

Le refroidissement est plus lent. Il est donc nécessaire de refroidir aussi rapidement que possible le mélange gazeux. Ces conditions ne sont pas aisées à remplir, et c'est un Norvégien, M. Birkeland, qui réussit le premier, en 1903, à les réaliser industriellement ; son procédé est, depuis 1905, appliqué à Notodden.

Le four Birkeland est constitué par une enceinte réfractaire, limitant une cavité cylindrique de faible épaisseur ; un violent courant d'air pénètre dans cette cavité par des ouvertures centrales et s'échappe par un canal périphérique. Les électrodes, tiges de cuivre creuses, refroidies par circulation d'eau, sont disposées radialement et viennent aboutir dans l'axe du four, en regard des masses polaires d'un puissant électro-aimant. Sous l'action du champ magnétique intense développé par l'électro-aimant, l'arc voltaïque prend les apparences d'un disque de flamme, qui emplit la cavité du four. Les fours actuels absorbent environ 1000 HP, et le disque de flamme a plus de 2 m. de diamètre. Au cours des essais, la puissance du four a été portée à 1500 HP, et le diamètre atteignait alors près de 3 mètres.

Les grandes lignes de la fabrication peuvent se résumer ainsi. Un ventilateur puissant envoie 25 mètres cubes d'air par minute dans le four, au sortir duquel le mélange gazeux passe dans des refroidisseurs ; de là, les gaz entrent dans les tours d'oxydation, où le bioxyde d'azote se transforme en peroxyde. Ils sont ensuite dirigés dans les tours d'absorption, parcourues par un courant d'eau qui fixe, à l'état d'acide nitrique, 80 pour 100 des gaz nitreux ; les 20 pour 100 qui restent sont à peu près totalement absorbés dans les deux dernières tours, renfermant du carbonate de sodium, et donnent du nitrate et du nitrite de sodium. L'acide nitrique produit est saturé par du calcaire, et transformé ainsi en nitrate de chaux solide ; de même, on fait cristalliser le nitrite de soude provenant des deux dernières tours.

Le nitrate norvégien est livré au commerce dans des barils en bois de 100 kgs et de 20 kgs, à un prix légèrement inférieur à celui du nitrate du Chili. Au point de vue agricole, l'action fertilisante des deux nitrates est la même ; le produit synthétique a le léger inconvénient d'être hygroscopique, de sorte qu'il ne faut ouvrir le baril qu'au moment de l'emploi. Le nitrite de soude norvégien est très recherché dans l'industrie des matières colorantes : Lyon en consomme la majeure partie. Enfin, depuis 1908, Notodden fabrique de l'acide azotique à 100 pour 100.

Le rendement du procédé Birkeland est de 450 kgs à 500 kgs d'acide azotique à 100 pour 100 par kilowatt-an ; le prix de revient ne dépasserait pas 1 fr. 20.

En 1905, l'usine de Notodden ne disposait que de 2.500 HP ; depuis 1907, elle absorbe 40.000 HP qui lui sont fournis par la station de force de Svaelgfos. L'usine renferme, depuis 1908, 36 fours de 833 kw. chacun, et produit annuellement 32.000 tonnes de nitrate de chaux.

Au reste, des travaux colossaux d'aménagement de chutes sont en cours d'exécution. En 1910, l'usine de Saaheim, voisine de celle de Notodden, recevra à son tableau de distribution une puissance de 110.000 HP, qui sera portée, en 1913, à 227.000 HP. En 1920, la puissance totale absorbée par les usines à nitrates norvégiennes sera de 500.000 HP. Leur production atteindra en 1911, 125.000 tonnes ; en 1913, 200.000 tonnes ; en 1920, 300.000 tonnes. Les dépenses de premier établissement se seront élevées à 210 millions.

Il ne faut pas croire que le procédé Birkeland soit le seul procédé industriel de synthèse des nitrates. L'Autrichien Pauling a mis au point un four, basé sur le principe du parafoudre à cornes, mais dans lequel l'arc est soufflé par un courant d'air sous pression. Ce procédé est exploité industriellement depuis 1907 à Innsbruck : deux licences du brevet Pauling ont été acquises, l'une en Italie, l'autre en France ; l'usine française, située à la Roche-de-Rame, près de Briançon, sera mise en marche dans le courant du mois de juin.

D'ailleurs, des modèles nouveaux de fours à azote surgissent tous les jours, et il est vraisemblable que quelques-uns recevront la consécration industrielle ; tel le four de Schonherr, dont trois modèles d'essai de 600 HP fonctionneraient actuellement à Christiansand, et dans lequel l'arc électrique se développe sous forme d'une colonne de flamme de cinq mètres de hauteur ; tels encore, le four de Guye et celui de Moscicki.

Les physico-chimistes eux-mêmes ne restent pas inactifs : ils cherchent dans leurs laboratoires à pénétrer plus avant dans le mécanisme de la réaction électrothermique, et les résultats que viennent d'obtenir Haber et Koenig peuvent avoir une profonde répercussion sur l'industrie des nitrates. En opérant sous pression réduite et avec des courants de haute tension, c'est-à-dire en favorisant l'ionisation gazeuse, Haber et Koenig ont atteint un rendement de 14,4 pour 100, bien incomplet de l'état actuel des industries électrothermiques alors que le rendement de 8 pour 100 n'avait jamais été dépassé.

Dans cette esquisse rapide, j'ai dû me borner à un aperçu bien incomplet de l'état actuel des industries électrothermiques. Ce serait d'ailleurs méconnaître les progrès rapides et incessants de cette technique féconde, que de la croire limitée aux seules applications que nous avons entrevues. J'aurais voulu pouvoir vous montrer presque tous les domaines de la chimie industrielle, envahis par son activité inlassable.

C'eût été vraiment trop ; et, en m'excusant d'avoir retenu aussi longtemps votre attention, je m'estimerai heureux, si j'ai pu éveiller en vous un peu de l'intérêt captivant que j'ai ressenti à étudier ces jeunes industries, qui ont apporté à nos Alpes de nouveaux éléments de prospérité, et leur ont valu la renommée, déjà lointaine, qui s'attache aux lieux d'élection des grandes conquêtes scientifiques.

## STATION D'ÉTUDES DE TURBINES DE RIOUPEROUX

Dans sa très intéressante publication, qui traite d'une manière complète et documentée la question de la *Mesure du Débit dans les essais de turbines hydrauliques*, M. E.-F. CÔTE a fait ressortir « l'utilité des essais », tant pour les constructeurs que pour les industriels exploitants de chutes (\*); et, comme tous ceux qui ont suivi de près la construction et l'exploitation des turbines hydrauliques, M. CÔTE conclut en émettant le vœu de voir se créer en France, et plus particulièrement à Grenoble, des stations d'essais de turbines, comme il en existe déjà en Amérique et dans certains laboratoires d'universités étrangères.

Tous les constructeurs et industriels intéressés ne peuvent que s'associer à ce vœu, mais il ne faut rien moins que l'inlassable activité d'hommes tels que M. BARBILLON, le dévoué directeur de l'Institut Électrotechnique de Grenoble, pour nous donner l'espoir de voir ce projet réalisé dans un avenir relativement peu éloigné.

Aussi paraît-il intéressant de signaler, dans cet ordre d'idées, la création, non point d'une « station d'essais » proprement dite, mais d'une « station d'études », pour la recherche méthodique des meilleurs procédés de construction des turbines hydrauliques, en opérant sur des modèles réduits.

La station d'études est installée sur un terrain appartenant aux usines de RIOUPEROUX, c'est-à-dire en plein domaine de la « houille blanche ». Avec une parfaite amabilité,

(\*) E.-F. CÔTE, et H. BELLET. *La mesure du débit dans les essais de turbines*. Gratiot et Rey, éditeurs, Grenoble 1909.

et une intelligente compréhension des intérêts de l'industrie hydraulique, qui est la source vitale des usines de Riouperoux, la direction de ces usines a bien voulu autoriser la maison NEYRET-BRENIER et Cie, de Grenoble, à brancher une prise d'eau sur une des conduites principales, et à disposer, selon ses besoins, aussi bien du terrain environnant que de l'eau nécessaire.

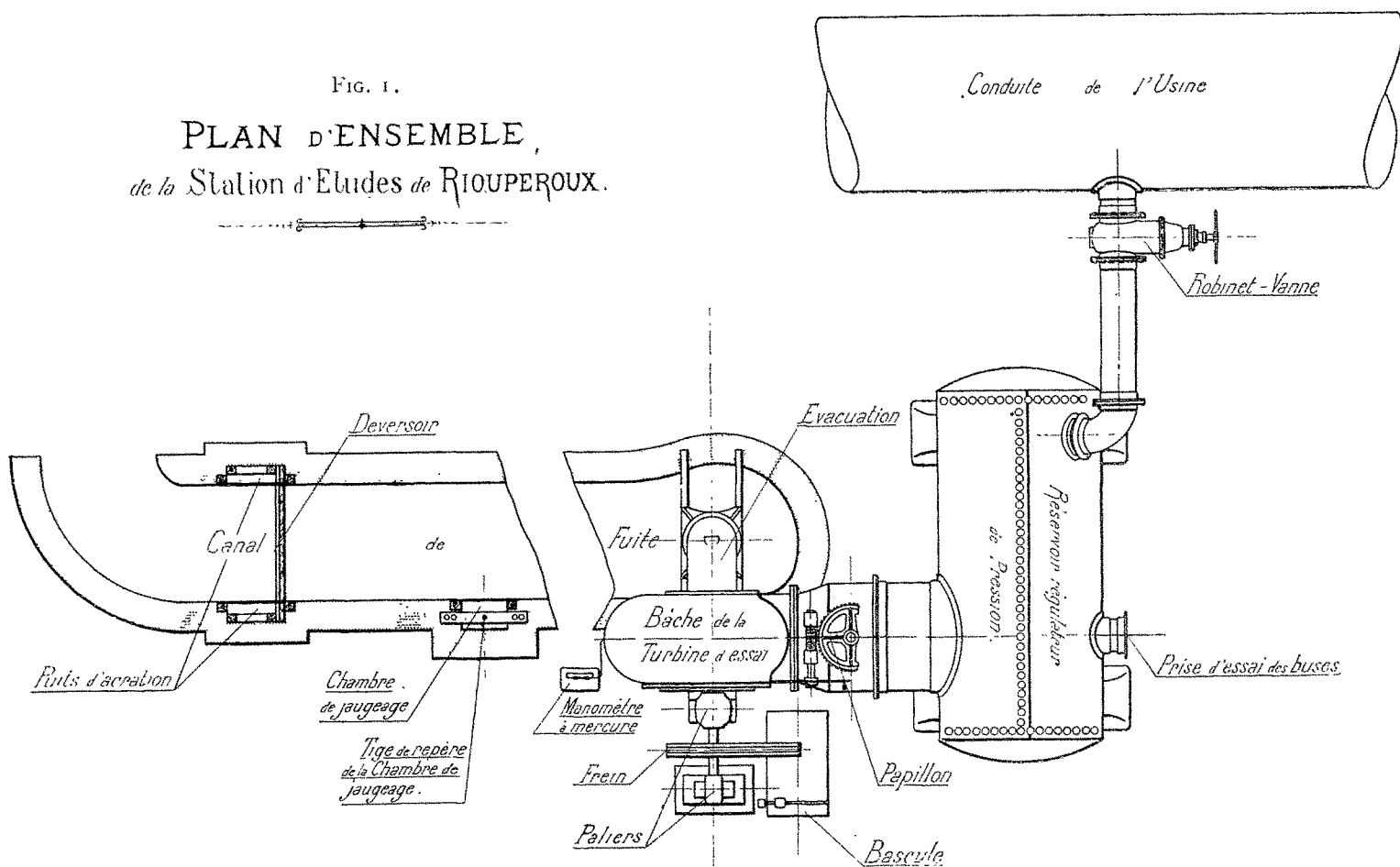
*Description de l'installation.* — La prise d'eau est faite sur une des conduites principales, en un point où la pression est de 30 m. environ. Un robinet-vanne permet d'isoler la station de la conduite; il sert encore, en l'ouvrant partiellement, à opérer sous des chutes inférieures à 30 mètres, en créant des pertes de charge au passage du robinet. On peut ainsi opérer sur des modèles de dimensions réduites, tout en restant dans des proportions raisonnables, comme vitesse de rotation et comme débits. Mais cette fa-

L'installation est complétée par un canal de fuite, avec déversoir en mince paroi, du type de Bazin.

*Mesure des puissances.* — La mesure des puissances est effectuée au frein de Prony, le bras de levier du frein appuyant sur une bascule. La poulie du frein est refroidie intérieurement, et graissée extérieurement. Ce frein est calculé assez largement pour les puissances à mesurer, de sorte qu'il est d'une conduite facile, et les vitesses, mesurées directement en bout de l'arbre de la turbine, au moyen d'un tachymètre portatif, peuvent être assez facilement maintenues constantes pendant la durée d'un essai.

*Mesure de la pression.* — La pression, à l'axe de la bache, est mesurée au moyen d'un manomètre à mercure, composé d'un tube en U, dont l'une des branches communique avec la bache, et dont l'autre branche débouche à l'air libre.

FIG. 1.  
PLAN D'ENSEMBLE,  
de la Station d'Etudes de RIOUPEROUX.



çon de procéder pour obtenir une chute réduite présente l'inconvénient de créer des tourbillons après le robinet; on régularise alors l'écoulement en faisant arriver l'eau, non pas directement dans la bache de la turbine d'essais, mais dans un réservoir en tôle d'acier d'assez grandes dimensions.

Sur ce réservoir régulateur sont branchées deux tubulures. L'une est destinée à porter des buses et injecteurs pour turbines à libre déviation. On laisse le jet s'écouler librement dans l'air, et on peut ainsi l'étudier sur une grande longueur, tant au point de vue de sa pureté de forme qu'au point de vue des pertes de charge que peut créer la buse.

L'autre tubulure porte un vannage à papillon, permettant d'isoler le réservoir régulateur de la bache de la turbine d'essais, qui ne possède pas d'autre vannage.

La bache est de forme spiraloïde, et, sur l'arbre horizontal, est calée une poulie de frein.

L'aspiration est mesurée également en colonne de mercure, ce qui permet l'étude des diffuseurs et tuyaux d'aspiration.

*Mesure des débits.* — La mesure des débits s'effectue au moyen d'un déversoir en mince paroi, du type décrit par Bazin dans les *Annales des Ponts-et-Chaussées* de 1888 et 1890. (\*)

Le déversoir, dont la crête est constituée par une tôle de 5 mm. d'épaisseur taillée en biseau, tient toute la largeur du canal; il n'y a donc pas de contraction latérale, et l'aération de la lame déversante se fait au moyen de deux puits latéraux. Les parois du canal sont prolongées, au droit de ces puits, et au-dessus du déversoir, par des tôles.

La mesure de la hauteur de la lame d'eau au-dessus de la

(\*) On en trouvera également la description dans la publication citée précédemment.

crête du déversoir se fait dans une chambre latérale, fermée du côté du canal par une tôle, et communiquant avec lui seulement par deux trous percés à la partie inférieure. Ce procédé, employé également par Bazin, permet d'obtenir dans cette chambre de mesure une surface libre parfaitement calme, et de faire ainsi les lectures avec une très grande précision, au moyen d'une pointe verticale, portée par un

tes courbes résultant des essais effectués avec une roue et un distributeur de turbine centrifète à grande vitesse.

La bêche d'essais ne comportant pas de vannage, ces résultats correspondent au fonctionnement d'une turbine à pleine ouverture.

Les essais ont été effectués en partant de l'arrêt, la turbine étant bloquée par le frein ; une première série de lec-

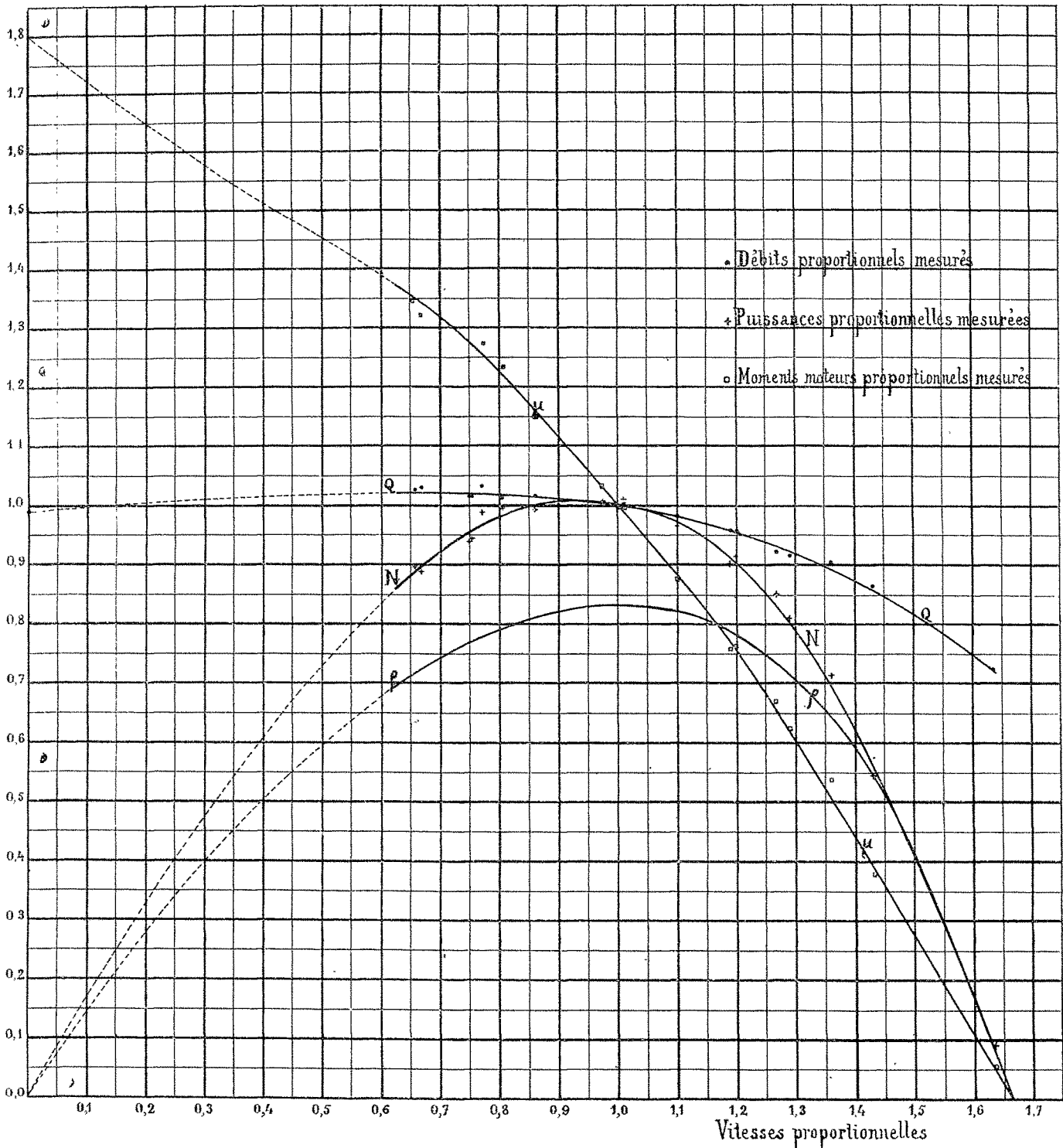


FIG. 2. — Courbes caractéristiques de la turbine essayée.

bâti fixe, et que l'on amène à affleurer la surface de l'eau dans le puits. Les conditions des expériences se rapprochant aussi parfaitement que possible de celles de Bazin, on peut, en employant les coefficients qu'il a déterminés, mesurer les débits avec une grande exactitude.

*Exemple d'un essai effectué dans la station.* — Nous donnons ci-contre, figure 2, à titre d'exemple, les différen-

tures à vitesse croissante était faite en desserrant progressivement le frein jusqu'à l'emballement complet de la turbine ; puis on effectuait une deuxième série de lectures à vitesse décroissante, depuis l'emballement jusqu'à l'arrêt.

Pendant tous ces essais, on s'est efforcé de maintenir la pression aussi constante que possible, en agissant sur le robinet-vanne.

Les différentes courbes représentent des *nombre*s proportionnels aux débits, puissances, etc., en prenant pour unité les valeurs qui correspondent à la vitesse normale de la turbine. Les vitesses proportionnelles sont portées en abscisses. Les parties ponctuées des courbes correspondent à des valeurs supposées entre les valeurs obtenues à l'arrêt et celles correspondant aux plus faibles vitesses réalisées.

Pour construire les courbes, on a transformé d'abord les différents résultats obtenus aux essais en opérant sous une chute sensiblement constante, de manière à les ramener tous à une chute rigoureusement constante, et cela de la façon suivante.

Soit  $H$  la chute sous laquelle a eu lieu l'essai ; soient  $Q$  le débit mesuré au déversoir,  $n$  le nombre de tours mesuré sur l'arbre de la turbine, et  $P$  la puissance mesurée au frein. Les rendements obtenus par la turbine fonctionnant sous la chute  $H$  seront les mêmes que sous la chute  $H'$ , si on fait tourner la turbine à la vitesse

$$n' = n \sqrt{\frac{H'}{H}}$$

Dans ces conditions, son débit et sa puissance seront donnés respectivement par :

$$Q' = Q \sqrt{\frac{H'}{H}} \quad P' = P \left(\frac{H'}{H}\right)^{\frac{3}{2}}$$

et cela en vertu du principe de la similitude mécanique. Ceci suppose toutefois — et, comme nous l'avons signalé, c'est le cas dans les essais effectués ici — que  $H'$  est assez voisin de  $H$  pour que les résistances passives ne varient pas sensiblement en passant d'une chute à l'autre.

La figure 2 comporte 4 courbes transformées.

1<sup>o</sup> *Courbe des débits proportionnels (courbe Q)*. — Cette courbe présente une allure elliptique, avec les caractéristiques signalées par les différents auteurs, en particulier par le docteur PRASIL, professeur au Polytechnikum de Zurich, à savoir : que le débit part d'une valeur déterminée à l'arrêt, puis croît avec la vitesse jusqu'à un certain maximum, pour décroître ensuite jusqu'à une valeur inférieure à celle correspondant à l'arrêt.

Le maximum du débit correspond d'ailleurs à une vitesse inférieure à celle du maximum de rendement.

2<sup>o</sup> *Courbe des moments moteurs proportionnels (Courbe  $\mu$ )*. — L'allure générale de cette courbe se rapproche de celle d'une droite ; autrement dit, on peut admettre, d'une manière rapprochée, que le moment moteur est inversement proportionnel à la vitesse. En réalité, la courbe est d'abord convexe vers les  $\mu$  positifs, en partant de l'arrêt, puis elle devient concave pour les grandes vitesses.

3<sup>o</sup> *Courbe des Puissances proportionnelles (Courbe N)*. — La courbe a une allure générale parabolique ; son maximum a lieu pour une vitesse inférieure à celle du maximum de rendement. Ce maximum partage la courbe en deux branches nettement dissymétriques ; la puissance croît jusqu'au maximum plus lentement qu'elle ne décroît ensuite.

4<sup>o</sup> *Courbe des rendements (Courbe  $\rho$ )*. — Cette courbe a la même allure parabolique que celle des puissances, mais son maximum (83 pour 100) a lieu pour la vitesse de régime de la turbine ; on vérifie sur cette courbe que le rendement d'une turbine varie assez peu quand on fait varier sa vitesse de 5 pour 100 au-dessus et au-dessous de la vitesse de régime. Le maximum partage également la courbe en deux branches dissymétriques, le rendement diminuant plus vite

pour les vitesses supérieures à la normale que pour les vitesses inférieures.

Plus de vingt séries d'essais ont été effectuées depuis six mois à la station de Rioupéroux, par les Ingénieurs du Service des Essais de la maison NEYRET-BRENIER et Cie, tant sur des roues et distributeurs de turbines centripètes que sur des buses à aiguille et à bascule. Ces essais ont permis d'élucider beaucoup de points de détail, qu'il est difficile, sinon impossible, d'étudier dans les installations industrielles ; la construction ne peut qu'y gagner, en précision d'abord, puisqu'on opère d'après des données vérifiées par l'expérience, en rapidité, ensuite, puisqu'on marche droit au but, sans tâtonnements.

Cette station d'études, due à une initiative privée, est forcément un peu sommaire. Mais, pour qui connaît, en matière d'industrie, l'abîme qui sépare un « projet » d'une « exécution », il nous a paru que la chose valait la peine d'être signalée.

C'est un encouragement à faire plus et mieux ; aussi nous ne doutons que la générosité des industriels intéressés ne permette à M. BARBILLON d'adjoindre à son Institut Electro-technique, après tant d'efforts, le laboratoire d'Essais Hydrauliques, « son rêve » depuis longtemps, comme il le dit dans la préface de l'excellent opuscule de M. CÔTE.

G. SERVIÈRE,

Ingénieur, Ancien élève de l'École Polytechnique.

## INFLUENCES DU SOLEIL ET DE LA LUNE SUR L'ÉTAT PHYSIQUE DU GLOBE

I

### Loi générale sur les relations des phénomènes solaires avec ceux de la physique du globe terrestre (\*)

I. LES RÉGIONS D'ACTIVITÉ DU SOLEIL. — Dans de précédentes publications, j'ai établi que certains groupes de facules du Soleil persistent parfois plusieurs années à la surface de l'astre ; qu'au sein de ces groupes persistants des taches se forment, se développent, disparaissent et sont remplacées, plus tard par d'autres.

Les facules, surtout les groupes très persistants, paraissent être ainsi le phénomène fondamental de la photosphère, tandis que les taches sont des phénomènes secondaires.

Les observations faites au Pic du Midi et à Bagnères depuis 1893, par mes collaborateurs (M. Lalreille et Doré ou par moi-même) confirment, à ce point de vue, celles que j'avais faites autrefois à Lyon (1885-1892) sous la direction de mon maître Charles André ; et M. Guillaume, qui a continué à Lyon depuis 1893 les observations du Soleil, a retrouvé aussi cette persistance prolongée de certains groupes faculaires.

On sait, d'autre part, qu'au-dessus de la photosphère du Soleil, il existe une sorte d'atmosphère de vapeurs métalliques (chromosphère) dont les plus légères (hydrogène en particulier) forment les protubérances roses que les méthodes spectrales de Janssen et de Lockyer permettent de voir en tout temps et que les spectrohéliographes créés par Deslandres et par Hale (en 1893) permettent de photographier.

Les protubérances peuvent être comparées à des éruptions ; elles jaillissent autour des taches, au-dessus des facules qui entourent toujours celles-ci, ou au-dessus des groupes de facules ne contenant pas de taches. Les facules semblent ainsi être des espaces rendus plus brillants par l'éruption même qui s'y produit.

\*\*

Je résume ces notions dans l'énoncé suivant : Il existe constamment à la surface du Soleil un certain nombre de régions dont

(\*) Communication présentée le 5 Août 1908, au Congrès de Clermont de l'Association Française pour l'Avancement des Sciences, par M. E. MARCHAND, directeur de l'Observatoire du Pic du Midi.