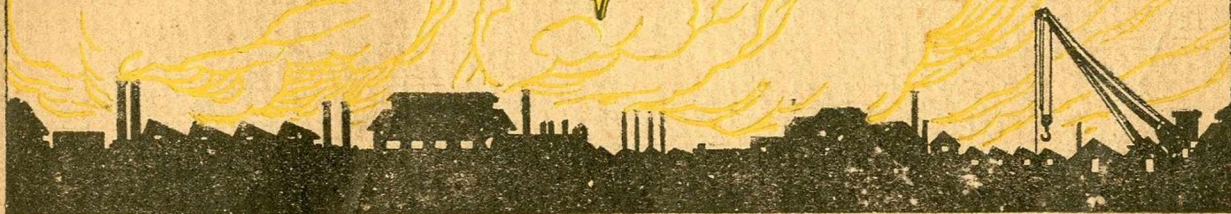


ARTS ET MÉTIER S

REVUE TECHNIQUE
MENSUELLE

DE LA SOCIÉTÉ
DES ANCIENS ELÈVES
DES ÉCOLES NATIONALES
D'ARTS ET MÉTIERS



RÉDACTION · SIÈGE DE LA SOCIÉTÉ
6 RUE CHAUCHAT 6 · TEL GUT. 11.07. PARIS.

ABONNEMENTS PUBLICITÉ J. LOUBAT
15 B° S^T. MARTIN. PARIS. TEL ARCH. 11.12



ARTS ET MÉTIERS

◀ REVUE TECHNIQUE MENSUELLE ▶
de la Société des Anciens Elèves des Ecoles Nationales d'Arts et Métiers
Fondée en 1846, reconnue d'utilité publique en 1860

Publicité et Abonnements
J. LOUBAT (Aix 85)
15, boulevard Saint-Martin
Paris-3^e
Téléph. : Archives 11-12



Rédaction : Au Siège de la Société,
6, rue Chauchat, Paris-9^e. Gut. 11-07.
Télg. : Gadzarts-Paris
J. ALLAIS (Cluny 98)
Rédacteur en chef

Le Rédacteur en chef se tient à la disposition des Lecteurs les Lundi, Mercredi et Samedi de 14 à 17 heures
LA SOCIÉTÉ N'EST PAS RESPONSABLE DES OPINIONS ÉMISES PAR LES AUTEURS

SOMMAIRE

Chronique : LE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE PAR ACCUMULATION. SA RÉALISATION EN NORVÈGE (J. Allais). — L'INDUSTRIE FRIGORIFIQUE MODERNE AUX ÉTATS-UNIS. ACCROISSEMENT DE LA VITESSE DES COMPRESSEURS. APPLICATION DE LA FORCE MOTRICE ÉLECTRIQUE A L'INDUSTRIE DU FROID (d'après un rapport de M. Billardon). — MOTEURS DIESEL. DES POMPES A COMBUSTIBLE, LEUR ÉTABLISSEMENT (A. Dol). — RECHERCHE DES GISEMENTS DE PÉTROLE PAR L'ÉLECTRICITÉ. — LES PISTONS EN ALLIAGE LÉGER : 1^o A BASE D'ALUMINIUM; 2^o A BASE DE MAGNÉSIUM (A. Dat). — EXPLOITATION TECHNIQUE DES CHÊMINS DE FER. MANŒUVRES DYNAMIQUES DES AIGUILLES ET DES SIGNAUX. AUTO-COMBINA TEUR ÉLECTROMÉCANIQUE A LEVIERS D'ITINÉRAIRES (G. Naudin). — LA SOUDURE ÉLECTRIQUE A L'ARC ET SON APPLICATION DANS LA CONSTRUCTION NAVALE (J. Delestrade). — TRANSMISSIONS PAR COURROIES. INFLUENCE DE L'ÉPAISSEUR DE LA COURROIE SUR LE RAPPORT DES VITESSES ANGULAIRES DES POULIES (R. Barthélemy). — **Bibliographie et Documentation :** — EXTRAITS DE QUELQUES REVUES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES. — LES LIVRES NOUVEAUX. —

CHRONIQUE

LE CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE PAR ACCUMULATION SA RÉALISATION EN NORVÈGE

Parallèlement à la mise en valeur des forces naturelles du Pays, l'utilisation complète du courant fabriqué par les centrales électriques est un problème qui domine notre vie économique.

Nous donnons sur cette question, dans ce numéro, un article qui nous est adressé d'Amérique. Cette étude, qui traite particulièrement de l'emploi du courant, aux heures creuses, pour la fabrication de la glace, met aussi en valeur la notion du *Facteur de charge* avec lequel les industriels sont maintenant familiarisés; puis elle souligne combien l'emploi des moteurs synchrones permet d'améliorer ce facteur sur l'ensemble d'un réseau.

L'auteur fait ressortir l'intérêt que présente le développement de la fabrication de la glace, dans

les conditions qu'il indique, pour l'amélioration du facteur de charge; mais l'examen des graphiques montre l'énorme marge qui reste encore jusqu'à l'horizontale voisine de la pointe.

Les difficultés qu'on rencontre dans la recherche de l'utilisation totale des installations existantes sont considérables, et cela pour des raisons très diverses: d'abord à la base, lors de l'octroi des concessions, l'ignorance dans laquelle se trouvent généralement de leurs propres besoins les Consommateurs eux-mêmes et les Pouvoirs concédants, puis la diversité des obligations des Compagnies exploitantes et aussi de leurs droits, basés sur des immobilisations faites dans des installations très longues à amortir et qui, pour cette raison, ne sont pas toujours du dernier cri, et par



conséquent pas économiques. Enfin, comme corollaire, la difficulté, aussi bien pour les Compagnies que pour les Consommateurs, de se procurer des appareils rigoureusement adaptés à la solution d'un problème qui risque d'évoluer longtemps. On ne peut toujours attendre la machine de demain et celle d'hier doit continuer à produire!

Parmi les solutions envisagées pour récupérer les kw disponibles, il en est de vastes et d'autres plus modestes : On a proposé la fabrication, à l'aide d'appareils ne fonctionnant qu'aux heures creuses et suivant les disponibilités, de produits azotés pouvant être mis à bas prix à la disposition de l'agriculture, ce qui aurait une répercussion directe sur le coût de la vie mais, hélas ! ce n'est certes pas pour demain : on incite le consommateur à prendre du courant à d'autres heures que celles qui lui sont habituelles, en le lui comptant moins cher, à l'aide de compteurs spéciaux. Pourtant, on n'a pas paru accorder jusqu'à présent, au chauffage électrique par accumulation, toute l'importance qu'il mérite aujourd'hui, et qui ne fera que s'accroître dans les années qui vont suivre.

Des essais timides ont été faits, mais la doctrine définitive ne se dégage pas encore : — on utilise aussi bien dans les usines à vapeur que dans les usines hydrauliques des accumulateurs de température, destinés à aider le passage des pointes, à l'aide de machines thermiques ; — on envisage, pour des applications particulières, l'emploi de chaudières à vapeur chauffées électriquement, pour absorber le courant, qui serait autrement complètement perdu ; — seule, la consommation domestique, aussi bien pour le chauffage central que pour la cuisine, ne peut encore, économiquement, entrer dans la pratique.

Quand on a eu la bonne fortune d'assister à une réunion comme celle du 3^e Congrès de l'Habitation, qui s'est tenu à Lyon, récemment, on est convaincu que l'exposé des besoins, en regard des difficultés qu'on rencontre pour les satisfaire, et cela par des représentants autorisés des intérêts contraires, ne peut que donner des résultats satisfaisants.

Certes, une question aussi importante que celle du chauffage électrique n'a pas fait un grand pas parce qu'un vœu a été émis après quelques séances. Des techniciens purs diraient qu'on n'a présenté que des lieux communs. Pardon ! des lieux communs groupés donnent souvent un raccourci saisissant d'une vaste question : on hésite à les écrire, alors que dans une discussion, on

les répète, on les martelle ; — à la longue, l'idée fait son chemin.

Des ingénieurs compétents, représentant les intérêts des Consommateurs, ont fixé le minimum désirable pour la vie ménagère. Des Directeurs de Compagnies ont indiqué un nombre d'heures pouvant servir de base et pendant lequel le courant serait susceptible d'être utilisé à bas prix pour le chauffage par accumulation. Des Constructeurs ont signalé les difficultés qu'ils rencontrent dans leurs études quand le nombre d'heures mises à leur disposition n'est pas suffisant, puis ils ont discuté avec les Compagnies la grave question des canalisations spéciales.

Pour une application généralisée, quoique bien modeste, réservant pour plus tard le chauffage cen-

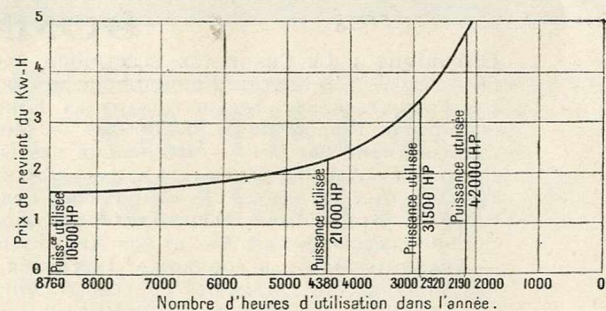


Fig. 1. — Variation avec le facteur de charge du prix de revient du kw-h.

Une installation de 42 000 HP utilisés pendant 2.190 heures correspondant à 10.500 HP pendant les 8.760 heures de l'année, dans le premier cas le kw-h. coûte trois fois plus cher que dans le second. (Les chiffres portés en ordonnées n'ont qu'une valeur de comparaison).

tral, les Consommateurs estiment que la question n'est intéressante que s'ils peuvent avoir à leur disposition au moins 30 litres d'eau chaude au réveil.

Les Compagnies ne pourraient, paraît-il, consacrer que 5 heures de nuit à l'accumulation de la chaleur.

Dans ces conditions, les Constructeurs indiquent qu'il serait désirable que les appareils utilisés, surtout pour le chauffage central, puissent être réchauffés dans la journée, au moment où les usines n'utilisent pas le courant, par exemple de midi à 2 heures. A ce moment, étant données les habitudes françaises, du courant pourrait être aussi consommé pour le chauffage direct des aliments.

Les représentants autorisés des pouvoirs concédants ont paru enregistrer avec intérêt les différents éléments de la discussion ; aussi pouvons-nous espérer qu'à l'heure des réalisations, leur

religion sera complètement éclairée sur les besoins de l'époque.

Ne considérons pour cette fois que le chauffage domestique pour la préparation des aliments. En France il n'a pas été accordé à ce problème

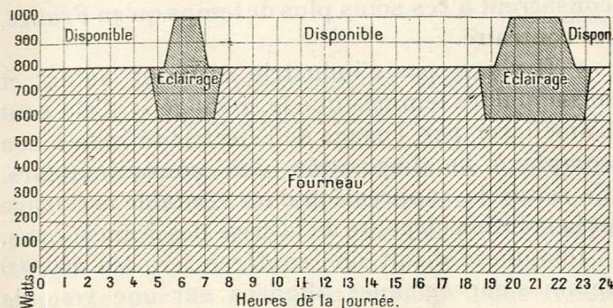


Fig. 2. — Répartition, au cours d'une journée, de l'énergie disponible dans un ménage.

600 watts sont constamment sur le fourneau, 200 sont toujours utilisés, soit pour l'éclairage, soit pour le fourneau, 200 sont disponibles pour complément d'éclairage.

une importance suffisante. Des constructeurs isolés ont simplement voulu obtenir, avec leurs appareils, un chauffage rapide comme avec les cuisinières à charbon ou les fourneaux à gaz.

Si ce procédé simpliste de chauffage se généralisait dans les conditions économiques actuelles, on se trouverait seulement en présence d'une difficulté de plus. La solution est dans le chauffage par accumulation, qui n'a pas encore été envisagé sérieusement par les constructeurs parce que les modalités actuelles d'utilisation du courant ne le permettent pas.

Comme nous aurons l'occasion de revenir sur la question, il nous a paru intéressant de ne pas discuter ce qui se passe en France, mais d'examiner ce qui se fait dans un pays qui n'a pas, comme nous, tant de problèmes à résoudre à la fois.

En Norvège, le courant électrique est utilisé en majeure partie pour la vie ménagère; les installations projetées d'après l'examen des besoins permettent même d'envisager que l'utilisation par l'industrie ne représentera bientôt qu'un faible pourcentage de l'ensemble. Dans ces conditions, on est arrivé à poser ainsi le problème : *combien faudrait-il de watts-ans par ménage pour fournir, par une accumulation continue, l'équivalent des kilowatts-heures correspondant aux différents besoins totalisés ?*

Un chiffre étant admis, on ne fera que l'installation hydro-électrique nécessaire avec une marge

suffisante pour satisfaire à un léger accroissement ultérieur de la demande (25 à 30 %), et le graphique de la fig. 1 montre tout l'intérêt qu'il y a à procéder ainsi.

Pour une installation type de 42.000 chevaux, utilisée pendant 2.190 heures (facteur de charge = 0,25) le prix de revient du kw-h. est trois fois plus élevé que pour une installation de 10.500 chevaux utilisés pendant les 8.760 heures de l'année (facteur de charge = 1). Les deux installations fournissant annuellement, dans l'hypothèse admise, le même nombre total de kw-h.

Cela se conçoit puisque, dans les conditions envisagées, l'affaire qui est surtout grevée de l'amortissement et de l'intérêt à fournir au capital immobilisé dans les installations, n'a, pour ainsi dire, par ailleurs, que des frais fixes, que les clients consomment peu ou beaucoup de courant.

Avec les habitudes françaises, si l'installation était particulièrement prévue pour la cuisine, il semblerait « grosso modo » que l'utilisation ne serait pas même de 0,25.

L'art de la cuisson ayant été étudié plus scientifiquement en Norvège, on a pu réaliser une consommation absolument constante. Pour cela il a été construit des fourneaux de cuisine d'un type paradoxal, au moins pour nous.

L'appareil est en bois, à double paroi, et garni de métal à l'intérieur. Isolé du côté de l'atmosphère, il constitue du côté de la paroi intérieure un grand bain-marie dont l'eau est chauffée par une résistance électrique.

Les aliments à cuire avec leur assaisonnement sont enfermés dans le fourneau exactement comme dans un garde-manger. On ne les surveillera plus, jusqu'à l'heure où ils seront servis. Si

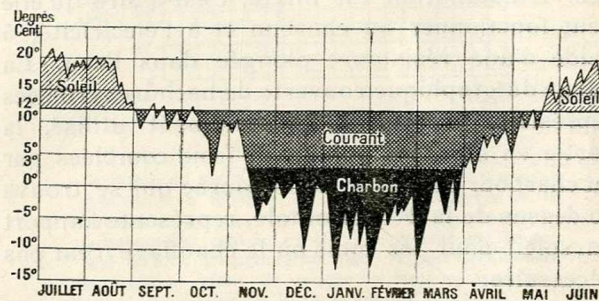


Fig. 3. — Réalisation d'une température uniforme de 12° C. par le chauffage mixte au charbon et à l'électricité.

le repas est en retard, même de plusieurs heures, les aliments n'auront changé ni de goût ni d'aspect. Comme la température ne varie qu'entre 80° et 99° C., ce qui est strictement nécessaire pour la bonne cuisson, aucune des vitamines indispen-

sables à la nutrition ne disparaît. La viande, le poisson ne réduisent pas, et les mets obtenus ont la qualité des meilleurs plats français.

Le point important à retenir pour nous est que : *le fourneau est toute l'année sous courant.*

A la mise en service, il faut une fois pour toutes, 12 heures pour constituer le volant de chaleur nécessaire. C'est cette accumulation qui permet un équilibre rapide de température entre le fourneau et les aliments, ainsi qu'entre l'eau chaude du bain-marie et l'eau froide ajoutée après chaque prélèvement. Pour une somme de 240 couronnes, valant 330 francs au pair, et 550 francs au cours actuel, une ménagère ne voit jamais pénétrer le moindre grain de charbon dans sa cuisine. Aucune poussière, aucune fumée, aucune odeur, aucun gaillonnage. Tout le monde y gagne, même la Compagnie, puisque le facteur de charge est égal à 1. C'est à peine si l'éclairage influencera l'horizontalité de la courbe d'utilisation.

Regardons le graphique de la figure 2, relatif à l'utilisation de 1.000 watts-an, dont dispose, par exemple, un ménage.

600 watts seront constamment sur le fourneau, 200 seront sur le fourneau aux heures où l'on n'éclaire pas ; 200 seront disponibles pour l'éclairage, ce qui permettra d'en avoir 400 pour cet usage. C'est la suppression de la pointe qui ne manquerait pas d'exister à l'heure des repas, avec des appareils discontinus.

En ce qui concerne le chauffage de l'habitation et étant donnée la richesse en chutes d'eau, on s'attache en Norvège à dépenser le moins possible de charbon dans la vie ménagère.

Le graphique de la fig. 3 représente la courbe des températures extérieures pendant toute l'année. L'installation est mixte, c'est-à-dire qu'elle peut fonctionner au charbon et à l'électricité, à l'aide d'une résistance plongée dans l'eau. La partie du graphique couverte de hachures croisées représente le courant constamment utilisé, la partie en noir, les pointes de froid comblées par du charbon. La partie de la courbe qui se trouve au-dessus de la 2^e horizontale, représente l'apport du soleil pour les mois où le chauffage n'est pas nécessaire.

(Remarquons loyalement que l'installation qui fournit le courant de chauffage donne, pour l'ensemble de l'année, un facteur de charge moins élevé que celui obtenu pour la cuisine et l'éclairage.)

Il est certain que la comparaison est difficile entre la Norvège et la France, mais il n'est pas

sans intérêt d'examiner le cas d'un pays qui peut utiliser presque entièrement ses forces naturelles pour le confort de ses habitants, et qui, pour agrémente la vie d'intérieur, possède par surcroît un nombre considérable d'écoles de cuisine et de vie ménagère, ce qui ne veut pas dire que les femmes consacrent à ces soins plus de temps qu'en France, au contraire.

« Il n'y a pas d'industrie utilisant autant et aussi mal les femmes que le ménage ». Cela peut s'améliorer par l'usage de l'électricité mise à bon compte à la disposition des consommateurs. Ce serait la suppression d'un véritable esclavage et la solution élégante de la crise des domestiques.

Imaginez, disait un conférencier, les 460.000 femmes norvégiennes alignées sur une voie de chemin de fer, disposant chacune de 1 mètre pour son fourneau à charbon. Eh bien, ces 460.000 femmes qui, plusieurs heures par jour, s'occupent des aliments couvriraient la voie de Christiania jusqu'à Bergen ! Pendant un bon nombre d'autres heures, elles doivent épouseter, nettoyer, repasser, laver. Or l'utilisation des fourneaux électriques continus et des autres appareils électriques leur permet de simplifier considérablement leur besogne.

Il est certain que la solution adoptée en Norvège ne conviendrait pas exactement en France où les nécessités industrielles interdiraient vraisemblablement l'emploi d'appareils constamment sous courant. Aussi l'accumulation devrait-elle être étudiée d'après nos disponibilités.

Puisqu'on est d'accord pour admettre que les mouvements économiques dominent les mouvements politiques, que ce sont eux qui doivent guider les décisions législatives et administratives, gardons-nous d'oublier qu'en dehors des grandes découvertes spontanées qui créent de nouveaux besoins et de nouveaux débouchés, ce sont les *besoins existants* qui posent les données des problèmes techniques dont nous aimons nous occuper dans cette revue.

Or, l'*accumulation*, sous quelque forme que ce soit (glace, vapeur, eau chaude, engrais, produits chimiques, etc.), du courant pouvant être fabriqué et non consommé immédiatement, qu'il soit produit par des centrales hydrauliques ou à vapeur, est un des plus grands problèmes de notre époque. A sa solution est attachée la satisfaction de nombreux besoins auxquels est liée la prospérité générale du pays.

J. ALLAIS.

(Cluny 98).