

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 37 (1946)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Des perturbations radiophoniques produites par les appareils électrothermiques  
**Autor:** Gerber, W. / Werthmüller, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1057309>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 25.12.2024

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

# ASSOCIATION SUISSE DES ÉLECTRICIENS

# BULLETIN

## RÉDACTION:

Secrétariat de l'Association Suisse des Electriciens  
Zurich 8, Seefeldstrasse 301

## ADMINISTRATION:

Zurich, Stauffacherquai 36 ♦ Téléphone 23 77 44  
Chèques postaux VIII 8481

Reproduction interdite sans l'assentiment de la rédaction et sans indication des sources

37<sup>e</sup> Année

N<sup>o</sup> 3

Samedi, 9 Février 1946

## Des perturbations radiophoniques produites par les appareils électrothermiques

Rapport présenté à la sous-commission I de la commission de l'ASE et de l'UCS pour l'étude des perturbations de la radio-réception par les installations à courant faible et à courant fort,  
par W. Gerber et A. Werthmüller, Berne

621.396.823

*Les appareils électrothermiques dont les éléments de chauffage sont constitués par un matériel magnétique peuvent produire des perturbations. On recommande donc, pour les appareils destinés à être employés dans des lieux d'habitation d'utiliser exclusivement des résistances non magnétiques. Si ce n'est pas possible on les déparasitera au moyen de condensateurs.*

*Wärmeapparate, welche magnetisierbare Heizelemente enthalten, sind störfähig. Für die Anwendungen der Elektrowärme im Wohnbezirk wird daher grundsätzlich nichtmagnetisierbares Widerstandsmaterial empfohlen; andernfalls sind störfähige Apparate mit Kondensatoren zu beschalten.*

(Traduction)

On sait qu'une grande partie de l'énergie haute fréquence que captent les installations radio-réceptrices ordinaires leur parvient par l'intermédiaire du réseau. Plus de 90 % des récepteurs ont actuellement des antennes intérieures et la proportion des installations munies de bonnes antennes extérieures diminue constamment en dépit de la propagande dont elles sont l'objet. L'installation électrique des maisons se comporte comme un agent de transmission de l'énergie HF dont les caractéristiques peuvent varier en fonction du temps, il se produit alors une modulation secondaire plus ou moins perturbatrice. C'est en particulier le cas de ronflements remarquables depuis un certain nombre d'années dans les réseaux à courant alternatif<sup>1)</sup>. Lorsque les conducteurs d'une installation électrique transmettent des parasites, ces derniers sont plus ou moins favorisés selon les fréquences, il en est de même des ronflements perturbateurs; cette action sélec-

tive varie naturellement d'un lieu et d'un moment à l'autre. Toutefois les plaintes concernant des ronflements ne portent d'habitude que sur la réception de l'émetteur local et, chose remarquable, proviennent pour la plupart des zones de réception où le champ est le plus fort. C'est pourquoi l'on a cru pendant un certain temps que la modulation secondaire perturbatrice était relativement plus forte au voisinage des émetteurs. Des recherches étendues entreprises à ce sujet ont toujours abouti à la conclusion que cet effet d'amplitude n'existe pas. Voici ce qui se passe: le perturbateur dont l'impédance est constante, c'est-à-dire celui dont la tension se superpose à celle de l'émetteur reçu trouble la réception lorsque le champ utile est relativement faible, car les tensions HF produites par le perturbateur et l'émetteur s'additionnent. Dans le cas d'une modulation secondaire, l'effet perturbateur est multiplicatif, c'est-à-dire que le taux de modulation secondaire est le même pour tous les émetteurs, forts ou faibles, mais l'amplitude de cette modulation est proportionnelle à l'intensité du signal HF reçu; on la remarque donc surtout dans les zones de réception les mieux desservies.

Selon une estimation grossière, 20 % des récepteurs installés pâtissent constamment de ronflements plus ou moins forts et 10 à 20 % seulement en sont tout à fait exempts. Ces ronflements proviennent presque exclusivement d'appareils thermiques de fabrication récente; en premier lieu de cuisinières électriques, de boilers, de frigorifiques, de fers à repasser, de radiateurs, etc.<sup>2)</sup>.

Ainsi que l'avaient déjà révélé des recherches antérieures effectuées dans les laboratoires de la direction générale des PTT, les perturbations constatées

<sup>1)</sup> A ce propos voici quelques précisions concernant les ronflements que peuvent produire les lampes à incandescence. En se basant sur des mesures de scintillement effectuées récemment par le bureau fédéral des poids et mesures et au sujet desquelles nous publierons un article prochainement, on a dressé le tableau suivant des caractéristiques modulatrices principales de quelques lampes à 220 V et 50 Hz.

Puissance nominale de la lampe	Résistance moyenne du filament	Taux de modulation perturbatrice de la résistance du filament
15 W	2430 Ω	0,06 %
25 W	2120 Ω	0,04 %
40 W	1340 Ω	0,04 %
76 W	650 Ω	0,03 %

Dans cette table, le taux de modulation perturbatrice se réfère au seuil de sensibilité de l'oreille pour un son de 1000 Hz. Les lampes à incandescence sont donc normalement inoffensives; ce n'est pas le cas des lampes à luminescence qui, on le sait, doivent être déparasitées spécialement.

Les redresseurs des récepteurs de radio produisaient autrefois une modulation secondaire particulièrement désagréable; cette cause de perturbation a maintenant pratiquement disparu grâce à des mesures préventives.

<sup>2)</sup> D'après la «Statistik des Verkaufes elektrischer Wärmeapparate für den Haushalt in der Schweiz im Jahre 1944», publiée au Bull. ASE 1945, No. 15, p. 457, on a vendu en Suisse 268 408 de ces appareils en 1944!

proviennent de résistances en matériel magnétique. Malheureusement au cours de ces dernières années on a de plus en plus utilisé ces matériaux à la place des alliages binaires non magnétiques au chrome-nickel. Les alliages résistants magnétiques contiennent du fer et sont meilleur marché. D'autre part, certains pays exportateurs avaient intérêt à les propager dans le but d'économiser leurs devises et, vers la fin de la guerre, on ne pouvait pratiquement se procurer en Suisse que des alliages à forte teneur en fer. C'est ce qui explique la situation actuelle. Selon une constatation souvent répétée, les parasites radiophoniques se manifestent presque toujours conjointement à d'autres imperfections techniques des objets perturbateurs; les appareils thermiques ne font pas exception et les fabricants sérieux n'ignorent plus que pour la plupart des applications, les alliages binaires chrome-nickel sont supérieurs à ceux contenant du fer. Notons encore que les alliages magnétiques sont magnétostrictifs et par conséquent peuvent produire des ronflements immédiatement audibles.

Etant données les difficultés menaçant la radio-diffusion, la *division des essais et recherches de la direction générale des PTT* a repris récemment ses investigations, cette fois encore pour la gamme de 150 à 1500 kHz, à cause de son importance particulière. Elle a autant que possible tenu à prendre contact avec tous les milieux intéressés au problème et l'on peut dire d'une façon générale qu'une part importante des résultats acquis est due à cette collaboration.

Les conseils compétents que Monsieur le Directeur Hofer de la maison Maxim S. A. à Aarau nous a toujours obligeamment donnés nous ont été particulièrement précieux; il en est de même de ceux de Monsieur Heusser, chef des installations des Centralschweizerischen Kraftwerke, à qui nous sommes reconnaissant, d'avoir proposé et soutenu la réalisation d'un essai en grand dans la cité d'habitations privées de Feldbreite à Lucerne.

Après ce dernier essai de nature purement pratique eut lieu, selon l'usage, une conférence de la commission de PASE et de l'UCS pour la lutte contre les perturbations radiophoniques<sup>3)</sup>.

Le but de notre article est d'exposer à tous les intéressés les résultats obtenus ainsi que les différents points de vue considérés.

### Magnétisme des alliages résistants pour hautes températures

Les conducteurs des corps de chauffe perturbateurs sont constitués par des alliages pouvant supporter de hautes températures. Ces alliages ne subissent pas d'oxydation profonde, ils conservent leur forme, ont une résistance spécifique assez élevée et ne s'altèrent relativement pas lorsqu'on les chauffe. La surface de la plupart de ces alliages se recouvre d'une couche d'oxydes protecteurs qui empêche une oxydation ultérieure.

La stabilité de forme suppose qu'ils ont une grande résistance à la chaleur et qu'ils sont

<sup>3)</sup> Notice parue dans le Bull. ASE 1945, No. 23, p. 803.

exempts de transformation polymorphes. La stabilité des propriétés aux hautes températures signifie qu'il ne doit y avoir aucune variation de phase ou de structure, en service.

D'après *Hessenbruch*<sup>4)</sup> on peut diviser les alliages connus actuellement et qui répondent à ces conditions en 6 classes:

#### I. Alliages nickel-chrome sans fer

Composition en % du poids:

19...21 Cr 76...79 Ni < 0,5 Fe 0...3 Mn 0,5...1,5 Si < 0,25 C

Appellations commerciales de quelques produits appartenant à cette classe:

Brightray, Brightray-Super, Cekas II, Chromel A, Chronika 2080, CN 80, Co, Co, CrNi, Hawe 105, NCT 8, Nichrome IV, Nichrome V (Karma), Pyrochrom A, Thopet A, 80/20.

#### II. Alliages nickel-chrome-fer pauvres en fer

Type 15/60:

15...16 Cr 60...62 Ni 11...15 Fe 1,5...2,0 Mn 0,5...1,0 Si < 0,10 C 6...8 Mo

Contracid B7M.

14...18 Cr 60...65 Ni 18...22 Fe 1...2 Mn 0,5...2 Si < 0,5 C

Calido, Calite N, Cekas, Chromel C, Chronika 1565, CNF 65, CrNiA, CrNi,,B<sup>4)</sup>, CrNiFe II, Glowray, Hawe 110, NCT 6, Nichrome I, Q-Alloy, Thermalloy-B, Thermochrom C, Thopet C.

Type 15/75:

12...20 Cr 70...80 Ni 6...10 Fe 2 Mn 2 Si < 0,15 C

BO, CrNiFe I.

#### III. Alliages nickel-chrome-fer riches en fer

15...20 Cr 27...35 Ni 40...45 Fe 0,5...2,0 Mn 0,5...2 Si < 0,15 C

Alloy-No 502, Antoxid, Calite A, Cekas O, Chromax, Chromel D, Chronika 2035, CNF 35, CrNi,,F<sup>4)</sup>, Cr Ni Fe III, Fahrte-No 1, Misco, P 265.

#### IV. Alliages chrome-fer

17...19 Cr < 0,5 Ni 0,5 Mn 0,5...2 Si < 0,15 C Rest Fe Armco 17, Ascoday 66, CS 10, Defirust Splz, Enduro A, FF 18, Stainless „MG<sup>4)</sup>, 18 % CrFe.

#### V. Alliages chrome-aluminium-fer

12...15 Cr 2,5...3,5 Al 0,5...1,0 Si 0,5 Mn < 0,12 C Rest Fe CRA, Megapyr IV, Sichroma! 10.

18...20 Cr 3...4 Al 0,5...1 Si 0,5 Mn < 0,12 C Rest Fe CR 20, Megapyr III, Sichromal 12, Ultras.

20...22 Cr 3...5 Al 0,5 Si 0,5...1,5 Mn < 0,1 C Rest Fe CAF, Cekas extra, Megapyr II, Permatherm, P 383.

20 Cr 5 Al 1,5...3 Co Rest Fe

Kanthal A, Kanthal D, Neochrom.

30 Cr 5 Al 0,5 Si 0,5 Mn < 0,1 C Rest Fe

CAF-Extra, Cekas Spezial, Megapyr I, P 421.

#### VI. Alliages aluminium-fer

0...1 Cr 6...8 Al Rest Fe

Ferropyr II.

6...7 Cr 6...8 Al Rest Fe

Ferropyr I.

Il s'agit maintenant d'étudier de plus près les propriétés magnétiques de ces alliages plus ou moins hétérogènes. Considérons tout d'abord les propriétés *primaires*, c'est-à-dire celles qui sont typiquement ferromagnétiques.

Pour cela on peut utiliser certains principes que *Messkin-Kussmann*<sup>5)</sup> a formulés comme suit:

<sup>4)</sup> *W. Hessenbruch*. Zunderfeste Legierungen — Editeur J. Springer, Berlin 1940.

<sup>5)</sup> *W. S. Messkin, A. Kussmann*. Die ferromagnetischen Legierungen. Editeur J. Springer, Berlin 1932.

a) Les cristaux mixtes où le métal ferromagnétique doit être considéré comme solvant sont ferromagnétiques. La formation d'une solution solide abaisse toujours le point de saturation magnétique. (Point de Curie.)

b) Les combinaisons chimiques d'un métal ferromagnétique avec un autre métal ne sont pas magnétiques; tandis qu'avec un métalloïde, elles le sont souvent surtout si la proportion de métal est grande.

c) Dans les masses hétérogènes formées de cristaux ferromagnétiques et de cristaux non magnétiques la température du point de Curie reste constante, tandis que la saturation magnétique varie en fonction inverse du volume du composant non magnétique.

d) Les cristaux mixtes dans lesquels un métal ferromagnétique est dissout dans un autre métal non magnétique ou dans un alliage ne sont jamais magnétiques.

Des recherches de *Wever et Jellinghaus*<sup>6)</sup> au sujet de la structure du système ternaire chrome-nickel-fer nous donnent quelques premiers ren-

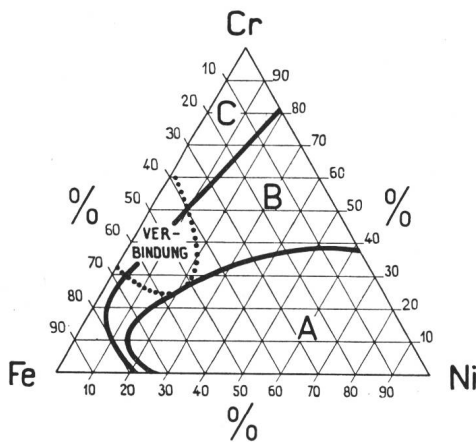


Fig. 1.

Répartition des phases pour le système ternaire chrome-nickel-fer à la température ambiante  
Verbindung = combinaison

seignements concernant les classes I..VI: A l'état solide on peut selon la fig. 1 distinguer 3 structures principales avec leurs zones respectives: la zone A stable à une phase avec éléments cristallins à réseau de cubes à faces centrées, la zone C avec réseaux cristallins de cubes centrés et la zone B à 2 phases où l'on rencontre à la fois les 2 espèces de cristaux dont il vient d'être question.

La structure de la zone A est austénitique, celle de la zone B ferritique-austénitique et celle de la zone C ferritique. C'est la raison pour laquelle *Hessenbruch* attribue les 3 premières classes aux groupes des alliages de structure austénitique. Puisque l'austénite (fer  $\gamma$ ) n'est pas magnétique à cause de son système cristallin à symétrie faciale, dit-il, ces classes d'alliages, par principe, ne sont pas ferromagnétiques. Toutefois, il mentionne occasionnellement des alliages au Cr-Ni riches en fer «faiblement magnétiques». Jusque là on semble ne s'être préoccupé que du coefficient de saturation magnétique, surtout en vue de certaines applications concernant des fours de fusion électriques.

Le *Nickel-Handbuch*<sup>7)</sup> témoigne d'une attitude plus critique en ce qui concerne les propriétés magnétiques. On y trouve ce qui suit au sujet du groupe chrome-nickel:

<sup>6)</sup> F. *Wever* und W. *Jellinghaus*. Das Dreistoffsystem Eisen-Chrom-Nickel. Mitt. Eisenforsch. vol. 13(1931), p. 93.

<sup>7)</sup> *Nickel-Handbuch*. Herausg. v. Nickel-Informationsbüro G. m. b. H., Frankfurt a. M.

I. Les alliages binaires chrome-nickel ne sont pas magnétiques.

II. Les alliages chrome-nickel pauvres en fer sont en général magnétiques s'ils ont moins de 28...18 % de Cr (pour 45...70 % de Ni), ils ne sont pas magnétiques s'ils contiennent d'avantage de chrome. Les propriétés magnétiques de ces alliages dépendent aussi de la température. En ajoutant d'autres éléments constituants on peut produire des alliages non magnétiques contenant moins de chrome comme p. ex. les alliages du commerce à 60 % Ni, 15 % Cr, 16 % Fe, 7 % Mo et 2 % Mn ou 70 % Ni, 20 % Cr, 10 % Mo (qui ne sont pratiquement pas magnétiques).

III. Les alliages au chrome-nickel riches en fer sont faiblement magnétiques.

La fig. 2 qui provient aussi du «Nickel-Handbuch» résume ces constatations; la ligne pointillée constitue la limite supérieure de la zone des alliages magnétiques; la grosse ligne en trait plein indique la limite des alliages à constitution austénitique; les points correspondent à quelques alliages normaux du commerce en tenant compte de leur constitution effective et non pas seulement du système ternaire comme c'était le cas pour la fig. 1.

La zone dite magnétique devrait vraisemblablement être identique, ou presque, à celle des cristaux mixtes magnétiques de nickel. Sous ce rapport et étant données nos connaissances des relations binaires nickel-chrome et nickel-fer, les points où les courbes rencontrent les plans limites correspondant aux combinaisons binaires, sont certainement typiques: les cristaux mixtes de nickel peuvent contenir jusqu'à 35 % de Cr, il suffit de 8 % de Cr seulement pour faire tomber le point de Curie en dessous de la température ambiante. Les cristaux mixtes de nickel peuvent également contenir jusqu'à 70 % de Fe environ; lorsqu'il est presque saturé de fer, le nickel n'est pas magnétique.

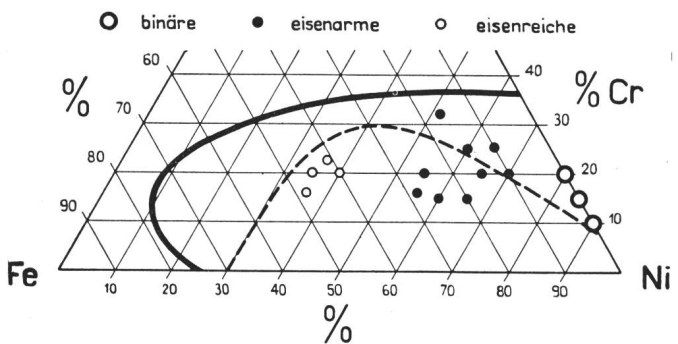


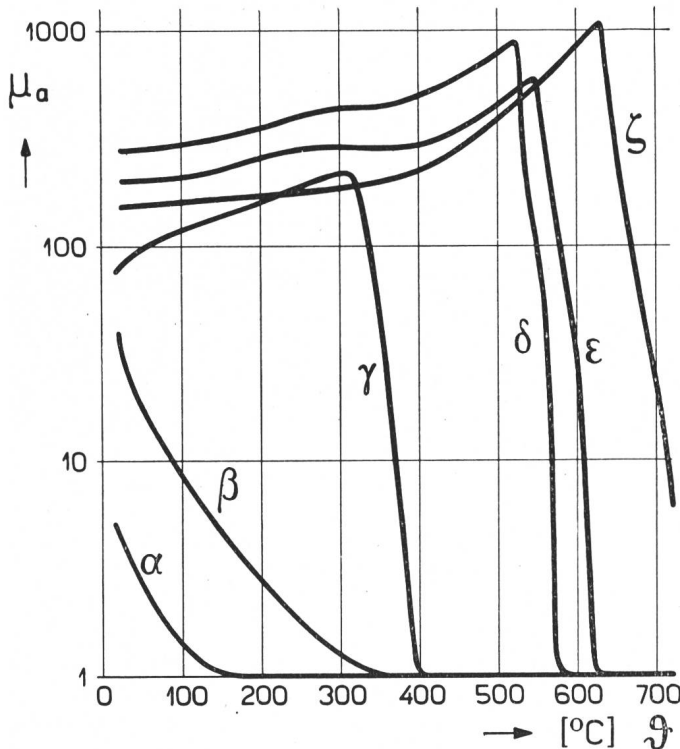
Fig. 2.

Vue d'ensemble des alliages chrome-nickel pour hautes températures

eisenarme = alliages pauvres en fer  
eisenreiche = alliages riches en fer

Ainsi qu'il ressort des explications concernant la fig. 1, les alliages Cr-Fe de la IV<sup>e</sup> classe ont une structure purement ferritique et sont fortement magnétiques puisque leur point de Curie est situé entre 600° et 700° C. Les alliages des classes V et VI, c'est-à-dire les aciers calorisés, sont également fortement magnétiques: leur point de Curie se trouve bien au-dessus de la température ambiante.

Après ces constatations de principe concernant la susceptibilité magnétique des alliages pour hautes températures, se pose la question des propriétés magnétiques dites *secondaires*. Ce sont elles qui, en fin de compte, sont déterminantes dans les pro-



α	12,5 % Cr	60 % Ni	2,5 % Mn	25 % Fe	$\kappa \approx 9 \cdot 10^5 \Omega^{-1} m^{-1}$
β	15 % Cr	65 % Ni	20 % Fe		$\kappa \approx 9 \cdot 10^5 \Omega^{-1} m^{-1}$
γ	99,5 % Ni	0,5 % Co			$\kappa \approx 120 \cdot 10^5 \Omega^{-1} m^{-1}$
δ	20 % Cr	5 % Al	3 % Co	Rest Fe	$\kappa \approx 7 \cdot 10^5 \Omega^{-1} m^{-1}$
ε	20 % Cr	3,5 % Al	Rest Fe		$\kappa \approx 8 \cdot 10^5 \Omega^{-1} m^{-1}$
ζ	6 % Cr	7 % Al	Rest Fe		$\kappa \approx 8 \cdot 10^5 \Omega^{-1} m^{-1}$

Fig. 3. Perméabilité initiale de quelques alliages résistants pour hautes températures

blèmes de la technique des télécommunications comme aussi dans le cas des perturbations qui nous occupent. Il importait avant tout de connaître la valeur de la perméabilité réversible en fonction de la préaimantation et de la température. Pour cela, nous avons mesuré avec un impédancemètre HF l'effet de peau présenté par des échantillons de fil

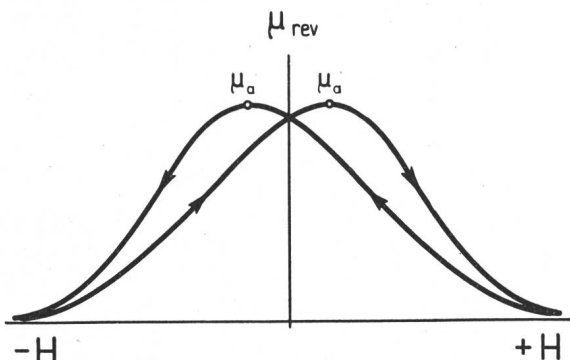


Fig. 4. Cycle d'hystérésis de la perméabilité réversible (courbe limite)

préalablement recuits, chauffés au moyen d'un four approprié. La fig. 3 représente, en fonction de la température, la variation de la perméabilité initiale  $\mu_a$  c'est-à-dire de la perméabilité réversible lorsque la préaimantation est nulle. La fig. 4 montre la façon dont la perméabilité réversible  $\mu_{rev}$  varie en fonction de la préaimantation au cours d'un cycle fermé de cette dernière. (La perméabilité réversible  $\mu_{rev}$  est déterminée sans équivoque par la préaimantation.)

Ayant dans une certaine mesure élucidé la question des propriétés magnétiques des alliages pour résistances, il nous faut maintenant, pour expliquer le processus de modulation parasite examiner de plus près

**l'impédance des résistances chauffantes.**

Considérons d'abord une résistance chauffante comme un bipôle dont on peut exprimer l'impédance HF dans la gamme de fréquences envisagée par

$$Z_H = R + j\omega(L_i + L_a)$$

où les indices *i* et *a* correspondent respectivement à l'inductivité interne et à l'inductivité externe de la résistance. On peut admettre que la réactance  $j\omega L_a$  est pratiquement constante en fonction du temps et par conséquent ne nous intéresse pas dans le cas présent. Les composantes *R* et  $j\omega L_i$  des résistances ferromagnétiques, par contre, peuvent subir une modulation relativement forte ainsi que le montrent les considérations suivantes tirées de la théorie de l'effet de peau.

On sait que pour un fil rond de rayon  $r_0$ , de longueur *l* et de conductivité  $\kappa$ ,

$$R + j\omega L_i = \frac{\kappa l}{2\pi r_0} \frac{J_0(kr_0)}{J_1(kr_0)}$$

où  $J_0(kr_0)$  et  $J_1(kr_0)$  sont des fonctions de Bessel d'ordres 0 et 1 et

$$k = (1-j) \sqrt{\frac{1}{2} \omega \kappa \mu}$$

Introduisons encore pour la résistance en courant continu

$$R_0 = \frac{l}{r_0^2 \pi \kappa}$$

et posons

$$x = \frac{r_0}{2} \sqrt{\pi f \kappa \mu}$$

on obtient les fonctions représentées par la fig. 5. Pour des valeurs de *x* plus grandes elles tendent asymptotiquement à

$$R = \omega L_i = \frac{l}{2r_0} \sqrt{\frac{\mu f}{\pi \kappa}}$$

De nombreux essais ont montré que la perméabilité HF est ici toujours réversible, car le flux HF est extrêmement faible; il en résulte que

$$\mu = \mu_0 \mu_{rev}$$



En service normal, cette perméabilité réversible des résistances ferromagnétiques peut être modulée à basse fréquence car la préaimantation varie avec la valeur instantannée de l'intensité du courant de service. Le flux magnétique de base qui, variant à basse fréquence, provoque les perturbations, est circulaire et dirigé perpendiculairement à l'axe du conducteur; il en est de même du flux magné-

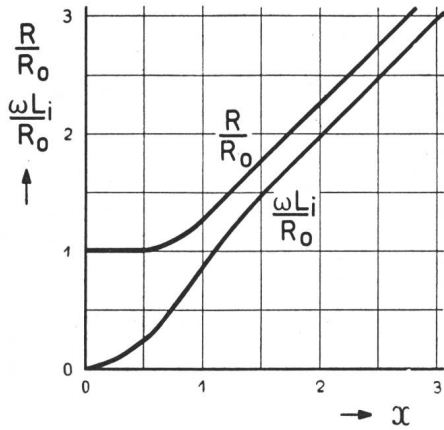


Fig. 5. Effet de peau pour un fil rond homogène

tique HF, car dans les 2 cas le courant est dirigé suivant cet axe.

En réalité la perméabilité réversible n'est pas constante dans toute la section du conducteur mais contrairement à ce qu'admet la théorie de l'effet de peau pour un conducteur rond homogène, varie en fonction du rayon de la couche considérée. Cette théorie ne tient pas compte non plus de l'existence d'une couche protectrice ni de la microstructure

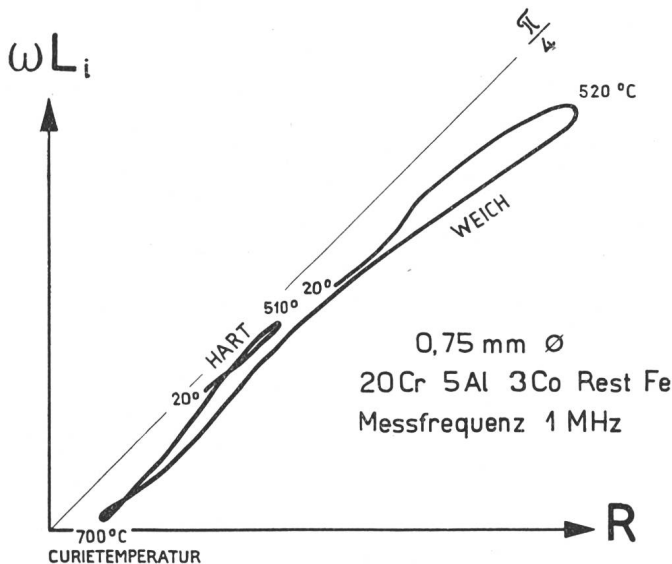


Fig. 6. Impédance interne d'un fil rond avant et après le recuit

ferromagnétique ni de la dureté qui, elle-même, dépend fortement des traitements thermiques antérieurs (voir fig. 6). Toutefois elle permet de connaître d'une façon suffisamment précise pour les besoins pratiques les valeurs extrêmes de la modulation en introduisant, pour la couche parcourue

par des courants HF, les valeurs de  $\mu_{rev}$  correspondant respectivement la préaimantation nulle et à la préaimantation de saturation. Le courant BF qui traverse la résistance est habituellement assez intense pour qu'il y ait saturation magnétique au moins dans la couche parcourue par la HF.

Un fil rond de 1 m de long et 1 mm de diamètre a p. ex. à 500° C une perméabilité initiale de 1000 et sa résistance spécifique est de 1,4  $\Omega$  mm<sup>2</sup>/m. D'après ce qui précède son impédance devrait donc varier à 1 MHz entre les limites:

$$|R + j\omega L_i|_{\min} \approx 2 \Omega, \quad |R + j\omega L_i|_{\max} \approx 33 \Omega.$$

L'observation des formes d'oscillations est particulièrement instructive; la fig. 7 par exemple représente 4 courbes typiques de variations d'impédances de corps de chauffe. La courbe 1 correspond à un passage quasi homogène du courant HF à travers toute la section du conducteur; la courbe 2 révèle un léger effet de peau au moment où la préaiman-

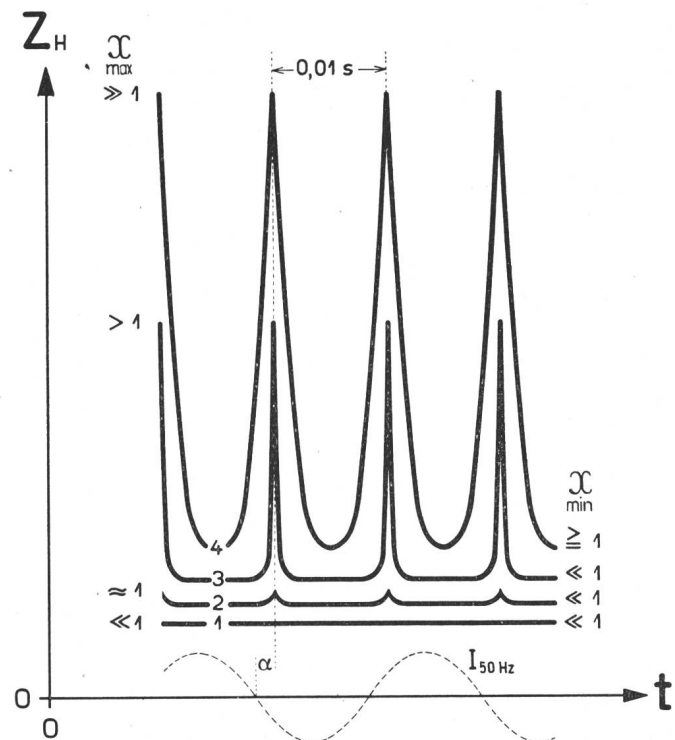


Fig. 7. Exemples typiques des pulsations de l'impédance d'un corps de chauffe

tation est nulle; naturellement les maxima sont en retard par rapport au passage par 0 du courant BF d'un angle  $\alpha$  correspondant à l'hystérésis; dans le cas de la courbe 3, un effet de peau typique alterne avec une répartition quasi-homogène du courant HF; enfin la courbe 4 correspond à l'état où le courant HF est toujours concentré dans la zone extérieure du conducteur.

On pourrait obtenir successivement ces 4 types de courbes en élevant par palier la fréquence à laquelle on mesure l'impédance d'un même échantillon de fil.

Dans les appareils thermiques d'usage domestique les fils minces et les rubans dont les dimensions ne dépassent pas le double de la couche conductrice HF produisent des courbes du type 2, elles

correspondent aussi en ondes longues à des conducteurs de dimensions moyennes tandis qu'en ondes moyennes, ces derniers produisent les types 3 et 4; on obtient d'habitude le type 4 avec les gros conducteurs.

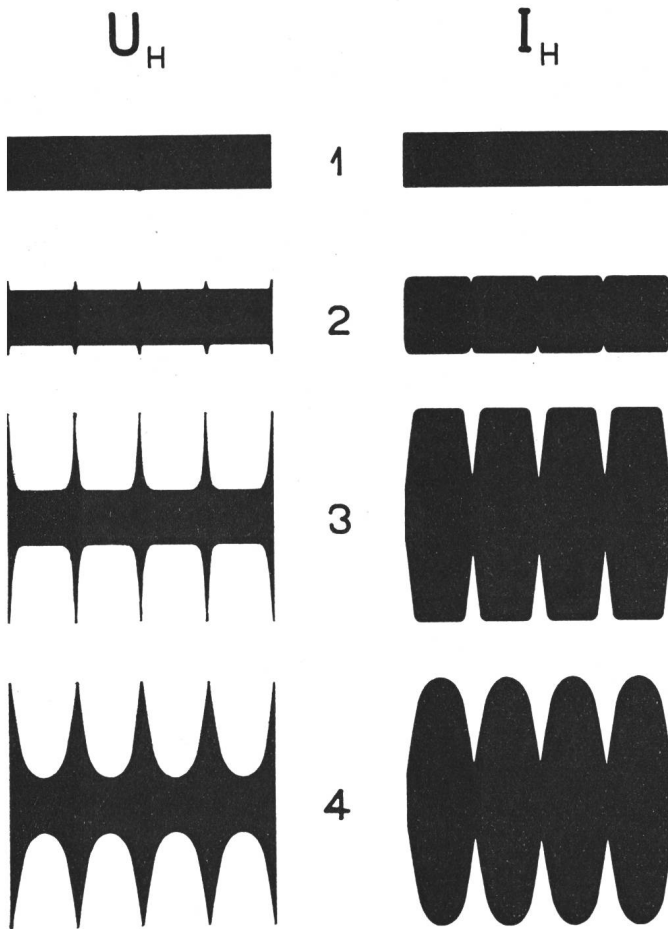


Fig. 8. Formes élémentaires de la modulation secondaire dans un circuit de chauffage

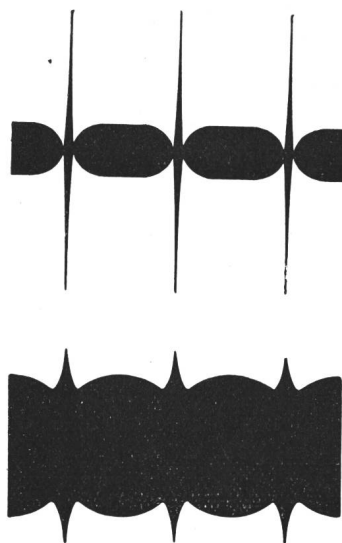


Fig. 9. Formes combinées

Ainsi, lorsqu'un corps de chauffe est inséré dans un réseau parcouru par de la haute fréquence, il engendre une modulation secondaire; les ten-

sions et les courants qui en résultent ont, en principe, les formes de la fig. 8. Celles que l'on observe aux bornes d'un récepteur se rapprochent plus ou moins du type «tension» ou du type «courant» suivant le mode de couplage. La fig. 9 représente les intéressantes formes combinées qui se produisent lors d'un couplage mixte de l'installation réceptrice. On comprend maintenant sans autre pourquoi les sons produits ont des timbres et des intensités si diverses.

La température de la résistance oscille mais le calcul montre que les variations correspondantes de l'impédance HF sont pratiquement négligeables.

La comparaison des

**grandeurs caractéristiques de modulation du perturbateur**

et de l'impédance du réseau (dans le cas habituel de la prise monophasée à laquelle est branchée le perturbateur, cette impédance est en moyenne de 150 Ω) montre quantitativement l'importance de l'effet de modulation magnétique.

Le cas des perturbations causées par une cuisinière électrique à corps de chauffe ferritiques alimenté en monophasé à 380 V nous intéresse tout particulièrement en ce moment. Voici le résumé de quelques mesures effectuées à ce sujet:

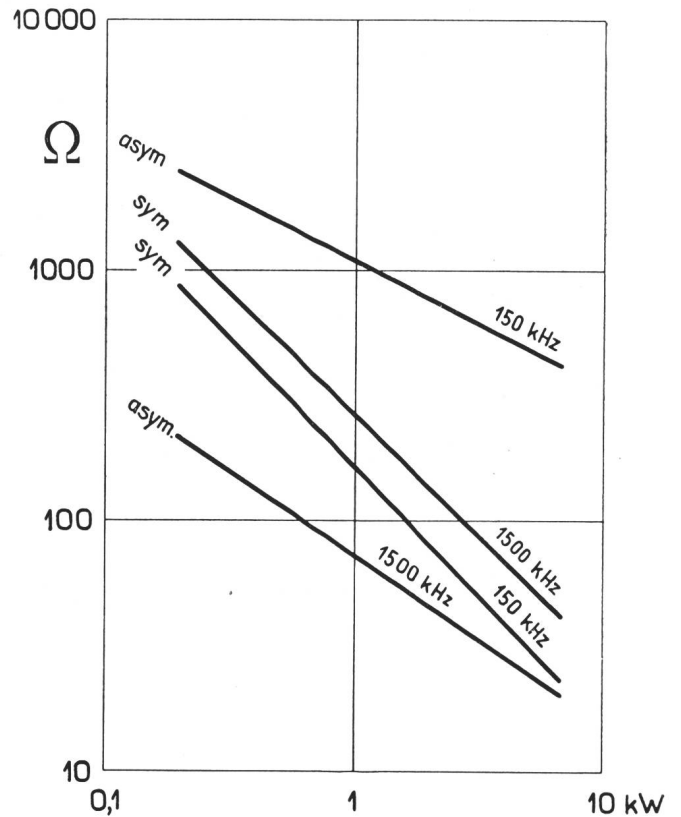


Fig. 10. Impédance de service d'une cuisinière moyenne

La fig. 10 montre l'allure de l'impédance en fonction de la puissance de service correspondante; elle représente les valeurs statistiques de ses composantes symétriques et asymétriques par rapport au châssis, mesurées aux bornes de la cuisinière.

La fig. 11 renseigne sur le taux de modulation de cette impédance modulatrice moyenne tel que l'oreille l'estime par comparaison avec un son à 1000 Hz; ici encore on a relevé les composantes symétriques et asymétriques. Les courbes pointillées montrent l'effet d'un condensateur de  $0,1 \mu\text{F}$  en parallèle avec le circuit de chauffage.

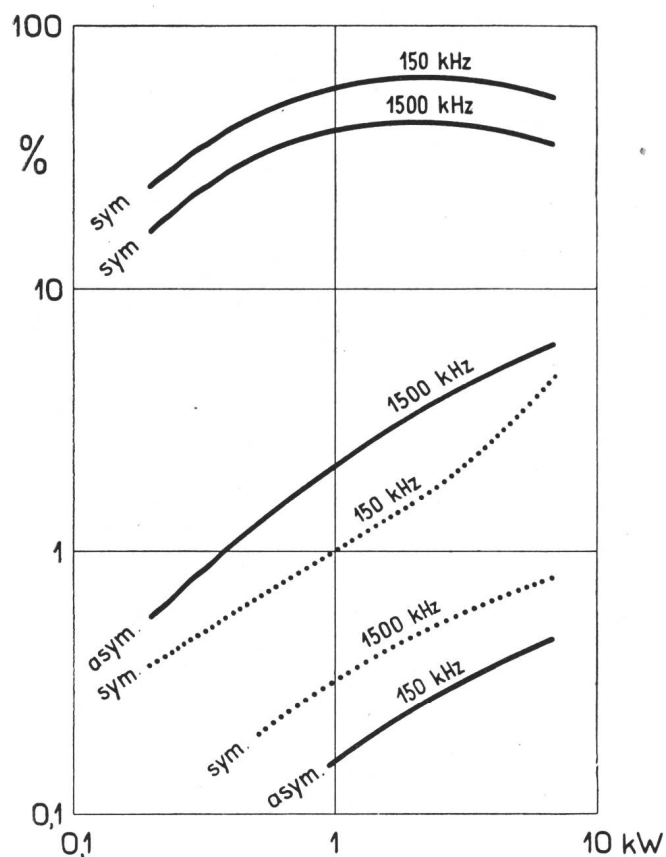


Fig. 11.

Taux de modulation de l'impédance de service d'une cuisinière moyenne

On a également examiné la variation du taux de modulation parasite en fonction d'un courant HF de  $15 \mu\text{A}$  à  $25 \text{ mA}$  traversant le corps de chauffe. Dans ces limites ce taux est resté pour ainsi dire constant. Il n'y a pratiquement pas d'effet d'amplitude dans le sens dont il a été question au début de cet article; ceci revient à dire qu'ici, la perméabilité réversible est, en haute fréquence, toujours déterminante.

### Moyens de déparasitage

Les résultats acquis nous permettent maintenant de formuler des recettes précises concernant les mesures de déparasitages à utiliser dans les quartiers d'habitation.

#### Mesures préventives

Dès que les conditions du marché le permettront, on ne devrait utiliser que des résistances de chauffe non magnétiques partout où cela est possible. Les excellents alliages binaires chrome-nickel sont particulièrement recommandables, on peut en outre employer les alliages pauvres en fer du groupe

chrome-nickel pour autant que leur point de Curie soit en dessous de  $20^\circ$ . Si exceptionnellement, il était inévitable d'employer des alliages magnétiques, il faudrait prévoir déjà lors de la fabrication des appareils un déparasitage approprié au moyen de condensateurs; on pourrait aussi, éventuellement, utiliser des fils ou des rubans résistants si minces que le courant HF soit jusqu'à  $1500 \text{ kHz}$  constamment réparti d'une façon quasi homogène à toutes les températures. Une autre solution, connue de la technique HF, serait de favoriser le passage du courant HF par une couche bonne conductrice relativement mince recouvrant le fil résistant; malheureusement cela n'est pas possible en raison des conditions thermiques.

#### Mesures concernant les appareils existants

Il faut tout d'abord distinguer entre le déparasitage de l'appareil perturbateur et le déparasitage de l'installation réceptrice. Suivant les circonstances locales on préférera l'un ou l'autre. Une action de déparasitage présuppose l'adoption d'un compromis entre les points de vue technique et économique. A cet égard, il semble inévitable dans l'état actuel des choses de se limiter à un déparasitage grossier aussi général que possible des perturbateurs. Si c'est nécessaire et suivant le cas on peut le compléter par un déparasitage supplémentaire à la réception. Toutes les mesures qui tendent à protéger la réception contre les perturbations propagées par le réseau sont en principe bonnes pour cela<sup>8)</sup>.

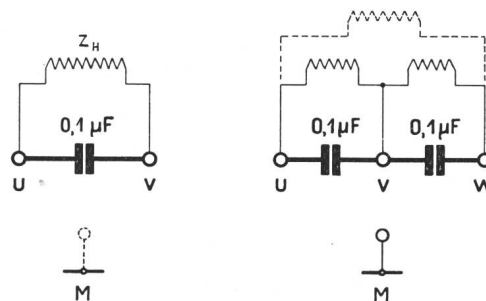


Fig. 12.

Déparasitage grossier au moyen de condensateurs

Pour agir sur la source de parasites, on utilisera surtout des condensateurs placés aussi près d'elle que possible, par exemple, à ses bornes, aux fils qui y aboutissent, dans la prise de courant ou même au tableau du distributeur (panneaux des fusibles et compteur), si l'on ne peut faire autrement. La plupart du temps, il suffit pour un déparasitage grossier de brancher un condensateur entre les conducteurs ainsi que le montre la fig. 12 pour un appareil monophasé et pour un appareil polyphasé.

Lorsqu'il s'agit d'une grande action de déparasitage, il faut, en raison de l'importance des dépen-

<sup>8)</sup> Cf. Ordonnance du Département fédéral des postes et des chemins de fer (du 29 janvier 1935). Publication No. 115 f de l'ASE.



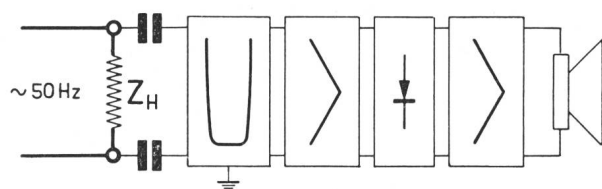


Fig. 13.  
Appareil de contrôle

ses, pouvoir contrôler rapidement et sûrement chacun des appareils traités et déterminer s'il est perturbateur ou non. Il y a naturellement bien des

moyens de le faire. L'un des plus simples est basé sur l'effet de Barkhausen dû à l'inversion de l'aimantation. Dans les conditions de service normales, ce phénomène produit une tension de souffle qui apparaît aux bornes du corps de chauffe; on peut facilement la mettre en évidence dans les ondes longues au moyen d'un récepteur de radio ordinaire (voir fig. 13).

Adresse des auteurs:

Dr. W. Gerber } Division des essais et recherches de la  
A. Werthmüller } direction générale des PTT à Berne.

## Sources lumineuses d'aujourd'hui et de demain

Conférence présentée à la journée de l'Éclairage, organisée par l'ASE le 22 novembre 1945 à Berne,  
par J. Guanter, Zurich

621.32

Rétrospective du développement des lampes à incandescence et description des moyens aptes à améliorer toujours plus leur coefficient d'efficacité. Les matières utilisées jusqu'ici pour le filament incandescent ne permettent guère d'augmenter les valeurs actuelles. Le rendement de l'énergie électrique est sensiblement plus élevé dans le cas des lampes à décharge. M. Guanter traite en détail des lampes à vapeur de mercure à basse pression avec matière luminescente (lampes fluorescentes). Il mentionne également les modèles les plus récents de l'industrie américaine, anglaise et suédoise et décrit leur exécution, qui a tendance à se normaliser. Parmi les appareils auxiliaires, il signale notamment un nouveau produit suisse. Il termine son exposé en parlant d'une lampe à vapeur de mercure à très haute pression et du développement d'autres nouvelles sources lumineuses dans les grandes fabriques de lampes de l'étranger.

Der Autor wirft einen Rückblick auf die Entwicklung der Glühlampen und beschreibt Mittel und Wege, die Lichtausbeute weiter zu verbessern. Eine wesentliche Steigerung der heutigen Werte ist mit den bisher bekannten Leuchtdrahtmaterialien nicht zu erwarten. Wesentlich höher liegt der Ausnützungsgrad der elektrischen Energie bei den Entladungslampen, von denen die Niederdruck-Quecksilberdampflampen mit Leuchtstoffen (Fluoreszenzlampen) eingehender Betrachtung unterzogen werden. Die neuesten Produkte der amerikanischen, englischen und schwedischen Industrie werden erwähnt und deren Ausführung, die eine gewisse Normung anstrebt, beschrieben. Auf dem Gebiete der Zusatzgeräte wird auch ein neues Schweizerprodukt genannt. Zum Schluss ist noch die Rede von einer Quecksilber-Höchstdrucklampe und der Entwicklung anderer neuer Lichtquellen in den grossen Lampenfabriken des Auslandes.

(Traduction)

Durant la dernière guerre les recherches scientifiques ont surtout servi à perfectionner les armements et il a fallu interrompre ou ralentir les travaux se rapportant à la technique de l'éclairage. Mais ces recherches ont maintenant repris et l'on a mis au point de nouvelles sources lumineuses, qui seront bientôt introduites en Suisse également. Dans ce qui suit, nous parlerons principalement des lampes dont quelques types sont déjà bien connus et de certains nouveaux procédés de fabrication de sources lumineuses.

température de service est de 2700 à 3000° K et l'efficacité visuelle ou rendement atteint le 5 % environ de la puissance consommée.

### I. Lampes à incandescence

La lampe à incandescence a fait l'objet d'incessantes recherches techniques et scientifiques. Son développement est caractérisé par l'emploi du tungstène, le remplissage gazeux et le boudinage du filament. Depuis que le physicien Lummer<sup>1)</sup> a découvert les lois du rayonnement du corps noir, les limites du rayonnement thermique ont été également précisées et les savants de nombreux pays se sont efforcés de réduire de plus en plus l'écart qui existe entre la pratique et la théorie. On a tout d'abord cherché à augmenter le coefficient d'efficacité de la lampe à incandescence et à rapprocher la couleur de sa lumière de celle de la lumière naturelle, en utilisant différentes matières pour le filament incandescent. De nos jours, on fait usage de tungstène dont la température de fusion est de 3660° K. Suivant le type de lampe, la

Il existe des matières<sup>2)</sup> qui supportent une température plus élevée que le tungstène et ne fondent qu'à partir de 4000° K et plus, ce qui permettrait d'atteindre une efficacité visuelle de 8 %. Ces alliages (tableau I) ne se laissent toutefois que difficilement étirer et leur vitesse de vaporisation est élevée, de sorte qu'il n'est pratiquement pas possible de les porter à une plus haute température que le tungstène. On a donc cherché à améliorer d'une autre manière le coefficient d'efficacité, sans réduire la durée de vie.

Points de fusion d'alliages fondant à haute température  
Tableau I

Alliage	Point de fusion ° K
Carbure de titane . . . .	3410
Carbure de zirconium . .	3805
Carbure de tantale . . .	4150
Carbure d'hafnium . . .	4160

} ± 30°

On obtient de bons résultats par un remplissage gazeux des lampes à incandescence, qui réduit la vitesse de vaporisation du tungstène, par rapport aux lampes à vide d'air. Oosterhuis<sup>3)</sup> et Fonda<sup>4)</sup> ont découvert que la vaporisation est d'autant plus faible que le gaz de remplissage est plus lourd, de

<sup>1)</sup> Otto Lummer: Grundlagen, Ziele und Grenzen der Leuchttechnik. Munich et Berlin, Verlag R. Oldenbourg, 1918.

<sup>2)</sup> Pirani et Summerer: Physikalische Energiebilanz — technische Ausnutzung und Bewertung unserer Lichtquellen. Die Lichttechnik t. 13(1936), p. 1.