

Quelques comparaisons sur les diverses méthodes utilisées pour les transmissions d'énergie aux machines

Citation for published version (APA):

Schlösser, W. M. J. (1967). Quelques comparaisons sur les diverses méthodes utilisées pour les transmissions d'énergie aux machines. *Hydraulique pneumatique et asservissements*, 6(34), 53-58.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1967

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Quelques comparaisons sur les diverses méthodes utilisées pour les transmissions d'énergie aux machines

par le Professeur Dr-Ing. **W. M. J. SCHLOSSER** - Eindhoven (Pays-Bas)

Introduction

Les constructeurs et les professeurs qui étudient un problème d'entraînement se trouvent souvent en présence d'un grand nombre de solutions possibles, abondance d'autant plus troublante que la solution la plus rationnelle n'est pas toujours évidente. Il est donc indispensable et urgent d'établir un mode d'examen, ayant valeur d'utilisation générale, permettant de comparer efficacement les diverses solutions possibles, afin d'en tirer les

justes conclusions qui s'imposent. Un tel schéma d'analyse universel doit pouvoir servir à la fois à l'étudiant dans ses recherches et à l'enseignant pour l'établissement plus dense de ses cours.

La méthode de comparaison présentée ci-après, en matière de transmission d'énergie aux machines, est utilisée et constamment complétée d'après les nouveaux résultats des recherches effectuées par l'Institut d'Eindhoven pour la technique des moyens d'entraînement.

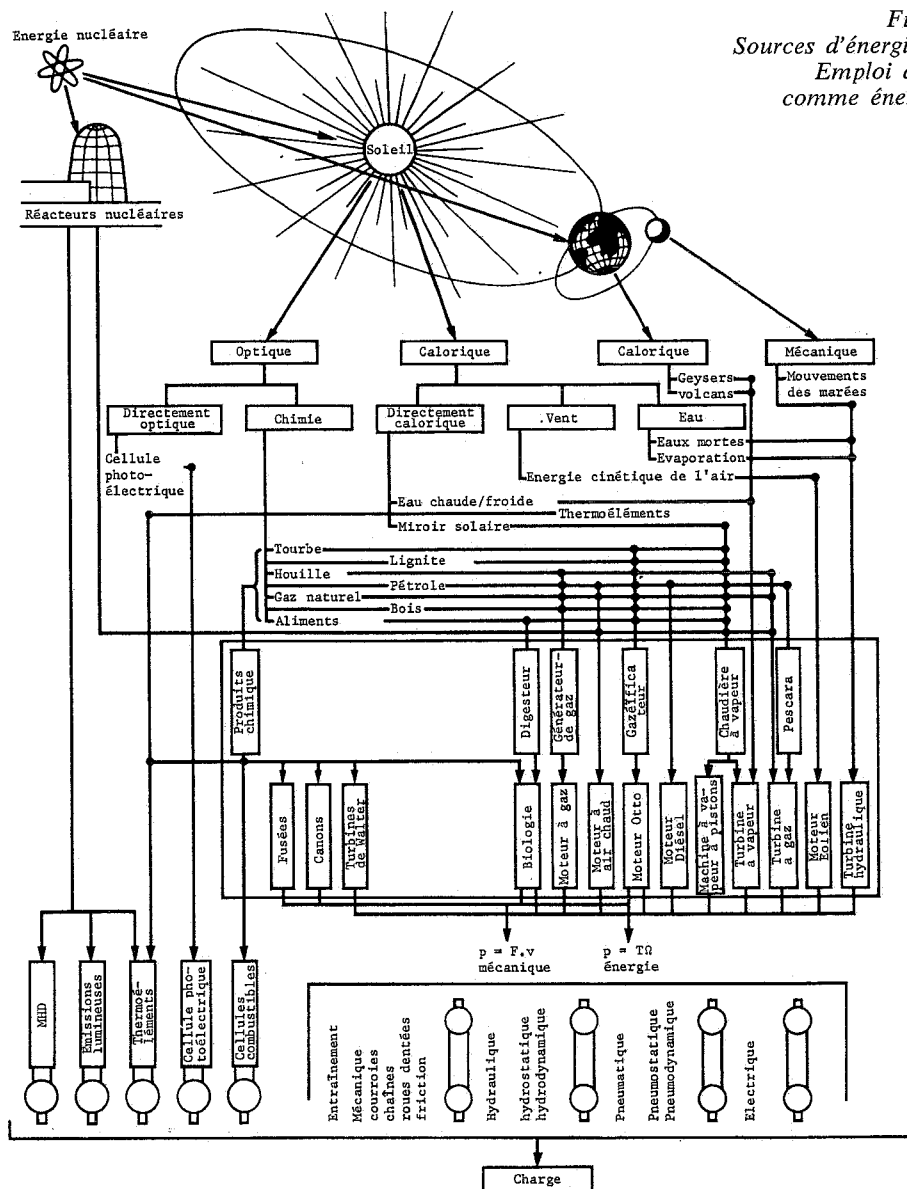


Fig. 1 Sources d'énergie de la technique. Emploi des sources comme énergie utilisable.

Vue d'ensemble sur les types de machines

Avec le *tableau 1*, nous nous sommes efforcés d'utiliser la circulation de l'énergie dans les machines, pour mettre de l'ordre dans la présentation des divers types de constructions de machines. L'énergie du noyau atomique peut être prise comme origine de tous les mouvements d'énergie (premier niveau : les sources d'énergie). De grandes quantités d'énergie sont accumulées dans les combustibles fossiles (deuxième niveau des sources d'énergie), en particulier sous l'action de la photosynthèse.

Le travail des constructeurs commence le plus souvent au troisième niveau des sources d'énergie (turbines, moteurs à explosion, fusées). Ces sources d'énergie fournissent une énergie mécanique sous forme d'arbres rotatifs ou de tiges oscillantes. Une place toujours plus importante est prise par ce qu'on appelle la transformation directe de l'énergie, qui fournit de l'énergie électrique. Le *tableau 1* réunit des informations suffisantes pour l'étude approfondie de ce niveau.

Schéma universel des machines de travail

Le *tableau 1* présente également les divers modes de travail technique des machines. Une machine de travail complète se compose en général d'une source d'énergie, d'une transmission (transformation de l'énergie et transfert d'une force) et d'une charge. Les machines complexes peuvent réunir plusieurs sources d'énergie, plusieurs transmissions et plusieurs charges. Cet ensemble est représenté sur la *figure 2*, où l'on a également porté les dispositifs de commande et de régulation. Toute régulation se caractérise par une action en retour ou réaction. Dans les chaînes de commande et les circuits de régulation, la réalité nous fournit des circuits bien plus compliqués, mais tous peuvent, quant au fond, être ramenés au schéma de base ci-dessous.

Classification des transformateurs d'énergie

Le schéma de la *figure 1* distingue un certain nombre de groupes d'énergie. La *figure 3* reproduit les huit

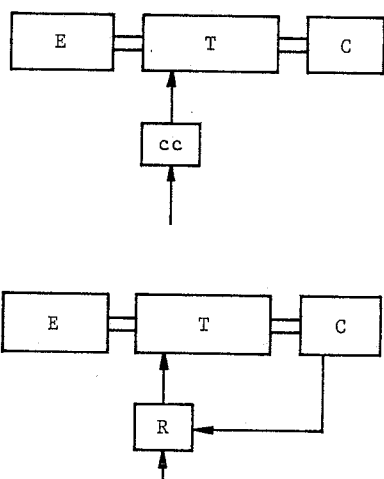


Fig. 2 — Schéma montrant la division par fonctions d'une machine de travail.

- E = Source d'énergie
- T = Transmission ou élément transmettant l'énergie
- C = Charge
- CC = Chaîne de commande
- R = Circuit de régulation

de en	Massique	Calorique	Chimique	Optique	Electrique	Mécanique	Pneumatique	Hydraulique
Massique								
Calorique								
Chimique								
Optique								
Electrique								
Mécanique								
Pneumatique								
Hydraulique								

Fig. 3 — Les diverses possibilités de transformation d'énergie.

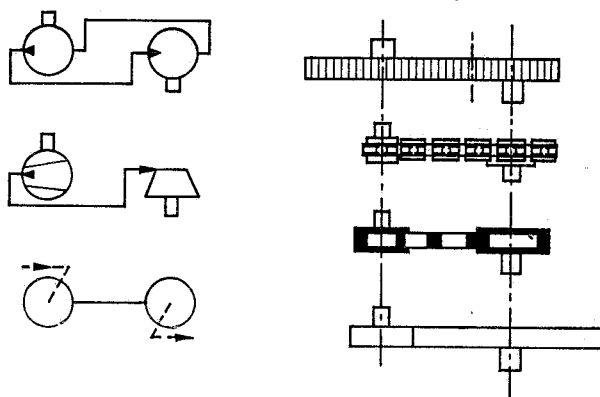


Fig. 4 — Représentation schématique d'une transmission se composant d'un dispositif générateur, d'un moteur et d'une transmission.

groupes qui ont le plus d'importance pour le constructeur. Leur transformation réciproque nous met face à une matrice de $8 \times 8 = 64$ types de transformateurs qui trouveraient place dans le tableau de la *figure 3*, si nous les connaissions tous.

Les types de transmissions et leurs rôles

Les transmissions interposées entre les sources d'énergie et les charges peuvent être de types électriques, mécaniques, pneumatiques ou hydrauliques. Les dispositifs transférant les forces sont en principe des mêmes types. L'énergie mécanique transmise est transformée, dans l'ensemble générateur, en une énergie mécanique d'une autre sorte, ou bien en énergie électrique, pneumatique ou hydraulique.

L'énergie maintenant disponible est ensuite transmise à la partie motrice, au moyen du dispositif de transmission prévu : dans cette partie motrice elle est à nouveau utilisée comme énergie mécanique pour entraîner la charge. On a représenté en gris, en bas et à droite de la *figure 3*, les transformations propres aux trans-

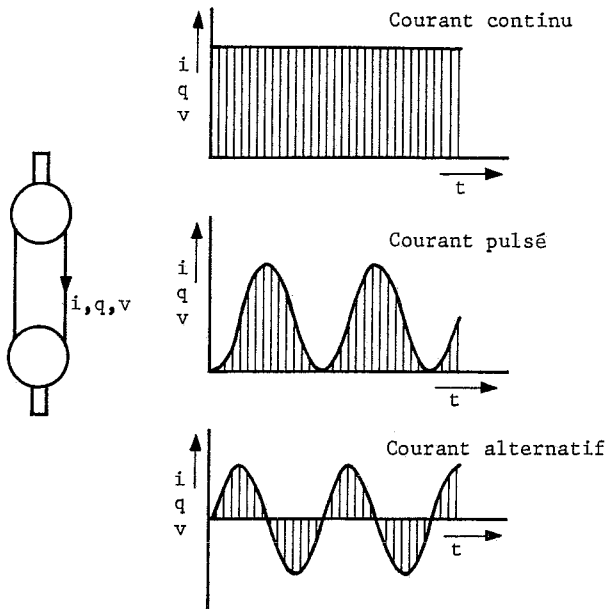


Fig. 5 — Représentation des courants continu, pulsé et alternatif sous forme de diagrammes i, q, v , en fonction du temps.

- i = force instantanée du courant
- q = flux massique momentané
- v = vitesse momentanée de translation
- t = temps

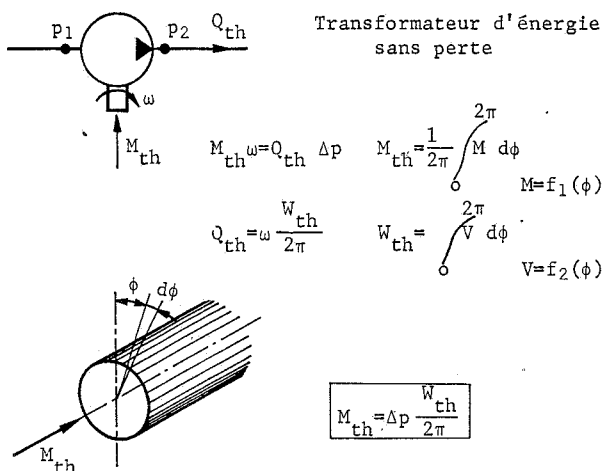


Fig. 6 — Calcul mathématique du moment de rotation sans perte pour les pompes ou moteurs hydrauliques.

- p = pression statique au sein du fluide
- Q_{th} = quantité théorique fournie
- M_{th} = couple rotatif théorique sur l'arbre des pompes et moteurs
- W_{th} = volume de la course
- ω = vitesse angulaire

missions. La figure 4 présente une généralisation des transmissions faisant appel à des mouvements de rotation (4).

Examen comparatif des supports de l'énergie

Les mouvements d'énergie entre les parties génératrices et motrices de la transmission sont assurés par des supports de l'énergie qui circulent dans la partie conductrice de la transmission. Ces supports de l'énergie peuvent être des électrons, des atomes ou des molécules,

selon la nature de la transmission. On peut effectuer une analyse des quantités d'énergie susceptibles d'être transportées par chaque support. Prokes (2) a publié sur ce sujet la première analyse, bien qu'incomplète. L'examen conséquent de ce sujet fournit des connaissances intéressantes sur les divers modes de construction des transmissions.

Courant continu - Courant pulsé - Courant alternatif

Après avoir reconnu la valeur de la méthode d'analyse formulée par Prokes, l'étape suivante nous amène à utiliser la vitesse instantanée du support de l'énergie dans la partie conductrice, afin de suivre la répartition du support de l'énergie. Sur la figure 5 ces vitesses instantanées sont désignées en fonction du temps, par les unités caractéristiques i, q , et v . Connaissant l'évolution de ces grandeurs en fonction du temps, il devient possible de parler d'un courant continu, pulsé ou bien alternatif, que sa nature soit électrique, pneumatique ou bien hydraulique.

Comparaison des transmissions continues

Prenons une transmission hydraulique comme élément de comparaison. Pour obtenir une transformation d'énergie sans perte, on doit avoir les relations résumées dans la figure 6. Un examen approfondi de cette question a été fait dans l'étude (3).

Un examen de la transmission, représentée figure 4, conduit aux notions analogiques.

$$\Delta \text{ unité de force} \quad V \text{ Volume}$$

Ces deux notions semblent être décisives pour le couple de rotation reçu ou transmis dans une transmission sans perte. La figure 7 donne un tableau de ces notions analogiques (4). On peut résumer dans la figure 8 les aspects du volume V appliqué aux divers modes de transmission.

La figure 9 représente l'utilisation de plusieurs pôles pour les transformateurs d'énergie. L'étude (4) ne traite pas encore en détail cette pluripolarité qui n'est pas applicable à tous les transformateurs, d'après les résultats d'une recherche récente. Il ne faut pas confondre avec cette pluripolarité le fait d'utiliser plus d'une courroie ou plus d'une chaîne sur une transmission par

	Δ	V
Mécanique :		
chaîne	σ_t	$\pi D b h$
courroie	$\sigma_1 (e^{\mu\alpha} - 1)$	$\pi D b h$
galet de friction	$f k$	$\pi D b d_r$
roue dentée	k	$\pi D b d_r$
Electrique	$B j t$	$\pi D b h$
Fluide : hydrostatique	Δp	$\pi D b h$
pneumostatique	Δp	$\pi D b h$

Fig. 7 — Facteurs analogues de la transformation d'énergie.

- Δ = densité de force
- V = volume.

traction unique. Il semble qu'on puisse en général, écrire comme suit le couple de rotation pour une transformation d'énergie sans perte :

$$M_{th} = z \frac{\Delta V}{2\pi}$$

Afin de créer un couple de rotation donné M_{th} dans une machine, côté charge, le constructeur peut fixer deux des trois grandeurs z , Δ ou V . Il faut cependant respecter certaines limites à l'importance de la densité de force en fonction du mode de transmission choisi et de la durée de vie attendue. On note alors l'analogie des courbes obtenues (figure 10) pour les moteurs hydrauliques et les chaînes, en supposant une durée de vie constante.

Les valeurs numériques pour les roues à chaînes ont été tirées de l'étude (5). Dans cette publication on trouve également le début d'une formulation de la théorie Analogon (4), bien que les auteurs (5) se limitent aux transmissions mécaniques et ne fixent pas pour but à leur communication l'établissement d'une théorie Analogon.

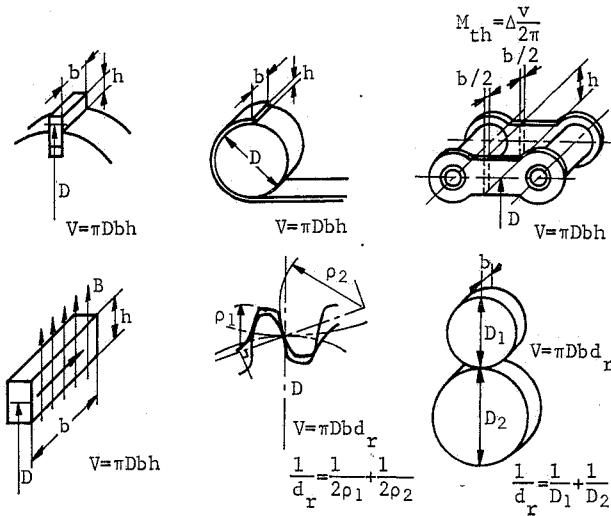


Fig. 8 — Calcul arithmétique du volume V pour des transformateurs d'énergie mécanique.

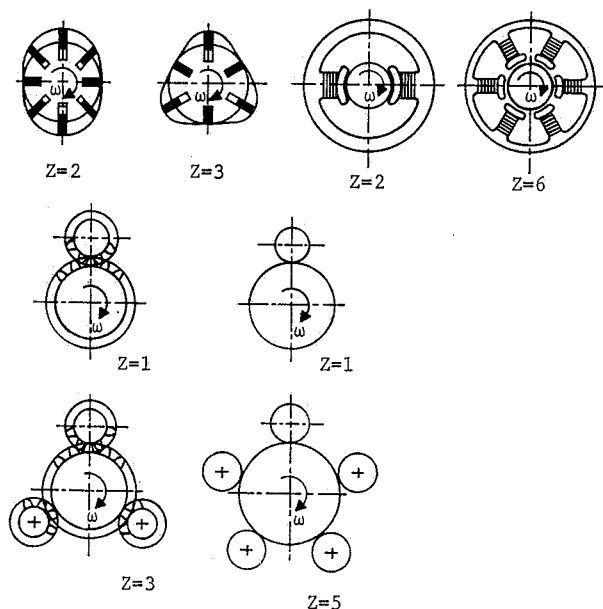


Fig. 9 — Réalisation de la multipolarité sur des transformateurs d'énergie mécanique.

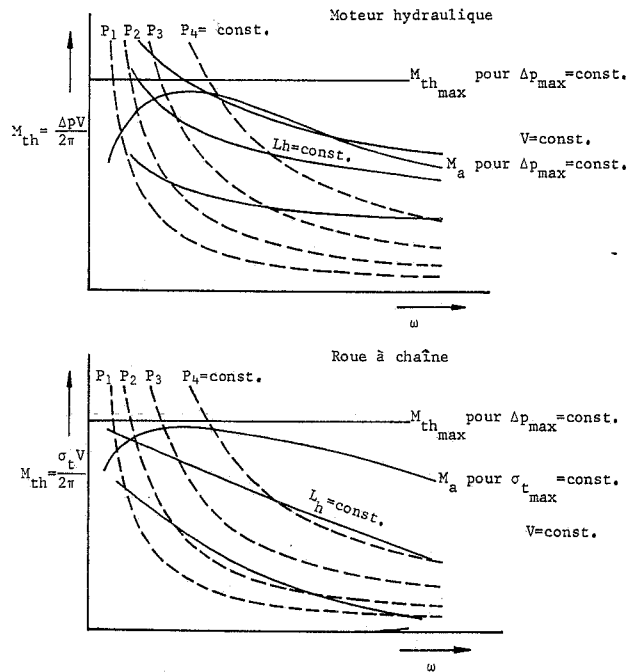


Fig. 10 — Comparaison des courbes de durée de vie pour les moteurs hydrauliques et les roues à chaînes sous forme de diagrammes.

M_{th} = moment de rotation (théorique)
 L_h = constante de durée de vie
 ω = vitesse angulaire

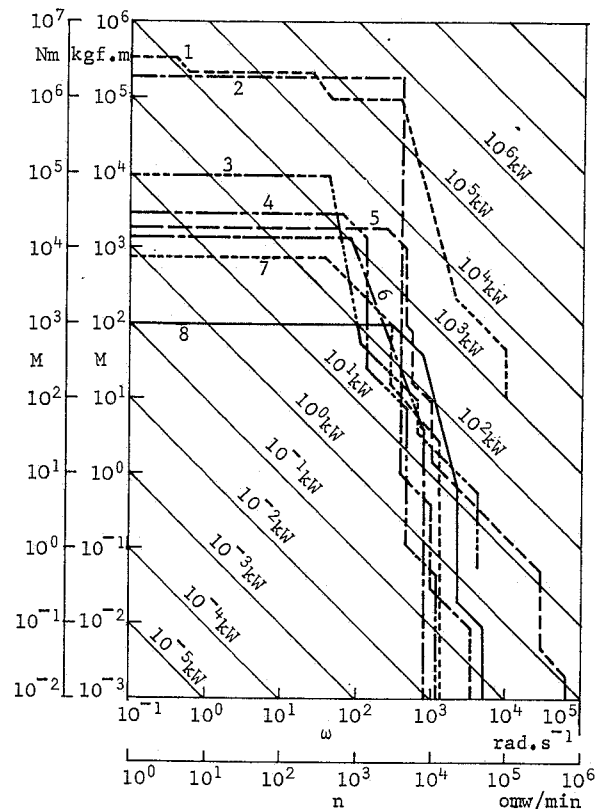


Fig. 11 — Comparaison des rendements maxima de transmission réalisés.

1. Transmission par roue dentée
2. Transmission électrique
3. Transmission hydraulique
4. Transmission à chaîne
5. Transmission par courroie
6. Transmission par courroie trapézoïdale
7. Transmission par friction
8. Transmission pneumatique

Les courbes de durée de vie des moteurs hydrauliques ont pour origine la durée de vie statique des roulements à billes. Ce critère est apparemment le seul applicable pour les transformateurs d'énergie hydrauliques-mécaniques. Les éclaircissements nécessaires sur les relations entre la densité de force et la durée de vie semblent être avant tout causés par le choix de la « pression ». Des graphiques de courbes peuvent être également tracés pour les autres formes de transformation.

Le couple de rotation vraiment utilisable dans les transmissions hydrostatiques est traité dans l'étude (6) sur le rendement des transformations hydromécaniques. Il faut examiner de façon semblable les autres transmissions. On peut obtenir des valeurs numériques comparables en effectuant les mesures les plus précises et en les interprétant conformément aux principes dégagés ci-dessus.

Un autre aspect est la possibilité d'effectuer des comparaisons entre les divers domaines d'application. La figure 11 donne les valeurs limites correspondantes sous forme de courbes M n pour diverses transmissions tour-

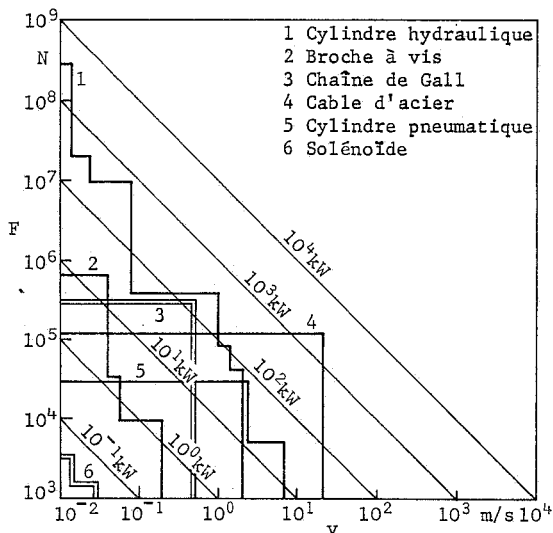


Fig. 12 — Comparaison des forces de travail obtenues pour des éléments de transmission donnés.

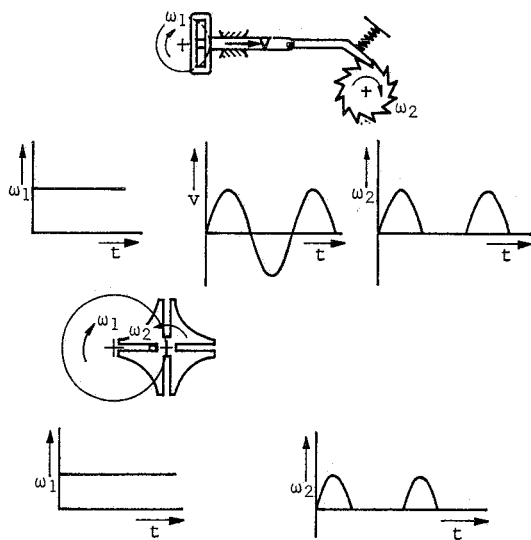


Fig. 13 — Quelques exemples de courant pulsé mécanique.

nantes, tandis que la figure 12 les donne pour des transmissions oscillantes sous forme de valeurs F v.

Ces deux graphiques ne donnent cependant que des valeurs de référence du fait que la durée de vie attendue n'y est pas considérée.

L'analogie entre la transmission hydrostatique et le courant électrique continu a été traitée de façon approfondie en janvier 1965 dans un cours à l'école supérieure Technique de Eindhoven, en se basant sur toutes les conclusions obtenues pour le constructeur.

Comparaison des transmissions à impulsions

Avec les transmissions pulsées, le support de l'énergie se remet toujours à nouveau au repos (fig. 5). On connaît bien des mécanismes réalisant une telle transmission. Sur la figure 13 nous en voyons quelques-uns. En matière de transmission électrique nous connaissons par exemple, les moteurs « pas à pas » dont le principe est présenté par la figure 14. La charge successive appliquée aux stators 1, 2 et 3 provoque le déplacement par saccades, littéralement pas à pas du rotor (7).

Le moteur électrique pas à pas peut voir son couple rotatif renforcé par couplage avec un moteur hydraulique

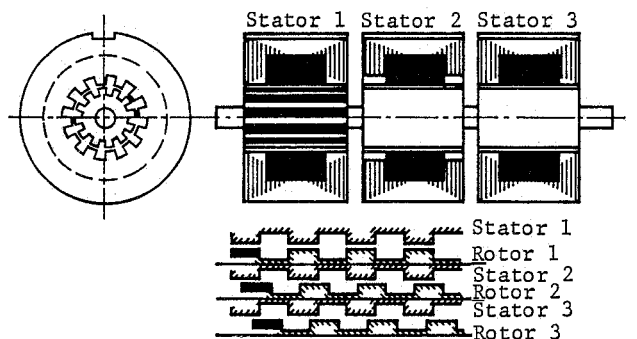


Fig. 14 — Schéma de commutation d'un moteur électrique pas à pas.

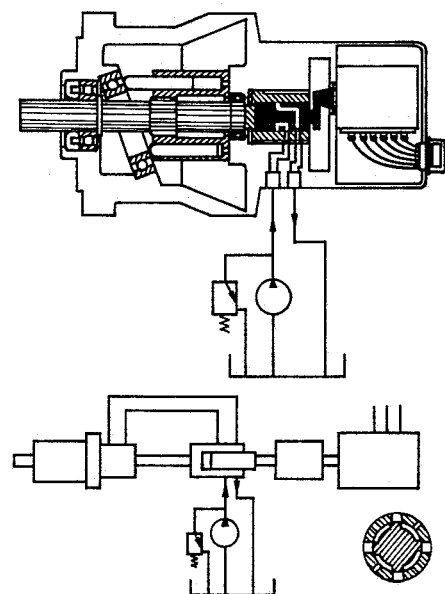


Fig. 15 — Asservissement d'un moteur électrique pas à pas et d'un moteur hydraulique, pour obtenir le renforcement du moment de rotation.

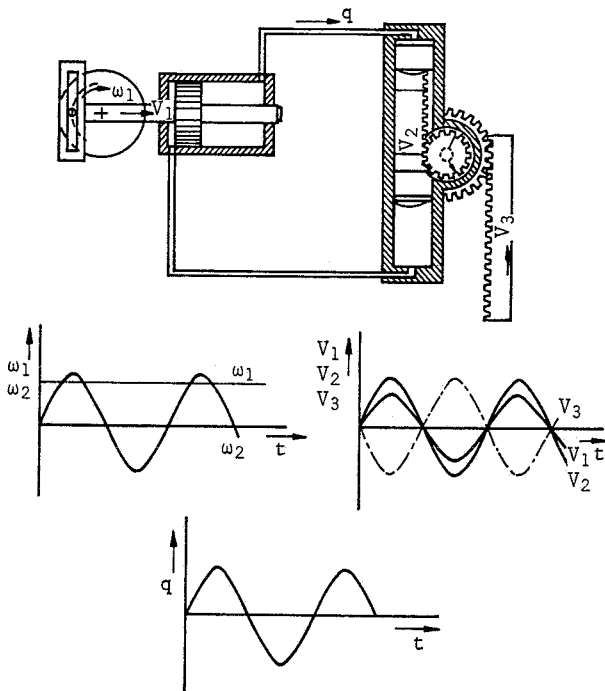


Fig. 16 — Réalisation d'une transmission alternative hydraulique et mécanique.

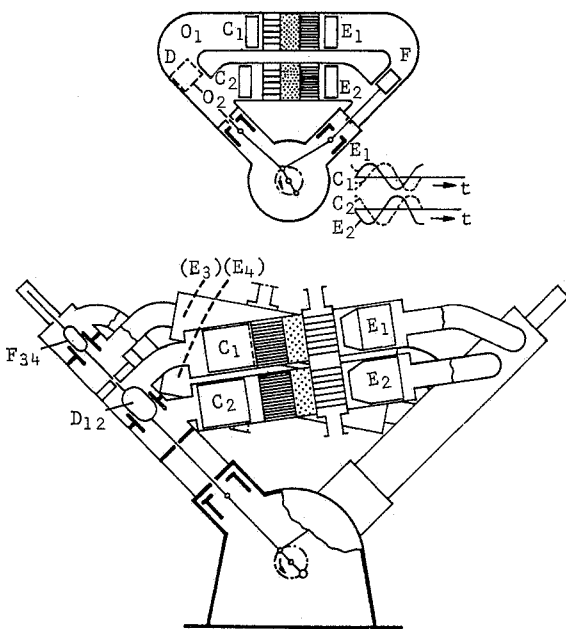


Fig. 17 — Application d'une transmission alternative hydraulique pour la commande de processus d'un réfrigérateur à gaz froid.

asservi, comme on peut le voir sur la figure 15. On peut obtenir de cette manière une fréquence de 4.000 pas à la seconde (8). Il devrait être possible de faire tourner pas à pas un moteur hydraulique au moyen d'un flux pulsé, sans signaux de commande électrique.

Les facteurs qui entrent en jeu pour le moteur hydraulique ont été décrits dans l'étude (9). Les impulsions peuvent être prélevées dans ce cas sur un circuit logique fluide (10).

Comparaison des transmissions alternatives

Avec la transmission alternative, le support de l'énergie ne cesse, théoriquement, jamais son action. Sur la figure 16 on voit un ensemble où un courant mécanique continu est suivi d'un déplacement mécanique alternatif et où l'on transforme un courant hydraulique alternatif en un déplacement mécanique alternatif.

L'étude (11) décrit une application du courant hydraulique alternatif dans un réfrigérateur à gaz froid. La figure 17 est tirée de cette étude. La machine travaille à une fréquence de 10 Hz et une puissance de 50 à 130 kW. L'auteur a connaissance d'applications jusqu'à 60 Hz à courant alternatif monophasé.

Au cours de l'automne 1964, le laboratoire des transmissions de l'école technique supérieure de Eindhoven fit fonctionner avec succès, jusqu'à 80 Hz, une transmission hydraulique alternative triphasée : cette réalisation n'atteint cependant pas encore la limite des fréquences possibles et Master (12) estime que l'on peut déjà obtenir des fréquences de 160 Hz.

Bibliographie

- (1) Schlösser, W. M. J. : Kennis van Werktuigen, deel I, Collegedictaat TH Eindhoven 1966.
- (2) Prokes, J. : Neue Einheiten in der Logik-Pneumatik. O und P 9 (1965) 11, S.416/19.
- (3) Schlösser, W. M. J. : Notion de base des mécanismes hydrauliques. Hydraulique, Pneumatique et Asservissements n° 22, octobre 1965, p. 43. Grundlagen der Ölhydraulik. VDI-Bildungswerk, Lehrgang Ölhydraulik. O und P 8 (1964) 7, S. 280/83.
- (4) Schlösser, W. M. J., u. W. F. T. C. Olderaan : Eine Analogontheorie der Antriebe mit rotierender Bewegung. Antriebstechn. 2 (1963) 1, S. 5/10.
- (5) Richter, W., u. H. Ohlendorf : Kurzberechnung von Leistungsgetriebe. Konstruktion 11 (1959) 11, S. 421/27.
- (6) Schlösser, W. M. J. & J. W. Hilbrands : le rendement hydraulique-mécanique des pompes à déplacement. Hydraulique, Pneumatique et Asservissements n° 26, mars 1966, p. 33. Über den hydraulisch-mechanischen Wirkungsgrad von Verdrängerpumpen. O und P 9 (1965) 9, S. 333.
- (7) Derichs, J : Untersuchungen an Schrittmotoren. TH Aachen 1965.
- (8) Anon : Electrohydraulic pulse motor. Fujitsu Ltd. Kawasaki, Japan, 1963.
- (9) Schlösser, W. M. J. : Des phénomènes de frottement saccadé dans les moteurs hydrauliques. Hydraulique, Pneumatique et Asservissements n° 23, novembre 1965, p. 33. Stick-Slip, Phenomena in Hydraulic Motors, Hydraulic Pneumatic Power, April 1966, Vol. 12, Nr. 136, p. 224.
- (10) Lew Wood, O : Pure fluid devices, Machine Design, June 24, 1965, S. 154/80.
- (11) Dros, A. A. : Een Koudgaskoelmachine met hydraulische zuigeraandrijving voor industriële toepassingen, Schip en Werf, 32^e Jaargang, No. 20, 1965, S. 522/30.
- (12) Master, W. : Alternating flow hydraulics. Machine Design, January 6, 1966, S. 134/38.