

La mesure des caractéristiques stationnaires des organes de transmissions hydrauliques

Citation for published version (APA):

Schlösser, W. M. J. (1967). La mesure des caractéristiques stationnaires des organes de transmissions hydrauliques. *Hydraulique pneumatique et asservissements*, 6(41), 47-61.

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.

La mesure des caractéristiques stationnaires des organes de transmissions hydrauliques

par le Professeur Docteur-Ingénieur W.M.J. Schlösser
et l'Ingénieur G. Toet

Introduction

Au cours des années 1950 à 1955, un manque très grand d'informations précises au sujet des caractéristiques stationnaires des organes de transmissions hydrauliques s'est déjà fait sentir. Des informations de cette qualité étaient nécessaires d'une part pour pouvoir développer techniquement ces organes d'une manière systématique et d'autre part pour pouvoir justifier le choix de ces organes dans leur application à une transmission. De plus, l'information disponible à cette époque ne permettait pas d'analyser d'une manière précise le comportement dynamique des transmissions hydrostatiques.

Dans la période précitée, le premier auteur, un ingénieur, chargé d'études et de recherches techniques, a pu avoir à ce sujet des entretiens réguliers avec le Professeur E. F. Boon, à cette époque professeur à l'Université technique de Delft. Grâce à l'intervention éclairée et énergique de ce professeur, l'Université technique de Delft a décidé en 1954 de faire construire un banc d'essais pour pouvoir recueillir des informations précises au sujet des organes de transmissions hydrauliques. Dans la période, s'étendant de juillet 1954 à juillet 1956, les ingénieurs suivants ont travaillé à la réalisation de ce projet : ir. J. H. DICKHOFF, ir. J. C. HORCH et ir. J. BOERENDANS. La « Bataafse Petroleum Maatschappij » et la « Stichting Chemische Werktuigen » (La Société Néerlandaise des Pétroles et la Fondation des Appareillages chimiques) les ont largement aidés dans l'accomplissement de cette tâche.

En août 1956, le premier auteur a pu prendre la responsabilité du résultat de son travail. Grâce à l'appui du professeur Boon il a été possible d'achever pendant la période, s'étendant d'août 1956 à novembre 1959, la première partie de la tâche imposée. Pendant cette période on a essayé de mesurer autant que possible les grandeurs fondamentales. Les résultats des mesures effectuées sur les moteurs et pompes volumogènes ont été au début interprétés au moyen du modèle mathématique de W. E. WILSON (1). Il est toutefois rapidement apparu que ce modèle pouvait être étendu pour étudier les influences de la densité du liquide pompé sur le courant de fuite et le moment de perte. Un modèle plus complet a été défini par le premier auteur dans la dissertation qu'il a présentée en même temps qu'un rapport sur l'état de la technique de la mesure à cette époque (2). Les ingénieurs suivants : ir. W. M. Schild, ir. M. Teekens, ir. P.v.d. Berg méritent d'être cités pour avoir activement collaboré aux travaux de recherche, effectués à cette époque.

Au cours de la période, s'étendant de décembre 1959 à l'automne 1962, la première génération d'instruments de mesure a été remplacée par la deuxième. La mesure des grandeurs fondamentales à savoir celle des masses, forces, longueur et temps, qui avait alors la préférence, a été abandonnée pour obtenir plus avantageusement sous la forme d'un signal électrique analogique les données à mesurer. Les instruments de mesure de la première génération ont servi d'étalons. Cette période s'est caractérisée par l'amélioration successive de la précision des instruments de mesure de la première et de la deuxième génération. Pendant cette période le deuxième auteur a reçu la responsabilité de développer harmonieusement les installations de mesure. Parmi les chercheurs de cette période qui ont fait usage de la première et de la deuxième génération d'installations de mesure, il convient de citer : ir. J. H. Hilbrands et le dr. ir. H. H.v.d. Kroonenberg.

En automne 1962, le personnel tout entier du laboratoire et l'appareillage de mesure ont été transférés à l'Université technique d'Eindhoven lorsqu'il a été offert une chaire d'enseignement universitaire au premier auteur. Le grand appui qui a été réservé au groupe de travail à l'Université technique de tous côtés, a permis de réaliser des plans encore plus ambitieux. On a décidé de développer une troisième génération d'installations de mesure où toutes les informations sont mises sous forme digitale et présentées pour pouvoir être traitées au moyen de calculatrices électroniques digitales. Cette tâche a été accomplie pendant la période, s'étendant de décembre 1962 à décembre 1966. Dans l'élaboration des données à mesurer, on a encore toujours utilisé le modèle mathématique, publié en 1959 (2).

Les degrés élevés de corrélation obtenus en faisant appel à la troisième génération de mesure et observés entre ce modèle mathématique et le comportement du modèle physique au banc d'essais sont surprenants.

Ces études ont apporté une grande quantité d'informations au sujet des propriétés du prototype d'un organe d'une transmission hydrostatique et se sont révélées très utiles. Le temps de séjour au banc d'essais et celui consacré à l'élaboration des données à mesurer s'est étendu sur des heures au lieu de s'étendre sur des semaines et même sur des mois. Finalement l'ingénieur spécialiste, auteur de projets, dispose d'une information qui lui permet de choisir pour une application déterminée, l'organe qui convient le mieux.

Au laboratoire d'études des commandes de tous types, le développement de la technique de la mesure se poursuivra vraisemblablement dans trois directions :

1) Elimination de l'homme pendant la mesure et pendant l'élaboration des données à mesurer, l'homme étant jugé ne mériter aucune confiance à de nombreux points de vue et devant être éliminé grâce à l'automatisation complète de l'essai.

2) Utilisation d'installations de mesure perfectionnées pour l'étude d'autres transmissions que les transmissions hydrostatiques, en vue d'obtenir une information comparable au sujet des transmissions mécaniques, électriques et fluides.

3) Application de techniques digitales de mesure pour l'analyse du comportement dynamique des transmissions. Le développement de la quatrième génération d'installations de mesure, nécessaires à cette fin, est déjà arrivé à un stade avancé.

Dans cette publication, il est fait un bref rapport au sujet des expériences recueillies au moyen des installations de mesures des première, deuxième et troisième générations, utilisées pour étudier le comportement stationnaire des organes. Il n'entre pas dans l'intention des auteurs de s'étendre longuement dans cette publication sur les aspects relatifs à la technique de la mesure, mais de donner plutôt un aperçu de l'évolution des mesures faites sur les transmissions hydrauliques au laboratoire précité. Les auteurs sont également conscients de ce qu'il existe d'autres méthodes de mesures poursuivant la même fin. Ces méthodes seront toutefois traitées à part dans les publications suivantes ainsi que divers sujets, relatifs à la technique de la mesure.

Considérations générales sur les grandeurs à mesurer

Pour décrire le comportement des organes en régime stationnaire, il convient de mesurer les grandeurs suivantes :

	Symbole	Unité	Dimensions
Débit volumétrique	Qv	m ³ s ⁻¹	L ³ T ⁻¹
Différence de pression (pression)	Δp (p)	N.m ⁻²	ML ⁻¹ T ⁻²
Vitesse angulaire (nombre de tours)	ω (n)	rad.s ⁻¹ (omw.s ⁻¹)	T ⁻¹
Moment de torsion	T	mN	ML ² T ⁻²
Déplacement (chemin)	s	m	L
Température du milieu	v	°C	θ
Densité du milieu	ρ	kg. m ⁻³	M.L ⁻³
Viscosité dynamique du milieu	μ	N.s.m ⁻²	ML ⁻¹ T ⁻¹

Pour améliorer les installations de mesure, il y a lieu de considérer les points suivants :

- le principe de la mesure ;
- l'application technique de ce principe ;
- la manière de placer l'objet à mesurer ;
- les conditions de la mesure ;
- la manière dont les données à mesurer deviennent disponibles ;
- la manière dont les données à mesurer peuvent être traitées.

Les grandeurs à mesurer se divisent en :

- grandeurs de base ;
- grandeurs auxiliaires.

Les *grandeurs de base à mesurer* permettent de fixer entièrement la grandeur des sources d'énergie tandis que les *grandeurs auxiliaires à mesurer* permettent de décrire l'état dans lequel se trouve le porteur d'énergie.

A la première catégorie appartiennent donc :

- le débit volumétrique ;
- la différence de pression ;
- la vitesse angulaire ;
- le moment de torsion.

A la deuxième catégorie :

- la température du liquide ;
- la densité du liquide ;
- la viscosité du liquide.

A ce sujet il convient de remarquer qu'il y a encore d'autres grandeurs jouant un rôle dans la construction d'organes hydrauliques. Ceux-ci ne seront toutefois pas traités dans la présente publication, parce que le plus souvent, ils dépendent spécifiquement de la nature des organes qui font l'objet de mesures.

La mesure proprement dite des grandeurs précitées s'effectue normalement au moyen d'un enregistreur ou « censor ». Elle est généralement suivie d'une amplification du signal de mesure puis d'une indication donnée par un appareil. Dans les cas simples une des ces trois fonctions peut n'être pas accomplie, à savoir la fonction amplificatrice tandis que les deux autres sont toujours associées.

En ce qui concerne l'indication et l'enregistrement, il convient de remarquer que dans le choix du système de mesure tout entier, il faut voir quel principe il faut choisir, mesure analogique ou digitale, indexation, et le cas échéant enregistrement ou système mixte. Pour ce qui est de l'indication ou de l'enregistrement, ce choix paraît simple puisque les techniques digitales offrent ici presque toujours des avantages.

Du côté de l'enregistrement du système à mesurer, la chose est moins simple car il existe très peu d'enregistreurs qui par nature, donnent un signal sous forme digitale ou sous une forme facile à digitaliser. Comme il sera dit par la suite, il a été développé au cours de la période à décrire, des méthodes de mesure, combinant les techniques analogiques et digitales. On reviendra plus tard sur les avantages de ces techniques.

Mesure du débit volumétrique

Un certain nombre de méthodes de mesure des débits volumétriques ont été appliquées au cours du développement sus-décrit des techniques de mesure. Ces méthodes ne conviennent pas toutes pour effectuer des mesures à un endroit quelconque d'un système hydraulique. Toutes ces méthodes ont ceci de commun, qu'il faut toujours effectuer de l'une ou de l'autre manière une mesure de temps :

- a) Mesure à l'aide d'un compteur volumogène (fig. 1).
- b) Mesure au moyen d'une pesée, le temps étant mesuré par un chronographe (fig. 2).
- c) Mesure au moyen d'une pesée, le temps étant mesuré par une horloge électrique de précision (à un stade ultérieur, par une horloge à cristal de quartz, à lecture

digitale). Le signal de départ et d'arrêt est ici obtenu au moyen de micro interrupteurs, couplés au mécanisme de manœuvre des robinets d'amenée et d'évacuation (fig. 3).

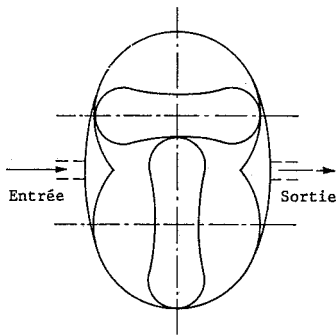


Fig. 1

d) Mesure au moyen d'une pesée, l'aiguille de la balance traversant un rayon de lumière à des endroits déterminés, choisis d'avance, ce qui produit un signal de départ et d'arrêt pour une horloge à cristal (fig. 4).

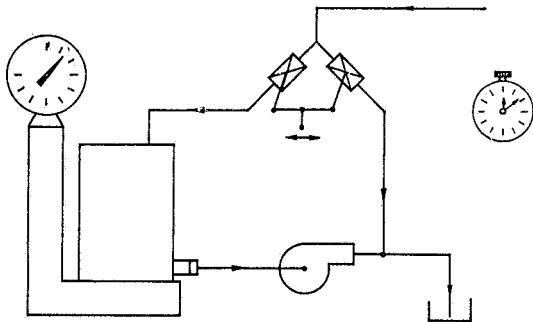


Fig. 2

e) Mesure au moyen de débitmètres à turbine, ces débitmètres étant étalonnés par la méthode, décrite sous d. Dans cet étalonnage p_1 , q_1 et μ_1 sont maintenus constants par étalonnage (fig. 5).

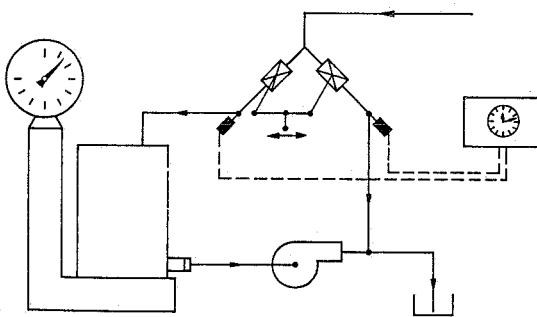


Fig. 3

AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES METHODES

Méthode a

Avantages :

Le fonctionnement de ce compteur ressemble le plus au fonctionnement du débitmètre volumétrique pur, utilisé dans la totalité des méthodes précitées. C'est en effet un moteur hydraulique dont on mesure le nombre de tours, proportionnel au débit volumétrique dans des limites bien déterminées.

En plaçant un compte-tours instantané, il est en même temps possible de mesurer le débit volumétrique instantané.

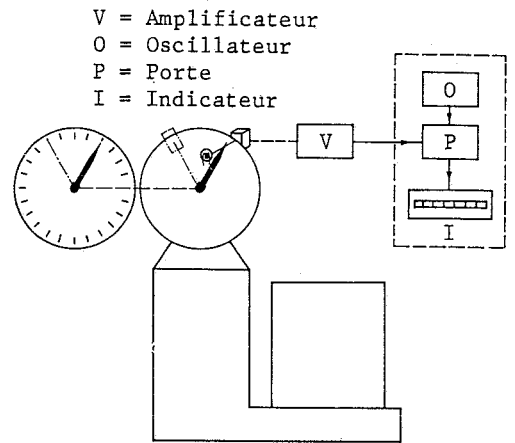


Fig. 4

Inconvénients :

Du fait que cet enregistreur est un appareil volumogène, il convient en principe moins bien pour mesurer les propriétés d'autres appareils volumogènes. La précision dépend entre autres de :

- la pression statique ;
- la différence de pression ;
- le nombre de tours ;
- la densité du liquide ;
- la viscosité du liquide.

L'étalonnage précis est donc particulièrement compliqué. La précision dépend du mécanisme compte-tours et de la durée de la mesure. Il est possible d'atteindre une précision, égale à $\pm 2\%$ de la valeur finale.

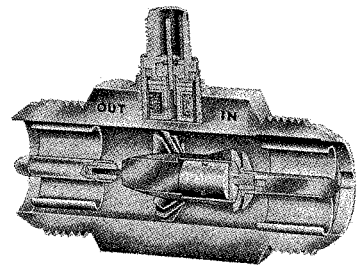


Fig. 5

Méthode b

Avantages :

Bien qu'ici on s'écarte du principe d'une mesure volumétrique, on effectue une mesure de masse, ce qui comporte de grands avantages. La mesure de la masse est en effet une des mesures les plus précises qu'il est techniquement possible d'effectuer. Une bonne balance peut toujours être calibrée et réglée d'une manière très précise, à l'aide de masses standardisées. Au moyen d'une balance d'une capacité de pesage de 300 kg, il est possible de mesurer par exemple une différence de masse d'environ 100 kg avec une précision inférieure à 1‰ (fig. 6).

Inconvénients :

Puisque en appliquant cette méthode on mesure une masse ou lorsque le temps est inclus dans une mesure

de débit massique (Q_m) on doit, pour effectuer une mesure volumétrique, inclure la densité ρ suivant la formule :

$$Q_v = \frac{Q_m}{\rho}$$

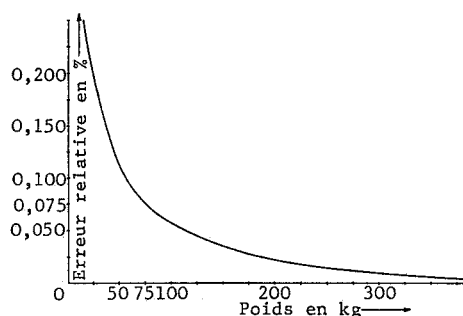


Fig. 6 — Erreur relative en %. Poids en kg.

L'imprécision totale dans la mesure du débit volumétrique sera donc déterminée pour une part et même, comme le montre la pratique de la mesure, pour une très grande part, par l'imprécision avec laquelle on détermine la densité. Du fait que la densité est une fonction de la température et de la pression, il faut en tenir compte spécialement d'une manière convenable dans la mesure du débit volumétrique. Cet inconvénient vaut également pour les méthodes indiquées en c, d et e.

Le fait que la mesure du temps est défectueuse est ici un autre désavantage. Il est particulièrement difficile de lire au moyen d'un chronographe, le temps qui convient à la mesure d'une différence déterminée de masse. Le traitement direct ultérieur du signal de mesure est impossible dans cette méthode. Il faut s'attendre ici à une imprécision totale de $\pm 1,5 \%$.

Méthode c

Avantages :

Il est possible d'améliorer la mesure du temps par rapport à celle, effectuée par la méthode b. Cette méthode peut être utilisée pour toutes sortes de compteurs électriques et électroniques.

Inconvénients :

Le moment de l'enclenchement des microinterrupteurs peut ne pas être bien défini. La mesure du temps dépend également du mode d'enclenchement (vitesse de lecture). Le traitement direct ultérieur du signal de mesure est parfaitement possible par cette méthode.

Pour ce qui est de l'imprécision, voir figure 7.

Méthode d

Avantages :

La mesure du temps peut ici être effectuée d'une manière beaucoup plus précise. Les erreurs commises dans la détermination du moment de l'enclenchement sont ici réduites à un minimum de sorte que cette méthode convient excellemment pour étalonner d'autres compteurs de débit massique et de débit volumétrique.

Inconvénients :

L'étalonnage précis d'une telle installation de mesure est difficile et compliqué et demande beaucoup d'appareillage auxiliaire. La manière, dont le signal de mesure

devient disponible, ne se prête pas à un traitement direct ultérieur, spécialement en ce qui concerne les temps de mesure assez longs, exigés pour effectuer des mesures d'une faible imprécision.

L'étalonnage d'un débit massique peut très bien s'effectuer par cette méthode avec une imprécision totale de $0,6 \%$.

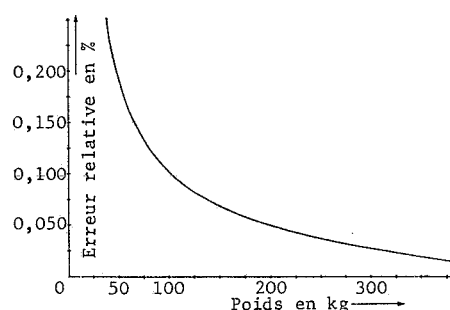


Fig. 7 - Erreur relative en %.

Méthode e

Avantages :

La mesure du débit volumétrique à l'aide d'un débitmètre à turbine peut s'effectuer à un endroit quelconque dans le système hydraulique, indépendamment de la pression et de la température locales. Ceci est un grand avantage, parce que de nombreuses mesures ne sont possibles que de cette manière.

De plus, le signal de mesure est disponible sous une forme qui se prête très bien au traitement direct ultérieur. Puisque ce signal est une tension électrique dont la fréquence est presque proportionnelle au débit volumétrique, le signal se laisse digitaliser d'une manière assez simple.

On peut également obtenir une valeur instantanée au moyen d'un fréquencemètre. Du fait que le signal se laisse facilement digitaliser, les erreurs inhérentes au transport, à l'indication et à la lecture des informations sont faibles, au point d'être négligeables. Cette méthode de mesure, toutes choses égales d'ailleurs, donne des résultats parfaitement reproductibles ($< 1 \%$).

Inconvénients :

La différence de pression entre l'entrée et la sortie de l'enregistreur de mesure n'est pas désirée ou admissible dans tous les cas (par exemple, mesure du débit volumétrique dans la conduite d'aspiration d'une pompe). Cette différence de pression peut être considérable, surtout lorsque la viscosité du fluide est élevée. La durée en service de l'enregistreur en est défavorablement influencée.

La caractéristique d'un débitmètre à turbine dans lequel le nombre d'impulsions par unité de volume est mis en regard du nombre d'impulsions par unité de temps, n'est pas une droite parallèle à l'axe des abscisses mais a, dans un cas favorable, une allure, reproduite à la fig. 8.

Ceci signifie qu'en principe pour chaque point du champ de mesure du débit volumétrique, il faut tenir compte d'une autre valeur pour le nombre d'impulsions par unité de volume (facteur d'étalonnage).

Il en est donc ainsi qu'en principe on ne peut plus effectuer de mesures au moyen du débitmètre à turbine en-dessous d'une valeur déterminée du rapport impulsions minimum.

Cette dernière exigence ainsi que celle imposée à la différence de pression entre l'entrée et la sortie de l'enregistreur, différence qui ne peut pas être trop élevée, signifie que le champ de mesure par enregistreur est relativement faible et qu'il est nécessaire de disposer d'une série d'enregistreurs, lorsque le champ de mesure est relativement grand.

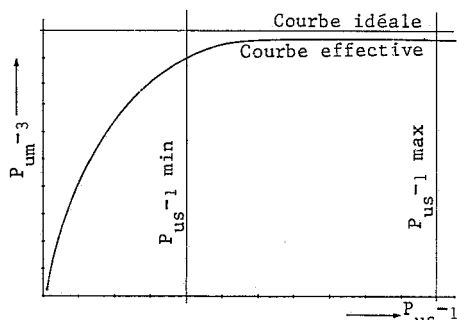


Fig. 8 - Courbe idéale. Courbe effective.

Un autre grand inconvénient, inhérent à cette méthode, réside dans le fait que la valeur d'étalonnage des enregistreurs dépend, dans une mesure assez forte, de la viscosité du liquide (voir fig. 9 et 9a). Ceci implique que pour effectuer une mesure précise et pour chaque viscosité (température), il faut tracer une courbe particulière d'étalonnage. De plus, il faut encore, pendant la mesure, que la viscosité d'entrée par mesure soit connue et constante.

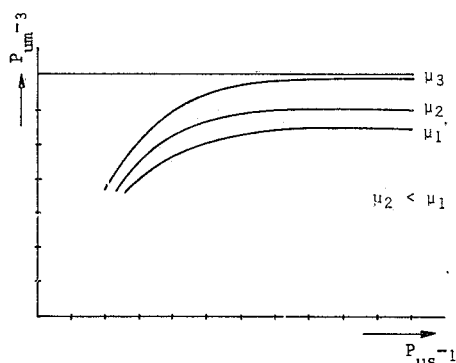


Fig. 9

Ces derniers inconvénients peuvent être supprimés pour une grande part, lorsqu'il est possible de calculer les différents facteurs d'étalonnage pendant le traitement ultérieur du signal de mesure et de les traiter avec le signal de mesure. On reviendra plus loin sur ce sujet.

Dans un champ de mesure bien choisi, il est possible au moyen d'appareils bien déterminés, d'effectuer une mesure avec une précision de $\pm 2\%$ environ, lorsqu'il n'est pas tenu compte de la viscosité du liquide à l'entrée, à condition que la viscosité se situe entre 10 et 50 cP. Si l'on fait usage de la méthode mentionnée sous d, il est possible de calibrer ces enregistreurs d'une manière si précise que la gamme de reproductibilité offerte est entièrement utilisée (voir fig. 10).

Mesure de la pression et de la différence de pression

La mesure de la pression, c'est-à-dire celle de la différence de pression par rapport à la pression atmosphérique est en général plus simple que la mesure d'une diffé-

rence de pression. Le nombre d'enregistreurs de différence de pression offerts est limité, surtout lorsqu'il s'agit d'applications du genre de celles qui se présentent dans les mesures effectuées sur des systèmes hydrauliques où par exemple, il faut mesurer des différences de pression entre l'entrée et la sortie des pompes et moteurs. La mesure exacte de différences de pression, relativement grandes (200 - 400 bars), lorsque la pression la plus basse se situe très près de la pression atmosphérique est une mesure en soi assez difficile. En utilisant deux mano-

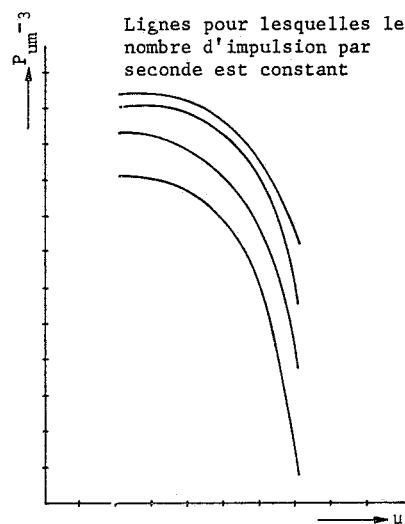


Fig. 9a - Lignes pour lesquelles le nombre d'impulsions par seconde est constant.

mètres, on peut également mesurer une différence de pression, bien que le procédé soit moins élégant. C'est pourquoi, dans le texte qui suit, on ne fera aucune différence entre ces deux types.

Au fur et à mesure des progrès de la technique, on a utilisé les méthodes de mesure suivantes :

- Manomètre de Bourdon, à ou sans éléments amortisseurs.
- Manomètre enregistreur électrique de pression à résistance ou à induction.
- Balance manométrique de mesure à balance et poids (fig. 11).
- Balance manométrique de mesure à mesure dynamométrique au moyen d'un dynamomètre électrique (fig. 12).

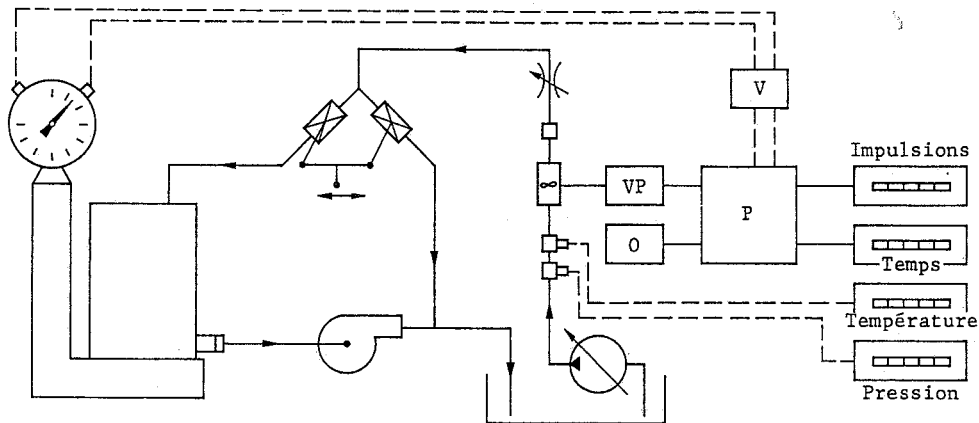
Méthode a

Avantages :

Les manomètres de Bourdon sont relativement faciles à installer et peu coûteux. Même les manomètres qui satisfont à des exigences élevées en matière de précision sont encore beaucoup meilleur marché que les enregistreurs électriques de pression.

Inconvénients :

Cette construction convient moins bien pour enregistrer la pression dans les systèmes hydrostatiques parce que les effets microdynamiques toujours présents tendent à détruire très rapidement un manomètre, construit de cette manière (voir fig. 13). Si l'amortissement est assez puissant, il est très difficile de déterminer le moment de la lecture.



VP = amplificateur, circuit de mise en forme.
 V = amplificateur.
 O = oscillateur.
 P = porte.

Fig. 10 - Impulsions, temps, température, pression.

De plus, il est nécessaire de disposer d'une très grande fréquence d'étalonnage, la grandeur de cette fréquence se justifiant par l'allure de la courbe, représentée à la

en utilisant les enregistreurs, fonctionnant suivant le principe d'une modification de la résistance, qu'on a obtenu de très bons résultats. Le fait que le signal de mesure est disponible sous une forme qui permet son traitement ultérieur est un avantage marqué.

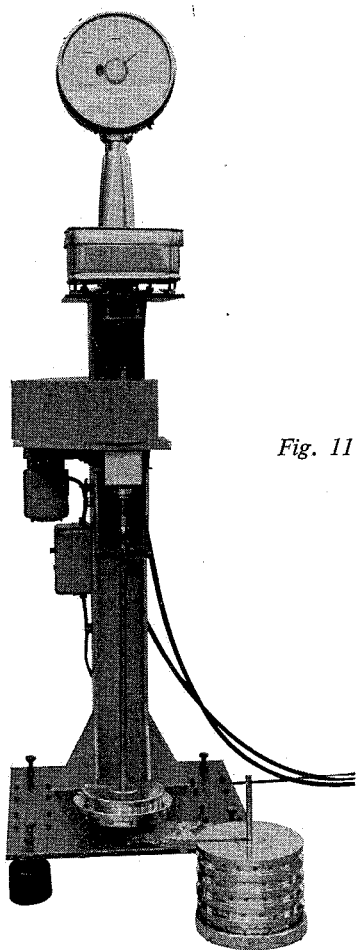
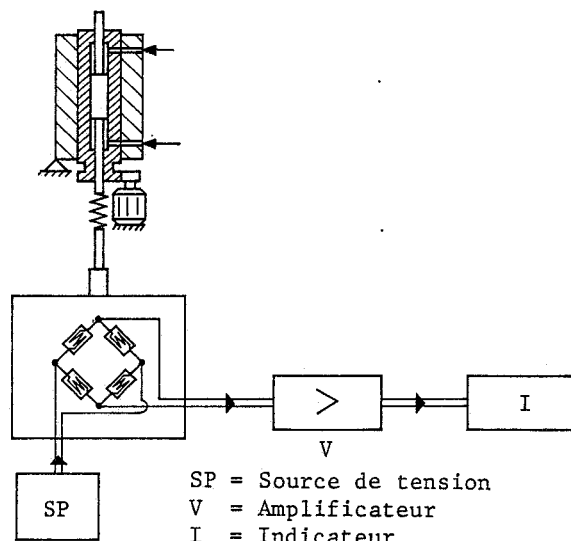


Fig. 11



SP = Source de tension
 V = Amplificateur
 I = Indicateur

Fig. 12

Inconvénients :

La sensibilité à la température, particulièrement dans le cas des enregistreurs à induction, n'est pas à négliger dans la plupart des cas. Le montage tout entier de mesure est assez compliqué et cher. Surtout à la source d'alimentation et à l'amplification, il est posé des exigences élevées, tandis que pour la mesure de différences de pression, on en est réduit à utiliser 2 enregistreurs. L'étalonnage doit porter sur tout le montage de mesure, donc sur l'enregistreur, l'amplificateur et l'indicateur de la mesure (fig. 15). A l'aide de telles installations de mesure, il est possible d'effectuer des mesures avec une précision de $\pm 5\%$.

Méthode c

Avantages :

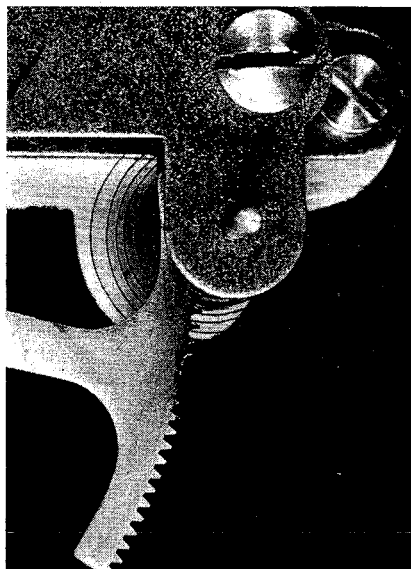
Cette méthode offre le grand avantage qu'ici on peut partir de mesures standardisées à savoir de l'unité de longueur et de l'unité de masse. Techniquement, il est parfaitement possible de donner au piston de ce mano-

figure 17 qui se présente le plus fréquemment (points nuls). Le signal de mesure ne se prête en général pas au traitement direct ultérieur. La durée en service est relativement faible parce qu'il est impossible d'éviter les effets micro-dynamiques. Si l'étalonnage est bon, la mesure peut être effectuée avec une précision égale à $\pm 1\%$ de la valeur finale.

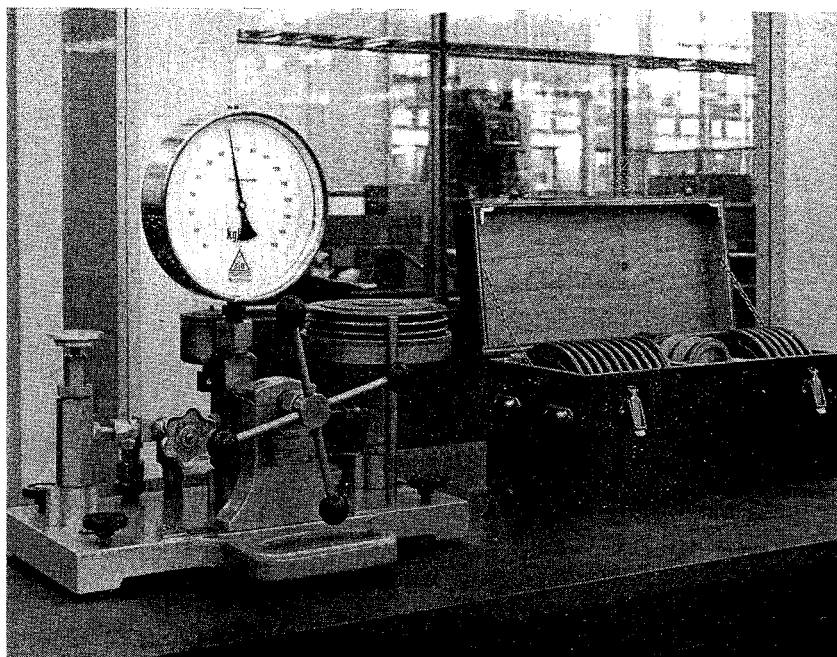
Méthode b

Avantages :

Au laboratoire, on a utilisé avec succès, différents types d'enregistreurs électriques de pression. C'est surtout



Ci-dessus : Fig. 13



Ci-contre : Fig. 14

mètre à piston une surface dont la grandeur peut être déterminée très exactement, par exemple, avec une précision de 0,1 %. D'un autre côté, il est possible au moyen d'une accélération bien connue due à la gravité et d'une masse bien connue d'engendrer une force déterminée d'une manière très précise. La force par unité de surface à laquelle la différence de pression à mesurer dans le manomètre à piston fait équilibre est à déterminer très exactement. Le champ de mesure sous réserve de la précision et de l'usage d'une série d'unités de masse peut être très grand.

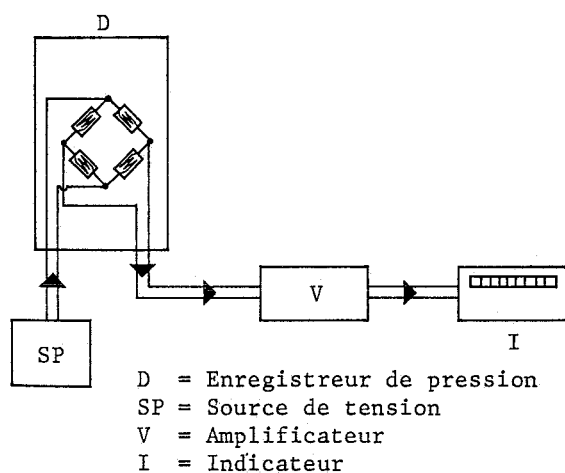


Fig. 15

De plus, les forces de frottement dues à la rouille de même que la commande mécanique du cylindre, peuvent être réduites à un minimum, de manière à réaliser un très haut degré de reproductibilité (voir fig 16). Cette méthode de mesure devient alors si précise qu'elle est à employer dans de nombreux cas, comme méthode d'étalonnage.

Inconvénients :

Il n'est pas toujours simple de déterminer la valeur exacte de l'accélération due à la gravité. De plus, l'usage

de ce manomètre à piston n'est pas simple parce qu'il faut placer et enlever des poids. Il offre également un autre inconvénient en ce sens que le signal de mesure ne convient pas pour le traitement ultérieur. En appliquant cette méthode de mesure, il est parfaitement possible d'effectuer une mesure dans une étendue de pressions de 20 à 40 bars, avec une précision inférieure à 1 %. Voir par exemple figure 17.

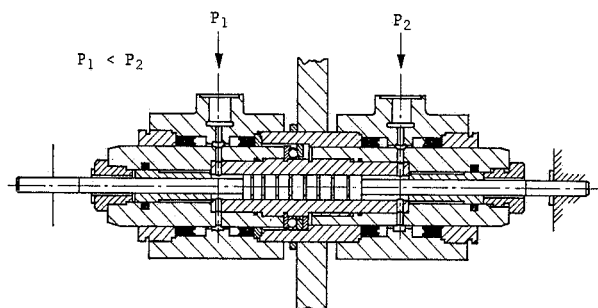


Fig. 16

Méthode d

Avantages :

Les avantages sont les mêmes que ceux de la méthode c, mais il s'en ajoute encore d'autres. Le signal à mesurer convient directement pour le traitement ultérieur et l'usage de l'appareil est beaucoup plus simple.

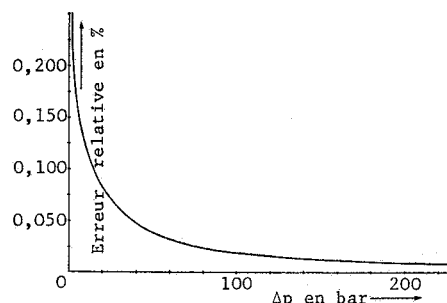


Fig. 17 - Δp en bar. Erreur relative en %.

Inconvénients :

L'étalonnage, y compris l'amplification et l'indication, doit s'effectuer par la méthode c (voir fig. 18). Grâce à cette opération supplémentaire, l'imprécision totale est de sa nature encore plus grande, si l'on y ajoute aussi les erreurs introduites par le système électronique. Si l'on utilise une capsule dynamométrique de mesure de très bonne fabrication, on peut obtenir une très bonne linéarité et une très bonne reproductibilité. Il est alors possible d'effectuer une mesure avec une précision totale inférieure à 2 %.

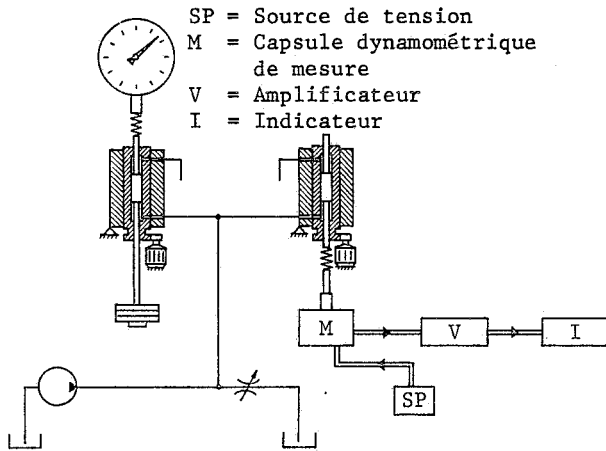


Fig. 18

Mesure de la vitesse angulaire

La mesure précise des vitesses angulaires ne pose en général aucun problème mais lorsque les vitesses angulaires à mesurer descendent en dessous d'une certaine valeur critique, la plupart des méthodes deviennent inapplicables. Pour la mesure, des vitesses angulaires inférieures à ces valeurs critiques, il a cependant été mis au point une méthode de mesure, qui à cette fin, a des propriétés très particulières. En général, on s'efforce d'appliquer une méthode dans laquelle le signal à mesurer est disponible sous une forme facile à digitaliser.

Les méthodes de mesure, appliquées au cours de l'évolution technique susdécrite, sont :

a) Mesure au moyen d'un compteur mécanique de mesure des vitesses angulaires, combiné à un chronographe.

b) Mesure au moyen d'un tachymètre électrique (tachymètre à courants tourbillonnaires, tachymètre mesureur de fréquences, tachymètre à tension continue).

c) Mesure par une méthode dans laquelle les impulsions électriques engendrées par l'interruption d'un rayon lumineux à une fréquence proportionnelle à la vitesse angulaire à mesurer sont comptées dans un temps déterminé (fig. 19).

d) Mesure par une méthode dans laquelle les impulsions électriques, dont le nombre par comptage est inversement proportionnel à la vitesse angulaire à mesurer, sont comptées dans un temps déterminé (fig. 20).

Méthode a

Dans sa forme la plus simple, cette méthode s'applique en utilisant un compteur mécanique qui s'enclenche et se déclenche à la main. Ce compteur se combine à un chronographe. L'horloge est couplée au compteur et il faut régler cette horloge pour la durée de la mesure.

Avantages :

Cet appareil est très peu sujet à se déranger et est bon marché.

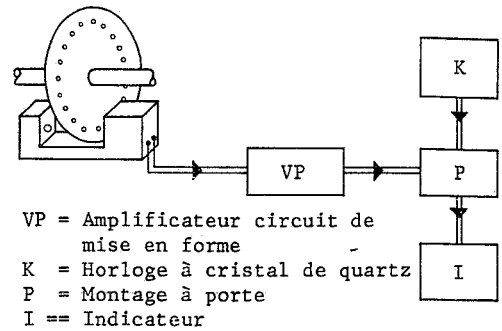


Fig. 19

Inconvénients :

L'indication de la valeur instantanée de la vitesse angulaire n'est pas possible. Le signal à mesurer est difficile à traiter. Vu que l'instrument de mesure est directement accouplé mécaniquement, il absorbe un peu de puissance. Lorsque le moment de torsion est mesuré à un endroit tel que le moment de torsion, nécessaire pour faire fonctionner l'enregistreur du nombre de tours, est mesuré en même temps, il peut en résulter de graves imprécisions dans la mesure, ceci dépendant de la relation entre ces moments de torsion.

Cette méthode est relativement imprécise. En choisissant un temps de mesure suffisamment long, on peut effectuer la mesure avec une précision égale à $\pm 1\%$.

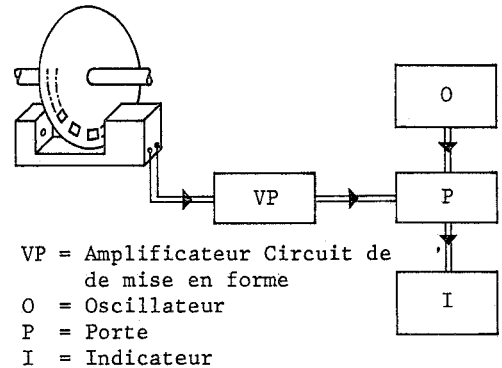


Fig. 20

Méthode b

Sans entrer dans le détail des principes particuliers, on peut cependant indiquer ici quelques avantages et inconvénients communs à ces appareils.

Avantages :

En général, ces compteurs sont bon marché et relativement faciles à placer. L'exécution la plus simple dans laquelle l'accouplement s'accomplit par une pression de la main, peut être très utile pour effectuer des mesures d'orientation. Le signal peut être disponible d'une manière qui permet le traitement ultérieur. L'exécution de la mesure, basée sur la mesure de la fréquence, offre des possibilités, surtout à ce point de vue.

Inconvénients :

Tous ces compteurs sont directement accouplés et consomment de la puissance. Dans des cas déterminés, la

grandeur de cette puissance peut être inadmissible. De plus, ces méthodes de mesure ne peuvent être appliquées sans un étalonnage de qualité. Ce sont tous des compteurs effectuant des mesures relatives. En général, leur imprécision se situe entre $\pm 0,5\%$ et $\pm 2\%$.

Méthode c

Dans cette méthode, les impulsions, produites par une cellule photoélectrique ou phototransistor, sont renforcées et formées de telle manière qu'il naît une tension de blocage à amplitude constante. Cette tension de blocage, dont la fréquence est proportionnelle à la vitesse angulaire à mesurer, est amenée à un compteur par l'intermédiaire d'un montage électronique à porte, desservi par une horloge électrique, commandée par un cristal. Grâce à l'horloge électronique, on peut déterminer très exactement la grandeur de l'intervalle de temps pendant lequel on peut compter les impulsions. La grandeur du facteur de proportionnalité dépend du nombre de petits trous, pratiqués dans le disque utilisé.

Donc :

$$\omega = \frac{2 \pi \cdot p}{q \cdot t} \text{ rad. s}^{-1}$$

p = nombre d'impulsions comptées,
q = nombre de petits trous pratiqués dans le disque,
t = temps pendant lequel le comptage est effectué.

Avantages :

Puisque pour une vitesse angulaire bien déterminée, la précision est seulement déterminée par le nombre de petits trous pratiqués dans le disque et la précision de l'horloge à cristal, y compris le montage à porte, la mesure peut être effectuée avec une très haute précision. L'enregistreur de mesure n'exige pratiquement aucune puissance de la part de l'objet à mesurer. Il n'y a seulement que quelques pertes minimales de ventilation. Le signal de mesure est disponible sous forme digitale, ce qui offre de grands avantages pour la lecture et le traitement éventuel ultérieur.

Inconvénients :

Cette méthode de mesure est d'un prix relativement élevé. En-dessous d'un nombre de tours, déterminé, il n'est plus possible d'obtenir une précision suffisante puisqu'il n'est techniquement plus possible de loger les petits trous nécessaires à cette fin. Une méthode d'enregistrement par induction offre ici des avantages.

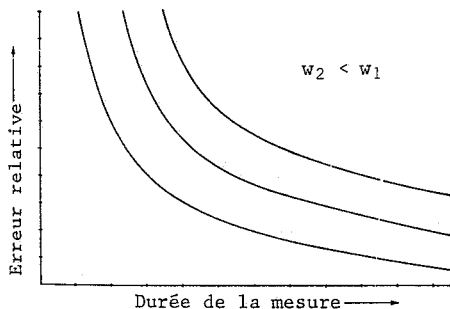


Fig. 21 - Durée de la mesure. Erreur relative.

Dans le cas où les vitesses angulaires sont très élevées, les forces centrifuges trop grandes peuvent être un inconvénient dans certains cas, ceci dépendant naturellement du diamètre du disque. Une méthode d'enregistrement

à réflexion de la lumière peut toutefois offrir ici une solution.

Comme exemple d'une caractéristique d'erreurs relatives voir figure 21.

Méthode d

Dans cette méthode, on fait usage d'un disque pourvu de fentes, également réparties à la périphérie du disque. En faisant passer un rayon lumineux par cette fente, on peut engendrer au début et à la fin de chaque interruption une impulsion électrique. Ces impulsions de départ et d'arrêt ainsi appelées sont utilisées pour commander un montage à porte. Le signal d'un oscillateur à cristal, à fréquence bien réglée, se dirige, par l'intermédiaire de ce montage à porte, vers un compteur électronique. La valeur qui apparaît après le passage de chaque fente sur le compteur est directement proportionnelle à la vitesse angulaire moyenne qui se présente au passage de la fente intéressée.

Avantages :

Il est possible, par cette méthode de mesurer d'une manière très précise de faibles vitesses angulaires. Le système de mesure est disponible sous forme digitale et convient particulièrement bien pour le traitement ultérieur.

Inconvénients :

Cette méthode de mesure est coûteuse en ce qui concerne l'enregistreur et l'appareillage ultérieur. Lorsque les fentes sont très rapprochées les unes des autres, il n'est, pour une vitesse angulaire déterminée, plus possible de lire le compteur.

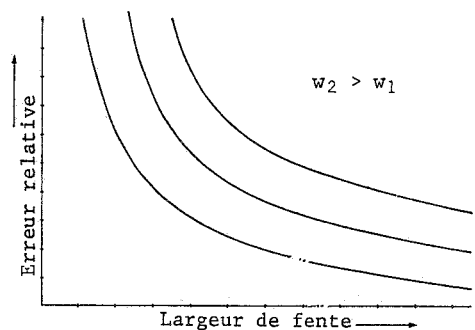


Fig. 22 - Largeur de fente. Erreur relative.

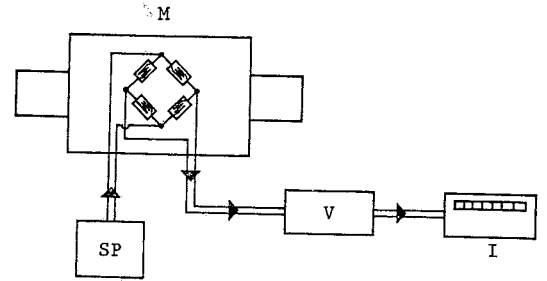
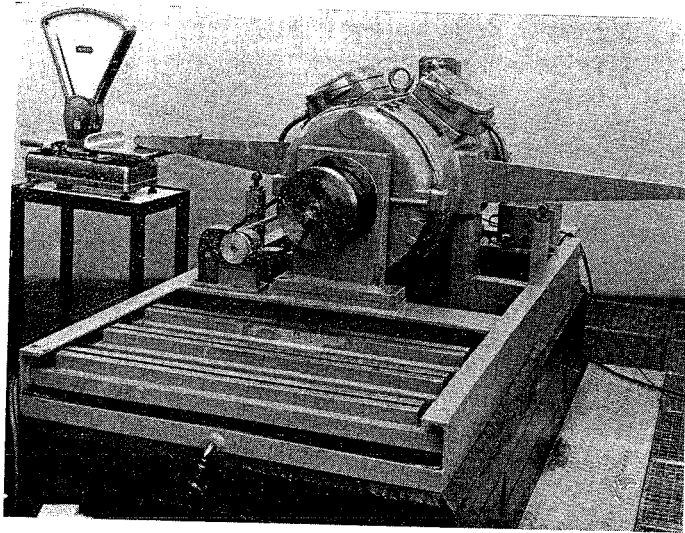
Il faut d'abord « tamponner » l'information électroniquement. Il est posé des exigences très élevées à la précision avec laquelle les fentes sont placées, de même qu'au réglage de la source lumineuse.

Comme exemple de caractéristique d'erreurs relatives, voir figure 22.

Mesure des moments de torsion

En ce qui concerne le choix à faire entre les torsiomètres à transmission et à absorption, on a choisi directement le principe de la transmission parce que, dans le cas du système à absorption, la mesure des moments appliqués est impossible. Ceci est entre autre nécessaire pour effectuer des mesures sur les pompes.

Au cours de l'évolution technique susdécrite, on a appliqué deux méthodes de mesure, à savoir :



M = Arbre de mesure du moment de torsion
 SP = Source de tension
 V = Amplificateur
 I = Indicateur

Fig. 24

Fig. 23 - Photographie ci-contre

a) Mesure effectuée au moyen d'un système pendulaire dans lequel le moment de réaction est mesuré par une balance (fig. 23).

b) Mesure au moyen d'arbres de mesure du moment de torsion, reposant sur la mesure de la torsion au moyen de bandes étirables (fig. 24). Ces arbres de mesure sont étalonnés statiquement (fig. 25).

Méthode a

Cette installation se compose d'un moteur commutateur à courant alternatif et à suspension pendulaire, moteur auquel il est appliqué des deux côtés des bras, dont l'un repose toujours sur une balance.

Le palier à rotule est construit de telle manière que le frottement total des deux paliers, du à la rouille, soit aussi réduit que possible.

Avantages :

Cet appareil est un torsiomètre absolu et n'a pas besoin d'être étalonné par rapport à un autre appareil de mesure des moments de torsion. Il est naturellement nécessaire de contrôler de temps à autre son équilibrage.

Le fait que ce torsiomètre n'a pas toujours besoin d'être réétalonné de même que le fait que les résultats sont directement visibles, rendent cet appareil surtout intéressant pour effectuer des mesures d'orientation.

Inconvénients :

Le moteur tout entier et les bras doivent être très bien équilibrés. C'est presque une impossibilité si le moteur est un moteur à déplacement des balais (variation du nombre de tours). L'amenée de l'énergie électrique sans torsion est en outre un problème assez difficile à résoudre.

Les moments de frottement se présentant dans les paliers du moteur sont fonction du nombre de tours, ce qui, pour chaque nombre de tours, exige une correction pour tenir compte du frottement des paliers.

Une correction effectuée de cette manière n'a de sens que si ce frottement des paliers du moteur est bien reproduit. Ceci est presque impossible dans le cas des paliers à roulement, cela à cause des différences de températures, point qui peut seulement être résolu lorsqu'il est utilisé des paliers hydrostatiques ou pneumastatiques.

De plus, la sortie de l'air de refroidissement de l'électromoteur peut sérieusement influencer la précision, tan-

dis que le mode d'accouplement à l'objet sur lequel il est effectué des mesures peut engendrer des erreurs. Il n'est pas possible d'obtenir une imprécision plus faible que $\pm 0,5\%$ de la valeur finale, sans utiliser des paliers hydro- ou pneumastatiques, ce qui diminue très fort l'étendue du champ de mesure dans laquelle on peut effectuer une mesure avec une précision inférieure à $\pm 1\%$.

Méthode b

L'instrument de mesure se compose en général d'une partie cylindrique d'arbre sur laquelle sont collées, dans une formation déterminée, 4 petites bandes d'étirage faisant un angle de 45° avec l'arbre. Les variations électriques de la résistance des petites bandes, montées en pont, sont mesurées.

Cette variation de résistance est dans certaines limites déterminées, proportionnelle au moment de torsion appliqué.

Au moyen d'une source de tension, cette variation de résistance est transformée en une variation de tension, reprise au moyen de bagues. Elle est ensuite amplifiée et sa valeur est indiquée.

Avantages :

Il est assez simple de placer l'enregistreur entre les 2 arbres. Cet enregistreur se caractérise par une bonne reproductibilité et une bonne linéarité. Ceci donne un sens à un étalonnage précis.

Inconvénients :

Cette méthode de mesure, surtout du fait de l'appareillage auxiliaire assez important, est d'une application assez coûteuse.

Le prix est défavorablement influencé par le fait qu'il faut prendre des mesures supplémentaires pour réduire au minimum les moments de flexion se présentant dans l'arbre de mesure (accouplements à dents en arc).

Pour effectuer des mesures précises, les facteurs d'étalonnage fournis par les fabricants donnent trop peu de garantie et doivent être de temps à autre étalonnés.

La construction à bagues, en ce qui concerne l'utilisation aux vitesses angulaires élevées, impose assez rapidement des limitations (environ 100 tours/s).

Les instruments normalement fournis en supplément par les fournisseurs de ces arbres de mesure, présentent

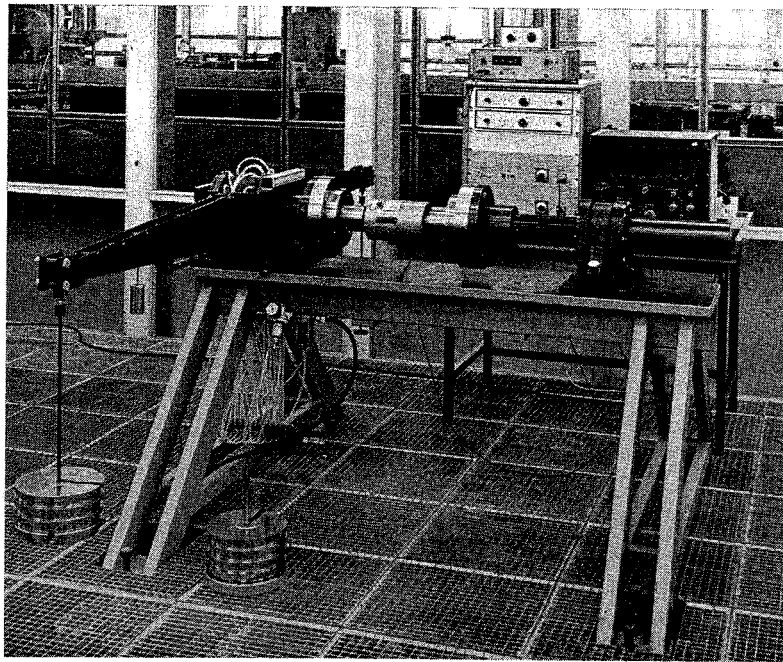


Fig. 25

souvent l'inconvénient que l'amplification analogique et l'indication, sont beaucoup trop imprécises pour obtenir une précision totale raisonnable. Lorsqu'on a éliminé tous ces inconvénients, la précision relative totale, indiquée à la figure 26, est bonne.

Mesure de la température du milieu

Comme ce titre l'indique, nous nous limiterons ici aux mesureurs de températures, utilisés pour la mesure de la température de l'huile. Les difficultés, rencontrées dans ces mesures de températures, ne résident pas dans la recherche de principes précis de mesure mais plutôt dans l'application d'un principe aux circonstances telles qu'elles se présentent dans un système hydraulique.

On applique en laboratoire, différents principes de mesure et différents systèmes de mesure.

a) Mesure effectuée au moyen du thermomètre à mercure (voir fig. 27)

Pour éviter les corrections, dues au fait qu'une partie de la colonne de mesure n'est pas exposée à la température à mesurer, le thermomètre a été plongé en entier dans le liquide. La lecture s'effectue à travers le tube de plexiglas qui entoure le thermomètre.

Avantages :

Ce mesureur de température est bon marché. Il est précis et même très précis, ceci dépendant du thermomètre utilisé et de la méthode d'étalonnage, éventuellement à appliquer. La lecture de l'indication de la colonne de mercure n'a pas besoin d'être corrigée, tandis que le mode de montage permet, après l'établissement d'un état stationnaire, de lire très rapidement la température.

Inconvénients :

Il est difficile de rendre cet appareil robuste. Il est fragile et donc sensible aux vibrations. De plus, dans un système hydraulique, il est à utiliser à des endroits où la pression diffère très peu de la pression atmosphérique. Il est aussi désavantageux que le signal de mesure

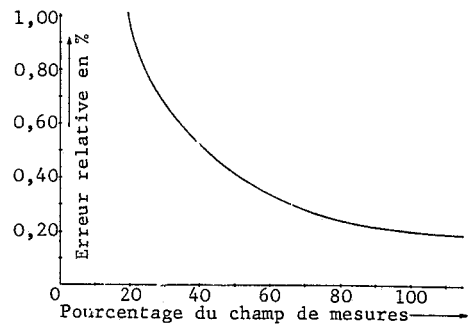


Fig. 26 - Pourcentage du champ de mesures. Erreurs relatives en %.



Fig. 27

ne se présente pas sous une forme qui rende possible le traitement ultérieur direct de l'information. La mesure effectuée par cette méthode peut très bien être entachée d'une imprécision de $\pm 0,1$ °C.

b) Mesure au moyen de thermocouples

On peut utiliser à des fins diverses des thermocouples, entre autres les couples $C_u - C_o$, $F_e - C_o$, $N_i C_r - N_i$, etc.

Le choix de ceux-ci est encore déterminé par le niveau de tension acceptable.

Avantages :

L'enregistreur de température, à savoir le couple proprement dit doit être de très petite taille et ainsi il est facile de le placer dans un espace très réduit. Il convient donc particulièrement bien pour mesurer des températures locales. En général, il est facile d'effectuer une mesure de différence de température.

L'enregistreur doit être construit de manière à pouvoir mesurer des températures également sous des pressions autres que la pression atmosphérique. (Nous avons mesuré dans un courant d'huile des pressions atteignant 350 kg/cm^2).

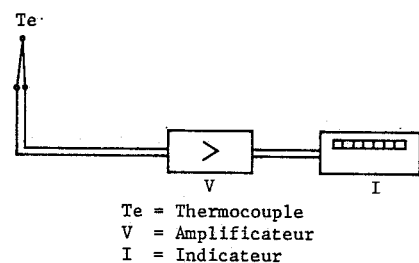


Fig. 28

Puisque le signal de mesure est disponible sous forme d'une tension électrique, il est parfaitement possible de traiter ultérieurement ce signal, même de telle manière qu'on puisse effectuer une lecture digitale directe (voir figure 28).

Inconvénients :

Cette méthode de mesure est d'application relativement coûteuse et n'est pas particulièrement précise. Même lorsque l'étalonnage est excellent, la précision de la mesure est encore souvent décevante.

Celle-ci est fortement influencée par la moins bonne reproductibilité des thermocouples et leur montage. Vu le niveau très bas de tension en jeu dans le processus de la mesure, il est posé aux instruments (amplificateur - indicateur) des exigences très élevées.

La sensibilité aux dérangements provenant de l'extérieur est également grande.

Ce sont là les raisons pour lesquelles les thermocouples conviennent moins bien pour effectuer des mesures autres que des mesures relatives ou d'orientation à effectuer sur des systèmes hydrauliques.

c) Thermomètres à quartz

Ces thermomètres peuvent être utilisés en combinaison avec un indicateur électronique.

Cette installation permet de mesurer des températures absolues et des différences de températures (voir fig. 29).

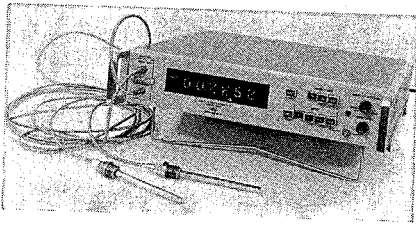


Fig. 29

Avantages :

Les mesures stationnaires peuvent être effectuées avec une très haute précision (précision $\pm 0,01$ °C).

Le pouvoir de résolution peut même s'élever à 0,0001 °C, ce qui présente de grands avantages pour la mesure de différences de températures.

Le signal de mesure est disponible sous forme digitale et est très nettement lisible tandis qu'il se prête excellemment au traitement ultérieur. Cette possibilité sera encore illustrée plus loin.

Inconvénients :

L'installation de mesure est très chère. Les enregistreurs ont une capacité calorifique relativement grande, de telle manière qu'ils peuvent seulement être utilisés pour mesurer des phénomènes stationnaires et se déroulant très lentement. De plus, ces enregistreurs paraissent être très sensibles aux fluctuations rapides de pression qu'il n'est souvent pas possible d'éviter même dans les mesures stationnaires.

Mesure de la viscosité et de la densité

Dans le texte qui précède, on a dit de quelle manière la température de l'huile peut être mesurée. Toutefois, dans de nombreux cas, il est exigé que la densité et la viscosité du fluide soit connues à l'endroit où s'effectue la mesure. Afin de satisfaire à cette exigence, on détermine, en fonction de la température et à la pression atmosphérique, la densité et la viscosité d'un échantillon d'huile.

Pour déterminer la densité sous pression, on se sert d'une balance de Mohr, tandis que la température de

l'huile à analyser est maintenue d'une manière précise à la même valeur à régler. ($\pm 0,05$ °C).

Comme viscosimètre, on a utilisé un viscosimètre à huile de Höppler, en combinaison avec un thermostat. La méthode, utilisée pour déterminer la densité, est plus précise que celle appliquée pour déterminer la viscosité. Lorsqu'on ne connaît pas la composition de l'air à l'endroit où s'effectue la mesure, on se prive à nouveau en partie de l'avantage de pouvoir faire un usage judicieux de la précision élevée, obtenue dans la mesure de la densité. On peut cependant dire que les résultats de ces deux méthodes de mesure sont en général satisfaisants.

Si l'on doit disposer de valeurs de la viscosité et de la densité à des pressions autres que la pression atmosphérique, on doit alors faire usage des valeurs obtenues de la manière précitée, à la pression atmosphérique et de méthodes de calcul du genre de celles indiquées en (3) et (4) de la bibliographie, pour déterminer la densité et en (5), pour déterminer la viscosité.

Mesure simultanée de plus d'une des grandeurs susmentionnées et conséquences qui en résultent au point de vue de l'indication et de l'enregistrement.

Lorsqu'on étudie les pompes et les moteurs hydrauliques, on en vient rapidement à désirer connaître exactement le volume W_e effectif du fluide déplacé par la pompe ou le moteur. Ceci signifie qu'il faut connaître exactement le volume déplacé correspondant au nombre de tours mesuré. Ceci n'est possible que lorsque la vitesse angulaire et le débit volumétrique Q_v sont précisément mesurés pendant le même intervalle de temps. Dans les méthodes de mesure décrites, ceci est relativement simple à réaliser (voir fig. 30).

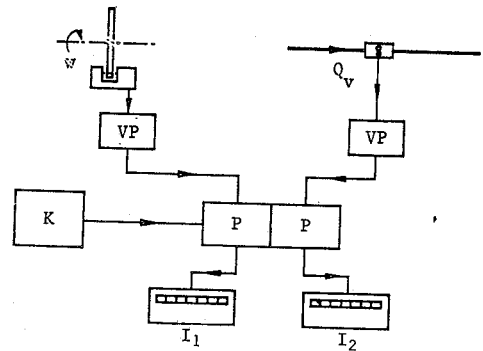


Fig. 30

VP = amplificateur — circuit de mise en forme.

K = horloge à cristal de quartz.

P = montage à porte.

I = indicateur.

Les signaux émis par l'enregistreur du nombre de tours et l'enregistreur de débit à turbine sont amenés aux deux compteurs par deux circuits de mise en forme à amplificateur et deux montages à porte. Les 2 montages à porte sont simultanément commandés par une horloge à cristal au moyen de laquelle on pourra régler très exactement la durée de la mesure. C'est seulement pendant cette durée choisie que les portes s'ouvriront et que les signaux seront amenés aux compteurs.

En calculant le quotient $\frac{I_2}{I_1}$ des lectures des deux compteurs, on obtient une mesure très exacte du volume W_e effectif déplacé par la pompe ou le moteur.

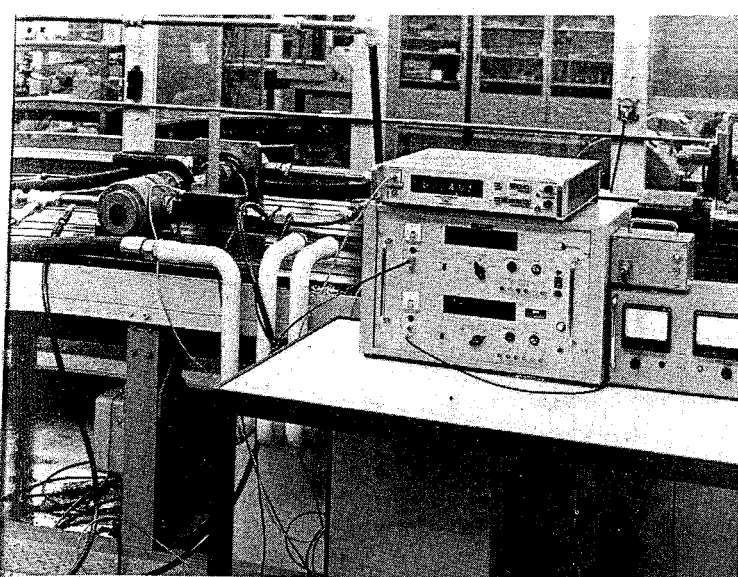


Fig. 31

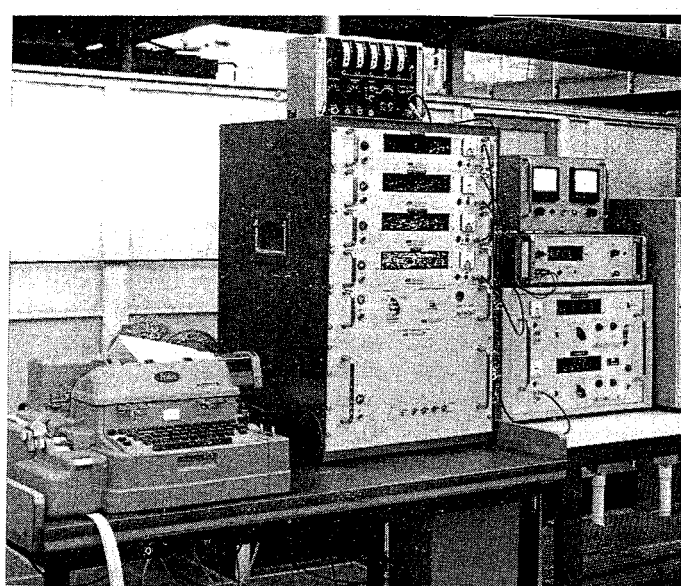


Fig. 33

Si l'on connaît le facteur d'étalonnage du débitmètre à turbine et le facteur de proportionnalité de la mesure du nombre de tours, on peut calculer directement la valeur effective de W_0 (voir la figure 31 pour le montage pratique).

Dans de très nombreux cas, il sera toutefois désirable de mesurer simultanément 5 grandeurs, à savoir Q_v , Δp , ω , T et u_1 pour effectuer des mesures sur les pompes et moteurs hydrauliques. Il sera également désirable d'obtenir une indication et un enregistrement rapide des données à mesurer.

Ainsi qu'il ressort de ce qui précède, on obtient dans la mesure de ω , Q_v et u_1 des signaux de mesure, assez faciles à digitaliser.

Pour obtenir toutefois une mesure dans laquelle les 5 grandeurs à mesurer peuvent être simultanément mesurées dans le même intervalle de temps, il est nécessaire que les signaux à mesurer soient présentés sous une forme appropriée. Dans la mesure de ω , Q_v et u_1 c'étaient des signaux dont la fréquence était représentative de la grandeur mesurée. Dans la mesure de Δp et T , on obtient par la méthode précitée, des signaux, dont la tension est caractéristique de la grandeur mesurée. Pour

ces deux dernières mesures, on utilise des transformateurs de fréquences de la tension, grâce auxquels on obtient 5 signaux équivalents.

Dans le traitement de ces signaux de mesure, ces signaux, à l'exception du signal de mesure, intervenant dans la mesure de la température, sont simultanément digitalisés. En ce qui concerne le signal de mesure, intervenant dans la mesure de la température, ceci a lieu à part (voir fig. 32). Pour une installation pratique de mesure (voir fig. 33).

Les signaux de mesure sont traités de la même manière que celle indiquée à la figure 30, à la condition qu'ici, après chaque intervalle de mesure, il soit mis automatiquement en action un balayeur électronique, transmettant l'information digitalisée, à une machine à écrire électrique, équipée d'un dispositif pour confectionner des bandes perforées.

Ceci signifie que les données à mesurer doivent être « tabulées » et que, suivant le choix de ces données, il est produit en même temps une bande perforée.

Ainsi qu'il a déjà été dit précédemment, il faut effectuer des étalonnages pour pouvoir mesurer le débit volumétrique, la différence de pression et le moment de

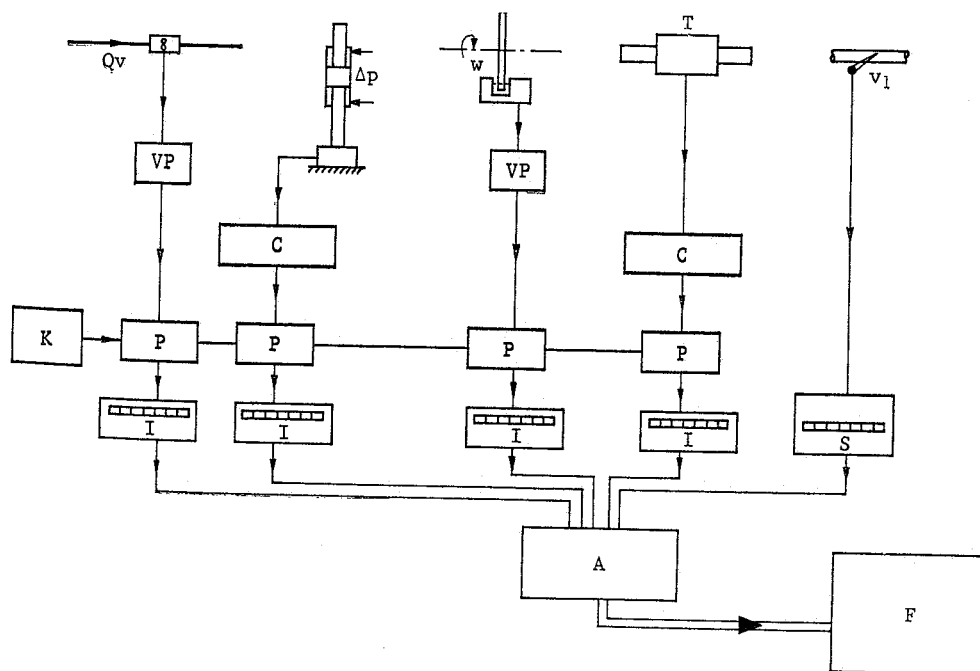


Fig. 32

- A = Balayeur électronique.
- F = Machine à écrire et à perforer, électrique.
- K = Horloge à cristal de quartz.
- C = Transformateur de fréquence de la tension.
- P = Montage à porte.
- S = Indicateur de température.
- I = Indicateur.
- V = Amplificateur - circuit de mise en forme.

torsion. Les résultats de ces étalonnages peuvent être mis sur bande perforée à l'aide d'une machine F. Dans les mesures, l'information peut être transmise automatiquement par cette machine, à la bande perforée de mesure. Le résultat final est alors une bande perforée où sont mentionnées tant les données à mesurer que les valeurs d'étalonnage des instruments de mesure utilisés. Ce dernier point est particulièrement important pour les données d'étalonnage des débitmètres à turbine qui par leur nature n'ont pas un caractère linéaire mais dépendent fortement de la viscosité.

Au moyen de bandes à programme appropriées, ces bandes perforées peuvent être traitées directement par une calculatrice digitale et donner un résultat.

Sur ces figures, on trouve entre autres, les valeurs calculées du volume de fluide théoriquement déplacé par les pompes et moteurs, les rendements, rendements partiels et facteurs de perte.

De plus, on trouve les chiffres de qualité, relatifs aux instruments de mesure utilisés et les chiffres qui expriment dans quelle mesure les valeurs mesurées sont en corrélation avec le modèle mathématique.

QUELQUES EXEMPLES D'INSTALLATIONS DE MESURE, UTILISEES POUR EFFECTUER DES MESURES SUR LES POMPES HYDRAULIQUES

A. Mesures effectuées sur les pompes hydrauliques.

A. 1. Installation équipée d'un moteur électrique pendulaire à nombre de tours réglable (fig. 34)

Ici la quantité totale d'énergie, nécessaire pour l'essai, doit être fournie par un moteur électrique.

Le réglage du nombre de tours s'effectue ici en réglant

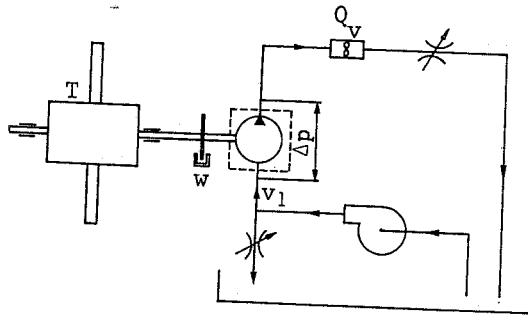


Fig. 34 - Montage à moteur pendulaire, à nombre de tours réglable.

le nombre de tours du moteur tandis que la pression est réglée par une résistance hydraulique réglable.

A. 2. Installation à commande par moteur hydraulique (fig. 35)

Ici la quantité totale d'énergie est fournie par un moteur hydraulique. Le réglage du nombre de tours s'effectue en réglant le volume de fluide déplacé par la pompe hydraulique. La pression se règle ici également par une résistance hydraulique réglable.

A. 3. Montage du circuit avec amenée d'énergie au moyen d'un moteur électrique ou hydraulique à nombre de tours réglable (fig. 36)

C'est un montage qui économise l'énergie en ce sens que seule l'énergie perdue dans le circuit est restituée sous forme d'énergie mécanique.

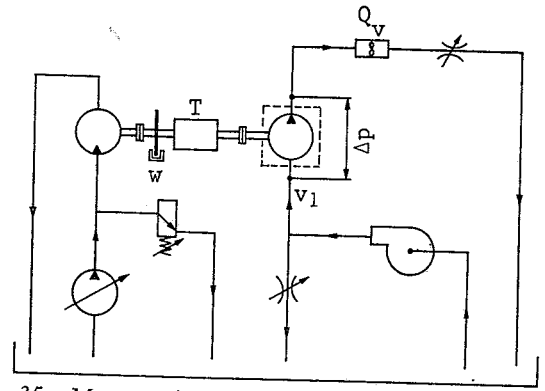


Fig. 35 - Montage à commande par moteur hydraulique.

Le réglage du nombre de tours s'effectue en réglant le nombre de tours du moteur, tandis que celui de la pression s'effectue en faisant varier le volume de fluide déplacé par le moteur hydraulique réglable.

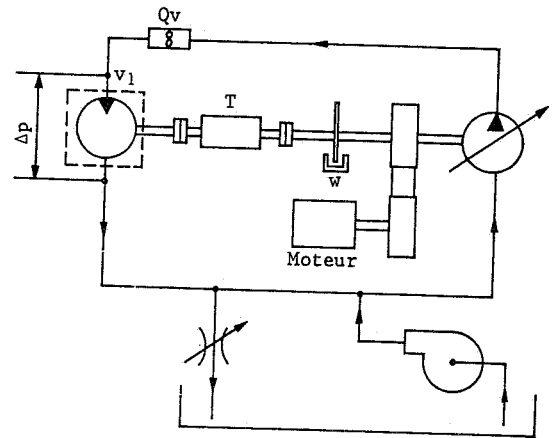


Fig. 36 - Montage du circuit avec amenée d'énergie et moteur à nombre de tours réglable.

B. Mesures effectuées sur les moteurs hydrauliques.

B. 1. Montage pendulaire à moteur hydraulique réglable (fig. 37)

Dans ce montage, l'énergie totale nécessaire est fournie par une pompe hydraulique.

Le réglage du nombre de tours sera effectué en faisant varier le volume de fluide déplacé dans la pompe.

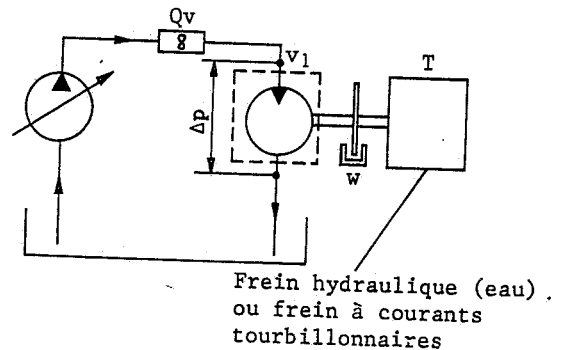


Fig. 37 - Montage pendulaire à pompe hydraulique réglable (mesure par absorption).

Le réglage de la pression s'effectuera en faisant varier la charge du frein hydraulique (eau) ou à courants tourbillonnaires.

En montant ce frein à la manière d'un pendule, on peut mesurer le moment de torsion en mesurant le moment de réaction.

B. 2. Montage à pompe hydraulique utilisée comme charge (fig. 38)

Ce montage est dans son essence semblable à celui décrit sous A. 2. Ici, toutefois, les instruments de mesure

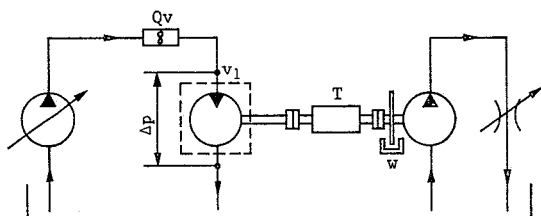


Fig. 38 - Montage à pompe hydraulique utilisée comme charge.

ne sont pas groupés autour de la pompe mais bien autour du moteur hydraulique.

B. 3. Montage du circuit avec amenée d'énergie mécanique au moyen d'un moteur à nombre de tours réglable (fig. 39)

Ce montage est semblable à celui décrit sous A. 3. Ici, toutefois, le réglage de la pression est effectué au moyen d'une pompe hydraulique réglable.

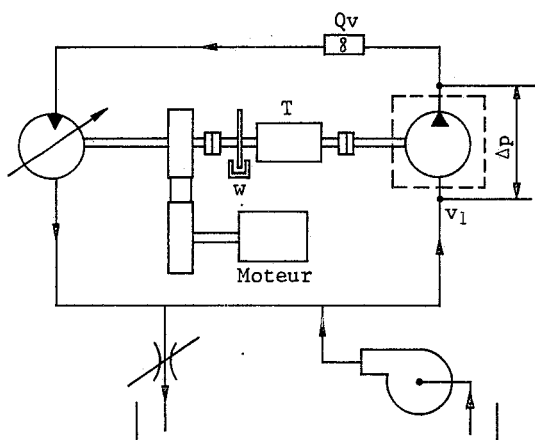


Fig. 39 - Montage du circuit avec amenée d'énergie mécanique et moteur à nombre de tours réglable.

B. 4. Montage du circuit à amenée d'énergie hydraulique (fig. 40)

Dans ce montage, l'énergie perdue dans le circuit est fournie par une pompe hydraulique réglable.

Cette pompe fournit le moyen de régler le nombre de tours du moteur hydraulique à essayer. Le réglage de la pression s'effectue ici en réglant le volume de fluide déplacé par la pompe hydraulique réglable, couplée mécaniquement à ce moteur hydraulique.

Bibliographie

- (1) Wilson W. E. : Method of evaluation test data aids design of rotary pumps. Product Engineering, Vol. 16, 1945, pp. 653-656.
- (2) Schlösser, W. M. J. : Mesures effectuées sur des pompes volumogènes. Dissertation : Université technique de Delft, octobre 1959.

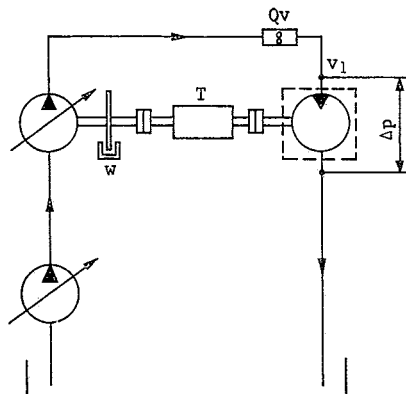


Fig. 40 - Montage du circuit avec amenée d'énergie hydraulique.

- (3) Dow, R. B. et C. E. Fink : Computation of some physical properties of lubricating oil and high pressures. Journal of Applied Physics, Vol. May 1940.
- (4) Schlösser, W. M. J. et H. A. Verduijn : Folgerungen aus einer Zustandsgleichung für Mineralöle. Oelhydraulik und Pneumatik 4 (1960) Nr. 2.
- (5) Roelands, C.J.A. : Correlational aspects of the viscosity-temperature-pressure relationship of lubricating oils. Dissertation : Université technique de Delft, avril 1966.
- (6) Berg, P.v.d. : Installation de mesure basée sur des principes de mécanique. Rapport international de l'Université technique de Delft. Décembre 1959.

Porte-buses et buses de sablage en "CARBORID"

Le Carbure de Bore Français

Sablage sec et sablage humide
Tous abrasifs: Quartz, silex, grenaille

Corindon

Vie extra-longue, efficacité, évitent les gaspillages d'air comprimé

Les buses et porte-buses en "CARBORID" sont fabriqués et distribués par :

Les Ateliers PARTIOT CEMENTATION

56, Av. de Chatou - RUEIL-MALMAISON (S.-&-O.)

Tél. CARnot 93-04 + et 967.23.53 +

Stock important - Livraison immédiate - Expédition par poste "URGENT" ou "EXPRESS" sur demande