Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 100 (1974)
Heft: 20: Holz 74

Artikel: Ressources mondiales de puissance et d'énergie
Autor: Morf, J.-J. / Peter, W.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-72134

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

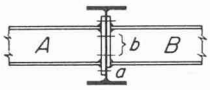
Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

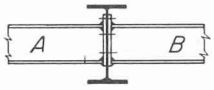
Download PDF: 10.12.2025

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

Sens de montage de gauche à droite



Des plaques de tête inégales rendent possible le montage de la poutre *A* avec les boulons *a* avant que soit montée la poutre B, avec les boulons *b*.



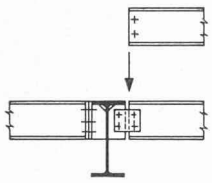
Avec des plaques de tête égales, les boulons doivent être redévissés pour permettre le montage de la poutre *B*.

4. Mise en place de poutrelles

4.1 *Règle générale*

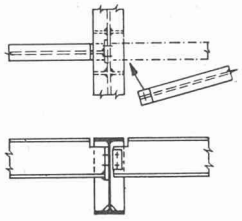
Il faut disposer les joints de montage et les attaches de manière à ne pas rendre nécessaires des mouvements de pivotage ou d'enfilage.

4.2 *Exemple*



La poutre peut être mise en place sans peine par le haut. Chaque poutre est boulonnée pour elle-même.

L'esquisse ci-dessus montre deux possibilités d'attaches de poutres.



Mise en place latérale nécessaire.

Les nervures de la poutre support rendent cette manœuvre difficile.

Les boulons déjà mis en place doivent être à nouveau dévissés.

L'esquisse ci-dessus montre deux possibilités d'attaches de poutres.

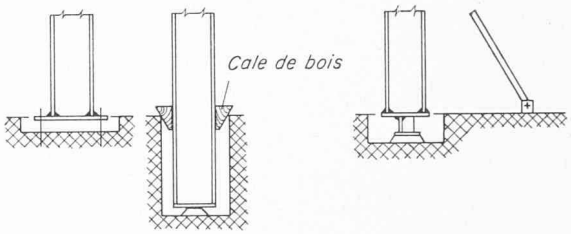
5. Appuis de colonnes

5.1 *Règles générales*

Les colonnes sont conçues de manière à pouvoir être posées et maintenues sur les points prévus. Les articulations à la base sont à éviter !

Scellement avec un mortier normal ou synthétique. Eviter les poches d'air. Eventuellement, disposer des trous à cet effet dans la plaque de base.

5.2 *Exemple*



Poteau tenu à l'aide de boulons d'ancrage ou posé dans l'évidement de fondation.

Ces procédés peuvent également être employés pour les appuis articulés.

Poteau doit être haubané.

Durée d'utilisation de la grue plus grande, mise en place plus difficile.

BIBLIOGRAPHIE

[1] *Directives de constructions pour les charpentes métalliques de bâtiment*, édité par le Centre suisse de la construction métallique, Seefeldstrasse 25, 8034 Zurich.

[2] *Détails de construction en charpente métallique*. Exemples types. Même éditeur.

[3] *Rippenlose Konstruktionen*. Travail de recherche du Bureau d'ingénieurs Basler & Hofmann, Zurich. Réalisé sous mandat de la Commission technique du Centre suisse de la construction métallique, Zurich.

[4] *Construire en acier*, périodoque du Centre suisse de la construction métallique, nº 24, 1972.

Adresse de l'auteur :
Konrad M. Huber, ing. dipl. EPFZ, SIA
Geilinger Constructions Métalliques S.A.
Case postale, 8401 Winterthour
Président de la Commission technique
du Centre suisse de la construction métallique

Ressources mondiales de puissance et d'énergie

par J.-J. MORF, Lausanne, en collaboration avec W. PETER

Les problèmes énergétiques sont à la une de tous les journaux. Les controverses, les propositions, les prévisions à courte et à longue échéance, le rationnement possible de certaines sources d'énergie, autant de thèmes inspirant spécialistes et profanes. L'observateur neutre a beaucoup de peine à se faire une idée claire de la situation actuelle et des perspectives d'avenir, notamment en ce qui concerne les sources nouvelles d'énergie et leurs possibilités réelles. En organisant des journées d'information sur les énergies non conventionnelles, l'Association suisse des électriciens et l'Union suisse des centrales électriques apporteront certainement une contribution importante à une estimation réaliste des possibilités qui s'offrent à nous. L'obligation faite aux défenseurs des diverses énergies de chiffrer leur appoint à la production mondiale avant de développer leurs exposés constitue une garantie contre l'utopie et permettra d'établir des proportions entre ces différentes sources. Le professeur J.-J. Morf, responsable scientifique de ces journées d'information, qui auront lieu à l'EPFL les 11 et 12 octobre prochains, fait pour nos lecteurs le point de la situation actuelle, en guise de préface à cette manifestation, à laquelle le Bulletin technique *souhaite l'audience et le succès qu'elle mérite.*

Rédaction.

1. Différence entre ressources non épuisables et ressources épuisables

Le recensement des ressources énergétiques disponibles sur l'ensemble du globe terrestre fait apparaître deux catégories fondamentalement différentes : d'une part, les flux d'énergie constamment renouvelés, qui représentent une *puissance* plus ou moins constante et parfois difficile à exploiter, d'autre part les *gisements d'énergie*, stockés dans l'écorce terrestre, qui sont épuisables, mais plus faciles à exploiter.

Toutes ces ressources ont des limites, mais dans le premier cas il convient de les exprimer en termes de puissance, dans le second cas en termes d'énergie.

2. Choix d'unités permettant les comparaisons

Les ressources énergétiques dont l'humanité dispose sont de nature si variée et sont utilisées par des consommateurs si différents que la mesure de ces puissances et de ces énergies s'exprime dans des centaines d'unités différentes. Un professeur canadien a consacré deux années à tenter d'établir un tableau de conversion de toutes ces unités sans y parvenir complètement [1]. Pour la suite du présent exposé, il nous suffira de bien saisir la signification d'une unité de puissance, le gigawatt, et d'une unité d'énergie, le terawatt-an, qui correspond à l'énergie fournie par un gigawatt pendant mille ans ou à 1000 gigawatts pendant un an.

Les flux d'énergie renouvelés (puissances) seront exprimés en gigawatts (GW), les gisements d'énergie épuisables en terawatts-an (TWan).

Ces unités étant très importantes pour la clarté de l'exposé, il convient de les présenter par quelques images :

1 gigawatt (GW) correspond à la puissance thermique rayonnée par un million de radiateurs électriques de 1000 W ; c'est aussi à peu près la puissance rayonnée par le soleil sur 1 km^2 par beau temps ; on peut encore donner les équivalences suivantes :

1 GW correspond à un débit d'énergie thermique de 860 gigacalories par heure, ou à 7500 téracalories par an, ou à 3.10^{13} BTU par an, ou à 8,76 milliards de kWh par an, ou encore à l'équivalent de 800 000 tonnes de pétrole par an, ou à 5 millions de barils de pétrole par an, ou à 1,1 million de tonnes de charbon par an.

Cette liste des équivalences est loin d'être exhaustive. Elle montre que les statistiques mondiales qui chiffrent les flux d'énergie extraits des mines, transportés ou consommés en « tonne équivalent charbon par an » (tec/an) ou en « tonne équivalent pétrole par an » (tep/an) parlent en fait de puissances moyennes annuelles.

3. Consommation 1970 en termes de puissances

Si l'on convertit ainsi en termes de puissances moyennes tous les flux d'énergie manipulés et domestiqués par l'humanité en 1970, on trouve d'après les statistiques des Nations Unies les chiffres suivants :

Flux énergétiques mondiaux extraits, transportés et utilisés en 1970 (puissances moyennes) :

Pétrole	environ	2700 GW
Charbon	environ	2200 GW
Gaz naturel	environ	1300 GW
Tourbe, bois et autres combustibles	moins de	100 GW
Energie hydraulique	environ	130 GW
Energie nucléaire	environ	30 GW
Energie géothermique et marémotrice	moins de	10 GW [2]

Le flux total énergétique domestiqué par l'homme en 1970 était donc compris entre 6000 et 7000 GW, soit à peu près 2 GW par million d'habitants pour l'ensemble du globe, avec de fortes variations locales :

Variations locales :	Portugal	0,5 GW/M hab.
	Italie	2 GW/M hab.
	Suisse	3 GW/M hab.
	URSS	4 GW/M hab.
	Suède	5 GW/M hab.
	Canada	8 GW/M hab.
	USA	10 GW/M hab.

(Remarque : 1 GW/M hab. = 1 kW/hab.)

4. Puissances disponibles

Les principales ressources énergétiques du globe terrestre sont pratiquement inépuisables à l'échelle de l'humanité. Il s'agit en tout premier lieu du rayonnement solaire intercepté par la terre. Ce flux est évalué à $1,73.10^{17}$ W, soit 173 000 000 GW. On estime qu'un tiers de cette puissance est directement réfléchie dans l'univers par la couche d'air, par les nuages, par la surface des mers et des terres. L'homme peut modifier le pouvoir de réflexion du sol (albedo) en défrichant des forêts ou en créant de grandes surfaces plus ou moins réfléchissantes.

Les deux autres tiers de cette puissance ne font que passer sur la terre ; on estime qu'environ 45 % du total sont nécessaires à maintenir terres et mers à une température voisine de 280°K, qu'un cinquième entretient le cycle hydraulique, deux millièmes les vents et qu'un millième est utilisé par les plantes (photosynthèse) pour fabriquer du bois qui peut se transformer en tourbe, en lignite, en charbon, en pétrole et en gaz, si l'on attend durant les millions d'années nécessaires. Mais à son tour la planète rayonne dans l'univers. En fin de compte, on peut pratiquement dire que la totalité du rayonnement reçu est réexpédiée par la planète dans l'univers ; un tiers par réflexion et deux tiers par rayonnement thermique immédiat ou différé.

Deux modestes sources viennent s'ajouter pour maintenir la terre à sa température agréable : la puissance énergétique des marées qui transforme petit à petit l'énergie cinétique et gravitationnelle du système terre-lune-soleil en énergie thermique, et le flux thermique en provenance du centre de la terre. A l'échelle de l'humanité, ces deux sources d'énergie sont pratiquement inépuisables, par contre leur puissance représente une constante que l'homme ne peut pratiquement pas modifier. L'évaluation de ces puissances est malaisée. Certains auteurs estiment que le flux d'énergie thermique expédié par le magma terrestre dans l'univers à travers l'écorce terrestre est d'env. 30 000 GW, ce qui donne en moyenne 0,00006 GW/km^2 ou 60 milliwatts par mètre carré à la surface du globe.

La puissance totale des marées serait environ dix fois plus faible, soit env. 3000 GW, mais ces données sont difficilement contrôlables.

Tous ces chiffres nous montrent que la terre est placée dans un immense maelström de flux d'énergie dont les puissances atteignent

173 000 000 GW	en provenance du rayonnement solaire
30 000 GW	en provenance du centre de la terre
3 000 GW	tirés de l'énergie cinétique et gravitationnelle du système solaire

La date d'épuisement de ces ressources est calculable par les astronomes, elle aura lieu après la fin de l'humanité. C'est pourquoi on peut considérer ces trois chiffres comme des limites de puissance naturelles que l'homme ne peut pas modifier.

Actuellement seule une infime partie de ces puissances est utilisée par l'homme, soit :
du rayonnement solaire quelque 130 GW par l'intermédiaire des centrales hydrauliques et des moulins à vent, quelque 10 GW grâce à une dizaine de centrales thermiques bénéficiant de situations particulièrement favorables et enfin 0,5 GW par une usine marémotrice.

Lors des journées d'information que l'Association suisse des électriciens (ASE) et l'Union des centrales suisses d'électricité (UCS) organisent les 11 et 12 octobre 1974 à Lausanne, des spécialistes compétents des Etats-Unis, d'Italie, de France et de Suisse exposeront les limites techniques, économiques, psychologiques, géographiques, écologiques et temporelles qui font que ces sources sont en fait si peu utilisées encore à l'heure actuelle. Par contre l'humanité puise allègrement dans les réserves d'énergie tarissables.

5. Réserves d'énergie tarissables

L'énergie solaire s'est accumulée sous forme de combustibles fossiles au cours du carbonifère. Certains savants pensent qu'à cette époque la terre était recouverte d'une intense couche de végétation, qui grâce au soleil et à l'eau a transformé l'atmosphère, au début essentiellement composée de gaz carbonique (CO_2) en combustibles fossiles et en oxygène respirable. C'est alors que le règne animal a pu apparaître. Si cette théorie est juste, il doit exister assez de charbon réparti dans l'écorce terrestre pour, en le brûlant, consommer tout l'oxygène de l'air. Effectivement, les réserves de charbon paraissent inépuisables. On estime la réserve probable de charbon *exploitable* à 7000 TW-an. A elle seule, cette réserve permettrait d'assurer la puissance totale consommée en 1970, soit 7000 GW, pendant mille ans. Je laisse aux écologistes le soin de déterminer si l'atmosphère contiendrait encore assez d'oxygène pour vivre en l'an 3000.

Par contre les autres réserves épuisables d'énergie solaire accumulée sont plus modestes, on les évalue entre 100 et 200 TW-an pour le pétrole, entre 50 et 100 TW-an pour le gaz. A supposer même que l'on limite la consommation aux puissances de 1970, soit 2700 GW tirés du pétrole et 1300 GW du gaz, ces deux réserves d'énergie seraient épuisées au cours du 21e siècle. Il paraît donc raisonnable d'envisager tranquillement et posément l'épuisement du pétrole et du gaz.

On peut prévoir que l'humanité devra recourir à tous les moyens possibles, notamment

1) en limitant la croissance de la consommation énergétique,

2) en perfectionnant les moyens d'utiliser les flux d'énergie renouvelée et surtout la puissance du rayonnement solaire,

3) en puisant dans d'autres réserves, notamment celle de l'uranium (fission classique) estimée à 2000 TW-an et celle du lithium et du deutérium, estimées à plus de 3.10^{11} TW-an si l'on arrive à maîtriser la fusion,

4) en utilisant *rationnellement* chaque forme d'énergie dans le domaine où elle est la plus efficace et la moins nocive.

6. Rendre possible le dialogue

Les quelques chiffres indiqués plus haut ne donnent qu'une idée très partielle de la conception globale des problèmes énergétiques, très partielle mais non partiale; en effet, plus on étudie ces problèmes, en consultant statistiques et évaluations, plus on mesure l'immensité de notre ignorance et plus on devient modeste. Les évaluations sont parfois totalement fausses, des erreurs de 10^3 et 10^4 sont aussi fréquentes que les confusions entre puissance et énergie et sans doute certains chiffres cités paraîtront complètement faux dans une année. On trouve même des savants qui présentent l'hydrogène de l'eau comme une source d'énergie primaire, alors qu'il faut plus d'énergie pour séparer l'hydrogène de l'oxygène, que celle que l'on peut récupérer en brûlant l'hydrogène.

Mais toutes ces erreurs, dues quelquefois à l'exaltation, ne doivent pas nous empêcher d'écouter avec respect l'opinion des défenseurs d'une autre solution que celle à laquelle on croit.

Il est remarquable que l'Association suisse des *électriciens*, l'Union des centrales suisses d'*électricité* et la Convention internationale des sociétés nationales *d'électricité* organisent deux journées d'information où l'on parlera de toutes les formes d'énergie actuellement connues *à l'exception de l'énergie électrique*. Que ces journées soient pour tous l'occasion de mieux comprendre les espoirs et les limites des sources d'énergie non conventionnelles.

Pour tous renseignements concernant ces deux journées, s'adresser au Secrétariat de l'ASE, case postale, CH-8084, Zurich. Tél. (01) 53 20 20.

BIBLIOGRAPHIE

[1] TH. WILDI, Prof. of Electrical Engineering, Laval University : *Units*, 2e éd. Edit. Volta Inc., P.O. Box 425, Sillery, Québec 6, Canada.

[2] M. ROUX : *Energie, Compilation bibliographique et tabulation des ressources, de la consommation et des déchets dans le monde*, CRPP-EPFL (contient 75 références).

Adresse de l'auteur :

Professeur J.-J. Morf
Chaire d'Installations Electriques EPFL
16, chemin de Bellerive
CH-1007 Lausanne (Suisse)

Informations SIA

Concours « Gestion de l'énergie dans le bâtiment »[1]

Le Comité central de la SIA a décidé d'étendre la participation au concours en y admettant une catégorie supplémentaire, soit les praticiens inscrits au Registre suisse des ingénieurs ou des architectes.

Nul doute que cette adjonction n'assure de nouveaux envois de grand intérêt et ne contribue à assurer une audience encore plus large à une initiative particulièrement actuelle au moment où les producteurs de pétrole viennent de décider une nouvelle augmentation et le prix de l'énergie électrique de subir une hausse sensible.

[1] Une coquille s'est glissée dans la présentation du jury du concours, en page 382 de notre no 19, M. P. Suter étant professeur de *thermique appliquée* et non de thermodynamique.