

LE COIN DU LABORATOIRE

UN APPAREIL DE MESURE DES COUPLES POUR LES ESSAIS DE TURBINES EN MODÈLE RÉDUIT

English text p. 82

Les caractéristiques d'une chute permettent à l'ingénieur de déterminer le type de la turbine qui convient à son équipement ; le tracé exact de la roue, de la bêche, du distributeur, de l'aspirateur sont, pour une grosse part, du domaine de l'expérimentation.

Les lois de la similitude trouvent ici l'une de leurs applications les plus fréquentes. C'est sur un modèle réduit que l'ingénieur, à la lumière des résultats d'essais, façonne définitivement sa machine.

Nous ne parlerons pas ici des dispositions d'ensemble des installations nécessaires à une telle expérimentation.

Nous rappellerons seulement que les mesures faites doivent permettre de construire point par point une « colline » qui n'est autre que l'ensemble des courbes caractérisant le fonctionnement de la turbine. Les grandeurs à régler et à mesurer sont : la chute, l'ouverture et le débit d'une part (facteurs de la puissance absorbée) ; le couple et la vitesse de rotation d'autre part (facteurs de la puissance fournie). Ces réglages et ces mesures sont longs et délicats. Il faut chercher à faciliter la tâche de l'expérimentateur, à réduire les erreurs de mesures et à gagner du temps. Les services de recherches des Établissements NEYRPIC se sont attachés à équiper l'une de leurs plateformes d'essais de turbines d'un appareillage de réglage et de mesure permettant à un expérimentateur seul la détermination d'un point de la « colline » avec le maximum de rapidité. Nous nous proposons de dire quelques mots du dispositif de freinage et de mesure des couples. La solution mise au point constitue un perfectionnement du frein de Prony, dont le dispositif de réglage primitif donnait lieu à des tâtonnements continuels et laborieux.

L'arbre (1) (fig. 1) de la turbine est vertical et porte à son extrémité supérieure une poulie

creuse de 300 mm. (2) de diamètre. Autour de cette poulie, s'enroule la bande souple du frein de Prony, constituée par des sabots (3), dont la face qui s'appuie contre la poulie est revêtue d'une garniture spéciale assurant un frottement très régulier. Ces sabots sont reliés les uns aux autres et serrés contre la poulie par deux câbles métalliques (4) les enveloppant. L'une des extrémités de chacun de ces câbles est amarrée au bâti du frein, l'autre extrémité est attelée par une chape à un palonnier (5) au milieu duquel s'exerce l'effort que donne le servo-moteur du régulateur de serrage de la bande de frein.

Ce servo-moteur comporte :

— un levier (6) articulé sur roulements à billes (7) à l'intérieur de la console, et sur le bras horizontal duquel roule une masse fractionnée (8), entraînée par une courroie-câble (9). Cette courroie-câble passe d'un côté dans la gorge d'une poulie folle combinée avec un volant de commande à main (10) et de l'autre dans la gorge d'une autre poulie ;

— un moteur-réducteur (11) de 1/10^e de cheval (rapport 1/750) à double roue et vis tangente entraîne cette dernière poulie par friction. Le moteur du type universel à deux inducteurs est à deux sens de rotation.

A l'extrémité opposée au moteur-réducteur, un ressort de réglage (12) de l'intensité d'action de la masse roulante donne, de plus, de la stabilité au système, tandis qu'un amortisseur à huile (13) s'oppose aux balancements du levier.

La qualité de ce dispositif de réglage du serrage du frein est essentiellement d'exercer une action très progressive et constante dès que la masse roulante a été placée dans une position.

On voit que pour augmenter le serrage de la bande du frein, il faut éloigner la masse roulante de l'axe de rotation du levier et vice-versa.

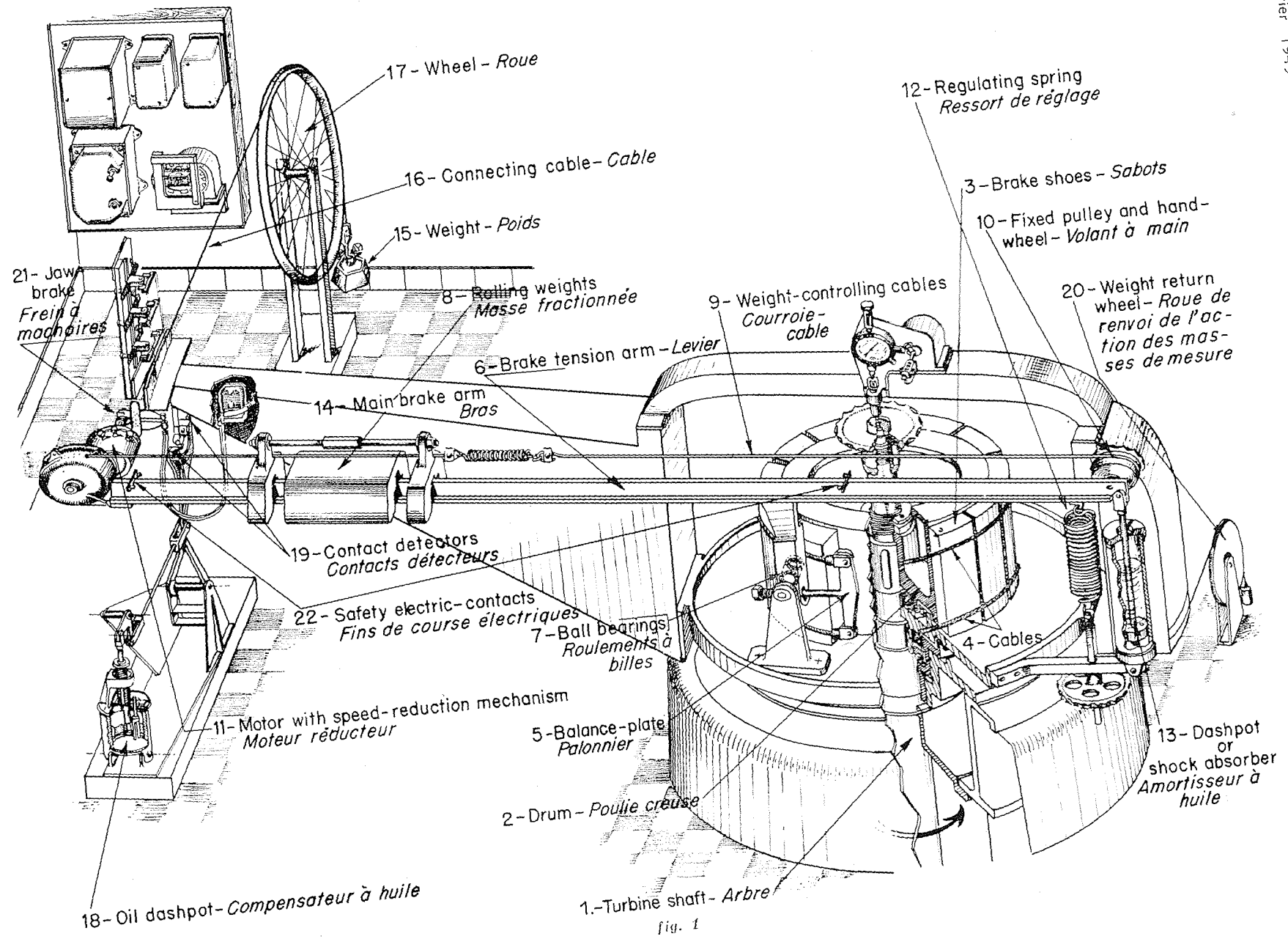


fig. 1
Schéma d'ensemble
General diagram of the installation

Cette action peut être faite à la main ou par le moteur électrique, et l'ensemble des organes est établi pour que cette action soit très finement dosable.

Le plateau-balance porte le bras (14), au bout duquel on accroche les poids (15) de mesure du couple de friction frein sur poulie. Comme ce bras oscille horizontalement, le renvoi de l'action verticale des poids est fait par un câble (16) s'enroulant sur une roue à axe horizontal (17).

L'équilibre est réalisé, le bras restant immobile, lorsque le produit de la force tangentielle de friction du frein sur la poulie par le rayon de cette poulie, est égal au produit des poids accrochés au câble par la longueur du bras du frein mesurée entre son extrémité et l'axe. La puissance développée par la turbine est égale, à une constante près, au produit de ce couple par la vitesse de rotation.

Pour cette valeur du couple, pour un certain degré d'ouverture du vannage et pour une chute invariable, la turbine prend une vitesse constante.

Si le frottement du frein augmente, la turbine, en régime normal, met en mouvement le bras du frein dans le sens de la rotation ; s'il diminue, les poids l'emportent et le bras du frein se met en mouvement en sens inverse de la rotation.

Le régulateur détecte l'un et l'autre de ces mouvements et met en action la masse roulante dans le sens convenable : dans le premier cas, la bande du frein doit être desserrée, c'est-à-dire que la masse doit être rapprochée de l'axe de rotation du levier ; dans le second cas, l'inverse doit se produire.

Dans les deux cas, le processus des opérations automatiques est le suivant (fig. 2) :

Le bras ferme un circuit électrique qui, par l'intermédiaire de relais, met en marche un impulseur ; c'est un appareil à cames qui ferme périodiquement des contacts. Il en résulte que le moteur réducteur déplace la masse roulante, d'abord de très faibles courses si le déséquilibre est faible, et si celui-ci est grand, de courses plus grandes, grâce à la mise en action automatique d'un sélecteur-doseur d'impulsions.

L'action est, peut-on dire, proportionnée au déséquilibre ; il faut en effet opérer le plus rapidement possible, afin de limiter le développement et les conséquences de la perturbation initiale.

Pour les très faibles déséquilibres, l'appareil procède par impulsions espacées très brèves ; il

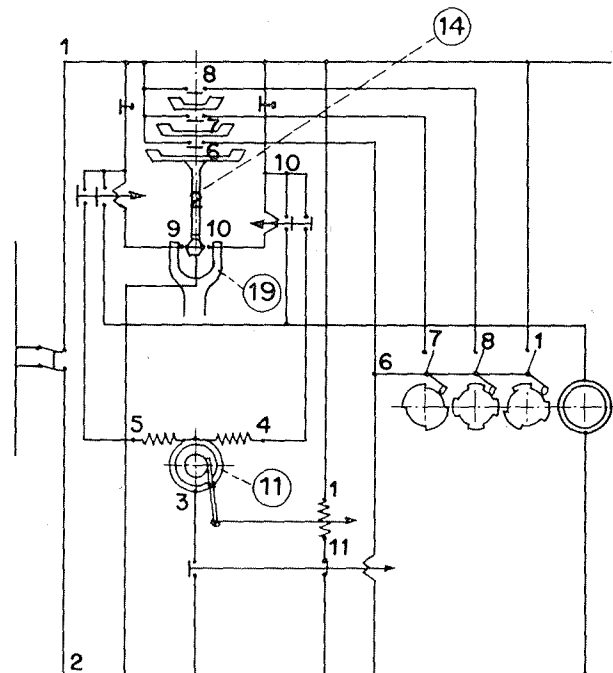


Fig. 2

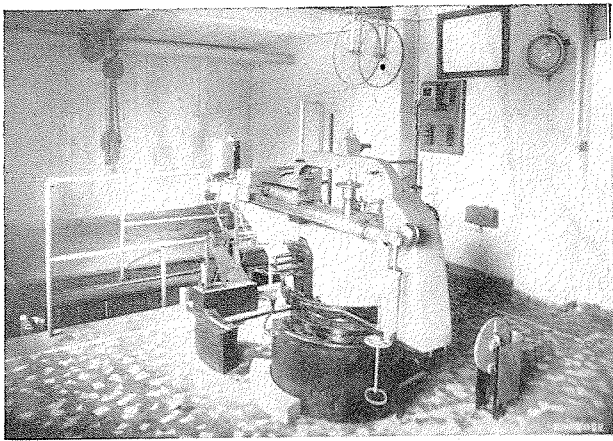
Schéma électrique du régulateur.

Diagram of electrical installation of the governor.

en résulte, grâce à la démultiplication du système agissant sur la bande (fractionnement des masses), des corrections extrêmement fines qui ajoutent leurs actions, jusqu'à la dernière qui précède le retour à l'équilibre. Après, il se peut qu'il en soit donné une en trop, mais comme elle est de très faible importance, l'équilibre se réalise néanmoins dans la très faible bande d'insensibilité du banc-balance.

Chaque fois qu'une impulsion est lancée dans le moteur, un petit frein à mâchoire (21) qui le bloque se desserre pour le laisser tourner, et dès que l'impulsion cesse, ce frein se referme automatiquement. Ainsi, le moteur ne tourne que pendant la durée des impulsions, malgré l'inertie des masses mises en mouvement. De plus, ce blocage permet au moteur de partir alternativement, s'il le faut, d'un sens à l'autre, toujours immédiatement, car il est essentiel, pour un bon réglage, que le servo-moteur réponde sans retard aux détecteurs.

La roue de renvoi (20) de l'action des masses de mesure portant à son point bas une petite masse stabilisatrice, la position d'équilibre du bras du frein est bien définie. Il faut donc qu'après une perturbation le régulateur ramène exactement le serrage de la bande à la valeur qui

*fig. 3*

replaces le bras en cette position, afin que la mesure du couple soit exacte.

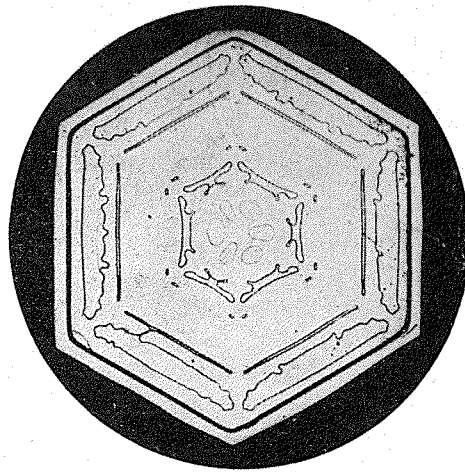
Pour ce faire, entre en jeu, et chaque fois que les déplacements excèdent quelques millimètres, un compensateur à dash-pot à huile (18) qui déplace les deux contacts détecteurs (19) situés de part et d'autre de ceux portés par le manche du bras.

Si le bras tend à rester en équilibre en fausse position, la compensation se faisant referme le contact, et les impulsions de bon sens sont à nouveau données. Si, par contre, le réglage a commencé à trop vive allure, le contact inverse se trouve être en position convenable pour déclencher des impulsions de sens contraire.

La compensation se poursuit ensuite jusqu'à ce que le bras ait repris la position d'équilibre pour laquelle le couple est exactement égal au produit des poids accrochés par la longueur du bras.

L'agencement du régulateur est complété par deux fins de courses électriques (22) qui doublent la sécurité par friction.

Ce dispositif est en service depuis plusieurs années et n'a jamais eu la moindre défaillance. Le fait est qu'il a permis d'accélérer considérablement la détermination point par point des « collines d'essais », tout en assurant une excellente précision et une très grande fidélité dans la délicate mesure du couple.



LABORATORY PRACTICE

TORQUE MEASURING APPARATUS FOR
MODEL TURBINE TESTS

Texte français page 78

The available head at any given site determines the type of turbine to be used, but the exact design of the runner, the casing, the guide vane ring and the draught tube is still mainly in the experimental stage.

This is where one of the most frequent applications of the law of similitude can be found. From the results of experiments on models, permanent designs for different types of turbines can be made.

This article will not deal with the arrangement of the experimental installation as a whole for such model tests, though in passing, it is observed that the measurements which are made should enable the detailed construction of a « power-head-discharge » diagram, this being the group of curves representing the functioning of the turbine. The variables which must be regulated and measured are, on the one hand, those of head, gate opening, and discharge, (determining power input), and on the other hand, those of torque, and R. P. M. (determining power output). The adjustment and measurement of these variables is both long and delicate, and it is for this reason that the research department of the Etablissements NEYRPIC have endeavoured to simplify experimental procedure, to reduce errors in measurement and to save time by equipping one of their turbine testing pits with a special regulating and measuring apparatus. This apparatus allows that a given point on the « power-head-discharge » diagram be determined with the maximum rapidity.

This article gives a description of the braking and torque measuring arrangement, consisting of a revised Prony brake, the former regulating mechanism of which gave rise to continual and laborious trials.

As in the conventional type of mechanism used in testing the horsepower of a turbine, the

brake consists ⁽¹⁾ of brake shoes (3) which rub against a drum (2) (diameter 300 mm), fixed to the upper end of a vertical turbine shaft (1). The inner faces of the brake shoes have a special lining ensuring uniform friction, and the shoes are connected to one another by two metal cables (4) which encircle them. One end of each cable is attached to the brake frame, the other end being connected, by a shell, to a balance-plate (5), the middle of which bears the force of the servo-motor for the brake shoe regulating device, and the movements of which are controlled by a lever (6), called the brake tension arm, which is hinged on ball-bearings (7), and on which are three cable-controlled (9) rolling weights (8), the two outside ones being fixed together and smaller than the middle one. One end of this controlling cable passes over a fixed pulley, integral with a hand-wheel (10), the other end passing over another pulley. A universal, double-inductor, reversible motor, with speed-reduction mechanism (11) (ratio - 1/750), developing 1/10 CV output, and having a double gear and tangent screw, drives the latter pulley by friction. At the opposite end of the brake tension arm to this motor is a spring (12) for regulating the movements of the rolling weights, which give a further accuracy to this system, while a dashpot, or oil shock-absorber (13) prevents hunting.

The whole body of the brake can rotate through a small angle about the axis of the turbine shaft. This motion causes another lever (14), the main brake arm, which is integral with the body of the brake, to move horizontally through a short distance in either direction, thus actuating a relay which starts the servo-motor, which, in turn, causes an increase or decrease in the tension on the brake cables.

(1) See fig. 1, p. 79.

A weight (15), to balance and measure the friction torque, is connected with the end of the main brake arm by means of a cable (16) passing over a horizontal-axis wheel (17). Equilibrium is reached, the main brake arm being immobile, when the friction torque is equal to the weight multiplied by the length from one end of the main brake arm to the axis of the turbine shaft, and the power developed by the turbine is equal to the product of the torque, the R. P. M., and a numerical constant.

The R. P. M. is constant for this torque, for a certain turbine setting, and for an invariable head.

If the friction torque increases, the turbine, when running normally, moves the main brake arm in the direction of rotation; if it decreases, the weight causes the said main brake arm to move against the rotation. These movements affect the brake shoe regulating device, which causes the rolling weights on the brake tension arm to move in the correct direction: in the first case, the shoes must be loosened, and therefore the rolling weights must move towards the pivot of the brake tension arm, and vice versa in the second case.

In both these cases, the functioning of the apparatus is as follows (see fig. 2, p. 80).

The main brake arm closes an electric circuit, and starts, by means of relays, a serrated cam which makes periodical contacts. As a result of this, the speed-reduction mechanism causes the rolling weights to move through a small distance, if the loss of balance is small, and, if it is large, through a large distance, this being due to an impulse regulator which works automatically.

This action continues until the torques are balanced, at which time the main brake arm moves again, opening the contact, and stopping the servo-motor.

The movement of the rolling weights is proportional to the loss of balance, and this must be corrected in the shortest possible time, in order to limit the development and consequences of the initial disturbance.

If the loss of balance is very small, the impulses are closely spaced, and, thanks to the play in movement between the two outside weights and the inner one, extremely fine corrections result. It is possible that one impulse too many be given, but, since it is so small, equilibrium is reached in the small space between the contacts in spite of it.

The motor is blocked by a small jaw-brake (21) which opens and closes automatically at the beginning and end of each impulse. Thus, the motor only turns over during the impulses, in spite of the inertia of the moving weights, and, since it is essential that the servo-motor respond to the detectors without delay, this also enables it to turn either way immediately.

Since the weight return wheel (20) has a small stabilizing weight at its lowest point, the position of equilibrium of the main brake arm is well defined. It is therefore necessary that, after a disturbance has taken place, the shoes be so regulated as to bring the main brake arm back into this position before the torque measurements can be taken as being exact.

In order that this be possible, every time the displacement exceeds a few millimeters, an oil dashpot (18) moves the two contact-detectors (19), which are placed on each side of those situated on the main brake arm.

If the main brake arm tends to be in equilibrium in an incorrect position, the compensation, effected by the dashpot, which then takes place closes the correct relay, and the impulses needed are once more given. If, on the other hand, the regulating starts too rapidly, the other relay is closed, and impulses in the opposite direction are given.

The compensation continues until the main brake arm has regained the position of equilibrium which renders the torque exactly equal to the product of the weight and the length of the main brake arm.

The regulating device is completed by two electric contacts, situated on the brake tension arm, which come into action at the limits of the horizontal movements of the rolling weights, and which double the safety measures provided by the frictional transmission between the motor and the pulley.

This apparatus is so arranged that the greatest precision can be obtained, and its main advantage lies in the fact that as soon as the rolling weights are in position, the torque remains constant. It has been in use for several months, and has always functioned perfectly, enabling the efficiency curves to be mapped out at a far greater rapidity, retaining, at the same time, a large degree of accuracy in the delicate procedure of torque-measuring.