

Fig. 5.

Dans le cas de l'écran diffusant parfait, ce qui nous intéresse est le rapport des brillances soit:

$$\frac{Br}{B} = \frac{\pi}{\int_0^{\theta} \int_0^{\gamma} \cos\theta \cdot \cos^2\gamma \cdot d\theta \cdot d\gamma}$$

On peut représenter ce rapport par un graphique dans lequel on porte en abscisse θ , en ordonnée γ et en reliant les points pour lesquels $\frac{Br}{B}$ a une valeur constante (fig. 5).

Il est évidemment symétrique par

Arc électrique et projection cinématographique

par J. PARISOT,

Chef du Laboratoire Central de Recherches de la Société Le Carbone Lorrain (Paris)

INTRODUCTION.

Lorsque les frères LUMIERE présentèrent en 1895 leur Cinématographe, l'arc électrique était déjà appliqué depuis une quinzaine d'années à la projection d'images. Cette source de lumière était de beaucoup la plus puissante, et sa brillance élevée permet une bonne focalisation. Très rapidement, on utilisa des lampes de 100 ampères tout à fait comparables à celles qui équipent encore de nombreux projecteurs de scène. Les charbons étaient placés dans des positions voisines de la verticale, et le cratère, taillé en biseau, était orienté vers le condensateur optique.

Il y a une trentaine d'années, on plaça le charbon positif suivant l'axe optique, comme dans les projecteurs de guerre, afin de mieux utiliser la lumière rayonnée par le cratère. Le charbon négatif était incliné, ou traversait le miroir, qui fut substitué, dans la plupart des cas, au condensateur de verre.

rapport à la première bissectrice des axes 0θ et 0γ .

Enfin, parmi les nouveautés appelées certainement à être utilisées couramment, notons les arcs à oxyde de zirconium, intéressants par leur grande brillance (5 fois plus forte que celle de la lampe à incandescence) mais dont l'utilisation posera de nouveaux problèmes du fait de leur petite dimension.

Signalons également du point de vue optique la lanterne à arc alternatif à charbons parallèles disposées de façon à supprimer le déphasage lumineux gênant dans le cas des projections en couleurs.

Les perfectionnements apportés aux charbons eurent pour objet une plus grande facilité de réglage, une meilleure stabilité de la lumière, l'augmentation de la densité de courant, mais il n'existe pas de différence fondamentale entre une lampe Pathé du début du siècle et les lampes actuelles à réglage à main.

L'arc électrique intensif fut appliqué à la projection cinématographique vers 1930; cette fois la brillance de la source était au moins triplée, la lumière émise, se rapprochant de celle du soleil, devait particulièrement convenir au film en couleur. Comme la vitesse d'usure des charbons intensifs est élevée, il fallut créer des lampes à avance mécanique, et ce perfectionnement, suivi de beaucoup d'autres, doit aboutir à un automatisme complet.

ARC ELECTRIQUE ENTRE CHARBONS NON MINERALISES.

Nous rappelons brièvement les caractères de l'arc classique en courant continu. Lorsqu'on rompt un circuit électrique par l'écartement de deux électrodes en charbon, l'arc jaillit entre ces

dernières. Si les caractéristiques du circuit sont convenables, il est possible d'écarter les charbons de plusieurs centimètres, suivant l'intensité mise en jeu, sans que le courant cesse de passer. Les extrémités des deux charbons sont portées à haute température, et, une fois le régime établi, prennent une forme immuable: la cathode se taille en pointe, l'anode ne s'amincit que légèrement, et son extrémité, comme tranchée suivant un plan perpendiculaire à l'axe, se creuse en forme de cratère.

La température du cratère anodique est très élevée. A la limite de charge, sa température de brillance, qui est la mieux connue, est $3820^\circ K \pm 10^\circ$, son rayonnement est voisin de celui du corps noir porté à cette température. La brillance est alors d'environ 18.000 stilbs (bougies par cm^2).

La partie rayonnante de la cathode est beaucoup plus petite que le cratère anodique, et se trouve portée à plus basse température. C'est donc le cratère qui rayonne le plus de lumière. L'énergie dégagée y est plus considérable, puisque les chutes cathodiques et anodiques sont respectivement de l'ordre de 10 et 30 volts. L'arc lui-même, bien qu'étant à une température bien plus élevée que les charbons, de l'ordre de 6000° , rayonne peu de lumière. La surface du cratère est en relation directe avec l'intensité du courant, tandis que sa brillance varie peu. Si l'on augmente l'intensité, il faut donc concentrer davantage le flux, pour bénéficier de l'accroissement de lumière.

A partir d'une certaine densité de courant le régime devient instable et bruyant. Dans le régime stable, l'arc, qui est silencieux, est caractérisé par un régime électrique bien déterminé et régulier, c'est à dire que pour une longueur d'arc et une intensité données, il n'existe qu'une valeur possible de la tension. Les deux caractéristiques les plus significatives sont la longueur d'arc et l'intensité, seules susceptibles d'une mesure précise.

Pour une intensité donnée, la longueur d'arc devra être comprise entre deux limites. En dessous de la limite inférieure, l'arc bruisse et de la vapeur de carbone se condense sur la pointe de la cathode sous forme de graphite. On dit que l'arc « champignonne »; au-dessus l'arc devient instable par suite de l'action du courant d'air ascendant, et ses points d'impact sur les électrodes se déplacent (fig. 1). Avec des charbons de bonne qualité, une tension d'alimentation constante, et une longueur d'arc maintenue fixe, les variations d'intensité ne doivent pas excéder 1% de la valeur moyenne. L'arc est alors clair, fixe, silencieux, et la brillance de la surface du cratère ne subit dans le temps que des fluctuations de quelques unités pour cent.

Dans l'arc classique, on suppose que les charbons sont techniquement purs et homogènes. La densité de courant limite pour l'obtention d'un arc stable peut être largement augmentée par l'incorporation de sels minéraux dans sa partie médiane. On ménage couramment un canal ayant généralement un diamètre égal au tiers ou au quart de celui du charbon, et l'on y introduit un mélange de

charbon et de matières minérales agglomérées appelé mèche. Beaucoup de corps minéraux peuvent aussi stabiliser l'arc, mais on utilise généralement des corps dont le spectre d'arc est peu riche en radiations colorées. Ces corps, plus volatils et plus facilement ionisables que le carbone, alimentent l'arc. Par exemple, un charbon de 12 mm ainsi méché peut supporter une intensité de 35 A contre 10 seulement pour un charbon

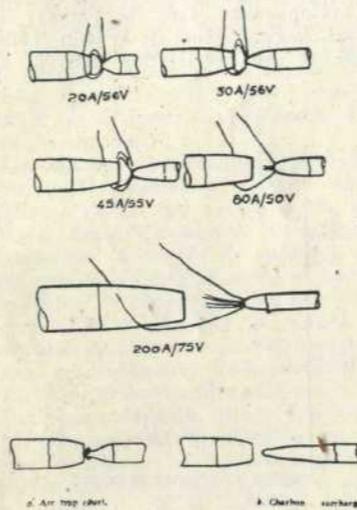


Fig. 1. - Aspects de l'arc non minéralisé.

homogène de même diamètre. La présence de corps minéraux permet également d'allonger l'arc en conservant une bonne stabilité, ce qui diminue l'occlusion du cratère par le pointe cathodique. Enfin, les constituants minéraux empêchent le régime de devenir critique lorsqu'on rapproche brusquement les charbons pour en compenser l'usure.

La caractéristique tension/intensité de l'arc classique est très descendante. Avec les charbons industriels, elle l'est également, mais beaucoup moins, et se relève aux densités de courant extrêmes. Il faut néanmoins, pour obtenir une bonne stabilité d'arc, insérer dans le circuit une résistance ohmique telle qu'une chute de 25% de la tension d'alimentation y ait lieu, tout au moins lorsqu'on a affaire à des générateurs de courant qui ne sont pas construits spécialement.

On peut obtenir des arcs à régime stable entre charbons choisis convenablement jusqu'à des intensités de plusieurs centaines d'ampères, mais l'arc change d'aspect. Au fur et à mesure que l'intensité augmente, la partie de l'arc voisine de la cathode se ramasse, tandis que la flamme prend plus d'importance. Vers 80 A, une petite langue émanant de la cathode apparaît. Cette langue se précise, grandit, s'entoure d'un espace sombre, et prend à partir d'une centaine d'ampères un aspect qu'elle conserve jusqu'au moins 1000 A. Quant à la partie anodique de l'arc, elle ne change pas sensiblement d'aspect en régime stable, la flamme s'incline seulement vers le charbon. La longueur de la pointe du charbon négatif dépend de l'écartement et de la densité de courant. Au fur et à mesure que cette dernière

augmente, le charbon s'échauffe de plus en plus loin de l'arc et brûle; on n'a plus alors affaire à un régime stable, et le charbon est dit surchargé, sans que pour cela l'arc en soit forcément perturbé. L'intensité limite que peut supporter un charbon négatif dépend, pour une section déterminée et des conditions d'ambiance identiques, de ses conductibilités électrique et thermique, qui conditionnent sa température, et de sa résistance à la combustion. L'artifice le plus souvent utilisé pour augmenter la densité de courant admissible est de cuivrer extérieurement le charbon par électrolyse. Pour prendre un exemple, un certain charbon de \varnothing 6 mm peut supporter 40 A s'il est cuivré, alors qu'il en suppose à peine 20 sans cuivrage. On munit parfois le charbon négatif d'une nièche destinée à fixer l'arc, les avantages obtenus sont sensiblement les mêmes si on emploie un charbon plus petit, sauf aux intensités sortant du domaine de la projection cinématographique.

Les mêmes considérations s'appliquent à un charbon servant d'anode, mais, avant qu'on atteigne une intensité suffisante pour que le charbon rougisse et brûle, intervient le phénomène d'instabilité de l'arc dont il a été question.

Nous donnons à titre d'indication un tableau simplifié d'emploi de charbons de ce type, dits non minéralisés, par opposition aux charbons intensifs (tableau 1).

Tableau 1 Charbons non minéralisés, conditions d'utilisation

Intensité en Ampères	Ø Charbon positif	Ø charbon négatif		Longueur d'arc 3 à 5 mm Tension 42 à 55 v. suivant conditions Brillance 12.000 à 16 000 sb.
		nu	cuivré	
8 à 10	9	6		
20 à 25	12	8	6 ou 7	
20 à 30	12			
20 à 32	12	8	mèche cuivrée	
30 à 40	14	9 ou 10	8	

Ce type de charbon est encore très utilisé pour la projection cinématographique, notamment en Italie, en Europe Centrale, en Espagne, en Amérique du Sud, aux Indes, en France dans plus de 10% des salles. Les lampes sont généralement à réglage manuel et c'est regrettable. On peut obtenir une excellente projection de teinte généralement moins appréciée que celle obtenue avec les charbons intensifs, parce que moins bleu-tée. En ce qui concerne la puissance lumineuse, rien ne s'oppose théoriquement à obtenir des valeurs du même ordre qu'avec les lampes de cinéma à arc intensif, mais la couleur de la lumière, correspondant à celle du corps noir porté à $3500-4000^\circ K$ suivant la densité de courant, ne convient pas aussi bien à la projection des films en couleur que celle des arcs intensifs. Il faut également noter que la proportion d'énergie émise dans la partie visible du spectre est 25% de l'émission totale contre 50% pour l'arc intensif. A éclairage égal, l'échauffement du film est donc plus élevé.

ARC ENTRE CHARBONS MINERALISES POUR COURANT ALTERNATIF.

Le premier type d'arc minéralisé fut l'arc à flamme, employé autrefois pour l'éclairage. Lorsqu'on augmente le taux de matières minérales dans la nièche du charbon positif, la température, donc aussi la brillance du cratère, baissent à cause de l'absorption d'énergie due à la vaporisation de ces matières. La baisse est d'ailleurs beaucoup plus forte sur la surface de la mèche que sur l'écorce.

Si les matières minérales introduites dans la mèche sont des sels de terres rares, leurs vapeurs rayonnent beaucoup dans la partie visible du spectre. La forte ionisation rend possible l'alimentation par du courant alternatif. En appliquant une densité de courant un peu plus élevée que pour les charbons non minéralisés, on obtient une lumière blanc bleuté, on relève la brillance, et la faible usure permet encore de régler à main. Voici un aperçu des conditions d'emploi (tableau 2).

Dans certaines lampes de petite puissance, les deux charbons sont disposés parallèlement, et l'arc éclate entre leurs extrémités.

Si l'on augmente la densité de courant et qu'on modifie en conséquence la qualité du charbon, il est possible d'obtenir l'effet intensif et des brillances plus élevées. On a alors affaire à l'arc intensif que nous allons étudier.

ARC INTENSIF.

CHARACTERES. — C'est l'Allemand BECK qui découvrit l'arc intensif en 1910. D'après son brevet, on pouvait, en employant un charbon positif convenablement minéralisé et protégé contre la combustion, augmenter la densité de courant en régime stable. L'avantage principal est qu'en surchargeant des charbons fortement minéralisés, on peut obtenir des valeurs de brillance du cratère 3 à 10 fois celles qu'on obtient avec

Tableau 2

Tension dans l'arc 30 à 35 volts longueur d'arc 5 mm		
Intensités en Ampères	Ø Charbons noirs	Ø Charbons cuivrés
12 — 15	8	5
20 — 25	10	6
30 — 35	12	7
40 — 50		10
55 — 60		12

le charbon pur. Les caractères essentiels de l'arc intensif sont les suivantes:

— Brillance de la mèche supérieure à celle de l'écorce et dépassant de loin les 18.000 stilbs, limite de brillance du cratère non minéralisé en régime stable. Rendement lumineux élevé de 60 à 90 lumens par watt.

— Lumière blanche de température de couleur généralement supérieure à 5000°K, émise par des vapeurs minérales portées à haute température.

— Caractéristiques intensité/tension fortement ascendante (fig. 2).

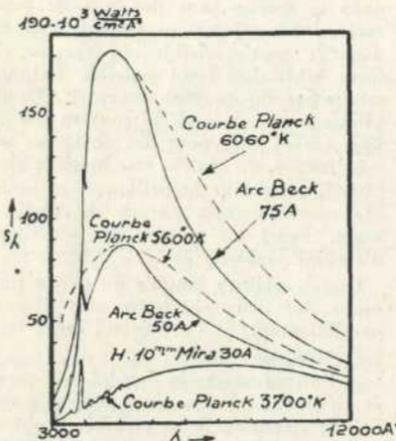


Fig. 2. - Distribution énergétique d'après Finckelburg.

Ces propriétés, obtenues par l'application d'une densité de courant élevée sur un charbon positif spécial, sont inhérentes aux phénomènes anodiques. Nous insistons sur ce point parce qu'il y a souvent confusion. Un arc de 35 à 40 ampères obtenu avec un charbon positif de 6 mm, dont la brillance est de l'ordre de 50.000 stilbs, est un arc intensif au même titre qu'un arc de 150 ampères avec charbon intensif de 13,6 mm (les phénomènes anodiques sont semblables); par contre, l'arc de 150 ampères avec charbon positif de Ø 36,5 mm, utilisé dans les anciens projecteurs de marine, ne l'est nullement. Les phénomènes cathodiques, notamment la contraction progressive de la veine et la naissance d'un dard à 80 ampères, n'influencent directement ni la brillance du cratère, ni la composition spectrale de la lumière émise par ce dernier, ni la caractéristique électrique de l'arc.

Nous avons dit que le fait d'introduire des sels de terres rares, par exemple du fluorure de terres cériques, dans la mèche d'un charbon servant d'anode, augmente la conductibilité de l'arc. Ce dernier devient plus éclairant, plus volumineux, et son spectre révèle les raies d'arc des minéraux introduits. Le cratère est peu profond. L'intensité lumineuse qu'il émet, à densité de courant égale, plus basse que celle d'un cratère de charbon non minéralisé, et la brillance de la mèche y est inférieure à celle de l'écorce. La caractéristique tension/intensité de l'arc est fortement descendante (fig. 3). Si l'on augmente l'intensité, cette caractéristique passe par un minimum, puis se relève et devient ascendante. Un peu au-dessous du

minimum de la caractéristique, les phénomènes suivants apparaissent brusquement: des vapeurs brillantes jaillissent du cratère, la tension augmente de 5 à 10 V, l'intensité baisse dans une mesure qui dépend des caractéristiques du circuit, le cratère se creuse, la brillance de la mèche augmente brusquement et devient supérieure à celle de l'écorce. Par exemple, pour un certain charbon de diamètre 9 mm les caractéristiques passent de 66 A, 24 V, 20.000 sb à 63 A, 34 V, 55.000 sb. La puissance dépensée varie donc dans le rapport 1,39 tandis que la brillance varie dans le rapport 2,36. Ce régime à haut rendement est la conséquence de l'effet Beck.

Les phénomènes qui accompagnent l'effet Beck sont d'abord instables, puis le régime devient régulier à partir d'une certaine densité de courant qui dépend du charbon, des conditions extérieures, et des caractéristiques du circuit électrique. Avant d'étudier les facteurs qui permettent d'agir sur cette source lumineuse, il est bon de dire quelques mots sur le mécanisme de la production de la lumière. Le charbon négatif, dont la pointe est portée à haute température, et surtout de 110 ampères. Cette partie de l'arc est peu lumineuse. Le bombardement du charbon positif porte son extrémité à haute température, à cause de la chute de potentiel qui a lieu à son contact. Il en résulte un rayonnement intense et une vaporisation du carbone, dont la conséquence est la formation du cratère (fig. 4 et 5).

Les matières minérales de la mèche jouent dans le cas de l'arc intensif un rôle déterminant. En faible quantité, elles rendent l'arc plus conducteur; en forte quantité, elles agissent de même, mais leur vaporisation absorbe alors beaucoup d'énergie; si la densité de courant est insuffisante, la brillance du cratère s'en trouve fortement abaissée; si la densité de courant est élevée, leur présence accroît alors la chute anodique, et elles se trouvent portées à une température supérieure à celle du cratère. Plus la température des vapeurs minérales est élevée, plus elles rayonnent, et plus le rayonnement évolue vers le bleu. Les matières habituellement introduites dans la mèche sont des sels de métaux des terres rares, dont les niveaux d'excitation sont nombreux, et qui émettent en conséquence des raies dans toute l'étendue du spectre visible.

CONDITIONNEMENT DES CHARBONS.

Aux densités de courant nécessaires à l'entretien de l'effet Beck, les charbons rayonnent et brûlent sur toute leur longueur. Pour éviter cet inconvénient on a deux moyens à sa disposition. L'un est de recouvrir par galvanoplastie les charbons d'une gaine de cuivre de 0,01 à 0,12 mm d'épaisseur, suivant le régime à lui faire supporter. L'autre est d'amener le courant suffisamment près de la pointe en ignition, et on y parvient en serrant les charbons dans les pinces conductrices. Les pinces doivent être de préférence constituées par deux mâchoires en forme de coquilles épou-

sant bien la forme du charbon. Le métal idéal, au moins pour la surface de contact, est l'argent. Les longueurs de charbon hors des pinces doivent être respectivement de l'ordre de 2 et 3 fois le diamètre pour le positif et le négatif. Avec refroidissement des pinces d'amorce de courant par l'eau, on peut descendre au dessous d'une fois le diamètre.

Jusqu'aux environs de 80 ampères, il y a avantage à placer les charbons dans le prolongement l'un de l'autre; au-dessus, la contraction de la veine cathodique et son accélération peuvent ap-

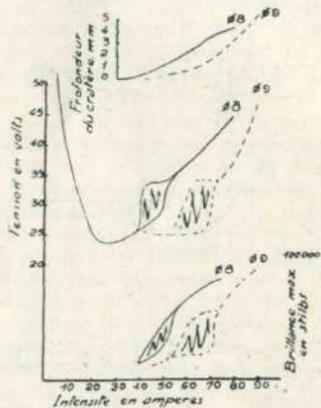


Fig. 3. - Etablissement de l'effet Beck.

porter des perturbations auxquelles on remédie par des dispositifs de soufflage magnétique appropriés. A partir de 115 et 120 ampères, il est nécessaire d'incliner le charbon négatif d'un angle de 15 à 55°, on a même été jusqu'à 90°.

Lorsque les charbons dépassent le diamètre de 9, il est recommandé, et cela devient nécessaire pour les charbons de 13 mm, de faire tourner le charbon positif sur lui-même, afin d'assurer une taille orthogonale de la tranche en combustion.

La position relative des charbons dans leur plan n'est pas indifférente. Lorsque les charbons sont dans le prolongement l'un de l'autre, il faut souvent les décaler pour que le charbon positif se taille droit avec tendance à un biseau vers le haut. Dans la position en angle, l'impact est très important, et dépend des conditions locales. En élevant le charbon négatif, la brillance et la stabilité passent par un maximum (fig. 6). Lorsque l'arc est trop court les vapeurs anodiques tendent à se condenser sur la pointe du charbon négatif. Cette tendance existe toujours dans les arcs d'intensité inférieure à 80 ampères, et le fabricant de charbon doit la combattre. Si l'arc est trop long, on augmente inutilement la tension d'arc, ce dernier devient grêle et sujet aux courants d'air. Lorsque le dard existe, il est indiqué de travailler à longueur d'arc plus grande pour ne pas perturber exagérément les vapeurs cathodiques, mais il y a une limite imposée par la sensibilité de l'arc aux mouvements de l'air ambiant.

Les usures rapides des charbons intensifs nécessitent une avance automatique des charbons. Les conditions idéales à réaliser sont les suivantes:

1) assurer le maintien du cratère au point de réglage optimum trouvé par expérience (une différence de 2 mm sur la position peut causer, dans certains cas, une variation d'éclairage de l'écran de 20%); l'éloignement du miroir accentue le bleu, le rapprochement accentue le jaune et le rouge.

2) assurer la constance des caractéristiques de l'arc. On peut assurer le maintien en place de la pointe du charbon négatif ou mieux, maintenir les caractéristiques électriques en faisant agir un mécanisme de réglage automatique qui avance ou recule le charbon. Dans un réglage automatique du régime électrique, c'est l'intensité et non la tension dont il est de beaucoup préférable d'assurer la constance.

Les influences magnétiques ou hydrodynamiques extérieures ne sont pas à négliger. En ce qui concerne les premières, depuis longtemps des lampes portent des dispositifs de soufflage magnétiques ou électromagnétiques propres à redresser la flamme surplombant l'arc, à concentrer ce dernier, à freiner ses variations de forme ou ses déplacements. Quant aux influences hydrodynamiques, à part leur action accidentelle sur la stabilité (courants d'air, tirage des lanternes), elles peuvent considérablement modifier la brillance et le rendement d'un arc. Un effet de trompe tendant à sortir les vapeurs du cratère augmente la brillance (fig. 7). Cet effet, connu depuis longtemps, est mis à profit dans une lampe nouvelle, où une série d'ajutages, répartis autour du charbon positif, soufflent de l'air parallèlement à l'arc et vers le charbon négatif.

INTENSITE ELECTRIQUE.

La brillance augmente avec l'intensité de façon à peu près linéaire jusqu'à un plafond (fig. 8 et 9). L'usure des charbons croît d'ailleurs à peu près de la même façon (fig. 10). L'instabilité de l'arc apparaît souvent au dessous de ce plafond. En même temps que la brillance maximum du cratère s'accroît, sa répartition sur la surface de ce dernier s'égalise. La lumière évolue, ainsi que nous l'avons dit, vers le bleu.

TENSION.

La tension aux bornes des lampes totalise les chutes dans les contacts, dans les charbons, et dans l'arc proprement dit, c'est pourquoi sa valeur est un critère douteux. Le praticien doit se soucier de faire fonctionner les charbons en positions relatives convenables, avec l'intensité électrique conseillée, sans se préoccuper de la tension qui en est la conséquence. Il y a bien entendu intérêt à réduire les chutes de potentiel inutiles dans les contacts et dans les charbons eux-mêmes.

La tension d'arc est la somme de 3 valeurs, chute cathodique, chute dans la colonne, chute anodique. On ne peut réduire sensiblement la chute cathodique (elle est de l'ordre de 10 V). La chute dans la colonne est fonction de la longueur de cette dernière, elle-même réglée par des considérations de stabilité. Enfin, la chute anodique, de l'ordre de 35 volts, est directement liée à l'élévation de température du cratère, donc a

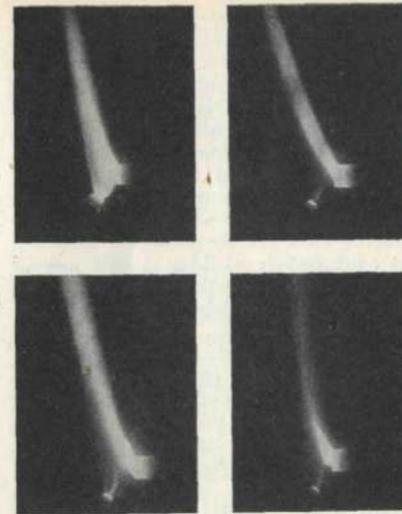


Fig. 4. - Aspects de l'arc intensif.

la production de lumière. On peut la subdiviser en chute à la séparation solide-gaz, et en chute dans les vapeurs.

CRATERE.

La profondeur et la surface du cratère croissent en même temps que l'intensité, la brillance, l'usure, jusqu'à une limite. Le cratère canalise les vapeurs, leur permet de s'échauffer et de rayonner vers l'avant; s'il est trop profond, des perturbations se manifestent. L'existence d'un cratère assez profond est utile pour centrer la source, mais il n'est pas nécessairement lié à l'obtention de hautes brillances.

CHARBONS.

Les charbons ne doivent pas brûler et chauffer trop loin de la pointe. Lorsqu'ils sont cuivrés, la longueur de la pointe est conditionnée par la conductibilité thermique du charbon et l'épaisseur de cuivrage, aussi aucune règle ne peut être donnée, sinon que les variations de la longueur de la pointe en service doivent être faibles. Lorsque des mâchoires amènent le courant, il faut que le contact soit franc (absence de petits arcs) et que la longueur libre soit telle que le charbon ne s'effile pas trop.

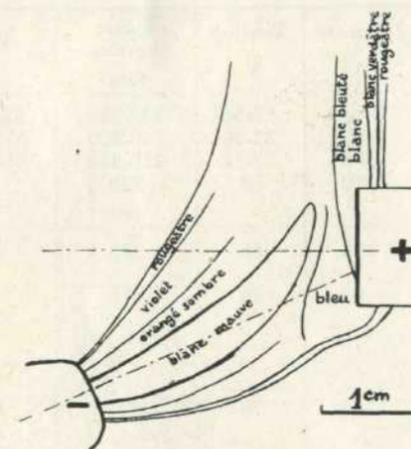


Fig. 5. - Arc 150 A. 75 V.

Les caractéristiques physiques et chimiques de l'écorce du charbon sont adaptées par le fabricant aux conditions d'emploi. Les conductibilités thermique et électrique, qui vont de pair, influent directement sur la brillance. La présence de matières minérales est dangereuse parce que ces dernières, plus volatiles et plus ionisables que le carbone, dévient l'arc. Si elles sont en faible quantité et bien réparties, il s'ensuit un amorçage permanent de l'arc sur les parois extérieures du cratère, sinon, l'amorçage est irrégulier, et il en résulte des fluctuations de brillance. La texture de l'écorce, enfin, doit répondre à certaines conditions. Si des fissures laissent échapper les vapeurs présentes dans le cratère, elles provoquent un amorçage pouvant le déformer et causer des perturbations lumineuses. D'autre part, une écorce peut être sensible au choc thermique et ne pas supporter l'élévation brutale de température causée par l'allumage. A ce sujet, il est recomman-

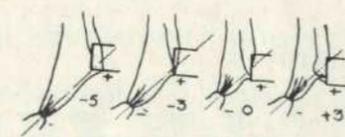


Fig. 6. - Influence de l'impact.

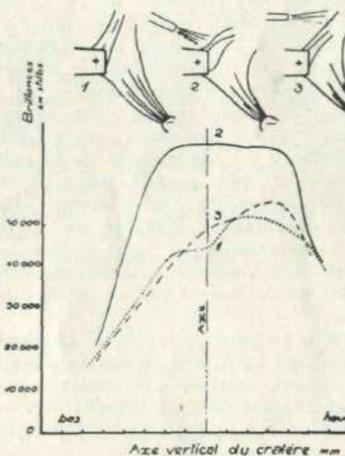


Fig. 7. - Effet d'un soufflage.

dé de produire le court-circuit d'allumage sur la mèche et non sur l'écorce.

La mèche est caractérisée par son diamètre, sa densité, sa minéralisation. L'augmentation du diamètre permet une élévation de la densité de courant admissible, et une meilleure répartition de la brillance. Plus la densité de la mèche est élevée, plus l'usure et la brillance sont basses. La nature des sels qui y sont présents, leur volatilité sont, bien entendu, très importantes. Sous l'action de la température, les matières minérales se vaporisent et la mèche s'épuise sur quelques mm de longueur jusqu'à ce qu'un équilibre intervienne. La matière carbonée de la mèche doit rester solide, régulièrement poreuse, et constituer en quelque sorte un filtre au travers duquel fusent les vapeurs minérales.

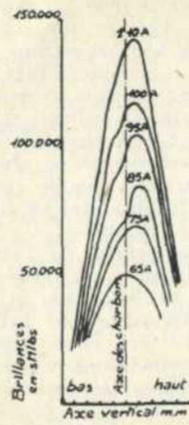


Fig. 8. - Répartition de la brillance sur l'axe vertical.

Le tableau 3 donne un aperçu des conditions d'emploi des charbons intensifs et de leurs caractéristiques.

ARC INTENSIF SOUS COURANT ALTERNATIF.

L'arc est produit entre deux charbons cuivrés du type intensif généralement placés en position horizontale dans le prolongement l'un de l'autre. La densité de courant est très élevée: 80 A efficaces pour des charbons de Ø 8 mm, soit 1,59 A: mm², mais la tension d'arc n'est de 25 à 27 V pour un écartement de 6 mm. De ce fait, l'énergie dégagée sur le cratère est bien moindre, et le charbon est moins chargé qu'en courant continu: cratère peu creux, usure faible. La tendance à l'allongement de la pointe, seule, est plus grande, parce qu'elle dépend surtout de l'effet Joule. L'arc est habituellement alimenté au moyen d'un transformateur à fortes pertes. Les lampes sont à avance automatique commandée généralement par un relais d'intensité.

L'arc a un plan de symétrie. La partie médiane est bleuâtre et peu éclairante. Les régions voisines des cratères rappellent l'aspect de l'arc intensif, des vapeurs blanches et brillantes s'échappent

de la mèche. Le système optique n'utilise, en général, que la lumière émise par l'un des cratères. La brillance instantanée de ce dernier varie, bien entendu, comme la fréquence du courant (fig. 11). La fréquence du courant étant de 50 p, et la fréquence de projection étant théoriquement de 24 images par seconde, mais pouvant varier autour de cette valeur, il peut se produire des battements alors plus les variations de teinte que les variations d'éclairement de l'écran. La presque totalité de la lumière recueillie par le miroir est celle émise par le charbon placé à son opposé. Lorsque ce charbon est cathode, et à plus forte raison lorsque le courant s'annule, la lumière qu'il émet apparaît par contraste rougeâtre par rapport à celle qu'il émet lorsqu'il est anode. Malgré les inconvénients signalés, possibilité de variation de teinte et non utilisation de la moitié de la lumière émise par les cratères, la simplicité de l'installation assure à ce type d'arc un certain succès.

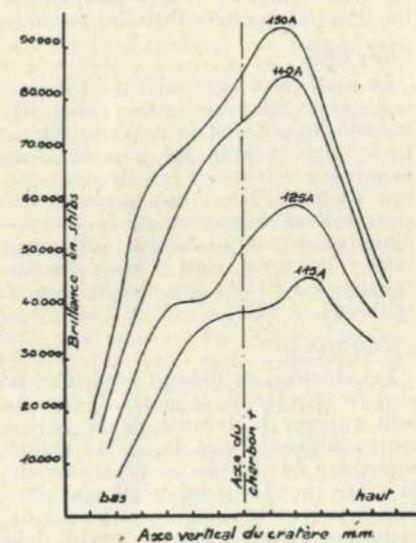


Fig. 9. - Répartition de la brillance sur l'axe vertical.

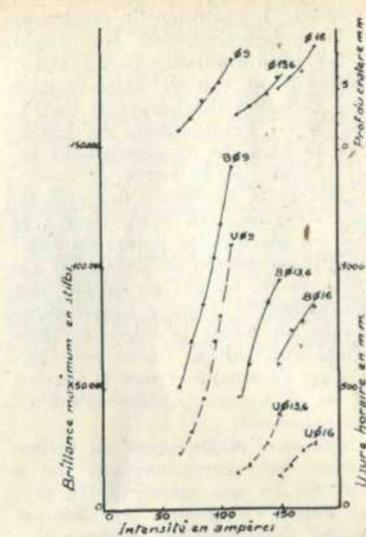


Fig. 10. - Influence de l'intensité.

Pour éviter les battements éventuels de lumière, on a réalisé aux Etats Unis un transformateur rotatif avec multiplication de la fréquence, mais on perd l'avantage de la simplicité du transformateur statique. Une autre solution consiste à utiliser le courant triphasé. L'arc éclate alors entre trois charbons disposés suivant trois génératrices équidistantes d'un cône très ouvert. Le bulbe gazeux, formé entre les charbons, fournit une partie importante de la lumière. Les charbons doivent être réglés simultanément de manière très précise.

Le tableau 4 donne quelques conditions d'utilisation des charbons intensifs cuivrés pour courant alternatif.

ARC SUPERINTENSIF.

C'est une extension récente de l'arc intensif. Nous avons dit qu'en augmentant l'intensité dans un charbon, la brillance, l'usure, la chute de tension augmentent, le cratère se creuse, l'arc devient instable, souvent avant que la brillance plafonne. Des travaux allemands et américains ont montré que le

Tableau 4

Ø	Intensité	Tension	Longueur d'arc	Brillance
6	40 à 50	25 à 27 v.	6 mm	de l'ordre de 30.000 sb.
7	55 à 60			
8	75 à 80			
9	80 à 100			

courant triphasé: Ø 7,45 à 50 A, 18 v, longueur d'arc 5 mm.

refroidissement par l'eau des mâcheires d'amenée de courant élevait le plafond de stabilité. La chute de tension, l'usure, la brillance sont réduites parallèlement. En surchargeant, et à condition d'adapter le charbon à ce régime, on arrive à rattraper, et au delà, la baisse de brillance, et à obtenir des valeurs plus élevées en régime bruyant mais stable. On approcherait ainsi 200.000 stilbs. Des brillances de 180.000 stilbs avaient été signalées il y a longtemps mais en régime instable. Nous avons obtenu autrefois 142.000 stilbs avec un charbon de 9, mais l'usure de 1100 mm/H nous avait paru prohibitive. En fait, les usures correspondant à des brillances de 145.000 stilbs sont de l'ordre de 1 mètre 50 à l'heure pour le diamètre 10.

Pour remédier aux inconvénients de la forte usure, de nouvelles lampes pour projecteurs sont munies d'un magasin et d'un dispositif assurant l'alimentation continue en charbons positifs courts qui se rabotent automatiquement; le charbon négatif peut être remplacé par un disque en graphite. Dans une lampe américaine pour projection cinématographique dont le charbon positif de 9 mm est refroidi par une gaine à circulation d'eau, l'intensité admise peut varier entre 100 et 120 ampères. L'effet du refroidissement par l'eau s'atténue au fur et à mesure que le diamètre du charbon croît; au delà de 16 mm, il devient très faible: son efficacité est d'autant plus grande que le charbon est meilleur conducteur de la chaleur.

APPRECIATION DE LA LUMIERE EMISE PAR UN ARC.

STABILITE DE LA LUMIERE.

La lumière émise par un arc peut subir des fluctuations de fréquence et d'amplitude très variables. Les pertur-

bations périodiques proviennent en général de la tension d'alimentation (commutation défectueuse, ovalisation du collecteur de la dynamo). Les perturbations lumineuses dues aux charbons sont rarement périodiques. Il arrive cependant que l'arc intensif ne soit pas stable, et que la lumière passe par un minimum et un maximum avec une fréquence de plusieurs secondes. Ce phénomène ne doit pas se produire avec des charbons correctement fabriqués, à condition que la densité de courant soit suffisante, et que les caractéristiques électriques du générateur soient convenables.

Les perturbations accidentelles dues à l'imperfection des charbons sont de durées variables; leurs causes sont nombreuses, déflagration dans le cratère avec ou sans projection de matière, vaporisation irrégulière des matières de la mèche, apparition d'une fissure dans la paroi du cratère, usure non symétrique de ce dernier, amorçage intempestif de l'arc sur des impuretés contenues dans l'écorce. Un bon charbon doit être exempt de ces défauts; il faut donc être en mesure de les déceler.

Toute variation de la lumière est accompagnée d'une variation plus ou moins grande des caractéristiques électriques. L'enregistrement d'un diagramme de tension renseigne donc sur la constance de la lumière. Les variations d'intensité sont généralement moins aigües, mais l'emploi d'un transformateur à haut rapport relié à un voltmètre enregistreur, permet d'augmenter la sensibilité de la mesure. Quoiqu'il en soit, il est indispensable de pouvoir mesurer directement les variations de lumière. On peut enregistrer directement au moyen d'un galvanomètre et d'un papier sensible le courant débité par une cellule à couche d'arrêt, c'est ce que nous faisons par exemple sur un enregistreur tricourbe

Fig. 11. - Arc intensif en courant alternatif. Courbes lumière, intensité, tension.

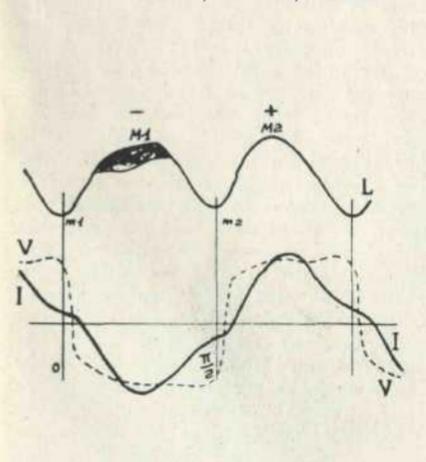
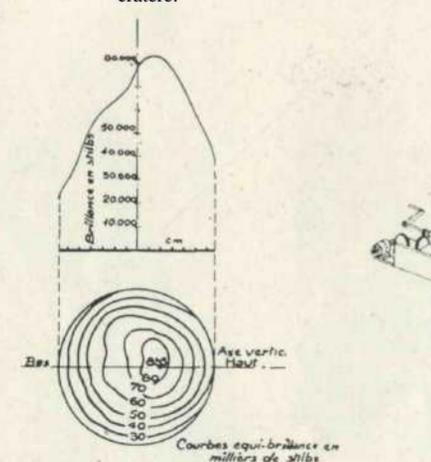


Fig. 12. - Répartition de la brillance sur le cratère.



comportant un galvanomètre et deux oscillographes. L'emploi d'un amplificateur et d'un enregistreur à siphon permet d'obtenir plus aisément un diagramme où les variations perceptibles à l'oeil sont mises en évidence.

QUANTITE DE LUMIERE.

Lorsqu'on compare des charbons de même type, le moyen le plus direct est de les brûler successivement dans un projecteur et de mesurer l'éclairement de l'écran. Il peut être utile de connaître la répartition de l'éclairement; on déplace alors la cellule sur l'écran. Si l'on veut comparer les quantités globales de lumière envoyées sur l'écran, on peut faire usage d'un réflectomètre constitué par un objectif et une cellule sur laquelle se forme l'image de l'écran. Ces façons d'opérer sont utiles pour procéder à des comparaisons; les mesures absolues sont plus difficiles à effectuer, car elles doivent porter sur le cratère lui-même.

Il est d'usage de caractériser les sources d'éclairage par leur courbe d'intensité lumineuse dans l'espace, or, dans la projection, c'est le rayonnement du cratère qui est exclusivement utilisé, et encore la partie de ce rayonnement émise par les régions marginales est-elle pratiquement perdue; quant au rayonnement de l'arc et de la flamme, il est absolument sans intérêt. La mesure de l'intensité lumineuse brute donne donc des renseignements faux. La meilleure caractéristique d'un charbon est la brillance de son cratère, qu'on se contente habituellement de mesurer dans l'axe; cette mesure est assez facile à faire lorsque le charbon négatif est dans une position telle que le cratère est démasqué, il en est autrement dans le cas des charbons placés dans le prolongement l'un de l'autre et assez rapprochés.

La connaissance de la répartition de

Fig. 13. - Schéma du spectrophotomètre enregistreur.

A, lentille; B, fente d'entrée; C, glissière de mise au point; D, glissière principale; E, rampe de mise au point; F, prisme de flint; G, châssis portant le papier sensible; H, fente recevant les spots; I, came de correction d'abscisses; J, cellule photo-électrique; K, portique commandant l'ouverture des volets M; L, cammes supportant le portique K; M, volets de la cellule J; N, rampes commandant l'ouverture des volets M; O, galvanomètre; P, petit miroir dérivant une fraction du flux vers la cellule Q; Q, cellule photo-électrique; R, galvanomètre.

Tableau 3

Condition d'emploi de quelques charbons minéralisés intensifs

Ø charbons	Long. d'arc mm	Intensité A	Tension V	Usure horaire mm	Brillance max.	Cratère		Régime
						Ø	Prol.	
6	6	30-40	32-38	140-280	37500-55000	5	1,5 à 2,5	Régime intensif
7		40-50	32-38	140-280	37500-55000	6	1,5 à 2,5	
8		50-65	32-38	150-340	35000-67600	7	2 à 3,5	
8 spécial		70	38	380	70.000	7	3,7	
13,6	18	125	65	220	60.000	11	3,5	Régime intensif
13,6 spécial	29	180	75	470	85.500	12	4,5	
10	20	150	76	1560	145.000	9,8	9	Exemple de régime super intensif

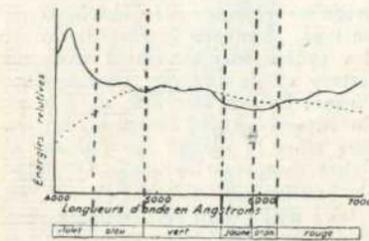
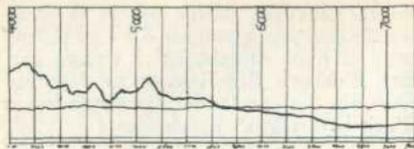


Fig. 15. - Courbe relevée au spectrophotomètre.

Fig. 16. - Répartition spectrale énergétique.

brillance sur le cratère est utile. En effet, aux aberrations près, et surtout avec des dispositifs optiques à courbure sphérique, l'image du cratère est reproduite sur l'écran, et son éclairage est d'autant plus régulier que la brillance du cratère est plus uniforme (fig. 12).

On doit employer les cellules avec discernement, leur courbe de réponse n'est pas conforme à celle de l'oeil, et il faut les corriger avec des filtres appropriés. Les mesures les plus exactes sont faites

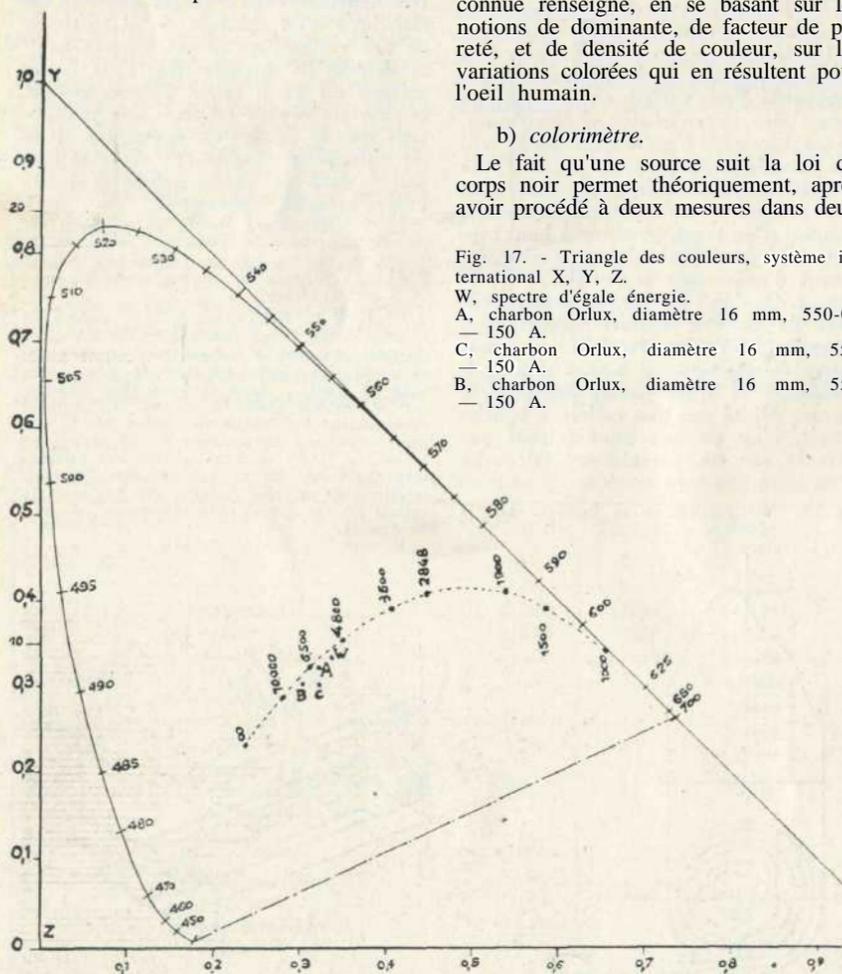


Fig. 17. - Triangle des couleurs, système international X, Y, Z.
W, spectre d'égal énergie.
A, charbon Orlux, diamètre 16 mm, 550-01 — 150 A.
C, charbon Orlux, diamètre 16 mm, 550 — 150 A.
B, charbon Orlux, diamètre 16 mm, 552 — 150 A.

par comparaison visuelle, mais elles sont longues à effectuer, et perdent de leur intérêt vis à vis de la projection en couleur.

QUALITE DE LA LUMIERE.

Lorsqu'il s'agit d'une projection de film noir et blanc, la couleur de la lumière n'est pas sans intérêt, et il est utile de pouvoir la repérer et l'identifier. Lorsqu'il s'agit de film en couleur, ce n'est pas la couleur proprement dite de la lumière qui a de l'importance, mais sa composition spectrale.

a) spectrophotométrie.

En explorant un spectre au moyen d'un instrument sensible: pile thermo-électrique, cellule à couche d'arrêt photo émissive, on peut mesurer la répartition d'énergie en fonction des longueurs d'onde (fig. 13, 14, 15, 16).

La comparaison des courbes de deux charbons d'arc permet de se faire une idée des différences de richesses dans tel domaine du spectre (plus de rouge, de vert...) et de trouver la cause des renforcements locaux, mais on peut faire mieux et reporter le point représentatif de la source dans le triangle des couleurs (fig. 17). On trouve effectivement des points figuratifs voisins de la courbe représentative du corps noir, et on peut avoir une idée assez précise de la température de couleur. La comparaison de ces points avec ceux représentant la lumière blanche ou une lumière colorée connue renseigne, en se basant sur les notions de dominante, de facteur de pureté, et de densité de couleur, sur les variations colorées qui en résultent pour l'oeil humain.

b) colorimètre.

Le fait qu'une source suit la loi du corps noir permet théoriquement, après avoir procédé à deux mesures dans deux

régions différentes du spectre, de calculer la température de distribution, donc approximativement la température de couleur. C'est ainsi qu'avec l'index rouge/bleu, on a pu passer à la température de couleur, et que des appareils américains permettent de lire sur un cadran cette température, après avoir procédé à une opération photométrique simple. La tendance actuelle en prise de vue est de mesurer deux rapports, par exemple bleu/rouge et vert/rouge avec un appareil à cellule, et de donner comme résultat, non pas une température de couleur, mais le filtre ou les filtres à utiliser devant l'objectif, ou devant les sources, pour avoir un rendu correct.

En conclusion, s'il s'agit de film noir et blanc, l'oeil humain, qui est le meilleur juge, n'est apte qu'à comparer, et il est très difficile de procéder à des comparaisons correctes. La photométrie physique n'est jamais aussi sensible que l'oeil, et on sait que si deux répartitions spectrales identiques donnent une même impression sur l'oeil, deux lumières pareilles pour l'oeil n'ont pas forcément la même composition spectrale, aussi la question est-elle compliquée. La répartition spectrale énergétique, la température de couleur, donnent des indications utiles, mais la solution la meilleure serait l'utilisation de colorimètres où l'oeil interviendrait.

En ce qui concerne le film en couleur, la répartition spectrale est théoriquement la seule caractéristique intéressante d'une lumière. Etant donné que le cratère rayonne approximativement comme le corps noir, on peut utiliser la notion de température de couleur; c'est ainsi, croyons-nous savoir, que la température idéale pour projeter le film Technicolor a été fixée à 5300°K. L'utilisation de colorimètres analogues à ceux qu'on commence à utiliser dans les studios apporterait une solution plus rapide, mais moins précise que la spectrophotométrie.

APERCU SUR LA FABRICATION DES CHARBONS D'ARC.

De nombreuses variétés techniques de carbone sont utilisées pour faire des charbons d'arc; ce sont, d'une part, les charbons dits amorphes; noir de fumée, coke de brai, coke de pétrole, coke de brai de houille, coke de cornue, coke de houilles purifiées; d'autre part, le graphite artificiel ou naturel. Toutes se présentent sous forme plus ou moins divisée ou poreuse. Il s'agit d'obtenir un aggloméré solide de charbon techniquement pur. Etant donné que le carbone ne se fritte pas seul, on l'agglomère avec une matière cokéfiante telle que le brai ou le goudron de houille. Les charbons employés comme matières premières, souvent calcinés préalablement, ou ayant déjà subi un processus d'agglomération ou de cuisson, sont broyés, tamisés et mélangés au liant. On obtient une pâte épaisse qu'on malaxe, triture, moule dans des presses par filage (extrusion) (fig. 18, 19). Les bâtons compacts ainsi obtenus sont cuits très lentement sous protection de poudre de coke jusqu'à une température supérieure à 1000°, afin d'éliminer les parties vo-

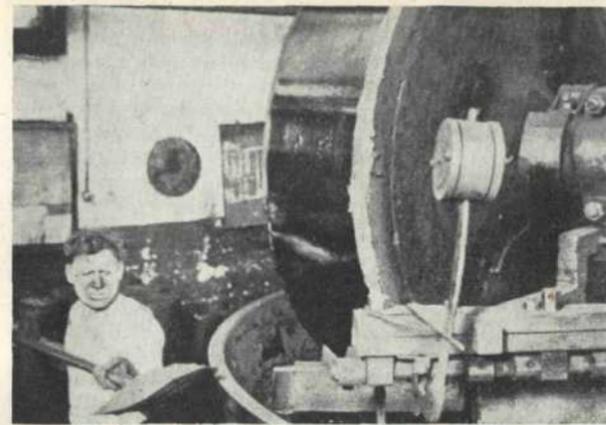


Fig. 18. - Meulage de pâte à charbon.

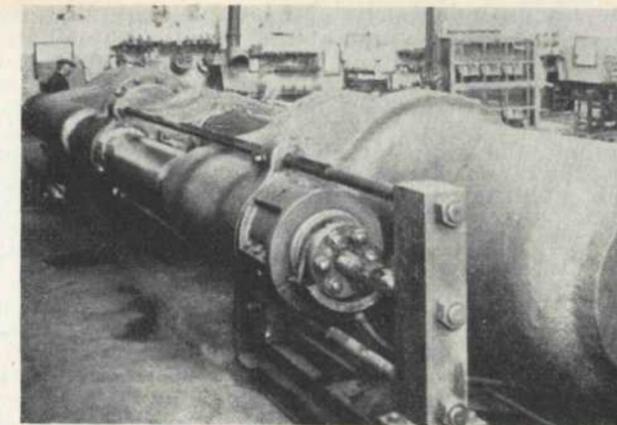


Fig. 19. - Presse pour filer les charbons.

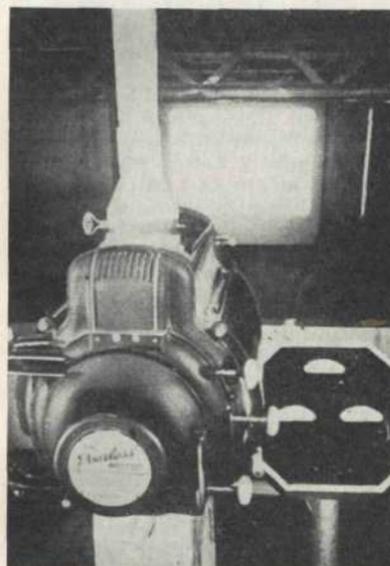


Fig. 20. - Poste d'essai.

lantes du liant, puis de cokéfier ses parties lourdes. Les grains de charbon se trouvent ainsi reliés par des ponts de coke, et grâce au retrait qui intervient, on obtient un charbon technique ho-

Fig. 21. - Lampe universelle « Bréguet ».

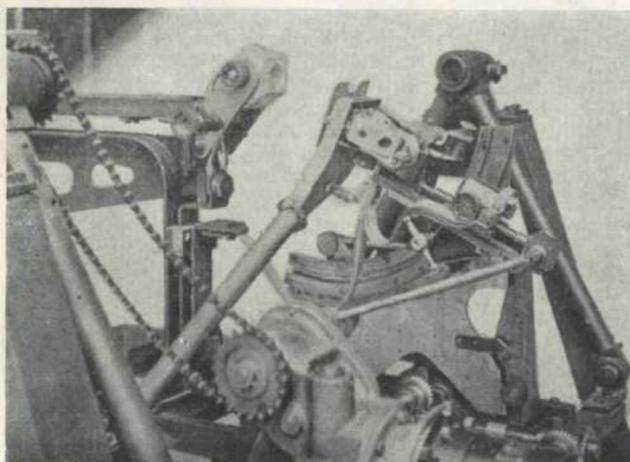


Fig. 22. - Salle d'essais.

mogène, compact, bon conducteur de l'électricité.

Si l'on porte le charbon amorphe à des températures dépassant 2200°, il se produit une modification cristalline et une purification. On constate une augmentation progressive de la densité, des conductibilités électrique ou thermique, et du caractère réfractaire. Suivant le degré de température atteint, le temps, la nature des matières premières, leurs impuretés, on peut obtenir du graphite artificiel se rapprochant plus ou moins du graphite naturel.

Nous avons vu que l'introduction de matières minérales dans les charbons joue un rôle très important et qu'elles constituent un facteur essentiel dans l'arc intensif. Elles sont mélangées à du charbon dans la partie centrale appelée mèche, et leur taux peut varier de 10 à 70%. La mèche peut être mise en forme et cuite préalablement à son introduction dans le charbon, ou bien y être injectée sous forme d'une pâte qu'on fait ensuite durcir. Le diamètre de la mèche peut varier entre le quart et les sept dixièmes de celui du charbon, on va même au delà pour les charbons superintensifs.

La fabrication des charbons nécessite une grande surveillance et de nombreux contrôles si on veut obtenir une qualité régulière. Voici un aperçu de ces contrôles:

CONTROLE DE LA FABRICATION

Matières premières:

Taux de cendres; taux de matières volatiles, contrôle granulométrique après broyage des produits carbonés, analyse chimique, contrôles physiques sur les matières minérales, pouvoir agglomérant, viscosité des agglomérants.

Matières intermédiaires:

Contrôle des caractéristiques physiques et chimiques, densité, résistivité, propriétés mécaniques, taux de cendres; élimination des parties fissurées, tordues, contrôle du diamètre.

Contrôle après fabrication:

Contrôle de la mèche aux rayons X, au son, vérification de l'épaisseur de cuivrage du diamètre, élimination des charbons cassés sous cuivre.

Contrôle de la qualité:

Effectué sur prélèvement. Les charbons sont brûlés autant que possible dans leurs conditions d'utilisation, le plus souvent à leurs régimes extrêmes. Les combustions durent de 20 minutes à une heure. On observe la lumière projetée, mesurée au luxmètre d'éclairage de l'écran enregistré la tension et les variations d'intensité. On peut également enregistrer les variations de lumière pendant toute la durée de la combustion.

Une fois l'essai terminé, on mesure la longueur des charbons pour calculer l'usure, la longueur des pointes, les dimensions du cratère etc. Outre la mise en évidence d'un défaut de fonctionnement qui fait rejeter le lot de fabrication, on veille à ce que le rendement lumineux et l'usure ne s'écartent pas des normes tirées de l'étude statistique (fig. 20, 21, 22).

CONCLUSION.

Le but de cet exposé, que Monsieur VIVIE a bien voulu nous demander de faire, est de contribuer à la collaboration entre les fabricants de charbons, les constructeurs de lampes, et les techniciens de la projection cinématographique, en vue d'utiliser au mieux l'arc électrique. La source de lumière est, en effet, le facteur important considéré trop souvent comme secondaire.

Nous avons cru bon de déborder le sujet en donnant un aperçu sur le mécanisme de l'arc, le rôle des charbons, les moyens mis en œuvre pour les fabriquer, les contrôler, maintenir leur qualité.

Les perfectionnements apportés au projecteur ont pour objet principal d'augmenter l'éclairement d'écrans de plus en plus grands, comme par exemple dans les « Drive-in » des Etats-Unis. La quantité d'énergie concentrée sur le film tend ainsi toujours à s'accroître; l'air soufflé ne suffit plus pour refroidir la pellicule, et plusieurs solutions nouvelles ont été proposées, dont le refroidissement de la fenêtre de projection par l'eau, et l'emploi de filtres ou même de miroirs arrêtant l'énergie infra-rouge.

L'augmentation de la brillance de la source est la façon la plus simple d'accroître l'éclairement de l'écran: elle réduit par surcroît la proportion d'énergie parasite. Il faut pourtant remarquer

que la brillance est fonction de la température de la source, et que le maximum d'énergie rayonnée se déplace vers les courtes longueurs d'onde lorsque la température s'élève. On tend donc vers la production d'un excès de bleu et de violet, qui peut aussi bien nuire à la bonne reproduction des couleurs qu'un excès de rouge. Quoiqu'il en soit, les recherches effectuées sur les charbons ont toujours pour orientation générale l'augmentation de la brillance.

L'importance de la lampe devient de plus en plus grande au fur et à mesure qu'on charge davantage les charbons. Des progrès sont encore à faire dans l'utilisation de la lumière, mais surtout dans l'automatisme du réglage des lampes. L'utilisateur devra de plus en plus être débarrassé de soucis inhérents à la lampe. La connaissance de l'arc et des charbons lui est cependant nécessaire, et d'autant plus que la lampe est moins perfectionnée.

L'arc électrique entre charbons demeure encore pour la projection cinématographique la source lumineuse la plus simple, la plus constante et la plus sûre; utilisée par l'industrie cinématographique depuis plus de 50 ans, elle ne paraît pas encore devoir être surclassée.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- M. LEBLANC fils, *L'Arc électrique*, édité J. Phys. Paris, 1922.
FINKELNBURG, *Hochstrom Kohlebogen 1948*, Springer. Berlin.
OSWALD, *L'Arc électrique intensif, ouvrage Lebeau, Les hautes températures et leur utilisation en chimie*, Masson. Paris, 1950.
J. PARISOT, *L'Arc électrique intensif*. Gauthier-Villars, Paris, 1950.

L'acoustique dans les cinémas

par W. TAK
Ingénieur à la N. V. Philips
(Pays-Bas)

C'est avec le plus grand plaisir que j'ai accepté votre invitation à venir discuter l'un des sujets de votre vaste programme. J'ai choisi de vous parler de « l'acoustique dans les cinémas », et je vous entretiendrai surtout du problème de la reproduction du son. Il reste encore beaucoup à faire en ce qui concerne la reproduction du son pour que le film parlant atteigne la perfection. Lorsqu'on présenta au public les premiers films parlants, il fallut un certain temps pour que les gens sachent apprécier le progrès technique qu'ils représentaient. Depuis lors on n'a fait que les améliorer, et actuellement on peut dire qu'on a réalisé un équilibre satisfaisant entre l'image, la parole et la musique.

La reproduction des instruments de musique et des réalisations vocales est excellente à tous points de vue, et le rendu de la parole peut être considéré comme satisfaisant. Mais sans image, la

reproduction du son serait en elle-même peu satisfaisante.

Par conséquent la perception des sons est influencée par la vue des images.

Il n'y a pas de raison profonde de penser que l'inverse ne serait pas aussi vrai, c'est à dire que le son n'influencerait pas la perception de l'image.

C'est d'autant plus vraisemblable que, parmi les sens qui traduisent les émotions de l'artiste, l'audition a au moins autant d'importance que la vue.

A cet égard, je vous demanderai de comparer une audition radiophonique à un film muet ou, si vous préférez, à des caricatures.

Les sons exercent une influence tout à fait bienfaisante sur les relations humaines. On a démontré par exemple que la musique tendait à satisfaire un besoin naturel. Le son rompt la monotonie de la vie quotidienne et donne aux gens l'impression d'être plus heureux. Il peut aussi créer une ambiance favorisant les rapports entre individus. Dans le cas du personnel d'usine, par exemple, la musique élève la moralité des ouvriers

et leur donne la fierté d'être liés à leurs ateliers. Cela aiguise leur attention, diminue les accidents et réduit les périodes de négligence.

Ce ne sont là que quelques-unes des influences du son. Il en existe beaucoup d'autres, sur lesquelles on a écrit des livres entiers.

On a suffisamment insisté sur l'importance du son, et nous ne pouvons que regretter que sa valeur n'ait été appréciée que depuis quelques années. Si l'on compare le son avec la technique de l'image, il y a un gros retard à rattraper en matière de reproduction du son, mais nous nous efforçons actuellement de regagner le terrain perdu et l'on peut dire qu'il y a déjà eu de sérieux progrès réalisés.

Nous allons maintenant passer en revue tous les facteurs jouant un rôle dans la qualité de la reproduction sonore des films. Pour cela, suivons le trajet du son de film à l'oreille.

Nous rencontrons successivement le lecteur de son du projecteur, l'amplificateur, le haut-parleur puis le trajet parcouru par le son entre le haut-parleur et l'oreille. J'aimerais étudier avec vous ces divers points. Mais je préfère partir du dernier point qui, tout en représentant le problème le plus important, n'a pas bénéficié de l'attention qu'il méritait. Ce trajet du haut-parleur à l'oreille est étroitement lié à ce que nous appelons l'acoustique de la salle, et la science de l'acoustique étant relativement récente, peu de gens, en fait, sont des experts dans ce domaine.

D'une façon générale, lorsque les architectes font les plans d'une salle, ils demandent les conseils d'experts éclairagistes et d'experts pour la climatisation et la sécurité contre les incendies. Ils prennent à leur charge les calculs assurant la solidité de l'immeuble et, naturellement, ils doivent songer au côté esthétique de l'ensemble. Quant à l'acoustique, ou bien ils ne s'en préoccupent pas du tout, ou bien ils n'y songent qu'au dernier moment. Par conséquent on ne demande l'avis d'un conseiller en acoustique que lorsque le bâtiment est entièrement construit et que le matériel de projection a été installé. Le conseiller acoustique est alors appelé pour mettre les choses en ordre avec un minimum de matériaux acoustiques; en cela beaucoup de gens jugent superficiellement du problème, comme vous le comprendrez lorsque vous aurez vu que le traitement de l'intérieur d'un bâtiment par des matériaux acoustiques ne conduit pas obligatoirement à une solution réellement parfaite du problème. Vous comprendrez beaucoup mieux cela lorsque je vous aurai parlé des recherches très importantes conduites par Mason en Angleterre sur les cinémas.

On a cru longtemps que la qualité du son dans un cinéma ne pourrait être améliorée que si l'on s'arrangeait pour que la courbe de réponse de l'équipement satisfasse des exigences spéciales par rapport à la salle et son temps de réverbération. Les expériences auxquelles nous avons fait allusion ont montré