

SOCIÉTÉ TECHNIQUE
DE
L'INDUSTRIE DU GAZ

EN FRANCE

SIÈGE SOCIAL : 105, RUE SAINT-LAZARE, PARIS

COMPTE RENDU
DU TRENTE-DEUXIÈME CONGRÈS
TENU LES 20, 21, 22 ET 23 JUIN 1905
AU HAVRE

DANS LA SALLE DU CONSEIL MUNICIPAL, A L'HOTEL DE VILLE DU HAVRE



PARIS

IMPRIMERIE DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DE PUBLICATIONS PÉRIODIQUES

13, QUAI VOLTAIRE, 13

1905

Sur les pyromètres Le Chatelier, Féry et Wanner.

Par M. P. PARSY.

Avant 1895, on ne disposait dans l'industrie pour la mesure des températures élevées que du calorimètre Salleron, bien connu de nos collègues, des pyroscopes composés d'alliages fusibles employés surtout en céramique et en dernier lieu de la lunette pyrométrique Mesuré et Nouël, déjà décrite dans l'un de nos congrès.

1. — Pyromètre Le Chatelier.

En étudiant et en mettant au point le pyromètre thermo-électrique, dont le principe consiste à mesurer par un galvanomètre l'intensité du courant électrique produit par l'échauffement d'une soudure, M. Le Chatelier est arrivé à doter l'industrie d'un appareil de contrôle pour les hautes températures, qui a déjà rendu les plus grands services, car il possède au point de vue pratique une grande supériorité sur tous les appareils similaires employés précédemment. Aussi croyons-nous intéressant d'en donner une description.

Le couple composé de platine pur et de platine additionné de 10 0/0 de rhodium a été reconnu comme donnant des indications toujours comparables entre elles. Ce couple fait avec des fils de 0,5 mm, présente une résistance de 2 ohms par mètre courant de couple. Le courant est enregistré par un galvanomètre d'au moins 200 ohms de résistance.

Jusque l'année dernière, les métaux employés n'étant pas d'une pureté suffisante, l'appareil devait être étalonné avant chaque opération, mais aujourd'hui la maison W. G. HERAEUS DE HANAU (Allemagne) est arrivée à fournir des couples d'une pureté absolue, ce qui a permis la suppression de l'étalonnage répété du pyromètre, et ce qui l'a rendu réellement pratique.

La figure ci-contre représente un pyromètre Le Chatelier composé d'une canne ou tube en fer, dans lequel se trouve le couple, et d'un galvanomètre de KEISER et SCHMIDT de Berlin.

La canne de fer contient deux tubes de porcelaine placés l'un dans l'autre. Dans le tube central

passé l'un des fils du couple, tandis que l'autre passe dans l'espace annulaire formé par les deux tubes de façon à les isoler l'un de l'autre et de la canne ensuite, la soudure relie les deux fils à la partie inférieure de la canne; à la partie supérieure ils traversent tous deux un bouchon d'ébonite et se terminent par deux bornes auxquelles on relie les fils du galvanomètre.

L'usage de l'appareil est très simple et est à la portée de tous, il suffit de plonger la canne dans l'endroit où la tem-



Fig. 1.

pérature doit être observée et de lire sur le galvanomètre le chiffre indiqué en degrés centigrades.

L'échelle de ces pyromètres s'étend depuis la température ordinaire jusqu'à celle de fusion du platine.

Il y a toutefois quelques précautions à observer pour les températures supérieures à 1000°.

On a, en effet, observé qu'aux températures élevées les tubes en fer chauffés à blanc se déforment et produisent la rupture des tubes en porcelaine. En ce cas, il ne faut pas introduire l'élément dans le four pendant trop longtemps ou il est alors nécessaire de poser le tube en fer sur un support en argile qui empêche la déformation. Des tubes en argile réfractaire d'un diamètre assez grand rendent dans ce cas de très bons services. Ils sont du reste bon marché et par conséquent faciles à remplacer. Enfin, on peut entourer le tube de fer avec de l'argile et l'on en obtient de bons résultats.

Il faut toujours éviter des changements trop brusques de température : avant de mettre les tubes dans le four, on les chauffera légèrement et avant de les retirer du feu on les laissera refroidir autant que possible.

La rupture du tube inférieur est souvent sans conséquence, puisque ce tube ne sert qu'à isoler les deux fils l'un de l'autre.

Le prix de cet appareil est de 500 fr environ avec le galvanomètre.

Un inconvénient de ce pyromètre, c'est que le platine finit par se carburer et nécessite son remplacement après un certain temps d'usage. De plus, on se demande si aux températures élevées les isolants réfractaires, étant électrolytiques, ne présentent pas des causes d'erreur.

Pour les températures peu élevées, on peut employer comme couples d'autres métaux que le platine.

La maison **POULENC** construit depuis peu un pyromètre de ce genre pour températures moins élevées, il est plus robuste et moins cher que celui à couple de platine.

Son principe est absolument le même que celui sur lequel est basé le **Le Chatelier**. Mais son échelle ne va que jusqu'à 600° C. La canne pyrométrique comporte deux thermo-éléments isolés l'un de l'autre, en fil de fer et constantan. Avec ces métaux, on développe une force électromotrice élevée, même pour de basses températures. Ces éléments sont placés dans un tube de porcelaine entouré d'amiante, et le tout dans la canne en fer.

Le galvanomètre est toujours du même système.

On a ainsi un appareil robuste et de longue durée. Le prix de la canne est de 50 fr, et celui du galvanomètre de 125 fr. L'appareil complet coûte donc 175 fr.

Ce pyromètre est construit également pour donner des indications de maxima et minima. C'est un galvanomètre pyrométrique à lecture directe de **Le Chatelier** avec en plus, sur l'aiguille, un disque venant établir le contact entre deux bornes reliées à une pile et à une sonnerie. Deux bornes sont placées pour les maxima et deux autres pour les minima. De plus, ces bornes sont mobiles, de façon à permettre de les placer aux températures que l'on ne veut pas dépasser dans un sens ou dans l'autre.

Le galvanomètre vaut 275 fr et la canne 60 fr pour un mètre de longueur.

On peut, par exemple, avec cet appareil, observer la température des conduits de fumées, et obtenir des indications très utiles sur la marche des fours.

2. — Pyromètre Féry.

M. FÉRY, docteur ès sciences et professeur à l'École municipale de Physique et Chimie de la Ville de Paris, a

imaginé un pyromètre, toujours basé sur la propriété que possèdent les soudures de métaux différents de produire, lorsqu'elles sont chauffées, un courant électrique variable en fonction de la température, mais présentant, sur ceux



Fig. 2.

que nous venons de décrire, certains avantages. Cet appareil a été présenté, au Congrès de l'année dernière à Paris, par notre collègue M. H. FOIRET, qui en a donné une description [si claire et si précise qu'il est inutile de la reprendre à nouveau. Toutefois, puisque nous traitons la question

d'une façon générale et que notre but est de mettre en parallèle les appareils les plus perfectionnés, nous citerons un intéressant perfectionnement apporté par la Compagnie pour la fabrication des compteurs et matériel d'usines à gaz.

Nous rappellerons tout d'abord qu'avec son pyromètre M. FÉRY au lieu de placer le couple dans l'enceinte dont-il sagit de relever la température, se contente de recevoir les rayons calorifiques émis par cette enceinte dans une lunette au foyer de laquelle il a placé la soudure du couple qui est en *cuivre et constantan*. La température à laquelle il est soumis ainsi ne dépasse jamais 80°, il n'est donc sujet à aucune détérioration de ce chef. Cette solution aussi élégante qu'ingénieuse a permis à M. FÉRY de créer un appareil d'une extrême précision et d'une sensibilité remarquable, autre avantage sur les premiers pyromètres thermo-électriques qui sont toujours paresseux à cause de la lenteur nécessaire pour l'échauffement de la soudure à travers ses enveloppes métalliques et réfractaires qui constituent la canne.

Le perfectionnement que nous voulons décrire est le suivant. Dans le but de créer un modèle unique de pyromètre, pouvant mesurer des températures quelconques, sur une échelle beaucoup plus étendue, et avec le même appareil, le télescope a été muni d'un papillon qui permet d'obstruer radialement une partie des rayons calorifiques (fig. 3 et 4).

En outre le miroir réfléchissant n'est plus argenté sur sa face postérieure, comme dans l'ancien modèle, mais il est recouvert d'une couche d'or sur la partie antérieure, c'est-à-dire sur la surface directement réfléchissante. Avec cette nouvelle disposition, l'appareil suit la loi de STEFAN : « La quantité de chaleur rayonnée par un fond ou par un corps noir est proportionnelle à la quatrième puissance de la

température du corps rayonnant.» Cette loi ne s'applique pas rigoureusement lorsque les rayons calorifiques traversent le verre, car, l'absorption de la chaleur dans le verre varie suivant une fonction indéterminée de la température puisque, dans l'espèce, l'absorption varie en fonction de l'inconnue que l'on cherche à déterminer.

On a remédié à cet inconvénient en faisant réfléchir directement les rayons calorifiques sur une surface métal-

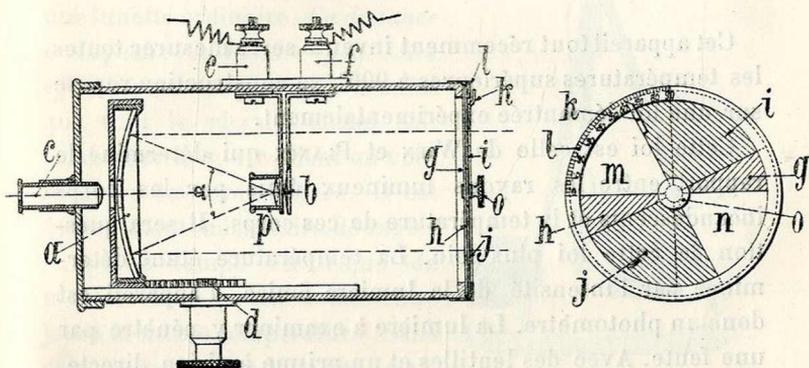


Fig. 3 et 4. — Coupe transversale et vue de face du Pyromètre Féry.

a. Miroir. — b. Couple thermo-électrique. — g-h. Diaphragme fixe. — i-j. Diaphragme mobile

lique inaltérable. La quantité de chaleur réfléchiée pour la même température du four, est ainsi plus élevée que dans l'ancien modèle de télescope. Les températures peuvent être mesurées à partir de 400°, avec un télescope non muni de papillon, et avec le télescope à papillon, le même appareil peut mesurer des températures quelconques au-dessus de 600°.

L'échelle de températures tracée sur le galvanomètre correspond à la pleine ouverture du papillon. Pour mesurer une température plus élevée, il faut faire tourner le papil-

lon d'un angle déterminé, mesuré sur graduation circulaire. Les températures sont indiquées dans une table de référence se rapportant à cet angle et donnant les températures en fonction de la différence de potentiel des soudures du couple thermo-électrique.

Le prix de cet appareil est d'environ 400 fr.

3. — Pyromètre optique de Wanner.

Cet appareil tout récemment inventé sert à mesurer toutes les températures supérieures à 900° , sa construction repose sur une loi démontrée expérimentalement.

Cette loi est celle de WIEN et PLANCK qui détermine le rapport entre les rayons lumineux émis par les corps incandescents et la température de ces corps. Il sera question de cette loi plus loin. La température étant déterminée par l'intensité de la lumière émise, l'appareil est donc un photomètre. La lumière à examiner y pénètre par une fente. Avec des lentilles et un prisme à vision directe, on produit un spectre qui donne, au moyen d'un diaphragme, des rayons de longueur d'onde déterminée; la mesure de l'intensité de la lumière se fait par polarisation. A l'extrémité de l'appareil que l'on pointe sur la source de chaleur à examiner, est adaptée une petite lampe électrique de 6 V dont la lumière traverse également l'appareil et sert à la comparaison. Si l'on regarde dans l'appareil, on voit le champ visuel circulaire partagé en deux moitiés, dont l'une est éclairée par la petite lampe électrique, l'autre par la lumière du corps à examiner. Par la manœuvre d'un oculaire contenant un prisme de NICOL, on peut facilement amener les deux moitiés du champ visuel à la même intensité. Sur le cercle gradué que porte l'appareil, on lit l'angle de rota-

tion et une table qui accompagne chaque instrument donne la température calculée d'après la loi citée plus haut. En résumé, le procédé consiste à mesurer une température inconnue en la comparant aux rayons de température connue qu'émet la lampe électrique. L'opération est si simple, que tout ouvrier intelligent peut, en peu de temps, apprendre à l'effectuer d'une façon précise.

L'appareil a environ 30 cm de long et peut être manié comme une lunette ordinaire. La distance à laquelle la mesure peut être effectuée est indifférente. Il suffit que tout le champ visuel soit éclairé par la source dont on veut mesurer la température. Il est évidemment nécessaire de régler la petite lampe électrique de manière à ce qu'elle donne toujours la même température. Sans cela, les variations de la force électro-motrice des accumulateurs et

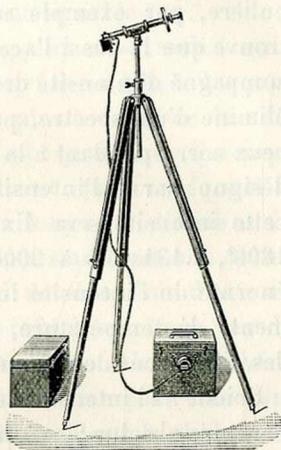


Fig. 5.

l'affaiblissement de la puissance lumineuse de la lampe seraient une source d'erreurs considérables. Chaque instrument est accompagné d'un appareil de comparaison, à l'aide duquel on peut facilement supprimer cette source d'erreurs.

Loi de Wien et Planck

La loi établissant la relation qui existe entre l'intensité des rayons lumineux et le changement de température d'un corps incandescent a été trouvée tout d'abord expérimentalement par : les professeurs PASCHEN, WANNER, LUMMER et PRINGSHEIM, et ensuite déduite théoriquement par

WIEN et PLANCK, MM. LUMMER et PRINGSHEIM, de l'Institut physico-technique de Charlottenbourg, ont prouvé l'exactitude de cette loi jusqu'à 2300°. Le résultat de leurs recherches est le suivant : si laissant de côté les changements de couleur d'un corps incandescent occasionnés par un accroissement de température, on observe une couleur particulière, par exemple une partie étroite du spectre, on trouve que là aussi l'accroissement de température est accompagné d'intensité des rayons lumineux choisis. Si l'on élimine d'un spectre, par exemple, tous les rayons, sauf ceux correspondant à la ligne C de Fraunhofer, et qu'on désigne par I l'intensité de cette lumière rouge à 1000° cette intensité sera dix fois plus forte à 1200°, 804 fois à 1800°, 2.134 fois à 2000°. Il résulte de cet accroissement énorme de l'intensité lumineuse, que de faibles changements de température, des dixièmes de degré, produisent des différences de rayonnement sensibles et mesurables.

Soient : I l'intensité des rayons à examiner ; — T la température absolue ; — λ la longueur d'onde de la partie employée du spectre ; — c_1 et c_2 deux constantes ; — e la base des logarithmes nat., on aura :

$$I = \frac{c_1}{\lambda^5} \cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda T}} \quad (\text{formule de Wien}).$$

tout en tenant compte d'une restriction essentielle dont il sera question plus loin.

Comme il n'y a pas de mesure exacte pour les intensités lumineuses et qu'on ne peut les comparer, nous appellerons I_0 l'intensité de la source de comparaison et T_0 la température absolue correspondante. On aura évidemment :

$$I_0 = \frac{c_1}{\lambda^5} \cdot e^{-\frac{c_2}{\lambda T_0}}$$

d'où :

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\frac{c_2}{\lambda} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)}$$

Si l'on connaît dans cette équation I_0 et T_0 ainsi que I et c_2 , T seul reste inconnue et peut être calculée.

Voici la restriction que nous avons signalée :

La loi citée plus haut ne peut s'appliquer en réalité qu'à un corps absolument noir. Ce corps théorique à des propriétés lumineuses ressemblant le plus à celles de la suie et c'est pour cela qu'on l'a nommé « corps noir ». Un corps absorbe toute la lumière qui l'atteint ; par conséquent il émet aussi de la lumière de toute longueur d'onde et de toute couleur. Le platine poli réfléchissant beaucoup de lumière n'en absorbe que très peu ; il est donc loin d'être un corps noir. Le fer incandescent ne réfléchissant que peu de lumière, en est au contraire très rapproché. Un corps théoriquement noir est, d'après KIRCHHOFF, un espace creux entouré de tous côtés de parois impénétrables à la chaleur et parfaitement réfléchissantes. Au lieu de surfaces réfléchissantes, on peut en supposer d'autres qui auront constamment la même température que l'espace compris entre elles, de sorte qu'elles réfléchiront la même quantité de chaleur qu'elles auront reçue de l'intérieur. Si l'on fait une petite ouverture à la paroi, on ne modifie pas sensiblement le rayonnement et par suite l'espace noir. Tous les fours fermés satisfont évidemment à ces conditions théoriques. Comme, pour des causes connues on rend les parois des fours autant que possible imperméables à la chaleur, la deuxième condition, c'est-à-dire l'égalité de température entre les parois et l'espace compris, se trouve remplie. Il est également évident que, dans tous les cas où l'on a, dans l'industrie, affaire à des corps incandescents solides ou en

fusion, on peut admettre la justesse de la loi précitée, d'autant plus qu'avec l'accroissement de température, la différence avec le corps noir diminue de plus en plus et que, par suite, elle devient négligeable.

Ainsi, il est permis d'admettre théoriquement que la température des corps incandescents solides et en fusion peut être déterminée par l'intensité des radiations lumineuses d'une partie étroite du spectre.

La détermination de la température des flammes ne peut pas se faire avec le pyromètre, la radiation de la flamme étant si différente de la radiation noire que la loi de Wien ne s'applique plus.

Malgré cela, il est possible, par exemple, de déterminer la température des flammes du convertisseur Bessemer par la radiation des gaz émis.

L'appareil n'indiquant exactement que la température des corps noirs, en le comparant avec un pyromètre Le Chatelier, il est nécessaire de mesurer la même température avec les deux appareils. Il se présente en effet ici une difficulté qui consiste en ce que la température donnée par l'élément thermo-électrique de Le Chatelier est celle d'une partie déterminée de l'espace et non pas celle de l'espace lui-même.

Construction des parties optiques du photomètre.

La construction de la partie optique se comprend aisément à l'aide des figures 6 et 7 qui représentent deux coupes longitudinales du photomètre, perpendiculaires l'une à l'autre.

En S_1 , se trouvent deux fentes verticales a et b , placées l'une au-dessous de l'autre. O_1 est une lentille dont la distance focale est égale à la longueur O_1S_1 , ce qui fait qu'elle renvoie des rayons parallèles. K est un prisme à vision directe.

Par les polariseurs en spath d'Islande W, chacun des faisceaux lumineux provenant de a et b se décompose en deux parties polarisées perpendiculairement l'une à l'autre, qui ont naturellement des directions différentes. Z est un prisme double qui rapproche les rayons des deux côtés de l'axe. O_2 réunit les rayons et produit directement devant la fente S_2 (fente oculaire) des images de a et b (deux de a et deux de b) dues aux rayons ordinaires et aux rayons extraordinaires. Z est mesuré de manière à ce qu'une image de a (celle des rayons ordinaires) et une de b (celle des rayons extraordinaires) coïncident exactement devant la

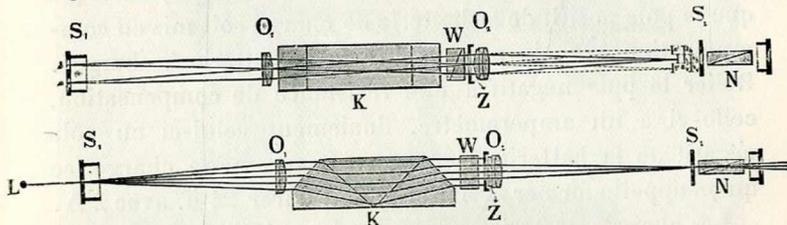


Fig. 6 et 7.

fente. Il est évident que l'image a formée devant la fente S_2 est produite seulement par la moitié supérieure de Z, tandis que celle de b est produite par la moitié inférieure. Mais ces deux images étant polarisées perpendiculairement l'une à l'autre, l'œil placé derrière S_2 verra la moitié supérieure de Z éclairée par a et la moitié inférieure éclairée par b . Le Nicol mobile N (analyseur) permet de faire varier l'intensité de ces images.

S_1 et O_1 , O_2 , K constituent donc l'appareil spectral ; W, Z, N, les parties photométriques.

Instructions pour l'emploi du Pyromètre de Wanner.

Le pyromètre de Wanner se compose des pièces suivantes :

1° Du photomètre avec cordon conducteur; 2° de l'appareil de comparaison avec lampe à l'acétate d'amyle; 3° de la batterie d'accumulateurs. On prépare d'abord la batterie d'accumulateurs en versant l'acide par un entonnoir à tube de caoutchouc dans les trois cellules jusqu'à 10 mm environ au-dessus des plaques. Il faut mettre l'acide dans la batterie immédiatement avant de la charger, car une batterie non chargée, mais contenant de l'acide, se détériore.

Charge de la batterie. — Jonctionner une source de courant de 8 V continu avec la batterie à charger, de façon que le pôle positif de la batterie de charge soit mis en communication avec le pôle positif de la batterie à charger. Relier le pôle négatif à une résistance de compensation, celle-ci à un ampèremètre, finalement celui-ci au pôle négatif de la batterie à charger. La première charge (ce qu'on appelle former la batterie) doit durer 24 h. avec 2 A.

Les charges postérieures durent jusqu'au développement très vif de gaz, ce qui a lieu en 5 h. avec 2 A. La batterie complètement chargée a une tension de 6,2 V. Si l'on n'a pas à sa disposition de batterie de charge de 8 V à courant continu ni de résistance de compensation, ni d'ampèremètre, on peut charger avec une conduite d'éclairage de 110 V de la manière suivante : mettre dans le circuit, au lieu de la résistance de compensation et de l'ampèremètre, en parallèle, 2 lampes à incandescence de 32 bougies.

Entre les bornes de la boîte des accumulateurs, il y a un rhéostat qui sert à diminuer l'intensité d'éclairage de la lampe à incandescence jusqu'à ce que les deux champs visuels demi-circulaires à observer aient la même intensité. La lampe a une durée de *mille heures*. Faire attention de ne jamais charger la batterie par le contact, mais toujours par les bornes.

Réglage du Pyromètre.

L'appareil de comparaison consiste en une tablette supportant la lampe à l'acétate d'amyle et deux tiges. La lampe est remplie d'acétate d'amyle jusqu'à la moitié. Le porte-mèche sert à supporter le viseur dont un bras est muni d'un disque

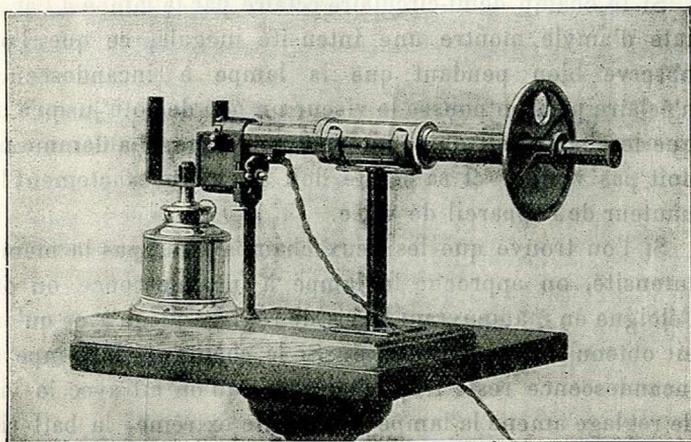


Fig. 8.

dépoli. Le support du photomètre est muni de deux ressorts en laiton entre lesquels le photomètre est maintenu par son tube central. L'autre tige de support en laiton noirci est pourvue d'une rainure. On pince le photomètre dans les ressorts en laiton, de façon que la vis de réglage de la partie dans laquelle se trouve la lampe à incandescence soit dirigée vers le bas et que le bras rectangulaire qui tient la vis soit fixé dans la rainure. On tourne le viseur de manière à amener le disque dépoli exactement dans la direction du photomètre. On laisse brûler la lampe à l'acétate d'amyle pendant environ 10 minutes, de façon à obtenir une lumière

bien égale; on établit le contact avec la batterie d'accumulateurs et l'on met l'aiguille de l'oculaire exactement au chiffre normal de l'appareil. En regardant dans l'instrument, on aperçoit un disque rouge dont la moitié supérieure est éclairée par la lampe à incandescence et la moitié inférieure par la lampe à l'acétate d'amyle. Quand les demi-cercles montrent la même intensité, l'appareil est réglé.

Si le champ demi-circulaire éclairé par la lampe à l'acétate d'amyle montre une intensité inégale, ce que l'on observe bien pendant que la lampe à incandescence n'éclaire pas, on pousse le viseur un peu de côté jusqu'à ce que le champ soit d'une intensité uniforme. La flamme ne doit pas vaciller et sa pointe doit atteindre exactement la hauteur de l'appareil de visée.

Si l'on trouve que les deux champs n'ont pas la même intensité, on approche la lampe à incandescence ou on l'éloigne en manœuvrant la vis de réglage jusqu'à ce qu'on ait obtenu la même intensité. Si le champ de la lampe à incandescence reste trop éclairé quoiqu'on ait avec la vis de réglage amené la lampe à la limite extrême, la batterie a trop de tension. On diminue cette tension en joignant pendant 10 minutes les deux bornes à un fil de fer de 2 m de long et de 1/2 mm d'épaisseur. Si, en approchant autant que possible, au moyen de la vis de réglage, la lampe de l'appareil, le champ de la lampe à incandescence paraît trop sombre, par rapport au champ de la lampe à l'acétate d'amyle, il y a deux causes possibles : ou bien la batterie n'est pas complètement chargée, ou le rhéostat est un peu trop long. On aura d'abord à examiner si la batterie a la tension normale de 6 V. Si la batterie a la tension suffisante, le rhéostat est trop long. On tire un peu le fil dans la borne avec une pince, jusqu'à ce que l'intensité soit égale dans les deux champs demi-circulaires. On doit cepen-

dant éviter autant que possible de trop raccourcir le rhéostat.

Le réglage du pyromètre terminé, il est recommandé à l'opérateur inexpérimenté de faire quelques essais. En tournant l'aiguille de l'oculaire d'un côté quelconque, on essaie, sans s'occuper du chiffre normal, d'obtenir l'intensité égale des demi-cercles observée auparavant. Si l'on s'est approché du chiffre normal à $1/2$ ou 1 degré près, l'œil est suffisamment préparé pour faire dans la pratique de bonnes observations.

Autant que possible, il faut régler le pyromètre une fois par jour de service.

Comme on s'est plaint quelque fois du vacillement de la lampe à l'acétate d'amyle, on a construit une boîte noircie à l'intérieur faisant l'office de chambre noire. Si, pendant le réglage, l'appareil est mis dans la boîte, la flamme est préservée contre les courants d'air. La boîte sert en même temps au transport du pyromètre.

Mesure de la température.

Saisir de la main gauche la partie centrale du photomètre, la main droite étant à l'oculaire. La boîte contenant la lampe à incandescence est au-dessous de l'appareil afin de mieux pouvoir viser. Viser de bas en haut jusqu'à ce que la moitié inférieure du champ visuel soit éclairée et tourner le disque circulaire jusqu'à ce que l'on ait obtenu une intensité égale sur tout le champ visuel. Lire la division. La table donne la température. Si on emploie l'appareil dans un endroit où l'on est incommodé par la poussière ou la chaleur, on peut recommander d'employer un écran en tôle, en carton ou en amiante. Lorsqu'on a terminé une série de déterminations de température, on ne doit pas laisser

brûler inutilement la lampe à incandescence, mais retirer le contact avec la batterie.

Le pyromètre de Vanner est réellement pratique ; la description ci-dessus, forcément un peu longue, peut le faire paraître d'un maniement compliqué, mais il suffit d'avoir cet appareil en mains cinq minutes pour se rendre compte de la facilité de son emploi : cela en ferait même le plus parfait des pyromètres si sa graduation commençait en dessous de 900°. Il est des plus précieux dans toutes les industries où l'on se sert de hautes températures. Son fonctionnement ne doit pas être comparé à celui de la lunette de MESURÉ et NOUËL malgré certaines analogies. Ce qui le différencie de cette dernière c'est qu'au lieu d'observer une série de teintes correspondant à des températures déterminées, chose difficile à saisir pour un observateur peu exercé ou mal disposé, il s'agit simplement de faire l'égalité de deux teintes d'une même couleur. C'est une véritable observation photométrique à la portée du premier venu. La précision de l'appareil est absolue et la concordance des observations de plusieurs opérateurs est parfaite.

Cette appareil coûte comme les précédents environ 500 fr.

Nous croyons par ce qui précède avoir résumé de façon exacte la question des pyromètres dans leurs perfectionnements les plus récents. Ces divers appareils ont chacun leurs avantages, ils peuvent être choisis suivant les différents cas et rendre suivant les milieux et les résultats à obtenir des services réels et sûrs, et souvent, ils se complètent heureusement. Ils ont un mérite du reste commun, c'est d'être tous très pratiques et à la portée du premier ouvrier intelligent à qui on voudra les confier.
