

Première Année - N°3.

Avril 1904.

Association des Anciens Élèves
DE
L'ÉCOLE CENTRALE
LYONNAISE

1860-1904

BULLETIN MENSUEL
de l'Association



Secrétariat de l'Association
à l'École Centrale Lyonnaise
16, rue Chevreul, 16
LYON

Lieu des Réunions de l'Association
Salons Monnier (Berrier et Milliet)
31, place Bellecour, 31
LYON

Adresse Télégraphique : BUFFAUD-ROBATEL-LYON

TÉLÉPHONE 14.09 Urbain et Interurbain

Anciennes Maisons BUFFAUD Frères -- B. BUFFAUD & T. ROBATEL

T. ROBATEL, J. BUFFAUD & C^{IE}

INGÉNIEURS - CONSTRUCTEURS

LYON

AT-LIERS DE CONSTRUCTION

Machines à vapeur, Chaudières, Tuyautages et Transmissions. — **Pompes à Eau**, Compresseurs d'air. — **Essoreuses**, Hydro-Extracteurs ou Turbines de tous systèmes, *Essoreuses électriques brevetées*, Turbines Weinrich. — **Machines de Teinture et Apprêts**, Laveuses, Secoueuses, Chevilluses, Lustruses, Imprimeuses, Machines à teindre brevetées — **Usines élévatoires**, Stations centrales électriques. — **Chemins de Fer**, Locomotives. — **Tramways**, électriques, à vapeur, à air comprimé (système Mèkarski). — **Constructeurs privilégiés des Tracteurs Scott**, des Mécaniques de Tissage (système Schelling et Staübli), des Machines à laver (système Tretchler), des Machines à glace (système Larrieu et Bernal), des Appareils Barbe pour dégraissage à sec — **Installation complète d'Usines** en tous genres, Brasseries, Fabriques de Pâtes Alimentaires, Moulins, Amidonnneries, Féculeries, Produits Chimiques, Extraits de Bois, Distillation de Bois, Machines à M ttes, **PROJETS ET PLANS**

CONSTRUCTIONS MÉTALLIQUES*Charpentes en Fer***J. EULER & FILS**

24, rue de la Part-Dieu, LYON

TÉLÉPHONE : 11-04

SERRURERIE

Pour Usines et Bâtiments

MANOMÈTRES**Compteurs de Tours****Enregistreurs**

Détendeurs et Mano-Détendeurs

POUR GAZ

H. DACLIN

1, place de l'Abondance, 1

LYON

TÉLÉPHONE

TISSAGES

ET

TÉLÉPHONE

ATELIERS DE CONSTRUCTION DIEDERICHSS ^{0. *}

Société Anonyme au Capital de 2.000.000 de francs entièrement versés

BOURGOIN (Isère)**INSTALLATIONS COMPLÈTES D'USINES POUR TISSAGES**

GRAND PRIX à l'Exposition de Paris 1900 — GRAND PRIX, Lyon 1894

GRAND PRIX, Rouen 1896

Adresse télégraphique et téléphone : **DIÉDERICHSS, JALLIEU****SOIE**

Métiers pour Cuit, nouveau modèle, avec régulateur perfectionné à enroulage direct, pour tissus *Unis*, *Armures* et *Façonnés*, de un à sept lats et un nombre quelconque de coups. — BREVETÉS S. G. D. G.

Mouvement ralenti du battant. — **Dérouleur Automatique** de la chaîne. — BREVETÉS S. G. D. G.

Métiers pour Grège, ordinaux et renforcés. — **Métiers** nouveau modèle à chasse sans cuir. Variation de vitesse par friction et grande vitesse. — BREVETÉS S. G. D. G.

Métiers à enroulage indépendant permettant la visite et coupée de l'étoffe pendant la marche du métier. — **Métiers** à commande électrique directe. — **Métiers** de 2 à 7 navettes et un nombre quelconque de coups. — BREVETÉS S. G. D. G.

Ourdissoirs à grand tambour à variation de vitesse par friction réglable en marche. — **Bobinoirs** de 80 à 120 broches. — **Machines** à nettoyer les trames. — **Cannetières** perfectionnées. — BREVETÉS S. G. D. G.

Doublloirs. — **Machines** à plier et à métrer. — **Dévidages**. — **Détrancannoirs**. — **Ourdissoirs** pour cordons. — BREVETÉS S. G. D. G.

Mécaniques d'armure à chaîne. — **Mécaniques** d'armures à crochets. — **Mécaniques** Jacquard. — **Mouvements** taffetas perfectionnés. — **Métiers** à faire les remises nouveau système. — BREVETÉS S. G. D. G.

COTON, LAINE, & a

Métiers pour Calicot fort et faible. — **Métiers** à 4 et 6 navettes, pour cotonnades. — **Métiers** à 4 navettes, coutil fort. — **Métiers** pour toile et linge de table. — **Mouvements** de croisé. — **Mouvements** pick-pick à passées doubles. — **Ratieres**. — **Machines** à parer, à séchage perfectionné. — BREVETÉS S. G. D. G.

Ourdissoirs à casse-fil. — **Bobinoirs-Peletannoirs**. — **Cannetières** de 50 à 400 broches perfectionnées. — BREVETÉS S. G. D. G.

Métiers pour couvertures. — **Métiers** pour laines, à 1, 4, 4 ou 6 navettes. — **Cannetières** pour laine. — **Ourdissoirs** à grand tambour jusqu'à 3*50 de largeur de chaîne. — BREVETÉS S. G. D. G.

Machines à vapeur, Turbines, Éclairage électrique, Transmissions, Pièces détachées, Réparations

INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE. — FONDERIE

*Bulletin n° 3.**Avril 1904.*

ASSOCIATION
DES
ANCIENS ELÈVES DE L'ÉCOLE CENTRALE LYONNAISE

Séance du mercredi 23 mars 1904.

Notre deuxième réunion mensuelle au eu lieu le mercredi 23 mars dernier et a obtenu le même succès que la soirée d'inauguration. Parmi les Industriels et Ingénieurs présents, nous pouvons citer au hasard : MM. Ancel, administrateur de la Compagnie du Gaz de Lyon, président du Conseil d'administration de l'Ecole Centrale Lyonnaise; Breitmayer, membre du Conseil d'administration de l'Ecole; Pinet, directeur du service général des Eaux, membre du Conseil de l'Ecole; Bouvier, ingénieur à la Compagnie O.-T.-L., et Bougault, avocat, professeurs à l'Ecole; De Craponne fils, ingénieur à la Compagnie du Gaz; Suchet; Chantre, sous-directeur des Musées de Lyon; Vial, industriel; Bureau, Bouchayer, Viallet, ingénieurs; Heilmann, directeur de la Société régionale d'électricité de Vienne; Parchet, ingénieur à la Compagnie P.-L.-M.; Giband, ingénieur civil des mines; Duru, directeur de la maison Charvet; La Presse Lyonnaise, etc.

A 9 heures, notre président, M. Jean Buffaud ouvre la séance en prononçant l'allocution suivante :

MESDAMES,
MESSIEURS,
MES CHERS CAMARADES,

C'est avec une légitime satisfaction que je constate le succès toujours croissant de nos conférences.

Je vous remercie, mesdames, d'avoir bien voulu apporter à ces réunions le charme de votre présence.

Merci à vous, messieurs, de nous continuer votre précieuse sympathie.

Je salue particulièrement, ici, M. Ancel, président du Conseil d'administration de l'Ecole Centrale Lyonnaise. Nous lui sommes très reconnaissants d'être des nôtres, ce soir; il nous montre ainsi combien l'administration de notre Ecole s'intéresse à la marche de notre Société.

Je vais donner la parole à notre aimable conférencier, M. Côte, Ingénieur, Professeur à l'Ecole Centrale — qui traitera devant nous de la Houille Blanche — nul n'était mieux qualifié que lui pour traiter de cette intéressante question.

Je cède la parole à M. Côte.

LA HOUILLE BLANCHE

Conférence de M. E.-F. CÔTE, rédacteur en chef de *La Houille Blanche*
professeur à l'Ecole

Bien que personne de ceux à qui cette conférence s'adresse, n'ignore la signification du mot dont BERGÈS a été le vulgarisateur il y a près de trente ans, je commencerai cependant par en donner une définition ; on verra pourquoi. Je citerai ensuite quelques chiffres d'évaluations qui ont été faites de nos richesses hydrauliques, puis j'exposerai les principaux types de travaux employés pour l'aménagement des chutes. Et, lorsqu'on aura vu comment la force vive de l'eau est transformée en énergie électrique, je m'arrêterai un instant sur ses deux applications : le transport électrique de l'énergie et l'électro-chimie. Enfin, je terminerai par des considérations d'ordre économique, sur ce que l'on peut appeler le problème de la *meilleure utilisation* de la houille blanche.

J'ai annoncé une définition ; je la crois utile pour repousser la confusion que certains esprits, pourtant fort distingués, se plaisent, je ne sais trop dans quel but, à introduire dans le langage de cette jeune industrie. Ainsi l'on veut — et l'invention vient de Paris — appeler « *houille verte* » l'eau qui, dans nos petites rivières des pays de plaine, actionne les scieries, moulins et papeteries... par opposition à la « *houille blanche* » qui désignerait seulement la force vive de l'eau des torrents alimentés par des neiges éternelles. Si l'on admettait cette division, je vous demande où finirait la *houille blanche* et où commencerait la *houille verte*, car n'existe-t-il pas déjà de très puissantes usines dites à houille blanche, sur des rivières qui pour les 99/100^e de leurs eaux n'empruntent rien aux glaciers ? — Et mieux encore, non contents de s'en tenir à ces deux nuances, ces inventeurs de mots prétendent qu'il est de toute nécessité d'appeler « *houille bleue* » l'eau des lacs alimentant une chute (1) et enfin « *houille jaune* ! » je ne sais quel nouveau mode d'utilisation de l'eau en mouvement. Toutes les couleurs de l'arc-en-ciel y passeront... A quand la *houille rouge* ?

L'abus du symbolisme en pareille matière suffira de lui-même à faire avorter toutes ces classifications fantaisistes et je me borne à les signaler. Un seul et unique terme suffit pour désigner clairement et avec toute la généralité désirable, les nombreuses formes sous lesquelles s'utilise la puissance vive des eaux, quelle que soit leur provenance. Toutes les modalités de l'énergie — travail mécanique, chaleur, lumière, électricité, action chimique — mises en jeu par les machines ou appa-

(1) Ce mot avait été employé *sans aucune prétention* par un conférencier au Congrès de la Houille Blanche en 1902, et ce n'est pas son auteur qui cherche à le reprendre, mais des amateurs de classifications.

reils de l'industrie, résultent, soit par utilisation directe, soit par transformations successives : 1° de la combustion de la houille, 2° du travail de l'eau ; par analogie on a donné à l'eau en travail le nom de *houille blanche*. Ce mot s'adapte très heureusement au phénomène qu'il désigne et il n'en faut pas d'autres.

Notre richesse en houille blanche

Sommes-nous bien riches en houille blanche ? Oui, et tellement même que nous ne connaissons pas le chiffre exact de notre richesse. Il est vrai que jusqu'à ces derniers temps on ne s'était guère préoccupé de l'inventorier.

Bergès est le premier qui ait émis une approximation à ce sujet. Se basant sur les merveilleux résultats obtenus à Lancey par l'aménagement des eaux d'un bassin dont la superficie de 44 km² lui a donné, au moyen de différentes chutes comprises entre 200 et 600 mètres de hauteur, une puissance totale de 10.000 HP, il en inférait qu'on pouvait, par une utilisation aussi rationnelle des eaux du versant français des Alpes, trouver en cette région 5.000.000 HP. Et il estimait au même chiffre la somme des puissances hydrauliques des Pyrénées, du Massif central, des Vosges et du Jura. Soit un total de 10 millions de HP, problématique au plus haut point, qui a été très souvent reproduit et critiqué. Mais fait curieux, tous ceux qui l'ont taxé d'exagération optimiste ont produit des estimations non moins conjecturales et... arrivant à peu près au même résultat.

En nous reportant aux statistiques faites sous la direction des Ingénieurs des Ponts et Chaussées les plus qualifiés pour nous documenter sérieusement, nous trouvons : celle de M. René Tavernier, ingénieur en chef, qui donne pour le département des Hautes-Alpes 500.000 HP utilisables en eaux moyennes, c'est-à-dire pendant au moins 9 mois de l'année (et 300.000 HP en eaux basses, pendant les 3 autres mois) ; celle de M. l'ingénieur en chef Gouteland qui évalue à 650.000 HP, également en eaux moyennes, les forces hydrauliques de la Savoie ; enfin, la statistique de M. l'ingénieur Arnaud estimant à 140.000 HP la puissance hydraulique moyenne des Alpes Maritimes. Ces trois départements renfermeraient donc ensemble environ 1.300.000 HP. Or, on peut raisonner comme l'a fait M. Tavernier qui, multipliant par 10 la puissance des Hautes-Alpes, arrive à 5 millions de HP pour celle du versant français des Alpes, et dire avec plus d'approximation : les 10 départements que ce versant comprend sont également riches en forces hydrauliques et l'ensemble de leur superficie est sensiblement trois fois celle des 3 départements considérés ; le total de leur puissance doit donc être : $3 \times 1.300.000 = 4.000.000$ en nombre rond.

Nous sommes encore moins bien fixées sur la richesse hydraulique des Pyrénées. Le seul calcul approximatif que nous connaissions de leur puissance est celui de M. l'ingénieur Ader. En multipliant, pour

chaque cours d'eau, le débit des eaux moyennes par la différence d'altitude entre son extrémité aval et le niveau moyen du bassin versant (limité au-dessus de la côte 200 mètres) il obtient le chiffre de 2.000.000 HP, mais ne distingue pas ce qui dans cette puissance, est ou non, susceptible d'utilisation industrielle.

Dans le Massif central, nombreuses sont les rivières susceptibles de fournir des chutes de 2, 3, 5 et même 8.000 HP, mais aucune statistique ne nous renseigne sur leur puissance globale. Rien non plus ne nous indique à quel chiffre approximatif on peut fixer le nombre de chevaux hydrauliques en réserve dans les Vosges et le Jura. On s'accorde toutefois à supposer que d'après ce qui existe dans certains bassins de ces massifs où des forces sont déjà aménagées, on y pourra mettre en œuvre un total d'environ 1.000.000 HP.

Quant à nos pays de plaine, ils renferment dans les mille petites rivières qui les arrosent, des quantités considérables de forces hydrauliques, importantes non par leur puissance individuelle mais par leur très grand nombre. On s'occupe de les inventorier et d'en étendre l'emploi aux industries agricoles et cette initiative qui part du Ministère de l'agriculture doit être grandement encouragée. On peut estimer, d'après les statistiques qui ont été dressées dans quelques départements, à près d'un million de chevaux l'ensemble de ces petites forces.

Ces divers calculs nous conduisent à admettre que nous avons sur notre territoire une énergie disponible en houille blanche de 8.000.000 HP. — Ce chiffre a été, d'un autre côté, trouvé par M. le commandant Audebrand, à l'aide d'un calcul différent et dont voici les bases⁽¹⁾: Dans le département de la Savoie, situé en plein cœur de la région la plus riche en houille blanche actuellement utilisée, il n'y a d'aménagé que 8 pour 100 des forces hydrauliques disponibles; or, sur l'ensemble de notre territoire 650.000 HP fonctionnent aujourd'hui tant dans les petits moulins que dans les grandes usines hydrauliques; si l'on admet que, dans toutes les régions françaises la même proportion existe entre les forces aménagées et celles qui sont susceptibles de l'être, la richesse de notre pays, serait : $650.000 : 0,08 = 8$ millions de chevaux, en chiffres ronds.

Quoi qu'il en soit de ces estimations plus ou moins conjecturales elles nous donnent en tous cas la certitude d'une immense richesse en houille blanche; peu important, dans ces conditions, deux ou trois millions de plus ou de moins. Pour se faire une idée juste de cette puissance il faut la comparer à celle correspondant à nos consommations annuelles de houille noire.

Si nous admettons, comme on le fait souvent dans les avant-projets, que 1 kilog. de charbon donne le cheval-heure, nous voyons que les 650.000 HP actuellement fournis par la houille blanche représentent 569 millions de chevaux-heures, soit annuellement près de 600.000

(1) *Annales de Géographie* (Paris). N° du 15 janvier 1904.

tonnes de charbon. En 1900 nous avons brûlé 49.581.000 tonnes de combustible, dont 16.177.000 tonnes importées de l'étranger. Le travail de nos forces hydrauliques en action ne représente donc encore que la 80^e partie de l'énergie mise en œuvre par nos appareils à houille noire. C'est évidemment peu, mais si l'on observe qu'en moins de 20 ans nous avons accru de plus de 200.000 HP la puissance de nos usines hydrauliques et que ce mouvement d'utilisation des forces naturelles va sans cesse en s'accéléralant, que ne doit-on pas attendre d'un avenir prochain ?... Pour nous affranchir de l'importation des charbons étrangers, c'est-à-dire pour rendre disponible sur notre propre marché industriel les 324 millions de francs qu'absorbe cette importation, il nous faut aménager 1.850 000 HP en plus de ceux qui existent aujourd'hui; mais ces chevaux sont, en l'état actuel de l'art d'aménager les chutes, d'une appropriation facile et nous verrons plus loin ce qui reste à faire sous le rapport des débouchés de l'énergie hydro-électrique, pour amener leur installation. — Enfin, le remplacement entier de notre consommation de houille noire par l'énergie de nos chutes d'eau exigerait la mise en œuvre de 5 millions et demi de chevaux hydrauliques en tout et au plus. Or, nous avons vu par les estimations précédentes, que notre richesse hydraulique s'élève à des chiffres qui nous permettent d'envisager largement cette éventualité. Telle est, de tout ce qui précède, la conclusion importante à retenir.

Si maintenant nous jetons un coup d'œil sur la situation des divers pays dont les forces hydrauliques se puissent comparer aux nôtres, nous constatons que, sauf pour ce qui est de l'Amérique où l'on ne sait guère à quoi s'en tenir, la France est au premier rang des pays riches en houille blanche.

La puissance hydraulique de l'Italie qui n'a pas été jusqu'ici mieux inventoriée que la nôtre, est d'après les calculs d'économistes transalpins dignes de confiance, de 4 à 5 millions de chevaux sur lesquels 350.000 seulement sont utilisés aux applications mécaniques ou électriques les plus diverses. En Suisse, des statistiques très consciencieusement dressées, ont fait admettre le chiffre de 1.000.000 HP, dont 250.000 au plus sont aménagés.

L'Espagne, aujourd'hui, sans se soucier du nombre de chevaux que recèlent ses montagnes et notamment le versant sud des Pyrénées, étudie avec une ardeur sans égale le moyen de les mettre en valeur. La Russie et la Norvège, elles aussi, possèdent plusieurs centaines de mille chevaux hydrauliques, d'appropriation facile, dont elles ont du reste commencé le captage sur quelques rivières. 300.000 chevaux au moins y sont déjà installés, avec 1/10^{me} en des usines électriques. L'Allemagne du Sud peut tirer du Rhin et de quelques-uns de ses affluents plusieurs milliers de chevaux dont un certain nombre sont déjà aménagés. Mais aucune de ces quatre dernières nations ne saurait devenir pour nous

des concurrents sur le marché du Monde sous le rapport des futurs produits de la houille blanche. Seuls avec l'Italie, les États-Unis, le Canada, le Chili, la République Argentine, le Mexique peuvent dans un avenir plus ou moins éloigné devenir nos rivaux pour ces débouchés. Il y a déjà en Amérique, 1.500.000 chevaux hydrauliques en activité.

Quelle que soit, cependant, l'inépuisable richesse en forces hydrauliques de ces régions d'outre-mer, il n'en reste pas moins sûr que la France est le pays privilégié de la houille blanche : des chutes de toutes puissances, partout accessibles et très heureusement réparties sur son territoire ; des centres industriels et des régions peuplées fournissant à ces forces, petites ou grandes, des débouchés immédiats et variés sous forme de lumière électrique, force motrice et traction ; des chemins de fer ramifiés et de nombreux ports d'embarquement qui permettent, aux usines électro-chimiques, de s'approvisionner des matières premières les plus diverses et d'expédier partout leurs produits ; de la houille noire enfin dont il semble que l'étroite collaboration avec la houille blanche soit un sérieux avantage en toutes circonstances, voilà ce que dans aucune région du monde on ne trouve réuni aussi favorablement que chez nous.

On comprend donc que cette nouvelle branche de notre industrie nationale appelle l'activité de tous ceux qui passionne la solution des grands problèmes au double point de vue économique et technique.

Passons rapidement en revue les merveilles déjà réalisées par l'art de l'ingénieur qui s'est attaqué à la houillère blanche.

Travaux d'aménagement

Dans l'aménagement d'une force hydraulique, le prix de revient du cheval-an sur l'arbre des turbines est ce qu'il importe de considérer au premier chef. Les facteurs de ce prix de revient sont par ordre d'importance : l'intérêt et l'amortissement du capital engagé dans l'installation ; les frais d'entretien des ouvrages de dérivation ; les salaires du personnel. Il en résulte immédiatement que pour avoir le cheval le meilleur marché possible il faut rechercher les chutes ou, pour une puissance donnée à obtenir, les ouvrages de dérivation seront les moins importants puisqu'ils nécessiteront d'une part un capital moins lourd à amortir et moins de frais d'entretien d'autre part. Or, quelles sont ces chutes ? — Ce sont celles à grande hauteur et à faible débit. En effet, j'ai à peine besoin de le faire remarquer ici, à de faibles débits correspondent des ouvrages de dérivation de petites dimensions et comme ces chutes se rencontrent toujours sur des sections de cours d'eau à thalweg très incliné, la longueur des canaux d'adduction est généralement faible ; enfin les appareils récepteurs fonctionnant sous haute pression ont, à puissance égale, moins de poids que les récepteurs sous basse pression, d'où au total moins de frais de premier établissement et d'entretien pour les hautes chutes que pour les basses chutes.

Mais, me direz-vous, dans l'échelle des hauteurs de chutes à quelle limite s'arrêtent celles dites *basses* et où commencent les *hautes* ? Sur cette question le langage de l'hydraulique n'est pas encore fixé car on n'a, jusqu'alors, attribué qu'une faible importance à cette classification des hauteurs. Mais à mon humble avis il est temps de l'établir. Maintenant que les questions économiques en matière de houille blanche prennent de l'importance, on sent la nécessité d'un langage bref et précis pour désigner par un chiffre telle ou telle catégorie de chutes. Et puisque c'est la *hauteur* qui est la *caractéristique* de ces catégories, il importe d'en fixer l'échelle. Or, cette échelle ne doit pas être déterminée, comme certains hydrauliciens l'ont pensé, au moyen des seules conditions de fonctionnement des récepteurs hydrauliques, mais bien à l'aide de considérations, beaucoup plus générales et plus importantes, dans l'obtention du prix de revient du cheval-an.

Pour des raisons qu'il serait beaucoup trop long d'exposer ici nous dirons, si vous le voulez bien, que les *basses* chutes sont comprises entre 0 et 20 mètres, les chutes de *hauteur moyenne* entre 20 et 100 mètres et que les *hautes* chutes sont celles dont la hauteur dépasse ce dernier chiffre.

Bien que ce soient les hautes chutes les plus intéressantes à étudier et celles dont l'aménagement est le plus désirable, il n'en est pas moins intéressant de considérer toutes les catégories. Chacune a son caractère propre, et des installations existantes se dégagent des règles que l'ingénieur doit avoir méditées pour approprier le mieux possible chaque chute à créer, aux besoins de la région où elle se trouve.

Commençons notre revue par les basses chutes.

Entre la dérivation sommaire sur le petit ruisseau qui alimente un moulin et le canal de Jonage par exemple il n'y a pas de différence *en principe*. Seule la dimension des ouvrages différencie — très notablement il est vrai sous ce rapport — les deux installations. Je ne veux pas dire que la création des basses chutes ne souffre pas de difficultés, non ! les travaux d'art qu'elles nécessitent exigent, au contraire, de la part de leurs créateurs beaucoup d'audace et d'habileté, et lorsqu'on se trouve en présence d'usines comme celle de Jonage on ne saurait trop rendre hommage à la science et au talent des ingénieurs et constructeurs qui ont édifié cette œuvre colossale.

Dans ces installations dont Jonage nous offre précisément le type le mieux étudié, on voit le canal de dérivation s'amorcer directement dans le cours d'eau et, après un parcours quelquefois très long et plus ou moins direct en flanc de coteau, aboutir à l'usine qui forme barrage à son extrémité aval. Les turbines sont logées dans des chambres ménagées dans l'épaisseur de ce barrage que surmonte le bâtiment des machines électriques, des pompes ou autres appareils actionnés par ces turbines. L'eau est restituée à la rivière par un canal de fuite généralement très

court, dont le radier est au niveau de la partie inférieure du barrage. Les vitesses admises dans les canaux d'amenée sont très faibles d'abord parce qu'ils sont à faible pente pour perdre le moins de hauteur possible entre le niveau de l'eau à l'entrée du canal et le plan des moteurs, et ensuite pour permettre la décantation des sables entraînés par l'eau. Divers systèmes de grilles arrêtent les corps flottants avant leur arrivée dans les chambres des turbines et des jeux de vannes, plus ou moins compliqués, règlent à volonté, l'arrivée de l'eau sur les moteurs ou son passage direct au canal de fuite.

Quelquefois la longueur du canal d'amenée comme celle du canal de fuite est extrêmement réduite.



Basse chute créée par un barrage en travers de la rivière
et alimentant l'usine située latéralement.

L'usine-barrage peut même être installée sur la rivière elle-même dont elle relève de plusieurs mètres le plan d'eau à l'amont; tel est le cas de l'usine de Chèvres située sur le Rhône à quelque distance en aval du lac de Genève et peu avant son entrée sur le territoire français. Ici un problème intéressant a été résolu pour tirer parti des différences de niveaux que les étiages et les crues produisent dans les chambres des turbines. Celles-ci sont au nombre de deux sur un même arbre vertical; en basses eaux la turbine inférieure seule fonctionne, tandis qu'en hautes eaux elles tournent toutes les deux, la première étant alors immergée sous 8^m 50 d'eau. Elles ont été étudiées pour qu'en toutes circonstances la vitesse de rotation de l'arbre vertical qui les couple, soit constante (80 tours par minute); cette condition était indispensable pour la bonne marche des alternateurs qu'elles commandent.

Dans toutes les installations importantes du genre de Jonage et de Chèvres, les moteurs hydrauliques, quel que soit le type de leur distri-

buteur, sont à axe vertical et couplés directement par leur arbre avec un alternateur à pièces tournantes horizontales ou avec les bielles (à mouvement horizontal) de pompes élévatoires, ainsi qu'à l'usine de la Coulouvrenière, à Genève.

Dès qu'on passe des installations à basses chutes, comme les précédentes, à celles où la hauteur entre dans la moyenne de l'échelle que nous avons admise, les dispositions générales changent. On retrouve bien toujours le canal d'amenée, le barrage, l'usine et le canal de fuite, mais l'usine et ses moteurs sont distincts du barrage; l'eau est conduite de celui-ci aux turbines par des tuyaux sous pression et généralement en métal. Ainsi l'installation faite par la Compagnie du Gaz de Clermont-Ferrand, sur la Sioule, en Auvergne, est constituée par un barrage de 25 mètres de hauteur en travers de la rivière et d'où partent, vers le tiers supérieur, six conduites en acier qui amènent l'eau sous 25 mètres de pression aux turbines dans l'usine bâtie au pied de ce barrage. Ce dernier est placé en un point tel qu'il forme à l'amont un vaste réservoir régularisant le débit de la rivière. On a donc sur les moteurs un débit très sensiblement constant. Ici ils sont à axe horizontal et toujours couplés directement avec les machines qu'ils commandent. Dans ces installations, comme dans les précédentes, des jeux de vannes et de grilles régulent l'admission de l'eau sur les turbines; mais il s'y ajoute des déversoirs et des vannes de décharge pour décombrer le barrage en temps de crue, régler le niveau de la retenue en période normale, purger les ouvrages des matières décantées.

Ces dispositifs nous conduisent à l'aménagement de la chute classique des Alpes appartenant presque toujours à la partie supérieure de notre échelle des hauteurs.

En considérant la grande majorité des chutes installées dans les Alpes, on trouve, dans toutes, les éléments suivants dont nous reconnaitrons, au fur et à mesure, la raison d'être :

1^o Un barrage, de dimensions plus ou moins importantes, relevant le plan d'eau, soit de quelques mètres seulement, soit sur une grande hauteur.

2^o Une prise d'eau qui tantôt se fait à *gueule bée*, c'est-à-dire directement dans la rivière à quelques mètres à l'amont du barrage et tantôt en *déversoir*, autrement dit par déversement de l'eau sur la crête d'un second barrage établi latéralement à la rivière.

3^o Une chambre de décantation située immédiatement après la prise d'eau et constituée par un réservoir d'assez grandes dimensions.

4^o Un canal d'amenée qui part de la chambre de décantation et passe soit à ciel ouvert en flanc de coteau, soit en tunnel.

5^o Une chambre de mise en charge située à l'extrémité aval du canal d'amenée et d'où partent les conduites forcées amenant aux turbines l'eau sous pression.

6° Les conduites forcées dont il vient d'être parlé et qui aboutissent aux turbines, tantôt directement et tantôt par l'intermédiaire de collecteurs.

7° Un canal de fuite qui restitue à la rivière l'eau après son passage dans les turbines.

Il serait intéressant d'étudier en détail chacun de ces ouvrages, mais le temps nous est mesuré et nous nous bornerons à indiquer sommairement les principales conditions de sécurité auxquelles ils doivent répondre, puis comment on les a remplies dans quelques cas très remarquables.

Dans un torrent, le barrage qui doit assurer la prise d'eau d'une dérivation est un ouvrage de la plus extrême importance pour la sécurité de l'installation et c'est dans la plupart des cas le travail le plus difficile à réaliser. Il doit pouvoir résister à la violence des crues et, si le lit à barrer est large, une hauteur de retenue tant soit peu importante conduit à des massifs de maçonnerie considérables et d'un établissement très coûteux. Aussi, le plus souvent, préfère-t-on faire un barrage de quelques mètres de hauteur seulement en créant un relèvement du plan d'eau juste suffisant pour assurer la prise de la dérivation, ainsi qu'on l'a fait aux usines de la Société Electrochimique de la Romanche, à Livet, près Rieu-peroux, dans l'Isère (1). Parfois, comme à l'usine de Champ sur le Drac, en amont de Grenoble, on se contente d'un simple seuil constitué par des blocs d'enrochement jetés en travers de la rivière.

End'autres circonstances, dans le cas de faibles débits, ce barrage est formé par de grandes vannes placées à un étranglement de la rivière et qu'on peut relever pour laisser passer le flot des crues ; telle est la disposition qui a été adoptée notamment aux usines de la Volta, près de Moûtiers, et de La Praz en amont de St-Michel, en Maurienne. (2)

Lorsqu'on se trouve en présence d'un torrent encaissé, on peut hésiter entre un barrage de faible retenue ou un ouvrage à grande hauteur, relevant le plan d'eau de toute la dénivellation de la chute à créer, ce qui supprime le canal d'amenée. Suivant la hauteur de chute à réaliser, le débit à dériver et la disposition des lieux, on adopte tantôt l'une, tantôt l'autre de ces deux solutions ; ce sont les devis comparatifs qui doivent déterminer le choix de l'une ou de l'autre.

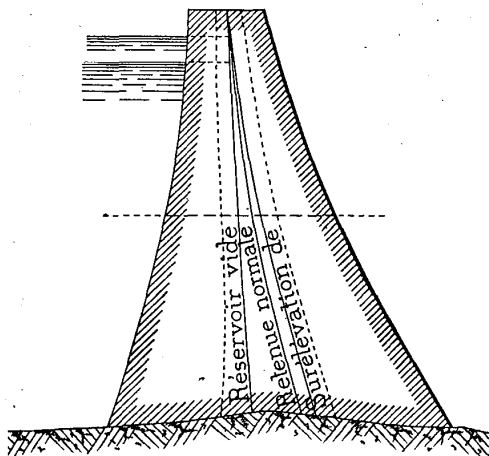
Cependant la première est souvent préférée. Un barrage à grande retenue crée à l'amont un bassin, dont l'effet régulateur sur le débit est peu sensible et qui a l'inconvénient de s'encombrer vite des apports du

(1) Voir *Compte-rendu du Congrès de la Houille Blanche* (1^{er} volume). Conférence de M. Dumas sur les barrages et de M. Drouhin sur le meilleur système de prise d'eau dans un torrent. Belin & C^{ie}, éditeurs ; Paris 1903. En vente chez Gratier et Rey, à Grenoble.

(2) Voir *Compte-rendu du Congrès de la Houille Blanche* (2^e volume) ; description des usines. Pour les usines dont il sera parlé ci-après on pourra consulter les deux volumes du même ouvrage.

torrent, considérables aux époques de crues. De plus son prix et son instabilité, toujours possible quelque précaution qu'on prenne, sont des inconvénients qui lui font souvent céder la place à un ouvrage de faibles dimensions accompagné d'un canal d'aménée. Dans certains cas pourtant où le débit est considérable et la hauteur de chute relativement faible, le lit très rapide, étroit et encaissé entre des roches abruptes, on a intérêt à barrer la rivière par un ouvrage alors solidement encastré dans des roches et qui crée par lui-même toute la hauteur de chute voulue ; le canal d'aménée se réduit alors aux chambres de décantation et de mise en charge. Un des plus remarquables exemples de cette solution se trouve à Avignonet sur le Haut-Drac où un barrage de 21 mètres de hauteur dérive 30 m³ dans l'usine située à un kilomètre à l'aval.

Tous ces ouvrages fonctionnent en déversoir pendant les moyennes et hautes eaux et en eaux basses, ils peuvent faire passer dans la dérivation la totalité du débit de la rivière. Ils sont, suivant leur profil en plan, disposés en arc de cercle à grand rayon, la convexité étant, naturellement, tournée vers l'amont. On les calcule par les méthodes Bouvier et Maurice Lévy et leurs conditions de stabilité sont définies par les prescriptions ministérielles du 15 juin 1897.



EPURE DE STABILITÉ D'UN GRAND BARRAGE.

La courbe de pression correspondant à une surélévation donnée du niveau de la retenue normale, ne doit pas sortir du tiers médian de la section de l'ouvrage.

La plupart des prises d'eau ont été faites à gueule bée ; en avant, des grilles arrêtent les corps flottants ainsi que les graviers, et des vannes règlent l'admission de l'eau dans la chambre de décantation et le canal d'aménée. Mais on préfère aujourd'hui la prise en déversoir parce qu'elle n'admet dans les ouvrages de dérivation que des eaux de surface,

déjà partiellement décantées ; aussi adopte-t-on ce dispositif chaque fois que l'état des lieux s'y prête.

Pour décombrer les grilles des graviers qui tendent sans cesse à les obstruer, on ménage dans le barrage, du côté de ces grilles, un pertuis de chasse fermé par des vannes et dont le radier va en s'inclinant fortement de l'amont à l'aval du barrage. En soulevant les vannes on crée, dans ce pertuis, une chasse d'eau très violente qui entraîne les graviers déposés devant les grilles. Le nettoyage est ainsi automatique. Ces vannes, dans certaines installations, servent en même temps à régler le niveau de la retenue ou l'épaisseur de la nappe déversante sur le barrage, suivant l'état de la rivière et la quantité d'eau nécessaire aux besoins de l'usine.

La chambre de décantation est un ouvrage absolument nécessaire ; l'eau n'est jamais assez purgée des sables fins qu'elle tient en suspension et entraîne sur les aubages des turbines à leur grand détriment surtout dans les hautes chutes où la vitesse de la veine liquide est considérable. Il faut donc, entre la prise et l'admission de l'eau dans le canal d'amenée ralentir autant que possible sa vitesse pour permettre le dépôt de ces sables. En temps ordinaire les rivières des Alpes en contiennent 2 à 3 ‰ de leur poids. Un mètre cube doit donc déposer en moyenne 2 k. 500 ; et un débit de 1 m. c. seulement à la seconde devrait déposer par heure : $3600 \times 2,5 = 9$ tonnes. Cela donne une idée des dimensions que devraient avoir ces chambres si l'on ne prenait pas la précaution de n'y admettre que des eaux de surface, déjà partiellement décantées ; malgré cela, la décantation est loin de s'y compléter et on se contente, faute de pouvoir faire mieux, d'y élimier les matières les plus lourdes. Pour donner un résultat à peu près satisfaisant il faut qu'une chambre de décantation ait un volume au moins égal à quinze fois le débit par seconde de la dérivation. Les sables déposés sur le sol de la chambre sont évacués latéralement par des vannes de fond que l'on ouvre de temps en temps. Presque toujours la chambre de décantation est pourvue d'un déversoir latéral qui fonctionne en permanence pour régler le niveau de l'eau dans le canal d'amenée.

Ce canal affecte les formes les plus diverses. Tantôt il serpente à ciel ouvert en flanc de coteau sur la plus grande partie de sa longueur et franchit les dépressions du terrain par des aqueducs en ciment armé, comme dans les Gorges de Saint-Georges (Société des Transports de Force de l'Aude) ; tantôt il est partie en souterrain et partie à ciel ouvert comme à Moûtiers (La Volta Lyonnaise) ; souvent il est entièrement en tunnel ainsi qu'aux usines de Livet, à celles de La Praz, Prémont, etc., etc. Parfois pour des chutes d'égales hauteurs il est très long et d'autrefois très court. Le calcul de sa longueur, de sa pente et de sa section exige des devis très serrés. A quelle distance de la prise d'eau, la chambre de mise en charge qui relie ce canal aux conduites forcées doit-

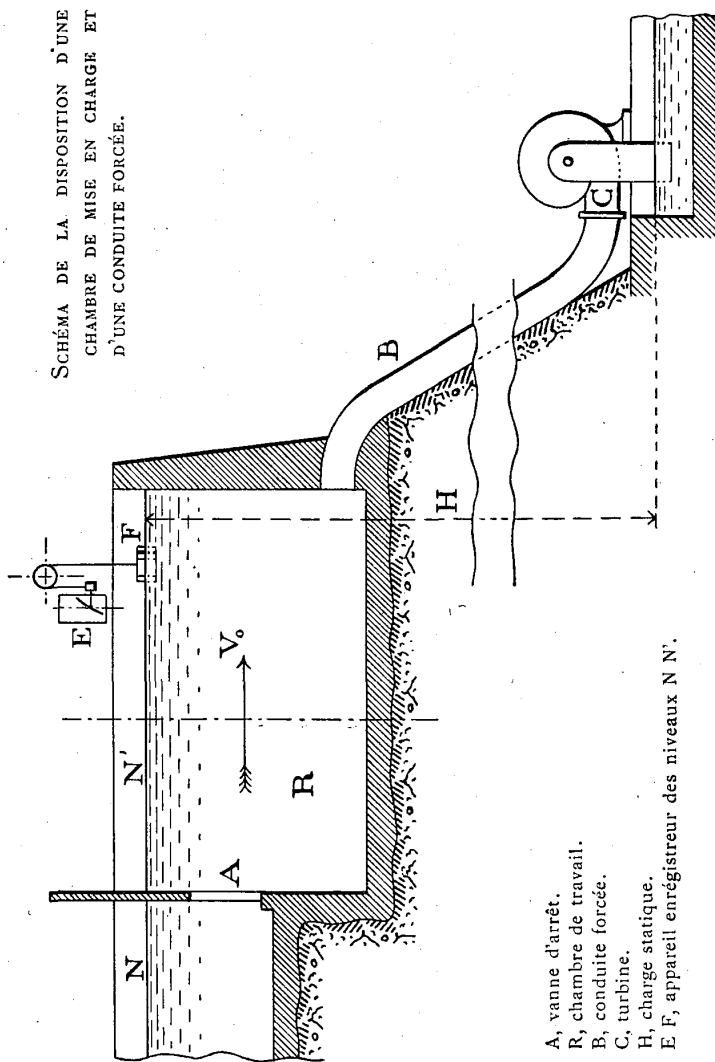
elle, dans chaque cas particulier, être placée pour réaliser, depuis le barrage jusqu'à l'usine, la dérivation la moins coûteuse? Nulle règle ne saurait l'établir; c'est à l'habileté de l'ingénieur de tirer le meilleur parti des conditions locales.

Une observation toutefois s'impose à ce sujet. La section du canal dépend des vitesses qui y sont admises lesquelles sont elles-mêmes fonction des pentes. Dans les basses chutes on a intérêt à admettre les pentes les plus faibles possibles afin de réduire à son minimum la perte de chute sur les turbines; ainsi dans une dérivation où la différence de niveau entre la prise et le plan d'eau du canal de fuite est, je suppose, de 20 mètres, une perte de chute de 2 mètres devient très sensible et réduit notablement la puissance de l'usine. Dans les hautes chutes, au contraire, une perte de 10 mètres sur 200 mètres de dénivellation a relativement beaucoup moins d'importance; on peut donc admettre des pentes beaucoup plus fortes. Et comme dans le premier cas le canal d'amenée sera souvent de plus grande longueur que dans le second cas, on en déduit que, d'une manière générale et toutes choses égales d'ailleurs, la section d'un canal doit être par m³ à débiter, plus grande pour une basse chute que pour une haute chute. Sous une autre forme on peut dire que la pente d'un canal d'amenée doit être dans un rapport proportionnel avec la pente du lit de la rivière sur la section dérivée. Cette remarque qui est de première évidence n'a pourtant pas été comprise de tous les installateurs de chutes.

La vitesse d'écoulement de l'eau dépendant beaucoup, comme on le sait, de l'état des parois, il y a avantage à les revêtir d'un enduit lisse. En tout cas, lorsqu'on passe en tunnel, quelle que soit la compacité apparente des roches devant constituer le fond du canal, il faut se défier des failles qui s'ouvrent sous l'effet de l'eau et créent des fuites importantes parfois au point d'absorber tout le débit; on évite cet inconvénient (qui s'est produit plusieurs fois) en recouvrant les parois mouillées du tunnel d'une chappe en ciment.

La chambre de mise en charge est un ouvrage analogue à la chambre de décantation; elle est généralement divisée en deux parties, ou sas, par une cloison transversale surmontée de vannes pardessus lesquelles, lorsqu'elles sont baissées, l'eau passe de la première partie dans la seconde; lorsque ces vannes sont levées le sas aval, d'où partent les conduites forcées, se trouve complètement isolé du canal d'amenée et ce dispositif constitue un moyen très simple d'intercepter toute arrivée d'eau à ces conduites. Le sas amont est muni d'un déversoir latéral susceptible de débiter tout le cube dérivé. Cette première partie de l'ouvrage sert en même temps de chambre de décantation; les sables qui se déposent au fond sont évacués par des vannes de purge; la deuxième partie qui sert de tête d'eau aux conduites forcées reçoit parfois le nom de chambre de travail. Cependant l'ouvrage

n'est pas toujours aussi rationnellement disposé; souvent il ne comporte qu'une seule chambre où s'amorcent les conduites forcées dont l'orifice est commandé par des vannes. Sa capacité doit être d'au moins 15 fois le débit par seconde.



Il y a lieu d'attirer particulièrement l'attention sur les dispositifs devant réaliser la décantation des eaux; elle n'est jamais assez parfaite.

Quant on le peut, on dispose de loin en loin le long du canal d'aménée des cuvettes munies de vannes de purge pour continuer le long de ce canal la décantation qu'il faut faire en sorte d'achever dans la chambre de mise en charge. On recommande même de faire, dans les chambres et le long du canal, des purges continues, les chasses intermittentes n'ayant pas une efficacité suffisante.

La conduite forcée est l'ouvrage de la dérivation dont le calcul exige le plus de soin ; sa rupture peut non seulement arrêter l'usine pendant de longs mois, mais encore provoquer des désastres. Elle est généralement en tôle d'acier doux sur toute sa longueur, mais souvent aussi elle est en partie constituée par des tuyaux en ciment armé. Dans ce cas, c'est naturellement la partie en ciment qui fait suite à la chambre de décantation et sur une longueur telle que la pression maximum n'y dépasse pas 20 à 25 mètres. A son extrémité aval, la conduite en ciment se raccorde à la canalisation métallique soit par l'intermédiaire de la chambre de travail, soit directement.

Les conduites forcées à haute pression se font en tôles d'acier de première qualité, défini par une résistance à la rupture égale de 38 à 40 kilogs et un allongement de 25 à 28 o/o. Mais on ne fait travailler le métal qu'à une tension variant de 5 à 8 kilog. par mm². L'épaisseur de la tôle dépend, cela va sans dire, de la section de la conduite, calculée dans chaque cas particulier en fonction de la vitesse de l'eau et de la perte de charge qui y correspond. Il y a lieu de choisir bien judicieusement ces deux facteurs du débit qui ont une répercussion très sensible sur les frais d'établissement. Il n'est pas prudent de dépasser une vitesse de 3 mètres à la seconde ; on ne peut pas non plus admettre des vitesses trop faibles, car si l'accroissement de section diminue la perte de charge, l'épaisseur de la tôle augmente proportionnellement au diamètre. Les nouvelles formules de M. Maurice Lévy donnent avec assez d'approximation les relations qui doivent exister entre les éléments de la section de la conduite et la vitesse de l'eau. Les anciennes formules traduisant les lois de l'écoulement des fluides dans les tuyaux, n'ayant été établies qu'à l'aide d'expériences faites sur de petits diamètres et de faibles pressions, donnent des valeurs qui ne s'appliquent plus aux grosses conduites des installations de forces hydrauliques actuelles.

Des expériences se poursuivent encore à l'heure actuelle sur cette importante question, ainsi que sur d'autres dont il sera parlé plus loin ; elles sont entreprises par la Commission des Essais de Turbines, réunie grâce à l'initiative du Syndicat des Forces hydrauliques. La plus grande section qui ait été réalisée jusqu'ici est celle de la conduite de Champ (Société hydro-électrique de Fure et Morge), sur les bords du Drac. Cette conduite a 3 m. 30 de diamètre intérieur sur toute sa longueur qui est de 4.600 mètres ; elle est en béton armé sur 2.100 mètres et en

— 16 —

tôle d'acier doux sur 2.500 mètres. A son extrémité aval, le tuyau de ciment a 25 centimètres d'épaisseur, faisant face à une charge de 20 mètres d'eau. (1).



POSE D'UNE CONDUITE FORCÉE EN FLANC DE COTEAU

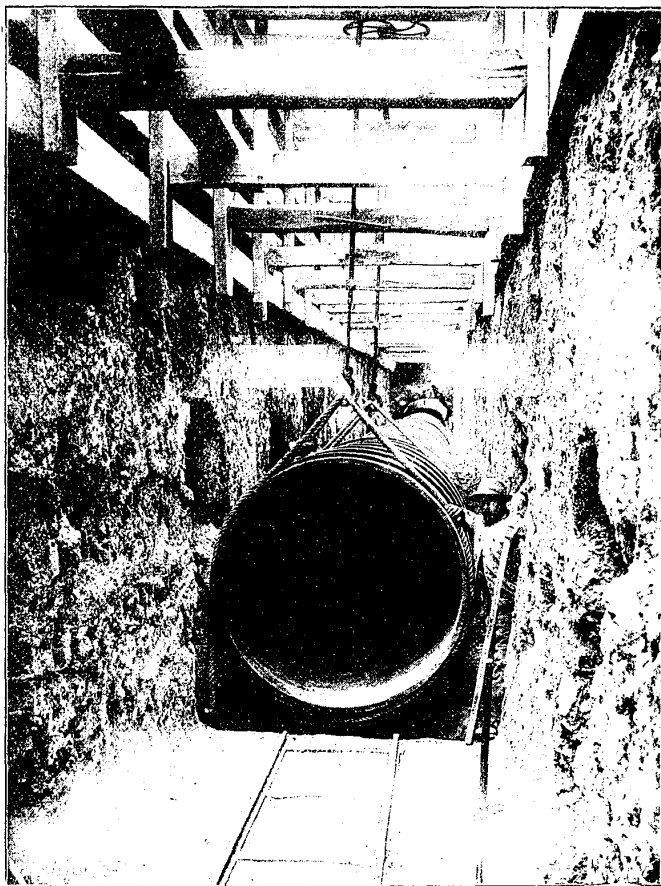
Lorsque la pression ne dépasse pas 2 à 300 mètres, les tuyaux en tôle sont formés de tronçons rivés, à doubles ou triples clouures; mais dans les très hautes chutes on emploie maintenant des tôles soudées.

Quelquefois, l'installation ne comporte qu'une seule conduite forcée alimentant tous les moteurs; mais plus généralement, il y en a plusieurs, et souvent même chaque groupe générateur d'énergie à l'usine est individuellement servi par une conduite. C'est le dispositif toujours adopté lorsqu'il s'agit d'alimenter un service public, tel, par exemple, que cela s'est fait à l'usine de Servoz, sur l'Arve, actionnant le chemin de fer électrique du Fayet à Chamonix. On pourrait citer beaucoup

(1) Voir *Les Installations hydro-électriques de la Société de Fure et Morge*, par M. Lépine. Gratier et Rey, Grenoble.

— 17 —

d'autres installations où partent de la chambre de mise en charge autant de conduites forcées qu'il y a d'unités génératrices à l'usine. C'est encore la solution adoptée dans le cas des très hautes chutes, comme à Vouvry, en Suisse (900 mètres) : au fur et à mesure que la pression augmente on divise la conduite en plusieurs branchements ; un premier tuyau part de la tête d'eau, puis se subdivise en deux autres et, suivant les cas, ce dispositif se répète en double ou en triple.



POSE D'UNE CONDUITE FORCÉE ENTERRÉE

Lorsqu'une conduite fournit l'eau à plusieurs moteurs, ceux-ci sont alimentés par des tubulures branchées sur l'extrémité du tuyau qui reçoit alors le nom de collecteur. Ces tubulures rejoignent les bâches

des turbines, tantôt en sous sol, tantôt en dessus, latéralement ou par bout ; ce sont elles qui portent les vannes de mise en marche ou d'arrêt.

La pose des conduites exige des précautions spéciales ; dans les terrains peu accidentés elles sont simplement placées sur un berceau en béton ou sur des chaises en maçonnerie armée ; lorsqu'elles descendent en flanc de montagne, suivant des lignes de très grande pente, il faut les amarrer solidement, ou mieux les enterrer, afin d'éviter les accidents dûs aux avalanches, chutes de rocher, effets de dilatation, etc. Il en existe qui sont complètement logées dans le rocher, telle la conduite de Livet, descendant dans un puits vertical qui part du fond de la chambre de travail et se raccorde à l'usine par une galerie horizontale en sous sol contenant le collecteur.

On rencontre, dans l'installation de ces conduites, d'élégantes solutions des mille difficultés que soulèvent à chaque pas les accidents du terrain. C'est ainsi qu'à la Praz, la conduite principale ayant 2 m. 40 de diamètre sous une charge de 72 mètres et alimentant 20 groupes turbines-dynamo d'une puissance totale de 10.000 chevaux, arrive à l'usine en franchissant la rivière (l'Arc) par un arc tubulaire de 50 mètres d'ouverture sans aucun support intermédiaire. Au lieu de faire reposer cette partie de la conduite sur un pont, l'ingénieur de l'usine, M. Héroult, a eu la hardiesse — couronnée d'un plein succès — de constituer le pont lui-même par le tuyau. Cet arc, de même section que la conduite, est, à ses extrémités, solidement encastré au moyen de cornières, dans des culées en maçonnerie armée.

Les dispositifs d'amarrage ou simplement d'appui des conduites, doivent empêcher leur ovalisation (qui peut aller jusqu'à l'aplatissement complet), soit pendant le remplissage, soit pendant la vidange. Au départ de la chambre de travail, un reniflard doit permettre la rentrée d'air dans le tuyau si son orifice est commandé par une vanne — cette précaution devient inutile si la chambre de mise en charge est disposée comme il a été dit plus haut. Mais, faute de ces organes, la conduite peut s'aplatir au moment de la vidange ; quoique le phénomène soit assez mal expliqué, il peut se produire... car il s'est produit !

Les conduites forcées sont sans cesse sous la menace du coup de bélier. Un ralentissement de vitesse de la colonne liquide, occasionné par une fermeture trop brusque du vannage des turbines, détermine sur les parois du tuyau des surpressions formidables qui peuvent amener sa rupture. Aussi, dans le calcul des conduites, adopte-t-on toujours un coefficient de sécurité pour parer à cette éventualité.

D'autre part, toutes les fois qu'on le peut, on dispose de loin en loin, des colonnes piézométriques faisant office de soupapes, qui protègent toute la partie située en amont. A l'usine de Champ où la masse d'eau en mouvement dans la conduite est de 40.000 m³, on a établi

trois colonnes piézométriques, notamment une à la jonction des parties en ciment et en tôle, et une à l'usine ; cette dernière, qui a une hauteur égale à celle de la chute (35 m.) est en tôle avec un réservoir à son sommet.

La théorie du coup de bélier n'est pas encore fixée et la Commission des Essais de Turbines se préoccupe actuellement d'étudier le phénomène à l'aide d'expériences sur des conduites en fonctionnement... En attendant, on prend toutes les précautions nécessaires pour s'en mettre à l'abri. C'est ainsi que le vannage des turbines est muni d'un dispositif compensateur qui consiste essentiellement à démasquer, sur la conduite, un orifice à échappement libre, au fur et à mesure que le vannage se ferme ; la section d'écoulement restant la même il n'en résulte pas d'à-coups dans la vitesse de la colonne liquide. De nouveaux appareils de ce genre viennent d'être inventés pour fermer le vannage compensateur automatiquement et avec la lenteur voulue, après ralentissement ou arrêt du moteur.

Turbines : régulation, rendement

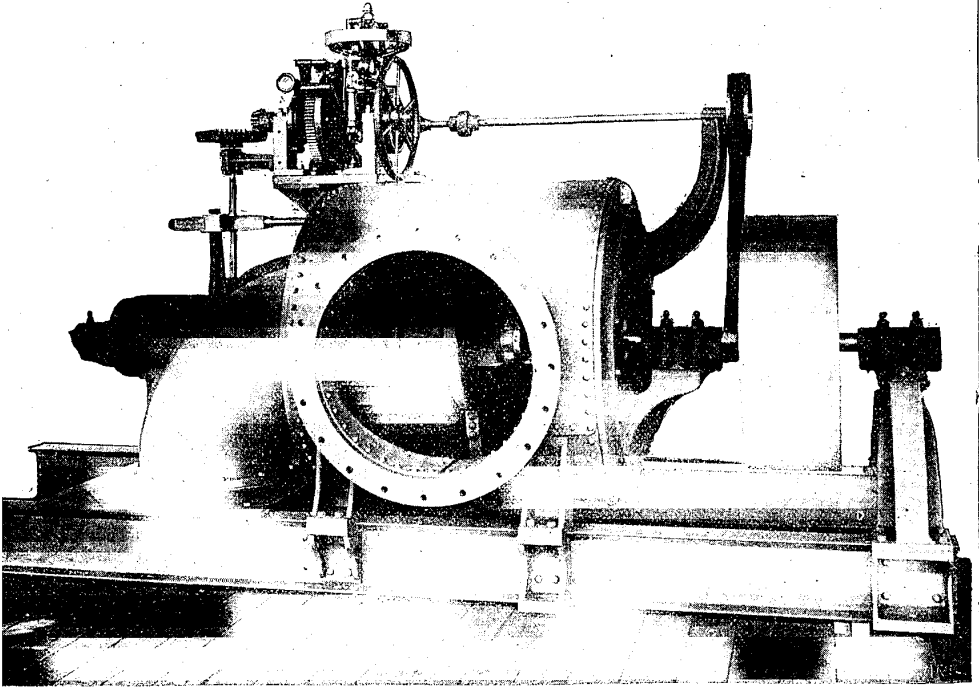
Toutes les turbines employées dans ces installations sont à axe horizontal, sauf une ou deux exceptions. On y rencontre tous les types : turbines radiales centrifuges ou centripètes, axiales, américaines, avec ou sans hydropneumatisation, à admission totale ou partielle ; il nous est impossible de nous étendre si sommairement même que ce soit sur les cas d'applications de ces types variables à l'infini. Cependant on peut dire qu'on rencontre plus souvent la turbine centripète que la turbine centrifuge en raison de sa marche plus régulière, surtout lorsqu'il s'agit de commander des dynamos à charge très variable. Et même lorsque ces machines travaillent à charge sensiblement constante, ainsi que cela a généralement lieu en électro-chimie, on se passe parfois, avec ce genre de turbines, de régulateurs automatiques de vitesse et l'on se contente de gouverner ces moteurs par un papillon mû à la main, placé sur la tubulure d'adduction. Beaucoup de turbines fonctionnent avec admission totale et sous une aspiration allant jusqu'à 9 mètres. Dans les hautes chutes on emploie l'injection partielle et, dans ce cas, l'on rencontre assez fréquemment le type de la roue Pelton. Les turbines doubles des divers systèmes sont représentées par des modèles très variés dans plusieurs usines.

On tend de plus en plus aux grosses unités ; les moteurs de 250 chevaux sont relativement rares, tandis que très nombreux sont ceux de 500 à 1000 H P et assez fréquents les groupes électrogènes de 2000 à 2500 chevaux comprenant une seule turbine.

Les vitesses de rotation varient naturellement avec les hauteurs de chute, mais comme presque toujours, les récepteurs hydrauliques commandent ici des machines électriques on ne trouve guère de vitesses

— 20 —

inférieures à 250 tours par minute ; dans les très hautes chutes on va jusqu'à 1000 tours.



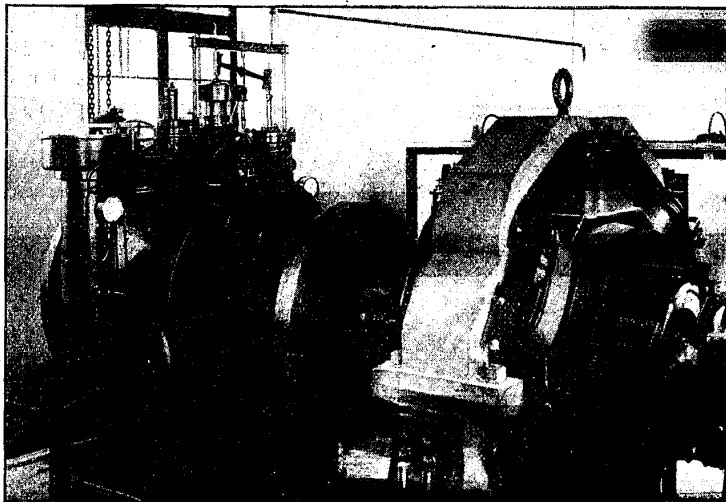
Turbine américaine avec régulateur à servo-moteur mécanique

En général, la turbine est couplée à la dynamo par un manchon élastique de l'un des deux types Raffard ou Zodel.

En ce qui concerne ces moteurs, deux questions extrêmement importantes font aujourd'hui l'objet des études les plus sérieuses de la part des constructeurs et des industriels. Ce sont d'une part la régulation automatique de la vitesse, et l'amélioration des rendements d'autre part.

La vitesse de rotation des turbines actionnant les génératrices électriques d'une usine qui fait du transport d'énergie ne doit pas varier de plus de 5 à 6 pour 100, quand la charge des groupes électrogènes passe d'une valeur à une autre, sous peine d'avaries graves pour l'équipement électrique de ces usines et surtout d'instabilité dans le couplage des alternateurs. Or, si la régulation d'un groupe électrogène à vapeur présente déjà des difficultés, celle d'un groupe hydro-électrique est encore bien autrement embarrassante. Ici, en effet, il faut agir sur le débit du moteur pour régler la vitesse et alors les organes de régu-

lation devant manœuvrer des vannages très lourds, deviennent des appareils très peu sensibles et dont l'action ne se fait pas sentir à temps. En principe, tous les appareils de régulation des turbines se composent essentiellement d'un régulateur à boules qui commande un servo-moteur empruntant au travail de la machine à régulariser, l'énergie nécessaire pour manœuvrer le vannage. Tantôt ce servo-moteur est constitué par un embrayage qui met en prise une poulie calée sur l'arbre moteur avec les organes de manœuvre du vannage de la turbine ; tantôt c'est un appareil hydraulique empruntant son mouvement au moteur ou à l'eau sous pression qui, sous l'action du régulateur à boules, opère cette manœuvre du vannage ; enfin, le servo-moteur est



GROUPE TURBINE-DYNAMO AVEC MANCHON D'ACCOUPLEMENT
ET RÉGULATEUR DE VITESSE A SERVO-MOTEUR HYDRAULIQUE.

quelquefois encore à commande électro-mécanique, empruntant son énergie à la machine menée par la turbine. Dans chacune de ces combinaisons, les modèles sont extrêmement variés. Tout constructeur a son système propre, plus ou moins ingénieux, plus ou moins parfait et le succès d'une maison tient aujourd'hui plus aux qualités de son système de régulateur qu'à son genre de construction si apprécié qu'il soit. La question est trop délicate pour que je nomme personne et je me borne à dire qu'on vient de mettre en service deux ou trois types de régulateurs donnant entière satisfaction dans des circonstances où la régulation des unités génératrices d'énergie est la condition capitale du bon fonctionnement des installations.

Le rendement d'un moteur hydraulique est un facteur du prix de

revient du cheval-an qu'on s'attache de plus en plus à rapprocher de l'unité. Si la houille blanche est une matière que la nature nous livre gratuitement, les travaux d'art dont nous avons parlé, qui la canalisent jusqu'aux appareils de transformation d'énergie, représentent un capital dont il faut trouver la récupération. Cette récupération dépend de la plus ou moins bonne utilisation de la force vive de l'eau par les turbines. Dans les avant-projets on compte un rendement de 75 %, mais aujourd'hui il n'est pas rare de trouver des constructeurs garantissant 80 %, et quelquefois plus. Malheureusement les moyens de contrôle manquent pour vérifier ces affirmations. Les constructeurs ont eux-mêmes intérêt à faire très soigneusement l'étude du rendement de leurs machines pour en perfectionner la construction, et nous avons tout lieu de croire à la sincérité des garanties, que dans les contrats de vente, ils offrent quant au rendement. Il n'en est pas moins vrai que les industriels se préoccupent d'avoir des méthodes de mesure soit pour vérifier ces rendements à la réception des machines, soit mieux encore pour connaître la manière dont elles se comportent au bout d'un certain temps de marche ; l'allure de la courbe des rendements d'une turbine en service constitue, en effet, une indication précieuse pour les réparations d'entretien dont elle doit être l'objet.

Les méthodes de mesure, c'est-à-dire les moyens de contrôle, nous font défaut parce que l'un des éléments du calcul du rendement n'a pas pu jusqu'ici se faire avec une précision suffisante. La puissance effective des turbines peut se mesurer assez facilement, avec beaucoup d'exactitude, sur l'arbre, au moyen d'un frein pour les petites unités et, pour les grosses unités, aux bornes des génératrices électriques qu'elles commandent. On peut, d'autre part, connaître exactement, par un manomètre, la pression dynamique sous laquelle elles fonctionnent, mais l'autre facteur de la puissance, le volume d'eau qu'elles débitent est très difficile à déterminer ; on manque pour cela de méthodes à la fois simples et précises ; les formules de jaugeage des traités d'hydraulique sont insuffisantes et comportent des coefficients empiriques qu'il faut reviser, ou mieux supprimer, pour être certain d'obtenir toute l'exactitude voulue dans ces mesures particulièrement délicates.

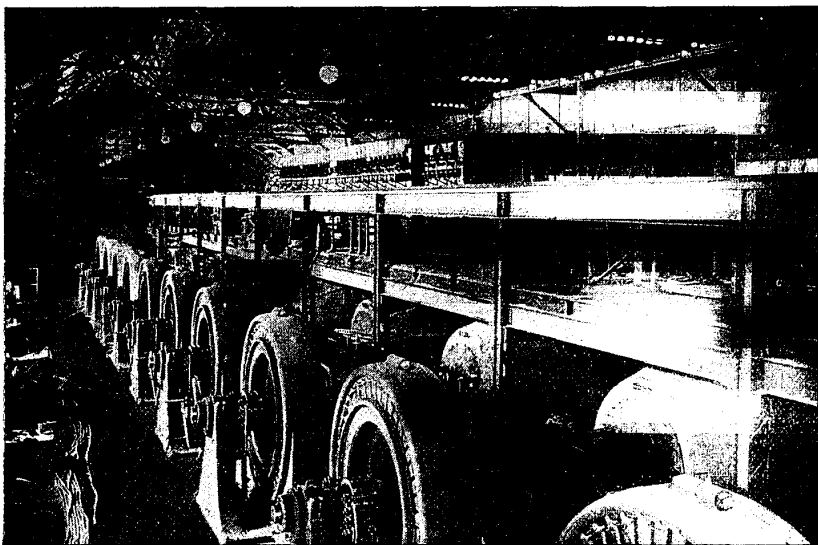
L'étude de nouveaux procédés de jaugeages, devant permettre de *normaliser* les essais de moteurs hydrauliques, fait spécialement l'objet de nos travaux à la Commission des Essais de Turbines. A ce propos, je dois dire qu'une méthode de mesure particulièrement élégante et d'application commode dans un grand nombre de cas, vient d'être expérimentée par un de vos jeunes camarades, M. H. Bellet, ancien élève de 4^e année (1) ; elle a été fort appréciée de ladite Commission où j'ai eu l'honneur de la présenter et il y a lieu d'espérer prochainement son adoption.

(1) Voir *La Houille Blanche*, 3^e année, n^o 2, février 1904. « Méthode différentielle de jaugeage », pages 51 et s.

Les débouchés de la houille blanche : Transport d'énergie, Traction, Electrochimie.

La nomenclature de la multitude des types de machines dynamos qui transforment en énergie électrique le travail des chutes d'eau, n'entre pas dans le cadre de cette conférence et je passe maintenant aux considérations, d'ordre économique surtout, qu'il me semble important de dégager du problème de l'utilisation de la houille blanche. Nous avons vu la production, voyons les débouchés.

Ils sont de deux sortes : l'utilisation à distance de l'énergie par le transport électrique et l'utilisation sur place par les opérations électrochimiques et métallurgiques.

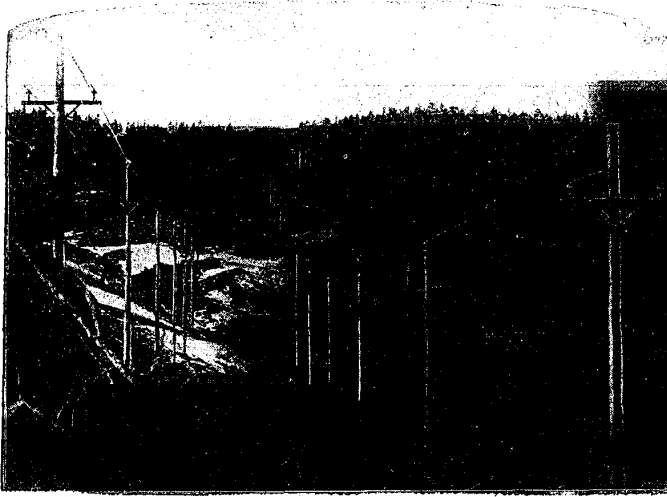


VUE GÉNÉRALE D'UNE SALLE DES MACHINES

Le transport électrique de l'énergie s'effectue aujourd'hui principalement par courants triphasés dont les tensions s'élèvent jusqu'à 26.000 volts (Société de Fure et Morge, de Force et Lumière, Compagnie Electrochimique de la Romanche : transport d'énergie à Grenoble, etc.). Les distances franchies par les canalisations électriques aériennes atteignent 120 kilomètres (Avignonet à Bourgoin et au-delà). Des projets en cours d'exécution réaliseront de plus grandes distances encore (Moutiers à Lyon). Dans la région Pyrénéenne, la Société des Transports de Force de l'Aude, sans toutefois distribuer l'énergie sur un si long rayon a installé un réseau dont le développement complet, avec toutes ses ramifications comprendra près de 500 kilomètres de lignes aériennes.

Ceci montre le rapide essor de cette branche d'industrie. Nous ne sommes cependant pas encore à la hauteur des Américains sous le double rapport des hautes tensions et des grandes distances; ainsi la Missouri River Power C^o fait du transport de force à 50.000 volts, et une autre Société possède une ligne allant de Colgate à San-Francisco, soit d'une longueur de 350 kilomètres. Mais nous marchons nous-mêmes vers la réalisation prochaine de ces tours de force.

Le courant alternatif simple ou polyphasé n'est pas seul employé pour le transport électrique de l'énergie sous haut voltage à grande distance.



TRANSPORT DE FORCE DE LA MISSOURI RIVER, POWER C^o, A 50.000 VOLTS

Le courant continu a reçu aussi son application, notamment dans les installations si parfaitement réussies par M. Thury, en Italie, en Suisse et en Espagne. Dans ce cas, la distribution de l'énergie a lieu à intensité constante et à potentiel variable. Les génératrices de l'usine sont connectées en série et les appareils d'utilisation, lampes et moteurs, sont insérés les uns à la suite des autres sur un conducteur unique qui, partant de l'une des bornes de la station génératrice, se rend dans tous les centres où l'énergie doit être utilisée et revient à l'autre borne de l'usine. Ce système (système continu-série) présente sur ceux des courants polyphasés des avantages indiscutables au point de vue des frais d'établissement des lignes de transport électrique. Il offre par contre des difficultés, telles que le réglage exact de la tension à la valeur correspondant au débit de la ligne en énergie, les précautions spéciales à prendre pour isoler du sol les moteurs, etc.

On a cependant tendance à revenir au courant continu, surtout depuis les expériences retentissantes effectuées en septembre 1902, par

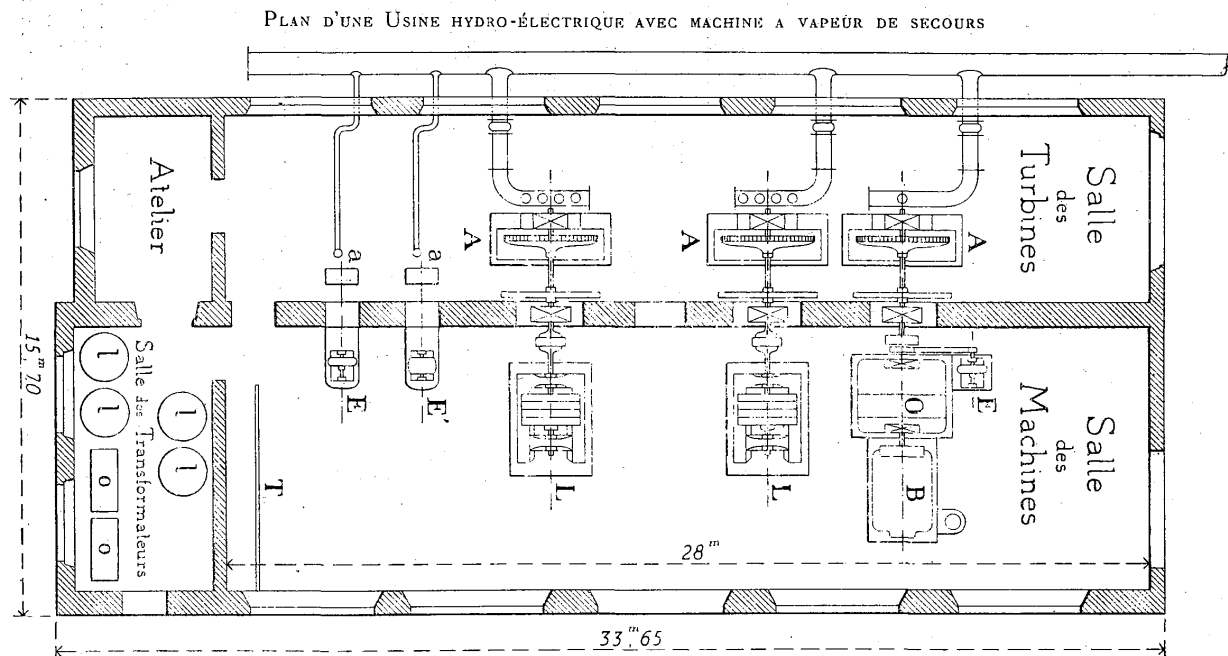
M. Thury, entre Saint-Maurice et Lausanne avec un seul fil, la terre servant de conducteur de retour. Le résultat de ces expériences donne la quasi certitude de pouvoir, dans un avenir prochain, utiliser la terre pour le retour du courant dans les installations de transport d'énergie de très grande puissance. Normalement, on utilisera une ligne composée de deux fils, mais si l'un vient à se rompre accidentellement, le retour du courant s'effectuera par la terre. Cette application entraîne des conséquences économiques de premier ordre. Lorsqu'ils s'agira, par exemple, et ce cas se présentera de plus en plus fréquemment, de transporter *en bloc* l'énergie d'une chute très importante à un centre d'utilisation situé à une grande distance, on pourra, en employant le système continu-série, effectuer ce transport à l'aide d'une simple ligne à 2 fils avec autant de sécurité que par une ligne à six fils au moins dans le cas du courant triphasé. Une fois rendue au lieu d'utilisation, l'énergie pourra être distribuée soit sous forme de courant continu, soit sous forme de courant triphasé à l'aide de sous-station de transformation. On voit dès lors l'économie réalisée par ce système sur les poids de cuivre entrant dans la construction des canalisations électriques aériennes, économie qui permettra toutes choses égales d'ailleurs, d'étendre considérablement les portées actuelles des transports d'énergie.

En ceci je ne parle point d'hypothèse : une commission composée de savants, d'ingénieurs et d'industriels étudie le problème du retour par la terre et de vastes projets du genre précité sont déjà en élaboration.

Un autre problème d'une importance économique non moins grande se solutionne aujourd'hui : c'est l'accouplement des stations d'énergie hydro-électrique par leurs réseaux de transport et de distribution. Ceci donne à penser qu'un jour viendra où, dans chacune de nos régions de houille blanche, les usines reliant leurs lignes de transport formeront de vastes réseaux de distribution dans les conducteurs desquels le surcroît d'énergie des unes compensera le manquant des autres. On adoptera des dispositions égalisant les voltages dans ces réseaux, de manière à former ce que l'on a élégamment appelé le système des vases communicants d'énergie hydro-électrique.

Le mouvement est déjà commencé dans l'Isère. Les sociétés de Fure et Morge et de Force et Lumière ont, sur 35 kilomètres, une ligne de transport de force commune à leurs usines de Champ et d'Avignonnet qui produisent toutes deux du courant triphasé à 26.000 volts. Cette ligne, transportant 20.000 chevaux, se compose de 15 conducteurs supportés tous les 60 mètres, à 12 mètres au-dessus du sol, par des pylones métalliques. Elle est divisée en sections, aux jonctions desquelles sont des postes de couplage permettant, en cas d'avarie à un groupe de fils sur un tronçon quelconque appartenant à l'une ou l'autre usine, de lui substituer un autre groupe sans interrompre le service.

Cette ligne elle-même va se jonctionner à Grenoble avec celle en



E E', excitatrices. L O, alternateurs. B, machine à vapeur. A, turbines. T, tableau de distribution.

construction qui vient de Livet (à 26.000 volts également) alimenter en énergie la capitale du pays de la houille blanche.

A ce groupement des forces hydro-électriques la houille noire fournit sa collaboration. Ainsi, pour n'en citer qu'un exemple, la Société des forces motrices de la Vézère qui envoie, sur une distance de 80 kilomètre, du courant à Limoges, a couplé sa station hydro-électrique avec l'usine à vapeur anciennement installée dans cette ville ; et combien d'autres entreprises de distribution d'énergie, combien de compagnies d'éclairage par le gaz qui ont des usines d'électricité ne se mettent pas en mesure d'y substituer la houille blanche à la houille noire, tout en conservant celle-ci comme énergie complémentaire au moment des basses eaux. Le progrès aidant, on verra, à n'en pas douter, dans les régions traversées par des rivières inutilisées jusqu'ici à cause des considérations dont il sera parlé plus loin, s'installer des usines hydrauliques et des usines à vapeur alimentant un même réseau de distribution d'énergie. Grâce, en effet, à ces progrès qui allongent sans cesse la portée des transports de force, on peut, dans la plupart de nos régions, trouver des chutes et des points de ravitaillement en charbon, permettant à des usines hydrauliques et à des stations à vapeur de lancer sur une ligne commune des kilowatts à un prix moyen très satisfaisant. Et cette économie bien entendue de l'accouplement des stations centrales à vapeur avec les usines hydro-électriques sera, avant peu, le principal facteur de la constance du débit dans les réseaux de distribution d'énergie sillonnant nos grandes vallées.

Economiquement parlant, qu'est-ce qui limite la longueur des lignes de transport d'énergie hydro-électrique ? Ce sont évidemment, d'un côté, le prix de revient du cheval hydraulique et, de l'autre, les frais de transport qui croissent avec la distance. La distribution de l'énergie hydro-électrique dans une région donnée s'arrête au point où son prix de revient est égal à celui du kilowatt produit par le charbon. Or, d'un travail très documenté : « Etude économique d'un transport de force à grande distance » (1) par M. E. Dussaughey, il résulte que, presque partout, on peut avantageusement transporter au loin le cheval hydraulique qui ne coûte pas plus de 1.000 francs d'installation et que dans certains cas, on peut avoir intérêt à ménager ce cheval quand il est bien placé, même s'il coûte 2.000 fr.

L'éclairage, la force motrice pour le travail d'atelier et la traction électrique sur les chemins de fer et tramways constituent les trois branches principales de ce débouché de la houille blanche. La dernière est celle qui semble devoir prendre le plus grand développement, bien qu'elle soit, aujourd'hui, la moins avancée chez nous, surtout en ce qui

(1) Ouvrage de la collection : *Au Pays de la houille blanche*, Gratier et Rey, éditeurs, Grenoble.

concerne la traction électrique des trains. Si plusieurs lignes de tramways empruntent déjà leur énergie à des forces hydro-électriques, nous n'avons encore qu'une seule voie de chemin de fer alimentée par des usines hydrauliques, celle bien connue, du Fayet Saint-Gervais à Chamonix, appartenant au P.-L.-M. Cette installation comporte deux usines, de 1.200 chevaux chacune, sur l'Arve, à Servoz et aux Chavants qui fournissent du courant continu à la ligne. Les trains sont composés de voitures automotrices actionnées par des moteurs dont la puissance individuelle à la jante des roues varie de 55 à 22 H P, pour des vitesses de 20 à 10 kilomètres à l'heure ; la voie est à l'écartement d'un mètre, et le courant est pris par les voitures sur un troisième rail soigneusement isolé du sol. L'ensemble de l'installation a coûté environ 10.500.000 fr. Une seconde ligne, celle de Saint-Georges-de-Commiers à La Mure, sera prochainement desservie par des locomotives électriques actuellement en essai. L'énergie provient d'un groupe électrogène spécial faisant partie de l'usine d'Avignonet ; la locomotive en expérience comporte quatre moteurs à courant continu, de 125 H P chacun, alimentés par une distribution à trois fils, les rails servant de troisième conducteur. Cet essai est particulièrement intéressant en ce qu'il est le premier exemple de traction à courant continu à haut voltage : la tension entre les fils extrêmes est, en effet, de 2.400 volts, ce qui donne 1.200 volts entre fils et terre.

L'étranger va plus vite que nous. On voit, en effet, en Italie : la ligne de Milan-Gallarati-Varèze, alimentée par une usine hydro-électrique produisant du courant triphasé à 13.000 volts, réparti le long de la voie en cinq sous-stations, qui le transforment en courant continu à 650 volts, lequel est pris par les voitures sur un troisième rail ; la ligne de la Valteline, longue de 105 kilomètres, dont le courant provient sous 15.000 volts d'une usine hydraulique établie sur l'Adda et qui, après avoir été abaissé à 3.000 volts tous les 10 kilomètres, arrive par fils aériens à cette tension aux moteurs des voitures.

En Suisse la ligne de Burgdorf-Thum, longue de 42 kilomètres est alimentée par une usine hydro-électrique donnant du courant triphasé à 16.000 volts et abaissé tous les 4 kilomètres à la tension de 900 volts avant d'être conduit aux voitures.

Comme on le voit par ces exemples, tantôt la traction s'opère par courant continu venant directement de l'usine, tantôt par courants polyphasés engendrés à haut voltage et dont la tension est abaissée par des postes de transformation échelonnés à plus ou moins grandes distances le long de la voie selon les systèmes. Auquel d'entre eux l'avenir réserve-t-il la préférence ? Chacun a ses avantages et ses inconvénients suivant qu'il s'agit de lignes à faible vitesse et à grand trafic de marchandises, ou inversement ; suivant les pentes, les points d'alimentation, etc..., l'un ou l'autre conviennent plus particulièrement ; la discussion du choix ne saurait trouver place ici. Je puis toutefois dire

qu'en fait de traction à très grande vitesse on tend de plus en plus à l'emploi direct des courants polyphasés à très haut voltage ; exemple : les récents essais de traction électrique à 200 kilomètres à l'heure entre Berlin et Zossen avec du courant triphasé à 10.000 volts transformé à 1150 volts dans les voitures mêmes.

En présence des progrès chaque année réalisés dans la substitution du moteur électrique à la machine à vapeur sur les lignes de chemin de fer, certains économistes avaient pensé que nos richesses en houille blanche nous permettraient un jour de remplacer, sur toutes nos voies ferrées, la houille noire par l'énergie hydro-électrique. Une partie seulement de cette conception pourra se réaliser. Il est certes fort possible qu'avant la fin du siècle la locomotive à panache de fumée blanc ait partout cédé la place à l'automotrice électrique, mais l'énergie sera fournie à cette dernière soit par des stations centrales à vapeur seules, soit par des réseaux alimentés à la fois avec de la houille noire et de la houille blanche, et appartenant au vaste système des vases communicants d'énergie électrique dont il a été question plus haut.

Nous consommons annuellement pour la traction de nos trains 5.500.000 tonnes de charbon au plus ; or, comme nous avons 5.743.568 HP en locomotives, il en résulte que nous ne brûlons pas une tonne de charbon par cheval et par an. Conséquemment, chacune de nos unités d'énergie, en comptant 1 kg de charbon par HP heure, ne travaille pas 1000 heures sur les 8.760 de l'année, soit une sur neuf. Une notable fraction de ce temps d'inutilisation est due à l'entretien et aux réparations, mais la plus grande partie résulte des à-coups du service, occasionnés par les variations du trafic, suivant les heures et les jours et qui font varier la dépense d'énergie au moins de 1 à 6. La production, par un travail régulier, d'une quantité annuelle d'énergie correspondant à la consommation de 5.500.000 tonnes, serait donc très loin de pouvoir remplacer nos locomotives ; il faudrait qu'à certains moments cette production devint six fois supérieure à la moyenne. Cela ne peut se réaliser qu'avec le concours de la houille noire, car si les chutes ont une puissance qui varie avec les saisons, les variations ne concordent pas avec celles du trafic des chemins de fer ; et ce serait une bien mauvaise solution que d'aménager, en vue d'un pareil service, des chutes ayant la puissance voulue pour parer à tous les à-coups, mais dont on n'utiliserait que le sixième la majeure partie du temps.

Les débouchés de la houille blanche doivent être surtout cherchés du côté des applications de nature à utiliser au maximum les variations saisonnières de la puissance des chutes d'eau. Or, la deuxième catégorie de débouchés dont j'ai parlé plus haut, l'emploi sur place des forces hydrauliques par l'électro-chimie et l'électro-métallurgie, la branche la plus riche d'espérances et d'avenir, est, sans conteste, celle qui utilise le mieux ces variations, car, ici, l'usine génératrice d'énergie n'est plus.

commandée par les besoins d'un service public, c'est au contraire l'industrie privée qui peut se plier à l'allure de l'usine. En outre, l'électro-chimie est le plus gros consommateur d'énergie hydraulique. La quantité d'électricité nécessaire à l'élaboration d'une tonne des divers produits dont la préparation est possible par voie électro-chimique, est telle que l'emploi de la houille noire rendrait cette préparation beaucoup plus onéreuse par cette voie que par les anciens procédés. Au contraire les kilowats produits à bas prix par la houille blanche rendent plus économique que par les méthodes actuelles de la chimie industrielle et de la métallurgie, la fabrication de nombreux produits. De plus l'électrochimie nous permet d'en obtenir de nouveaux tels le carbure de calcium, le carborundum, etc. Cette nouvelle industrie est donc capable de nous économiser les millions de tonnes de charbon que nous importons de l'étranger. A transporter l'énergie hydraulique à très grande distance pour l'éclairage, la force motrice et la traction, on économise évidemment du charbon, mais cette économie est moins grande que celle résultant de la substitution de la houille blanche à la houille noire dans nos industries chimiques et métallurgiques. Dans l'intérêt général de notre prospérité industrielle, nous devons donc ne pas chercher à faire du transport de force à outrance mais nous efforcer d'étendre le domaine de l'électro-chimie. A chaque industrie, sa houille.

Pour voir combien la forme électro-chimique constitue une utilisation plus massive de l'énergie que les formes lumière ou force motrice, comparons ce qu'en chacune d'elles 1.000 HP rendent. Si l'on admet que cette puissance soit uniquement affectée à l'éclairage avec un rendement de 75 à 80 % depuis les bornes des dynamos génératrices jusqu'aux lampes, elle pourra en alimenter de 11 à 12.000 de 10 bougies; or la moyenne des dernières statistiques concernant les sociétés d'éclairage par l'électricité fait ressortir, en chiffres ronds, une lampe installée par deux habitants; ces 1.000 HP suffiront donc à desservir une population de près de 25.000 habitants, ce qui représente déjà une importante agglomération. Si maintenant l'on suppose la même unité d'énergie distribuée à des moteurs d'une puissance moyenne de 10 chevaux, avec le rendement total de 75 % dans la transmission, on voit qu'elle en alimentera seulement 75, ce qui dans une région tant soit peu industrielle correspond à une bien faible partie seulement de son activité. Sous forme électro-dynamique l'énergie apparaît donc déjà comme un produit de plus grande consommation que sous forme lumière. Mais c'est surtout dans les applications électro-chimiques et électro-métallurgiques que la différence est frappante. Voici à ce sujet quelques chiffres suggestifs. Une unité de 1.000 HP, en 24 heures, ne produit approximativement que: 5 tonnes 500 de carbure de calcium; 4 tonnes d'acier (extraction du métal du minerai et raffinage); 600 kilos d'aluminium; 7 tonnes 500 de zinc; 10 tonnes de soude caustique; de 3 à 4 tonnes de

chlorates ; 1 tonne à 1 1/2 d'acide nitrique, etc. On voit, par là, quelle énorme consommation de houille blanche feront ces industries le jour où, le progrès aidant, elles n'en emploieront plus d'autre.

Ces différences de consommation entre l'industrie du transport électrique de la houille blanche et son utilisation sous forme électro-chimique, sont encore accusées par le tableau suivant, récapitulatif de la statistique présentée par M. J. Coignet, dans son rapport à la chambre de commerce de Lyon, sur la législation des chutes d'eau. Sur les 202.000 chevaux des grandes chutes de la région du Sud et de l'Est, on constate que 88.900, soit bien près de la moitié, ont été aménagés en vue d'opérations électro-chimiques et métallurgiques.

Ils sont répartis en :

4 usines	pour la préparation de l'aluminium.....	18.100 chx.
7 —	de produits métallurgiques et divers.....	22.500 »
2 —	pour la fabrication du chlorate de potasse.	15.500 »
9 —	installées pour le carbure de calcium.....	19.300 »
1 usine	montée pour la soude électrolytique.....	13.500 »

Tandis qu'il existe :

36 usines	de distribution de force et éclairage...	81.680 »
48 usines	pour industries diverses.....	31.450 »

Je ne dirai rien d'aucune de ces usines électro-chimiques, et cela pour un bon motif ; c'est que seuls leurs directeurs savent ce qui s'y passe ; on se trouve en présence de ce qu'un de nos plus distingués confrères a appelé avec humour « l'Industrie des portes fermées ». Et c'est avec raison qu'en l'état actuel des choses, les industriels électro-chimistes ferment leurs portes. Ici, plus encore que partout ailleurs, les brevets ne garantissent rien. Or, le succès d'un procédé électro-chimique tient beaucoup moins à son principe, ordinairement très simple et très général, qu'aux détails de réalisation des appareils que seuls, de longs et coûteux essais sont parvenus à rendre pratiques. On comprend que ces industriels tiennent à garder jalousement le secret sur leurs travaux.

Il faut d'autre part, malheureusement constater que cette industrie subit aujourd'hui une crise aiguë. A quoi tient-elle ? A ces deux causes : ou bien ce sont les appareils dont le rendement n'a pas permis les bénéfices prévus, ou alors c'est le débouché qui a fait défaut et quelquefois rendement et débouchés ont été à la fois tous deux insuffisants.

Mais, quand on y réfléchit, on se rend compte que cette industrie naissante devait, pour ainsi dire, fatalement passer par cette situation critique ; il n'est point de conquêtes sans sacrifice de temps, de labeur et d'argent !... Est-ce à dire qu'elle soit condamnée à la déchéance, à l'exception des usines privilégiées qui ont su les premières mettre au point leurs appareils et s'emparer des débouchés disponibles ? Nous ne le croyons pas. Les chercheurs n'abandonnent point la partie ; perfec-

tionnement sur perfectionnement, lentement mais patiemment, ils accumulent des faits qui constituent des édifices, souvent renversés, mais dont les matériaux restent et à nouveau servent à de plus heureux constructeurs. Il arrivera bien un jour où l'édifice sera stable et, ce jour-là, l'électro-chimie deviendra notre plus active et plus riche industrie. Nous devons suivre l'exemple des Américains qui ont, sans lésiner, mis tout en œuvre pour appliquer le plus promptement possible, à l'électro-chimie, les milliers de chevaux que leur donnent les chutes du Niagara. S'ils sont parvenus à créer là un centre industriel unique en son genre, comptant d'innombrables et puissantes sociétés électro-chimiques, ce n'est pas seulement à cause de la situation exceptionnelle des chutes, mais encore et surtout grâce à leur façon pratique de procéder en toutes choses. Des sociétés d'études qui se nomment : The Atmospheric Products Co; The Ampere Electrochemical Co; The Niagara Research Laboratories, y ont été instituées uniquement pour fournir à des groupes formés d'inventeurs connus, d'électro-chimistes, de savants et de praticiens consommés, les moyens de toute nature, techniques et pécuniaires, pour inventer, étudier et mettre au point des procédés nouveaux. Ce n'est qu'une fois ces procédés rendus réellement pratiques et leurs débouchés préparés, que les usines les exploitent.

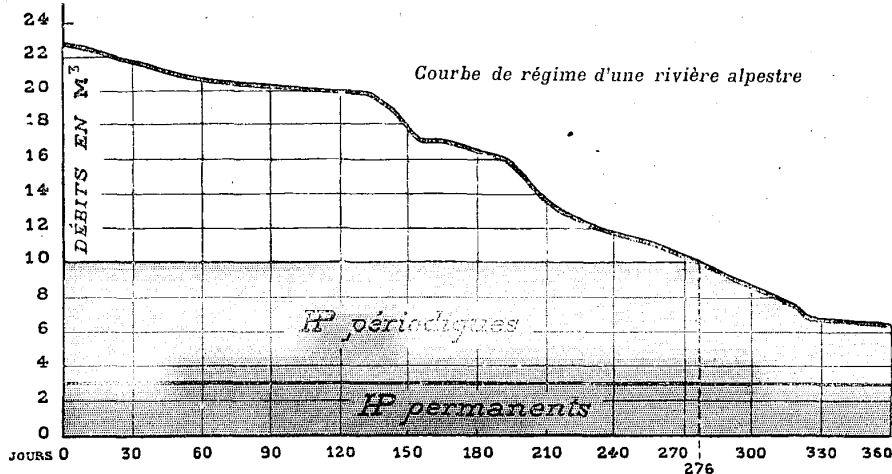
Il faut souhaiter prochainement chez nous la création de semblables Research Laboratories. C'est le moyen de faire sortir au plutôt et avec le moins de cahots possible l'électrochimie de sa voie embourbée.

Quoi qu'il en soit des progrès plus ou moins rapides de certaines branches des applications hydro-électriques, il n'en résulte pas moins ce fait, dominant toutes les considérations précédentes : C'est que l'art de l'ingénieur s'attaquant à la mine blanche, pour être né d'hier, n'en est pas déjà moins sûr que celui du mineur au pays noir. Or, parmi les hommes qui ont le plus contribué à l'avancement de cette vaillante industrie, l'*Association des Anciens Elèves de l'Ecole Centrale Lyonnaise* compte de très distingués représentants : j'ai nommé M. Vial, administrateur et M. Drouhin, directeur général de la Société Electrochimique de la Romanche, installation modèle qui fait le plus grand honneur au financier et au technicien dont l'étroite et intelligente collaboration porte les plus beaux fruits ; M. Ferrier, ingénieur des services électriques de la même Société ; enfin, M. F. Th. Heilmann, directeur de la Société régionale d'Electricité de Vienne et dont les travaux ont déjà répandu le nom dans le monde des électriciens.

Le problème de la meilleure utilisation

Je voudrais encore, avant de clore cette rapide revue de l'état actuel de l'industrie de la houille blanche, jeter un coup d'œil du côté de l'avenir. Au point où nous en sommes sur la route du progrès, il est temps de jalonner sa prolongation. Quelle doit être la meilleure

utilisation des forces hydro-électriques ? C'est de tous les problèmes posés à l'économiste en matière de houille blanche, de beaucoup le plus important.



Ce diagramme donne le nombre de jours par an durant lesquels le débit est égal ou supérieur à une valeur donnée.

Ainsi, pendant 120 jours le débit reste égal ou supérieur à 20 m. c. ; pendant 240 jours égal ou supérieur à 12 m. c. et pendant toute l'année supérieur à 6 m. c.

Ces débits représentent la moyenne des débits de 10 années consécutives.

Pendant la plus sèche de ces années, le débit est tombé à 3 m. c. 500 ; aussi pour le calcul des chevaux permanents n'a-t-on compté qu'un débit de 3 m. c.

D'autre part on voit que le débit est supérieur à 10 m. c. pendant 276 jours (*année moyenne*) pendant lesquels on pourra compter sur un nombre à peu près constant de chevaux périodiques.

Plaçons-nous dans la situation d'un industriel qui veut établir une usine sur une rivière donnée. Nous allons choisir sur cette rivière, la section dont la longueur nous fournira la plus grande hauteur de chute. Cette longueur et cette hauteur sont, en pratique, pour une puissance déterminée à obtenir, des variables liées entre elles par des fonctions très complexes et dont les principales sont : l'acquisition des droits de riveraineté, les servitudes préexistantes, la difficulté des travaux de dérivation et le choix de l'emplacement de l'usine proprement dite. Toutes ces considérations ayant été bien appréciées, au moyen d'études préliminaires, nous sommes conduits à fixer la hauteur de chute à un chiffre de ... mètres. Il s'agit maintenant de savoir pour quel débit nous devons construire les ouvrages de dérivation.

Considérons la courbe de régime de cette rivière soumise à l'influence des glaciers et des neiges, c'est-à-dire à débit très variable suivant les saisons. Son débit *minimum*, réalisé toutes les années, est de 3 m³ 5, tandis que pendant plus de six mois par an il est de 16 m³. Pour quel débit entre ces deux limites ferons-nous l'installation ? Notre

intérêt se heurte à deux difficultés : avoir une puissance aussi constante que possible et utiliser la plus grande partie du débit compris entre les deux chiffres précédents.

Deux solutions différentes apparaissent suivant que le cours d'eau est ou n'est pas susceptible de régularisation par un lac ou un réservoir artificiel.

Dans le premier cas, connaissant la superficie du réservoir, le graphique de débit du cours d'eau nous indique de combien nous devons relever le niveau pour, en amagasinant une partie du débit des crues qui sera restitué à la chute au moment des basses eaux, obtenir le *maximum* de puissance *constante*. *Quelle que soit l'utilisation de l'énergie* qu'on se propose, le problème reçoit alors sa solution la plus simple. Je ne veux pas dire par là que ce soit toujours la plus commode à réaliser pratiquement. Les exemples de régularisation du débit des cours d'eau au moyen de lacs ou de réservoirs artificiels, parmi lesquels je citerai : le lac de Genève et le lac de Joux (Suisse), les lacs de Chalain et des Echets (Ain), les lacs Paladru et Crozet (Isère), le lac de la Girotte (Savoie), les réservoirs compensateurs de Jonage, de la Sioule, de Thiers, etc., nous montrent ce qu'il faut de calcul, d'effort, et même parfois de hardiesse pour tirer tout le parti possible d'une telle solution. Mais cette solution est loin d'être générale et il faut surtout considérer le cas de la rivière non susceptible de régularisation.

Sur une rivière à flux non régularisé, on peut considérer la puissance d'une chute comme la somme de deux quantités ; l'une *constante*, dont la valeur est déterminée par le débit minimum ; l'autre, fonction de deux variables qui sont : la différence des débits moyen et minimum, et la durée de cette variation. Nous écrirons dès lors que la *puissance industrielle* de la chute est égale à la somme des *chevaux permanents* (partie constante de la puissance) et des *chevaux périodiques* (partie variable). Ceci posé, nous admettrons qu'en matière de travaux d'aménagements on peut, comme en comptabilité par exemple où l'on établit un compte frais généraux et un compte prix de revient, envisager aussi séparément : 1° les dépenses d'installation du *cheval permanent* et 2° les dépenses d'installation du *cheval périodique*. Ce qui va suivre montrera la simplification que cette sorte de comptabilité introduit dans la discussion.

Le problème de la meilleure utilisation consiste à calculer, pour chaque cours d'eau, le rapport qui existe entre l'accroissement des frais à faire pour rendre l'installation apte à l'utilisation du terme variable de la puissance, et la valeur de ce terme. Ce rapport exprimant le coût d'installation et conséquemment le prix de revient annuel du cheval périodique, on en déduit, à l'aide de la courbe de régime, c'est-à-dire en fonction du temps, le débit que l'on a intérêt à dériver en sus du minimum. Ce calcul nous amènera tantôt à n'aménager que le minimum

tantôt à construire la dérivation pour un débit, variant du simple au double ou au triple.

Considérons en effet deux chutes, et pour faciliter le raisonnement, deux chutes dont les facteurs de puissance, hauteur et débit sont dans l'une et l'autre inversement placés *vers les extrémités* de l'échelle des débits et des hauteurs, autrement dit une chute de faible hauteur (20 mètres) et à gros débit (30 m^3), puis une chute de grande hauteur (300 mètres) et à faible débit (2 m^3).

On sait théoriquement et pratiquement que le *coût d'installation du cheval et, par suite son prix de revient annuel, sur l'arbre des turbines, est en raison directe du débit et en raison inverse de la hauteur de chute.*

(1) Cette règle nous montre tout de suite que, pour la première des chutes considérées, les frais d'aménagement du cheval périodique seront très grands, puisqu'ils sont en raison directe de la différence des débits moyen et minimum, différence qui devra correspondre à un gros débit si l'on veut un accroissement de puissance assez sensible. Or, dans ce cas, il arrivera *généralement* que le coût de ce « cheval périodique » sera tel, qu'étant donné l'irrégularité de son travail, on n'en pourra trouver l'emploi. Il ne saurait, en effet, être qu'employé sur place à des travaux mécaniques à époques fixes, ou à des opérations électro-chimiques. Mais, dans les vallées des pays de houille blanche, les industries mécaniques susceptibles de s'accommoder de grandes puissances, à dates fixes, sont rares, et l'électro-chimie a besoin principalement de *chevaux à bon marché*. Dans ce cas des basses chutes, c'est-à-dire de celles où la hauteur est de l'ordre du chiffre précédemment indiqué, la *meilleure utilisation* consiste donc, comme le confirment d'ailleurs les dérivations existantes, à n'aménager que le débit d'étiage, que la puissance à peu près exclusivement formée des chevaux permanents.

Il n'en est plus de même dans le cas de la haute chute définie en second lieu. Là, on voit qu'il suffit que la différence entre les débits moyen et minimum, donnant la valeur du terme variable de la puissance, soit faible pour obtenir un grand nombre de chevaux en supplément. Ce faible débit, en sus du minimum, est alors très peu coûteux d'aménagement et rend le « cheval périodique » presque gratuit. Dans ces conditions, qu'on en ait ou non l'emploi, ce serait commettre une grave erreur que faire la dérivation sans l'aménager. Le problème de la *meilleure utilisation* consiste donc, ici, à déterminer, toujours au moyen de la courbe de régime, et par un devis d'avant-projet, le chiffre du débit qui donne le meilleur prix de revient pour le cheval périodique.

Pour toutes les chutes comprises entre les deux limites dont je viens de parler, mais qui, je tiens bien à le faire remarquer, n'ont dans mon

(1) A Jonage, pour un débit de 100 m^3 et une chute de 12 m., le cheval a coûté 2.000 fr.; à Vouvry, pour un débit d'environ $1,2 \text{ m}^3$ et une chute de 950 m., le prix du cheval est prévu à 200 fr. une fois l'installation complètement terminée.

esprit rien d'absolu et d'autre but que de servir à fixer les idées, il existe, on le conçoit, une solution répondant à ce principe de la meilleure utilisation. Si, dans les deux cas considérés, cette solution apparaît *a priori* avec évidence, il n'en est pas ainsi dans les cas intermédiaires où elle peut être très difficile à découvrir avec certitude. Mais, étant donné l'importance capitale de son économie, on comprend que tous les calculs de l'installateur de chute doivent tendre à la dégager des données du problème.

Malheureusement, l'incertitude inhérente à l'une de ces données nous empêche d'opérer d'une manière aussi précise que je l'ai admis. Le profil en long de la dérivation nous fournit avec exactitude la hauteur de chute et une prévision suffisamment approchée des frais d'installation. Ce qui nous manque, c'est la connaissance des débits caractéristiques entre lesquels nous devons choisir, et, tant qu'on ne pourra pas construire les graphiques de régime, nous serons réduits à procéder par à peu près. On ne saurait donc trop redire l'impérieuse obligation qui nous est ainsi faite, d'organiser le jaugeage de nos cours d'eau. — Hâtons-nous d'ajouter qu'un Service vient d'être créé dans ce but.

Quoi qu'il en soit de la plus ou moins juste application du principe énoncé, nous voyons que, d'une manière générale, les basses chutes, celles dont les chevaux permanents coûtent cher, ont besoin d'une utilisation aussi constante que possible de leur puissance. Ce sont donc, nécessairement, ces chutes qui doivent être plus spécialement destinées à l'alimentation des services publics, aux transports d'énergie pour lumière, force ou traction. Cette condition est, d'ailleurs, en parfait accord avec leur situation topographique ; elles se trouvent dans les vallées larges, régions des centres industriels et de plus dense population où le kilowatt, produit et vendu à meilleur marché que par le charbon, profite à l'intérêt général tout en assurant la rémunération de l'entreprise.

Au contraire, les hautes chutes peuvent avoir, au besoin, deux emplois de leur énergie : l'alimentation d'un service public avec la partie constante de leur puissance, avec les chevaux permanents, les moins bon marché, et des applications électro-chimiques pour la partie variable, pour les chevaux périodiques. Ordinairement, l'électro-chimie constitue et, de plus en plus, constituera le principal débouché de leur travail. (Il y a, et, bien entendu, il y aura toujours des exceptions, c'est-à-dire des usines ne faisant que de l'électro-chimie, comme d'autres ne faisant que de la distribution d'énergie). Lorsqu'elles font du transport de force, elles ne tirent généralement pas des kilowatts ainsi vendus un profit bien plus avantageux que les basses chutes, parce qu'elles sont obligées de les transporter onéreusement assez loin pour atteindre les centres d'utilisations, rares au fond des vallées de grande altitude. Et comme il faut, ici, considérer l'avenir, on peut se rendre compte d'ores et déjà que ces kilowatts payeront tout juste le prix de revient des chevaux perma-

— 37 —

nents; ce sont les chevaux périodiques attelés à l'électro-chimie qui produiront le bénéfice, en sorte que ces chutes semblent ne pas pouvoir se passer de cette forme d'emploi.

Il faut donc prendre garde d'intervenir les rôles et surtout de croire que parce que les hautes chutes produisent des chevaux permanents meilleur marché que les basses, leur utilisation doit être, en certaines circonstances, exclusivement réservée à l'alimentation de services publics, de chemins de fer ou de tramways par exemple. En opérant ainsi, on irait à l'encontre du principe de la meilleure utilisation, car, si à côté des « chevaux permanents » réservés au service public il n'y a pas des « chevaux périodiques » producteurs de bénéfices, l'entreprise offrira des chances de pertes à l'exploitant.

De ceci il résulte que, les hautes chutes de nos montagnes ne doivent pas être aménagées pour n'utiliser que le débit des basses eaux; mais aussi celui des eaux moyennes, et que la solution devant tirer le meilleur parti possible de cette puissance variable consiste à leur faire alimenter un transport d'énergie pour une part inférieure ou au plus égale à leur force motrice minimum, celle sur laquelle on peut toujours compter, et pour le surplus, des industries électro-chimiques qui, elles, s'accommodent des variations de puissance, l'essentiel étant de toujours laisser à leur disposition une partie des chevaux permanents pour ne pas les exposer à des arrêts intempestifs.⁽¹⁾ Ainsi se présente, dans sa formule la plus générale, la solution du problème de la meilleure utilisation de notre *houille blanche*.

La conférence finie, le président remercie M. Côte en ces termes :

Au nom de tous, j'adresse à M. Côte nos remerciements et nos sincères félicitations.

L'abondance des matières nous oblige à reporter à un autre numéro le compte rendu de la très intéressante conférence sur la Corée, faite par notre camarade Bourdaret.

Le président,

Jean BUFFAUD.

La Commission :

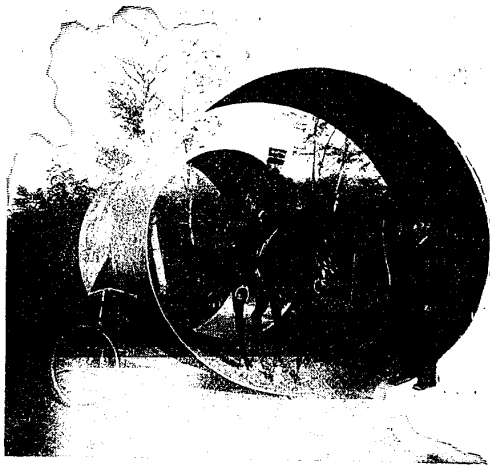
FARRA, POINSIGNON, BELLET,
CHARROUSSET, MICHEL, BOURDON.

(1) Plusieurs usines ont déjà adopté cette solution notamment : la Société Electrochimique de la Romanche, celle St-Béron, l'usine de Rheinfelden qui fabrique : carbures, aluminium, chlorures, etc. et fait du transport d'énergie à Bâle.

BIBLIOTHÈQUE

La Houille Blanche. — M. CÔTE, directeur de *La Houille Blanche*, professeur à l'Ecole, a bien voulu nous assurer gratuitement le service de son journal qui développe chaque mois les principes qu'il nous a si obligeamment fait connaître dans sa conférence du 23 mars. Nous l'en remercions bien sincèrement.

Les Secrets du Coup d'aile. — Nous avons le plaisir de vous annoncer que M. POMPÉIEN-PIRAUD, l'aéronaute bien connu, a eu l'obligeance de nous faire don de ses *Secrets du Coup d'aile*, un magnifique in-4°, orné de 25 planches hors texte avec plus de 100 figures, dans lequel il a étudié minutieusement le vol des oiseaux pour l'appliquer à l'art de l'aéronautique.



UN BON TUYAU !

NÉCROLOGIE

Georges MURAT

Promotion 1898

Nous avons eu la douleur d'accompagner, dimanche 20 mars, notre camarade, MURAT, à sa dernière demeure.

Georges Murat était né à Thizy (Rhône), en 1875. Il fit ses premières études à Lyon, puis entra, en 1895, à l'Ecole Centrale Lyonnaise. Après un stage dans les bureaux d'études de la Compagnie Générale Electrique, à Nancy, il revint à Lyon créer un bureau technique. Au moment où la mort l'a surpris, il était secrétaire de la Société des Forces Motrices de l'Ain.

Profondément attaché à notre Association, il fut au premier rang de cette phalange de jeunes qui furent chargés par notre Association d'organiser les réunions hebdomadaires et les conférences mensuelles.

Aussi sympathique que dévoué, il ne comptait que des amis. Il y a quelques jours encore, il était parmi nous, heureux et bien portant. L'avenir semblait devoir sourire à cet homme de trente ans et brusquement, en quelques heures, la mort a fait son œuvre implacable.

Tous ses camarades conserveront sa mémoire. Puissent les regrets sincères de tous, adoucir la douleur des siens.

DEMANDES DE SITUATIONS

- N° 1. — Jeune homme au courant de l'électricité cherche une situation.
N° 2. — *Placé.*
N° 3. — On désire une situation dans usine à gaz ou une raffinerie.
N° 4. — *Placé.*
N° 5. — *Placé.*
N° 6. — *Placé.*
N° 7. — Electricien cherche une situation.
N° 8. — Chimiste prendrait place en France ou à l'étranger.
N° 9. — Un ingénieur désire une situation dans une usine de construction mécanique.
N° 10. — On demande situation de dessinateur ou de chef de laboratoire d'essais.
N° 11. — Ingénieur connaissant bien l'installation des transporteurs aériens cherche une situation.
N° 12. — Ingénieur-constructeur demande à s'occuper d'études techniques, direction d'ouvriers ou représentations industrielles.
N° 13. — Jeune homme désire situation dans l'industrie mécanique ou automobile.
N° 14. — On cherche une place d'ingénieur-mécanicien.
N° 15. — Jeune homme, libéré du service militaire, ayant déjà fait 5 ans comme chimiste dans la même société cherche une situation.
N° 16. — Ingénieur-électricien désire situation de Directeur de station centrale ou de tramways.
N° 17. — *Placé*
N° 18. — Jeune homme cherche situation, dans la région, de préférence dans une station électrique ou dans une compagnie de gaz.
N° 19. — a) Ingénieur compétent dans la construction de charpentes métalliques, ayant dirigé pendant 14 ans une maison importante similaire et possédant les meilleures relations dans les administrations de l'Etat et des chemins de fer cherche une situation.
N° 19. — b) Ingénieur ayant fait des études nombreuses de forces naturelles dans le but de leur utilisation par l'électricité, bon opérateur sur le terrain à l'aide du tachéomètre cherche une situation dans une société comme ingénieur-conseil.
N° 20. — On désire une place de chimiste.
N° 21. — On demande une situation pour un électricien-praticien.
N° 22. — Personne ayant des capitaux désire trouver situation sérieuse et stable.

Les lettres doivent être adressées au secrétaire de l'Association :
École Centrale Lyonnaise, 31, place Bellecour, Lyon

OFFRES DE SITUATIONS

- 25 mars. — Société Electra del Besaya, Caze de Barlan Santander. — Place de chimiste.
- 25 mars. — Une Compagnie de chemins de fer demande pour le service de la voie un dessinateur pour Lyon.
- 28 mars. — Société d'électricité demande des dessinateurs. Appointements 100 à 200 francs par mois.
- 2 avril. — Une Compagnie de chemins de fer a besoin d'un dessinateur pour Paris. Appointement 2.100 à 2.400 francs.
- 5 avril. — Une maison importante de charpentes (bois et fer) faisant l'entretien général de bâtiments industriels, demande quelqu'un connaissant bien ce genre de travaux et pouvant disposer de quelques capitaux, comme Directeur ou Associé.
- 12 avril. — Société d'électricité désire 2 jeunes dessinateurs. Appointement 150 à 200 francs par mois.
- 12 avril. — Une Compagnie de gaz de l'Amérique du Sud cherche un ingénieur-électricien pour monter lignes et station à 5.000 volts. Appointement 15.000 francs. Frais de voyage (aller et retour) à la charge de la Compagnie.
- 12 avril. — Un ingénieur de Paris demande un chef de fabrication ayant déjà pratiqué pour une usine de brique et agglomérés divers.
- 15 avril. — On demande un jeune homme au courant de la téléphonie et de la construction du matériel électrique. Appointement de début 225 francs par mois. Intérêt sur les affaires (environ 3.500 fr. par an).
- 15 avril. — Ancien élève de l'Ecole, demande un camarade dessinant bien et capable de mettre au point les plans d'exécutions d'une ligne de tramways électriques.

Avis très important.

Nous prions tous nos camarades qui désirent une situation, d'adresser une demande par écrit en indiquant exactement ce qu'ils désirent.

Dès que nous aurons des situations à leur offrir, nous leur écrirons de suite, et nous tacherons de leur donner satisfaction.

La liste des offres et demandes de situations qui figure dans le bulletin n'est que le relevé des registres au moment de l'impression du bulletin; nous recommandons également à nos camarades qui connaissent des places vacantes de nous les signaler de suite en nous donnant des renseignements exacts et précis.

ASSOCIATION DES ANCIENS ÉLÈVES
DE
L'ÉCOLE CENTRALE LYONNAISE

Monsieur
est prié d'honorer de sa présence la réunion mensuelle qui aura lieu le
samedi 23 avril prochain, à 8 heures 1/2 du soir, dans les Salons Monnier
(31, place Bellecour).

LOUIS XIV A LYON (Mazarin et l'intrigue du mariage royal)
Causerie par M. E. VINGTRINIER
M. et Mme Théodore BOTREL
Poètes-Chansonniers

Tenue de Ville Le Président :
JÉAN BUFFAUD

Cette invitation servira de carte d'entrée. Elle est valable pour vous et votre famille.

BULLETIN DE SOUSCRIPTION

Souscription ouverte par la Commission d'Etudes pour couvrir les frais de la nouvelle organisation sans avoir besoin de toucher aux ressources de l'Association.

Noms et prénoms (très lisibles)

Profession

Domicile { *actuel*
précédent (en cas de changement)

Souscrit pour la somme de

N. B. — Nous vous prions de retourner ce bulletin après l'avoir rempli et d'y joindre le montant de la souscription.

L'adresser à M. BOURDON, Avenue de Saxe, 246, Lyon.

PRESSOIR

RATIONNEL

A LEVIER ET AU MOTEUR

avec ou sans accumulateurs de pression

Livraison de vis et ferrures seules

FOULOIRS A VENDANGE — BROYEURS A POMMES

50.000 Appareils vendus avec Garantie

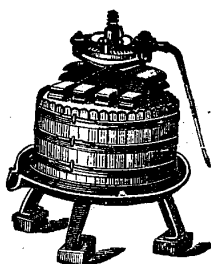
MEUNIER Fils 

CONSTRUCTEURS

35-37-39, rue Saint-Michel — LYON-GUILLOTIÈRE

Catalogue illustré franco sur demande

PRESSOIRS LOIS, PRESSOIRS MÉTALLIQUES



A LOUER

Publicité dans le Bulletin de l'Association

TARIF DES ANNONCES

La page.....	100 fr.	pour un an
La 1/2 page.....	65	»
Le 1/4 de page.....	35	»
Le 1/8 de page.....	20	»

C^{ie} pour la Fabrication des Compteurs
et Matériel d'Usines à Gaz

COMPTEURS

Pour gaz, eau et électricité

SUCCURSALE DE LYON :

H. BOURDON, DIRECTEUR

246. avenue de Saxe, 246

Fonderies et Ateliers de la Courneuve

CHAUDIÈRES

Babcock & Wilcox

Pour tous renseignements, s'adresser à

A. FARRA, Ingénieur E. G. L.

56, rue de la République, 56

LYON

REMILLIEUX, GELAS & GAILLARD

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS

LYON — 68, cours Lafayette, 68 — LYON

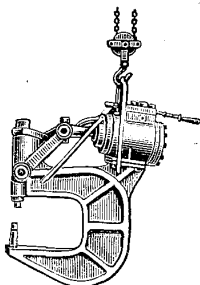
Maison spécialement organisée pour les

Chauffages par l'eau chaude

et la vapeur à basse pression

NOMBREUSES RÉFÉRENCES

Téléphone : 14-32



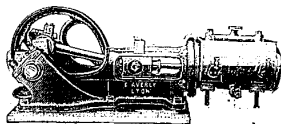
RIVEUSE

GEORGES AVERLY, Constructeur

LYON - 143, rue Garibaldi, 143 - LYON

OUTILLAGE A AIR COMPRIMÉ

RIVEUSES pouvant mettre 6.000 rivets par jour; production qui ne peut être atteinte à beaucoup près avec aucun autre système. — Fours tournants pour chauffer les rivets. — COMPRESSEURS d'air à vapeur, à courroie. Compresseurs d'air électriques, Perceuses pneumatiques reversibles, poids 11 k., haut. 19 c.



COMPRESSEUR

BUREAU DES

Brevets d'Inventions

CRÉÉ EN 1856

Par LÉPINETTE & RABILLOUD

Lyon, cours Morand, 10

(angle avenue de Saxe)

Directeur: **Y. RABILLOUD**

INGÉNIEUR-CONSEIL

INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES

Éclairage — Force motrice — Téléphones
Sonneries — Porte-voix

J. DUBEUF

Ingénieur-Electricien

17, rue de l'Hôtel-de-Ville 17

(Angle rue Mulet)

TÉLÉPHONE N° 28-01

LYON

BOULETS COUCHOUD

Chauffage économique
donnant beaucoup de chaleur

S'adresser aux Marchands de charbon ou aux

MINES DE LA PÉRONNIÈRE

GRAND-CROIX (Loire)