45,64	21,91
1366,9	1640,0	43,98	22,74
1125,9	1399,0	62,48	16,00
976,7	1249,8	83,66	11,95
944,1	1237,2	—	—

TABLEAU IX

T°C	Fe-Co	64,1 % atom. Co	
T°C	T°K	10 <sup>6</sup> .χ	10 <sup>-3</sup> /χ
949,9	1222,0	187,40	5,34
979,6	1252,7	160,19	6,27
1025,5	1298,6	130,12	7,68
1025,2	1298,3	130,72	7,65
1072,3	1345,4	110,03	9,09
1071,5	1344,6	110,21	9,07
1139,1	1412,2	89,26	11,20
1174,9	1448,0	80,84	12,37
1235,0	1508,1	69,68	14,35
1307,4	1580,5	59,62	16,77
1361,8	1634,9	53,59	18,66
1381,0	1654,1	51,78	19,31
945,5	1218,6	190,69	5,24
944,9	1218,0	191,35	5,23

TABLEAU VIII

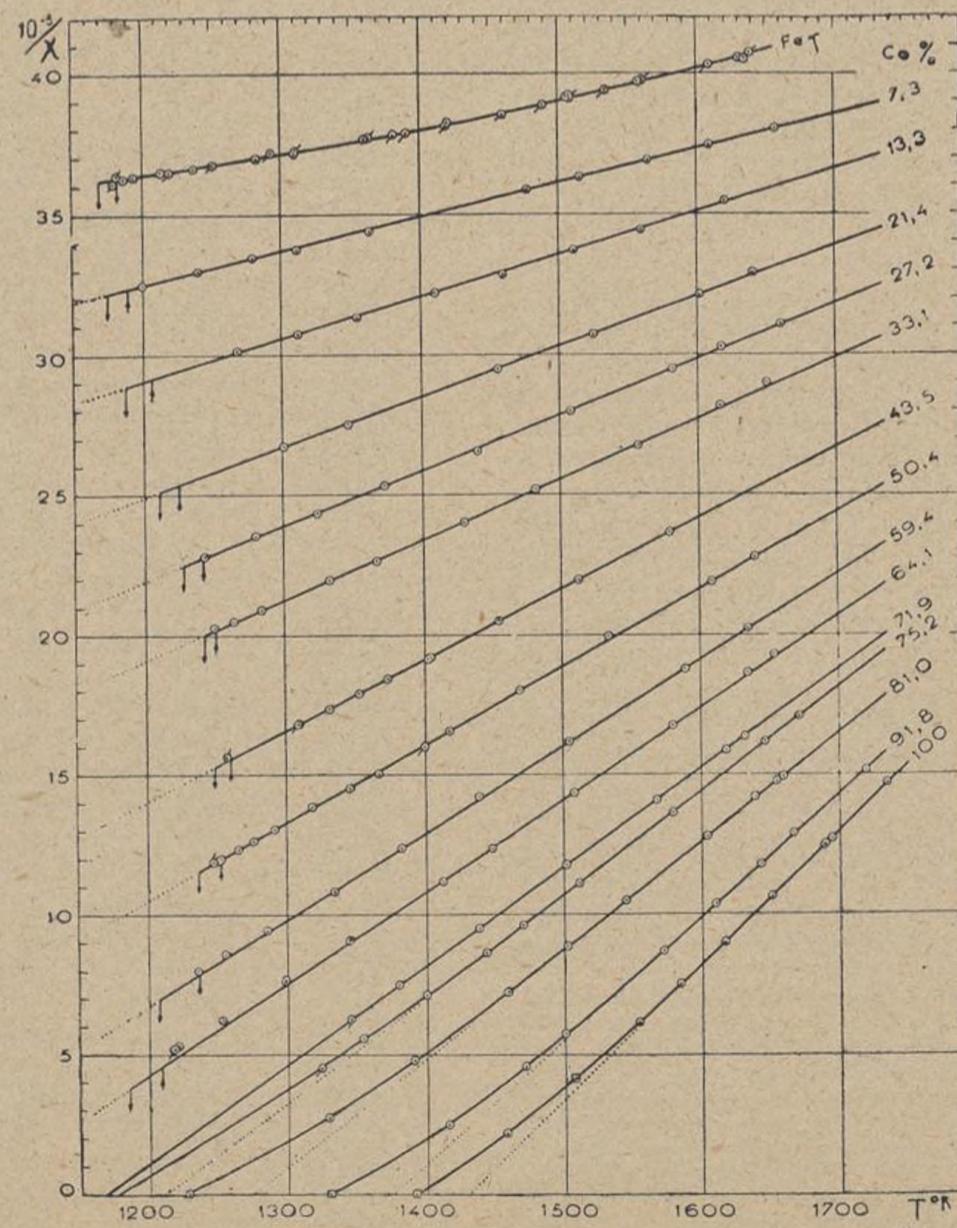
T°C	Fe-Co	59,4 % atom. Co	
T°C	T°K	10 <sup>6</sup> .χ	10 <sup>-3</sup> /χ
962,8	1235,9	125,36	7,98
982,7	1255,8	116,30	8,60
1012,6	1285,7	105,72	9,46
1060,3	1333,4	92,09	10,86
1109,7	1382,8	80,69	12,39
1165,4	1438,5	70,39	14,21
1232,0	1505,1	61,72	16,20
1317,0	1590,1	53,29	18,76
1362,1	1635,2	49,44	20,23

TABLEAU X

T°C	Fe-Co	71,9 % atom. Co	
T°C	T°K	10 <sup>6</sup> .χ	10 <sup>-3</sup> /χ
1106,7	1379,8	133,69	7,48
1164,9	1438,0	105,01	9,52
1229,7	1502,8	84,55	11,82
1295,4	1568,5	71,00	14,08
1345,7	1618,8	63,02	15,87
1359,5	1632,6	61,24	16,33
1072,3	1345,4	159,11	6,28

TABLEAU XI

T°C	Fe-Co	75,2 % atom. Co	
T°C	T°K	10 <sup>6</sup> .χ	10 <sup>-3</sup> /χ
1080,8	1353,9	180,60	5,54
1126,2	1399,3	141,13	7,08
1169,9	1443,0	115,78	8,64
1197,4	1470,5	103,88	9,63
1238,0	1511,1	90,01	11,11
1306,4	1579,5	73,29	13,64
1373,8	1646,9	61,66	16,22
1398,8	1671,9	58,39	17,13
1050,8	1323,9	220,73	4,53

Fig. 1. — Courbes  $1/\chi$  en fonction de  $T$  au-dessus les points de transformation

(Alliages Fe-Co).

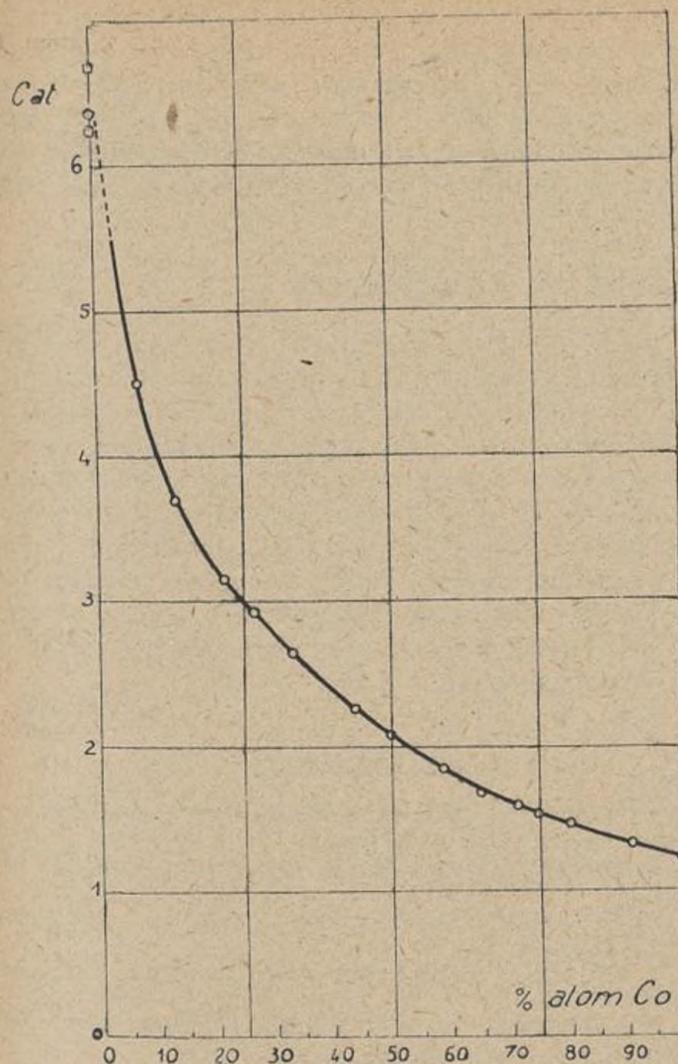


Fig. 2. — Constantes de Curie atomiques en fonction du titre (Alliages Fe-Co).

TABLEAU XII

	Fe-Co	81,0 % atom. Co	$10^6 \cdot \chi$	$10^{-3} / \chi$
T°C	T°K			
1386,3	1659,4	67,07	14,91	
1381,8	1654,9	67,75	14,76	
1365,6	1638,7	70,40	14,20	
1331,0	1604,1	78,15	12,79	
1271,7	1544,8	95,48	10,47	
1229,2	1502,3	112,99	8,85	
1185,4	1458,5	138,97	7,19	
1185,2	1458,3	139,19	7,18	
1117,5	1390,6	210,18	4,76	
1056,1	1329,2	367,94	2,72	

TABLEAU XIII

	Fe-Co	91,8 % atom. Co	$10^6 \cdot \chi$	$10^{-3} / \chi$
T°C	T°K			
1393,4	1666,5	77,72	12,87	
1369,5	1642,6	84,65	11,81	
1337,0	1610,1	96,56	10,36	
1299,3	1572,4	114,67	8,72	
1227,4	1500,5	175,03	5,71	
1198,2	1471,3	219,62	4,55	
1142,3	1415,4	402,55	2,48	
1445,9	1719,0	65,97	15,16	

TABLEAU XIV

Susceptibilité spécifique du cobalt (Sté du Haut-Katanga)

	T°K	$10^6 \cdot \chi$	$10^{-3} / \chi$
1343,1	1616,2	111,23	8,99
1421,0	1694,1	78,64	12,72
1460,7	1733,8	68,19	14,66
1416,1	1689,2	80,08	12,49
1415,9	1689,0	80,21	12,47
1377,4	1650,5	93,91	10,65
1311,5	1584,6	133,04	7,52
1281,0	1554,0	162,77	6,14
1234,4	1507,5	241,64	4,14
1184,3	1457,4	461,57	2,17

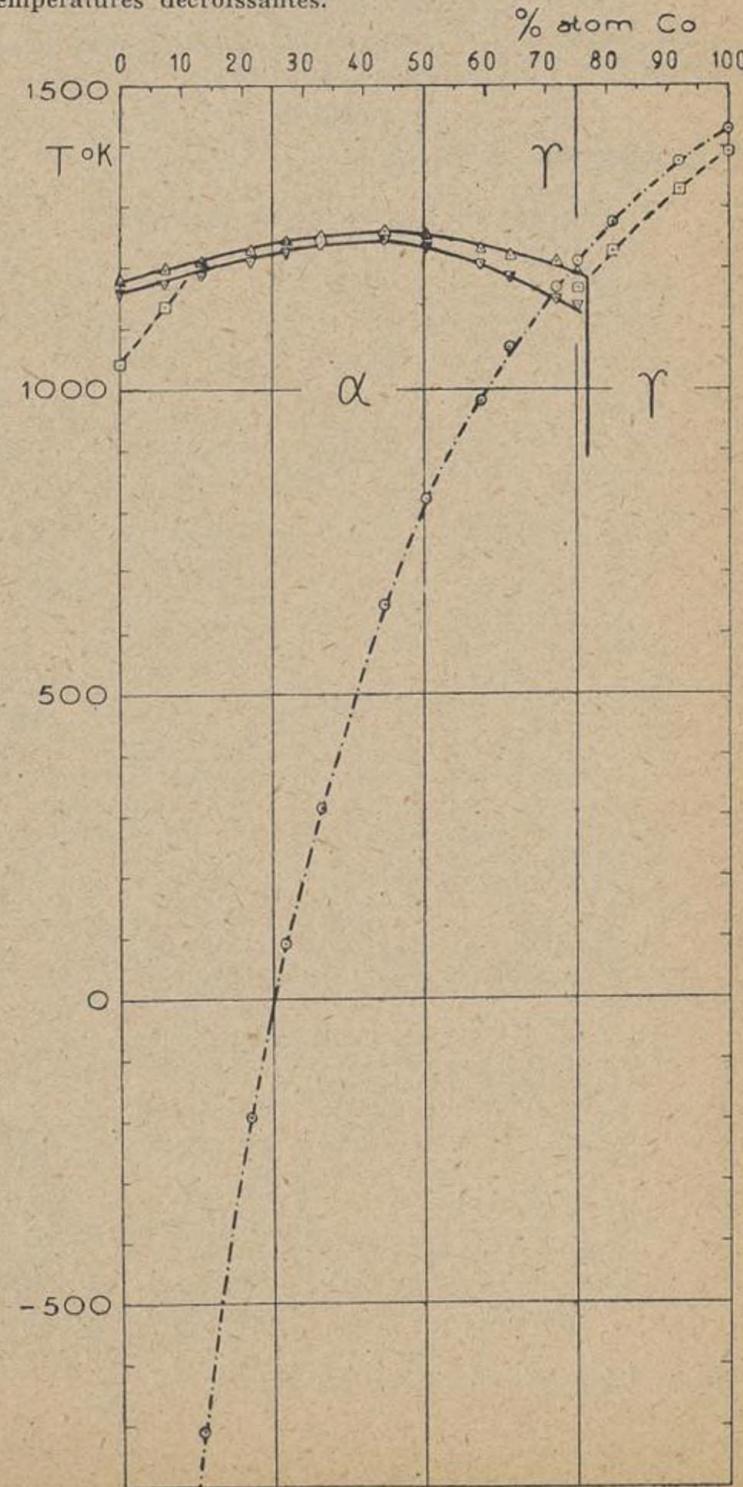
Fig. 3. — Diagramme des Fe-Co : les triangles représentent les points de transformation; les carrés, les points de Curie ferromagnétiques; les cercles, les points du Curie paramagnétiques.

TABLEAU XV

Titre en Co	Fe-Co					Points de transf.
	Cte de spéc. atom.	Cte de Curie atom.	Curie	$t_{\text{poK}}$	$\theta_f$	
7,7	7,3	0,08197	4,595	—	1462	1137 (864) 1198 (925)
13,9	13,3	0,06579	3,701	—	710	— 1175 (902)
22,3	21,4	0,05588	3,158	—	193	— 1207 (933)
28,2	27,2	0,05086	2,866	—	91	— 1188 (915)
34,3	33,1	0,04633	2,635	—	314	— 1226 (953)
44,8	43,5	0,03935	2,251	—	648	— 1212 (939)
51,8	50,4	0,03598	2,066	—	822	— 1243 (970)
60,7	59,4	0,03232	1,865	—	982	— 1228 (955)
65,3	64,1	0,03045	1,761	—	1070	— 1250 (977)
73,0	71,9	0,02831	1,644	—	1168	— 1243 (970)
76,2	75,2	0,02691	1,566	—	1211	— 1261 (988)
81,8	81,0	0,02576	1,504	—	1275	— 1249 (976)
92,2	91,8	0,02276	1,336	—	1375	— 1253 (980)
100,0	100,0	0,02086	1,230	—	1429	— 1237 (964)
				—	1392 (1119)	— 1208 (935)
				—		— 1220 (947)
				—		— 1186 (913)
				—		— 1211 (938)
				—		— 1186 (913)
				—		— 1195 (922)
				—		— 1150 (877)

NOTA. — Les températures sont données en degrés K, les valeurs entre parenthèses sont en degrés centigrades.

Pour chaque alliage, on a indiqué en première ligne la température de transformation à températures croissantes, et en seconde ligne, la température de transformation à températures décroissantes.



Sur cette figure, on observe les particularités décrites ci-dessus. On remarquera la courbe relative au fer déterminée sur un fer de plus grande pureté et dû à l'obligeance de YENSEN; son analyse a donné :

Si inférieur à.....	0,010 %
C — .....	0,005
P — .....	0,003
N — .....	0,004
Fe, par différence, supérieur à....	99,95

Les résultats de l'étude de ce fer ont été donnés ailleurs (6); on constate la courbure de la ligne représentative, si bien que le terme « constante de Curie » perd son sens précis.

Au contraire, pour tous les autres alliages, on peut calculer une constante de Curie spécifique et, à partir de la masse atomique moyenne de l'alliage, une constante de Curie atomique.

Le tableau 15 donne l'ensemble de ces résultats. On a porté sur la figure 2 les constantes de Curie atomiques en fonction du titre atomique des alliages; on voit que la courbe est parfaitement régulière, excluant toute discontinuité dans les solutions solides.

Pour l'élément Co pur, on trouve directement (courbe marquée 100 % sur la figure 1) :

$$\begin{aligned} C &= 0,02086 \pm 0,001 \\ C &= 1,230 \pm 0,006 \\ &= 1392^{\circ}\text{K} \pm 5 \text{ ou } (1119^{\circ}\text{C}) \\ &= 1429^{\circ}\text{K} \pm 5 \end{aligned}$$

Par continuité de la courbe de la figure 2, on trouve

$$C = 0,02085$$

Cette valeur de la constante de Curie conduit à un moment donné par la formule de LANGEVIN,

$$\mu = \sqrt{3} R C_a$$

15,5 magnétions de WEISS

$$\tau_w \frac{\mu}{1125,6} = 15,5 \text{ magnétions ds WEISS}$$

Sur la figure 3, on a porté, en fonction du titre, les points de transformation  $\alpha \rightarrow \gamma$  ainsi que les points de Curie ferro et paramagnétiques. Le diagramme obtenu ainsi est en bon accord avec ceux déduits des autres propriétés physiques de ces alliages. Il ne montre aucune anomalie et ne décèle aucune combinaison intermétallique.

### RÉSUMÉ ET CONCLUSION

On a ici un nouvel exemple (7 et 8) des possibilités de l'analyse magnétique des alliages qui, en combinant les déterminations de points de Curie et de points de transformation, permet de tracer un diagramme correct. D'autre part, les mesures précises de susceptibilité magnétique donnent la variation des constantes de Curie avec le titre atomique, c'est-à-dire avec la concentration électronique, variation qui est régulière mais non linéaire; elles font connaître enfin, avec une précision accrue, la constante de Curie du cobalt pur, ainsi que son point de Curie ferromagnétique.

M. FALLOT.

### BIBLIOGRAPHIE

- (1) M. HANSSEN. — Aufbau der Zweistoff Legierungen. J. Springer, Berlin, 1936, 485-490.
- (2) A. PREUSS. — Thèse Zurich 1912, *Trans. Faraday Soc.* 8, 1912, 57.
- (3) W. GUERTLER et G. TAMMANN. — *Z. anorg. Allg. Chem.* 45, 1905, 203-224.
- (4) O. BLOCH. — Thèse Zurich 1912, *Arch. Sci. Phys. Nat.* 33, 1912, 293-308.
- (5) W. SUCKSMITH et R.R. PEARCE. — *Proc. Roy. Soc. London A.* 167, 1938, 189-204.
- (6) P. WEISS et G. FOEX, *J. Phys.*, I, 1911, 284. — G. FOEX et R. FORRER, *J. Phys.*, VII, 1926, 180.
- (7) M. FALLOT. — *Ann. de Phys.*, X, 1938, 291-332.
- (8) M. FALLOT et R. HOCART. — *Rev. Sci.*, 1939, 498.
- (9) L. WEIL. — Thèse Strasbourg, 1941.



S  
t  
i  
s  
e  
-  
s  
-

C



