



HAL
open science

Sur la constante de la loi du rayonnement

Ch. Féry, M. Drecq

► **To cite this version:**

Ch. Féry, M. Drecq. Sur la constante de la loi du rayonnement. J. Phys. Theor. Appl., 1911, 1 (1), pp.551-559. 10.1051/jphystap:0191100107055100 . jpa-00241702

HAL Id: jpa-00241702

<https://hal.science/jpa-00241702>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

SUR LA CONSTANTE DE LA LOI DU RAYONNEMENT (1);

Par MM. Ch. FÉRY et M. DRECQ.

I

Dans un travail antérieur (2), l'un de nous croyait avoir démontré que la valeur numérique de la constante a de la loi de Stefan-Boltzman est trop faible de 18 0/0 environ; il en est évidemment de même du coefficient πa désigné par la lettre σ (3) et qui représente l'énergie totale dissipée par l'unité de surface dans la demi-sphère quand $(T^4 - t^4) = 1$, par unité de temps.

Les critiques formulées par MM. Bauer et Moulin à l'actinomètre qui avait servi dans ce premier travail les engagèrent à reprendre ces mesures par une méthode de substitution qui leur fournit pour σ une première valeur égale à 6 (4); et quelque temps après, à la suite d'une correction importante qu'ils avaient omise (5), ces physiciens retombèrent presque exactement sur la valeur admise alors (5,30 au lieu de 5,32).

Il nous a semblé que dans ces conditions et étant donné l'importance de ce facteur qui joue un si grand rôle en physique, tant au point de vue théorique que pratique et qui est utilisé fréquemment en astronomie, il devenait nécessaire de reprendre des mesures plus serrées à ce sujet.

La méthode qui avait été employée en 1909 par nous-mêmes, consistait à mesurer le nombre de watts w versés par la surface s d'un *radiateur intégral* sur la surface s' d'un *récepteur intégral*, placé à une distance connue D . La température absolue T du radiateur intégral étant connue, ainsi que celle t du récepteur intégral,

(1) Communication faite à la Société française de Physique: Séance du 7 avril 1911.

(2) *Comptes rendus*, 5 avril 1909.

(3) D'après les travaux de Kurlbaum,

$$\sigma = 5,32 \times 10^{-12} \frac{\text{watts}}{\text{cm}^2};$$

nos mesures conduisent à

$$\sigma = 6,30 \times 10^{-12} \frac{\text{watts}}{\text{cm}^2}.$$

(4) *Comptes rendus*, 29 novembre 1909.(5) *Comptes rendus*, 17 janvier 1910.

la formule :

$$w = a(T^4 - t^4) \frac{ss'}{D^2},$$

permet immédiatement de tirer a , et ensuite $\sigma = \pi a$.

Le récepteur intégral qui nous servait était de forme conique, il formait la soudure chaude d'un couple et enregistrerait par conséquent son élévation de température par rapport à celle ambiante.

Un enroulement de fil résistant permettait l'étalonnage du système qui fut utilisé ultérieurement comme actinomètre absolu.

II

Le principe de la méthode que nous avons utilisée pour vérifier et contrôler ces premières mesures est resté le même mais, comme nous nous sommes astreints à opérer au voisinage immédiat du point de fusion de l'or (1.337° absolus), la formule se simplifie et devient :

$$w = aT^4 \frac{ss'}{D^2},$$

la quatrième puissance de t (température absolue du récepteur) devenant négligeable devant T^4 .

La discussion de cette formule montre facilement qu'une erreur de 1 0/0 sur T donne 4 0/0 sur a ;

1 0/0 sur le diamètre du diaphragme circulaire de surface s et s' donne 2 0/0 sur a ; il en est de même pour D , qui est élevé au carré.

Seule la mesure des watts n'entraîne pas une erreur supérieure à celle commise sur cette quantité.

Nous nous sommes servis, pour mesurer T , d'un télescope pyrométrique Féry, soigneusement étalonné par le Conservatoire national des Arts et Métiers. Les nombreuses mesures qui ont été faites sur ces appareils à la Reichsanstalt, à Teddington, à Washington et au Laboratoire d'essais du Conservatoire des Arts et Métiers de Paris, montrent qu'entre 600 et 1.400° la courbe d'étalonnage ne s'écarte pas de plus de 1 0/0 d'une courbe parabolique du quatrième degré. Comme nous nous sommes astreints à ne faire des mesures qu'entre 1.300 et 1.400° absolus, on peut admettre *a fortiori* que

l'erreur sur T^i n'atteint pas 1 0/0. Cet appareil, qui suit, comme nous venons de le dire, la loi de Stéfán, fournit en effet de suite T^i par la relation $T^i = \frac{\delta}{K}$, K étant la constante de l'instrument.

Au point de fusion de l'or (provenance Kahlbaum), la déviation du millivoltmètre relié au télescope pyrométrique fut trouvée égale à 1,03 millivolt. Cet étalonnage fut exécuté au Laboratoire d'essais des Arts et Métiers au moyen d'un four électrique, incliné de manière à éviter tout effet de convection; ce four remplissait si bien les conditions du radiateur intégral que le fil d'or servant d'étalon n'était plus visible au milieu du four. Le moment de la fusion était indiqué par la rupture du circuit qu'il formait pour un élément zinc-cuivre-eau ordinaire et un galvanomètre de grande sensibilité. L'expérience fut répétée un grand nombre de fois en fournissant toujours le même résultat.

La mesure des diamètres des diaphragmes fut effectuée au moyen d'une bonne vis micrométrique et d'un microscope. Voici les résultats obtenus dans divers azimuts pour chacun d'eux. La valeur moyenne du diamètre a été employée pour le calcul de la surface :

Écran d'eau :

	25 ^{mm} ,92		25 ^{mm} ,96
	25 ,92		25 ,95
Diamètre horizontal	25 ,93	Diamètre vertical	25 ,92
	25 ,85		25 ,92
	25 ,89		25 ,93
	25 ,94		25 ,93
	25 ,97		25 ,90
	25 ,96		25 ,91
	25 ,92		
	25 ,92		
	25 ,85		
Moyenne	25 ^{mm} ,918	Moyenne	25 ^{mm} ,928
Diamètre moyen : 25 ^{mm} ,92			

Des séries de mesures analogues faites sur l'écran de laitón limitant l'ouverture du cône ont donné un diamètre moyen de 25 millimètres.

Enfin la mesure de la distance D trouvée égale à 346 millimètres a été obtenue vraisemblablement à moins de 0^{mm},5.

Cette approximation de $\frac{0,5}{346} = 0,00144$ peut donner une erreur de

$$2 \times 0,00144 = 0,003,$$

sur a ou τ .

Il nous reste à dire comment a été mesurée l'énergie radiée par le four électrique qui nous servait et comment étaient conduites les mesures.

Ce four, qui est du modèle connu d'Héreaeus, avait été garni d'un moufle en fer dans le but d'obtenir une température aussi voisine que possible entre le fond et les parois. La bonne conductibilité du métal et aussi la couleur noire de l'oxyde qui le recouvrit rapidement nous font supposer que notre système se rapprochait très suffisamment d'un corps noir parfait.

Le diaphragme émetteur était découpé dans un écran pouvant être refroidi par un courant d'eau. La surface mesurée exactement comme nous l'avons dit était de $5^{\text{cm}^2}, 2766$.

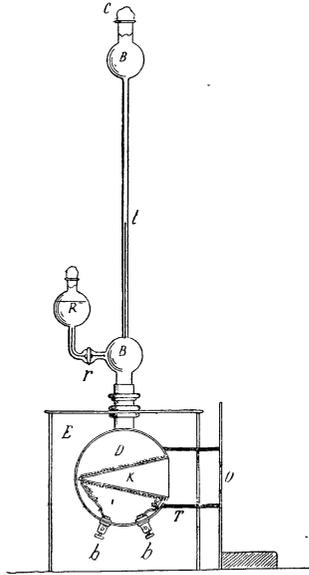


FIG. 1.

La réception du flux calorifique se faisait dans un cône K en laiton mince, soigneusement noirci, et recouvert à l'extérieur d'un enroulement en fil de manganine (*fig. 1*). Ce cône avait un angle au sommet

de 30° et formait partie intégrante d'une grosse sphère D en laiton constituant la boule d'une sorte de thermomètre à alcool. L'enroulement de fil résistant se trouvait donc immergé dans le liquide thermométrique lui-même ce qui répond aux critiques faites à notre premier dispositif de 1909. Le tube capillaire qui surmonte la sphère avait 1 millimètre de diamètre environ, le volume de l'alcool était d'environ 300 centimètres cubes ; 1 millimètre d'ascension représente

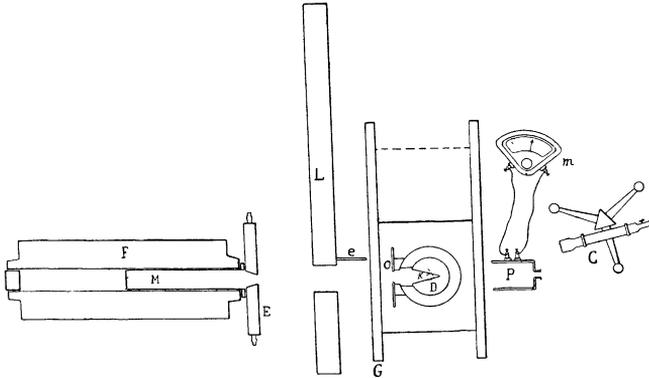


FIG. 2.

dans ces conditions un échauffement de 0°,005 et, comme la lunette d'observation permettait d'apprécier 0^{mm},1, on obtenait ainsi la lecture à 0°,0005 près.

Un écran circulaire O en laiton poli dont le diamètre a été mesuré comme il a été dit, limitait le flux calorifique pénétrant dans le cône, sa surface était égale à 4^{mq},9090.

Ce système a été employé comme *thermo-calorimètre* : On observait la marche de la colonne pendant dix minutes avant l'expérience, à l'abri du rayonnement grâce à l'écran de liège L (*fig. 2*) ; cet écran avait 6 centimètres d'épaisseur et était recouvert de papier d'étain sur les deux faces.

On poussait ensuite le thermo-calorimètre devant l'ouverture du four grâce à la glissière réperée G ; on observait l'ascension au bout de dix minutes ; puis on faisait à l'abri du rayonnement une nouvelle mesure pendant dix minutes. Il suffisait alors d'appliquer les méthodes usitées en calorimétrie pour obtenir ce que nous avons appelé *l'ascension corrigée*.

Pendant les moments où on observait la « correction du refroidissement », le four se trouvait à découvert, et le pyromètre P étalonné fournissait par sa déviation la valeur de T^4 .

Nous avons pu obtenir des déviations ne variant à peine que de 10/0, pendant la période de dix minutes choisie pour la mesure. La moyenne des déviations au commencement et à la fin de la durée d'exposition du thermo-calorimètre devant le four nous fournissait donc T^4 avec une bonne précision.

Voici la série définitive faite dans ces conditions ⁽¹⁾.

Température absolue du four	Ascensions en millimètres au bout de 10 minutes Valeur corrigée	Puissance correspondante en watts	a
1.331	18,95	0,140	2,061
1.334	19,80	146	2,139
1.337	20,05	148	2,147
1.341	19,45	143	2,058
1.340	19,90	147	2,108
1.337	19,95	147	2,132
1.335	19,50	144	2,100
1.331	18,45	136	2,011
1.323	18,60	137	2,074
1.318	18,45	136	2,089
1.317	18,35	135	2,083
1.384	21,65	160	2,016
1.408	23,70	175	2,063
1.397	23,10	170	2,076
1.394	22,90	169	2,074
1.395	23,25	172	2,100
1.338	20,10	148	2,144
1.332	19,05	141	2,066
1.328	18,80	139	2,065
1.324	17,65	130	1,964
1.320	17,45	129	1,964
1.315	17,65	130	2,020
1.311	17,80	131	2,058
1.307	17,55	129	2,057

Étalonnage du thermo-calorimètre. — Cet étalonnage ne présente aucune difficulté, il a été fait avant les mesures du rayonnement et vérifié après avoir calorifugé l'appareil ; les résultats ont été identiques.

⁽¹⁾ Une série d'essais comprenant 35 mesures nous avait fourni une valeur moyenne presque identique, mais les écarts des mesures entre elles étaient plus grands. La série définitive a été obtenue après avoir calorifugé soigneusement le thermo-calorimètre.

Pour effectuer cet étalonnage, on observait la marche de la colonne pendant dix minutes, on dissipait dans la résistance de l'appareil un nombre de watts connu pendant dix minutes, puis on observait à nouveau pendant dix minutes.

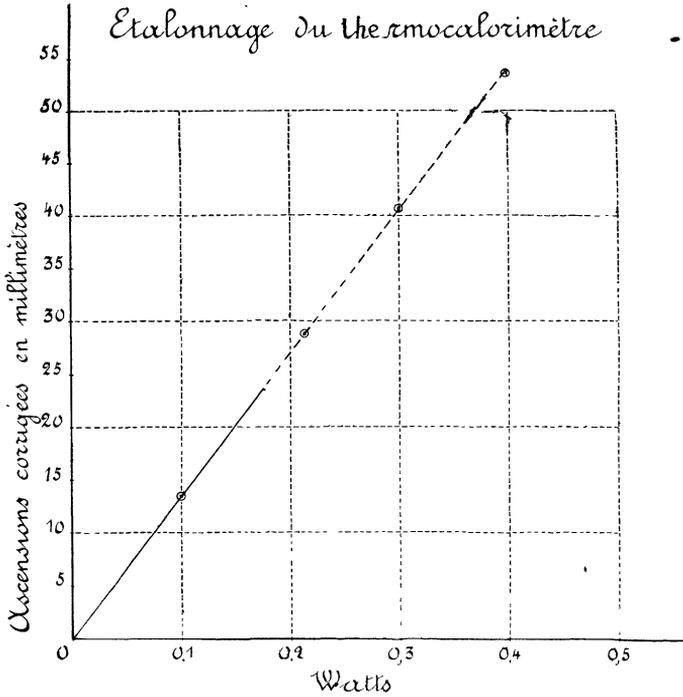


FIG. 3.

Les ascensions corrigées portées en ordonnées et les watts en abscisses fournissent une droite parfaite (fig. 3).

Voici d'ailleurs les valeurs des coefficients angulaires de ses différents points :

Puissances en watts	Ascensions watts
0,099	135,8
0,213	135,2
0,3	135,6
0,4	134,1

III

CONCLUSIONS ET REMARQUES

La valeur de a trouvée très voisine de 2 par nous en 1909 est ici de 2,073, et σ , qui avait été indiqué égal à 6,30, ressort égal à 6,51 de ces dernières mesures.

Comment expliquer cette différence, de sens contraire à celle qu'on nous faisait prévoir, entre ces deux séries ?

Voici l'explication toute naturelle de cette divergence de 3 0/0 environ. Dans nos premières mesures, la température T du four avait été mesurée par un couple platine-platine rhodié qui donne la température *effective* du radiateur. Dans cette seconde série, le pyromètre à radiation employé a été étalonné sur le radiateur des Arts et Métiers qui peut être considéré, grâce à ses écrans et aux précautions employées, comme un radiateur vraiment intégral.

Il en résulte qu'avec un pyromètre ainsi étalonné on mesure véritablement la température *efficace* du four ⁽¹⁾.

Or c'est cette température efficace qui est la seule correcte pour des mesures de ce genre.

Supposons, par exemple, que nous employions comme radiateur un bloc de fer recouvert d'oxyde de fer. Si nous mesurons sa température effective par un couple, nous trouverons qu'elle est plus élevée que si nous employons un pyromètre à radiation totale. On sait en effet que le pouvoir émissif de l'oxyde de fer est de l'ordre de 0,9. Il en résulte que ce bloc de fer à température effective T se comporte comme un corps noir parfait à température $T' < T$. Si donc nous tirons a de ces mesures, nous aurons :

$$a = \frac{w}{T^4} \text{ mesure du couple,}$$

et

$$a' = \frac{w}{T'^4} \text{ mesure du pyromètre à radiation.}$$

On voit immédiatement que

$$a' > a.$$

(1) Les Allemands désignent souvent la température prise ainsi au moyen des lois du rayonnement sous le nom de température *noire*. Le qualificatif *efficace* nous semble mieux approprié.

Telle est l'explication très simple de ce désaccord : le four employé par nous en 1909 n'était pas un radiateur complètement intégral.

Nos mesures de 1911 confirment donc celles de 1909 et précisent un peu mieux la valeur numérique cherchée.

Pour terminer, nous indiquerons aussi le procédé de calcul qui nous a servi à prendre la moyenne de nos mesures : La moyenne est d'abord prise par division de la somme des mesures par le nombre de ces mesures.

On calcule ensuite la différence de chacune des mesures par rapport à cette première moyenne approchée. Soit 0,10 sur la plus grande différence, on convient de rejeter cette mesure et de donner à chacune des autres un poids d'autant plus élevé qu'elle s'écarte moins de la moyenne primitive.

Pour cela, toutes les différences sont retranchées de 0,10 (la plus grande) et les nombres obtenus sont pris comme poids à appliquer à chacune des mesures.

La moyenne ordinaire avait donné pour a la valeur 2,069.

La moyenne ainsi calculée a fourni 2,073, valeur évidemment plus approchée de la vérité.
