

**Zeitschrift:** Bulletin de l'Association suisse des électriciens  
**Herausgeber:** Association suisse des électriciens  
**Band:** 22 (1931)  
**Heft:** 16

**Artikel:** De la recherche dans l'industrie de l'énergie  
**Autor:** Hirshfeld, C.F:  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1058593>

### **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:** 18.01.2025

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

## De la recherche dans l'industrie de l'énergie.

Par C. F. Hirshfeld, USA <sup>1)</sup>.

620.92

*Ce rapport, présenté en anglais par Hirshfeld à la Deuxième Conférence Mondiale de l'Énergie à Berlin en 1930 sous le titre «Research relating to Power Development» contient quelques idées générales très intéressantes à propos de l'influence de la recherche sur le développement de l'industrie de l'énergie. C'est pourquoi nous nous sommes décidés à reproduire ici cette étude en français, afin que les lecteurs du Bulletin puissent en profiter.*

*L'auteur explique par un grand nombre d'exemples pratiques les principes sur lesquels devront se baser les recherches futures dans le but de simplifier les méthodes de transformation de l'énergie brute et d'en diminuer le coût. L'auteur montre à l'aide d'exemples tirés de la science, de la technique, de la production et de la distribution de l'énergie, de la structure et de l'exploitation des entreprises, à quel point la technique moderne est dépendante de la tradition et où l'étude poussée d'idées neuves serait susceptible de conduire un jour à des résultats surprenants.*

*Dieser Bericht, den Hirshfeld in englischer Sprache unter dem Titel «Research relating to Power Development» der Zweiten Weltkraftkonferenz Berlin 1930 vorlegte, enthält eine Reihe beachtenswerter Gedanken allgemeiner Natur über die weitere Entwicklung der Nutzbarmachung der Rohenergie durch Forschung. Wir glaubten, dass es sich lohne, denselben in französischer Sprache den Lesern des Bulletin zugänglich zu machen.*

*Der Autor legt an Hand einer grossen Zahl praktischer Beispiele die Grundsätze dar, nach welchen die moderne und zukünftige Forschung sich zu richten haben wird, um die Methoden der Rohenergieveredelung zu vereinfachen und zu verbilligen. Er zählt eine Reihe von Beispielen aus der reinen Wissenschaft, der Technik der Erzeugung und Verteilung elektrischer Energie und der Struktur und Betriebswirtschaft der Unternehmungen auf, um darzutun, wie stark die heutige Technik von der Ueberlieferung beeinflusst ist, wo die zielbewusste Erforschung neuer Ideen vielleicht eines Tages zu überraschenden Resultaten führen würde.*

Permettez-moi tout d'abord de fixer ce que j'entends par «recherche». Je ne restreins pas ce terme au travail qui s'accomplit dans les laboratoires scientifiques et industriels. Je ne songe pas non plus seulement aux expériences et essais que des entreprises de production ou de distribution d'énergie, les établissements industriels, etc., font en cours d'exploitation. Pour moi l'expression «recherche» signifie la recherche de la vérité ou de ce qui aujourd'hui est susceptible de s'en rapprocher le plus. Pour moi, «recherche» signifie plutôt une méthode d'attaque qui peut être appliquée pratiquement à toutes les formes de l'activité humaine. C'est de ce point de vue plus large que je vais essayer de développer le sujet qui m'a été assigné.

Quelques personnalités ont déclaré récemment que les résultats des recherches scientifiques constituent la base de toute recherche industrielle et que la recherche industrielle doit être considérée à son tour comme la pierre d'angle de l'industrie de demain. Cette définition me semble donner une image très claire et judicieuse de la situation. Elle a l'avantage de juxtaposer correctement les différentes étapes du progrès industriel et économique. Il nous faut reconnaître que la recherche fondamentale soutenue et fructueuse est nécessaire pour empêcher la recherche appliquée ou industrielle de périr d'inanition.

Nous avons maintenant mis en lumière un des éléments essentiels de la civilisation industrielle. Si cette civilisation veut avancer, elle doit pourvoir d'une manière ou d'une autre à la production ininterrompue de la matière première dont elle a besoin pour vivre. Toutefois le «comment» de cette question ne nous intéresse pas pour le moment. Cela peut se faire par l'intermédiaire du gouvernement qui perçoit des impôts ou avec l'aide d'écoles ou de laboratoires subventionnés par les deniers

publics ou privés, ou de laboratoires de recherches industrielles, ou encore d'une combinaison de ces moyens. Ce n'est pas la méthode qui nous intéresse actuellement mais la nécessité; celle-ci est toute aussi grande pour l'industrie de l'énergie que pour toute autre industrie de la civilisation moderne.

A l'heure actuelle, l'industrie de l'énergie est plus exigeante que la science. Il nous faut des données plus exactes sur la composition fondamentale de la matière, données que la science n'est pas encore capable de nous fournir. Nous avons, par l'expérience, dépassé de beaucoup les limites du champ d'investigation que la science a embrassé et nous arriverons probablement plus facilement et plus sûrement à des résultats lorsque nous pourrons disposer des informations plus exactes que la science sera en mesure de nous donner un jour. Nous reviendrons plus loin sur ce côté de la situation.

Lorsque nous parlons de l'industrie de l'énergie, beaucoup de gens et en particulier les techniciens pensent immédiatement à la production, au transport et à la distribution de l'énergie. Quelques-uns pensent à l'utilisation; rares sont ceux qui pensent aux problèmes économiques et sociaux nécessitant un travail très compliqué et également important, en particulier, la livraison d'énergie par les compagnies de distribution d'électricité. Ces problèmes sont au moins d'égale et quelques fois de plus grande importance que les problèmes d'ordre technique. Ils sont également susceptibles de faire l'objet de recherches. Malheureusement très peu de recherches ont été vouées à ces problèmes, ce qui, à mon avis, doit être la cause du décalage subi par notre productivité sous ce rapport.

Je ne désire pas provoquer une discussion trop vive à ce sujet. Le point que je veux faire ressortir est déjà mis en lumière par la diversité de forme des organisations qui s'occupent de la distribution d'énergie électrique. Quelques-unes de ces organisations sont uniquement propriété de l'état et ex-

<sup>1)</sup> Rapport présenté à la Deuxième Conférence Mondiale de l'Énergie, Berlin 1930. Traduit de l'Anglais par le Secrétariat général de l'ASE et de l'UCS.

plotees par l'état. D'autres sont propriété de l'état et exploitées sous la direction d'une commission plus ou moins indépendante d'un contrôle politique. D'autres sont des sociétés anonymes dont une grande partie des actions sont dans les mains de l'État et qui sont exploitées sous le contrôle d'un conseil nommé par les actionnaires. D'autres encore sont des sociétés privées dont les actions sont réparties par petits paquets dans le monde entier ou presque. Quelques unes sont aux mains de puissantes «holding» qui possèdent tout ou partie des actions des sociétés affiliées et émettent à leur tour des actions propres.

Si l'une de ces formes était caractéristique aux compagnies de distribution d'un certain pays on pourrait en conclure que c'est l'expression particulière de la culture de cette nation. Or, si dans quelques pays il se manifeste une tendance pour un type déterminé d'organisation, tous les types mentionnés ci-dessus se retrouvent partout. Dans des pays voisins, on trouve des types très différents bien que ces pays soient semblables sous tous les autres rapports. La conclusion s'impose que nous avons à faire ici à quelque chose de si neuf que nous en sommes encore à l'état d'expérience. On pourrait dire que nous essayons toujours encore de vérifier les différentes théories sociales et économiques sur la production et la distribution générale de l'énergie.

Ces considérations nous ouvrent certainement un vaste champ de recherches qui doivent être d'un ordre élevé si elles veulent avoir de la valeur. Ces recherches devront être menées par des individus désireux de connaître la vérité et non pas uniquement de confirmer ou de détruire quelque théorie favorite.

De même nous trouvons toutes les formes imaginables de tarifs à la base des contrats de livraison d'énergie et dans la calculation des prix facturés aux consommateurs. Même si l'on admet que les conditions varient fortement d'un endroit à l'autre et de pays en pays, et que l'établissement des tarifs est après tout une chose très compliquée soumise à l'influence de facteurs très variés, il semble que des recherches pourraient être très utiles dans ce domaine. Il existe beaucoup de théories sur la structure des tarifs mais je n'ai connaissance que de très peu de recherches faites dans le but de démontrer le fondé ou le non-fondé de ces théories.

Tout en écrivant ces lignes je ne perds pas de vue que la fixation des prix est plus particulièrement un problème d'ordre commercial qui doit être résolu dans le but de rendre possible des ventes sur un marché soumis à la libre concurrence. S'il s'agit d'un grand consommateur, la compagnie de distribution d'énergie est en concurrence avec l'installation isolée que possède ou pourrait posséder ce consommateur. Dans le cas du petit consommateur et en particulier du consommateur domestique, la compagnie de distribution d'énergie est la concurrente de toutes les autres choses que le consommateur pourrait acheter.

Imaginons par exemple un tarif domestique échelonné; un tarif sensé d'être si attrayant qu'il aurait plus de chances de succès dans la lutte avec les concurrents qui se partagent le budget de la famille et estimons à l'avance le résultat que nous obtiendrons. Combien ont poussé l'étude de cette question par rapport à sa valeur absolue ou relative? Les seules études que je connaisse semblent indiquer que la forme du tarif est en réalité beaucoup moins importante que l'intensité de rapport et l'habileté déployée pour vendre l'énergie électrique.

L'activité de la division commerciale des compagnies offre également des occasions de faire des recherches. Quelle est la périodicité la plus favorable pour l'expédition des factures? Evidemment celle qui mène au compromis le plus judicieux entre l'augmentation des frais de lecture des compteurs et d'établissement des factures d'une part, exécutés à des intervalles rapprochés et, d'autre part, le mécontentement croissant du consommateur et les pertes du fait de mauvais payeurs, suite naturelle de trop longs intervalles. Mais où est le juste milieu? Il y a quelques dizaines d'années, une période d'un mois était généralement acceptée aux États-Unis. Aujourd'hui une période de deux mois s'est révélée satisfaisante et beaucoup moins onéreuse dans plusieurs villes importantes. Ce chapitre se prête certainement à des recherches.

On applique encore bien souvent des méthodes de travail désuètes dans certains services de ces compagnies, dont le travail est sujet à la routine, tels que par exemple la comptabilité, le contrôle du matériel, etc. Ce domaine se prête également à des recherches intéressantes et souvent très utiles.

Il est évident que cette admirable faculté de l'homme qu'est la recherche ne doit pas se restreindre à l'étude du côté mécanique ou technique de l'industrie de l'énergie. On a souvent donné trop d'importance au département technique et négligé la division commerciale de sorte que des recherches dans ce dernier domaine seraient susceptibles de donner des résultats immédiats et précieux. Toutefois il y a aussi beaucoup de travail en perspective dans la partie technique et les occasions d'effectuer des recherches sont nombreuses. Sur ce chapitre il est difficile de s'exprimer en termes généraux en raison des conditions qui diffèrent d'un pays à un autre. Aux États Unis, où le matériel et la main d'œuvre sont chers et où le combustible est abondant et relativement bon marché, l'effort principal devra probablement dans un prochain avenir se concentrer sur une réduction du capital immobilisé et sur une restriction de la main d'œuvre. Dans certains autres pays où le matériel et la main d'œuvre sont relativement meilleur marché et le combustible plus rare et plus cher, l'effort devra par exemple être porté sur l'augmentation du rendement des installations calorifiques. On comprendra donc dans ce qui va suivre que certains points auront plus ou moins d'importance pour chaque pays.

Il est nécessaire de reconnaître et de se rappeler que le consommateur d'énergie n'a d'intérêt qu'au service qui lui est rendu et à son prix. Cela lui est égal par quels moyens la qualité du service est améliorée tant que le prix ne s'élève pas en-dessus de ce qu'il veut payer; il ne demandera pas non plus quelles méthodes sont employées pour réduire le prix aussi longtemps que la qualité du service rendu ne descendra pas au-dessous de la limite qu'il juge indispensable. Ces constatations semblent s'appliquer seulement aux entreprises de distribution d'énergie, mais avec un peu de réflexion on verra que les mêmes constatations peuvent être faites au sujet de l'énergie produite pour les propres besoins d'une industrie manufacturière.

Les recherches techniques peuvent par conséquent être dirigées avec succès vers deux problèmes en étroite corrélation mais complètement différents: Réduction du prix du service et amélioration de sa qualité. Il n'est pas possible dans une étude aussi restreinte que celle-ci de prendre en considération tous les différents efforts susceptibles de succès mais j'essayerai de toucher ceux qui me semblent les plus importants pour le moment.

Le prix de l'énergie est dicté en dernière analyse presque entièrement par les frais de capital, de combustible et de main d'œuvre. Une réduction de l'une de ces trois catégories de frais serait également efficace. Je ne peux pas m'empêcher de m'arrêter à l'idée que dans le monde entier les techniciens se sont efforcés de réduire les frais de combustible et de main d'œuvre, négligeant complètement de reconnaître les charges inhérentes au capital.

Il semble que jusqu'à présent on ait admis comme norme pour une capacité de production donnée, approximativement le même capital que celui qui avait été immobilisé dans les installations précédentes. D'autre part on a toujours reconnu qu'il fallait augmenter les rendements thermiques et diminuer les frais de main d'œuvre; ce qui provoqua des efforts conscients dans ces deux sens. On peut admettre que les moyens dont on dispose pour réduire les frais de combustible et de main d'œuvre étaient plus évidents et plus facilement applicables que ne l'étaient les moyens propres à diminuer les frais de capital. En tous cas les techniciens ont fait plus de progrès dans les deux premières directions que dans la dernière.

C'est pourquoi je suis convaincu que les recherches susceptibles de porter le plus de fruits pour la partie technique, même dans des contrées où le matériel est relativement bon marché et le combustible relativement cher, doivent porter aujourd'hui sur la réduction des charges qui sont proportionnelles au capital immobilisé.

Ce problème a été abordé principalement au point de vue d'une meilleure utilisation des immobilisations. Ceci a été obtenu par l'augmentation de la puissance absorbée par le consommateur et de celle produite par la station génératrice par de nouvelles applications qui augmentent la diversité,

par l'interconnexion des stations et des réseaux, etc. Là où on a poussé cette utilisation, on s'approche maintenant d'une limite, de sorte qu'il faut chercher des méthodes nouvelles. Apparemment la seule méthode convenable consiste dans la réduction des immobilisations par unité de puissance.

Le meilleur moyen qui permette de réaliser des progrès dans ce sens consiste, pour les installations calorifiques, à augmenter les dimensions des générateurs de vapeur et à les perfectionner afin de diminuer la fréquence des interruptions de service nécessaires. Il n'est pas exagéré d'exiger des chaudières qu'elles puissent rester en service sans interruption aussi longtemps que les turbines et les alternateurs qu'elles alimentent. Si une usine comporte un petit nombre de chaudières comparé au nombre des turbines, et si celles-ci peuvent fonctionner une ou deux années sans interruption on se trouvera en présence d'un type tout différent d'agencement d'installation, et les immobilisations par unité de puissance seront notoirement inférieures.

Aux Etats-Unis en particulier il se manifeste une évolution dans ce sens mais elle progresse surtout du fait que l'on adopte des plans déjà existants au lieu d'en faire d'entièrement nouveaux. Il nous faut abandonner la pratique ancienne et produire un matériel consciencieusement étudié dès le début en tenant compte des tendances et des exigences nouvelles. Les techniciens allemands semblent avoir mieux saisi cette idée que ceux de n'importe quel pays et font maintenant des expériences que l'on ne peut que recommander d'imiter. Que les efforts tentés pour établir de nouveaux plans soient couronnés de succès ou non, ils nous auront au moins servi à nous défaire de notre complaisance dans les méthodes du passé.

Ces efforts ont déjà abouti à nous faire envisager qu'il existe probablement des méthodes de production de la vapeur et des constructions de générateurs de vapeur que nous ne connaissons pas encore. Un champ vraiment fructueux s'ouvre ici aux recherches.

Le problème de la combustion n'est également pas encore résolu d'une manière satisfaisante. Nous avons réalisé de rapides progrès dans la construction des foyers de chaudières et de l'appareillage nécessaire pour brûler le combustible pulvérisé. Notre activité se trouve toutefois encore souvent limitée. Nous utilisons encore des foyers de grandes dimensions et très coûteux. Nous brûlons encore l'armature de fer des foyers avec le combustible. Nous interrompons encore fréquemment le fonctionnement d'une chaudière pour réparer le foyer. Nous trouvons onéreux l'entretien et l'usure des moulins à pulvériser le combustible. Nous n'avons encore découvert aucun procédé entièrement satisfaisant pour capter et éliminer les particules solides suspendues dans les fumées; et nous n'avons trouvé aucune utilisation commerciale pour ce résidu. Tous ces faits et encore bien d'autres donnent une idée de la valeur que pourraient avoir des



recherches approfondies. Aucune de nos chaudières actuelles n'est capable de fonctionner longtemps sans interruption pour réparations ou autres motifs.

Au point de vue électrique la situation est également défavorable. Nous devons encore compter avec des arcs désastreux et d'autres phénomènes électriques qui échappent à notre contrôle. Pour réduire l'étendue de telles catastrophes et pour diminuer les frais qui en résultent nous avons immobilisé un capital élevé. En particulier nous craignons toujours que les disjoncteurs dans l'huile non seulement ne remplissent pas leurs fonctions mais encore qu'ils le fassent avec dégagement de flammes, ce qui nécessite un équipement supplémentaire important. Dans ce dernier cas, même le disjoncteur dans l'huile sous sa forme actuelle encore imparfaite est une pièce coûteuse du mécanisme. Nous avons besoin d'un interrupteur de fonctionnement plus sûr et meilleur marché. Il nous faut également pour la partie électrique de nos usines génératrices et de nos sous-stations des constructions et des dispositions qui, tout en permettant d'abaisser considérablement les frais de premier établissement, enrayent sûrement la suite des phénomènes que si souvent un déclenchement de faible importance peut provoquer. Ce sujet se prête certainement à des recherches qui porteront tout d'abord sur la création d'appareils électriques et sur l'élaboration de méthodes susceptibles d'assurer une protection plus efficace contre les déclenchements désastreux et de réduire en même temps les frais. Pour le moment nous avons cherché à obtenir le maximum de protection par des complications des installations, complications qui ont entraîné une immobilisation plus grande de capital.

Par suite de l'extension prise par les stations génératrices et par les réseaux il s'est créé une quantité d'occasions favorables aux courts-circuits. Le meilleur exemple en est donné par les Etats-Unis. Il est douteux que l'augmentation des dimensions des interrupteurs et par conséquent des frais soit une solution adéquate à ce problème. Il semble plutôt donné d'espérer qu'on trouvera moyen d'élaborer des systèmes en mesure de garantir l'élasticité de l'exploitation et de restreindre par le même coup le capital à immobiliser dans chacun des interrupteurs. Une quantité d'essais ont été faits dans ce domaine mais il semble qu'il y a lieu de faire encore bien des études et recherches là-dessus.

C'est un fait que dans la plupart des cas nous nous sommes aveuglément complus dans la tradition, ce qui est une grave accusation lorsqu'elle s'adresse à des techniciens. Mais si l'on regarde la chose de plus près, on verra que cette accusation est bien fondée. Nous sommes tous fortement enclins à faire ce que nos prédécesseurs ont fait, pour peu qu'ils aient obtenu des résultats satisfaisants. De cet état de choses il résulte qu'un technicien qui a des idées originales est regardé avec méfiance parce qu'il s'écarte des normes admises lorsqu'il nous propose par exemple de construire une usine

thermique sans prévoir les soutes à charbon qui sont encore un héritage du temps où l'on ne disposait pas d'installations de manègement du charbon. Il nous faut absolument davantage d'idées originales de ce genre et il nous faut également nous détacher toujours plus de la tradition.

Nul ne peut prévoir maintenant dans quelles proportions le coût de premier établissement des installations futures de production d'énergie pourra être réduit du fait d'innovations de l'espèce décrite ci-dessus et par d'autres encore. L'étude approfondie du sujet m'a persuadé qu'il sera possible de réduire matériellement les frais de production de l'énergie par une réduction des immobilisations. Je ne serais aucunement surpris si les économies réalisées par ces moyens devaient se trouver être approximativement du même ordre de grandeur que les économies d'énergie thermique réalisables aujourd'hui. Si mes conclusions sont exactes, elles prouvent qu'il est nécessaire de consacrer des études approfondies aux moyens de réduire le capital immobilisé.

La distribution de l'énergie se fait de plus en plus par l'intermédiaire de lignes souterraines. Ici nous immobilisons un capital élevé dans les réseaux de distribution, surtout parce que pour les câbles c'est actuellement l'isolant et non le cuivre qui détermine la charge admissible. Nous partons de conducteurs de cuivre parfaits qui, nus, sont susceptibles de supporter une certaine charge et les entourons d'isolants qui sont tellement sensibles à la chaleur que nous sommes alors obligés de réduire considérablement leur charge admissible.

On peut au moins s'attendre à la découverte de diélectriques et de types de construction qui modifieraient radicalement la situation et les relations entre les frais et les charges admis aujourd'hui comme normaux. Mais cela ne peut arriver dans un avenir rapproché si nous continuons placidement d'accepter les lois et principes que la tradition nous a légués, au lieu d'affirmer carrément que des perfectionnements sont possibles et d'entreprendre des recherches pour réaliser ces perfectionnements.

A l'autre extrémité de la ligne il y a également bien des chances qu'on puisse réduire les frais et améliorer le service rendu aux consommateurs. Aux Etats-Unis, la coopération entre les manufactures de lampes et les compagnies de distribution d'énergie électrique a abouti à la fabrication de lampes de toute première qualité au point de vue rendement et longévité, et ceci à un prix étonnamment bas. Actuellement on s'efforce d'arriver à des résultats semblables dans le domaine des petites applications de l'électricité, telles que les grille-pain, les percolateurs (machines à café), les fers à repasser et d'autres petits appareils très répandus. Il y a également encore un grand travail à faire au sujet des récepteurs de plus grandes dimensions tels que les machines à laver, les fourneaux-potagers et les armoires frigorifiques. Le prix du service rendu au consommateur comprend non seulement le prix de l'énergie, mais encore l'amortissement des appa-

reils récepteurs et les frais de réparation. Il semble que l'on peut faire encore beaucoup pour réduire le prix des appareils tout en améliorant la qualité de façon à réduire les frais de réparation.

Jusqu'à présent ce sont surtout les charges fixes qui ont fait l'objet de notre étude. Il nous reste donc encore à considérer les facteurs qui exercent une influence sur les frais de main-d'œuvre et de combustible.

Dans bien des cas nous avons réalisé de grands progrès dans la réduction des frais de main-d'œuvre par un nombre plus restreint d'unités de plus forte puissance et par des perfectionnements qui réduisent à la fois la surveillance et l'entretien. Nous avons donné plus d'importance à la disposition des installations en établissant ces dernières de façon qu'elles permettent d'obtenir de la main-d'œuvre le maximum de rendement.

Nous avons par exemple disposé différentes parties d'une installation de telle sorte que certaines catégories d'appareils soient ou bien rassemblés dans un même local ou bien alignés dans un corridor aéré et bien éclairé afin qu'un seul homme puisse surveiller le fonctionnement du plus grand nombre possible d'appareils. Nous avons installé des commandes automatiques pour l'eau d'alimentation des chaudières, éliminant ainsi presque complètement la main-d'œuvre nécessaire autrefois pour cette opération. Jusqu'à un certain degré nous avons automatisé les foyers des chaudières. Même si cette automatisation n'est pas complète elle évite au personnel de devoir régler constamment le tirage de la cheminée ainsi que d'autres opérations de ce genre. Ainsi le personnel peut non seulement surveiller plus attentivement les fonctions qui sont moins susceptibles de s'accomplir automatiquement mais aussi surveiller un plus grand nombre de chaudières. Nous avons construit des centrales hydrauliques et des sous-stations automatiques, éliminant ainsi le personnel, et avons établi des installations de commande à longue distance afin qu'une seule personne puisse tout diriger d'un seul endroit bien que les appareils et installations se trouvent à plusieurs endroits différents. Nous approchons d'une époque où les installations seront automatisées sur une bien plus grande échelle qu'aujourd'hui et où le travail consistera selon certains utopistes à surveiller tout ou presque tout le fonctionnement depuis un poste central pourvu de dispositifs indicateurs et de boutons de commande. Cela semble être une limite au développement dans ce domaine. Des recherches aboutissant à la réalisation de cet état seront complètement justifiées.

Quant à l'augmentation du nombre d'unités, il nous semble que c'est pour les installations génératrices de vapeur déjà citées qu'il se présente la meilleure occasion de réaliser des progrès. Le nombre maximum de turbines, de génératrices et d'appareils et machines auxiliaires est fixé par des conditions extérieures dépendant de la répartition de la charge et de divers facteurs inhérents à la forme de l'entreprise ou du système adopté et non

pas par le savoir-faire d'un constructeur ou d'un fabricant. Il faudra donc tendre à réduire la main-d'œuvre dans la chaufferie et non pas dans la salle des machines. J'ai déjà constaté que nous sommes en mesure de calculer exactement la production totale d'énergie par les méthodes connues aujourd'hui. Cela ne veut pas dire que nous soyons en état d'utiliser toute l'énergie calculée. Nous nous butons aujourd'hui à des difficultés pratiques que nous surmonterons plus tard grâce à des recherches approfondies. Les rapides progrès réalisés au point de vue des hautes pressions de vapeur et des hautes températures démontrent clairement que le développement économique tend vers un plus grand rendement thermique malgré que le prix du combustible reste presque constant.

Nous en sommes actuellement à un point où nous approchons de certaines limites auxquelles nous n'avions pas songé auparavant. Dans la chaudière à haute pression du type habituel le moindre dépôt de tartre sur une surface active peut causer une perturbation. L'acier ordinaire devient plastique à des températures immédiatement supérieures à celles que nous utilisons aujourd'hui. Le verre des tubes de niveau nous déçoit par sa solubilité dans l'eau à haute température. Des constructions de soupapes et de flasques qui étaient entièrement satisfaisantes il y a 5 ans ne le sont plus à présent. Des calorifugeages qui étaient admissibles au temps des températures de vapeur modérées se révèlent insuffisants pour les températures qu'on a aujourd'hui et le matériel que nous employons à présent sera probablement inutilisable pour les températures que nous appliquerons demain.

Certaines expériences et essais font entrevoir que l'eau ou la vapeur ou les deux ensemble sont susceptibles d'entrer en réaction au moins avec certaines sortes d'acier à des températures et sous des pressions du même ordre de grandeur que celles que nous venons de considérer.

Il n'y a aucune raison de croire qu'il est impossible d'arriver à une solution technique de ces problèmes créés par l'augmentation des pressions et des températures. Mais une solution technique n'est pas toujours susceptible d'être exploitée commercialement et c'est ce dernier point qui compte lorsqu'il s'agit de justifier de nouveaux progrès. L'énumération de quelques-unes des recherches de haute nécessité aidera à éclaircir la situation.

Premièrement nous avons besoin de savoir plus exactement comment se comportent l'eau et les solutions acqueuses sous les hautes pressions et aux hautes températures, y compris les données telles que les variations de la valeur de  $p_H$  en fonction de la température croissante, les variations de l'équilibre chimique entre les matières dissoutes, l'action de l'eau et de la vapeur sur l'acier et les alliages d'acier et vice versa. Nous devons également étudier les phénomènes de la formation d'écume et de la projection d'eau dans les chaudières ainsi que le mécanisme de la formation du tartre. Bref il nous faut une image bien plus

complète de tout ce qui se passe à l'intérieur des chaudières aux différentes pressions, à l'exception de la transformation de l'eau en vapeur.

Deuxièmement, il nous faut une modification radicale ou un enrichissement de nos connaissances sur les métaux. Est-ce que le phénomène du «creep» existe seulement au-dessus d'une certaine température ou n'est-il perceptible qu'au-dessus d'une certaine température? Est-ce que les métaux se comportent comme les matières élastiques en-dessous d'une certaine température, comme les matières plastiques au-dessus d'une autre température et d'une manière intermédiaire ou combinée entre ces deux températures? Quelle est la cause pour laquelle certains alliages d'acier sont plus résistants au «creep» que d'autres à une certaine température? Comment se comportent stationnairement différentes matières à des températures élevées? Les expériences effectuées pendant une année peuvent-elles donner une indication sur ce à quoi on peut s'attendre pour une période de dix ans? etc.

Troisièmement, il nous faut une théorie nouvelle de la résistance des matériaux. A l'heure actuelle les calculs sont basés en grande partie sinon entièrement sur l'élasticité des matériaux. Il semble que nous nous approchons d'une époque où dans bien des cas les calculs seront basés sur la déformation admise pour une période donnée. Il nous faut de nouvelles formules pour saisir ces phénomènes basés sur la plasticité plutôt que sur l'élasticité parfaite.

Quatrièmement, nous devrions en savoir beaucoup plus long sur d'autres qualités des métaux, en particulier de l'acier. Que sont les craquellements intercrystallins généralement constatés dans des cas de désagrégation alcaline? Sont-ils ou non dus à la pénétration d'hydrogène? Sont-ils caractéristiques pour tous les aciers et alliages d'acier ou seulement pour quelques-uns? Quelles sont les causes des autres formes de désagrégation et peuvent-elles être éliminées ou leur effet réduit à un minimum?

Cinquièmement il nous faut des tables bien plus complètes sur les propriétés physiques de la matière. Cela existe déjà à présent pour l'eau et pour la vapeur d'une façon très satisfaisante. Mais cela devrait se faire également pour bien d'autres éléments. L'examen des différentes tables de constantes admises telles que la chaleur spécifique, la densité, la conductivité thermique, la conductivité électrique, etc. met au jour encore bien des différences, des lacunes et des inexactitudes. Cette remarque peut s'appliquer aux métaux et à beaucoup d'autres matériaux qui entrent dans la construction d'appareils devant supporter des hautes pressions et des hautes températures.

En sixième lieu nous devons approfondir nos connaissances sur la construction des chaudières et en particulier sur le problème de la circulation. Quelles sont les lois exactes qui régissent la transmission de chaleur aux surfaces de chauffe des chaudières et comment la circulation est-elle in-

fluencée par l'absorption de chaleur sous différentes températures?

Une foule de problèmes se posent dans la pratique actuelle; quelques-uns d'entre eux seront plus pressants si nous continuons notre marche vers le progrès. Par exemple quelle est la cause de la détérioration des huiles lubrifiantes et comment les huiles peuvent-elles être raffinées de manière à ce que leur longévité soit considérablement augmentée? Pourquoi sont-ce les aubes des turbines qui sont le plus souvent la cause des perturbations? Si toutes les lois et tous les faits sont connus, comment se fait-il que dans beaucoup de turbines neuves les aubes causent des ennuis qui sont éliminés ultérieurement par de simples modifications de leurs dimensions? Comment pourrait-on construire des turbines qui démarrent plus rapidement sans que leur rendement thermique en soit diminué? et ainsi de suite.

Après cette énumération de problèmes plus ou moins pratiques susceptibles d'être étudiés, il me semble utile de revenir encore une fois sur le sujet des recherches fondamentales indiqué plus haut. N'oublions pas que toutes nos idées sur la constitution de la matière et sur l'électricité ont été renversées en relativement peu d'années. En fait des changements se suivent avec une telle rapidité que seulement le spécialiste peut prétendre connaître les idées les plus modernes. L'industrie de l'énergie a certainement profité de ce développement. Mais bien des informations utiles et d'une grande valeur pratique ne sont pas à la portée du praticien, parce que ces idées récentes ne lui sont pas familières et parce que les chimistes et les physiciens modernes ignorent tout des besoins de la pratique.

Par exemple nos diélectriques sont encore les mêmes qu'il y a quelques dizaines d'années, créés par des méthodes empiriques et souvent dues au hasard! Il semble qu'une étude sérieuse de la nature et de la manière de se comporter des diélectriques à partir d'un point de vue plus moderne devrait aboutir à des découvertes fructueuses et finalement à un progrès dans un domaine où nos connaissances sont piteuses. Il semble également qu'une étude exacte des propriétés des molécules de différentes sortes, soumises à des traitements et à des efforts typiques serait susceptible d'indiquer la direction à prendre pour la production de diélectriques qui satisfassent mieux aux exigences diverses.

D'autre part on a vu plus haut que nous sommes maintenant en état de calculer avec une grande approximation la production totale d'énergie par les méthodes employées actuellement. Par cela je n'entends pas qu'on puisse estimer ce qui est possible d'obtenir en faisant une supposition quelconque sur la matière à travailler et sur les limites de la température et de la pression. J'entends davantage encore. Nous pouvons admettre que les métaux nécessaires soient disponibles dans la mesure où nous en avons besoin et puis calculer exactement à l'aide de la thermodynamique ce qui



serait possible d'obtenir avec des matières premières différentes.

A en juger d'après l'histoire de l'humanité, nous nous approchons donc de la fin d'une époque. Cela veut dire que quelque part, avec l'époque qui suivra celle-là, il se développera un processus de production de l'énergie entièrement nouveau et différent. Avant que nous ayons atteint les bornes de ce qui est possible par les méthodes présentes, la nouvelle méthode se présentera à nous comme un enfant à l'état embryonnaire, demandant d'être discutée, nourrie et portée à travers une période d'adolescence jusqu'à ce que finalement on se dise: Que c'est simple! Pourquoi personne n'y a songé plutôt?

A l'heure qu'il est personne ne peut encore dire d'où et comment cette nouvelle époque viendra. Mais si nous continuons dans la voie suivie jusqu'à présent, elle découlera des recherches fondamentales auxquelles nous travaillons maintenant ou que nous entreprendrons dans un avenir rapproché. Les idées qui nous ont été transmises sur la matière et l'énergie, les atomes et les oscillations, la continuité et la discontinuité étant jetées par dessus bord ou au moins modifiées de manière à être rendues presque méconnaissables, il nous semblera nous trouver en face d'une marmite en ébullition de laquelle sortira quelque chose de haute importance. Nous pouvons admettre que ce sera au moins quelque chose qui rendra désuètes nos installations

d'énergie avant que nous ayons trouvé et commercialisé des métaux qui résisteront aux sollicitations que nous sommes en voie de leur faire supporter.

Pour terminer je ne voudrais pas que cette étude soit prise pour une réflexion sur les œuvres du passé. Si l'on considère ce qui a été fait dans le domaine de l'énergie pendant quelques courtes générations et ce qui en est résulté au point de vue social et économique, on en est littéralement écrasé. Il est particulièrement significatif que presque tous ces progrès importants réalisés dans les installations et les méthodes sont dus à des recherches auxquelles on n'avait jamais songé auparavant.

Je ne tiens aucunement à rabaisser la valeur du passé. Il est magnifique. Je demande seulement, que nous et nos descendants se montrent dignes des traditions et des devoirs que nous ont légués les géants de la pensée qui ont su mener les choses si loin en si peu de temps. Et je suis fermement convaincu que la «recherche» qui fut dans leurs mains une arme si efficace, la sera également dans les nôtres à condition que nous sachions l'employer avec le même soin que ceux qui nous l'ont transmise. A ceux qui seraient enclins à ergoter sur le prix de tels progrès, je me contenterai de citer le passé qui montre de la manière la plus claire que tout ce qui a été dépensé pour des recherches est insignifiant en face des résultats auxquels elles ont abouti.

## Ueber die Grundlagen der Staubsaugerbeurteilung.

Von Josef Heuberger, Fil. Doktor, Stockholm.

648.525.00.14

Der Autor bespricht in kritischer Weise die im Bulletin 1930, Nr. 17, von Velisek entwickelte Methode der Bewertung von Staubsaugeapparaten durch Bestimmung der Saugleistungsmaxima. Als wesentlichen Fehler der Betrachtungen Veliseks bezeichnet er die Annahme der Ventilatorleistung als Mass für die Güte eines Staubsaugers; er versucht darzutun, dass diese Annahme zu falschen Schlüssen über die Güte eines Staubsaugers führt.

L'auteur commente en la critiquant la méthode exposée par Velisek au Bulletin 1930, N<sup>o</sup> 17, pour l'appréciation d'appareils aspirateurs de poussière par la mesure des maximums de la puissance d'aspiration. D'après lui Velisek commet une erreur importante en admettant la puissance du ventilateur comme mesure de la qualité d'un aspirateur; supposition qui conduit, comme l'auteur essaye de le montrer, à des conclusions fausses sur la qualité de l'appareil essayé.

Die Bewertung von Staubsaugern durch Bestimmung von Saugleistungsmaxima war kürzlich Gegenstand einer Veröffentlichung im Bulletin des SEV<sup>1)</sup>. In dieser Veröffentlichung wurde vorgeschlagen, Staubsauger verschiedener Fabrikate am Maßstabe der Ventilatorleistung miteinander zu vergleichen.

Ganz abgesehen davon, dass es a priori kaum richtig sein kann, Staubsauger, die doch keine Luftfördermaschinen, sondern Entstaubungsmaschinen sind, an Hand einer typischen Ventilatorgröße zu vergleichen, scheinen auch die theoretischen Grundlagen in der genannten Veröffentlichung nicht einwandfrei zu sein. Wir werden im folgenden einen Vergleich zweier Staubsaugertypen, eines Niedrigvakuum- und eines Hochvakuumapparats,

unter vereinfachten schematischen Annahmen durchführen und beschränken uns dabei ganz auf die ventilatorische Seite des Problems.

Es bezeichnet im folgenden:

$H$  den Unterdruck,  
 $Q$  die geförderte Luftmenge,  
 $P = Q \cdot H$  die Ventilatorleistung,  
 $h_{\max}$  den maximalen Unterdruck,  
 $q_{\max}$  die maximale Luftmenge.

Im  $HQ$ -Diagramm der Fig. 1 sind die Unterdruckkurven der beiden zu vergleichenden Staubsaugertypen

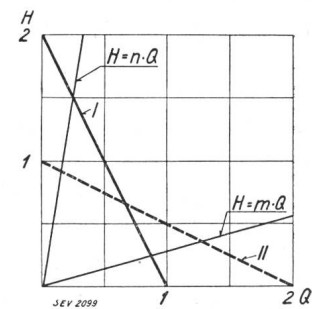


Fig. 1.

Unterdruckkurven eines Hoch- und eines Niedrigvakuumstaubsaugers.

I Hochvakuum.  
 II Niedrigvakuum.

<sup>1)</sup> A. Velisek, Bewertung von Staubsaugeapparaten durch Bestimmung der Saugleistungsmaxima. Bull. SEV 1930, Nr. 17, S. 571.