

Cette ligne devrait être établie moitié sur territoire français et moitié sur territoire italien. L'Italie qui a largement contribué au percement du Simplon et du Gothard ne refuserait certainement pas son concours au Mont Blanc, d'autant plus que cette voie est d'une importance capitale, nous pourrions presque dire d'une nécessité absolue pour Turin, le Piémont et Gênes. De sorte qu'à la France n'incomberait que la moitié de la dépense, 60 millions environ. Si l'on considère les avantages qu'on retirera d'une ligne de ce genre, la somme exigée pour sa construction est bien modeste par rapport aux sommes dépensées pour d'autres travaux de ce genre qui ont coûté beaucoup plus cher et qui n'offrent certainement pas les conditions avantageuses qu'offrirait le tunnel du Mont Blanc.

De l'avis de tous les hommes compétents qui ont étudié cette ligne, le capital employé dans cette entreprise serait largement rémunéré. Il faut considérer, en outre, que la France posséderait une ligne très directe de Paris à Gênes qui attirerait à elle tout le mouvement marchandises et voyageurs, non seulement de la France, de l'Italie et de la Suisse, mais aussi celui de l'Angleterre et de l'Orient.

Ainsi que nous l'avons fait ressortir plus haut, la prochaine ouverture du Simplon va enlever au Mont Cenis une grande partie de son trafic.

La diminution du mouvement du Fréjus sera beaucoup plus préjudiciable au Piémont et à Gênes qu'à la France, laquelle trouvera une compensation dans le Simplon par le percement de la Faucille.

Le Piémont et la Ligurie ont donc le plus grand intérêt à chercher à avoir une ligne directe avec la France, établie dans des conditions telles qu'elle permette la circulation des trams les plus rapides.

Divers projets ont été mis en avant. Le Conseil Provincial de Turin et le Ministère des Travaux publics s'occupent actuellement d'un nouveau projet présenté par M. l'ingénieur Radcliff Ward. Ce projet consiste en un chemin de fer électrique entre Turin et Martigny.

Le projet de l'ingénieur Ward qui a été présenté au Ministère des Travaux publics, accompagné d'une demande de concession pour la construction et l'exploitation du dit chemin de fer, comprend une ligne qui va de Turin à Cuorné par Front et Valperga ; elle monte à Pont Canavèse et à Ronco, parcourt en galerie un côté du Grand Paradiso et de Torzo à Lilla ; touche Cogne, Morgex, Pré-Saint-Didier, Courmayeur, Pré de Bar, traverse en tunnel le col Ferret, débouche à Oxerre et arrive enfin à Martigny dans la vallée du Rhône. Le parcours total de la ligne Turin-Martigny serait de 157 kilom. environ, avec une pente de 5 % ; elle comprendrait 30 kilom. de galerie, et la dépense est évaluée à plus de 150 millions.

Malgré les avantages incontestables que ce projet présente, il est loin d'offrir les conditions avantageuses du Mont Blanc ; avec ses fortes pentes, cette voie à traction électrique ne pourra jamais être considérée comme une ligne à grand trafic, capable de faire une concurrence sérieuse au Simplon.

Il est évident que cette ligne ne pourra jamais avoir pour le trafic général un avantage comparable à celle du Mont Blanc.

De ces deux projets, le Mont Blanc est à tous les points de vue préférable. La *Turin-Martigny*, outre la dépense beaucoup plus élevée, dont il faut tenir compte, est plus longue, plus sinuëuse, a des pentes excessives, 50 mm. au lieu de 12,5, et une côte plus élevée.

En tenant compte de toutes ces dispositions de tracé, de distance, de cote et de pentes, les frais d'exploitation seront plus élevés, et la durée du trajet plus longue. L'inclinaison des lignes influe beaucoup sur les frais d'exploitation, sur la vitesse des convois et la charge des trains ; il faut par conséquent les faire entrer en ligne de compte en augmentant la longueur réelle de la ligne d'une quantité proportionnelle au degré d'inclinaison de la voie. On calcule ainsi que pour des pentes de 15,1 à 20 mm l'augmentation est de 60 % et pour des pentes de 20,1 à 25 elle est de 80 %. En ajoutant cette augmentation à la distance réelle on obtient la distance virtuelle.

D'après ces données on se rend facilement compte que la ligne par le Mont Blanc sera la plus courte comme distance, pourra être parcourue à grande vitesse ayant sur toute sa longueur des pentes très douces et des courbes à grand rayon, et la dépense des tronçons à construire en y ajoutant la dépense de la ligne *Asti-Chicasso* sera inférieure à celle de la *Turin-Martigny*.

Il faut considérer que celle-ci devant être à traction électrique, la dépense de construction par kilomètre sera supérieure à celle dont nous avons parlé plus haut ; l'installation d'une ligne à traction électrique, qu'elle soit à un fil aérien ou à triphasé, coûte plus cher que l'installation d'une ligne à vapeur.

De plus la ligne du Mont Blanc est supérieure à la *Turin-Martigny*, au point de vue de la direction du trafic. Les plus grandes transactions entre la France et l'Italie pour les échanges de transit avec la Belgique, la Hollande et l'Angleterre doivent avoir comme champ intermédiaire la Suisse romande ou française.

La ligne la plus courte et la plus directe pour le grand mouvement européen de Paris à l'Italie passe par Gênes, qui a derrière elle toute l'Italie péninsulaire et le trafic de l'Orient.

La direction générale du mouvement est marquée par deux lignes qui partent de Paris, lesquelles comprennent toute l'Italie et passent par Milan et Gênes.

La ligne par Milan se poursuit par Bologne, Bari et Brindisi en suivant la côte adriatique. Celle par Gênes suit la côte méditerranéenne jusqu'au détroit de Messine, en traversant les plus grandes villes du royaume : Turin, Gênes, Livourne, Florence, Rome, Naples, Messine, Palerme. Pour faciliter l'important trafic de cette ligne il faut chercher la ligne la plus directe entre Gênes et Paris, qui est celle du Mont Blanc. Vouloir aller de Gênes à Paris par Turin, Martigny, Lausanne, Pontarlier, c'est vouloir chercher un chemin d'écolier.

On est forcément obligé de reconnaître que si l'on veut faciliter et activer les relations entre la France et l'Italie, la ligne Gênes-Mont Blanc-Genève-Dijon est supérieure à tous les autres projets qui ont été étudiés jusqu'à présent, en ce qui concerne la facilité de construction, les frais d'installation, les pentes et les courbes, l'abrègement du trajet, et enfin la direction du trafic.

L'Angleterre, de son côté, s'intéresse au percement du Mont Blanc, et les journaux techniques anglais préconisent cette ligne. C'est que pour ses relations avec l'Orient, cette ligne serait pour l'Angleterre d'un grand intérêt.

En effet, le prolongement de Chamonix à Aoste à travers le Mont Blanc donnerait la ligne la plus directe que l'on puisse imaginer de Londres et Paris à Turin et à Milan, et le jour où l'on aura réuni l'Angleterre et la France par le tunnel sous la Manche, le jour où l'on pourra aller de Londres à Brindisi sans changer de train, ce jour là, on pourra dire que la technique moderne aura gagné une belle victoire pour la civilisation des peuples de l'avenir.

Nous concluons en affirmant qu'une grande ligne de communication entre le centre de la France et l'Italie n'intéresse pas seulement ces deux pays, mais elle intéresse tous les Etats de l'Europe.

La rapidité des transports est devenue une part si intégrante et principale de l'existence économique des nations que les chemins de fer doivent sinon annuler les distances, au moins les abrèger.

Nous terminons en espérant que la France, l'Italie, la Suisse et l'Angleterre ne manqueront pas au devoir que leur impose l'époque moderne, qui est celui de rapprocher les peuples en multipliant et en facilitant les moyens de transports et de communications.

Ph. STEPHANI.

MÉTHODE ET CONDITIONS D'ESSAIS POUR LES TURBINES HYDRAULIQUES (*)

I. Généralités. — Pour fixer les conditions d'essais industriels des turbines hydrauliques il convient d'en énumérer les divers éléments de construction, d'installation et de fonctionnement.

Ils sont très nombreux et peuvent se classer en quatre catégories ou genres :

1^o Conditions géométriques ; 2^o Conditions piézométriques ; 3^o Conditions cinétiques ; 4^o Conditions dynamiques.

(*) Note présentée à la *Commission des Essais de Turbines* par M. L. RIBOURT, ingénieur, professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

NOMENCLATURE DES QUANTITÉS DÉTERMINANTES

I. — Conditions géométriques

α	angle de l'aubage directeur.
β	angle d'entrée aubage moteur.
\bar{V}	angle de sortie aubage moteur.
$[\delta]$	angle de la vitesse restante.
r	rayon moyen d'entrée.
r'	rayon moyen de sortie.
a	hauteur de l'aubage moteur.
b_0	largeur aubage directeur (sortie).
b	largeur entrée aubage moteur.
b'	largeur sortie aubage moteur.
n_0	nombre d'aubages directeurs.
d_0	divisions entre les aubages directeurs.
n	nombre d'aubages moteurs.
d	divisions d'entrée aubage moteur.
d'	divisions sortie aubage moteur.
ε_0	épaisseur aubage directeur.
ε	épaisseur aubage moteur (entrée).
ε'	épaisseur aubage moteur (sortie).
ε_x	épaisseur aubage moteur (milieu).
e_0	épaisseur veine sur aubage directeur.
e	épaisseur veine entrée aubage moteur.
e'	épaisseur veine sortie aubage moteur.
e_1	épaisseur veine sortie absolue.
Ω	section totale ouverte aubage directeur.
k	coefficient de contraction.
j	jeu entre les aubages directeur et moteur.

II. — Conditions piézométriques.

H_0	hauteur de chute brute.
H	hauteur réduite par le forçement.
H_1	hauteur de charge extérieure.
h_i	hauteur de charge intérieure forcée.
Φ	coefficient du forçement.

III. — Conditions cinétiques.

N	nombre normal de tours par l'.
$[N]$	nombre de tours d'emballlement par l'.
u	vitesse d'entraînement (entrée).
u'	vitesse d'entraînement (sortie).
\bar{V}	vitesse due à la chute brute absolue.
V	vitesse effective absolue d'entrée.
V'	vitesse absolue restante de sortie.
V''	vitesse absolue restante transformée.
W	vitesse relative entrée sur l'aubage moteur.
W'	vitesse relative sortie sur l'aubage moteur.
W''	vitesse fictive due à la charge de forçement.

IV. — Conditions dynamiques.

$[Q_0]$	débit brut des aubages directeurs sans roue.
$[Q]$	débit effectif avec la turbine.
m	masse d'eau débitée par seconde.
λ	facteur linéaire de l'effet dynamique.
F	effort moteur tangentiel.
z	pression normale sur l'aubage moteur.
T_b	travail brut de la chute.
$[T_u]$	travail utile développé par la turbine.
ρ	rendement dynamique de la turbine.

Résumé.

26	quantités géométriques.
5	quantités piézométriques.
11	quantités cinétiques.
9	quantités dynamiques.
51	quantités fixant les conditions générales d'établissement et de fonctionnement.

Le tableau ci-annexé de cette page donne cette énumération dans l'acception la plus générale, pour toute turbine hydraulique en marche, soit 51 quantités.

Leur détermination se simplifie toutefois par la raison que 27 de ces quantités résultent de la construction même ou de l'installation de la turbine envisagée (elles sont soulignées sur le tableau).

Puis 19 de ces quantités se déduisent des autres par des considérations mathématiques connues; il en sera question plus loin.

Enfin 5 quantités restent à fixer par l'observation expérimentale (sur le tableau elles sont entre crochets).

Il convient même de noter que sur ces quantités, une est en quelque sorte de connaissance secondaire, c'est :

N_0 Nombre de tours d'emballlement de la turbine marchant à pleine ouverture, sans travail résistant.

Ce sont donc, en somme, les quatre termes suivants que l'expérience doit fixer, qui ont une importance prépondérante :

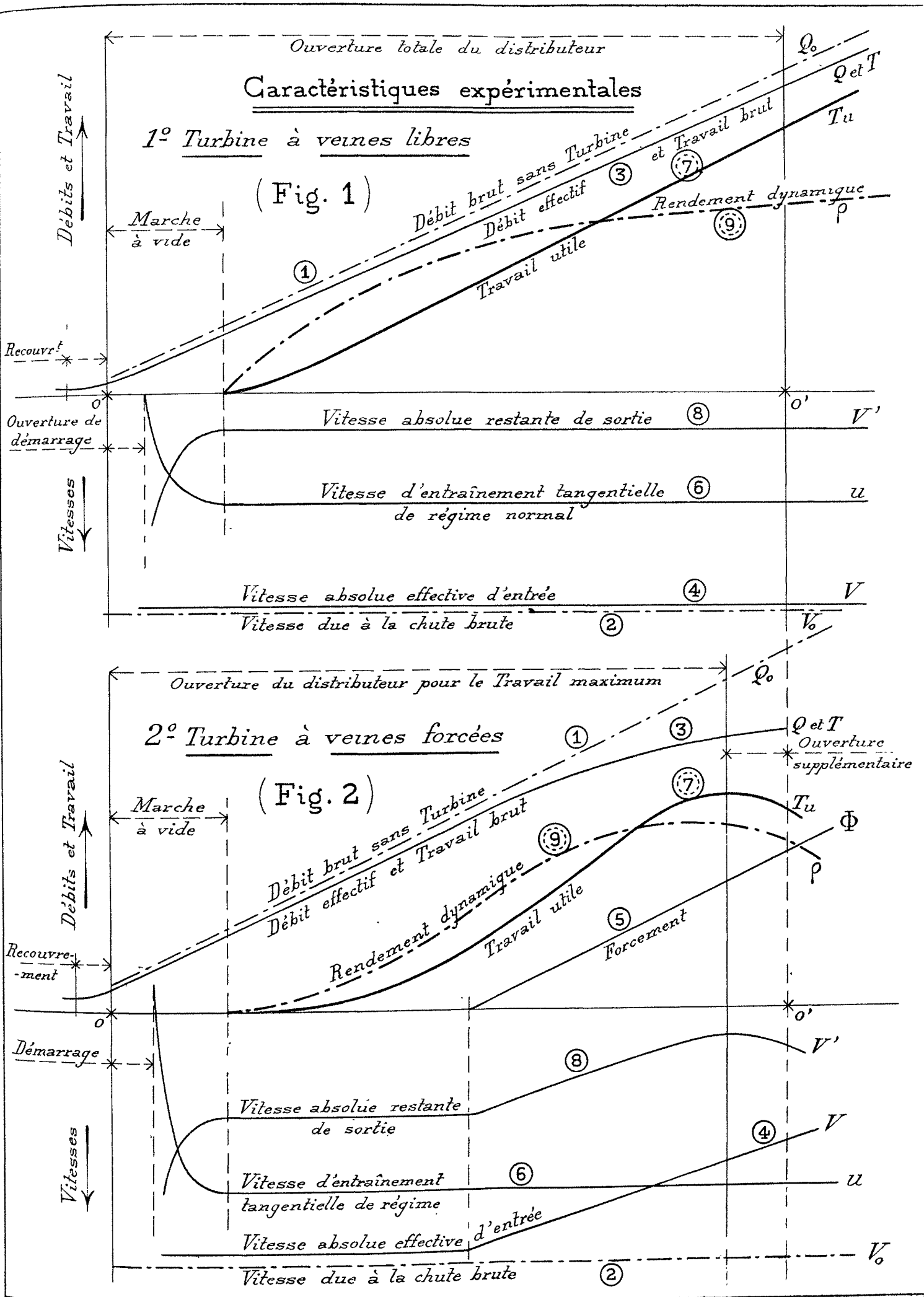
1° Q_0 Débit dit « brut » des aubages directeurs ouverts en plein, sans roue, c'est-à-dire la turbine enlevée (on verra plus loin l'intérêt de cette détermination);

2° Q Débit effectif de la turbine;

3° T_u Travail utile développé;

4° δ Angle de sortie des filets liquides avec la direction de U' .

II. Caractéristiques. — On peut désigner sous le nom de *caractéristiques expérimentales* ou *industrielles* d'une turbine hydraulique les quantités qui figurent page 211 sous forme de diagrammes et qui y sont portées pour les deux cas fondamentaux de régime de ces machines, soit :



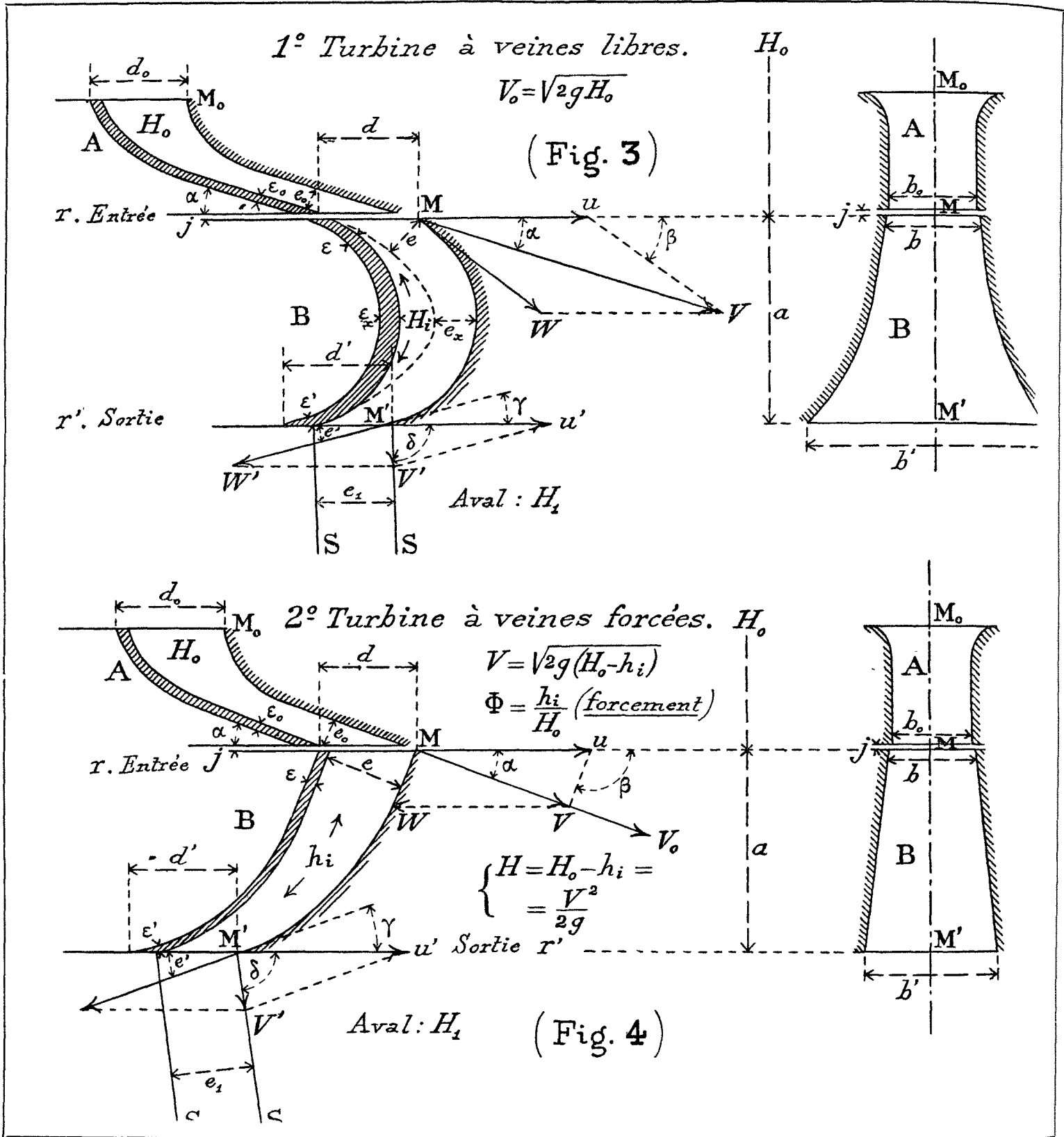


Fig. 1. — Régime à *veines libres* (ou à libre déviation, ou à veines limitées).

Fig. 2. — Régime à *veines forcées* (ou à réaction, ou en forçement).

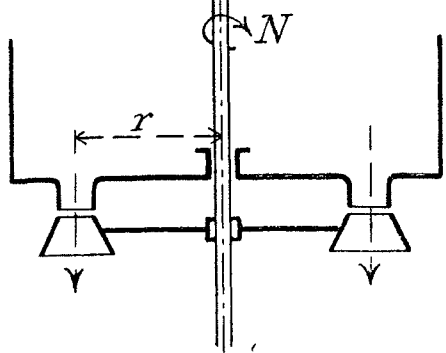
Ces quantités sont au nombre de dix ; elles donnent neuf lignes caractéristiques tracées sur ces diagrammes où les abscisses correspondent à l'ouverture du distributeur, soit à Ω section effective de débit des aubages fixes dont les valeurs successives, depuis la position de fermeture aux recouvrements s'il y a lieu, jusqu'au maximum forment la base des déterminations concernant les neuf autres quantités. Ce sont :

Q Débit effectif résultant des jaugeages effectués pendant l'essai. L'emploi d'un moulinet volumétrique indicateur facilite cette évaluation pour les différentes ouvertures, en ce sens que l'étalonnage en ayant été fait par avance, l'observation de Q résulte pendant les essais proprement dits du tracé même de l'appareil cinémométrique correspondant.

T_u Travail utile développé par la turbine, donné soit par un frein dynamométrique approprié, soit par les éléments du courant électrique développé par la dynamo entraînée par la machine ; soit enfin par un dynamomètre enregistreur *ad hoc*.

Schéma - Turbine hélicoïde

(Fig. 5)



N - nombre de tours par minute

N_e - d° dans le cas de marche sans charge résistante, soit dit "Vitesse d'Emballement"

Schéma - Turbine centrifuge

(Fig. 6)

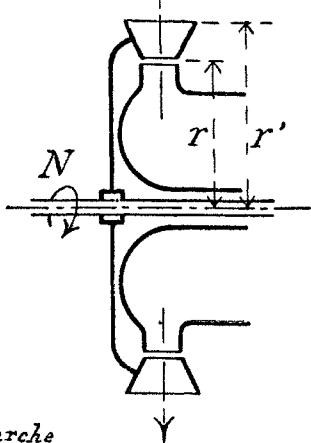
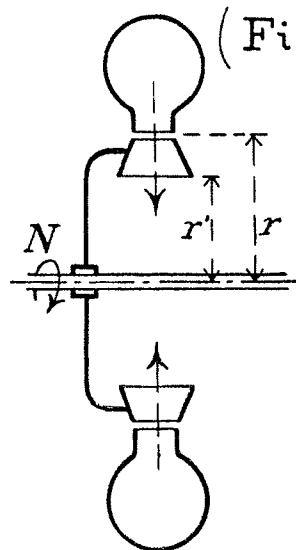


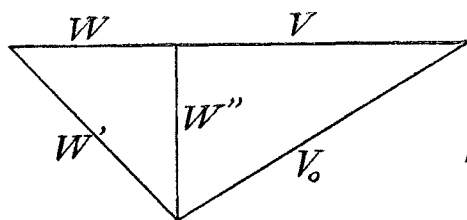
Schéma - Turbine centripète

(Fig. 7)



Triangles figuratifs :

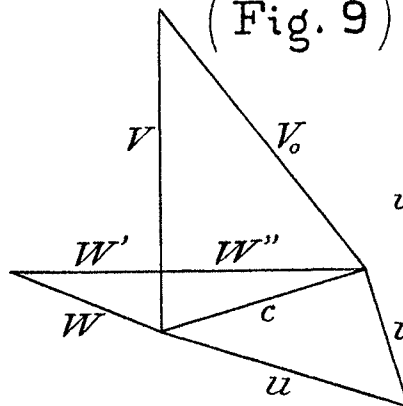
(Fig. 8) Forcement hélicoïde



$$W'' = \sqrt{2gh_i}$$

$$W'^2 - W^2 = W''^2 = V_0^2 - V^2$$

(Fig. 9) Forcement centripète



$$u^2 - u'^2 = c^2$$

$$V_0^2 - V^2 = W''^2$$

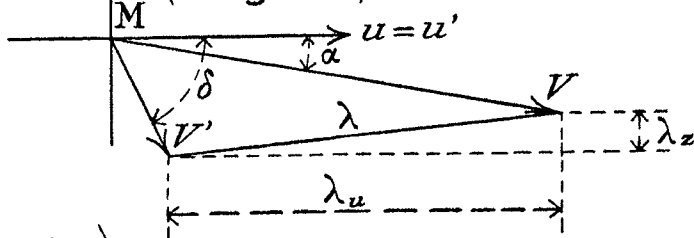
$$u' \begin{cases} c^2 - W''^2 \\ = W^2 - W'^2 \end{cases}$$

Conditions dynamiques

Turbine hélicoïde

(Fig. 10)

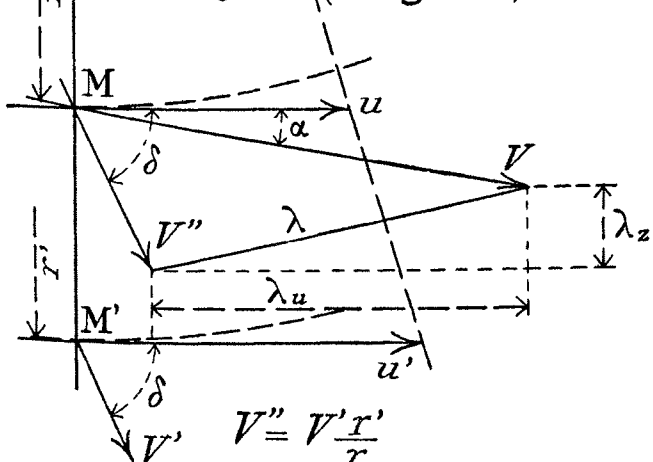
$m =$ masse d'eau par 1''



$$\begin{cases} F = m \lambda_u \\ \text{effort tangentiel} \\ Z = m \lambda_z \\ \text{effort normal} \end{cases}$$

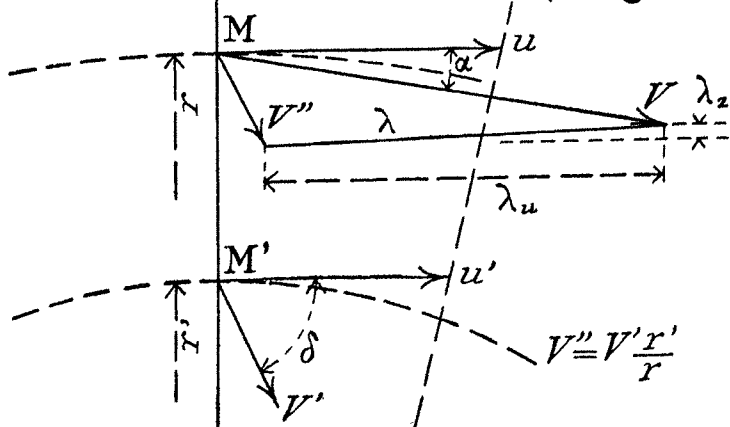
Turbine centrifuge

(Fig. 11)



$$V'' = V' \frac{r'}{r}$$

Turbine centripète (Fig. 12)



$$V'' = V' \frac{r'}{r}$$

ρ Le rendement ou coefficient d'utilisation dynamique se déduit des éléments précédents par la condition :

$$\rho = \frac{T_u}{1000 Q H_0}$$

Q_0 Débit « brut » du distributeur, sans la roue, la couronne mobile enlevée, est une détermination qui a pour conséquence l'évaluation d'autres quantités utiles à connaître, telles que k coefficient de contraction.

V Vitesse absolue effective d'entrée de l'eau sur les aubages moteurs.

H Hauteur de charge réduite par le forçement, ainsi que les quantités dépendantes : Φ , h_1 , etc.

Les quantités précédentes sont portées en ordonnées au-dessus de l'axe des abscisses, celles qui suivent sont portées, pour plus de clarté, en dessous ; ce sont :

U Vitesse tangentielle d'entraînement moyenne de la couronne mobile de la turbine, à l'entrée.

Cette vitesse est celle de régime fixée par l'installation industrielle ; il peut d'ailleurs arriver qu'on la fasse varier, ce qui motiverait pour chaque vitesse un diagramme différent.

V_0 Vitesse d'écoulement de l'eau due à la chute brute donnée par :

$$V_0 = \sqrt{2gH_0}$$

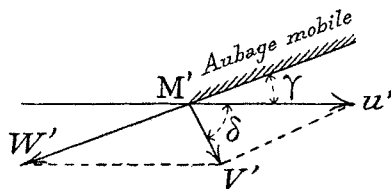
V Vitesse effective absolue d'entrée donnée par la relation :

$$V = \frac{Q}{k\Omega}$$

V' Vitesse absolue restante de l'eau à la sortie de la couronne mobile ; sa détermination résulte directement de l'observation de l'angle des filets liquides à la sortie, par les constructions géométriques suivantes :

En un point M' on trace l'angle γ de construction de l'aubage mobile à la sortie et l'angle δ observé des filets liquides sortants de la turbine.

Si on porte U' vitesse d'entraînement à la sortie qui résulte du nombre N de tours de la turbine et du rayon r' , le parallélogramme des vitesses U' , W' et V' s'en suit, qui définit par conséquent les inconnues V' et W' .



Cette considération montre donc l'importance qu'il y a de déterminer expérimentalement l'angle δ par des moyens les mieux appropriés. La vue directe de la région de sortie de l'eau s'impose donc, en y employant s'il y a lieu un mode d'éclairage spécial ; peut-être la photographie des filets liquides en ce point serait-elle aussi à utiliser dans ce but.

Cette observation aurait d'ailleurs pour conséquences pratiques de faire modifier la vitesse de régime de la turbine, sans hésitation, pour en obtenir le rendement dynamique maximum, toutes choses égales d'ailleurs ; la valeur de l'angle δ voisine de 90° étant celle qui réduit la vitesse restante V' à son minimum ou à des valeurs appréciables.

III. Déterminations complémentaires. — Une fois les caractéristiques expérimentales fixées, toutes les conditions de marche de la turbine peuvent être déterminées.

Les tableaux des pages 212 et 213 se rapportent à cette partie du problème à traiter.

La fig. 3 et la fig. 4 représentent, pour les deux régimes fondamentaux : à *veines libres* et à *veines forcées*, un élément de turbine suivant deux coupes perpendiculaires des aubages fixes et mobiles, avec l'indication de toutes les quantités géométriques et cinétiques qui les concernent, telles que le tableau de la page 210 les comporte aussi.

Les fig. 5, 6 et 7 permettent de rattacher cet élément de turbine, qui est de principe, aux trois genres de machines employées : hélicoïde, centrifuge et centripète, représentées ici en schéma.

La fig. 8 indique la traduction graphique des conditions de forçement des turbines qui marchent dans ce régime, conditions qui sont aussi représentées algébriquement sur la fig. 4, d'après ce que la théorie enseigne, par l'application de l'équation de Bernoulli tant au mouvement absolu de l'eau qu'au mouvement relatif dans son passage sur les aubages de la turbine.

Les fig. 10, 11 et 12 se rapportent aux conditions dynamiques de marche de la turbine traduites graphiquement, en fonction de l'effort tangentiel moteur appliqué à l'aubage mobile de rayon r à l'entrée. Ces indications rappellent celles que donne la théorie par l'application du théorème de Coriolis sur les moments des quantités de mouvement et les moments des impulsions.

IV. Conclusions. — Cette étude montre que si les conditions d'établissement et de fonctionnement d'une turbine hydraulique dans le régime le plus complexe sont au nombre de 51, il suffit d'en déterminer 4 seulement essentielles d'une manière expérimentale et 1 accessoire pour que, combinées avec les 27 quantités que donnent la construction et l'installation de la machine, toutes les 17 autres s'en suivent.

De plus, les conditions de marche qui intéressent l'industriel, désignées sous le nom de *caractéristiques expérimentales* peuvent être mises sous forme de diagrammes, en fonction des ouvertures progressives des distributeurs de la turbine et permettent de résumer, à un point de vue essentiellement pratique, l'essai ou les essais à toutes allures qui en seraient effectués.

L. RIBOURT,

Ingénieur.

Professeur à l'École Centrale des Arts et Manufactures.

L'ARDOISE ET SON EXPLOITATION

— (Suite et fin) —

VIII. — EXPLOITATION MODERNE.

Ces antiques manières d'opérer ont bien, il est vrai, leurs avantages et bien qu'il soit toujours pénible de *gâcher* de la matière utile, nous convenons quand même, qu'en présence de l'énorme masse d'un gisement, on peut avoir intérêt à les employer, bien qu'elles constituent un non-sens économique. Mais, suivant nous, jamais une ardoisière ne devra dorénavant, être reprise ou, *a fortiori*, ouverte, sans qu'on mette à profit les ressources nouvelles de l'industrie, sous toutes ses formes, et pour tous les travaux : fonçage des puits ou des galeries, épuisement, percement des galeries, abatage, extraction du fond au jour et travail proprement dit de l'ardoise.

Le fonçage des puits, ainsi que le percement des galeries s'opérera toujours à la perforatrice, qu'elle soit électrique ou