

L'énergie nucléaire dans le bilan énergétique européen futur

Autor(en): **Sevette, Pierre**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **83 (1957)**

Heft 3

PDF erstellt am: **30.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-62771>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

possible pour un faisceau d'électrons initialement parallèle de définir un parcours limite dans une substance donnée, parcours qui est une fonction univoque de l'énergie.

b) L'absorption de la radiation γ (photons d'énergie $E_\gamma = hv$) dans la matière est due aux trois processus suivants pour lesquels on peut définir une section efficace caractéristique pour chaque atome absorbant de numéro atomique Z . Ce sont :

1. L'effet photoélectrique où le photon, en disparaissant, transmet son énergie à un électron, qui est expulsé de l'atome.

2. L'effet Compton : collision élastique d'un photon avec un électron atomique ; le photon est dévié et perd une partie de son énergie ($hv' < hv$).

3. Le phénomène de création de paires e^-, e^+ , possible aussitôt que l'énergie du photon dépasse celle qui correspond à la masse de deux électrons au repos ($hv > 2m_0c^2 = 1,02 MeV$).

Cette matérialisation de la radiation γ s'effectue en présence d'un atome, nécessaire à la conservation de l'impulsion (l'atome emporte l'excès d'impulsion porté par le photon). Ces trois processus sont représentés dans la figure 10.

A partir d'un faisceau parallèle de rayons γ , l'affaiblissement se fait donc par élimination de photons au fur et à mesure de la pénétration dans la matière, la probabilité d'une collision étant sur tout le trajet la même. Il en résulte une loi exponentielle de diminution du flux I des photons en fonction de l'épaisseur x traversée.

Au contraire des particules chargées, aucun écran ne permet donc une élimination complète de la radia-

Absorption de la radiation γ

1) Effet photo-électrique



$$E_e = hv - E_{K,L}$$

$$\sigma_{ph} \sim Z^5 E_\gamma^{-3/2}$$

2) Effet Compton



$$hv' = \frac{hv}{1 + 2 \frac{hv}{m_0c^2} \sin^2 \frac{\theta}{2}}$$

3) Création de paires $e^- e^+$



$$\sigma_c \sim Z \times \text{fonction décroissante de } E_\gamma$$

$$E_e + E_{e^+} + E_R = hv - 2m_0c^2$$

$$\sigma_p \sim Z^2 \times \text{fonction croissante de } E_\gamma$$

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

$$\mu = N(\sigma_{ph} + \sigma_c + \sigma_p) = \text{Coef. d'absorption}$$

$N = \text{nombre d'atomes par cm}^3$

Fig. 10.

tion γ . Il est cependant possible, par un choix approprié de la substance absorbante et de son épaisseur, de diminuer l'intensité γ au-dessous d'un niveau prédéterminé. Il va sans dire que ces lois d'absorption sont de la plus haute importance pour la protection biologique lors de l'utilisation des réacteurs nucléaires.

BIBLIOGRAPHIE

Pour les lecteurs désireux d'approfondir et de compléter la matière présentée dans cet exposé, nous recommandons les ouvrages suivants :

- T. KAHAN : *Physique nucléaire*. Collection Armand Colin, Paris, 1954.
- D. HALLIDAY : *Introductory Nuclear Physics*. J. Wiley & Sons, New York, 1955.
- A. GREEN : *Nuclear Physics*. MacGraw-Hill, New York, 1955.
- H. A. BETHE et P. MORRISON : *Elementary Nuclear Theory*. J. Wiley & Sons, New York, 1956.

Et plus spécialement pour la physique des réacteurs :
S. GLASTONE et M. C. EDLUND : *The Element of Nuclear Reactor Theory*. Van Nostrand, New York, 1952.

L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DANS LE BILAN ÉNERGÉTIQUE EUROPÉEN FUTUR

par PIERRE SEVETTE, chef de la Section de l'énergie électrique
Commission économique pour l'Europe des Nations Unies¹

Avant-propos

1. La chaleur produite par la fission ou par la fusion nucléaire constitue une source d'énergie à la fois nouvelle et extrêmement importante. Elle peut, en particulier, servir à la propulsion d'engins tels que les navires, être utilisée à basse pression dans certaines industries, mais elle est surtout susceptible de constituer un nouveau moyen de production d'énergie électrique.

¹ Conférence donnée à l'occasion des Journées suisses d'étude sur l'énergie nucléaire, organisées du 5 au 7 avril 1956, à Neuchâtel, par la Société suisse des ingénieurs et des architectes.

Il n'est donc pas inutile d'examiner dans quelle mesure et comment cette énergie nucléaire va s'intégrer dans le système énergétique actuel et plus précisément comment elle pourra modifier le système traditionnel de production d'énergie électrique.

2. La place que doit tenir l'énergie nucléaire dans le bilan énergétique européen futur dépend tout d'abord du bilan quantitatif et qualitatif de l'estimation des besoins en énergie et de l'importance des ressources connues susceptibles de les satisfaire.

Elle dépend par ailleurs des prix de revient respectifs des différents moyens de production disponibles. J'examinerai brièvement ces deux facteurs.

Bilan des besoins et des ressources en énergie

3. Les consommations énergétiques actuelles des différents pays européens sont connues.

Si on les exprime en kWh en tenant compte d'un rendement de 25 % dans la conversion des combustibles fossiles, on constate que l'Europe, U.R.S.S. exclue, consomme actuellement environ près de 2000 milliards de kWh par an, soit 4800 kWh par habitant. La proportion de cette énergie consommée sous forme d'électricité représente 22 % du total, soit une consommation moyenne de 1100 kWh par habitant.

4. Mais il est très difficile d'estimer ces besoins pour l'avenir.

Les méthodes tout d'abord qui peuvent être employées pour une telle estimation sont différentes et peuvent se classer en deux catégories :

— les premières sont basées sur l'application d'un taux moyen, la loi qui fixe ce taux pouvant avoir des origines diverses ;

— les secondes consistent à sommer les résultats fournis par un examen détaillé des différents secteurs qui composent la consommation.

L'incertitude des résultats auxquels ces différentes méthodes conduisent est cependant assez grande. L'accélération des évolutions industrielles qui suit celle des progrès techniques tend d'ailleurs à diminuer la durée pour laquelle on peut formuler des prévisions valables et, au delà d'une certaine période qui tend donc à se raccourcir, les estimations appartiennent au domaine où l'art et la science se rencontrent.

5. Selon les documents présentés à la Conférence pour l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques, qui s'est tenue à Genève en 1955, l'estimation sur le plan mondial a conduit à la détermination de taux moyens annuels d'augmentation qui oscillent entre 2 et 3,5 % pour l'énergie totale.

Les taux indiqués par les différents pays sont très divers : ils dépendent, en effet, des prévisions concernant l'accroissement démographique — son taux moyen annuel, pour les cinquante années à venir, oscille entre 0,4 % pour la Belgique, 0,5 % pour la Suisse et 1,4 % pour la Yougoslavie — de l'évaluation de l'activité économique ainsi que de l'évolution du rendement de la transformation de l'énergie brute en énergie utile.

Aussi n'est-on pas surpris de constater que les taux moyens d'accroissement annuel de la consommation en énergie forment un éventail allant de 1,3 à 6,3 % par an et que ceux relatifs à la consommation en énergie électrique varient selon les pays de 2 à 12 % par an, alors que le taux correspondant à la loi du doublement en dix ans est de 7,2 %. Il faut d'ailleurs souligner que durant ces dernières années, l'augmentation de cette consommation a dépassé les prévisions les plus optimistes et en 1955 encore, le taux moyen d'accroissement de la consommation européenne en énergie électrique a été de 10 %. On ne constate aucun signe de saturation, même dans les pays les plus industrialisés, et les progrès des différentes technologies ainsi que celui accompli dans le domaine des sciences économiques sont tels que cet accroissement se poursuivra très longtemps encore.

6. En face de cette demande croissante, quelles sont les ressources énergétiques dont l'Europe dispose ?

Si l'on comparait l'importance des réserves en combustibles solides, soit environ 1 300 000 milliards de kWh, à l'utilisation qui en est faite actuellement, elle serait suffisante pour la satisfaire encore pendant un millier d'années, mais les quantités de charbon que l'on peut extraire chaque année sont finalement limitées.

Le progrès qui s'accomplit en effet dans les méthodes extractives est le plus souvent compensé par le double fait que les couches deviennent de plus en plus profondes et que la main-d'œuvre disponible pour les mines a tendance à se raréfier.

Parallèlement, le prix du charbon tend à croître ; celui de la Grande-Bretagne, par exemple, subit une augmentation constante de 1,2 % par an par rapport au niveau général des prix de gros, ce qui correspond à un doublement tous les soixante ans.

7. L'incertitude qui règne sur les réserves de pétrole est également considérable. L'estimation des réserves probables est d'environ cinq fois celle des réserves prouvées. Les sondages entrepris récemment dans un grand nombre de pays européens ont fait apparaître des ressources nouvelles importantes. Il en est de même pour le gaz naturel.

Les quantités dont l'Europe dispose sont néanmoins limitées actuellement, à 2000 milliards de kWh pour les réserves prouvées de pétrole et à 3500 milliards de kWh pour les réserves de gaz naturel dans les gisements en exploitation.

8. L'évaluation précise des ressources hydrauliques est malaisée. Seules en effet peuvent être déterminées avec une certaine exactitude leurs limites supérieures théoriques.

Mais c'est la connaissance des ressources qu'il est techniquement et surtout économiquement possible d'exploiter qui s'avère la plus délicate. L'on s'est souvent efforcé de déterminer un rapport entre les différents potentiels. D'après une étude récente de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies, les potentiels techniques et économiques représentent respectivement environ les 30 et 20 % du potentiel théorique. De tels rapports cependant ne donnent qu'un ordre de grandeur, la détermination du potentiel économique dépendant, selon les pays, du nombre d'avant-projets qui ont été étudiés, du progrès de la technique, du degré d'équipement déjà réalisé, des besoins de la consommation et enfin de la présence d'autres sources concurrentes d'énergie. Les estimations les plus récentes donnent pour le potentiel hydro-électrique économiquement exploitable en Europe 475 milliards de kWh.

9. Mais ces ressources énergétiques, ainsi d'ailleurs que les centres de consommation, sont tout d'abord inégalement répartis. Les limites extrêmes, en ce qui concerne les ressources, sont de 7000 kWh par habitant au Danemark et de 35 millions de kWh par habitant en Norvège ; pour la consommation énergétique, elles sont de 1000 kWh par habitant en Turquie et 9000 kWh par habitant en Grande-Bretagne.

En outre, il n'existe que peu de corrélation entre la localisation des ressources et celle des besoins.

Il semblerait a priori que le transport de l'énergie ainsi qu'une certaine substitution d'une forme d'énergie à une autre pourraient atténuer ces différences et

conduire à un meilleur équilibre. Or, l'importance de ces deux facteurs est relativement faible.

10. Si l'on considère par exemple les mouvements de charbon entre les pays européens (à l'exclusion de l'U.R.S.S.), le total des importations représente environ 12 % de la production européenne. Le transport du pétrole est relativement plus important, puisque l'Europe dépend de l'extérieur pour son alimentation ; cependant, la consommation de pétrole n'intervient actuellement que pour 15 % dans la consommation de l'ensemble des sources commerciales d'énergie. Les mouvements d'énergie électrique sont également très faibles : le pourcentage en Europe de l'énergie exportée hors des pays d'origine oscille autour de 1,5 %.

11. Les raisons de cette situation peuvent être groupées en trois catégories. On peut citer premièrement les contingences dues au transport lui-même. La distance sous laquelle certaines formes d'énergie peuvent être transportées se heurte à des difficultés et parfois même à des impossibilités d'ordre technique. Par ailleurs, le transport de l'énergie nécessite des installations spécifiques dont le coût est très élevé.

Pour l'énergie électrique, le coût du transport de 150 MW sur 400 km, par exemple, est sensiblement égal à la moitié de celui nécessité par la construction d'une centrale thermique de même puissance. Pour le charbon, le transport intervient en moyenne pour 12 % dans les prix de vente au consommateur. Enfin, la part frais de transport par mer représente environ 25 % du prix du pétrole raffiné — compté au départ de la raffinerie — extrait du pétrole brut du Moyen-Orient.

Deuxièmement, alors que la production de l'énergie est sensiblement régulière, son utilisation ne l'est pas dans la même mesure et dépend partiellement des saisons ; or, le stockage de ces produits, qui d'ailleurs entraîne des frais supplémentaires, est le plus souvent difficile. L'énergie hydro-électrique, par exemple, n'est stockable que sous forme d'eau accumulée dans les réservoirs ; or, en Europe, la capacité de stockage des réservoirs atteint 10 % environ de la production hydro-électrique, alors qu'en décembre le rapport de la puissance de pointe à la puissance de nuit est de 2.

Troisièmement enfin, les mouvements d'énergie sont dans une certaine mesure gênés par les frontières politiques. Ils créent en effet une certaine dépendance entre pays importateurs et pays exportateurs ; les premiers ont donc tendance à exploiter au maximum leurs propres ressources avant que de faire appel à l'extérieur.

12. Les besoins en énergie pouvant s'adapter dans une certaine mesure aux ressources, il en résulte donc une certaine distorsion dans l'utilisation de ces dernières. Il est évident que l'introduction de l'énergie nucléaire modifiera considérablement ces données, les frais de transport du combustible étant dans ce cas négligeables et les centrales pouvant être aisément situées près des centres de consommation, indépendamment de la localisation des ressources naturelles.

13. L'établissement d'un bilan énergétique pour l'avenir représente donc une tâche délicate. Il est cependant possible de dégager un certain nombre de tendances dans l'utilisation probable des ressources conventionnelles.

Une indication intéressante est fournie par l'estima-

tion des limites des ressources hydro-électriques. Si l'on se base sur les deux hypothèses suivantes, à savoir que la proportion actuelle entre la production d'énergie thermique et la production d'énergie hydraulique restera constante dans les années à venir, et que, d'autre part, l'accroissement de la consommation d'énergie électrique s'effectuera suivant la loi du doublement en dix ans, on constate que le potentiel hydro-électrique de l'Europe serait épuisé dans une vingtaine d'années.

Certains pays dont les ressources hydrauliques constituent l'essentiel de leurs ressources énergétiques, tels que l'Espagne, la Finlande, l'Italie, la Suède et la Suisse, auront vraisemblablement équipé la totalité de leur potentiel avant la fin de cette période de vingt ans. Seuls l'Autriche, la Norvège, le Portugal, la Roumanie, la Turquie et la Yougoslavie disposeront encore d'un certain potentiel hydraulique après cette période.

D'autres pays disposent non seulement d'énergie hydraulique, mais de ressources minérales. Le potentiel hydraulique de la France sera, lui aussi, équipé dans la période de vingt ans qui va s'écouler ; ce pays sera donc amené à utiliser de plus en plus ses ressources minérales, dont la production annuelle ne suffit déjà plus à assurer ses besoins.

En ce qui concerne enfin les pays qui possèdent une prédominance de ressources minérales, si celles-ci sont théoriquement capables d'assurer une augmentation croissante de la consommation d'énergie pendant de longues années, la limite de leur extraction devrait les rendre rapidement tributaires d'une autre source d'énergie. Ce besoin se fait sentir d'une façon immédiate dans certains pays, comme la Grande-Bretagne ; d'autres, tels que la Belgique et la Tchécoslovaquie, éprouveront les mêmes difficultés à court terme, c'est-à-dire dans dix à quinze ans.

Influence des prix

14. En dehors de la nécessité relative dans laquelle se trouvent les différents pays d'importer de l'énergie pour combler le déficit de leur balance énergétique, c'est le point d'intersection des courbes de prix de revient du kWh produit par leurs ressources conventionnelles et de celui produit par les centrales nucléaires qui constitue le second élément déterminant de l'intégration de ces dernières.

15. Le prix de revient de l'énergie hydro-électrique a tendance à croître au fur et à mesure que l'aménagement du potentiel hydraulique se réalise. Toutefois, la question est assez complexe, étant donné notamment que la qualité de l'énergie produite diffère selon qu'il s'agit de centrales au fil de l'eau ou de centrales à réservoir. D'une manière générale, cependant, on peut constater que l'augmentation est peu sensible pendant une assez longue période, car elle est compensée par l'influence du progrès technique. A partir d'un certain degré d'aménagement cependant, qui est voisin de la limite du potentiel considéré comme économique, les prix augmentent rapidement.

En ce qui concerne les centrales thermiques, la consommation spécifique de charbon par kWh produit diminue constamment, par suite de l'utilisation de températures et de pressions toujours plus élevées et

de l'emploi d'unités plus puissantes. Il en résulte donc que le nombre de calories consommées ne croît pas proportionnellement à la production d'énergie thermique. En France par exemple, un quadruplement de la production d'énergie thermique entraînerait seulement un triplement des calories nécessaires. Par contre, les prix du charbon ont tendance à augmenter ; de plus, le pourcentage des charbons de déchet étant finalement limité, les centrales thermiques seront obligées d'utiliser de plus en plus des charbons de meilleure qualité.

L'interconnexion des réseaux et la concentration de la production qui a entraîné une diminution des frais d'exploitation tendent aussi à abaisser le prix de revient, mais leur développement est limité. Le progrès ne semble donc pas pouvoir compenser les éléments qui provoquent une augmentation des prix de l'énergie électrique produite par les sources conventionnelles, augmentation qui apparaît principalement dans les pays industrialisés.

16. Quelles sont maintenant les caractéristiques des prix de revient de l'énergie nucléaire ?

Si l'on excepte la centrale de 5000 kW qui a été construite en U.R.S.S., aucune centrale nucléaire ne produit actuellement de l'énergie électrique sur une base commerciale. Les éléments dont on dispose en ce qui concerne les prix ne constituent donc que des évaluations fondées sur les centrales en construction, et il convient de les considérer avec prudence.

La durée de vie des éléments qui composent le réacteur est en particulier mal définie. En second lieu, la vente du plutonium produit dans la réaction est susceptible de diminuer plus ou moins le prix de revient final du kWh ; or ce prix de vente dépend en partie de considérations stratégiques indépendantes des phénomènes techniques et économiques.

En outre, les centrales nucléaires nécessitent des investissements importants, dus principalement au coût élevé des réacteurs. Grosso modo, si dans les centrales thermiques classiques les deux tiers environ des frais de production sont dus au prix du combustible et le tiers aux charges du capital et aux frais d'exploitation, la proportion se trouve inversée dans les centrales nucléaires ou du moins dans les premières qui seront construites. Cette importance des investissements entraîne un certain nombre de conséquences.

— Tout d'abord, cela permet d'envisager assez rapidement une diminution sensible du prix de revient, puisque les progrès de la technique porteront principalement sur la réduction des prix de construction des réacteurs.

Parallèlement, les charges du capital, qui elles aussi sont plus importantes, diminueront de la même façon.

— Une seconde conséquence est que la rentabilité de telles installations sera en principe fonction de leur utilisation. La plupart des pays prévoient un facteur de charge de 80 %, c'est-à-dire que l'énergie électrique ainsi produite devrait être destinée à assurer une charge presque constante, donc située à la base du diagramme de la consommation.

— Une troisième conséquence est que le prix de revient du kWh produit sera d'autant plus bas que la puissance installée sera plus élevée. A titre indicatif, pour des centrales dont la puissance varierait de 50 à

150 MW, ce prix de revient passerait de 2,2 U.S. cents à 1,1 U.S. cent.

17. La diversité des types de réacteurs, celles des puissances installées prévues pour les centrales, celle des coûts de la charge initiale de combustible, celle enfin des charges du capital font qu'il est très difficile de comparer les prix de revient auxquels l'on peut arriver actuellement pour l'énergie produite. Ceux-ci, en effet, s'étendent suivant une gamme allant de 0,4 à 3,5 U.S. cents, les prix des petites centrales étant évidemment beaucoup plus élevés. Il ne semble donc pas, bien que le moment en soit peut-être proche, que l'on puisse d'ores et déjà affirmer d'une façon générale que le prix de l'énergie nucléaire soit compétitif avec celui de l'énergie électrique produite par une centrale thermique classique.

18. En conclusion :

La plupart des pays européens ne disposent pas de ressources naturelles suffisantes pour leur permettre de faire face dans la période de vingt ans à venir à leurs besoins en énergie. Ils seront donc obligés soit de recourir à l'importation, soit de compenser ce déficit en faisant appel à l'énergie nucléaire. Ce besoin sera progressif et il ne présente un caractère d'urgence immédiate que dans peu de pays.

Il existe par ailleurs une grande incertitude sur le prix de revient de l'énergie électrique produite par une centrale nucléaire. Il serait donc prématuré d'affirmer que cette énergie peut d'ores et déjà concurrencer dans ce domaine celle produite par les centrales thermiques. Si, sous l'influence du progrès, de tels prix sont susceptibles de diminuer dans un avenir assez proche, le complément de production que peut constituer l'énergie nucléaire est encore loin de fournir un remède magique qui permettrait de réduire considérablement le prix de revient de l'énergie électrique.

19. Il y a donc lieu de procéder à un examen sérieux des possibilités qui s'offrent encore d'aménager des sites hydrauliques et de poursuivre leur aménagement à une cadence régulière.

— S'il s'agit d'énergie au fil de l'eau, les prix seront de toute façon pour longtemps encore inférieurs à celui de l'énergie nucléaire.

— S'il s'agit d'énergie de pointe, celle-ci sera de plus en plus nécessaire, étant donné que vraisemblablement l'énergie nucléaire assurera la base du diagramme de charge.

Il y aurait lieu également de continuer à développer les interconnexions entre les pays européens. La perspective de l'énergie nucléaire ne devrait pas ralentir la réalisation des projets en cours et dont le but est d'exporter de l'énergie électrique en provenance de pays tels que l'Autriche et la Yougoslavie.

20. Ces conclusions peuvent peut-être paraître légèrement pessimistes. En fait, je crois qu'elles sont plutôt réalistes. Pour s'en persuader, il suffit de constater qu'en Grande-Bretagne, par exemple, la production des douze centrales atomiques prévues pour les dix prochaines années ne représentera alors que les 7 % de la consommation de ce pays. Les derniers programmes connus de construction de centrales atomiques aux Etats-Unis et qui doivent s'échelonner sur une période de vingt années fourniront 40 millions de kW, alors

que la puissance estimée pour 1975 s'élèvera à 360 millions de kW. La production des centrales nucléaires dans ce pays ne représentera donc alors que les 10 % de la consommation.

21. J'ai insisté surtout sur les problèmes qui se posent, principalement dans le domaine de l'énergie électrique. C'est qu'en effet, la chaleur produite par la fission ou la fusion nucléaire sera principalement utilisée dans ce but. Il n'en est pas moins vrai que d'autres substitutions peuvent être envisagées dans le domaine de la production de la chaleur à basse pression, ainsi que dans le domaine du transport.

Il est vrai aussi que dans ce domaine nouveau la réalisation des ouvrages et les développements du progrès seront facilités par une coopération efficace entre les différents pays. Cette coopération est actuellement à l'étude au sein d'un grand nombre d'organismes internationaux et principalement au sein des Nations Unies, qui se proposent de créer à brève échéance une agence internationale pour l'utilisation pacifique de l'énergie atomique. Les différentes possibilités qui sont envisagées mériteraient à elles seules un exposé complet, mais celui-ci dépasserait le cadre du sujet qu'il m'avait été demandé de vous exposer.

BIBLIOGRAPHIE

Techniques de résolution des équations aux dérivées partielles. Equation de la chaleur — Equation de Laplace — Equation des ondes, par *J. Legras*, professeur à la Faculté de Nancy. Paris, Dunod, 1956. — Un volume 14 × 22 cm, xv + 180 pages, 75 figures. Prix : broché, 1450 fr. français.

En publiant cet ouvrage, le professeur *J. Legras* a poursuivi un double but : tout d'abord donner à l'étudiant la possibilité d'étudier les diverses techniques de résolution en isolant les difficultés mathématiques et physiques propres à chaque étude, ensuite permettre à un utilisateur de connaître, pour chaque problème, la technique de calcul la plus maniable.

On sait que les équations aux dérivées partielles du second ordre, linéaires, à coefficients constants, commandent de nombreux domaines de la physique. Malgré leur importance et leur simplicité, les propriétés de ces équations ont rarement fait l'objet d'un exposé d'ensemble, chaque utilisateur développant le point qui l'intéresse en délaissant les méthodes voisines.

L'auteur rappelle que les méthodes de résolution peuvent se classer ainsi :

- 1° Méthodes algébriques (définissant la solution sous forme de symboles mathématiques).
- 2° Méthodes numériques ou graphiques (définissant la solution sous forme de tables ou de courbes).

Par sa vue d'ensemble sur la question, ce livre s'adresse donc aux étudiants désireux de connaître le schéma mathématique de ces équations, tout comme aux élèves ingénieurs et aux ingénieurs. A notre avis, c'est là un ouvrage qui doit permettre à tous les lecteurs, soucieux de leur culture, de se familiariser avec un très important chapitre des mathématiques.

Sommaire :

1. Quelques propriétés des équations aux dérivées partielles linéaires. — 2. L'équation de la chaleur. — 3. L'équation de Laplace : fonctions harmoniques et fonctions analytiques. — 4. Equation de Laplace : la solution de problèmes définis, méthodes algébriques. — 5. Equation de Laplace : méthodes analogiques et méthodes numériques. — 6. Equation des ondes. — 7. Equations à plus de deux variables.

Cours de béton armé, par † *P. Luminet*, ingénieur à la CEGEDOR, chargé de cours à l'Ecole de dessinateurs de la Société Péchiney. Revu et complété par *Ch. Mondin*, ingénieur civil des Mines. Paris, Dunod, 1956. — Un volume 16 × 24 cm, xi + 296 pages, 170 figures. Prix : broché, 1960 fr. français.

Dans ce manuel, à la fois théorique et pratique, l'auteur expose tout d'abord une théorie simple et complète du béton armé adaptée aux calculs pratiques de bureaux d'études et tenant compte des règles BA-45 (calcul d'adhérence, recouvrement des aciers, ancrage aux appuis, etc... pour toute nuance d'acier).

Grâce à quatorze tableaux, le praticien trouvera immédiatement les dimensions à donner à une pièce, connaissant les moments, efforts tranchants et contraintes limites imposées et également le problème inverse, à savoir la recherche des contraintes dans la pièce, connaissant les moments fléchissants et efforts tranchants en tous points.

Pour permettre à ses lecteurs d'augmenter leurs connaissances en résistance des matériaux, l'auteur a également traité du calcul des moments fléchissants et efforts tranchants, ce qui conduit tout naturellement aux calculs de continuité.

L'ouvrage est accompagné de nombreux exemples chiffrés, ce qui en facilite la compréhension.

Sommaire :

- I. *Théorie* : Béton. Acier. Hypothèses de calcul. Compression simple. Extension simple. Flexion simple. Efforts tranchants. Adhérence. Longueur d'ancrage et recouvrement. Ancrage aux appuis. Flexion composée. Torsion. — II. *Applications expliquées* : Epreuves des ouvrages et flèches. Présentation des dessins. Poutres simples. Fondations diverses. Plaques d'assise. Murs de soutènement. Poutre en porte-à-faux. — III. *Continuité* : Poutres continues. Portiques continus. Ossatures. Encastrement d'éléments en béton armé dans la maçonnerie. Essais non destructifs du béton. — IV. *Tableaux pour calcul du béton armé*. — V. *Résistance des matériaux* : Calculs des moments fléchissants et efforts tranchants. Classification. Travée unique. Travées continues. Portiques. Cadres.

Journées d'extensométrie (17-19 février 1955). Numéro spécial des Mémoires du Groupement pour l'avancement des méthodes d'analyse des contraintes, Paris (rue Vauquelin 10). — Un volume 22 × 28 cm, 192 pages, schémas et photographies. Prix : broché, 1000 fr. français.

Une exposition s'est tenue au cours de l'hiver 1954-1955 à la Maison de la Chimie, à Paris, organisée par l'Association française de recherches et d'essais sur les matériaux et les constructions et le Groupement pour l'avancement des méthodes d'analyse des contraintes, sur les différents matériels et appareils d'extensométrie et leurs applications.

La documentation unique qui s'y trouvait réunie a été éditée sous la forme d'un album intitulé « Journées d'extensométrie ».

On y trouve une introduction de *M. Le Boiteux*, le texte des conférences prononcées le jour de l'inauguration de l'exposition par *MM. Jourdain, Bellier et Boutefoy*, ainsi que des monographies rédigées par chaque exposant sur le matériel présenté. Ces monographies contiennent une description détaillée des appareils de mesure d'extensométrie (strainages, cordes vibrantes, vernis craquelants, etc.) et de nombreux exemples d'utilisation dans l'automobile, l'aviation ou le bâtiment ; ils constituent ainsi un inventaire détaillé et actuel des ressources françaises de l'extensométrie. Un tel recueil constitue un document précieux pour tous les ingénieurs.