Espoirs et limites des sources d'énergie primaires non conventionnelles

Autor(en): **Peter, W. / Roth, A.W.**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **100 (1974)**

Heft 24

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-72142

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

programme, donné dans l'appendice A. Pour définir le système d'équations non linéaires que l'on désire résoudre et pour calculer le moment d'encastrement de la barre, il faut rédiger un sous-programme FORTRAN appelé FORMFF. Ce sous-programme est donné dans l'appendice B.

En prenant pour les paramètres α et λ les valeurs particulières, on peut étudier leur influence sur le comportement post-critique de la barre. Dans l'appendice B sont montrés les résultats que l'on a par exemple obtenus en posant $\alpha = 1{,}15$ et $\lambda = 1000$. On voit que les déplacements de l'extrémité libre de la barre provoqués par une charge P dépassant de 15 % la force critique d'Euler sont alors :

$$w\,(x = l) = 0{,}597\,l\,, \qquad u\,(x = l) = -0{,}263\,l\,.$$

Le moment d'encastrement vaut en même temps

$$M_0 = -0{,}687\,P_{cr} \cdot l\,,$$

où $P_{cr} = \pi^2\,EI/4\,l^2$ est la force critique d'Euler.

6. *Restriction*

Pour les valeurs de P dépassant fortement la force critique d'Euler P_{cr} et où en certains points de la déformée la pente φ est proche de 90°, la solution approchée basée sur les équations (11a, b) peut échouer. Puisque dans ces cas la dérivée première w' peut dépasser l'unité, l'expression $\sqrt{1-w'^2}$ peut conduire à une racine imaginaire. Ce défaut, conséquence du fait que l'on néglige ε par rapport à 1, aurait pu être évité si l'on n'avait pas utilisé la relation (2c) et remplacé dans l'expression (5b) $(1 + u')$ par $\sqrt{1-w'^2}$. On aurait alors perdu l'avantage d'avoir une première équation indépendante de la seconde, avantage dont on n'a finalement pas profité pour ne pas compliquer la programmation, mais qui pourrait avoir une certaine importance économique (temps de calcul), si le nombre d'équations non linéaires était beaucoup plus élevé.

8. Remarques

La méthode développée dans les paragraphes précédents trouvera son application surtout dans les cas plus compliqués que le simple problème de la figure 7. Les équations générales (10a, b) permettent notamment de tenir compte de la variation de section et de prendre en considération des conditions quelconques aux limites et une répartition quelconque de la charge. Puisque la solution tient compte des déformations dues à l'effort normal N, elle peut s'appliquer également aux cas où les conditions d'appui (les deux extrémités fixées longitudinalement) rendent hyperstatique la composante H des efforts internes de la barre.

Les relations fondamentales de la méthode ont été développées en admettant que les déformations spécifiques ε sont négligeables par rapport à l'unité. Cette restriction peut être levée et l'on obtient, en suivant un raisonnement analogue, des relations qui s'appliquent non seulement aux grands déplacements mais aussi aux grandes déformations. Cette possibilité n'a pas été envisagée, du fait que les matériaux courants ne peuvent supporter élastiquement que de faibles déformations.

Si l'on remplace la loi de Hooke par une relation contrainte-déformation non linéaire, $\sigma = f(\varepsilon)$, on peut obtenir, pour une fonction $f(\varepsilon)$ donnée, les relations particulières permettant de traiter les problèmes qui sont non linéaires non seulement géométriquement mais également physiquement.

En transformant les équations différentielles non linéaires d'un problème en un système d'équations non linéaires mais ordinaires, on a utilisé, dans l'exemple traité au paragraphe précédent, les expressions classiques de la méthode des différences finies. Au lieu de ces expressions simples qui correspondent à un polynôme d'interpolation du second degré, on peut également utiliser des expressions plus précises basées sur les polynômes d'interpolation de degré plus élevé. De telles expressions basées sur des polynômes jusqu'au sixième degré inclus sont répertoriées dans la publication [3], pages IV-23 à IV-28. Leur application conduit à une économie appréciable du temps de calcul puisque l'on peut utiliser, sans affecter défavorablement la précision, des sous-intervalles beaucoup plus grands, ce qui conduit à résoudre un nombre moins élevé d'équations non linéaires. *(à suivre)*

ESPOIRS ET LIMITES DES SOURCES D'ÉNERGIE PRIMAIRES NON CONVENTIONNELLES

Sous ce titre, l'ASE [1] a organisé, en commun avec l'UCS [2] et avec la Convention des Sociétés nationales d'électriciens de l'Europe occidentale, deux journées d'information les 11 et 12 octobre 1974 à l'EPF à Lausanne. Environ 250 participants ont témoigné d'un intérêt très vif pour ces questions et ont animé une discussion nourrie.

En guise de préface à ces journées d'information, le *Bulletin technique* a publié, dans le numéro 20 du 29 septembre 1974, un article du professeur J.-J. Morf, sur les ressources mondiales de puissance et d'énergie.

Le *Bulletin technique* a le plaisir de publier ci-après l'allocution du Dr h.c. A. W. Roth, vice-président de l'ASE, le tableau énergétique mondial que le professeur J.-J. Morf, président des journées, a présenté avec M. M. Roux pour introduire les deux journées, les résumés des conférences et l'essai de synthèse qui a clos les débats.

Par convention plus ou moins tacite entre les gouvernements et les grands producteurs d'énergie, les besoins énergétiques du monde sont *actuellement* couverts par les combustibles fossiles, les ressources hydrauliques et la fission de l'uranium. En prévision de l'épuisement probable du pétrole et du gaz naturel, il était intéressant d'examiner les possibilités de recourir à des sources primaires d'énergie moins conventionnelles, soit en retournant à des formes classiques comme l'énergie du vent et du soleil ou à des formes nouvelles comme la fusion.

Un tirage à part du texte intégral de toutes les conférences et des discussions très nourries qui ont animé ces journées peut être obtenu au Secrétariat administratif de l'ASE, case postale, 8034 Zurich, au prix de Fr. 40.— (Fr. 20.— pour les membres d'une société d'électriciens).

W. Peter.

[1] Association suisse des électriciens.

[2] Union des centrales suisses d'électricité.

Allocution de M. A. W. Roth, Dr. h.c., vice-président de l'Association suisse des électriciens

Monsieur le Président, Mesdames, Messieurs,

En tant que représentant de l'Association suisse des électriciens, au nom de l'Union suisse des centrales électriques et au nom également de la Convention des Sociétés nationales d'électriciens de l'Europe occidentale, j'ai l'honneur d'ouvrir les journées d'information auxquelles vous avez bien voulu assister.

Je ne voudrais pas empiéter sur les domaines des éminents spécialistes qui traiteront les aspects techniques des questions que nous nous posons tous, mais j'essayerai de situer ces travaux souvent méconnus, parfois aussi surestimés, dans un cadre général.

La démarche de l'homme dans l'univers terrestre est caractérisée par une émancipation croissante vis-à-vis de son entourage naturel. Par sa faculté de travail intelligent, il s'est libéré des sujétions du comportement instinctif, caractéristiques de la nature animale. Une donnée fonda-

mentale de notre situation humaine est notre antagonisme vis-à-vis de la nature. Mais nous connaissons aussi la notion de symbiose avec la nature, qui s'est manifestée au cours des siècles sous des aspects très variés. L'idée du retour à la nature a revêtu des formes religieuses, philosophiques, littéraires ou même sportives. La démarche de l'homme vers la maîtrise de son environnement n'a jamais été aussi inconsciente qu'une critique facile de nos structures techniques, sociales ou politiques voudrait le faire paraître. Plus nous nous approchons de certaines limites de nos possibilités de domination, plus il devient scientifiquement possible de les discerner, de les décrire et de les populariser. Il est aujourd'hui vain de reprocher à nos oracles d'hier, politiques ou scientifiques, de n'avoir pu prédire notre situation et nos connaissances actuelles. Le travail exigé de notre génération, de vous, Messieurs, n'est plus de se perdre en considérations oiseuses sur des éventualités ou des responsabilités, mais d'entreprendre l'exploration scientifique des limites qui se dressent avec une clarté croissante devant nous. Ce travail doit conduire à éviter ou à surmonter les obstacles. Souvent ce sont les mêmes outils scientifiques qui nous permettent de maîtriser notre environnement et nous servent à évaluer les limitations que nous devons imposer à notre activité terrestre. Nous devons aujourd'hui supposer que la démarche de l'homme vers son avenir suivra un chemin plus sinueux qu'il ne pouvait être prévu il y a quelques décennies seulement. Cette situation, peu enthousiasmante pour certains, a été à l'origine de prises de position antiscientifiques et antitechniques. Certains intellectuels prônent le retour en arrière, le renoncement de l'humanité au travail intelligent et à sa suprématie. La conséquence finale d'un tel comportement serait la réintégration de l'homme dans le règne animal. L'évocation de cette extrémité fait instantanément apparaître son irréalisme. Nous pouvons et devons donc affirmer que, face aux problèmes soulevés par les limites à la croissance de l'emprise humaine, la démarche des hommes scientifiques et techniques ne sera ni la marche aveugle en avant ni le retour en arrière. C'est sur la base d'intelligence, de prudence et de confiance en nous-mêmes que nous devons choisir notre chemin.

Dans le tableau d'ensemble très généralisé et très succinct que je me suis permis de brosser, nous allons reporter notre attention plus spécifiquement sur le secteur de l'énergie qui est le sujet de ces réunions. A la vue de nos connaissances actuelles nous devons considérer l'utilisation artificielle de l'énergie comme un problème clef de la symbiose humanité-environnement. Pour satisfaire à nos besoins d'énergie nous avons appauvri notre globe en charbon à partir du XIXe siècle et en pétrole à partir du XXe siècle. C'est aussi par suite de ce gaspillage d'énergie que nous pouvons pour la première fois dans l'histoire de l'humanité en constater l'influence sur les conditions biologiques ou plus précisément climatiques, en certains endroits du monde. Ces effets sont certes minimes et n'ont causé aucun préjudice mesurable, ils méritent néanmoins notre attention. Ce seront donc ces deux aspects — appauvrissement de la substance terrestre et modification des conditions biologiques — qui influenceront la recherche dans le domaine de l'énergie.

Le problème de l'appauvrissement de nos réserves peut être traité dans le cadre des méthodes statistiques. Les grandeurs de référence pour le traitement des questions d'équilibre biologique ou simplement thermique sont par contre très spéculatives. Il sera en effet toujours difficile de fixer une limite acceptable pour les modifications de notre régime thermique. Une chose est pourtant certaine, la nature elle-même n'a jamais été statique. Nous ne pouvons donc pas, en dehors de toute intervention humaine, exclure des instabilités naturelles telles que des époques glaciaires ou des progressions de zones désertiques. Face à une nature qui se donne une large latitude d'instabilité, la société humaine ne pourra survivre sans utiliser elle aussi une bande de tolérance raisonnable. Un fanatisme intolérant de l'environnement jetterait notre monde dans un chaos politique et social meurtrier aussi sûrement que la négligence totale de ce facteur. C'est aux scientifiques et aux techniciens qu'il appartient en grande partie d'amener la société à comprendre et à accepter une modification limitée de notre équilibre naturel.

Pour terminer, je voudrais remercier le comité d'organisation et tout particulièrement Monsieur le professeur Morf pour son effort intense en vue de garantir le succès de ces journées d'information. J'adresse aussi un salut cordial aux conférenciers, plus particulièrement à ceux d'entre eux qui viennent de l'étranger.

J'ai le plaisir de déclarer les journées d'information ouvertes et je vous souhaite à tous des débats utiles et passionnants.

Tableau énergétique mondial

par J.-J. MORF, Lausanne et M. ROUX, Berne

Pour situer les sources d'énergie non conventionnelles par rapport aux sources usuelles, le tableau de la *figure 1a et 1b* indique les puissances moyennes brutes que l'humanité a tirées des diverses sources d'énergie primaire en 1970.

Toutes les consommations annuelles d'énergie ont été transformées en termes de puissances moyennes et exprimées en gigawatts (GW).

Un gigawatt de puissance moyenne brute correspond à peu près à :

800 000 tonnes de pétrole par an ou
5 millions de barils de pétrole par an ou
1,1 millions de tonnes de charbon par an ou
7500 téracalories par an ou
$3 \cdot 10^{13}$ BTU par an ou
8,76 milliards de kWh *bruts* (ou thermiques) par an.

Au besoin, les tableaux des *figures 2 et 3* donnent d'autres facteurs de conversion.

Pour situer le gigawatt, rappelons qu'une grande centrale thermique moderne produit environ 3 GW sous forme d'énergie brute (thermique), permettant d'obtenir 1 GW sous forme électrique.

D'après la *figure 1*, le monde consommait 6000 à 7000 GW bruts en 1970. La part de la Suisse se montait alors à 19 GW.

(Contrairement à la pratique utilisée dans l'élaboration des statistiques des Etats-Unis et des Nations-Unies, nous avons renoncé à valoriser artificiellement l'énergie hydraulique par un facteur 2,4 à 2,8).

La consommation d'énergie exprimée en puissance moyenne brute par habitant peut s'exprimer aussi bien en kW/hab qu'en GW/Mhab (gigawatts bruts par million d'habitants). Il est usuel de souligner que cette grandeur semble reliée au produit national brut par habitant. La *figure 4* montre cette relation entre consommation d'éner-