

Calorimétrie des substances ferro-magnétiques [suite]

Autor(en): **Weiss, P. / Piccard, A. / Carrard, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences physiques et naturelles**

Band (Jahr): **43 (1917)**

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-743018>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

CALORIMÉTRIE

DES

SUBSTANCES FERRO-MAGNÉTIQUES

PAR

P. WEISS, A. PICCARD et A. CARRARD

(Suite ¹)

II

RÉSULTATS

I. LE NICKEL

Le nickel qui était à notre disposition se présentait sous la forme de sphères composées de couches concentriques provenant de la décomposition du nickel-carbonyle. Il est très pur comme en témoigne l'analyse suivante que nous devons, comme le métal lui-même, à l'obligeance de la « Mond Nickel Company » :

Ni	99,890 %
Cu	0,004 %
Fe	0,053 %
C	0,045 %
S	traces
SiO ₂	0,008 %

Ce nickel a été fondu dans un creuset au moyen du four décrit à la page 41. Mais nous pouvons admettre que sa composition est restée sensiblement la même après la fusion, ceci

¹) Voir *Archives*, t. XLII, p. 378 et t. XLIII, p. 22.

d'autant plus que pour le fer que nous avons traité de la même manière les propriétés magnétiques n'ont pas été influencées par la fusion. Nous avons travaillé la fonte de nickel sur un tour et lui avons donné la forme d'un cylindre de 4 cm. de long et de 3 cm. de diamètre. Un crochet de même métal permettait la suspension dans le four.

Le tableau suivant donne les valeurs de la chaleur spécifique moyenne telle que nous l'avons obtenue pour le nickel.

TABLEAU III. — *Chaleur spécifique moyenne du nickel rapportée à 16 degrés centigrades*

N° d'ordre	Température en degrés centigrades	Chaleur spéc. moyenne	N° d'ordre	Température en degrés centigrades	Chaleur spéc. moyenne
17	206.7	0.11337	10	369.4	0.12342
11	241.2	0.11510	14	376.1	0.12350
16	284.7	0.11746	6	376.1	0.12350
3	320.2	0.11993	8	376.3	0.12349
2	328.8	0.12047	9	382.6	0.12350
1	332.6	0.12085	5	388.2	0.12357
7	356.3	0.12270	15	411.7	0.12369
20	360.9	0.12318	12	443.0	0.12393
19	363.0	0.12340	13	444.2	0.12400
4	365.3	0.12341	18	540.0	0.12475

Ces résultats sont marqués par des croix dans la fig. 22. Nous constatons tout d'abord que l'angle au point θ est parfaitement dessiné, il ne présente pas trace d'arrondi. C'est à notre connaissance la première fois que l'on est arrivé à déterminer par l'expérience cet angle avec une aussi grande exactitude.

B. *Calcul de la chaleur spécifique vraie, la chaleur spécifique moyenne étant connue.*

Le passage des quantités de chaleur observées (ramenées à 16 degrés) aux chaleurs spécifiques vraies consiste à prendre la dérivée d'une fonction. Nous allons décrire deux méthodes que nous appellerons méthode des escaliers et méthode des tangentes.

1. *Les Escaliers.* — Cette méthode, qui est commode lorsque les mesures ne sont pas très précises et qu'il faut en grouper plusieurs dont on prend la moyenne pour déterminer un point, suppose que la courbe primitive est relativement régulière. C'est ainsi qu'ont procédé Weiss et Beck dans le travail cité

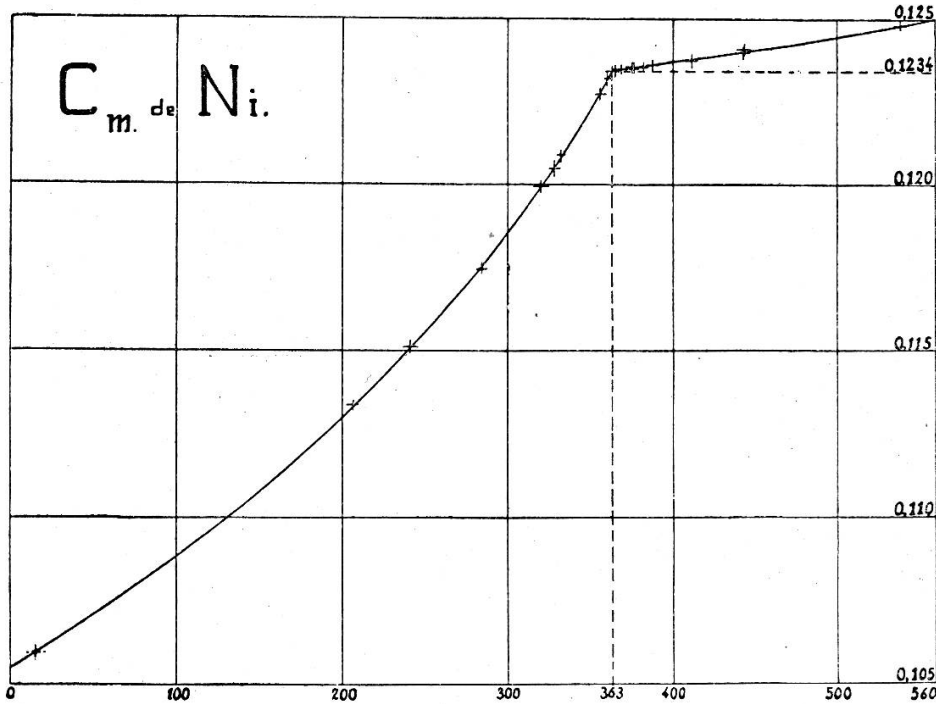


Fig. 22 — Chaleurs spécifiques moyennes du nickel.

Abcisses : Températures en degrés centigrades.
Ordonnées : Chaleurs spécifiques moyennes.

ci-dessus. Représentons dans la figure 23 les chaleurs spécifiques moyennes $\frac{\Delta q}{\Delta t}$ correspondant aux divers intervalles de température Δt par des lignes horizontales, de sorte que l'aire de la ligne brisée représente les quantités de chaleur. Nous pouvons en conservant l'aire de cette ligne brisée tracer une courbe qui représente approximativement la marche des chaleurs spécifiques vraies. La figure 23 est arbitraire et a pour but unique d'exposer la méthode.

2. *Les Tangentes.* — (Méthode employée par A. Dumas).

Soit T la température pour laquelle nous nous proposons de

déterminer la chaleur spécifique vraie. Nous avons par définition :

$$C_v = \frac{dq}{dt}$$

et

$$C_m = \frac{q}{T - 16}$$

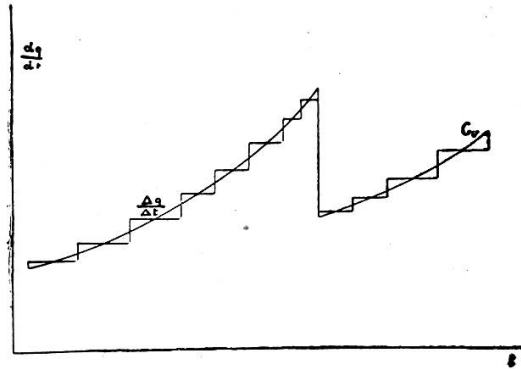


Fig. 23. — Les Escaliers.

en appelant q la quantité de chaleur qu'il faut communiquer à l'unité de masse pour la porter de 16° à T , d'où

$$q = C_m(T - 16) ,$$

et en différenciant :

$$C_v = C_m + (T - 16) \cdot \frac{dC_m}{dt} ,$$

l'expression

$$(T - 16) \cdot \frac{dC_m}{dt} ,$$

se construit très facilement de la manière suivante (fig. 24) :

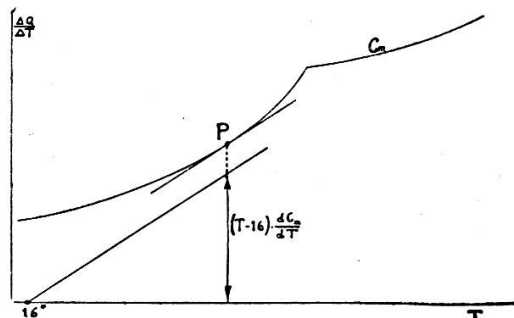


Fig. 24. — Les Tangentes.

Par le point 16° sur l'axe des abscisses menons une parallèle à la tangente à la courbe des C_m au point P correspondant à T. Elle détermine sur la parallèle à l'axe des ordonnées passant par P un segment qui est précisément la grandeur cherchée.

Il suffira de l'ajouter à la chaleur spécifique moyenne à cette température pour trouver la chaleur spécifique vraie.

C'est cette seconde méthode que nous avons employée. Elle présente les avantages suivants : On est conduit à répartir les mesures des C_m dans toute l'étendue de la région à explorer. On est moins exposé à laisser échapper quelque particularité du phénomène que si l'on échelonnait les mesures par groupes de distance en distance. Si la courbe présente un caractère régulier, on peut, au moyen d'une règle élastique, corriger dans une certaine mesure les erreurs accidentelles d'expérience. La courbe est donc plus exacte que les points pris séparément.

L'incertitude dans le tracé des tangentes peut être diminuée en augmentant le nombre de ces dernières. Cette méthode n'est toutefois employable que lorsque les mesures présentent une grande régularité.

TABLEAU IV. — Résultats des mesures sur le nickel
Chaleur spécifique vraie du nickel

Température	Chaleur spéc. vraie	Discontinuité de la chaleur spécifique vraie
100	0.1119	
200	0.1218	
250	0.1283	
300	0.1371	0.0295 valeur maxima compatible avec les mesures.
340	0.1472	
363	0.1541	
363	0.1256	0.0285 valeur probable.
400	0.1263	0.0275 valeur minima compatible avec les mesures.
450	0.1276	
500	0.1288	
550	0.1303	

Nous avons donc pour la discontinuité

$$\Delta C_p = 0,0285 ;$$

la température correspondante est :

$$T = 363 \text{ degrés centigrades.}$$

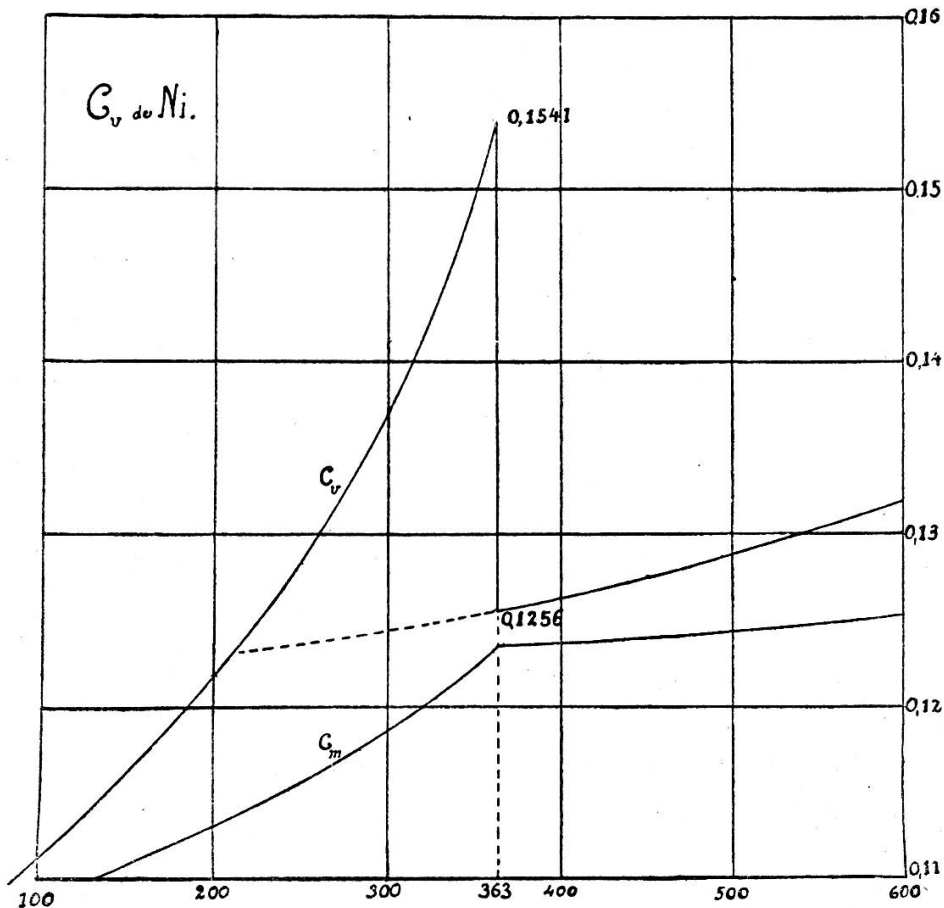


Fig. 25. — Chaleurs spécifiques vraies du nickel.

Abcisse : Températures en degrés centigrades.
Ordonnée : Chaleurs spécifiques vraies

Nous discuterons la signification des résultats simultanément pour tous les corps dans la troisième partie de ce travail.

II. — LA MAGNÉTITE.

Nos recherches se sont étendues à deux sortes de magnétite : une magnétite artificielle, gracieusement mise à notre disposition par la maison Griesheim « Electron » et une magnétite naturelle provenant de Traverselle (Piémont).

A. *Magnétite artificielle.*

Le bloc étudié, d'apparence parfaitement homogène, provenait d'un cylindre de 20 cm. de long et de 4 cm. de diamètre. Nous avons tout d'abord fait des mesures entre 20 et 500 degrés. Pour atteindre une exactitude aussi grande que possible, nous avons dimensionné le corps de façon qu'à une chute de température de 500 degrés corresponde une élévation de température du calorimètre de 3 degrés environ, soit de toute l'échelle du thermomètre. Les valeurs observées variaient tout d'abord d'une façon très irrégulière; la magnétite s'est montrée très sensible à son histoire antérieure. Nous avons cependant obtenu des résultats très réguliers chaque fois que la substance était restée au moins pendant 12 heures dans le four, à température constante.

La magnétite n'était pas protégée contre l'oxydation qui est en effet très faible à ces températures. Par contre, le bloc, compact au commencement, s'est fissuré par suite de ses chutes répétées dans l'eau froide. Il a été nécessaire de recourir à un second échantillon provenant du même cylindre que le premier. Les nouvelles mesures ont donné des valeurs légèrement supérieures aux premières, mais suivant une marche tout à fait parallèle. Les mesures faites à ces basses températures ont décelé un nouveau coude de la courbe des C_m (dépendant de l'histoire antérieure du corps). Mais le but principal de notre travail étant de déterminer la courbe dans le voisinage du point θ nous n'avons pas poursuivi ces recherches aux basses températures. Nous reviendrons encore sur ces premières mesures dans le chapitre consacré à l'influence de l'histoire antérieure. Pour les mesures entre 300 et 700 degrés, nous avons recouru à un troisième bloc, plus petit naturellement. A ces températures nous avons dû remplacer le couple argent-constantan par un couple platine-platine-rhodié ainsi que la chemise métallique d'argent par une chemise de nickel.

Les résultats obtenus sont portés dans les diagrammes des figures 26 et 27 et dans les tableaux V, VI et VII.

TABLEAU V. — *Magnétite artificielle*

N° d'ordre	Température	Chaleur spéc. moy.
9	23.25	0.15063
8	28.92	0.15542
3	73.20	0.15493
2	73.90	0.15550
4	119.82	0.15973
10	150.10	0.16373
5	167.90	0.16432
6	193.92	0.16666
1	220.30	0.16907
7	244.30	0.17077

TABLEAU VI. — *Magnétite artificielle*

N° d'ordre	Température	Chaleur spéc. moyenne	N° d'ordre	Température	Chaleur spéc. moyenne
4	298.73	0.17535	13	568.63	0.20448
9	422.50	0.18670	3	578.42	0.20625
2	476.56	0.19277	12	585.23	0.20730
14	493.79	0.19435	11	593.85	0.20834
6	508.40	0.19609	10	614.37	0.20892
8	527.93	0.19881	1	634.35	0.20940
7	553.56	0.20236	16	654.76	0.20979
5	556.17	0.20269	15	680.71	0.21020

TABLEAU VII. — *Magnétite naturelle*

N° d'ordre	Température	Chaleur spéc. moyenne	N° d'ordre	Température	Chaleur spéc. moyenne
2	381.78	0.18655	3	568.73	0.20811
4	403.40	0.18977	13	569.49	0.20802
6	436.42	0.19189	14	582.26	0.20964
8	471.98	0.19506	7	589.50	0.21051
17	483.58	0.19642	15	590.67	0.21026
10	494.16	0.19764	16	608.15	0.21110
11	507.20	0.19931	1	609.10	0.21115
9	522.27	0.20139	5	655.45	0.21245
12	548.79	0.20506	—	—	—

B. *Magnétite naturelle.*

Nous nous sommes en outre proposé de comparer la magné-
tite artificielle avec la magnétite naturelle. Nous avons à notre
disposition un beau cristal de Traverselle. Sa forme ne se prêtait
pas telle quelle à l'opération calorimétrique. Il fallut donc se
résoudre à enfermer dans une enveloppe d'argent des fragments

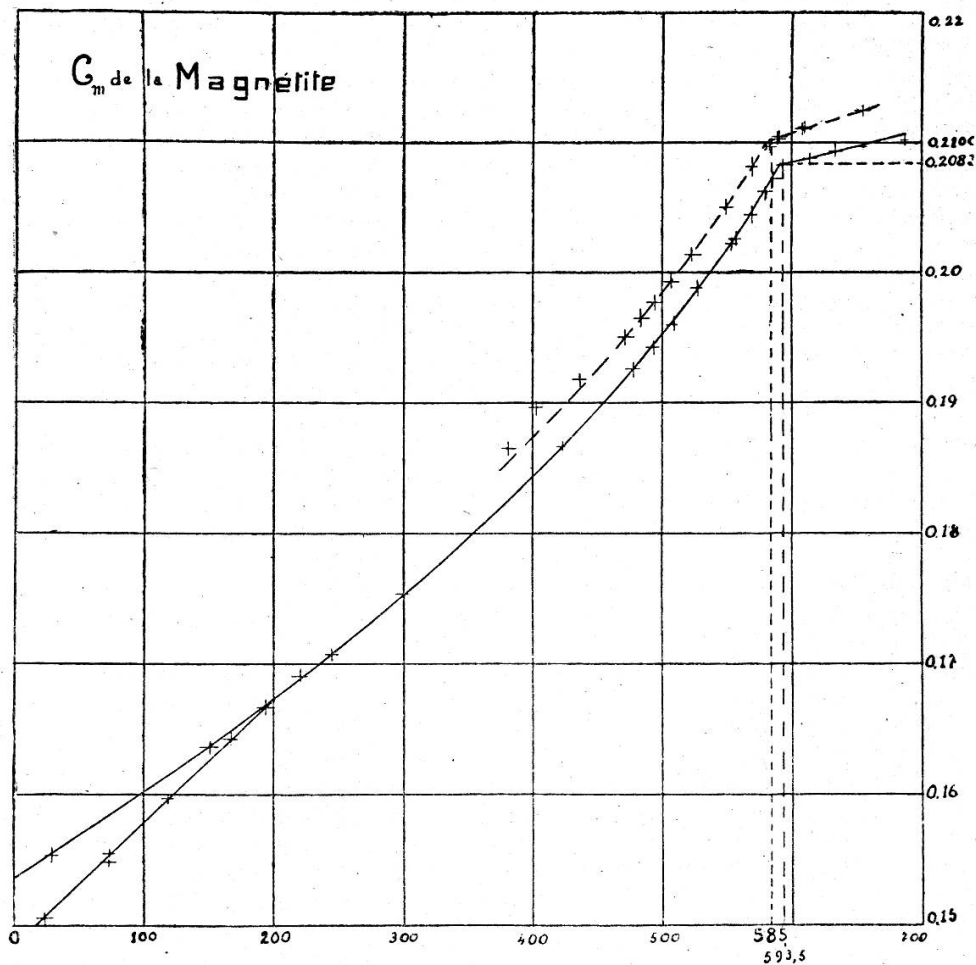


Fig. 26. — Chaleur spécifique moyenne de la magnétite.

Abcisses : Température en degrés centigrades.
Ordonnées : Chaleur spécifique moyenne.

provenant de ce cristal. Cette masse discontinue renfermée dans
une enveloppe hermétique céderait trop lentement la cha-
leur⁽¹⁾; il faut donc permettre à l'eau du calorimètre d'entrer
directement en contact avec la substance. Mais aux tempéra-

¹⁾ Du moins avec un calorimètre non adiabatique.

tures de l'expérience, l'oxydation n'est plus négligeable pour un échantillon non compacte. Comme il ne s'agit en somme que d'une comparaison et non d'une recherche minutieuse nous avons corrigé les résultats altérés par l'oxydation. Pour pouvoir nous rendre compte de son influence nous avons à quatre reprises mesuré le même point et trouvé un décalage qui était proportionnel à la température et au temps de chauffe ; il atteignait au plus 2 % après chaque mesure faite à une haute température. Nous avons admis que ce décalage provenait uniquement de l'oxydation et avons apporté une correction correspondante à nos mesures. Le fait que les valeurs que nous avons trouvées ainsi sont parallèles à celles obtenues pour la magnétite artificielle tendrait à justifier notre façon de procéder.

Le graphique (fig. 26, ligne pointillée) rend compte de ces mesures. Cette courbe est assez exactement parallèle à celle de la magnétite artificielle qui est représentée par la courbe en trait continu. On remarque cependant que le point anguleux de la courbe des C_m au point θ paraît légèrement arrondi. Si c'est le cas, on peut s'expliquer la chose en supposant la matière non-homogène. Comme le point θ est sujet à se déplacer sous l'influence d'impuretés, le résultat de la mesure d'une substance dont les différentes parties seraient de pureté différente donnerait en effet un arrondi. Le tableau VIII et la fig. 27 donnent les chaleurs spécifiques vraies correspondant aux chaleurs spécifiques moyennes.

TABLEAU VIII. — *Chaleur spécifique vraie*

Température	Magnétite artif.	Magnétite natur.
300	0.199	—
400	0.222	—
500	0.255	0.259
550	0.277	0.281
585	0.295	0.299
585	0.295	0.2255
593.5	0.300	0.226
593.5	0.221	0.226
625	0.223	0.229
670	0.226	0.232

ΔC_v magn. nat..	$\left\{ \begin{array}{l} 1) \text{ valeur probable} \dots\dots\dots 0.0735 \\ 2) \text{ » max.} \dots\dots\dots \left. \begin{array}{l} \text{qui semblent compatibles} \\ \text{avec les expériences} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} 0.0745 \\ 0.0725 \end{array} \right\}$	
		$\left\{ \begin{array}{l} 4) \text{ valeur probable} \dots\dots\dots 0.079 \\ 5) \text{ » max.} \dots\dots\dots \left. \begin{array}{l} \text{qui semblent compatibles} \\ \text{avec les expériences} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} 0.083 \\ 0.077 \end{array} \right\}$

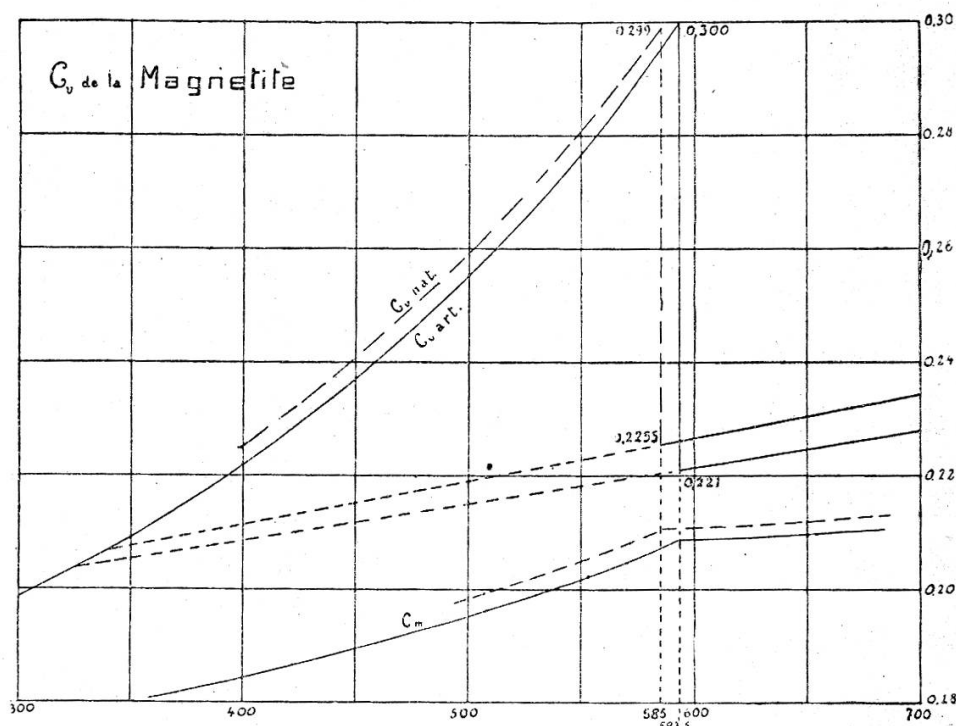


Fig. 27. — Chaleur spécifique vraie de la magnétite.

Abcisses : Températures en degrés centigrades.
 Ordonnées : Chaleurs spécifiques vraies.

III. — L'ARGENT.

Comme nous le verrons plus tard, le fer nous a procuré bien des surprises, il était donc tout naturel de vérifier une fois de plus la régularité du fonctionnement du calorimètre. Dans ce but nous avons fait quelques mesures sur l'argent, corps qui, comme on le sait, a une chaleur spécifique variant peu avec la température. Le résultat de ces mesures est porté dans le diagramme suivant (fig. 28).

Les points trouvés placent sur une droite avec une exactitude dépassant 0,5 pour mille. C'est précisément l'exactitude que nous sommes en droit d'attendre de notre appareil.

La valeur absolue de nos mesures n'a qu'un intérêt relatif. Nous nous sommes servi pour ces mesures d'un bloc d'argent obtenu par la fusion d'un certain nombre de fragments indiqués comme étant purs, mais de la pureté desquels nous n'avions aucune garantie.

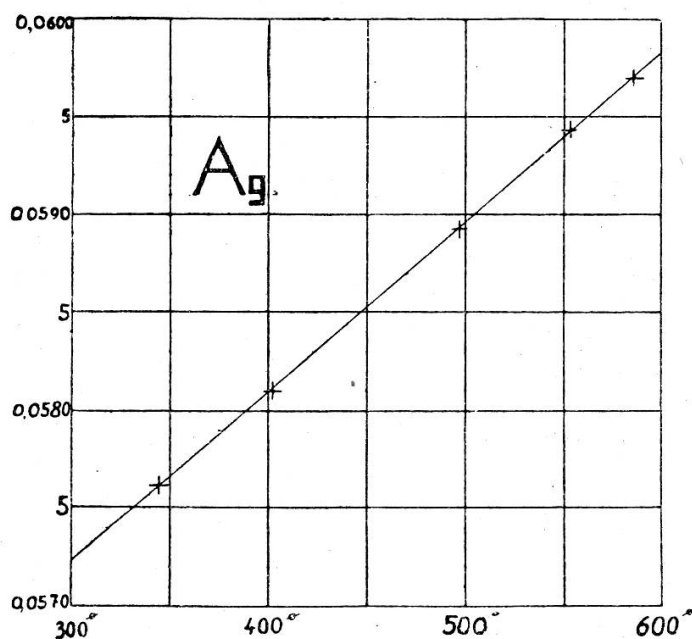


Fig. 28. — Chaleur spécifique moyenne de l'argent.

Abcisses : Températures en degrés centigrades.

Ordonnées : Chaleurs spécifiques moyennes.

Le but de ces quelques mesures était uniquement de prouver que les irrégularités obtenues dans l'étude des corps ferro-magnétiques ne provenaient en aucune façon du calorimètre lui-même, mais consistaient réellement dans les changements inhérents à la matière.

Le fait que les valeurs que nous avons trouvées sont très voisines de celles publiées dans les tables de constantes prouve seulement que le bloc d'argent que nous avons mesuré ne devait contenir que peu d'impuretés. Ces mesures sont réunies dans le tableau IX.

TABLEAU IX. — *Chaleur spécifique moyenne de l'argent*⁽¹⁾

N° d'ordre	Température en degrés centigrades	Chaleur spécifique moyenne
1	344.77	0.057617
5	402.64	0.058100
4	496.64	0.058930
3	553.50	0.059435
2	585.90	0.059670

IV. — LE FER.

A. *Dispositions expérimentales.*

La calorimétrie du fer présente toutes sortes de difficultés : tout d'abord il n'est pas facile d'avoir du fer pur massif de la forme désirée, et ensuite de le préserver de l'oxydation sans trop l'isoler thermiquement.

Nos mesures ont été étendues à trois sortes de fer :

- 1° fer électrolytique, avec enveloppe d'or ;
- 2° » de Suède ;
- 3° » électrolytique fondu.

1° *Fer électrolytique avec enveloppe d'or.*

Nos recherches se sont tout d'abord portées sur le fer électrolytique. C'est le fer le plus pur que nous avons à notre disposition. Nous le devons, ainsi que l'analyse qui suit, à l'obligeance de la « Société Le Fer » de Grenoble.

Carbone	0.004 %
Silicium	0.007 %
Soufre	0.006 %
Phosphore	0.011 %

Cette matière se présentait sous forme de plaques de 5 mm. d'épaisseur. Pour utiliser le calorimètre dans de bonnes conditions de précision nous avons besoin d'un corps cylindrique de

¹⁾ Le degré de pureté du métal sur lequel ont porté les mesures est inconnu.

25 mm. de diamètre et de 25 mm. de hauteur. Nous l'avons obtenu en rivant plusieurs pièces l'une à l'autre ainsi que l'on peut s'en rendre compte d'après la figure 29 :

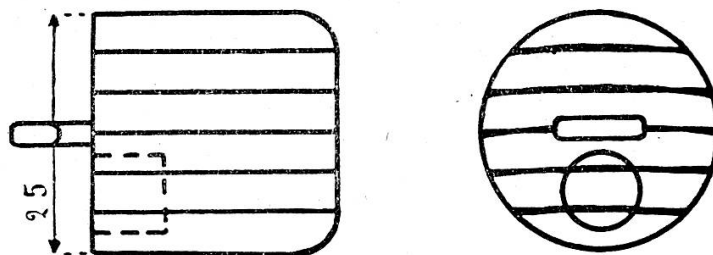


Fig. 29. — Aspect du corps en fer électrolytique obtenu par juxtaposition d'éléments de 5 mm.

Les pièces ont été placées dans le sens de la longueur afin que l'équilibre de température, lorsque le corps est dans le four, se fasse plus facilement dans cette direction. La non uniformité de température du four se fait sentir en effet de haut en bas.

L'enveloppe. — Nous avons tout d'abord fait des essais avec une enveloppe de platine.

La figure ci-dessous montre le mode de construction adopté.

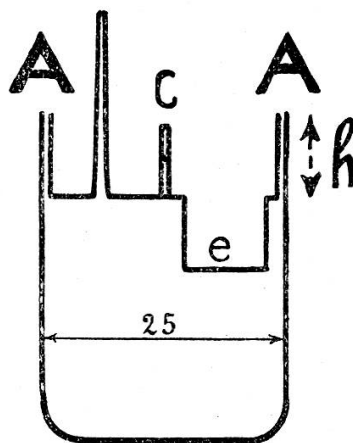


Fig. 30. — Enveloppe de platine.

L'enveloppe est formée d'un creuset et d'un couvercle de forme appropriée. Le couvercle est muni d'un crochet *c* et d'un emboutissage cylindrique *e*. Le bord du creuset et celui du couvercle sont parallèles sur une hauteur notable *h*. Ces bords doivent être soudés par fusion après l'introduction du corps. La

hauteur h a été déterminée par la nécessité de fondre le platine en A sans amener le reste du corps à une température trop élevée, ce qui aurait détérioré la matière isolante (mica ou poudre de magnésie) qui sépare le fer du platine. (Ces deux métaux ont en effet une tendance à s'allier aux hautes températures). Nous avons en outre muni le couvercle d'un tube de platine permettant aux gaz de s'échapper, tube que l'on ferme une fois la soudure faite. Malgré toutes ces précautions, la maison W.-C. Heraus qui s'était chargée de l'opération n'est pas arrivée à rendre le tout étanche.

Nous fûmes forcés de recourir à l'enveloppe en or. Nous avons employé pour cette dernière les mêmes dispositions que pour celle en platine. La température de fusion de l'or étant inférieure à celle du platine, les difficultés ont été moins grandes et nous avons réussi. Mais de fréquentes réparations ont été nécessaires, l'enveloppe se perçant toujours à nouveau. Cet inconvénient nous a fait abandonner finalement le système des enveloppes, pour recourir au corps nu chauffé dans une atmosphère d'azote.

2° Fer de Suède.

La première condition pour pouvoir employer un corps non protégé était de l'avoir sous forme compacte. En effet, même en supposant l'oxydation évitée dans le four elle devait se produire au moment de la chute dans l'eau. Il faut donc pouvoir nettoyer commodément le corps après chaque opération, d'où la nécessité de l'avoir d'un seul bloc. Nous avons abandonné le fer électrolytique pour le fer de Suède. Evaluons la chaleur fournie par l'oxydation superficielle de l'échantillon :

a) *Oxydation dans l'eau.* — 62 gr. de fer ont augmenté de 0,0005 gr. en tombant à 800 degrés dans de l'eau bouillie.

1^{re} hypothèse : L'oxyde est FeO

$Fe + O$ dégagent en se combinant 65000 cal. par mol. gr.
 56 gr. de $Fe + 16$ gr. de O dégagent en se combinant 65000 cal.
 0,0005 gr. de O donneront $65000 \cdot 0,0005/16 = 2,03$ cal.

2^{me} hypothèse : L'oxyde est Fe_3O_4 (magnétite)

$Fe_3 + O_4$ dégagent en se combinant 4 . 68000 cal. par mol. gr.
 0,0005 gr. de O donneront $4 \cdot 68000 \cdot 0,0005/64 = 2,13$ cal.

D'un autre côté la décomposition de l'eau absorbe une certaine quantité de chaleur :

H_2O se décomposant en H_2 et O absorbe 65000 cal. par mol. gr.
2 gr. de H_2 et 16 gr. de O absorbent 65000 cal.

Ces deux phénomènes se compensent donc dans la première hypothèse, si tout l'oxygène absorbé par le fer provient de la décomposition de l'eau.

Pour achever le calcul de la deuxième hypothèse, il est nécessaire de calculer le nombre de calories données par le fer au calorimètre pour pouvoir se rendre compte de l'importance relative de cette oxydation.

Nous aurons pour la chaleur transmise par le corps au calorimètre :

si $62 \cdot 0,15 \cdot 800 = 7450$ cal. grammes,

62 = poids du corps en grammes,

0,15 = chaleur spécifique du fer,

80° = chute de température.

Les calories fournies par l'oxydation dans l'eau pour une augmentation du poids de 0,0005 gr. sont comme nous l'avons vu pour :

FeO 2,03 Fe_3O_4 2,13 cal. grammes.

Cal. absorbées par la décomposition de H^2O : 2,03 cal. gr.

Différence 0,00, respectivement 0,10 cal. gramme.

Or, le nombre total de calories cédées à l'eau du calorimètre par le corps est de :

7450 cal. gramme,

0,10 cal. gr. sont par conséquent

0,15 dix-millième de la valeur à mesurer.

On voit donc que dans ces deux cas, et évidemment aussi pour d'autres oxydations possibles, il ne se produit pas d'erreur sensible.

Le phénomène d'oxydation complet, sans déduction de la chaleur absorbée par la décomposition de l'eau donne :

2,13 cal. gr. soit

3 dix-millièmes de la valeur à mesurer.

Il est donc nécessaire d'opérer avec de l'eau bouillie dans le calorimètre pour éviter l'oxydation par de l'oxygène libre.

b) *Oxydation dans le four.* — Malgré les dispositions prises pour éviter l'oxydation dans le four, nous ne sommes pas arrivés à la supprimer complètement. Il s'agit donc de se rendre compte de l'influence que cette légère oxydation peut avoir sur les mesures.

Après avoir chauffé le fer comme pour une calorimétrie, nous l'avons laissé refroidir dans l'atmosphère d'azote du four. Pour une température maximale de 800 degrés son poids a passé de 70,000 gr. à 70,115 gr.; l'augmentation a été de 0,115 gr. Pour une température maximale de 900 degrés, son poids a augmenté de 0,393 gr.

Admettons que cet oxyde soit de la magnétite: Fe_3O_4 . A 600 degrés, la chaleur spécifique moyenne du fer est 0,16 et celle de la magnétite de 0,21. Si donc l'augmentation du poids est de 0,1 ‰ nous aurons à la place de 0,26 ‰ de fer 0,36 ‰ de magnétite. Le poids du fer équivalent (pour la chaleur spécifique) sera alors de $\frac{0,21}{0,16} \times 0,36$ soit 0,47 ‰. Cela correspond à une augmentation de la chaleur spécifique du corps égale à la différence entre celle de la magnétite et celle du fer oxydé soit à $0,47 - 0,26 = 0,21$ ‰. L'augmentation du poids du corps ne devrait donc pas être supérieure à un demi dix-millième de sa valeur.

Nous voyons donc que l'erreur maximale résultant des augmentations de poids constatées ci-dessus est de 3,2 ‰ pour la chaleur spécifique moyenne à 800 degrés et de 11,2 ‰ à 900 degrés.

Admettons maintenant que cet oxyde ne soit pas de la magnétite, mais un autre oxyde quelconque, par exemple du Fe_2O_3 , comme la couleur l'indique quelquefois. Nous pouvons admettre que sa chaleur spécifique moyenne est environ 0,12.

Une partie de fer donne 1,43 parties de Fe_2O_3 . Mais la chaleur spécifique de Fe_2O_3 est à celle du fer comme 1,2 à 1,6, soit comme 1 à 1,34. Une augmentation du poids du corps de 0,5 ‰, correspondant à environ 1 ‰ de fer oxydé, produira donc une erreur de 1,5 ‰.

3° *Fer électrolytique fondu.*

Les mesures avec le fer de Suède ont présenté certaines irrégularités que nous avons attribuées à l'histoire antérieure du corps. Celui-ci contenait en effet un peu de carbone, il pouvait donc prendre des états différents suivant la façon dont il avait été traité. Cette dernière considération nous a amenés à fondre du fer électrolytique et à continuer nos mesures avec ce nouveau corps. Nous avons en même temps vérifié son aimantation à saturation ce qui permet de se rendre compte de son état de pureté.

Vérification magnétique. — Nous avons employé la méthode qui consiste à mesurer, au moyen d'un galvanomètre balistique, la variation du flux magnétique produite par l'introduction de la substance à mesurer dans une bobine placée entre les pôles d'un électro-aimant. Le tableau suivant donne dans la dernière colonne la valeur des élongations trouvés, rapportés à l'unité de masse. Les mesures ont été faites à saturation. Nous avons comparé : le fer de Kohlsua, le fer électrolytique à l'état primitif et le fer électrolytique fondu. Le premier des trois est le fer étalon employé autrefois par P. Weiss.

Substance	Masse	Elongation	Elong. pour unité d. masse
Fer de Kohlsua	0,293	225,7	770,3
Fer électrol.	0,283	217,6	768,9
Fer électrol. fondu	0,276	212,2	768,8

Nous voyons que s'il y a 1,5 ‰ de différence entre le fer de Kohlsua et les deux autres il n'y en a pas entre le fer électrolytique avant et après la fusion. Nous pouvons en conclure que la fusion n'a pas modifié la nature de ce corps.

(A suivre).