**Zeitschrift:** Archives des sciences physiques et naturelles
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
**Band:** 43 (1917)

**Artikel:** Calorimétrie des substances ferro-magnétiques [suite et fin]
**Autor:** Weiss, P. / Piccard, A. / Carrard, A.
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-743029

**Nutzungsbedingungen**
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 31.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# CALORIMÉTRIE

DES

# SUBSTANCES FERRO-MAGNÉTIQUES

PAR

**P. WEISS, A. PICCARD et A. CARRARD**

*(Suite et fin*[1]*)*

---

## B. *Résultats.*

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

Les résultats sont marqués par des croix dans la fig. 31. Nous avons dû y apporter deux sortes de corrections :

a) *Correction d'oxydation.* — Le corps ne s'étant pas oxydé du tout pendant les mesures faites au-dessous du point $\theta$, ces corrections ne s'appliquent qu'aux mesures faites en dessus de ce point. A partir de ce moment, l'enveloppe d'or s'est montrée légèrement poreuse, le poids du corps augmentait de 0,2 à 0,5 $^0/_{00}$ après chaque opération. Nous avons constaté par l'expérience que l'oxyde qui se forme dans le four est en général rouge et non magnétique, ce n'est qu'à de rares occasions et sans que nous ayons pu en déterminer la raison qu'il se forme de la magnétite.

Basé sur les considérations de la page 127 nous nous sommes proposé d'apporter une correction comme si l'augmentation de poids, totale, était de l'oxyde non magnétique. La grandeur de

[1]) Voir *Archives,* t. XLII, p. 378 et t. XLIII, p. 22 et 113.

ces corrections est déterminée par les calculs de la page 125 qui, eux-mêmes, sont basés sur des expériences. Si, contrairement à ce qui a été supposé, il s'était formé de l'oxyde magnétique il faudrait faire la correction correspondante, d'ailleurs peu différente.

b) *Correction arbitraire.* — Nous remarquons qu'au-dessous du point θ les mesures se placent sur deux courbes parallèles. Celle qui se trouve au-dessus de l'autre correspond exactement à la courbe obtenue avec les mesures faites sur le fer fondu. Comme nous ignorons pour quelles causes le fer électrolytique à l'état naturel peut prendre alternativement deux états différents au-dessous du point θ, nous avons ramené les points de la courbe inférieure sur la courbe supérieure en augmentant toutes leurs ordonnées de la même valeur. Ces points ainsi transférés sont marqués par un cercle. Puisque ce décalage a été arbitraire ces points n'apprennent rien sur la position de la courbe ; ils aident cependant à en fixer la forme.

La figure 31 et le tableau X représentent la courbe et les points ainsi obtenus pour le fer électrolytique à l'état primitif.

### 2. *Fer de Suède.*

Ces mesures ont une moins grande précision que les précédentes. Il ne nous a pas été possible de contrôler la valeur de l'oxydation pour chaque mesure. La correction d'oxydation est de l'ordre du millième ; nous pouvons encore garantir 0,5 %, mais pas davantage. Ceci pour les températures au-dessous de 850 degrés ; au-dessus de cette température l'erreur possible augmente pour atteindre 1 % à 950 degrés. Pour les points pris à ces températures nous avons marqué la zone d'erreur possible par des flèches. La figure 32 et le tableau XI montrent le caractère de la courbe.

### 3. *Fer fondu.*

Le fer fondu, comme le fer électrolytique, donne des valeurs irrégulières au-dessous du point θ. Sur cinq mesures, trois coïncident exactement avec la courbe supérieure du fer électrolytique, les deux autres sont au-dessous. Comme il ne nous

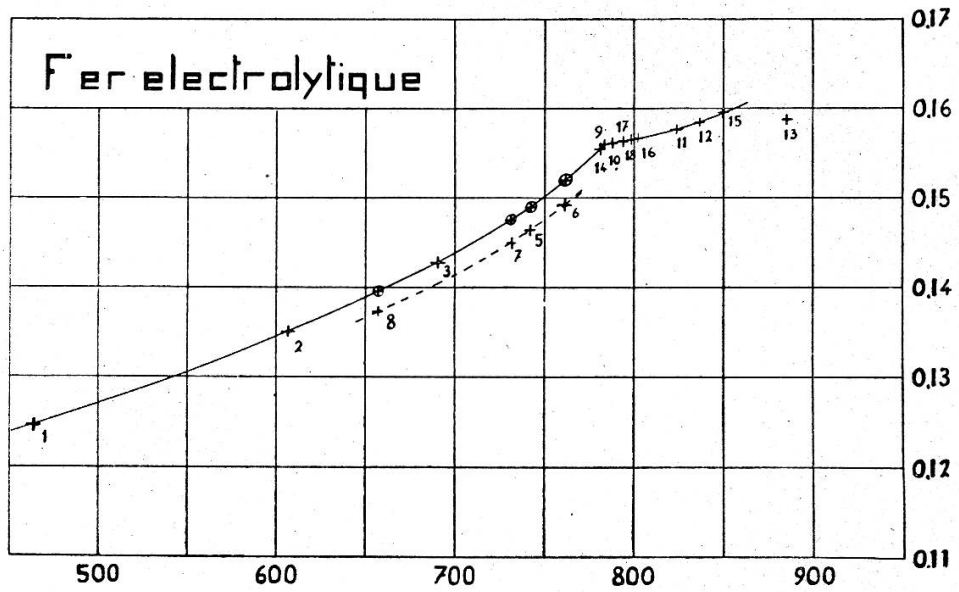


Fig. 31. — Chaleur spécifique moyenne du fer électrolytique.

**Abcisses : Température en degrés centigrades.**
**Ordonnées : Chaleurs spécifiques moyennes.**
**Les points entourés d'un cercle indiquent les positions que prennent les mesures 5, 6, 7 et 8 après un déplacement arbitraire mais égal pour tous.**

TABLEAU X. — *Fer électrolytique.*

| Nos d'ordre | Température | Chaleur spécifique moyenne mesurée | Chaleur spécifique moyenne corrigée | Correction arbitraire |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 463,5 | 0,12470 | ..... | ..... |
| 2 | 606,3 | 0,13493 | ..... | ..... |
| 8 | 656,0 | 0,13730 | 0,13970 | 0,00240 |
| 3 | 690,1 | 0,14279 | ..... | ..... |
| 7 | 731,8 | 0,14510 | 0,14750 | 0,00240 |
| 5 | 741,9 | 0,14645 | 0,14885 | 0,00240 |
| 6 | 761,2 | 0,14922 | 0,15162 | 0,00240 |
| 14 | 780,8 | 0,15545 | ..... | ..... |
| 9 | 783,1 | 0,15600 | ..... | ..... |
| 10 | 787,6 | 0,15609 | ..... | ..... |
| 17 | 793,5 | 0,15634 | ..... | ..... |
| 18 | 798,1 | 0,15647 | ..... | ..... |
| 16 | 801,9 | 0,15620 | ..... | ..... |
| 11 | 823,6 | 0,15764 | ..... | ..... |
| 12 | 836,7 | 0,15850 | ..... | ..... |
| 15 | 849,8 | 0,15960 | ..... | ..... |
| 13 | 885,3 | 0,15880 | ..... | ..... |

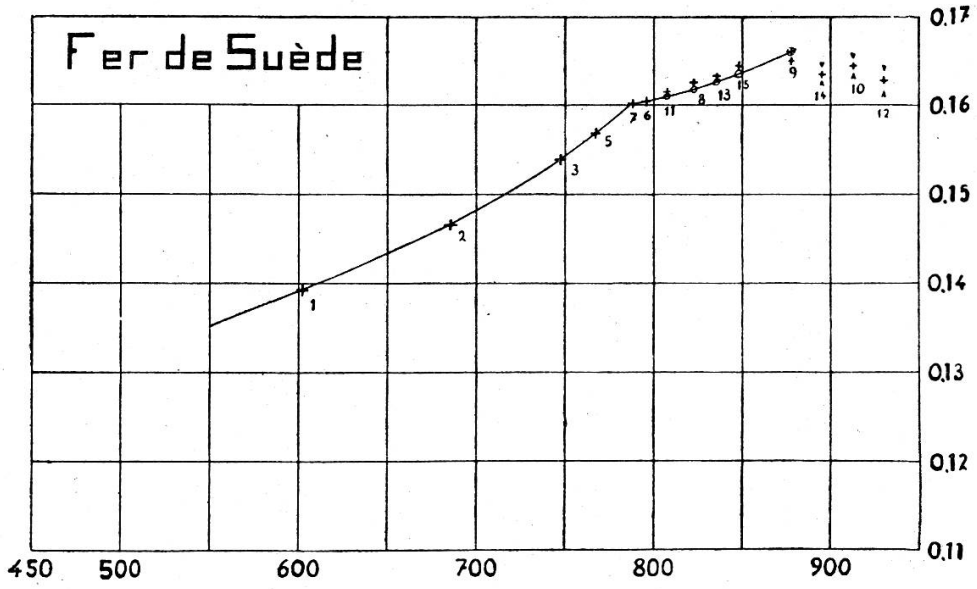


Fig. 32 — Chaleur spécifique moyenne du fer de Suède.

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

Les croix indiquent les points mesurés.
Les cercles » ces mêmes points après avoir apporté les corrections d'oxydation.
Les flèches » le degré d'incertitude des mesures.

TABLEAU XI. — *Fer de Suède.*

| N° d'ordre | Température | Chal. spécifique mesurée | Erreur possible | Valeur chal. spéc. moy. maximum | Valeur chal. spéc. moy. minimum |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 602,0 | 0,13921 | ..... | ..... | ..... |
| 2 | 685,4 | 0,14661 | ..... | ..... | ..... |
| 3 | 747,9 | 0,15398 | ..... | ..... | ..... |
| 5 | 767,0 | 0,15680 | ..... | ..... | ..... |
| 7 | 787,9 | 0,16020 | ..... | ..... | ..... |
| 6 | 795,3 | 0,16040 | 0,0002 | 0,160420 | 0,160380 |
| 11 | 807,1 | 0,16160 | 0,00025 | 0,161625 | 0,161575 |
| 8 | 821,9 | 0,16262 | 0,00032 | 0,162652 | 0,162588 |
| 13 | 835,4 | 0,16330 | 0,00038 | 0,163338 | 0,163262 |
| 15 | 847,8 | 0,16448 | 0,00044 | 0,164524 | 0,164436 |
| 9 | 877,7 | 0,16500 | 0,00060 | 0,165060 | 0,164940 |
| 14 | 895,0 | 0,16350 | 0,00080 | 0,163580 | 0,163420 |
| 10 | 912,5 | 0,16450 | 0,00100 | 0,165500 | 0,163500 |
| 12 | 930,0 | 0,16270 | 0,00130 | 0,164000 | 0,161400 |

était pas possible à cause de l'oxydation de garder le corps à la température supérieure un temps suffisant pour qu'il prenne toujours le même état d'équilibre, nous nous sommes contentés de faire quelques mesures au-dessus du point θ où ces irrégularités ne se produisent pas. La figure 33 et le tableau XII montrent le résultat des mesures.

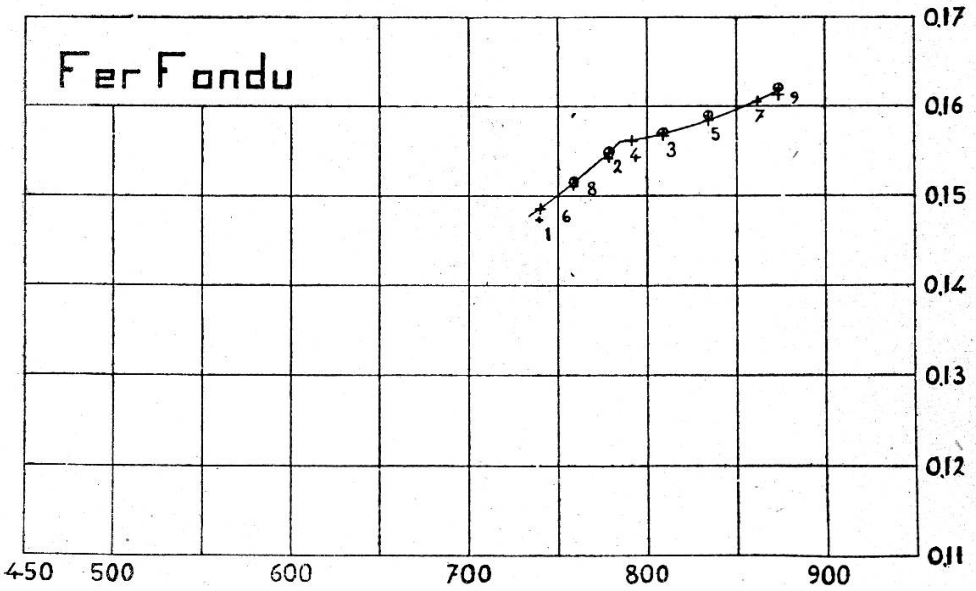


Fig. 33. — Chaleur spécifique moyenne du fer fondu.

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

Les croix indiquent les valeurs mesurées, les cercles ces mêmes valeurs après avoir apporté les corrections d'oxydation.

TABLEAU XII

| N° d'ordre | Température | Chal. spéc. moy. mesurée | Erreur possible | Valeur chal. spéc. moy. maximum | Valeur chal. spéc. moy. minimum |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 739,2 | 0,14740 | ..... | ..... | |
| 6 | 740,0 | 0,14852 | ..... | ..... | |
| 8 | 758,3 | 0,15121 | 0,00001 | 0,15122 | 0,15120 |
| 2 | 778,3 | 0,15430 | 0,00002 | 0,15432 | 0,15428 |
| 4 | 790,8 | 0,15610 | 0,00003 | 0,15613 | 0,15607 |
| 3 | 808,8 | 0,15680 | 0,00004 | 0,15684 | 0,15676 |
| 5 | 834,5 | 0,15840 | 0,00006 | 0,15846 | 0,15834 |
| 7 | 861,5 | 0,16055 | 0,00008 | 0,16063 | 0,16047 |
| 9 | 874,2 | 0,16130 | 0,000095 | 0,161395 | 0,161205 |

### *Juxtaposition des résultats.*

Reportons toutes ces mesures sur le même graphique. Les mesures faites sur le fer électrolytique et sur le fer fondu se recouvrent exactement ; cette constatation augmente encore la confiance qu'inspire la courbe pour le fer pur. Le fer de Suède indique par contre une valeur supérieure et une inclinaison moins rapide avant le point $\theta$ par contre un parallélisme rigoureux après ce point. Cette juxtaposition nous a servi de base pour fixer la courbe définitive pour le fer pur. Les deux points au delà de 900 degrés commencent à être influencés, semble-t-il, par la transformation $\beta\gamma$.

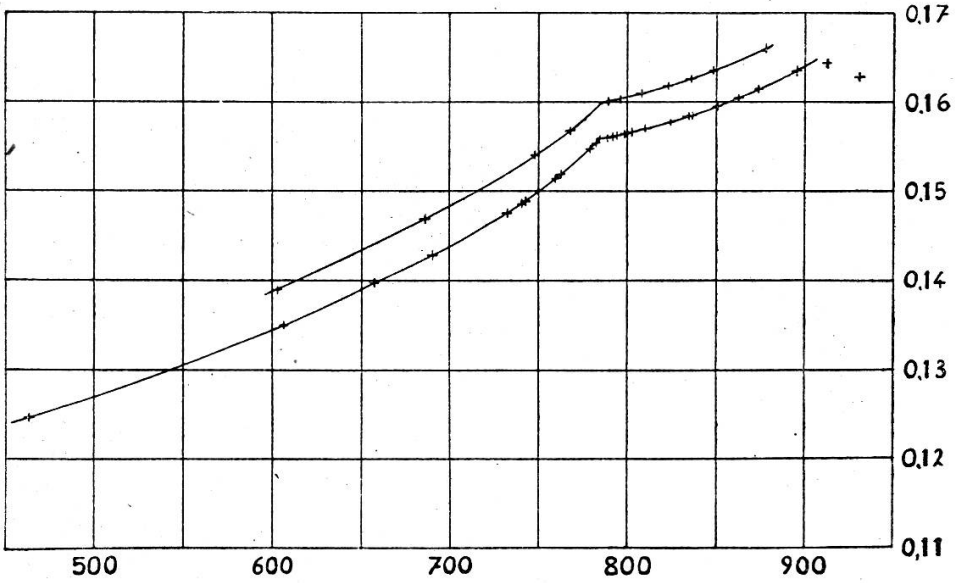


Fig. 34. — Juxtaposition de toutes les mesures faites sur les différents fers.

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

### *Chaleur spécifique vraie.*

Nous avons déterminé les chaleurs spécifiques vraies correspondant aux deux courbes précédentes par la méthode des tangentes. La figure 35 et le tableau XIII rendent compte des valeurs obtenues.

TABLEAU XIII. — *Chaleurs spécifiques vraies du fer.*

| Temp. en degrés centig. | Fer électrol. chaleurs spéc. vraies | Fer de Suède chaleurs spéc. vraies | Fer électrol. Discontinuité de la chal. spéc. vraie | Fer de Suède. Discontinuité de la chal. spéc. vraie |
|---|---|---|---|---|
| 500 | 0,154 | ..... | | |
| 550 | 0,166 | ..... | | |
| 600 | 0,180 | 0,192 | | |
| 650 | 0,198 | 0,205 | | |
| 700 | 0,219 | 0,224 | | |
| 725 | 0,234 | 0,240 | | |
| 750 | 0,256 | 0,260 | | |
| 775 | 0,290 | 0,294 | 0,126[1] | 0,130[1]) |
| 784 | 0,305 | 0,309 | 0,120[2] | 0,124[2]) |
| 784 | 0,185 | 0,185 | 0,114[1] | 0,114[3]) |
| 800 | 0,191 | 0,193 | | |
| 825 | 0,204 | 0,206 | | |
| 850 | 0,219 | 0,225 | | |
| 875 | 0,240 | 0,248 | | |

[1]) valeur max. possible. — [2]) id., probable. — [3]) id., min. possible.

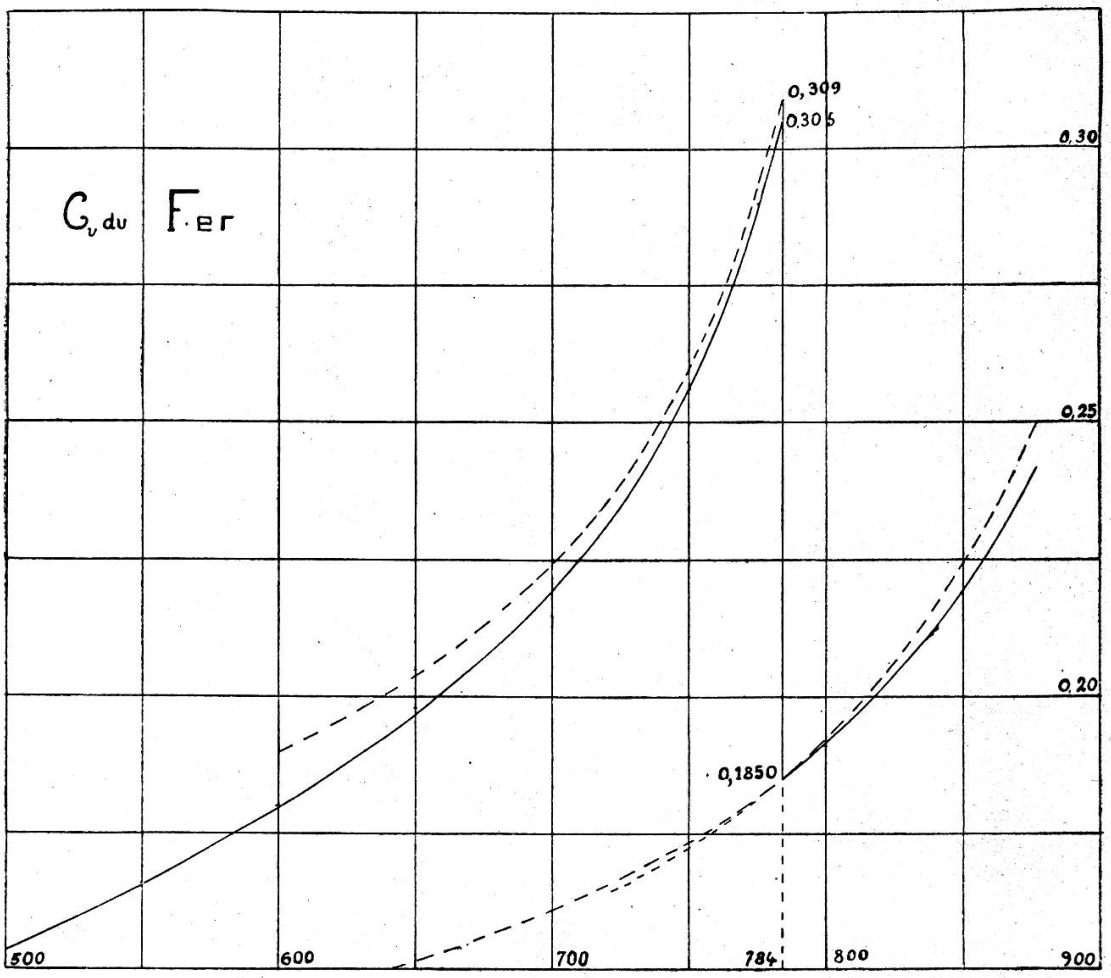


Fig. 35. — Chaleur spécifique vraie du fer.

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

## Vérifications finales

Nous avons vérifié à nouveau les étalonnements divers faits au commencement de ce travail pour nous assurer que tout était encore dans le même état qu'à l'origine.

### A. *Comparaison du couple thermo-électrique avec un couple étalon.*

Au commencement de ce travail nous avons étalonné le couple platine-platine rhodié avec un couple de même espèce vérifié par la Reichanstalt. L'un des couples était passé dans l'autre de telle façon que les deux soudures soient au contact. Elles étaient placées à l'intérieur d'un four horizontal d'Heraeus, les couples étant suspendus de telle sorte qu'ils ne touchaient le four en aucun endroit. Comme les fils étaient de diamètres différents, nous avons déplacé le four dans le sens de son axe jusqu'à ce que nous nous soyons assurés que les couples se trouvaient dans la région où un léger déplacement axial n'influence plus la température. Nous avons obtenu pour notre couple une force électro motrice régulièrement plns élevée que celle du couple étalon (à 900 degrés de 2 $^0/_{00}$).

Nous avons répété cet étalonnement une fois nos mesures terminées et avons retrouvé le couple exactement dans le même état. La méthode que nous avons employée pour cette dernière mesure était légèrement différente ; nous avons utilisé le porte-couple (comme pour les mesures proprement dites), en l'introduisant dans un bloc d'argent placé au milieu du four horizontal d'Heraeus ; le couple étalon était placé symétriquement dans le même bloc. Ce dispositif avait deux avantages : 1° de ne pas obliger à démontrer le couple ; 2° de le placer exactement dans les conditions même de l'expérience.

### B. *Point de fusion de l'or.*

L'étalonnement par comparaison a l'inconvénient de ne point faire ressortir les erreurs du potentiomètre employé. Nous avons vérifié un point de notre courbe d'étalonnement en

mesurant la température de fusion de l'or. Nous nous sommes servi de la méthode ordinaire qui consiste à relier la platine et le platine-rhodié par un court fil d'or, à chauffer le tout dans un four jusqu'à ce que l'or fonde et que par ce fait même le circuit du couple soit coupé. Afin de nous rendre plus facilement compte de l'instant où le circuit est coupé, nous avons chauffé le four avec un courant alternatif. L'induction de ce dernier fait légèrement vibrer la corde du galvanomètre; au moment où le circuit est coupé la vibration cesse. La tension que le potentiomètre indique à cet instant est celle qui correspond à la température de fusion de l'or. Notre courbe d'étalonnement donne pour cette différence de potentiel 1065 degrés, soit la température voulue à 0,6 degrés près [1].

### C. *Point θ magnétique.*

Nos mesures sur le fer montrent que la température de transformation que nous avons trouvée est 784 centigrades, c'est-à-dire de 10 à 20 degrés supérieure aux valeurs obtenues jusqu'à présent. Nous avons donc été amenés à contrôler le point θ par des mesures magnétiques faites sur le corps même que nous avons calorimétré (fer fondu).

Nous avons découpé un anneau dans notre échantillon de fer fondu et mesuré l'induction au moyen de deux enroulements. Le circuit primaire était relié au moyen d'un inverseur de courant à un accumulateur; le secondaire était réuni à un galvanomètre ballistique.

Nous indiquons dans le tableau suivant les élongations du galvanomètre en fonction de la température :

| Elongat. du balistique | Température | Elongat. du balistique | Température |
|---|---|---|---|
| 5,0 | 650 | 0,1 | 798 |
| 4,9 | 685 | 0,1 | 777 |
| 4,3 | 755 | 0,15 | 776 |
| 3,0 | 770 | 0,15 | 774 |
| 0,4 | 776 | 0,2 | 773 |
| 0,1 | 784 | — | — |

[1]) Recueil de constantes de la Société française de Physique.

Le point θ ainsi trouvé est donc 777 degrés, les mesures ayant été faites rapidement, nous n'avons pas pu prendre toutes les précautions nécessaires pour assurer un bon contact entre le fer et le couple; en outre la longueur du fil de ce dernier maintenue à la température du corps était de 3 mm. seulement.

A partir de ce point la température baissait très rapidement. La valeur trouvée est donc probablement trop faible.

Il reste donc à évaluer l'erreur.

Nous avons fait une seconde expérience dans des circonstances identiques, mais où la partie du couple, à la sortie du fer, se trouvait à une température plus élevée que ce dernier. Le point ainsi trouvé était de 790 degrés. La vraie valeur doit donc se placer entre ces deux résultats :

$$\frac{777 + 790}{2} = 784 \text{ environ.}$$

Cette évaluation, quelque grossière qu'elle soit, rend probable l'identité des points θ calorimétrique et magnétique.

### D. *Pertes de chaleur pendant la chute.*
(*Complément à la page 42*).

Après avoir chauffé le corps (fer) à 1000 degrés, nous l'avons laissé refroidir à l'air libre et relevé la courbe de la température en fonction du temps. Nous avons trouvé au moyen de cette courbe qu'à la température de 800 degrés le corps se refroidit d'environ 3 degrés par minute, ce qui nous fait un refroidissement de 0,05 degré par seconde.

Dans une seconde expérience, nous avons placé le corps dans un courant d'air artificiel créé par un ventilateur. La vitesse du vent était de 2 à 3 mètres par seconde. La courbe ainsi obtenue nous a donné pour la température de 800 degrés un refroidissement d'environ 6 degrés par minute, soit : 0,1 degré par seconde.

Le temps de chute hors du four (page 43) est de 0,2 secondes environ, ce qui fait un refroidissement de 0,02 degré :

0,02 degré sur 800 degrés est plus petit que 0,1 $^0/_{00}$.

Ces expériences montrent que cette correction est trop petite pour qu'il faille en tenir compte. Nous avons trouvé, page 43,

au moyen d'une formule empirique, une valeur qui était très près d'influencer le dix-millième ; c'est pourquoi nous avons estimé qu'un contrôle expérimental n'était pas superflu.

## III

## CONCLUSIONS.

### I. — DE LA DISCONTINUITÉ.

*Nickel.* — Nous avons trouvé pour la discontinuité $\Delta C$ de la chaleur spécifique vraie et pour la température $\theta$ à laquelle elle se produit :

$$\Delta C = 0{,}0285 \quad \Theta = 363^\circ + 273^\circ$$

Les mesures antérieures, obtenues avec une technique moins précise, ont donné :

$$\Delta C = 0{,}027 \quad \Theta = 376^\circ + 273^\circ \quad \text{Weiss et Beck}$$
$$\Delta C = 0{,}0282 \quad \Theta = 375 + 273^\circ \quad \text{A. Dumas.}$$

La valeur calculée par Weiss et Beck à partir des données magnétiques provisoires et le point de Curie correspondant sont :

$$\Delta C = 0{,}025 \text{ (1)} \quad \Theta = 376^\circ + 273$$

D'autres mesures magnétiques plus précises de Weiss et Piccard ont donné

$$\Theta = 365 + 273 \ .$$

Toutes ces mesures s'accordent d'une manière satisfaisante.

Quant à la formule de Lorentz, elle donne le résultat expérimental à condition d'admettre que la molécule est $Ni_3$. On trouve alors en effet :

$$\Delta C = 0{,}0282$$

[1]) Le procédé employé par Weiss et Beck pour passer des quantités de chaleur à la chaleur spécifique vraie est entaché d'une légère erreur qui a été rectifiée déjà à l'occasion du travail de A. Dumas. $\frac{\partial C\nu}{\partial t}$ n'est pas nul au point de Curie mais à une valeur finie positive. Il en résulte que toutes les valeurs de Weiss et Beck, déduites graphiquement des observations magnétiques ou calorimétriques sont un peu trop faibles.

Cela est d'autant plus curieux que rien dans les mesures magnétiques ne suggère une semblable polymérisation.

*Magnétite.* — Les deux magnétites étudiées ont donné :

$\Delta C = 0{,}0790 \quad \Theta = 593{,}5 + 273$ magn. artificielle
$\Delta C = 0{,}0735 \quad \Theta = 585 + 273$ » naturelle.

Les valeurs données par Weiss et Beck sont :

$\Delta C = 0{,}050 \quad \Theta = 580 + 273$ calorimétriquement
$\Delta C = 0{,}048 \quad \Theta = 588 + 273$ magnétiquement.

Pour la raison indiquée en note, les déterminations de Weiss et Beck sont trop faibles. En égard à cette cause d'erreur et à la moindre précision de leurs mesures qui constituaient une première exploration de la question l'accord avec les nôtres peut être considéré comme suffisant. La différence entre nos deux déterminations pour la magnétite naturelle et artificielle n'est pas attribuable à des erreurs de mesure. Elle provient de la difficulté d'obtenir une substance pure, de propriétés bien définies. La magnétite artificielle contient plusieurs pour cent d'impuretés. Les magnétites naturelles de Traverselle sont souvent très pures.

Si l'on admet, comme l'exige la théorie du champ moléculaire appliquée à la magnétite au-dessus du point de Curie, que la molécule magnétique est :

$$\frac{1}{3}\,(Fe_3O_4)$$

c'est-à-dire que chaque atome de fer est porteur d'un aimant d'orientation indépendante, on trouve :

$$\Delta C = \frac{4{,}97}{77{,}2} = 0{,}0644$$

Cette valeur est nettement plus faible que la plus faible des deux valeurs trouvées par nos expériences calorimétriques : 0,0735 correspondant à la magnétite naturelle. Cependant, en tenant compte de la difficulté qu'on rencontre à se procurer une magnétite à propriétés thermiques définies on ne saurait conclure à une contradiction entre la théorie et l'expérience.

*Fer.* — Nos mesures ont donné :

$\Delta C = 0{,}120 \quad \Theta = 784° + 273°$ fer pur
$\Delta C = 0{,}124 \quad \Theta = 784 + 273$ fer de Suède.

Weiss et Beck avaient trouvé :

$$\Delta C = 0{,}112 \quad \Theta = 760° + 273 \text{ calorimétriquement}$$
$$\Delta C = 0{,}136 \quad \Theta = 753° + 273 \text{ magnétiquement (mesure de Curie)}$$

Les valeurs de $\Delta C$ s'accordent bien entre elles. Par contre, les températures $\theta$ que nous avons trouvées sont plus élevées que celles des autres auteurs que nous venons de citer. Nos mesures de la page 208 ont rendu probable l'identité des points $\theta$ calométrique et magnétique.

Si l'on admet que la molécule de fer est l'atome lui-même, la formule de Lorentz donne :

$$\Delta C = 0{,}0890$$

Par contre, pour obtenir l'identité des valeurs observées et calculées, il faudrait faire l'hypothèse peu vraisemblable que la molécule magnétique du fer est :

$$\frac{5}{7} \cdot 55{,}84 = 39{,}9. \text{ Ce qui donnerait } \Delta C = \frac{4{,}97}{39{,}9} = 0{,}124$$

La formule de Lorentz met bien en évidence la différence systématique entre les propriétés réelles des métaux et celles qui s'expriment par l'hypothèse du champ moléculaire. Ces différences sont encore inexpliquées.

## II. — De la courbe débarrassée du terme magnétique.

Dans ce qui précède, nous ne nous sommes occupés que de la valeur du terme magnétique à la température du Point de Curie. Mais on peut évidemment calculer ce terme à partir des données magnétiques dans tout l'intervalle de température du zéro absolu au Point de Curie. Si ce terme est la seule altération apportée par le magnétisme à la chaleur spécifique on doit, en le retranchant, obtenir la chaleur spécifique qu'aurait le corps si on le privait de son magnétisme en lui conservant ses autres propriétés. La courbe qui la représente doit être continue et les parties au-dessous et au-dessus du Point de Curie doivent se raccorder sans point anguleux.

On doit donc pouvoir prolonger vers des basses températures la courbe observée au-dessus du Point de Curie, de telle façon qu'elle se rapproche progressivement de la courbe expérimentale, sans la rencontrer. Au lieu de cela, pour le nickel et pour la magnétite, la courbe prolongée (en pointillé dans les fig. 25, 27) coupe visiblement la courbe expérimentale à une distance relativement faible du Point de Curie, soit à la température de 200° + 273 environ pour le nickel et à 350 + 273 pour la magnétite. Pour le fer, il semble au contraire que les courbes ne se rencontrent que vers de plus basses températures (fig. 35) conformément à la théorie.

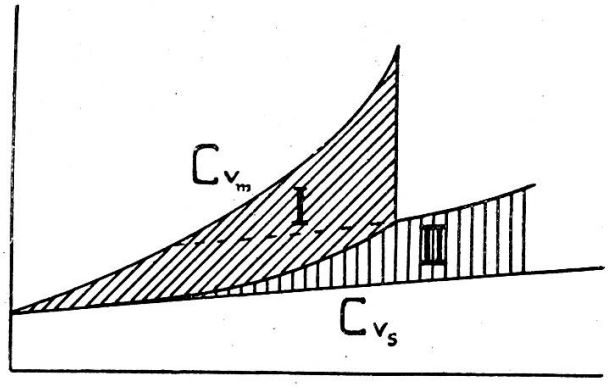


Fig. 36. — Chaleurs spécifiques vraies, considérations théoriques.

On est donc conduit à admettre que le terme magnétique n'épuise pas l'influence du magnétisme sur la chaleur spécifique. Nous avons cherché à représenter dans la figure 36 comment on peut imaginer une décomposition de la chaleur spécifique d'un corps ferromagnétique. La courbe $Cv_m$ est celle de la chaleur spécifique vraie observée, $Cv_s$ celle de la substance supposée dépoiullée de son magnétisme. La région (I) correspond au terme magnétique connu, la région (II) à un autre terme, de nature également magnétique, mais inconnu jusqu'à présent. Un terme de cette espèce modifierait la grandeur de la chaleur spécifique vraie à toute température, mais serait sans influence sur la discontinuité.

Pour poursuivre cette indication il faudrait, semble-t-il, imaginer une hypothese plausible sur la nature du terme II qui, pour le moment, échappe complètement.

## Note A

*Constatations sur l'influence de l'histoire antérieure.*

Nous avons constaté à différentes reprises que la chaleur spécifique des corps peut avoir à la même température des valeurs différentes suivant leur histoire antérieure. Pour la magnétite artificielle aux basses températures suivant que nous avions atteint la température de mesure en ayant tout d'abord chauffé à plus de 300 degrés ou en chauffant à partir de 18 degrés sans dépasser la température de mesure, nous avons obtenu des points se plaçant sur deux courbes différentes qui sont représentées dans le graphique figure 37.

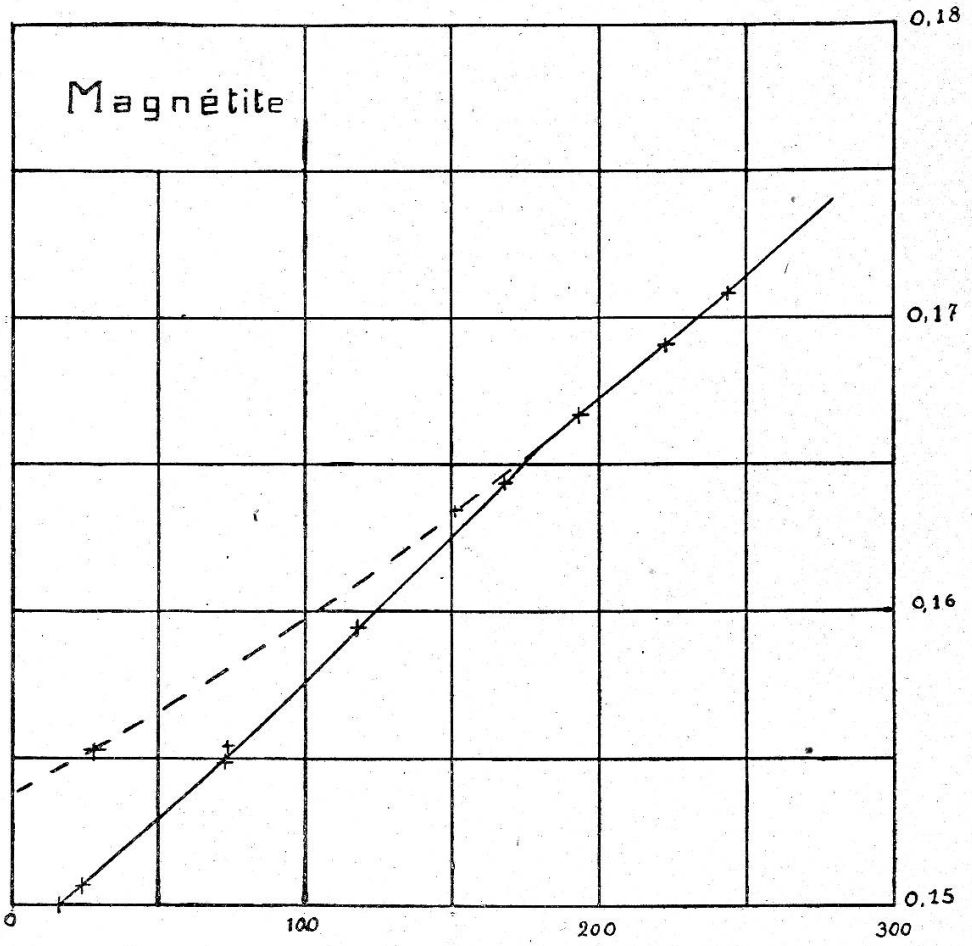


Fig. 37. — Chaleur spécifique moyenne de la magnétite.

**Nous reproduisons ici à une autre échelle les mesures aux basses températures déjà représentées dans la figure (26).**

On peut déduire du coude observé à 175° environ une discontinuité des chaleurs spécifiques vraies C = 0,0028. Ce phénomène est encore inexpliqué.

Pour le fer il s'est produit un phénomène analogue dans le voisinage du point $\theta$. Il semble en effet que la matière ne prenne que lentement sa valeur d'équilibre, comme le montrent les quelques points obtenus avec le fer électrolytique fondu au-dessous du points $\theta$, points qui se placent légèrement au-dessous des autres. Il a suffi de chauffer le corps une heure de plus pour que les mesures suivantes coïncident avec celles faites sur le fer électrolytique avec enveloppe d'or.

Pour le nickel, nous avons, dès l'origine, maintenu le corps à la température supérieure pendant près d'une demi-journée, ce procédé s'étant montré suffisant pour provoquer un phénomène toujours identique à lui-même. Cette substance ne donne donc lieu à aucune remarque spéciale.

Quelques mesures inédites sur le « ferro nickel » $Fe_2Ni$ nous ont donné des valeurs des $C_m$ au-dessous du point $\theta$ qui variaient entre elles de plusieurs pour cent alors qu'au-dessus de ce point les résultats étaient parfaitement réguliers à 0,2 $^0/_{00}$ près.

Nous avons renoncé à poursuivre les recherches sur cet alliage dont les propriétés sont vraisemblablement encore plus complexes que celles des métaux purs.

## Note B

### *Modifications à apporter à l'appareil.*

Le calorimètre tel que nous l'avons décrit au commencement de ce travail peut à première vue paraître d'un emploi difficile. Il en est bien ainsi pour l'appareil dont nous nous sommes servi. En effet, les perfectionnements apportés au cours des expériences ayant tous gardé un caractère plus ou moins provisoire le montage de l'appareil était devenu une opération délicate. Par contre, l'emploi de cet appareil deviendrait très simple si l'on donnait au calorimètre une forme technique définitive.

Au cours de nos expériences, nous avons pu nous rendre compte de certaines modifications qu'il serait avantageux d'apporter dans la construction d'un nouvel appareil.

1. Pour pouvoir avec le même corps faire des recherches à des températures très différentes, il faudrait pouvoir modifier la quantité d'eau du calorimètre afin que l'élévation de température de cette dernière se rapprochât toujours autant que possible de 3 degrés (qui est l'élévation maxima que notre thermomètre électrique peut mesurer). Avec le thermomètre actuel, la hauteur du récipient est prescrite ; changer sa capacité forcerait à diminuer le volume plus que la surface, ce qui serait un inconvénient. Il faudrait pouvoir modifier la longueur du thermomètre, du moins si nous voulons conserver l'avantage d'intégrer la température de l'eau sur toute la hauteur du récipient. Ceci peut se faire facilement :

Prenons deux thermomètres de 50 Ω chacun et connectons-les en série. En les faisant glisser parallèlement l'un à l'autre nous obtiendrons les longueurs voulues depuis la hauteur de l'un d'eux jusqu'au double. Le fait d'avoir à se procurer plusieurs récipients ne constitue qu'un inconvénient très minime, car ils sont faciles à faire et peu coûteux. (Il est à remarquer toutefois que sauf les cas extrêmes l'intégration cesse d'être parfaite).

2. Les couvercles à doubles parois devraient être légèrement inclinés et le robinet d'aspiration placé au point le plus élevé. Cela diminuerait le danger de formation de bulles d'air qui affaiblissent la conductibilité thermique entre l'eau et le métal.

3. La suspension du corps dans le four serait plus simple en employant deux tiges de suspension au lieu d'une. Il n'y aurait pas besoin de dispositifs spéciaux pour fondre le fil de suspension.

4. On éviterait bien des difficultés de montage en réservant un tube de 8 mm. de diamètre au moins pour l'introduction du porte-couple thermo-électrique.

5. Pour supprimer l'oxydation du corps dans le four, il faut l'isoler d'avec la masse isolante du four, celle-ci dégageant toujours de la vapeur d'eau.

Nous terminerons ces considérations en faisant remarquer que le montage complet pour chaque expérience dure 30 minutes environ, la mesure exige le même temps et le démontage se fait en cinq minutes. La partie de l'opération qui prend le plus de temps, c'est la période de chauffe. On doublerait la rapidité des expériences en travaillant parallèlement avec deux fours.

Laboratoire de physique
de l'Ecole polytechnique fédérale.

---