

Revue Trimestrielle Canadienne

Art de l'ingénieur—Economie politique et sociale—Mathématiques
Législation—Histoire—Statistique—Architecture—Sciences
Hygiène—Industrie—Forêts—Finances—Transports.

SOMMAIRE

Pages		
337 —	I. Aperçus sur Radio-Canada.....	Augustin FRIGON.
347 —	II. Nos Forces hydrauliques, leur Valeur économique.....	Olivier LEFEBVRE.
371 —	III. Contribution à l'Étude de la Prise du Plâtre.....	Louis BOURGOIN.
390 —	IV. Interprétation géométrique de Radiogrammes de Laue pour distinguer une macule d'un cristal homogène.....	André-V. WENDLING.
411 —	V. Calibrage d'un Barrage-Déversoir à l'Aide d'un Modèle réduit.....	Raymond BOUCHER.
434 —	VI. Un Laboratoire d'Électronique à l'École Polytechnique.....	Jean-Charles BERNIER.
452 —	VII. Revue des Livres	

ASSOCIATION DES ANCIENS ÉLÈVES
ÉCOLE POLYTECHNIQUE
MONTREAL



COMITÉ DE DIRECTION

Président: Monseigneur Olivier MAURALT, p.s.s., Recteur de l'Université de Montréal.

Membres: MM. Augustin FRIGON, Président de la Corporation de l'École Polytechnique.

Armand CIRCÉ, Directeur de l'École Polytechnique de Montréal.

Victor DORÉ, Secrétaire de la Commission des Écoles Catholiques de Montréal.

Léon-Mercier GOUIN, Avocat.

Théo-J. LAFRENIÈRE, Professeur à l'École Polytechnique.

Olivier LEFEBVRE, Régisseur, Régie Provinciale de l'Électricité.

Edouard MONTPETIT, Professeur à l'Université de Montréal.

Antonio PERRAULT, Professeur à l'Université de Montréal.

Arthur SURVEYER, Ingénieur Conseil.

Ivan-E. VALLÉE, Sous-Ministre, Département des Travaux Publics de la Province de Québec.

L. BRUNOTTO, Bibliothécaire de l'École Polytechnique.

COMITÉ D'ADMINISTRATION ET DE RÉDACTION

Président: Arthur SURVEYER

Membres: MM. Edouard MONTPETIT, Augustin FRIGON, Olivier MAURALT, Théo-J. LAFRENIÈRE, Antonio PERRAULT,

Olivier LEFEBVRE., Léon-Mercier GOUIN.

Rédacteur en chef: Edouard MONTPETIT.

Secrétaire de la rédaction: Léon-Mercier GOUIN.

Trésorier: LORENZO BRUNOTTO

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL

Le Canada et les États-Unis \$3.00 — Le numéro .75 cents

Tous les autres pays \$4.00 — Le numéro \$1.00

La Revue Trimestrielle Canadienne paraît quatre fois l'an: en mars, juin, septembre décembre.

La Revue est accessible à la collaboration de tous les publicistes, spécialistes et hommes de profession; mais la Direction n'entend pas par l'insertion des articles assumer la responsabilité des idées émises.

Tous les articles insérés donnent droit à une indemnité calculée par page de texte imprimée ou de graphiques. Les manuscrits ne seront pas rendus.

La reproduction des articles publiés par la Revue est autorisée, à la condition de citer la source d'où ces articles proviennent et de faire tenir un exemplaire à la Revue.

Il sera rendu compte de tout ouvrage dont il aura été envoyé un exemplaire à la Rédaction.

Adresser toute communication pour les abonnements, publicité, collaboration etc. directement à:

LA REVUE TRIMESTRIELLE CANADIENNE

LANcaster 9208.

MONTREAL

1430, rue Saint-Denis.

TOUT LE MONDE A BESOIN D'ARGENT

Il y a des dépenses prévues: instruction, assurances, vacances, souscriptions, cadeaux. Mais il y a aussi des dépenses imprévues: maladie, accidents, revers, voyages, occasions diverses. Ne vous laissez pas prendre au dépourvu. Quoi que vous ayez, dépensez moins. Ne dissipez pas vos ressources. Le superflu d'aujourd'hui sera peut-être le nécessaire de demain. Mettez de l'argent de côté régulièrement. Ouvrez un compte d'épargne à la

BANQUE CANADIENNE NATIONALE

Actif, plus de \$146,000,000

537 BUREAUX AU CANADA

TRUST GÉNÉRAL DU CANADA



Capital versé:

\$1,105,000.00

Biens en régie,

\$72,000,000.00



Président: J.-M. WILSON, sénateur
Vice-Président: D.-O. L'ESPÉRANCE, sénateur
Vice-Président: Beaudry LEMAN
Directeur Général: René MORIN

●
**EXÉCUTEUR TESTAMENTAIRE
CONSEIL FINANCIER
ADMINISTRATEUR—FIDUCIAIRE
PROCUREUR**
●

112, rue St-Jacques Ouest
MONTRÉAL

71, rue St-Pierre
QUÉBEC

L'UNIVERSITÉ DE MONTRÉAL

*Comprend les facultés et écoles
suivantes :*

FACULTÉS

THÉOLOGIE • DROIT
MÉDECINE PHILOSOPHIE LETTRES
SCIENCES
CHIRURGIE DENTAIRE



ÉCOLES

PHARMACIE • SCIENCES SOCIALES
POLYTECHNIQUE • INSTITUT AGRICOLE D'OKA
ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES COMMERCIALES
OPTOMÉTRIE • MÉDECINE VÉTÉRINAIRE
HYGIÈNE SOCIALE APPLIQUÉE
TOURISME



Pour tous renseignements, s'adresser au

Secrétariat général

1265, rue St-Denis

Montréal

École des Hautes Études Commerciales

Affiliée à l'Université de Montréal

Préparant aux Situations Supérieures du Commerce, de
l'Industrie et de la Finance.

Bibliothèque Economique. Musée Commercial et Industriel.

Décérne les diplômes de Bachelier en sciences commerciales, Licencié en sciences commerciales, de Docteur en sciences commerciales, et Licencié en sciences comptables. Ce dernier diplôme donne droit d'admission dans l'Association des comptables agréés de la province de Québec (C.A.), l'Institut des comptables et auditeurs de la province de Québec (L.I.C.) et la Corporation des comptables publics de la province de Québec (C.P.A.)

BOURSES DU GOUVERNEMENT

Cours spéciaux réservés aux avocats, aux notaires et aux ingénieurs.

COURS LIBRES DU SOIR : comptabilité théorique et pratique, opérations de banque, opérations d'assurance, correspondance anglaise et française, mathématiques financières, économie politique, droit civil, droit commercial, langues étrangères: italien, espagnol, allemand. Cours spéciaux, préparatoires à la Licence en sciences comptables.

COURS PAR CORRESPONDANCE : comptabilité, français et anglais commercial, économie politique, droit civil, droit commercial, algèbre, etc.

Pour tous renseignements, brochures, prospectus, inscriptions, etc., s'adresser au directeur:

Coin avenue Viger et rue St-Hubert, MONTREAL

BENOIT & MATHIEU

MANUFACTURIERS ET MARCHANDS DE
BOIS — MENUISERIE DE TOUTE SORTE
PORTES, FENÊTRES, PANNEAUX
PLANCHE MURALE, MOULURES, ETC.

GENERAL MILL WORK AND
LUMBER OF EVERY KIND
DOORS, WINDOWS, PANELS
WALL BOARD, MOULDINGS, ETC.

Harbour 6243

1215 St-Timothée

MONTREAL

CANADIAN LABORATORY SUPPLIES, Limited

★ ★ ★

APPAREILS ET PRODUITS CHIMIQUES DE LABORATOIRES

Physique

Chimie

Minéralogie

Bactériologie

Essais de Matériaux

★ ★ ★

296 RUE SAINT-PAUL OUEST

MONTREAL

Revue Trimestrielle Canadienne

Art de l'ingénieur—Economie politique et sociale—Mathématiques
Législation—Histoire—Statistique—Architecture—Sciences
Hygiène—Industrie—Forêts—Finances—Transports.

VOLUME XXIV

Mars — Juin — Septembre — Décembre

1938

ASSOCIATION DES ANCIENS ÉLÈVES
ÉCOLE POLYTECHNIQUE
MONTRÉAL



TABLE DES MATIÈRES

VOLUME XXIV

Art de l'ingénieur.

Défense du Chauffage à Vapeur, par Guy Montpetit.....	65
L'Ingénieur et l'Enseignement technique français, par A.-V. Wendling.....	124
Calcul des Débits en Tête des Machines à Papier, par Paul-Emile Piché.....	158
Aperçus sur Radio Canada, par Augustin Frigon.....	337
Nos Forces Hydrauliques, leur Valeur économique, par O. Lefebvre.....	347
Contribution à l'Etude de la Prise du Plâtre, par Louis Bourgoïn.....	371
Un Laboratoire d'Electronique à l'Ecole Polytechnique, par J.-C. Bernier.....	434
Calibrage d'un Barrage-Déversoir à l'aide d'un Modèle réduit, par Raymond Boucher.....	411

Biographie.

Un Educateur canadien: l'abbé Verreau, par Armand Yon.....	144
--	-----

Économie politique et sociale.

L'Industrie au service de l'Agriculture, par F.-J. Leduc.....	34
La Politique commerciale américaine, par C.-D. Hérisson.....	77
"Canadian Unity and French Canadians", par Jean Bruchési.....	116
La Frontière Canada-Labrador, par Gérard Gardner.....	272
La Paroisse Facteur d'Économie, par P. Desmarchais.....	300
Nos Forces Hydrauliques, leur valeur économique, par O. Lefebvre.....	347

Enseignement.

L'Ingénieur et l'Enseignement technique français, par A.-V. Wendling.....	124
Un Educateur canadien: l'abbé Verreau, par Armand Yon.....	144
L'Enseignement supérieur au Canada français, par Mgr O. Maurault.....	225
Les Lettres de J.-B. Meilleur sur l'Education en 1838, par Léon Lortie.....	251

Histoire.

L'Enseignement supérieur au Canada français, par Mgr O. Maurault.....	225
Les Lettres de J.-B. Meilleur sur l'Education en 1838, par Léon Lortie.....	251
La Frontière Canada-Labrador, par Gérard Gardner.....	272
Nos Traditions, par Marius Barbeau.....	290

Hygiène.

L'Ecole d'Hygiène sociale appliquée, par le Dr J.-A. Baudouin.....	185
--	-----

Industrie.

L'Industrie au service de l'Agriculture, par F.-J. Ledue.....	34
---	----

Législation.

La Moralité de la Spéculation sur Marge à la Bourse, par E. Bouvier	1
La Frontière Canada-Labrador, par Gérard Gardner.....	272

Linguistique.

La Langue grecque et les Genres littéraires en Grèce, par A. Dain...	239
--	-----

Médecine.

Une Thérapeutique nouvelle des Infections aiguës: Le Carbone intra-veineux, par Dr Eugène St-Jacques.....	44
---	----

Morale.

La Moralité de la Spéculation sur Marge à la Bourse, par E. Bouvier.	1
--	---

Nécrologie.

Adhémar Mailhiot, par Mgr Olivier Maurault.....	113
---	-----

Sciences.

L'Industrie au service de l'Agriculture, par F.-J. Ledue.....	34
La Chimie physique en Analyse, par André de Passillé.....	51
Défense du Chauffage à Vapeur, par Guy Montpetit.....	65
L'Ingénieur et l'Enseignement technique français, par A. V. Wendling	124
Calcul des Débits en Tête des Machines à Papier, par P.-E. Piché...	158
Les Alcaloïdes du Tabac, par Léo Marion.....	170
Contribution à l'étude de la Prise du Plâtre, par Louis Bourgoin...	371
Interprétation géométrique de Radiogrammes de Laue pour distin- guer une maille d'un Cristal homogène, par A.-V. Wendling.....	390
Un Laboratoire d'Electronique à l'École Polytechnique, par J.-C. Bernier.....	434
Calibrage d'un Barrage-Déversoir à l'aide d'un Modèle réduit, par Raymond Boucher.....	411

Revue des Livres.

Pages.....	93, 205, 328
------------	--------------

Vie de l'École et de l'Association.

Pages.....	96, 219
------------	---------

Revue Trimestrielle Canadienne

MONTREAL

DECEMBRE 1938

APPERÇUS SUR RADIO-CANADA¹

Je dois sans doute l'honneur de vous adresser la parole aujourd'hui au fait que je rentre d'un voyage, ou plutôt de deux voyages, au cours desquels j'ai eu le plaisir de représenter la Société Radio-Canada à deux réunions internationales très importantes.

Dès mon retour, l'on m'a demandé si je consentirais à vous parler de mes impressions de voyages ou, ajouta-t-on, "de toute autre question se rapportant à la radiodiffusion". Je me prévaudrai de cette latitude, qu'on m'a accordée, pour vous entretenir surtout de la Société Radio-Canada.

Si vous le voulez bien, je parlerai presque exclusivement des activités auxquelles je suis plus particulièrement intéressé, c'est-à-dire la finance, la partie commerciale et le service technique.

Occupons-nous tout d'abord des choses matérielles, car vous savez que la Société Radio-Canada n'est pas seulement un organisme de production de programmes; son service technique est l'un des plus importants du genre au monde.

La Société Radio-Canada dispose, pour son usage exclusif, de huit postes émetteurs: un poste en Colombie Anglaise, trois en Ontario et quatre dans le Québec. Ajoutons à cela un poste à ondes courtes à Ottawa.

De plus, Radio-Canada utilise couramment, dans des conditions que je vous expliquerai dans un instant, quarante-neuf postes appartenant à des entreprises privées.

¹ Conférence prononcée par M. Augustin Frigon, Directeur général adjoint de "Radio-Canada" au *Rotary Club* de Québec, le 28 juin 1938.

Vingt-sept de ces postes "privés", plus les huit de Radio-Canada, soit trente-cinq en tout, forment ce que nous appelons notre "réseau de base". Tous ces postes diffusent nos programmes pendant au moins deux heures par jour. Je crois pouvoir dire, sans crainte de contradiction, que leurs propriétaires tirent un avantage pécuniaire sérieux de leur affiliation avec nous. Vingt-deux postes, appartenant aussi à l'entreprise privée, sont considérés comme supplémentaires et ne sont branchés qu'à l'occasion sur le réseau.

Un poste émetteur ne participe évidemment en aucune façon à la production des programmes; il n'est qu'un outillage produisant dans l'éther les ondes électromagnétiques qui sont captées par les appareils de réception, lesquels sont au nombre d'environ un million cent mille au Canada.

Nos postes de 50 kw. situés à Toronto et à Montréal sont les plus importants du Canada.

Disons quelques mots de celui de Montréal qui est situé exactement à quatre milles de Verchères, à l'extrémité ouest de Contrecoeur; c'est le poste CBF. Ce poste est, à tous points de vue, ce qu'il y a de plus perfectionné au monde. L'installation n'est pas luxueuse, mais absolument complète au point de vue technique. Sa puissance d'antenne est de 50,000 watts, mais la puissance totale requise pour son fonctionnement et celui de ses auxiliaires est de 300 horse power. CBF a coûté plus de \$300,000 et son entretien coûte près de \$100,000 par année. Ne vous étonnez pas de ces chiffres; ils sont très modiques comparés à d'autres que je pourrais vous citer et ils sont bien admissibles lorsque vous saurez qu'il faut un personnel de dix hommes pour assurer le bon fonctionnement d'un outillage aussi compliqué et que certaines pièces, qu'il faut hélas! renouveler assez fréquemment, coûtent \$3,000 chacune. Suivant la méthode moderne, l'antenne est constituée par un simple mât, en structure métallique, de six cents pieds de hauteur environ. Le circuit de terre est très élaboré; il consiste en cent quatre-vingt conducteurs enfouis sous terre, et qui constituent une nappe métallique de 1,200 pieds de diamètre.

L'on m'a demandé quelles étaient les raisons qui avaient provoqué le choix du terrain que nous occupons, à l'exclusion de tout autre; ma réponse, qui étonne toujours, c'est que cet endroit est vraisemblablement le seul qui puisse remplir toutes

les conditions techniques imposées. Des essais préliminaires avaient démontré qu'un poste situé près de Contrecoeur devrait permettre d'atteindre à la fois Québec et Ottawa. Nous nous sommes donc mis à la recherche de l'endroit le plus propice. Le terrain devait avoir entre douze et quinze cents pieds de côté; être près du fleuve, parce que cela assurait une meilleure conductibilité du sol; il fallait, autant que possible, éviter certains terrains mauvais conducteurs; éviter aussi le voisinage d'un grand village, afin de ne pas causer trop d'ennuis; enfin, le prix devait naturellement être raisonnable. Avec toutes ces données en main, nous avons trouvé deux endroits qui paraissaient convenables: l'un près de Lavaltrie et l'autre où nous sommes actuellement. Nous avons découvert que le terrain était peu propice sur la rive nord du fleuve, ainsi que vers Contrecoeur, sur la rive sud. Du côté de Verchères, la distance entre le chemin et la rive du fleuve n'était pas assez grande. Tout compte fait, notre choix s'est donc arrêté, par la force des circonstances et des nécessités techniques, à l'endroit où nous sommes; des essais subséquents ont parfaitement justifié notre décision.

CBF comprend dans sa "zone primaire" une population d'environ deux millions sept cent mille âmes. Mais, il faut expliquer ce que l'on entend par "zone primaire". Il n'y a rien de plus élastique que le territoire desservi par un poste de radiodiffusion, car l'évaluation de son étendue dépend du point de vue où l'on se place. Un optimiste dirait tout simplement que CBD est entendu en Angleterre et en Californie, parce que nous avons des preuves que tel est le cas. Mais, il ne s'agit là que de conditions accidentelles et non pas d'un service régulier. Par contre, un pessimiste, ou quelqu'un qui aurait intérêt à dénigrer ce poste, dirait qu'on entend mal CBF presque partout. La raison de ce pessimisme pourrait être un appareil de réception défectueux, un voisin créant un brouillage sérieux, ou tout simplement une aberration mentale! De sorte que les techniciens de tous les pays se sont entendus pour définir ce qu'ils ont convenu d'appeler la "zone primaire" d'un poste émetteur. Se basant sur les caractéristiques techniques des appareils de réception, ils ont décrété que la "zone primaire" d'un poste émetteur est le territoire en dedans duquel un poste moderne de réception peut entendre ce poste émetteur, à toute heure du jour et de la nuit, et cela avec une clarté suffisante pour que les bruits parasites ordinaires ne viennent pas troubler la

bonne réception des programmes radiophoniques. En termes techniques, l'on dit que la "zone primaire" est délimitée par le contour du champ de .5 m.v. par mètre produit par le poste émetteur. On voit donc que la région positivement desservie par un poste, c'est-à-dire celle où il est toujours entendu, est bien définie et ne doit rien laisser à l'imagination, au parti pris ou au facteur personnel. Dans le cas de CBF, cette zone primaire englobe amplement la ville de Québec, tel que l'ont révélé des mesures sérieuses faites sur place. Si quelqu'un d'entre vous, messieurs, a des difficultés à entendre CBF, je vous conseille de faire examiner tout d'abord votre appareil de réception et, si vous ne parvenez pas à obtenir d'amélioration, cherchez s'il n'y a pas près de chez vous des sources de brouillage qui vous privent du plaisir de nous entendre. A ce propos, je ne puis m'empêcher de vous signaler que l'une des indications les plus sûres prouvant que Radio-Canada rend des services incontestables nous est fournie par les protestations véhémentes qui nous parviennent, lorsque nos programmes ne peuvent pas être entendus. Je me rappelle certaine émission diffusée par notre poste de Québec et non par celui de Montréal et qui a provoqué près de mille cinq cents appels téléphoniques à nos studios, dans l'espace de trois heures.

Je vous disais tout à l'heure qu'un poste émetteur n'est qu'un appareil chargé de lancer à travers l'espace les programmes que vous entendez. Il doit donc être accompagné de "studios" auxquels il est relié par des lignes téléphoniques d'un caractère technique particulier. Les cinquante-sept postes qui sont reliés à notre réseau ont donc chacun leurs studios, studios et poste émetteur formant une unité inséparable, même s'ils sont éloignés l'un de l'autre de plusieurs milles.

Il s'agit maintenant de réunir entre eux ces cinquante-sept points dispersés à travers le Dominion, afin que tous les postes puissent, au besoin, émettre le même programme au même instant. Ceci est obtenu au moyen d'un réseau de lignes téléphoniques, toujours d'un caractère technique très spécial. Ces lignes téléphoniques et les postes émetteurs forment dans leur ensemble ce que l'on appelle le "réseau national". De plus, nous disposons de lignes que nous permettent de faire fonctionner, en un réseau indépendant, les postes situés à New-Carlisle, Rimouski, Chicoutimi, Québec, Montréal et Hull. Nous avons donc depuis quelque temps un réseau de postes, dont le principal est CBF,

que nous pouvons détacher au besoin du "réseau national" et que nous désignons sous le nom de "réseau français". C'est une innovation qui nous a préoccupés dès les débuts et que nous avons été très heureux de pouvoir enfin réaliser.

Les lignes téléphoniques nous sont fournies par les compagnies de télégraphe du Canadien Pacifique et du Canadien National, en vertu d'un contrat plutôt compliqué, car il s'agit d'un service extrêmement complexe. Ces compagnies, à leur tour, doivent utiliser un grand nombre de circuits appartenant à d'autres compagnies. Les compagnies télégraphiques reçoivent de nous un loyer annuel d'environ \$600,000 pour ce service essentiel.

Notre réseau complet comprend sept mille milles de circuits. Il nécessite en plus un réseau téléphonique ordinaire de quatre mille milles de longueur pour le contrôle. Un personnel de quatre-vingts techniciens s'occupe à chaque instant du fonctionnement des postes et des lignes. Si l'on tient compte des techniciens des studios et du fait qu'il doit y avoir deux ou trois relèves par jour, l'on constate qu'un personnel total d'environ six cents personnes assure le bon fonctionnement technique du réseau de radiodiffusion de Radio-Canada à travers le pays. La majorité de ces techniciens ne fait évidemment pas partie de notre personnel. Vous comprendrez les difficultés d'assurer une transmission parfaite de tous les programmes, quel que soit l'endroit d'où ils viennent. Vous saisissez jusqu'à quel point nous devons compter sur l'honnêteté et l'agilité de tous ces collaborateurs qui, à chaque changement de programme, doivent effectuer des centaines de modifications de circuits, dans l'espace de quelques secondes. Tout changement apporté aux lignes doit se faire dans le temps *maximum* de vingt secondes.

Quelques instants avant que l'émission à laquelle nous participons actuellement commence, le programme émis par le poste CHRC de Québec, "Chansonnette française", venant de Montréal. A l'instant même où il s'est terminé, une vingtaine de personnes dans la province de Québec seulement ont, dans l'espace d'une dizaine de secondes, à un moment indiqué à l'avance à une seconde près, fait certaines manœuvres essentielles. Qu'un seul de ces serviteurs obscurs ait fait défaut et l'ensemble ou une partie importante du réseau de Québec se serait trouvé hors d'usage.

Nous pourrions continuer ainsi des heures durant à expliquer les détails techniques du fonctionnement du réseau de Radio-Canada qui s'étend de l'Atlantique au Pacifique et qui, chose unique au

monde, traverse cinq zones horaires différentes, de sorte que si la causerie que je vous donne à l'instant était infligée à nos amis de Vancouver, ils l'entendraient à neuf heures du matin, au lieu de une heure de l'après-midi.

Mais passons à un autre problème: celui qui, peut-être, vous intéresse davantage puisque vous êtes en grande partie des hommes d'affaires: je veux parler des activités commerciales de Radio-Canada. Pourquoi la Société Radio-Canada s'occupe-t-elle de diffuser des programmes publicitaires? Remarquons tout d'abord que les revenus que nous en tirons, sont consacrés *en entier* à la production de plus nombreux et meilleurs programmes. Mais, d'autres raisons, à elles seules, nous forceraient à "faire du commercial" même si la question financière n'intervenait pas. Voici l'une d'entre elles: l'on exige avec raison que Radio-Canada diffuse les bons programmes des grands réseaux américains. Ces programmes comptent, ne l'oublions pas, parmi les plus beaux du monde et, faute d'argent, il nous serait absolument impossible d'en produire d'aussi importants, au Canada. Nous vous donnons bien des concerts symphoniques qui vous plaisent autant que ceux des États-Unis, je l'espère, mais nous ne pourrions jamais vous faire entendre les grandes vedettes qui reçoivent souvent, pour un seul programme, plusieurs fois ce que nous payons à nos meilleurs artistes, pour une année entière. Par conséquent, pour que la Société Radio-Canada fasse son devoir, il *faut* qu'elle radiodiffuse les programmes, non publicitaires, des grands réseaux américains. Ceci est particulièrement important pour les régions éloignées des grands centres, car ces beaux programmes sont inaccessibles à une très forte proportion de notre population, à moins qu'ils ne soient diffusés par des postes locaux, après avoir été transportés sur le réseau téléphonique que seul réellement Radio-Canada puisse maintenir. Mais, si nous demandons aux grands réseaux américains de nous permettre de radiodiffuser ces programmes qui leur coûtent des sommes formidables, vous comprenez bien que ces messieurs veulent que nous diffusions aussi leurs programmes commerciaux, c'est-à-dire, ceux qui leur rapportent des profits. Nous voilà donc forcés de transporter sur notre réseau national et d'en faciliter la radiodiffusion par ses cinquante-sept postes un certain nombre de programmes commerciaux américains. Ceci est le prix exigé pour nous permettre par ailleurs de vous donner les programmes non commerciaux venant de même source.

Mais alors, les industriels canadiens se trouveraient dans une condition d'infériorité dans leur propre pays, si nous leur interdisions l'usage de nos moyens pour fins commerciales; notre réseau doit donc forcément transporter les programmes commerciaux tant américains que canadiens. De là à permettre à nos postes de diffuser des programmes commerciaux d'intérêt local, il n'y a qu'un pas que nous avons franchi sans hésitation, croyant agir dans l'intérêt du Canada. Aujourd'hui, notre problème n'est pas de trouver les programmes commerciaux américains, mais plutôt d'en refuser, quand nous sommes difficiles dans notre choix. Par exemple, en avril dernier nous n'avons accepté des États-Unis que cent quatre-vingt-quinze programmes, dont soixante-quinze programmes commerciaux, sur les 1,340 programmes de tous genres que nous avons donnés, au cours de ce mois, soit moins de 6%. De leur côté, les États-Unis ont radiodiffusé 83 de nos programmes. Vous voyez que même de l'autre côté de la frontière, l'on ne dédaigne pas de nous entendre.

En avril, nos réalisateurs ont produit dans nos studios, avec nos artistes et collaborateurs de toutes catégories, près de neuf cents programmes différents qui n'ont été diffusés qu'une seule fois, car, à quelques très rares exceptions près, un programme radiophonique ne se répète pas.

Comment pouvoir espérer que *tous* ces programmes soient du goût de *tous* nos concitoyens? Il serait même extraordinaire que nous parvenions à réaliser une proportion importante de programmes intéressants et bien exécutés.

Vous me direz peut-être: "Mais voyez donc les beaux programmes qui nous viennent des États-Unis"! A cela, je vous demanderai de ne pas oublier que vous n'entendez ici que les meilleurs et que la très grande majorité des autres programmes américains ne vous plairait peut-être pas! Il y a là une matière de goût que l'on peut discuter et qui, de fait, se discute librement, mais sur laquelle il sera toujours impossible d'obtenir une opinion unanime.

Je n'ai pas l'intention de vous parler de programmes. Je tiens toutefois à vous dire que nous avons pleine conscience de nos lacunes et que nous faisons tout ce qui est humainement possible pour les corriger. Je crois que vous admettrez avec moi que des progrès énormes ont été accomplis au cours des derniers quinze mois, ce qui ne reflète en aucune façon sur l'administration des

Commissaires qui ont précédé les Gouverneurs actuels. Il s'agit là d'une évolution normale que nous nous efforçons d'orienter dans la bonne direction.

Nous disons donc que Radio-Canada transporte sur son réseau national des programmes commerciaux qui sont diffusés par les postes privés. Afin de mettre un peu d'ordre dans tout cela et de faire bénéficier les intéressés d'un service efficace et avantageux pour eux, nous avons créé un département commercial qui sert d'une part de centre administratif pour les activités commerciales de nos propres postes et qui agit aussi comme agent pour les quarante-neuf postes sur les cinquante-sept de notre réseau, qui ne nous appartiennent pas. Si quelques-uns d'entre vous, messieurs, désirent faire de la publicité à travers tout le Canada, par l'intermédiaire de la radiodiffusion, vous n'avez qu'à rencontrer notre représentant, soit à Montréal, soit à Toronto, lequel, par un seul contrat, vous assurera l'usage de tous les postes du réseau canadien, dont quarante-neuf fonctionnent exclusivement dans un but commercial. Chaque poste recevra sa part du loyer que vous payez, d'après des conditions auxquelles son propriétaire a déjà consenti. Radio-Canada se chargera de toutes les dépenses incidentes et se contentera d'un reliquat minime qui lui permettra de couvrir ses frais généraux.

Maintenant deux mots de finance. Nous avons deux uniques sources de revenus: \$2.50 par appareil de réception, moins les frais de collection qui nous sont retenus par le Gouvernement fédéral, et l'an dernier nous avons eu en plus environ \$300,000 de revenus provenant des activités commerciales de nos propres postes. Notre administration financière se fait à Ottawa. Un contrôleur des finances surveille la comptabilité et un contact quotidien existe entre le contrôleur général du Canada et notre Société. Pour l'année fiscale 1937-38, notre bilan s'est clos par un surplus qui reflète éloquemment la sagesse de notre administration.

Nous avons emprunté du Gouvernement fédéral, pour fins de dépenses au compte capital, une somme fixée par la loi à \$500,000, mais nous payons intérêt sur cet emprunt et nous devons rembourser le capital sur une période de dix ans.

Il est vrai que nous sommes un organisme d'intérêt public qui a été créé par le Gouvernement fédéral, mais seul notre Bureau de Direction, composé de personnes désignées par le Gouvernement, est responsable de nos actes. Si vous désirez savoir quel

genre de personnes ont été appelées à la Direction de Radio-Canada, je vous rappelle que monseigneur Alexandre Vachon est un de nos Gouverneurs, et que monsieur René Morin, est notre Vice-Président. Vous pouvez donc être tranquilles, votre \$2.50 est entre bonnes mains et si nous parvenons à vous donner pour environ deux tiers de cent par jour de valeur en service radiophonique, vous n'avez pas à vous plaindre, il me semble.

Je ne voudrais pas terminer sans vous indiquer très brièvement nos projets d'avenir, ce qui me permettra de retomber dans le sujet qui aurait pu être le principal de cette causerie, c'est-à-dire les Conférences de la Havane et du Caire. Nous nous proposons donc de construire de nouveaux postes: l'un, au Nouveau-Brunswick, est même en construction. Nous procéderons aussi, dans un délai assez rapproché, je l'espère, à l'aménagement de studios modernes devenus absolument indispensables, à Toronto et à Montréal. Nous espérons bien posséder, dans un avenir prochain, un poste à ondes courtes que l'on utilisera pour diriger vers l'Europe les programmes canadiens, programmes qui seraient radiodiffusés par les réseaux européens en Angleterre et en France tout particulièrement. Ce poste à ondes courtes servirait aussi à émettre dans la direction de l'Ouest du Canada les programmes de la province de Québec qui sont destinés à la population de langue française. Nous pourrions ainsi donner à nos compatriotes français échelonnés le long de notre pays les programmes dans leur langue maternelle.

Tout cela, ce sont des projets qui seront réalisés à mesure que nos moyens nous le permettront.

Tous les postes de notre réseau ne peuvent fonctionner efficacement qu'à condition que leurs émissions ne soient pas brouillées par d'autres postes étrangers. Aujourd'hui encore, beaucoup de nos radiophiles ne peuvent pas entendre nos programmes parce que des postes situés au Mexique interviennent dans la réception. La Conférence de la Havane, en tant que nous étions concernés, a eu pour but principal de provoquer une entente entre les pays des deux Amériques pour éliminer le plus possible les brouillages nuisibles. Presque tous les pays de l'Amérique du Nord, de l'Amérique Centrale et de l'Amérique du Sud étaient représentés à la Havane; un grand nombre de questions ont été étudiées et grâce à l'intervention efficace des États-Unis et du Canada, une solution aux difficultés présentes a été trouvée. Il reste maintenant aux Gouvernements des divers pays de ratifier légalement et

officiellement l'entente convenue entre leurs représentants à cette Conférence, ce qui doit se faire incessamment.

Au Caire, la Conférence était de bien plus grande envergure; il s'agissait en l'espèce d'une sorte de Société des Nations chargée d'étudier et de résoudre, si possible, *tous* les problèmes d'un caractère international concernant *tous* les domaines de la radiotéléphonie et de la télégraphie. Tout y a été discuté: lettres d'appels entre navires, tarifs des télégraphes, distribution des fréquences entre les différents services tels que ceux de l'aviation, de l'armée et de la radiodiffusion, etc., etc.

L'intérêt de la Société Radio-Canada, au Caire, était d'abord de s'assurer que l'entente de la Havane ne soit pas modifiée par le groupe international et aussi de protéger nos intérêts dans le domaine de la radiodiffusion à ondes courtes. Notre succès sur ces points a été complet. Il y avait aussi une autre raison pour déléguer un représentant de Radio-Canada à la Conférence des Télécommunications du Caire: c'était de permettre l'établissement de relations internationales pour ainsi dire personnelles entre quelqu'un de notre organisation et les représentants des autres grands systèmes de radiodiffusion des pays européens en particulier. De ce côté, mon séjour au Caire a aussi été des plus fructueux. Dès mon retour, j'ai eu l'occasion de mettre à profit les liens d'amitié ainsi établis en réglant les conditions de réception du discours de Sa Sainteté le Pape Pie XI au Congrès Eucharistique de Québec. Vous ne soupçonnez peut-être pas que ce court mais important discours de cinq minutes a exigé des essais distribués sur une période d'un mois.

Les Conférences de la Havane et du Caire ont donc permis à la Société Radio-Canada de prendre sa place définitivement et fermement dans le domaine international. Espérons que l'avenir prouvera que mes deux voyages n'auront pas été faits en vain.

Messieurs, je viens de lever un coin du voile sur les actualités de Radio-Canada. Pour ce qui concerne la politique d'action de Radio-Canada en général, soyez assurés que notre bureau et tout notre personnel ne désirent qu'une chose: donner aux Canadiens de beaux et intéressants programmes canadiens et en aussi grand nombre et à autant de personnes que possible.

A. FRIGON D. Sc.

*Directeur général adjoint de la Société Radio-Canada,
Président de la Corporation de l'École Polytechnique.*

NOS FORCES HYDRAULIQUES, LEUR VALEUR ÉCONOMIQUE¹

De toutes les ressources naturelles que nous possédons, la force hydraulique est la seule qui ait ce caractère particulier de se renouveler sans cesse. Son utilisation n'en diminue pas la quantité ni la possibilité. Si on coupe les arbres d'une forêt il faudra une période variant de quinze à quarante années, selon les conditions climatiques, avant d'avoir une récolte équivalente à celle qui vient d'être faite; si on extrait d'une mine une quantité de minerai ayant une valeur déterminée la valeur de la mine est diminuée en conséquence, et pour toujours. Dans le cas de la force hydraulique, il en est autrement. Quoi que l'on fasse, une partie de l'eau de l'océan sera évaporée et, sous forme de nuages, elle sera entraînée dans les airs pour retomber en pluie ou en neige à la surface du sol. Elle servira alors à activer la végétation; elle sera en partie absorbée dans le sol, et le reste alimentera les cours d'eau: les ruisseaux, les rivières et les fleuves pour retourner à l'océan et recommencer le cycle que je viens de mentionner. Dans sa course vers l'océan, l'eau descend de niveaux supérieurs vers les niveaux inférieurs. Elle forme les cours d'eau que l'on trouve à la surface du globe. Selon la pente plus ou moins raide de ces cours d'eau, l'eau coule avec plus ou moins de vitesse. Ici elle forme un rapide turbulent, là elle tombe dans une chute presque verticale. Ailleurs elle coule lentement et présente une surface tranquille, unie, sur laquelle l'homme a appris à faire flotter des bateaux qu'il utilise comme moyen de transport pour fins commerciales ou fins d'agrément.

L'homme n'a pas tardé à reconnaître la puissance de l'eau descendant des collines en cascades et en rapides. Il a bientôt appris à faire servir cette force pour l'aider à exécuter les durs travaux auxquels il était assujéti.

Tout corps pesant qui tombe acquiert dans sa chute une certaine énergie qui est le produit de son poids par la distance verticale parcourue. L'énergie est donc mesurée en livres et en pieds. L'intensité de l'énergie est mesurée en livres-pieds par minute.

¹ Cette conférence, mise à date quant aux statistiques qui y sont données, a été prononcée devant des membres du Conseil LaFontaine des Chevaliers de Colomb, le 19 octobre 1935.

L'énergie ou le travail, tient donc compte de trois facteurs: la pesanteur, l'espace et le temps. Ainsi, un cheval-vapeur, unité de mesure de puissance, est défini: le travail équivalent à 33,000 livres-pieds par minute, ou 550 livres-pieds par seconde, c'est-à-dire que pour lever une masse de 33,000 livres, une hauteur d'un pied dans une minute il faudra exercer une force d'un cheval-vapeur. De même, pour élever un poids d'une livre, une distance de 33,000 pieds dans une minute, il faudra dépenser la même énergie.

L'eau est un corps pesant $62\frac{1}{2}$ livres par pied cube, et un pied cube d'eau qui tombe d'une hauteur de $8\frac{8}{10}$ pieds dans une seconde fournit 550 livres-pieds d'énergie par seconde, soit l'équivalent d'un cheval-vapeur.

En pratique, et pour les machines hydrauliques modernes qui peuvent donner un rendement de 90%, on calcule qu'un pied cube d'eau qui tombe d'une hauteur de dix pieds dans une seconde produit un cheval-vapeur.

FORCE HYDRAULIQUE MONDIALE

La quantité de forces hydrauliques qui existe à l'état potentiel dans le monde civilisé est connue aujourd'hui. Les estimations qui en ont été faites sont basées sur des méthodes uniformes et qui permettent des comparaisons vraisemblables entre les divers continents.

On trouve dans un rapport préparé par la Conférence Mondiale de l'Energie un tableau qui indique la force hydraulique potentielle estimée en 1933, dans les divers pays comme suit:

(Tableau A)

Les chiffres qui sont donnés pour l'Amérique du Nord sont ceux fournis par le Canada, les États-Unis et le Mexique.

De cette quantité de force disponible connue et estimée, une proportion plutôt faible était utilisée alors. Sur un total de 444,600,000 chevaux dans tout le monde, il n'y avait en 1933 que 41,500,000 chevaux utilisés, soit environ neuf pour cent de la force possible.

Au Canada, la force hydraulique disponible est estimée à 20,000,000 chevaux au débit d'eau basse, et à 33,600,000 chevaux pour le débit moyen disponible six mois par année. Cette force hydraulique est répartie comme suit entre les diverses provinces: (Tableau B, Col. 1 et 2.) Ministère de l'Intérieur, Ottawa, 1er avril 1938).

FORCES HYDRAULIQUES MONDIALES

1933

(Tableau A)

Continent	Population	Superficie Km ²	Chevaux-vapeur		Chevaux-vapeur	
			Energie utilisée	Energie potentielle	Energie aménagée per capita.	Energie potentielle par Km ²
Europe (23 pays).....	526,753,804	29,013,341	17,007,000	52,594,000	0.0322	1.81
Amérique du Nord (2 pays)...	144,868,419	21,698,170	19,187,000	65,600,000	0.132	3.02
Autres continents (12 pays)...	1,059,561,949	86,556,177	5,327,000	326,380,000	0.00503	3.77
GRAND TOTAL.....	1,731,264,172	137,267,688	41,521,000	444,574,000	0.0240	3.23

NOTE — Ces estimations sont probablement basées sur 90% du débit annuel possible et calculées à la turbine.

Statistical Year-Book.

(World Power Conference 1933-4).

C'est au Canada que la force hydraulique est utilisée au plus haut degré puisque avec une population de onze millions d'habitants, nous avions à la fin de 1937, 8,112,751 chevaux distribués dans les diverses provinces. La distribution est donnée comme suit:

(Tableau B, Colonne 3).

Notre total alors, était de $\frac{3}{4}$ de cheval-vapeur par habitant, ou 730 chevaux-vapeur par mille habitants.

Aux États-Unis, à la fin de 1936, le total des aménagements hydrauliques était de 14,273,000 chevaux¹, soit pour une population de 130,000,000 habitants, une production de 110 chevaux par mille habitants.

Il faut dire, toutefois, qu'aux États-Unis, la force motrice produite par les usines à vapeur est bien plus considérable que celle produite par les chutes d'eau. En 1936, les États-Unis produisaient un total de 48,255,000 chevaux-vapeur ou 371 chevaux par mille habitants, dont 70% était fourni par le combustible et 30% par la force hydraulique. Au Canada, c'est le contraire. En 1937, nos usines thermiques produisaient un total de 300,000 chevaux comparé à 8,000,000 chevaux pour nos usines hydro-électriques, soit moins de 4% du total.

La force hydraulique a joué dans notre pays un rôle économique considérable et de première importance. La plupart des petites chutes, sur des cours d'eau qui aujourd'hui nous semblent sans importance, ont été utilisées pour actionner le moulin à farine, le moulin à carder, le moulin à scie, et jusqu'à une période encore récente, on trouvait l'un de ces vieux moulins dans la plupart de nos paroisses. L'outillage dont on se servait était fabriqué sur place: grandes roues en bois munies à la périphérie d'une série d'auges et que le poids de l'eau faisait tourner avec plus ou moins de régularité. Il n'était pas question alors de l'aménagement des grandes chutes. L'outillage dont on disposait ne permettait pas un tel aménagement. Une grande chute n'était pas alors un actif. Il fallait la sectionner, la diviser, pour pouvoir en tirer profit. Aujourd'hui que l'on se sert des turbines, on peut utiliser, et on utilise des hauteurs de chute de plusieurs centaines de pieds, même de plusieurs milliers de pieds dans les Alpes. Au Canada, les chutes d'eau sont généralement de faible hauteur, exception faite pour les chutes Niagara (162 pieds), Shawinigan (135 pieds) et Montmorency (273 pieds). Au

¹ "Electrical World", Jan. 1937.

FORCES HYDRAULIQUES DU CANADA, POSSIBLES ET AMÉNAGÉES

(Tableau B)

	Force motrice possible, 24 heures par jour à 80% rendement		1er janvier 1938	Distribution par population	
	Pour débit minimum ordinaire	Débit dis- ponible du- rant 6 mois	Total de la force motrice aménagée	Population 1 juin 1937	Aménagement, H. P. par 1,000 personnes
	1	2	3	4	5
QUÉBEC.....	8,459,000	13,064,000	3,999,686	3,135,000	1,275
ONTARIO.....	5,330,000	6,940,000	2,577,380	3,711,000	694
COLOMBIE ANGLAISE.....	1,931,000	5,103,500	719,972	851,000	960
ALBERTA.....	390,000	1,049,500	71,597	778,000	92
SASKATCHEWAN.....	542,000	1,082,000	61,035	939,000	65
MANITOBA.....	3,309,000	5,344,500	405,325	717,000	565
NOUVEAU-BRUNSWICK.....	68,600	169,100	133,681	440,000	304
NOUVELLE-ÉCOSSE.....	20,800	128,300	123,437	542,000	228
ILE DU PRINCE-ÉDOUARD ..	3,000	5,300	2,439	93,000	26
YUKON & TERRITOIRE DU NORD-OUEST.....	294,000	731,000	18,199	14,000	1,305
CANADA.....	20,347,000	33,617,200	8,112,751	11,120,000	730

lieu de diviser les grandes chutes en plusieurs unités de hauteur minime, c'est le contraire que l'on fait. On cherche autant que possible à concentrer en un point donné, en une seule chute de grande hauteur, ce qui, dans la nature, est présenté sous forme de plusieurs rapides et chutes. La plus grande concentration de chute dans la province de Québec est celle de Québec Power à St-Ferréol, rivière Ste-Anne-de-Beaupré, où une usine a été aménagée sous une hauteur de chute de 410 pieds.

Cette évolution, dans les méthodes employées pour l'aménagement de la force hydraulique, n'est pas due seulement à la découverte de la turbine vers le milieu du siècle dernier et au progrès que les ingénieurs ont fait dans la fabrication de cette machine, mais surtout à la transformation de la force motrice en courant électrique au moyen de la machine génératrice, et à la possibilité de transporter à de longues distances ce courant électrique.

Voici en quelques mots le progrès réalisé dans la fabrication des turbines.

(Tableau C)

ÉVOLUTION DE LA TURBINE

- 1827 — La première turbine Fourneyron fut installée en France.
- 1837 — Fourneyron construisit en Suisse une turbine fonctionnant sous une hauteur de charge de 354 pieds.
- 1844 — Une turbine Fourneyron fonctionne aux États-Unis.
- 1895 — Turbines de 5,000 chevaux installées à Niagara.
- 1911 — Turbines Francis en exploitation aux États-Unis.
- 1913 — Turbines 10,000 chevaux, charge 32 pieds, sur la rivière Mississippi.
- 1914 — Turbines 10,800 chevaux, charge 30 pieds, aux Cèdres, Québec.
- 1920 — Turbines 37,500 chevaux, charge 215 pieds, à Niagara.
- 1920 — Turbine, genre hélice, introduite.
- 1921 — Turbine, 55,000 chevaux, hauteur de charge de 305 pieds, à Niagara.
- 1921 — Turbine (Francis) 25,000 chevaux, hauteur de charge de 800 pieds, aux États-Unis.
- 1921 — Turbine à impulsion, 30,000 chevaux, hauteur de charge de 1008 pieds, aux États-Unis.
- 1922 — Turbine (Francis) 40,000 chevaux, hauteur de charge de 257 pieds, aux États-Unis.
- 1923 — Turbine (Francis) 41,500 chevaux, hauteur de charge de 145 pieds à Shawinigan Falls.
- 1923 — Turbine (hélices) 28,000 chevaux, hauteur de charge de 56 pieds, au Manitoba.
- 1923 — Turbine (Francis) 25,000 chevaux, hauteur de charge de 857 pieds aux États-Unis.
- 1923 — Turbine (Francis) 70,000 chevaux, hauteur de charge de 213 pieds, à Niagara.

Amélioration dans le rendement — 93% aujourd'hui.

On n'installe pas indifféremment une turbine de capacité quelconque. Une analyse technique par un ingénieur détermine le meilleur choix.

L'énergie qu'on tire d'une chute d'eau n'a plus à être utilisée sur place comme autrefois. Elle est transmise à de grandes distances, et on peut dire qu'une chute d'eau n'offre pas d'avantages particuliers pour le district où elle est située. La facilité de transmission est une cause additionnelle de la concentration de l'industrie pour former les grands centres industriels. Ce qui n'est pas, nous le voyons dans la crise actuelle, toujours un avantage.

Un bref aperçu maintenant de l'évolution dans la facilité de transmission.

(Tableau D)

ÉVOLUTION DES LIGNES DE TRANSMISSION

- 1873 — Courant fut transmis d'une génératrice à un second moteur attelé à une pompe distante de 550 verges, par Gramme et Fontaine, à l'exposition de Francfort, Allemagne.
- 1882 — Marcel Deprez construisit la première ligne à longue distance entre Miesbach et Munich, une distance de 37 milles. Il transmet $\frac{1}{4}$ cheval-vapeur, courant continu à une pression de 2400 volts.
- 1885 — Premier transformateur construit par Wm. Stanley aux États-Unis.
- 1886 — On transmet 20 ampères, courant continu, à une distance de 25 milles à 7,500 volts, entre Criel et Paris.
- 1886 — Premier tramway électrique aux États-Unis à Richmond.
- 1886 — Première ligne à courant alternatif en Italie, 150 chevaux, à 2000 volts, distance 17 milles.
- 1889 — Aux États-Unis 3000 chevaux à 4000 volts, distance 13 milles.
- 1891 — En Allemagne, 110 chevaux transmis à 12,000 volts, courant triphasé. Distance 112 milles.
- 1892 — Aux États-Unis, 800 chevaux transmis à 10,000 volts, distance 28 milles.
- 1896 — Aux États-Unis, système de 25,000 volts en exploitation.
- 1903 — Au Mexique, système de 60,000 volts.
- 1903 — Québec, une ligne de transmission à 50,000 volts, de 85 milles de longueur entre Shawinigan et Montréal.
- 1906 — Ontario, ligne de 60,000 volts entre les chutes Niagara et Toronto (90 milles).
- 1908 — Aux États-Unis, système de 110,000 volts.
- 1911 — Québec, une deuxième ligne de 110,000 volts entre Shawinigan et Montréal.
- 1913 — Aux États-Unis, système de 150,000 volts en exploitation.
- 1922 — Aux États-Unis, système de 165,000 volts.
- 1923 — Aux États-Unis, système de 220,000 volts.
- 1927 — Québec, ligne de 168,000 volts entre le Lac St-Jean et Québec (135 milles).
- 1928 — Ligne de 220,000 volts entre Pagan Falls et Toronto (230 milles).

PROPRIÉTÉ DES CHUTES D'EAU

Dans ce chapitre, mes remarques vont se limiter à la province de Québec, car ce serait risquer de vous ennuyer en discutant la

législation des divers pays. Je ne veux pas vous mettre sous l'impression que je connais la législation propre à chaque pays. Je pourrais, tout de même, mentionner la législation des diverses provinces du Dominion et celle des États-Unis. Une étude comparative des diverses législations serait intéressante.

Dans la province de Québec, les chutes d'eau sont la propriété de la Couronne quand elles sont situées sur des cours d'eau qui sont navigables et flottables. Pour celles qui sont situées sur des cours d'eau qui ne sont ni navigables ni flottables, elles sont la propriété du propriétaire riverain.

La question immédiatement se pose: Qu'est-ce qu'une rivière navigable et flottable? Le manque de définition précise a donné lieu à de nombreux litiges. En 1884, dans le but de mettre fin à ces litiges, du moins quant aux concessions de terrains faites subséquemment à cette date, la Couronne a établi en sa faveur une réserve de trois chaînes à partir des hautes eaux ordinaires. Tous les terrains concédés par la Couronne depuis 1884 et qui aboutent à un lac, ou une rivière, ou cours d'eau, sont sujets à cette réserve de trois chaînes si les cours d'eau sont déclarés ni navigables ni flottables. La Couronne reste donc propriétaire riverain, et par suite elle reste propriétaire du lit du cours d'eau. La Couronne est donc propriétaire de toutes les forces hydrauliques sur les rivières navigables et flottables, et elle est propriétaire de toutes les forces hydrauliques sur les cours d'eau non navigables et non flottables quand, dans ce dernier cas, elle est propriétaire riverain.

Une cause célèbre et intéressante est celle connue comme "Cause Pagan". Sur la rivière Gatineau, à une trentaine de milles de la ville d'Ottawa, dans le canton de Low, se trouvent les chutes Pagan. Ces chutes ont été concédées vers 1900 par la Couronne. MacLaren, à titre de propriétaire riverain, contesta à la Couronne le droit de louer ces chutes dont il réclama la propriété, alléguant que la rivière Gatineau étant un cours d'eau ni navigable ni flottable, le lit de cette rivière appartenait aux propriétaires riverains. La cause fit toutes les étapes de la procédure, et le Conseil Privé vers 1916, a jugé que la rivière Gatineau n'était ni navigable ni flottable, et que la Couronne avait outrepassé ses droits en vendant à son profit les chutes Pagan. La vente a été déclarée nulle.

Dernièrement encore, il y a quelques années seulement, la Cour Supérieure a déclaré qu'une certaine partie de la rivière St-François, en aval de Drummondville, n'était ni navigable, ni flottable et

qu'elle est la propriété des riverains à cet endroit. Un bail que la Couronne avait consenti en faveur d'un tiers a été annulé. Ce jugement a été renversé par la Cour d'Appel, et le Conseil Privé a confirmé le jugement de la Cour d'Appel. Les lots riverains dans ce cas ont été concédés avant 1884.

Le gouvernement de Québec a d'abord consenti à la vente d'un certain nombre de forces hydrauliques. A cette époque, les aménagements hydrauliques comportaient beaucoup plus de risques qu'aujourd'hui, et le public considérait comme très hardies les personnes qui y engageaient leurs capitaux. Avec le progrès réalisé dans la technique de la production et de la transmission du courant électrique, ces risques s'atténuèrent; et pour mettre fin à certaines tentatives de spéculation, la Couronne cessa en 1907 de vendre les chutes. C'est à partir de ce moment que les chutes sont louées pour une période déterminée, moyennant une royauté annuelle. La durée du bail emphytéotique est variable. A la fin du bail, la Couronne peut prendre la propriété de l'usine, à l'exception des machines amovibles.

La Couronne retire dans la province de Québec, en royauté pour forces hydrauliques louées, une somme d'environ \$700,000.00 par année.

VALEUR

Quand on discute la valeur d'une force hydraulique ou, comme on dit souvent, de nos "chutes d'eau", on est généralement porté à l'exagération. On pense que l'eau qui tombe du ciel et qui coule dans nos chutes, ne coûtant rien, doit fournir une énergie coûtant peu de chose. On oublie qu'il en coûte très cher relativement pour exécuter tous les travaux qui sont nécessaires pour capter une chute d'eau: travaux de barrages souvent assez hasardeux, canaux d'amenée à l'usine, canalisation dans l'usine, canaux de fuite lorsque l'eau est évacuée de la turbine; turbines, machines génératrices, transformateurs, tout cela exige un capital qui varie avec la topographie pour ce qui est du barrage et de l'assise de l'usine. Le coût des machines à puissance égale est pratiquement le même dans tous les cas. Ces machines, d'ailleurs, sont fabriquées dans de grandes usines d'où elles sont expédiées à l'endroit où elles sont utilisées. La distance et les facilités de transport sont les seuls facteurs qui causent une différence dans le prix de revient des machines installées.

Les statistiques canadiennes indiquent que le coût moyen par cheval-vapeur installé dans les usines hydro-électriques au Canada

est de \$128.00. Si on ajoute le coût des lignes de transmission et de distribution, le prix de revient est en moyenne de \$184.00 (les usines non productrices exclues: \$213.00).

Ce sont les facteurs déterminants du prix *moyen* de la force motrice. Il faut y ajouter le coût de l'exploitation de l'usine, la dépréciation assez rapide des machines qu'il faut remplacer par des machines plus modernes.

Les prix de revient donnés ci-dessus sont approximatifs et ils ne peuvent évidemment servir pour des cas particuliers.

RENDEMENT

Si on pouvait obtenir toute la force théorique de l'eau qui tombe d'une hauteur donnée, on produirait un cheval-vapeur pour chaque pied cube par seconde qui tomberait d'une hauteur de 88:10 pieds. Mais vu l'imperfection de nos machines le rendement n'est pas de cent pour cent (100%). Avec les perfectionnements apportés à la turbine moderne et à la machine génératrice, on obtient un rendement de 90 pour cent. En d'autres termes, un pied cube par seconde tombant d'une hauteur de dix pieds fournira une énergie équivalente à un cheval-vapeur. Si on obtient un rendement de 90% il ne reste que 10% pour arriver à la perfection, et nous n'y arriverons pas facilement.

USINES THERMIQUES

Les usines thermiques produisent aux États-Unis et en Angleterre, par exemple, la plus grande partie de la force motrice utilisée dans ces pays. C'est que ces deux contrées, de même que l'Allemagne sont abondamment pourvues de mines de charbon. Il convient d'ouvrir ici une parenthèse pour signaler les progrès remarquables qui ont été faits dans l'aménagement des usines thermiques. Il y a vingt-cinq ans, le rendement de ces usines thermiques ne dépassait guère 15%, c'est-à-dire que la chaleur tirée du combustible produisait un travail équivalent à 15% seulement du rendement théorique. On perdait dans la transformation 85%. Alors on consommait plus de trois livres de charbon pour produire un killowattheure.

Le kilowattheure est l'unité de mesure de l'énergie électrique. Un kilowatt est l'équivalent de 1/13 de cheval-vapeur. Un kilowattheure est l'équivalent de l'énergie dépensée par l'emploi d'un kilowatt pendant une heure. Les kilowattheures sont donc le produit du

nombre de kilowatts par le nombre d'heures. Ainsi, un demi-kilowatt pendant deux heures, ou $\frac{1}{4}$ de kilowatt pendant quatre heures, représentent des quantités équivalentes.

En 1919, il fallait consommer au delà de trois livres de charbon pour produire un kilowattheure. Avec l'invention de la turbine à vapeur et la construction des bouilloires à haute pression, le rendement des usines thermiques a été amélioré jusqu'au point où, dans les grandes centrales construites en ces dernières années, il faut moins d'une livre de charbon pour produire un kilowattheure.

En 1937, les usines thermiques aux États-Unis ont consommé, en moyenne, 1.43 livres de charbon par kilowattheure, et ce progrès remarquable est susceptible de continuer mais au ralenti, vu le coût croissant des améliorations à obtenir.

En Angleterre, en 1937, les usines ont consommé, en moyenne, 1.48 livres de charbon par kilowattheure.

Il ne faudrait pas être surpris si, dans un avenir rapproché, on voit la construction d'usines thermiques immenses à l'emplacement même des mines de charbon. Ce combustible sera, dès sa sortie de la mine, transformé en courant électrique, lequel sera distribué par des lignes à haut voltage dans les principaux centres, à un prix de revient qui offrira une concurrence sérieuse au courant électrique produit par les aménagements hydrauliques.

L'usine thermique deviendra sans aucun doute, un concurrent sérieux pour la force hydraulique.

USAGE

Voyons rapidement quel usage on fait de l'énergie hydraulique aménagée aujourd'hui. Des calculs basés sur les données du Service Fédéral des Statistiques, sur les 8,000,000 chevaux aménagés au Canada à la fin de 1937, on utilisait:

1,785,000 chevaux dans l'industrie de la pulpe et du papier.	22%
800,000 chevaux dans l'industrie minière	10%
3,900,000 chevaux dans les autres industries, éclairage des rues, etc.	48%
1,625,000 chevaux pour service domestique, éclairage commercial et exploitation.	20%

On peut se faire une idée de la distribution de la force motrice utilisée dans la province de Québec, par les chiffres qui sont donnés

dans le tableau "E", chiffres puisés dans les statistiques de la Régie Provinciale de l'Electricité. Cette distribution est celle qui existait au mois d'octobre 1937. Ce mois donne une idée assez exacte de la consommation mensuelle moyenne durant l'année.

Tableau E

DISTRIBUTION DES VENTES
DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE PERMANENTE
DANS LA PROVINCE DE QUÉBEC
POUR LE MOIS D'OCTOBRE 1937¹

a — Usage domestique	3.95 pour cent	à	363,748 Clients. ²
b — Usage commercial	3.50 pour cent	à	64,821 "
c — Usage industriel, tramways, etc.	92.55 pour cent ³	à	14,135 "

¹ Les entreprises municipalisées ne sont pas comprises dans ce tableau.

² Ce total comprend 18,754 clients cultivateurs représentant 13.8 pour cent des fermes en exploitation dans la province de Québec, en 1931.

³ Réparti comme suit:

Force motrice industrielle:	87.70%
Force motrice municipale:	1.66%
Eclairage municipal des rues:	0.51%
Vente en bloc aux municipalités (pour revente):	0.38%
Transports (tramways et chemins de fer):	2.30%
Total:	92.55%

⁴ Ne comprend pas l'énergie intermittente ni l'énergie exportée dans les autres provinces ou aux États-Unis.

CHAUFFAGE

Depuis plusieurs années, la question du chauffage de nos maisons par l'électricité revient de temps à autre dans l'actualité. Étant donné la quantité considérable de force motrice qui peut être tirée de nos cours d'eau, et vu qu'il nous faut importer la plus grande partie du combustible que nous utilisons, il semble à beaucoup de personnes, que nos forces hydrauliques sont amplement suffisantes pour le chauffage général, et que dans les provinces d'Ontario et de Québec le fait que nous n'avons pas de charbon est de la sorte sans importance. Le chauffage électrique offre des avantages si nombreux sur les autres méthodes que naturellement on souhaite qu'il puisse

un jour remplacer le charbon, le gaz, etc. Il est vraisemblable que dans quelques-unes des régions tempérées du globe, où une quantité relativement faible de chaleur est requise, il soit possible, pratique, de demander cette chaleur à l'électricité, mais la situation au Canada est tout à fait différente. Le climat de la plus grande partie de ce pays est tellement froid durant l'hiver que même la totalité de nos forces hydrauliques complètement aménagées serait insuffisante pour un pareil service. Ceci a été clairement démontré dans une étude faite par le conseil des Recherches Scientifiques et Industrielles — étude publiée en 1918, comme bulletin No 6, intitulée: "Le Chauffage des Maisons, comparaison entre le charbon et l'électricité", par A. L. S. Barnes, Ingénieur attaché au personnel technique de la Commission Hydro-Electrique d'Ontario. Une étude du même problème a été faite pour le compte de l'État de l'Idaho par la Commission des Services Publics de cet État. Pourtant les conditions paraissaient très favorables à la réalisation d'un tel projet dans l'Idaho. L'un des désavantages du chauffage électrique au point de vue économique est que le courant ne sera requis que durant sept mois par année. Qu'est-ce qui sera fait de la quantité considérable de force motrice, durant l'été? Dans l'État de l'Idaho, cette difficulté paraissait exister à un degré bien atténué. En effet, dans cet État, on pratique sur une grande échelle les travaux d'irrigation. Une grande partie de l'eau requise doit être pompée à un niveau supérieur, d'où elle peut être distribuée sur les terrains par gravitation. Ce pompage exige une dépense de force motrice assez considérable, laquelle n'est utilisée que durant les mois d'été. Pourquoi ne pas la faire servir durant l'hiver au chauffage des maisons? Parce que: 1° la quantité de force disponible était tout à fait insuffisante; 2° le coût était beaucoup trop élevé. Le projet a été abandonné.

Il ne faut pas oublier qu'une usine hydro-électrique doit être aménagée pour fournir la demande maximum en tout temps. Il n'y a pas, entre le consommateur et l'usine qui fournit le courant, un poste intermédiaire susceptible d'absorber les fluctuations dans la demande, et la production varie directement avec la consommation. On ne peut pas tabler sur une production moyenne. L'outillage requis est imposé par la demande maximum. Toute différente, par exemple, est l'usine à gaz. Le gaz produit est canalisé vers un réservoir et de ce réservoir le gaz est distribué au client. La quantité de gaz produit à l'usine est constante durant chaque heure de la

journée, quelle que soit la variation dans la demande, mais la quantité de gaz dans le réservoir intermédiaire est variable. Lorsque la demande est moindre que la production, le réservoir absorbe le surplus. Quand, au contraire, la demande est supérieure à la production, le volume dans le réservoir diminue. Si on pouvait trouver un réservoir intermédiaire d'application pratique aux usines hydro-électriques, on diminuerait de façon fort appréciable le coût du courant électrique.

Ceci étant posé, il est clair que pour chauffer nos maisons à l'électricité, il faudrait un outillage capable de produire le courant électrique nécessaire pour fournir une température convenable lors des plus grands froids.

Dans l'étude mentionnée précédemment, il a été établi que pour chauffer une résidence ordinaire de huit pièces, dans la ville de Toronto, il faudrait douze chevaux-vapeur (H.P.). Calculant 100,000 résidences à Toronto, il faudra donc installer 1,200,000 chevaux-vapeur (H.P.). On calcule également que les 6,000,000 de chevaux disponibles dans la province d'Ontario ne suffiraient pas pour le chauffage de toutes les résidences dans cette province.

Le coût du chauffage électrique, même si ce chauffage était possible, serait plus élevé que le chauffage par le charbon ou à l'huile. Il ne faut pas oublier que dans ces comparaisons on prend le rendement du chauffage à l'électricité comme étant de 100 pour cent, tandis que le rendement du chauffage par combustible peut varier de 30 jusqu'à 70 pour cent. Le système de chauffage par combustible est donc susceptible de s'améliorer. Il n'en est pas ainsi pour le chauffage électrique, puisqu'il est considéré comme donnant son plein rendement.

Les ingénieurs qui préconisent le chauffage par combustible ont donc un très grand avantage sur les partisans du chauffage électrique, en ce sens, qu'ils peuvent réaliser une grande amélioration dans les systèmes thermiques.

On utilise, cependant, avec avantage, le courant électrique pour la production de la vapeur dans les usines où l'on fabrique le papier et la pâte à papier. Cette pratique, toutefois, n'est possible, économiquement parlant, que dans les cas où, durant certaines heures du jour, l'usine hydro-électrique peut disposer, sans frais additionnels, d'une quantité de force motrice qui ne lui coûte pratiquement rien. C'est ce qu'on appelle "courant en dehors des heures de pointe". C'est un service intermittent, fourni à certaines heures du

jour seulement, et qui peut être interrompu en aucun temps. Les producteurs du courant électrique y trouvent leur profit puisque sans cette source de revenus ils devraient, durant certaines heures du jour, laisser écouler un surplus d'eau qui serait perdu. Mais c'est dans ce cas exceptionnel seulement, que le courant électrique peut être utilisé avec avantage pour le chauffage. Encore faut-il dire que le prix de vente du cheval-vapeur ainsi utilisé ne dépasse pas le coût d'une tonne de charbon à l'usine du client.

Tout le monde connaît ce qu'on appelle la dégradation de l'énergie. C'est ce qui résulte d'une transformation de l'énergie sous forme où son rendement est inférieur à ce qu'il était avant la transformation. Ainsi, par exemple, si on utilise, disons le charbon comme source de chaleur, sans pousser la transformation plus loin, on obtient de 50 à 65 pour cent, mais si au lieu de se contenter d'utiliser la chaleur comme telle on s'en sert pour transformer de l'eau en vapeur, et que cette vapeur sous pression agisse sur la partie mobile d'une machine, le rendement n'est plus que de 25% à 30%, d'où diminution de valeur.

Le courant électrique est essentiellement une force. Lorsqu'on transforme cette force en chaleur, on diminue sa valeur. Par exemple, si le courant électrique est utilisé comme force, un cheval-vapeur fournira autant de travail que cinq tonnes de charbon environ. Le même courant électrique transformé en chaleur ne vaut plus qu'une tonne de charbon. La dégradation est donc évidente. Ce à quoi il faut viser, c'est à l'utilisation du courant électrique dans tous nos moteurs et à la conservation du charbon et des combustibles pour le chauffage seulement.

CUISSON

L'utilisation du courant électrique pour la cuisson des aliments est préconisée surtout par les vendeurs d'appareils utilisés dans ce procédé. Des poêles électriques de divers modèles ont été mis sur le marché. Est-il possible que cet usage soit généralisé et qu'on trouve un poêle électrique dans chaque foyer? Personne ne nie le grand avantage qu'offre le poêle électrique: sa propreté, l'absence de toute odeur, le rendent éminemment désirable. Quelle est la quantité de courant nécessaire à la préparation d'un repas pour une famille moyenne? Des expériences faites aux États-Unis, ont démontré que pour un pareil repas il est nécessaire d'utiliser l'équivalent de 5 chevaux, soit $3\frac{1}{2}$ à 4 kilowatts.

Tant que le nombre de poêles électriques ne sera pas plus grand, il n'y a pas beaucoup d'inconvénients à ce que durant l'heure de la préparation du repas une demande subite de courant soit faite à l'usine. Si, toutefois, le nombre de poêles augmente jusqu'à, disons 10,000, et qu'il faille à chaque poêle un courant de 4 kilowatts, un système de distribution devra donc fournir subitement, et pendant une heure environ, 40,000 kilowatts. Si le nombre de poêles atteint 100,000, c'est 400,000 kilowatts que l'usine devra produire subitement, car il ne faut pas oublier que dans un district donné les repas, surtout ceux du midi et du soir, se préparent presque partout à la même heure. On peut voir immédiatement que la cuisine, dans ces conditions, coûtera nécessairement cher, car pour la satisfaire il faudra un outillage dispendieux et considérable.

De plus, l'électricité utilisée pour la cuisine ne le sera que quelques heures par jour, tout au plus 15% du temps. Tout de même, le client ne voudra pas être limité absolument à un nombre d'heures fixes. Il veut se servir du courant électrique à son caprice. Il faudra donc qu'une usine laisse à la disposition du client une quantité considérable d'énergie qui ne sera pas utilisée pour la majeure partie du temps.

Il est bien évident que la cuisine électrique sera encore pour longtemps un luxe que peuvent se payer les familles riches, ou très peu nombreuses. Il ne faut pas s'attendre à l'emploi général de l'électricité pour fins de cuisine.

ÉLECTRIFICATION DES CHEMINS DE FER

S'il n'est pas pratique de songer à utiliser nos forces hydrauliques pour fournir le chauffage dont nous avons besoin, il semble que nous devrions au moins nous hâter de remplacer la traction mécanique par la traction électrique sur tous nos chemins de fer. On se demande pourquoi la chose n'a pas été faite. La question a été étudiée sérieusement par les ingénieurs des compagnies de transport. Leurs conclusions sont que la traction électrique serait beaucoup plus dispendieuse que la traction mécanique ou par les machines à vapeur.

On calcule qu'il en coûterait de \$25,000 à \$30,000 par mille de voie principale pour l'installation de la traction électrique, — les usines centrales, les lignes de transmission, les postes transformateurs, les fils de trolley, etc. Il faut y ajouter le coût des locomotives

électriques. Les charges fixes sur un capital de \$25,000 à \$30,000 par mille, sont importantes et ce système ne devient économique que pour un trafic très dense. Par exemple, il est justifié dans le voisinage des grands centres comme New York, où le nombre de trains est considérable chaque jour et à chaque heure du jour.

La traction électrique offre aussi des avantages dans les pays de montagnes où les rampes des chemins de fer sont nécessairement très fortes.

Il y a quelques années, on pouvait espérer que le trafic sur certaines sections de nos chemins de fer canadiens pourrait justifier l'électrification de ces sections, mais dans ces dernières années le trafic, tant des passagers que des marchandises, a grandement diminué et il n'est plus question d'électrifier nos chemins de fer.

Il faut dire aussi qu'on a réalisé des progrès remarquables dans la technique des locomotives à vapeur, et que le rendement de ces machines merveilleuses est bien supérieur à ce qu'il était il y a quelques années.

FORCE MOTRICE DANS L'INDUSTRIE

L'industrie absorbe une quantité considérable de force motrice. C'est ce qui fait croire que l'industrie sera attirée vers les centres où on peut lui offrir cette force motrice à meilleur compte. Lorsqu'on examine la question de près, cependant, on découvre que dans la moyenne des industries la force motrice est un facteur de moindre importance. Aux États-Unis, le recensement de 1919 fait voir que l'industrie, en général, utilisait moins que la moitié d'un cheval-vapeur pour chaque \$1,000.00 en valeur de produits fabriqués. Calculant le prix moyen de la force motrice à \$20.00 par cheval-vapeur, le coût de la force motrice utilisée était donc environ 1% de la valeur du produit manufacturé.

Toutefois depuis 1919, la quantité de force motrice utilisée dans l'industrie a augmenté plus rapidement que la valeur des produits fabriqués, et le coût de la force motrice représente un pourcentage plus élevé du coût de production.

On lira avec intérêt les renseignements donnés dans le tableau "F", lequel indique pour certains groupes d'industries aux États-Unis en 1919, le nombre de chevaux-vapeur employés pour chaque millier de dollars en valeur du produit fabriqué, et le nombre de chevaux-vapeur utilisés par chaque personne employée dans les mêmes industries.

(Tableau F)

FORCE MOTRICE EMPLOYÉE DANS LES PRINCIPALES
INDUSTRIES AUX ÉTATS-UNIS EN 1919

	H. P. par \$1000 valeur du produit	H. P. par personne employée dans l'industrie
Machines agricoles.....	0.42	1.92
Usines d'automobiles.....	0.17	1.38
Ateliers des chemins de fer.....	0.47	1.15
Ciment.....	2.78	16.10
Cotonnades.....	0.87	4.14
Machineries électriques.....	0.44	1.62
Fonderies et ateliers.....	0.46	1.86
Fer et acier hauts fourneaux.....	2.00	33.70
Fer et acier, laminoirs.....	1.35	9.05
Scieries.....	1.70	4.65
Pulpe et papier.....	2.35	14.85
Imprimeries.....	0.31	0.88

La tableau "G", préparé d'après les statistiques fédérales, recensement industriel, fournit des renseignements analogues pour l'industrie au Canada pour les années 1923, 1929 et 1936.

Le nombre de chevaux-vapeur utilisés par l'industrie était 2,146,903 en 1923 pour atteindre 4,461,867 en 1936, soit une augmentation un peu plus que du double en treize ans.

Le nombre de chevaux-vapeur par personne employée, lequel était 4.19 en 1923, est passé à 7.54 en 1936. La tendance à remplacer la main-d'œuvre par la machine est bien tranchée.

A remarquer aussi qu'en 1923 l'industrie au Canada utilisait $1\frac{3}{4}$ cheval-vapeur par mille dollars en valeur des produits fabriqués, et qu'elle utilisait $3\frac{1}{2}$ chevaux-vapeurs en 1936. Il faut dire aussi que la valeur unitaire des produits en 1923, était plus élevée que celle des mêmes produits en 1936.

Les facteurs qui sont décisifs pour le choix de la localité d'une industrie sont, par ordre d'importance:

- 1° Facilité de trouver la matière première;
- 2° Qualité et caractère de la main-d'œuvre;
- 3° Facilité de transport;
- 4° Accès des marchés de consommation;
- 5° Coût de la force motrice.

ÉNERGIE ÉLECTRIQUE REQUISE DANS L'INDUSTRIE ET LES MINES AU CANADA

(Tableau G)

	1923			1929			1936		
	Nombre de H.P. requis	Nombre de H.P. par employé	H.P. par \$1000 de produits	Nombre de H.P. requis	Nombre de H.P. par employé	H.P. par \$1000 de produits	Nombre de H.P. requis	Nombre de H.P. par employé	H.P. par \$1000 de produits
1 — Produits végétaux.....	257,176	3.93	1.23	326,346	3.68	0.95	342,123	3.93	1.34
2 — Produits animaux.....	80,895	1.31	0.73	101,268	1.50	0.77	126,807	1.99	1.15
3 — Industrie textile.....	107,850	1.16	0.68	168,614	1.46	0.82	221,830	1.93	1.36
4 — Industries du bois et du papier	1,146,571	8.92	3.59	2,022,839	12.30	4.92	2,227,328	16.81	8.54
5 — Industrie de l'acier.....	213,705	2.42	1.02	529,162	4.00	1.50	681,038	6.35	3.22
6 — Métaux non-ferreux.....	99,963	4.65	2.20	351,752	8.81	2.22	461,129	12.51	3.49
7 — Produits minéraux non-métalliques.....	131,780	5.28	1.76	210,804	6.70	1.69	237,163	10.81	3.45
8 — Industrie chimique.....	62,547	4.11	1.10	83,935	5.02	1.01	137,442	6.90	1.97
9 — Industries non classifiées.....	46,516	2.81	1.28	73,259	3.47	1.22	27,007	2.62	1.40
Total.....	2,146,903	4.19	1.77	3,867,979	5.71	2.06	4,461,867	7.54	3.47

Il y a aussi d'autres facteurs qui ont une certaine importance dans la détermination de ce choix. On voit donc qu'il ne faut pas être surpris si, malgré les panneaux-réclames, où l'on annonce qu'on trouvera à tel endroit une force motrice abondante et à bon marché, on ne fait pas accourir les industriels vers cet endroit. Excepté dans le cas de certaines industries particulières, telles que les usines électro-métallurgiques ou les usines électro-chimiques qui emploient une quantité considérable d'énergie mais une main-d'œuvre bien limitée, le coût de la force motrice n'est pas le facteur décisif quoiqu'il ait une certaine importance.

DISTRIBUTION DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LES CAMPAGNES

Avec la quantité de force motrice ou d'électricité qui peut être produite dans nos cours d'eau, est-ce qu'il n'est pas pratique de procurer les bienfaits de l'éclairage électrique dans toutes nos campagnes? Si ce projet était facile à accomplir, et s'il n'y avait pas l'obstacle économique sur la voie, il y a plusieurs années que l'éclairage électrique serait installé dans tous les foyers. Mais il y a l'obstacle économique. Ce courant électrique, il faut le distribuer au moyen de lignes de transmission. Le coût de chaque mille de ligne de transmission doit être supporté, payé par le nombre de clients qui sont desservis dans cette distance. Or, dans les campagnes les clients sont dispersés et le nombre par mille de ligne serait tout au plus une dizaine, probablement moins.

D'après les chiffres publiés par la Commission Hydro-Électrique d'Ontario, le coût moyen par mille pour une ligne de transmission dans les campagnes ontariennes, est de \$1,940.00. Dans Québec, le coût moyen par mille est de \$1,400.00. Les charges fixes d'intérêt sur ce capital ne seront pas moins que 5 à 6%; la dépréciation sera de 2 à 3%; l'entretien de cette ligne exigera encore une certaine dépense. Il faudra ensuite que les consommateurs achètent le courant. On voit que, à raison de dix clients par mille de ligne, les charges fixes ne seront pas moindres que \$10. à \$13. par client. A ceci, il faut ajouter le coût de l'entretien et de l'administration et celui du courant consommé. Si le nombre de clients par mille est de cinq au lieu de dix, la charge fixe sera de \$20. à \$25. au lieu de \$10. à \$13.

Dans l'Ontario, au 31 octobre 1937, il y avait 13,117 milles de lignes électriques rurales dont la construction a nécessité depuis 1921, un déboursé de \$26,000,000.00 environ, soit \$1,940 par mille. Le nombre de clients par mille de ligne rurale était alors 6.6, soit un total de 86,194 clients dont 43,132 dans les hameaux ou petits villages et 43,062 cultivateurs.

En général, la classe des cultivateurs est incapable de supporter une pareille dépense. Aussi, dans la province d'Ontario, par exemple, le gouvernement central contribue, à même le revenu général de toute la province, une somme égale à 50% du coût de construction des lignes de distribution rurales, et malgré cette aide généreuse le coût de revient du courant électrique est encore prohibitif pour certains cultivateurs.

Dans la province de Québec, l'électrification rurale a été entreprise, il y a quelques années, par les compagnies de production et de distribution — dans quelques cas avec octroi des municipalités, ou avec octroi des clients intéressés, mais généralement sans aucune contribution.

Au mois d'octobre 1937, le service de l'électricité était utilisé par 18,750 cultivateurs et aujourd'hui le nombre de clients cultivateurs dépasse vingt mille.

En 1935, par la loi 25-26 Geo. V, Chap. 49, la législature de Québec a autorisé le gouvernement à contribuer jusqu'à cinquante pour cent du coût des lignes électriques rurales quand ces lignes seraient la propriété d'une municipalité.

En 1937, cette loi a été prorogée, mais par un article de la loi 1, Geo. VI, Chap. 24, article 47, le gouvernement peut contribuer jusqu'à cinquante-cinq pour cent du coût de construction des systèmes de distribution électrique, qui sont la propriété d'une municipalité rurale. Aucune municipalité n'a pris avantage de cette loi.

La quantité de courant électrique nécessaire pour les centres ruraux est relativement petite. Si toutes les campagnes de la province étaient électrifiées, elles ne consommeraient pas 100,000 chevaux-vapeur. C'est dire que l'électrification rurale ne peut être considérée comme un débouché important pour le produit de nos chutes d'eau.

Puisqu'il n'est pas pratique d'utiliser l'énergie produite par nos forces hydrauliques pour chauffer nos résidences; puisqu'il

n'est pas encore pratique de s'en servir pour l'électrification de nos chemins de fer; si, à cause de la petite quantité de force motrice nécessaire à nos Campagnes, ces dernières ne peuvent être un débouché important, quel usage ferons-nous de cette ressource naturelle tant vantée à juste droit?

La réponse est assez facile. Nous l'utiliserons partout, et chaque fois que son usage est justifié économiquement, dans l'industrie et pour usage domestique. Que cette ressource naturelle soit harnachée par l'État, ou qu'elle soit utilisée par l'entreprise privée, le principe d'une utilisation économique reste le même. Jusqu'à présent la production de la force motrice, qu'elle soit de provenance hydraulique ou de provenance thermique, a été faite pour satisfaire les exigences de l'industrie et pour l'usage domestique.

La force motrice ne peut être absorbée que lentement par l'industrie, et sa production doit être réglée en conséquence. Il est difficile, toutefois, pour les distributeurs de courant électrique de juger correctement ce que le marché exigera dans un avenir rapproché. Le meilleur guide du distributeur se trouve dans les statistiques des quelques dernières années. Ainsi, l'augmentation annuelle de la force motrice était, durant la période de 1921 à 1926, dans la province de Québec, d'environ 75,000 chevaux. Cette augmentation s'est accentuée durant les quelques années qui ont suivi 1926. La demande, toutefois, n'a pas augmenté, ou très peu, de 1931 à 1934. Si, durant cette période, les usines centrales indiquent une augmentation, ce n'est pas tant à cause d'un regain de vitalité dans l'industrie en général que par le fait qu'on utilisait pour la production de la vapeur, une grande quantité de courant électrique que l'on destinait à l'industrie, mais que cette dernière ne pouvait utiliser à cause de la crise économique.

Il y a eu reprise en 1935 et 1936.

A raison de 100,000 chevaux par année, il faudra une centaine d'années avant que toutes les forces hydrauliques de la province de Québec soient utilisées. Nous devons voir à ce que cette force motrice soit utilisée dans un genre d'industrie qui emploie le maximum de main-d'œuvre par rapport à la quantité de force motrice requise. C'est un point qui a une grande importance. Quelques chiffres à ce sujet. Par exemple, une industrie électro-métallurgique qui donne du travail à un ouvrier pour chaque unité de 200 chevaux qu'elle requiert. Une autre industrie, celle de la pulpe et du papier qui, en 1919, employait un ouvrier pour chaque unité de

15 chevaux utilisés dans l'industrie, employait en 1932 un ouvrier pour chaque unité de 60 chevaux. D'autres industries emploient un ouvrier pour 4 à 5 chevaux utilisés. C'est à ce genre d'industries qu'il faudrait diriger notre force hydraulique. Cette grande ressource naturelle doit être la coopératrice de l'ouvrier pour rendre sa tâche plus facile, son travail plus agréable. Elle ne doit pas servir à le priver d'un travail qui lui est nécessaire. La main-d'œuvre ne doit pas être déplacée par la machine au point où le procédé crée un problème de chômage, et c'est pour éviter cette grande difficulté que nous devons encourager chez nous l'établissement d'industries qui emploient une main-d'œuvre relativement nombreuse en regard de la quantité de force motrice qu'elles requièrent.

L'usage de l'électricité pour fins domestiques se répand de plus en plus. De toutes les découvertes modernes c'est l'électricité qui fournit à l'humanité les plus précieux services et qui apporte le plus de confort dans la vie. C'est un serviteur fidèle qui est à notre disposition sans cesse et sous toutes sortes de formes. Pour quelques sous par jour, il nous fournit la lumière, le frigidaire, le radio, la balayeuse électrique, la machine à coudre, la laveuse, le rôtisseur. Il alimente le brûleur à l'huile, etc., etc.

Encore une fois, il n'est pas une seule découverte moderne qui fournisse autant de confort, et à aussi bon marché, que l'électricité.

Sa distribution est un service public de première importance. Ce service public doit être rendu par un monopole. En termes techniques on l'appelle un monopole naturel.

La question qui se pose est de savoir si le monopole doit être exercé par des compagnies privées ou s'il doit être exercé par le gouvernement, municipal, provincial ou fédéral. Chaque système a ses avantages et comporte des dangers. En théorie, l'exploitation d'un service public, qu'elle soit faite par l'état, ou qu'elle soit faite par des compagnies, devrait exiger les mêmes dépenses. Il n'y a pas de raison pour que les compagnies construisent mieux que l'État, ou pour que l'État construise mieux qu'une compagnie.

Les deux systèmes peuvent prêter à des abus, et comportent certains dangers. Les abus du système privé peuvent être assez facilement réprimés. C'est la raison d'être des commissions dites des "Services Publics". Sous le système de l'étatisation, les chances d'abus sont plus grandes et le remède n'est pas aussi facilement applicable. Les gouvernements, quels qu'ils soient, résistent mal

aux pressions de toutes sortes qui s'exercent pour les induire à des dépenses souvent injustifiées. Il ne faut pas oublier que si le crédit de l'État en général est meilleur que celui des compagnies, c'est justement dû à ce que l'État a limité son champ d'action aux questions de législation, de justice, de police, etc., pour le bien général. Le système idéal, à mon avis, est celui qui laisse l'exploitation des services publics au capital privé, sous le contrôle de l'État, lequel limite les profits et détermine la qualité du service.

Le consommateur doit être protégé contre l'abus du monopole, mais le capital doit être également protégé; on doit lui assurer un rendement proportionné aux services rendus et aux risques encourus.

C'est le rôle de la Régie Provinciale de l'Électricité de protéger le public consommateur en ce sens et de lui assurer le service de l'électricité à des taux équitables.

Quand les forces hydrauliques de notre belle province de Québec seront totalement utilisées, ce sera l'industrialisation à outrance.

Ce qui peut en résulter pour nos compatriotes est de nature à nous faire songer. Il semble que le rôle de nos concitoyens est clairement indiqué. S'ils veulent garder dans cette évolution le rang qui leur convient, il faut qu'ils forment toute une élite de techniciens, de professionnels qui, par l'effort constant, l'étude sérieuse des problèmes nouveaux qui se poseront, seront qualifiés pour occuper les premiers postes et sauvegarder pour le peuple canadien-français l'héritage qu'une Providence généreuse lui a laissé.

Olivier LEFEBVRE.

*Régisseur, La Régie Provinciale d'Électricité,
Membre de la Corporation de l'École Polytechnique.*

CONTRIBUTION À L'ÉTUDE DE LA PRISE DU PLÂTRE

L'étude de la prise du plâtre n'est pas une nouveauté. Cependant, si l'explication donnée en 1766 par Lavoisier à l'Académie des Sciences de Paris demeure vraie dans le cas simple où l'on met en contact un plâtre avec de l'eau, le mécanisme de la prise accélérée ou retardée n'est pas encore connu d'une façon satisfaisante et scientifique pour permettre *de calculer* l'effet de telle condition ou de telle substance ajoutée au plâtre ou à l'eau de gâchage. C'est pourquoi nous avons entrepris une étude un peu systématique de la prise du plâtre pour rechercher comment on peut comprendre son mécanisme devant les connaissances que nous avons acquises depuis quelques années sur la constitution de la matière. De plus, mais sans nous préoccuper expressément d'aboutir à des conclusions pouvant avoir des répercussions marquées dans la pratique de l'emploi du plâtre, nous pensons qu'il peut être possible d'amoindrir les deux principaux défauts du plâtre matériel de construction, sa porosité et sa solubilité dans l'eau, en agissant sur le cristal ou sur l'agrégat pouvant résulter de la soudure d'un grand nombre de cristaux plutôt que de leur simple feutrage.

Nous n'avons pas la prétention, dans ce premier article, d'apporter la solution unique à des problèmes pour lesquels différents auteurs donnent des explications contradictoires.

Rappelons que le plâtre est essentiellement constitué par du sulfate de calcium, lequel peut exister sous trois états d'hydratation :

le dihydrate ou gypse $\text{SO}_4\text{Ca}, 2\text{H}_2\text{O}$;

le semi ou hémihydrate $\text{SO}_4\text{Ca}, \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ qui est le plâtre;

l'anhydrite ou sulfate anhydre SO_4Ca , que l'on connaît sous deux variétés : une soluble dans l'eau, provenant de la déshydratation du gypse et une variété naturelle, insoluble.

Les propriétés de ces corps sont fort bien connues et il n'y a pas lieu d'en parler maintenant non plus que de la fabrication industrielle du plâtre, qui se fait aujourd'hui d'une façon scientifique en déshydratant le gypse ou pierre à plâtre dans des fours. Selon la conduite des opérations on obtient des variétés de plâtres que le commerce classe, après avoir parfois ajouté des substances ayant une action sur le durcissement du plâtre gâché avec de l'eau. Nous retiendrons

au cours de ces études trois sortes de plâtres ayant la même origine: un plâtre ordinaire à mouler M; un plâtre dit à plancher P; et un plâtre à mouler plus compact que M, dit plâtre dense D, ayant un poids spécifique de 2,5535 à 20°, le plâtre M ayant donné, dans les mêmes conditions, 2,4657.

En 1765, à propos de la prise du plâtre gâché à l'eau, Lavoisier s'exprimait ainsi: "Le gypse privé de son eau par l'action de la chaleur, la réabsorbe avec avidité et cristallise de nouveau". Jusqu'aux travaux de Marignac et surtout de LeChatelier, en 1884, on n'en savait pas plus long sur le plâtre qu'au temps de Lavoisier. Marignac, grâce à une expérience simple, a mis en évidence un fait capital à propos de la prise du plâtre, à savoir que la solution aqueuse saturée de plâtre cuit est sursaturée par rapport au gypse. LeChatelier a pu alors donner l'explication scientifique de la prise; le plâtre gâché à l'eau donne une solution sursaturée de gypse qui cristallise en aiguilles très fines, du fait que la cristallisation provient d'une solution sursaturée, et la compacité du bloc obtenu résulte de l'enchevêtrement des aiguilles les unes dans les autres. La sursaturation de la solution a donné lieu à une cristallisation déformante, si l'on peut dire, allongeant les cristaux dans un sens c'est-à-dire permettant des points d'adhérence nombreux.

En étudiant la loi d'échauffement du gypse, LeChatelier a pu fixer d'une manière précise le mode opératoire pour déshydrater le gypse. Puis d'autres auteurs ont apporté des précisions utiles à la connaissance de la transformation réversible gypse-plâtre. Citons pour marquer quelques jalons: Shenstone et Cundall qui ont montré que lors du chauffage du gypse le départ de l'eau n'est pas instantané, Dawis qui pose l'hypothèse assez vraisemblable, d'une transformation telle que $\alpha\text{SO}_4\text{Ca}, 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \beta\text{SO}_4\text{Ca}, 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{SO}_4\text{Ca}\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$; les deux variétés de gypse α et β semblent caractérisées par les propriétés optiques des cristaux; par exemple à la température ordinaire les axes optiques des cristaux de gypse sont dans le plan de symétrie du cristal; au chauffage, vers 100°C, les axes font une rotation de 90° par rapport à leur position primitive et il apparaît une variété β orthorhombique qui se déshydrate facilement. Armstrong a donné des mesures de la pression de vapeur de l'eau de cristallisation du gypse; Van't Hoff des mesures des tensions d'efflorescence du gypse aux diverses températures. Enfin depuis 1926, époque où Chassevent en France a repris l'étude scientifique du plâtre, un certain nombre d'auteurs ont apporté des contributions

de valeur¹ à la connaissance du mécanisme de la prise du plâtre, car pour ce qui regarde sa fabrication il ne semble pas que rien de neuf n'ait été signalé depuis 1910. Nous étions déjà à étudier quelques particularités quand nous avons eu la chance de lire dans un article paru en février 1938 dans *Chemistry & Industry* de Londres, sous la signature de J. S. Dunn: THE SETTING OF CALCIUM SULPHATE PLASTERS. "*It is thus apparent that our fundamental knowledge of calcium sulphate plasters is very limited... The study of accelerators leads into a completely unexplored field and one which might lead to conclusions of fundamental importance in surface chemistry*".

Cela nous a confirmé que l'étude du plâtre méritait d'être encore entreprise malgré les grands noms des savants qui s'y sont intéressés. De plus c'est une étude de longue haleine qui peut être menée dans un laboratoire de chimie industrielle assez pauvrement outillé.

PARTIE EXPÉRIMENTALE

Dans cette première étude nous nous sommes limités jusqu'ici à la connaissance de l'hydratation du plâtre et à sa résistance à la compression. Faute de temps nous n'avons pu pousser assez loin l'étude importante, à notre point de vue, de la porosité.

On sait depuis longtemps que durant le gâchage du plâtre avec l'eau il se fait un dégagement de chaleur appréciable durant l'hydratation du semi-hydrate $\text{SO}_4\text{Ca}, \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$. Ce dégagement de chaleur peut être suivi en fonction du temps et la courbe que l'on peut tracer donne des renseignements importants et facilement comparatifs.

L'étude de la vitesse d'hydratation est d'une importance capitale pour la connaissance du plâtre. C'est par elle que nous débutons.

Nous nous sommes servi du *Prisomètre thermique de Jolibois et Chassevent* spécialement conçu pour l'étude des liants hydrauliques à prise rapide. Cet appareil est constitué par une enceinte calorimétrique calorifugée dans laquelle on place de l'eau qui peut être échauffée d'une façon discontinue par une résistance électrique. On peut facilement maintenir l'enceinte à la même température que le plâtre pendant toute la durée de l'essai qui se fait en supprimant le refroidissement de la pâte par l'air. La cuve à eau est

¹ Nous donnerons une bibliographie complète de la question ailleurs.

munie d'un système d'agitation et un thermomètre permet la lecture de la température au quart de degré centigrade. Dans la partie libre de l'enceinte on place sur 3 supports isolés thermiquement un vase tronconique à fond mobile dans lequel on met l'eau de gâchage, 180cc et le plâtre à étudier pour une quantité de 300 grammes. Ces proportions, toujours les mêmes, assurent que, la plupart du temps, il n'y aura pas un excès d'eau surmontant le plâtre à la fin de la prise. Le vase tronconique reçoit un couvercle en même métal au centre duquel se trouve un tube fermé dans lequel on place un thermomètre sensible identique à celui de l'enceinte. Un peu d'huile de paraffine assure la liaison thermique entre le tube métallique et le thermomètre qui se trouve toujours à la même place dans la masse du plâtre en étude. L'enceinte est convenablement fermée par des disques en liège et la variation de température par suite du refroidissement par l'air extérieur est absolument négligeable pendant l'essai.

Pour l'usage, il suffit de vaseliner le récipient tronconique et la tige porte-thermomètre, d'ajuster les températures de l'enceinte du plâtre et de l'eau de gâchage à une température fixée en général à 20°C. Après avoir mélangé rapidement le plâtre à l'eau pour former une pâte homogène on replace le thermomètre dans le vase tronconique et au bout de 3 minutes on commence les lectures que l'on peut faire toutes les 3 minutes ou plus souvent si nécessaire. On a soin de régler la température de l'enceinte en réchauffant l'eau de telle façon qu'il n'y ait pas plus de 0,5 degré d'écart entre les lectures des 2 thermomètres. La durée de l'essai varie de 30 à 120 minutes et l'élévation de température atteint au maximum 30 à 31°C. Il est important de ne pas débiter à une température plus élevée que 25°C car l'hydratation devient lente au-dessus de 52°C.

RÉSULTATS

1° ÉTUDE COMPARATIVE DE QUELQUES PLÂTRES DU COMMERCE.

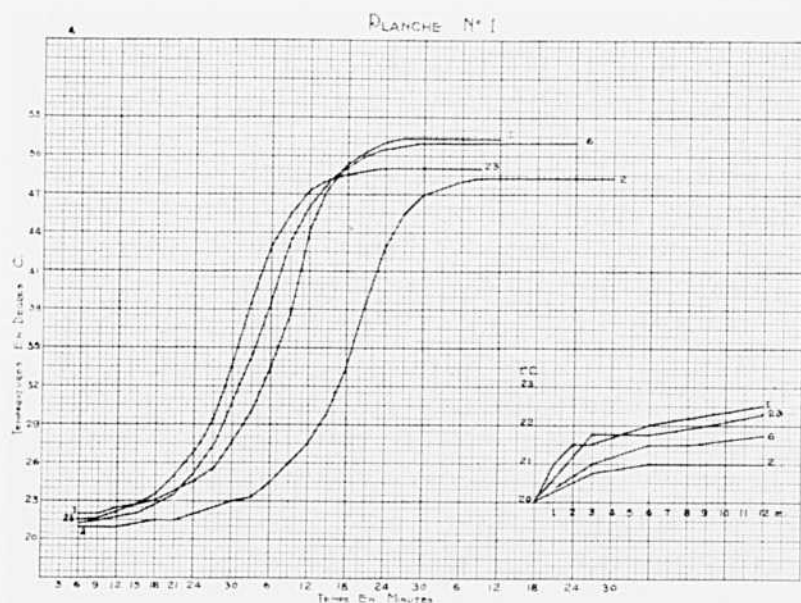
Sur la *planche I* sont portées les courbes d'échauffement de quelques plâtres en fonction du temps. La courbe 1 est celle correspondant à un plâtre dense D gâché à l'eau distillée; la courbe 2 est celle d'un plâtre à plancher F; la courbe 6 correspond à un plâtre à mouler M₁ et la courbe 23 à un autre plâtre à mouler M₂.

L'allure des 4 courbes permet de dire que les plâtres ont la

même origine mais ils sont différents si l'on compare les chiffres suivants:

No	Élévation de température	Début de prise	Fin de l'hydratation
1	30, 5 °C	4 minutes	60 minutes
2	28, 25 °C	12 minutes	72 minutes
6	30 °C	8 minutes	60 minutes
23	28 °C	6 minutes	54 minutes

Tous ces plâtres ont été cuits à une température inférieure à 300 °C et ne contiennent pas de sureuits parce que leur hydratation totale n'a pas demandé plus de 60 m. Le cas du plâtre 2, à prise plus lente que les autres, est explicable facilement si l'on suit les paliers qui apparaissent sur la courbe jusque vers 30 minutes, et qui indiquent la présence d'une substance retardatrice qui n'est



pas répartie dans la masse d'une façon très homogène; c'est un petit défaut.

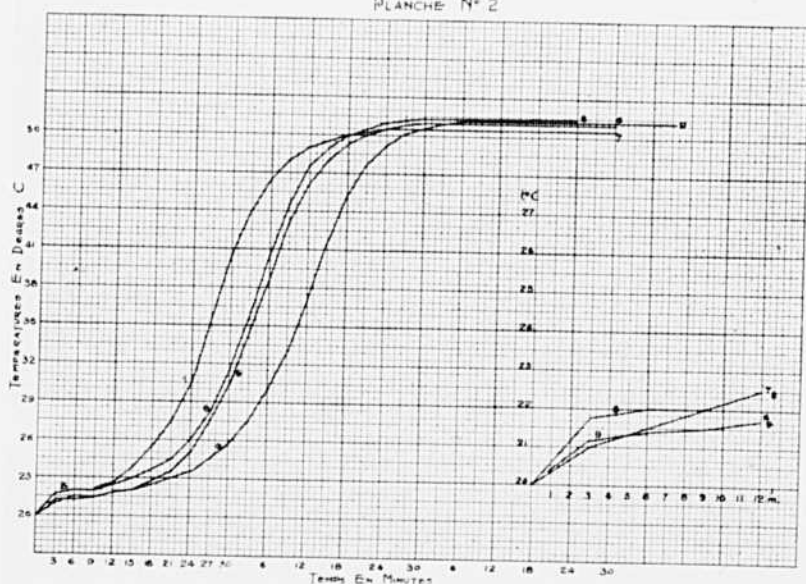
L'élévation initiale de température pour les 4 plâtres est normale et elle ne se continue pas pour indiquer la présence de parties sureuies (cuites entre 300 et 600 °C). L'élévation totale de température pendant l'hydratation est normale, au minimum 28 °C,

ce qui indique la présence dans le plâtre d'au moins 98% de semi-hydrate. Les plâtres 1 et 6 sont les plus purs et d'après leur élévation de température au cours de l'hydratation ils auront une grande résistance à la compression, la densité absolue du plâtre 1 D étant égale à 2,55, celle du plâtre 6 M à 2,46 le premier répond bien à sa définition. Son début de prise au bout de 4 minutes fait cependant limiter son emploi à des travaux de moulage de pièces de petites dimensions devant acquérir une grande résistance assez rapidement. Nous étudierons ultérieurement ce plâtre, dont les caractéristiques pour des emplois spéciaux comme dans les moulages dentaires, peuvent être modifiées d'une façon intéressante.

Le plâtre à mouler 23 M₂ est de moindre qualité que le plâtre 6 M₁, bien que les deux soient vendus sous la même désignation. Le plâtre 23 renferme des impuretés avec un peu de gypse incuit. L'élévation de la température étant de 28°C contre 30° avec le plâtre 6 M₁, le début de prise 6 m. au lieu de 8 minutes et la fin de l'hydratation se faisant en 54m. contre 60m. montrent que le plâtre M₂ est légèrement accéléré dans sa prise par des cristaux de gypse provenant des incuits.

Cette différence entre deux livraisons de plâtre par la même maison souligne l'importance d'avoir une quantité suffisante de

PLANCHE N° 2



plâtre dans la confection d'un même ouvrage. Pour nous, cela nous a entraîné à faire en double bien des épreuves.

Planche II. Sur cette planche est étudié le plâtre 6 M₁ gâché avec de l'acide sulfurique en solution dans l'eau pour les normalités: N/10 ; N/5 ; N/20 les courbes sont caractérisées comme suit.

	No	Elévation de température	Début de la prise	Fin de l'hydratation
H ² O	6	30	8 m	60 m
SO ⁴ H ² N/10	7	29,5	4 m	54 m
SO ⁴ H ² N/5	8	31	3 m	60 m
SO ⁴ H ² N/20	9	29,5	3 m	66 m

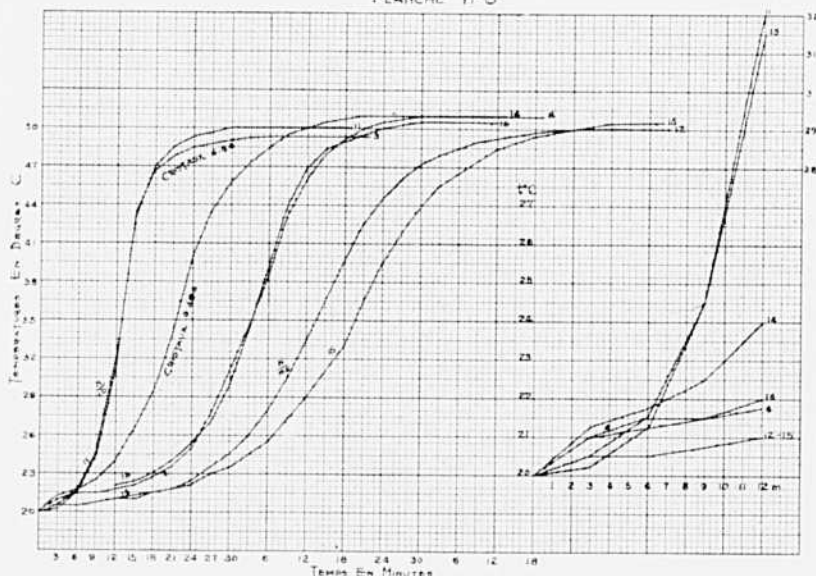
Sachant que l'ion SO⁴ est considéré comme un accélérateur de la prise du plâtre on devait s'attendre à avoir des courbes accélérées en fonction de la teneur de l'eau de gâchage en ions SO⁴; les résultats expérimentaux semblent indiquer qu'il n'en est pas ainsi. Le maximum d'accélération est obtenu avec la solution normale au 1/10; une solution au vingtième normale provoque un retard dans la prise. Une solution normale au 1/5 donne un échauffement rapide brutal puis au bout de 12 minutes la courbe se rapproche de la courbe normale d'hydratation; à noter que dans ce cas il y a effervescence et le plâtre moulé est rempli de bulles qui le rendent inutilisable. Il est évident que le cas de l'acide sulfurique se complique du fait que la solubilité du sulfate de calcium dans l'acide passe par un maximum et aussi dans notre cas d'une attaque du récipient en cuivre par l'acide; nous verrons plus loin que le sulfate de cuivre agit comme retardateur à des doses très faibles, comme une solution normale au 1/100.

Planche III. Nous avons sur cette planche des remarques intéressantes à faire. Les courbes présentent les caractéristiques suivantes:

Modificateur	No	Elévation de température	Début de prise	Fin de l'hydratation
néant	6	30 °C	8 m	60 m
persulfate de potassium N/10	11	30 °C	4 m	30 m
persulfate de potassium N/100	12	30 °C	12 m	84 m
persulfate (cristaux)	13	29 °C	4 m	36 m
persulfate (cristaux)	14	30 °C	4 m	51 m
urée sol. N/10	15	30 °C	18 m	90 m
O ² S ² K ² N/10 + urée N/10 }	16	30 °C	6 m	60 m

La courbe 6 est toujours le plâtre à mouler témoin gâché à l'eau distillée. On voit que le persulfate de potassium est un accélérateur de la prise du plâtre lorsqu'il est en solution au 1/10 normale alors qu'il agit comme retardateur lorsqu'il est en solution 1/100 normale (cette constatation sera confirmée plus loin mais nous savons déjà que l'acide sulfurique N/20 agit comme retardateur).

PLANCHE N° 3



Si, comme dans l'expérience No 13 on met dans le plâtre une quantité de cristaux de persulfate de potassium égale en poids à celle introduite sous forme de solution N/10, après broyage et tamisage au tamis de 100, on obtient une courbe d'hydratation à peu près parallèle dans les 2 cas, accélérateur en solution et accélérateur en cristaux. Si on met sous forme de cristaux broyés et mélangés au tamis de 100 une quantité de persulfate de potassium égale à celle introduite par la solution N/100 soit 0,486 gr (courbe 14) la prise est accélérée. Cependant le persulfate de potassium n'est isomorphe ni avec le gypse ni avec l'hémihydrate.

$\text{O}^{\text{S}}\text{S}^{\text{K}}^2$ triclinique; $\text{SO}^{\text{Ca}}\text{H}^2\text{O}$ monoclinique;

$\text{SO}^{\text{Ca}}\text{0,5H}^2\text{O}$ orthorhombique. A souligner la sensibilité du pouvoir accélérateur puisque la quantité de persulfate de potassium n'a été que de 0,162% du plâtre.

Sachant la facilité avec laquelle l'urée N^2H^4CO (prismes rhomboédriques ou aiguilles) peut modifier la forme des cristaux, nous avons, dans l'expérience 15, employé au gâchage une solution normale au dixième d'urée dans l'eau; l'influence est nettement retardatrice avec quelques paliers au début de l'hydratation, ces points singuliers devant correspondre à des ralentissements dans la vitesse de cristallisation, ce que nous étudierons plus en détail ailleurs.

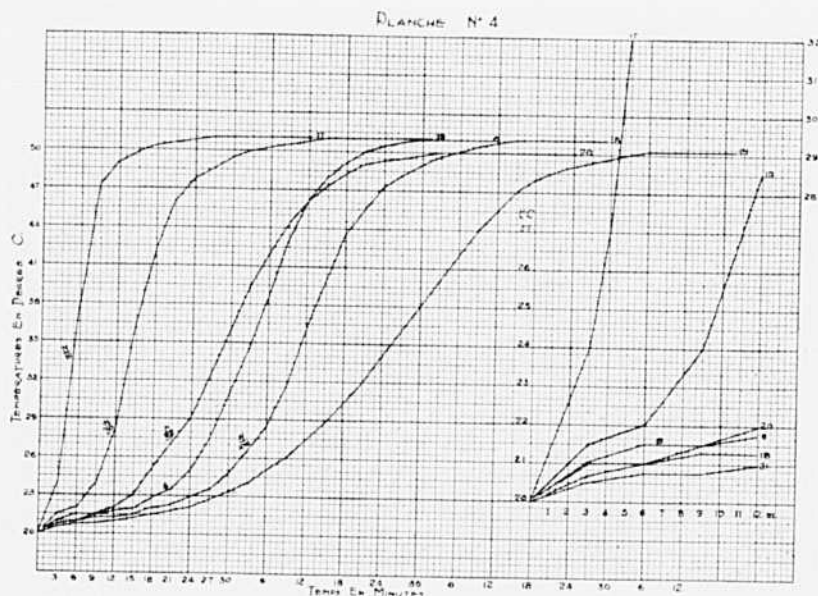
Possédant alors à droite et à gauche de la courbe normale 6, une courbe 11 et une courbe 15, la première accélérée de 60 à 30 minutes, la seconde retardée de 60 à 90 minutes il était intéressant de voir si le mélange en parties égales des 2 solutions N/10 de persulfate de potassium et d'urée pouvaient se neutraliser et redonner une vitesse d'hydratation normale. C'est ce qui apparaît sur la courbe 16 qui est parallèle à la courbe 6 d'une façon expérimentalement satisfaisante. Ce résultat est d'une grande importance et ne me paraît pas avoir encore été signalé à propos de la prise du plâtre. Il indique que la cristallisation par hydratation du plâtre est influencée par des phénomènes moléculaires et que pour l'étude des accélérateurs et retardateurs on a avantage à travailler avec des solutions normales. Cette expérience laisse prévoir que le phénomène d'hydratation n'est pas simple et sous la seule dépendance d'une amorce cristalline (germe). Dans une autre étude nous traiterons la question des mélanges équimoléculaires du point de vue des qualités du plâtre comme la résistance, la dureté, la porosité, la solubilité. Disons ici que la résistance à la compression a été de 2315 lbs par pouce carré.

Planche IV. Nous avons étudié dans les expériences de cette série l'action du sulfate de potassium SO^4K^2 (rhomboédrique) en des solutions normales N/10; N/20; N/50 N/100; puis une dispersion aqueuse d'une cellulose méthylée.

Modificateur	No	Élévation de température	Début de prise	Fin de l'hydratation
Néant	6	30 °C	8 m	60 m
Sulfate de potassium N/10	17	30,25	3 m	27 m
Sulfate de potassium N/100	18	30	15 m	75 m
Sulfate de potassium N/20	19	30	9 m	60 m
Sulfate de potassium N/50	20	30	6 m	63 m
Cetylse 1%	21	30	15 m	96 m

Nous constatons que le sulfate de potassium est un accélérateur puissant en solution normale au 1:10 mais la vitesse de prise

est incompatible avec un emploi utile sauf dans quelques cas très spéciaux. La prise est aussi accélérée par les solutions au vingtième et cinquantième normales alors qu'elle est retardée par une solution au centième normale ce qui confirme le résultat déjà enregistré de l'action retardatrice d'une solution très diluée. L'accélération



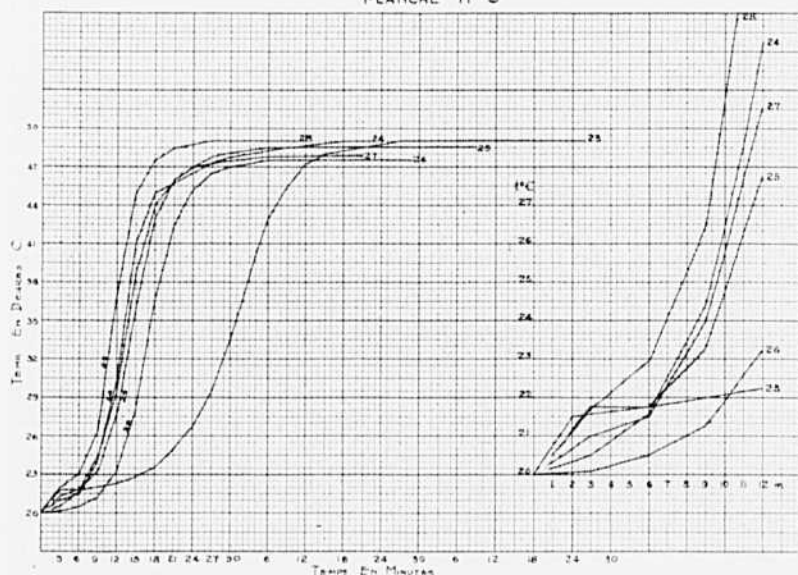
qui peut être regardée comme proportionnelle au nombre d'ions SO_4 présents doit passer par un minimum que nous aurons à déterminer et à expliquer. Du point de vue de la résistance à la compression on a l'ordre suivant :

Solution au 1/10	accélération	2020 lbs par pouce carré
" " 1/20	"	2145 "
" " 1/50	"	1970 "
" " 1/100 (retard)		2330 "

Le maximum de résistance correspond à la vitesse d'hydratation la plus faible. Cette règle cependant ne peut être généralisée car dans le cas de l'expérience 21 où l'action retardatrice de la cellulose méthylée visqueuse apparaît, la résistance dans les mêmes conditions, mais pour une fin de prise au bout de 96 minutes, a été de 1080 lbs par pouce carré.

Il est à remarquer que dans toutes ces expériences, ainsi que l'on devait s'y attendre, l'élévation de la température est *constante* depuis la phase initiale jusqu'à la cristallisation finale; seule la vitesse d'hydratation varie. On peut s'attendre à ce qu'un changement dans la forme cristalline ou l'apparition d'un composé défini

PLANCHE N° 5



se manifeste par une élévation de température plus basse ou plus haute que celle correspondant à l'hydratation du semi-hydrate de sulfate de calcium.

Planche V. Avec cette planche débute une série un peu différente des précédentes à cause de l'emploi d'un plâtre à mouler ayant d'autres caractéristiques que celles correspondant au No 6. Le nouveau plâtre à mouler M² est désigné par le No 23. Poursuivant l'étude des sels de potassium comme accélérateur nous avons étudié dans la série, la suite des composés halogènes du potassium: fluorure F K (cubique); chlorure Cl K (cubique); bromure Br K (cubique); iodure I K (cubique) tous en solution normale au dixième et composés au sulfate de potassium (rhomboédrique). Les quatre comparés sont des accélérateurs mais à un degré un peu moindre que le sulfate de potassium (No 28) et dans l'ordre suivant: fluorure (No 24) — iodure (27) — chlorure (25) — bromure (26).

Modificateur	No	Élévation de température	Début de prise	Fin de l'hydra- tation	Résistance compression
Néant	23	28,5 °C	9 m	57 m	1480 lbs/p.c.
Fluorure de K N/10	24	28,5	6 m	48 m	860
Chlorure de K N/10	25	28,5	6 m	36 m	1790
Bromure de K N/10	26	27,5	9 m	36 m	2450
Iodure de K N/10	27	27,25	6 m	36 m	1770
Sulfate de K N/10	28	28,5	3 m	27 m	1225

On voit que la plus forte résistance à la compression ne correspond ici non plus ni à la vitesse d'hydratation la plus lente ni à la plus rapide mais au cas où l'accélérateur a été le bromure de potassium. Il est manifeste également que l'ion SO_4 n'est pas le seul accélérateur intéressant dans la série des sels de potassium en solution.

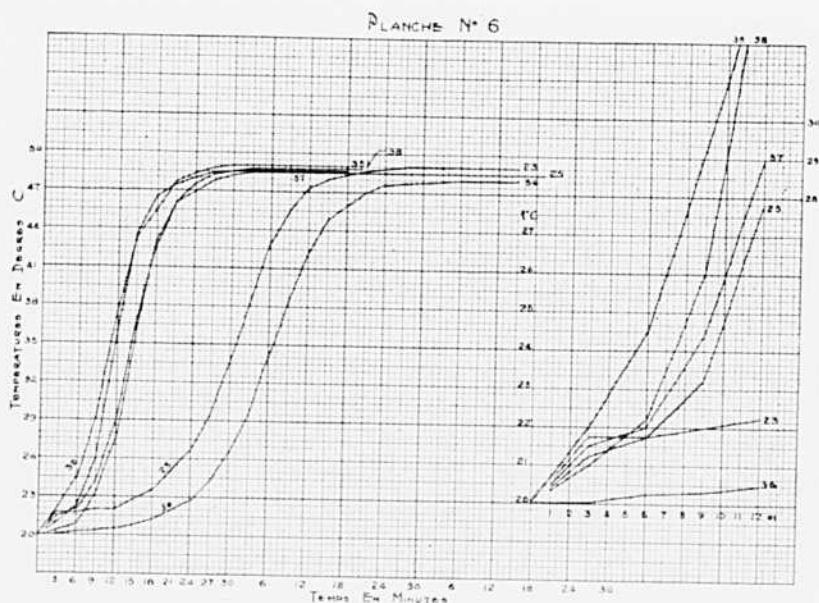


Planche VI. Sur cette planche nous avons fait figurer les courbes relatives aux expériences dans lesquelles la prise a été accélérée par des cristaux de gypse provenant de l'évaporation d'une solution saturée à 20 °C du plâtre à l'étude; ainsi que du cas chlorure de potassium en cristaux et en solution (même quantité en poids pour le plâtre gâché).

Modificateur	No	Élévation de température	Début de prise	Fin de l'hydratation
Néant	23	28,5 °C	9 m	57 m
Cristaux de gypse 0,2%	35	28	3 m	30 m
Gypse en solution	36	27,8	18 m	66 m
Cristaux de gypse 0,36%	37	28,5	3 m	33 m
Cristaux chlorure K 0,45%	38	28,5	3 m	33
Solution N°10 chlorure K	24	28,5	6 m	36 m

Le fait de gâcher du plâtre avec une eau saturée en gypse provenant du même plâtre provoque un retard manifeste dans la vitesse de cristallisation; à noter que l'on n'a pas d'élévation de température au début de la mise en contact du plâtre avec l'eau comme on le constate dans les autres cas lorsque la solution se sature immédiatement en gypse.

La présence de cristaux de gypse formés agit dans le sens net d'une accélération, ce qui est connu et attribué aux "germes" de cristaux introduits.

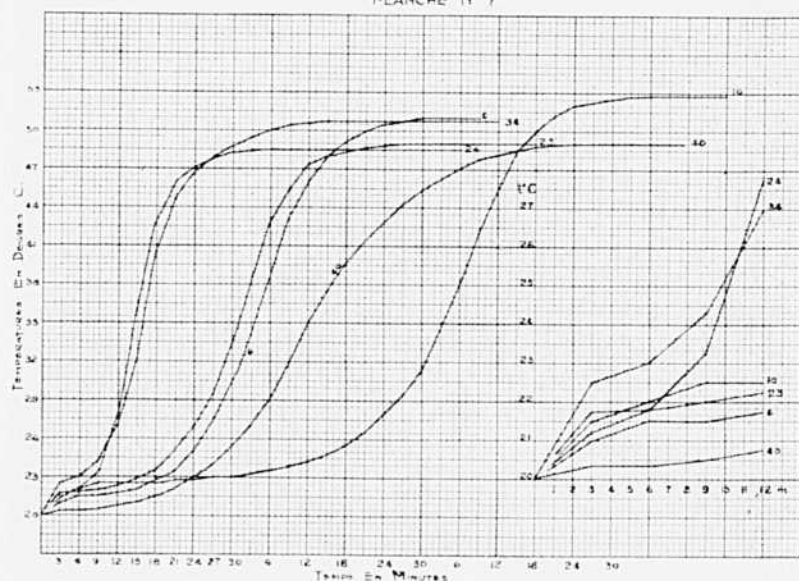
Il s'agit de cristaux isomorphes mais de dimensions beaucoup plus grosses avant le tamisage avec le plâtre au tamis de 100. Une étude que nous nous proposons d'entreprendre avec notre collègue M. Wendling, au moyen des rayons X nous donnera peut être des précisions sur les cristallisations fines dans ces cas. Il ne semble pas qu'il soit besoin d'augmenter la quantité de cristaux de gypse au delà de la quantité soluble dans l'eau puisque de 0,2 à 0,36% (courbes 35 et 37) l'accélération diminue.

Pour ce qui regarde le chlorure de potassium, l'action accélératrice est identique, que le sel soit ajouté en cristaux dans le plâtre ou en solution dans l'eau de gâchage. On voit donc que le mécanisme de l'accélération s'avère double: influence d'un corps à l'état cristallisé (gypse) et d'un corps en solution ionisée (chlorure de potassium).

Planche VII. Dans les expériences transcrites sur les courbes de cette planche, nous avons voulu montrer que dans le cas d'une accélération ou d'un retardement de la prise, le plâtre conserve sa caractéristique principale: à savoir que l'élévation de température entre le début et la fin de la prise (ou cristallisation totale) est constante du moment qu'il ne se forme pas de composés chimiques ou de forme cristalline différente.

On trouve sur la planche VII les courbes 6 et 23 correspondantes aux 2 plâtres à mouler essayés. Une courbe 34 correspond au plâtre

PLANCHE N° 7



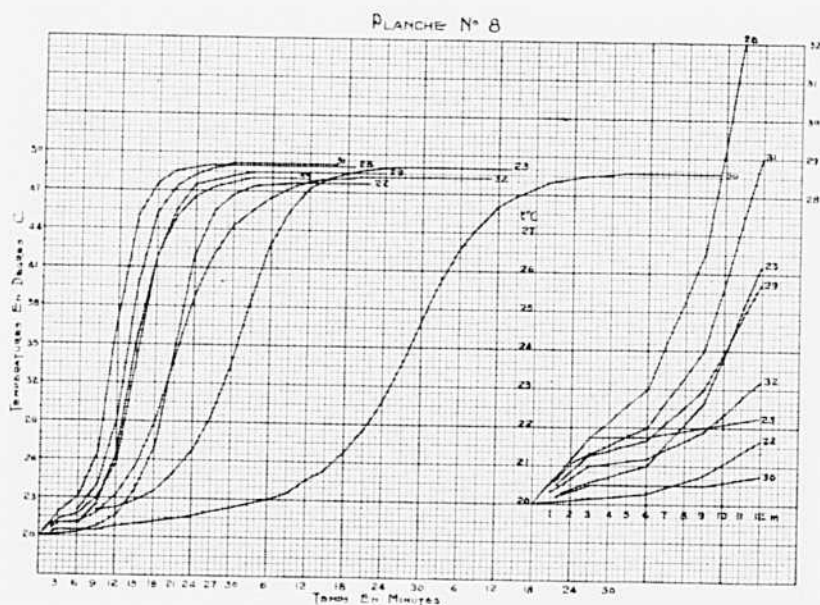
6 accéléré par une solution décinormale de ClK. La courbe 24 est celle du plâtre 23 accéléré dans les mêmes conditions. La courbe 10 est d'une importance qui nous oblige à la passer sous silence dans cet article préliminaire. On remarque une élévation de température plus forte que la normale pour le plâtre correspondant No 6; à noter que la résistance à la compression de ce plâtre nous a donné le maximum de 2385 lbs par pouce carré.

La courbe 40 est celle d'un plâtre retardé par une solution normale au centième de sulfate de cuivre (comparer à la courbe 23).

Modificateur	No	Elévation de température	Début de prise	Fin de l'hydratation
Néant	6	30 °C	8 m	60 m
Cl K solution N/10	34	30	3 m	45 m
Néant	23	28,5	9 m	57 m
Cl K solution N/10	24	28,5	6 m	36 m
—	10 (du 6)	32,75	6 m	96 m
Sulfate Cu N/100	40	28,50	9 m	84 m

Planche VIII. Poursuivant l'étude des sulfates, il était intéressant de voir l'influence de quelques sulfates simples et doubles sur la prise du plâtre No 23. Tous les sulfates ont été ajoutés sous

forme d'une solution décimale formant l'eau de gâchage. Ceux que nous avons étudiés ont une action variable sur l'accélération et le sulfate double de chrome et de potassium (alun de chrome) s'est montré être un retardateur très efficace.



Modificateur	No	Élévation de température	Début de prise	Fin de l'hydra- tation	R
Néant	23	28,5 °C	9 m	57 m	1480
Sulfate de potassium N/10	28	28,5	3 m	27 m	1225
Sulfate d'ammonium et de Mn N/10	31	28,5	3 m	30 m	1190
Sulfate de K et Zn	33	27,5	6 m	33 m	2420
Sulfate d'ammonium et de K N/10	29	28,5	3 m	33 m	2260
Sulfate de zinc N/10	32	28,5	6 m	51 m	2380
Sulfate de manganèse N/10	22	28,5	9 m	39 m	840
Sulfate de Cr et de K N/10	30	28,25	12 m	93 m	1255

Cette étude est trop incomplète pour que l'on puisse tirer des conclusions pour le cas des sulfates simples ou doubles solubles, elle devra être complétée par l'étude de l'action des sulfates insolubles et des sels isomorphes.

MODIFICATIONS DANS LA FORME CRISTALLINE
DU SULFATE DE CALCIUM

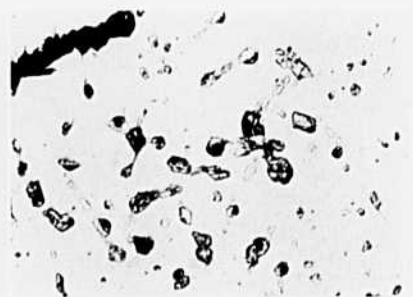
[MICROPHOTOGRAPHIE. G 110]

Plâtre M, évaporation d'une
solution saturée à 20 °C.Plâtre M, en présence d'acide
sulfurique N/20.

Persulfate d'ammonium N/10.

Plâtre M, en présence de persulfate
d'ammonium N/10.

Iodure de potassium N/10.

Plâtre M, en présence d'iodure de
potassium N/10.



Sulfate de potassium N 10.



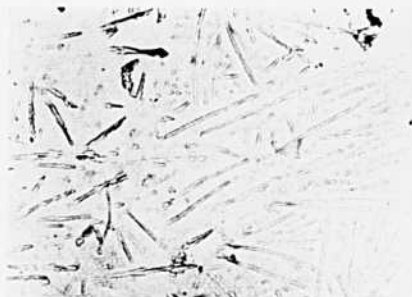
Plâtre M, en présence de sulfate de potassium N 10.



Sulfate de potassium N 20.



Plâtre M, en présence de sulfate de potassium N 20.



Sulfate de potassium N 100.



Plâtre M, en présence de sulfate de potassium N 100.

Si l'on regarde les chiffres donnés à l'essai de résistance à la compression² et que l'on examine au microscope la surface de l'éprouvette sur laquelle on a facilité la vue par la coloration avec une solution de nigrosine, on voit que dans le cas d'une faible résistance, échantillon No 22 (840 lbs par pouce carré), les cristaux fins en touffes sont espacés laissant beaucoup de vides alors que dans le cas de l'échantillon No 33 (2420 lbs par pouce carré) les cristaux apparaissent plus fins que dans le plâtre normal No 23 et sont aussi moins espacés en surface. On fait la même remarque sur l'échantillon No 32. Nous nous proposons de faire quelques observations en coupe mince si nous pouvons parvenir à obtenir de ces coupes pour le plâtre compact. Il est intéressant de signaler qu'un brevet anglais de V. Lefebure couvre l'usage du sulfate de zinc et de potassium, expérience No 33 qui nous a donné la plus grande résistance jusqu'ici.

CONCLUSIONS. Les quelques résultats expérimentaux exposés dans cet article montrent suffisamment l'intérêt théorique et pratique qui peut résulter d'une étude plus poussée de la prise du plâtre. Il nous faut encore accumuler d'autres résultats d'expériences avant de commencer à faire une théorie du mécanisme de l'accélération et du retardement à la cristallisation du plâtre. On voit déjà qu'il faut orienter les recherches pour l'explication en tenant compte des phénomènes de solubilité; d'ionisation, grosseur et vitesse des ions; de cristallisation, vitesse, forme, déformation, cristaux mixtes, précipitation, surcroissance et que ces phénomènes sont d'une étude très délicate dans le cas de cristaux très fins comme ceux de gypse dont la maille compliquée possède une structure analogue à celle des zéolites (C. W. Bunn) avec une cellule unitaire renfermant $12 \text{ SO}_4^{2-} \text{Ca}$ et $8 \text{ H}_2\text{O}$. Nous avons espoir qu'en nous mettant à plusieurs nous pourrions apporter une contribution conséquente à cette étude intéressante.

Pour terminer et pour satisfaire ceux qui pourraient nous poser la question: "à quoi ça sert tout cela"? Nous dirons ceci. A la fin de leur étude toute théorique sur le plâtre, Jolibois et Chassevent, en 1926-1927, ont breveté un procédé, découlant de leur étude, pour conserver du plâtre gâché sans qu'il fasse prise et sans que ses qualités finales soient modifiées. Pour cela il suffit de gâcher dans de

² Nous tenons à remercier M. Jacques Hurtubise, attaché aux Laboratoires d'essais des matériaux à l'École, qui a bien voulu faire les épreuves de résistance.

l'eau chaude et de maintenir la masse au-dessus de 65°C . On n'a plus besoin d'avoir recours à un grand excès d'eau 50 à 100%, alors que la quantité théoriquement requise est de 18,6%, ce qui augmente la porosité lorsque cette eau en excès s'évapore, causant aussi une diminution de la résistance car le sulfate de calcium est très peu élastique. Et bien nous aussi, et sans le chercher expressément, nous sommes parvenus à gâcher du plâtre avec la quantité d'eau théorique soit 18,6% et à régler sa prise finale en 2 heures tout en faisant que le plâtre demeure assez pâteux pour ne pas couler lorsqu'on le manipule et sans que sa plasticité soit trop faible.

Nous exposerons bientôt les résultats pratiques de ces recherches, quand nous aurons poussé plus avant l'étude théorique de la question.

Louis BOURGOIN.

*Professeur de Chimie industrielle
à l'École Polytechnique.*

INTERPRÉTATION GÉOMÉTRIQUE DE RADIOGRAMMES DE LAÛE POUR DISTINGUER UNE MACLE D'UN CRISTAL HOMOGENE

I — UTILITÉ DE LA DIFFRACTION DES RAYONS X EN MINÉRALOGIE

Les vues de bien des minéralogistes sont encore teintées par le souvenir du développement historique qui a conduit Laüe, Friedrich et Knipping à découvrir la structure ionique des minéraux en 1912 à l'Université de Munich.

Et comme Romé de l'Isle avait, avec son goniomètre d'application, reconnu que l'élément caractéristique d'un cristal était la constance des angles dièdres, les plus conservateurs considèrent toujours comme outils fondamentaux ceux qui leur sont très familiers: goniomètre à réfraction, microscope polarisant, goniomètre à double cercle...

Cependant la propriété fondamentale d'un cristal est plutôt son réseau spatial que sa forme extérieure, cette dernière n'expliquant ni le motif, ni les valences, ni la stabilité remarquable de l'édifice cristallin.

Aussi, grâce aux nouvelles techniques, le centre de l'intérêt s'est-il déplacé en cristallographie; et, les spectres de rayons X donnant les *dimensions exactes de la maille cristalline*, la symétrie interne, le groupe spatial et la *structure fine*, l'attention des chercheurs s'est-elle peu à peu détournée des formes accidentelles externes pour gagner en profondeur là où le cristal est à l'abri des hasards de voisinage (durant la cristallisation) et des agents atmosphériques, de sorte qu'il y existe toujours des plans réticulaires intacts pour réfléchir les rayons X.

L'analyste moderne des minéraux naturels, même s'il n'a pas de préoccupations structurales, est ainsi conduit à utiliser la physique des rayons X et il doit même le faire absolument lorsque les facettes sont méconnaissables ou les cristaux par trop petits pour l'examen optique (poussières, colloïdes...).

II — L'EMPLOI DES SPECTRES X EST PLUS FRÉQUENT ENCORE EN CHIMIE

Les cristaux naturels, si en vogue au XVIII^e siècle, ne représentent qu'une infime partie des cristaux connus actuellement. Le

domaine des cristaux synthétiques, déjà immense, voit ses bornes reculer sans cesse par la réussite de nouvelles combinaisons, particulièrement dans le domaine organique.

Malheureusement, il s'en faut de beaucoup que les espèces synthétiques donnent des cristaux aussi parfaits que ceux de la nature (où les facettes sont parfois bien développées et d'un pouvoir réflecteur élevé); aussi, quelle que soit la tendance conservatrice des individus, on ne peut que rarement appliquer les méthodes optiques en chimie cristalline.

Dans le cas des diaphanates, par exemple, le pouvoir réflecteur des facettes est très pauvre et les angles dièdres pas mal arrondis; aucune goniométrie n'est par suite possible. Deux pour cent seulement des cristaux les plus transparents sont dotés des deux plans de base nécessaires à l'examen de l'activité optique (et, vu la petitesse et la friabilité de ces cristaux, il est inutile de songer à tailler avec précision des plans de base artificiels).

De plus, on ne peut opérer de mesures de conductibilité, la chaleur transformant les diaphanates en sulfates.

On peut certes calculer la densité (méthode de suspension), la dureté relative, et l'indice ordinaire (ligne de Becke); mais là doit se borner en général l'examen classique.

L'identification de tels cristaux synthétiques, si pauvres optiquement parlant, exige donc impérieusement l'utilisation du goniomètre à rayons X.

Sans doute, chaque fois que faire se peut, il est recommandable de confronter méthodes classiques et méthodes nouvelles; leur cohérence est un supplément de garantie; mais les rayons X sont d'un emploi plus général, donnent de bons spectres avec de bien pauvres cristaux, et fournissent des résultats que l'on ne pourrait obtenir par aucune autre méthode.

Mais, diront nos plus jeunes, à l'intention desquels j'écris ces lignes d'introduction, "ne manipule-t-on pas toujours avec des gaz ou des solutions? et l'examen d'une substance sous la forme cristalline et même la phase solide n'est-elle pas un cas d'exception?"

Non, l'examen de cristaux est la voie la plus sûre et la plus générale aujourd'hui: tous les composés qui existent à l'état gazeux ou liquide prendront *sans changer de substance* la forme cristalline si on les refroidit suffisamment alors que l'inverse n'aurait pas lieu.

Bien des composés, en effet, ne peuvent exister qu'à l'état cristallin; *ils se décomposeraient en constituants plus simples* si l'on tentait de les dissoudre, fondre ou volatiliser comme il faudrait nécessairement opérer en chimie classique ou même en spectroscopie optique; *leur nature ne peut être connue que s'ils sont étudiés comme cristaux*.

D'autres composés, les fibres (enrouche, laine, cellulose...) ont besoin d'être étirés afin de rendre les axes des microcristaux parallèles à l'axe de fibre; alors on peut les identifier aux rayons X.

Si l'on compare aux méthodes chimique et optique les élégances de l'analyse cristalline aux rayons X, où de *petites quantités suffisent*, où il n'est *plus nécessaire de séparer le corps étudié des impuretés* qui l'entourent (à moins que ces dernières n'aient un grand poids atomique), où l'on peut *distinguer entre eux divers isomères* et même *reconnaître l'état de combinaison des divers éléments*, on verra la généralité et la puissance des méthodes que nous devons à Laue.

III — LES MACLES DU QUARTZ NE SONT PAS HEXAGONALES

Le prisme du quartz est hexagonal et, comme le nombre six était symbole de perfection pour les anciens, on croyait jadis que le quartz était possesseur d'une vertu: "l'hexagonalité".

Aussi les élèves sont-ils parfois surpris d'entendre parler du quartz comme d'un cristal ternaire; les radiogrammes sont bien tels *cependant si l'on tient compte des différences d'intensité des taches de diffraction* (se reporter à l'article de l'an dernier où, dans cette revue, on fêlait les 25 ans de la structure fine; on y verra que la photographie est bien ternaire suivant l'axe optique).

Indépendamment des cristaux homogènes du quartz (les fils uniques), il existe aussi des macles (des jumeaux "siamois") résultat de l'interpénétration de deux ou quatre individus *unis symétriquement* (n'est pas macle toute superposition quelconque due au voisinage durant la croissance des cristaux; l'un des individus d'une *véritable macle* doit pouvoir se déduire de son frère siamois le plus voisin, soit par réflexion sur un plan miroir élémentaire de symétrie pour chacun des deux individus, soit par rotation autour d'un axe commun de symétrie).

Comme les diaphanates étudiés aujourd'hui sont de la famille du quartz et que ce dernier cristal est particulièrement simple, il

est tout naturel de demander à la minéralogie quelles sont les macles possibles dans cette famille cristalline.

A — La plus commune des macles du quartz résulte de l'enchevêtrement de deux individus doués du même pouvoir rotatoire (deux droits ou deux gauches): vu son abondance au pays des Allobroges on l'appelle "macle du Dauphiné". — On peut aussi la produire mécaniquement par pression ou choc suivant l'axe optique d'un cristal homogène. Macle du Dauphiné ou macle mécanique ont un pouvoir rotatoire spécifique du même ordre que celui d'un cristal homogène, puisque les rotations de tous les microcristaux coopèrent tout comme dans le cristal simple.

Dans ce premier type de macle l'un des individus peut se déduire de l'autre par rotation de 60° autour de l'axe optique (ou par des rotations de 180° ou 300° puisqu'il s'agit d'un axe ternaire). On parle parfois de "mimétisme" en pareil cas, vu que le cristal maculé semble optiquement vouloir se faire passer pour un cristal homogène.

B — Dans une autre macle naturelle du quartz, que l'on ne rencontre guère qu'au Brésil, des individus lévogyres sont unis à des dextrogyres avec, pour éléments communs de symétrie: trois plans de réflexion parallèles à l'axe optique et normaux respectivement aux facettes opposées du prisme hexagonal. Cette macle Brésilienne a une activité optique nulle ou négligeable vu l'interférence entre les rotations gauches et les droites produites par les deux groupes de micro-cristaux.

C — Un troisième type de macle du quartz a pour élément de jumelage un plan de réflexion: le plan de base normal à l'axe optique.

Ces trois premiers types de macle ont un *même réseau spatial hexagonal*, échafaudage commun à chacun des motifs de tous les individus qui s'interpénètrent.

D — Un dernier type de macle du quartz, d'ailleurs très rare, consiste en deux prismes à peu près à angle droit l'un de l'autre, le plan de réflexion partagé en commun étant 1 1 2 2.

A priori, dans les trois premiers cas, deux cristaux ternaires maculés suivant une même trame hexagonale, et se bissectant mutuellement autour de l'axe ternaire, sembleraient devoir former un édifice complètement hexagonal.

Et, comme dans la méthode de Laue "tout se passe comme si le cristal avait un centre, qu'il en ait un ou non dans la réalité"

(Friedel), raison de plus pour s'attendre à un radiogramme complètement hexagonal (semblable à celui du béryl reproduit l'an dernier dans cette même revue).

Or il n'en est pas ainsi. La discussion sera limitée à un examen élémentaire et purement géométrique (sans recourir à l'interprétation quantitative des intensités). Le lecteur qui voudrait fouiller la question plus à fond est prié de consulter deux articles de l'auteur, où il trouvera des compléments techniques: (vol. 20, No 4, avril 1935 et vol. 23, No 6, juin 1938 *American Mineralogist*.)

Passons de suite aux radiogrammes pour constater que les mailles ne sont pas complètement hexagonales tout en étant bien distinctes du cristal homogène dans la méthode de Laüé. Pour pouvoir déchiffrer les radiogrammes, il nous faut une clé: la projection gnomonique dont nous allons parler et qui sera utilisée aux figures 3, 6, 9, 11 et 12.

IV — LA PROJECTION GNOMONIQUE D'UN RADIOGRAMME

C'est le seul procédé employé depuis dix ans pour "indexer" un radiogramme, étudier la symétrie et avoir la trame du cristal normalement à la direction du rayon X; créée pour coordonner les lectures des deux cercles du goniomètre cristallin, cette méthode a été étendue aux radiogrammes de Laüé.

Supposons un point quelconque à l'intérieur d'un cristal et menons de ce point des normales à toutes les directions de plan des facettes; on a ainsi une sorte de hérisson à centre qui a la symétrie même du réseau cristallin et qui nous donnerait tout angle dièdre des facettes deux à deux simplement en mesurant l'angle entre les deux piquants correspondants.

Ce hérisson, (comme tout réseau cristallin et comme tout radiogramme de Laüé) a un centre de par sa définition; il représente bien mieux la symétrie du réseau que l'ensemble des facettes externes, lesquelles ont des aires et des arêtes très irrégulières parfois (étant équiangles mais rarement équilatères) vu les accidents de croissance, alors que les angles dièdres ou l'ensemble des normales aux facettes qui les définissent sont des éléments caractéristiques d'une même variété cristalline.

L'existence de ce centre dans le hérisson gnomonique fera que le réseau sera complètement hexagonal (il n'y a pas de réseau ternaire, vu le centre introduit).

La trace des piquants d'un tel hérisson sur un plan normal à l'un des axes importants du cristal constitue l'une de ses projections gnomoniques principales.

Les rayons X, donnant des réflexions sur un nombre immense de plans internes du réseau, le nombre des normales du hérisson gnomonique sera une centaine de fois plus élevé que celui que l'on déduirait du goniomètre à deux cercles même avec les plus beaux cristaux naturels.

Si 2θ est l'angle de déviation d'un pinceau X, défini par la célèbre formule des Braggs,

$$n\lambda = 2d_i \sin \theta_n,$$

et si $+r$ est la distance d'un spot P de Laüé à la trace O du rayon central direct, le point correspondant de la projection gnomonique sera sur la demi-droite opposée à O P, à la distance $OG = -R$ calculable par:

$$\begin{cases} 2\theta = \arctangente \frac{r}{D} \\ |R| = D \cotangente \theta, \end{cases}$$

(voir, au besoin, "The Crystalline State", Bragg and Bragg, Bell, p. 25, pour s'aider d'un bon schéma et distinguer la projection gnomonique de la stéréographique, plus répandue jadis).

Dans une telle projection gnomonique, toutes les normales aux divers plans d'une même zone du cristal sont dans un même plan (de même que le plan d'une roue contient tous ses rayons lesquels font partie de l'ensemble des normales aux plans passant par l'essieu des deux roues). Ce plan des normales à l'axe de zone coupe le plan du papier suivant une ligne droite perpendiculaire à l'axe de zone.

Chacune des ellipses des radiogrammes de Laüé, lieu des spots d'une même zone, (et qui se transformait en circonférence dans la projection stéréographique) va donner naissance à *une ligne droite dans la projection gnomonique*. La détermination des indices de Miller est ainsi rendue automatique, puisque chacune des droites est caractérisée par: soit "un indice constant", soit: "une combinaison linéaire d'indices constante" (voir figures 3, 6 et 9.)

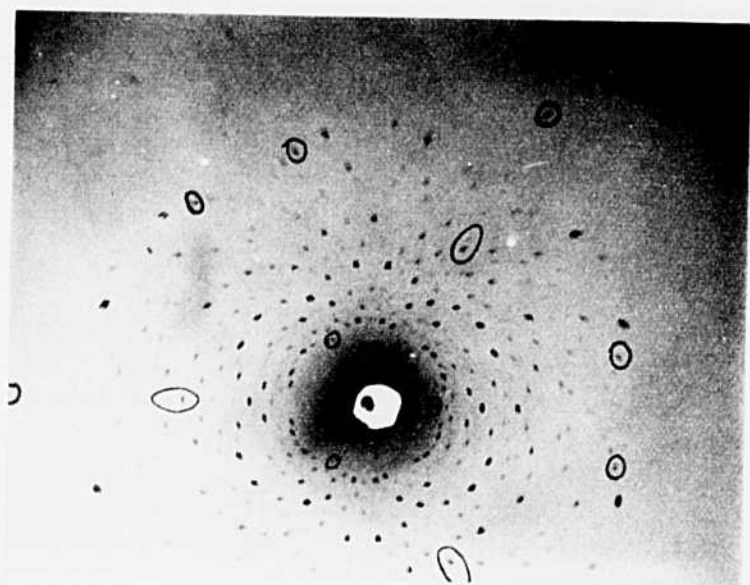


Fig. 1 $\text{S}_2\text{O}_8\text{K}_2$ cristal homogène, radiogramme ternaire de Laue, radiation du tungstène.

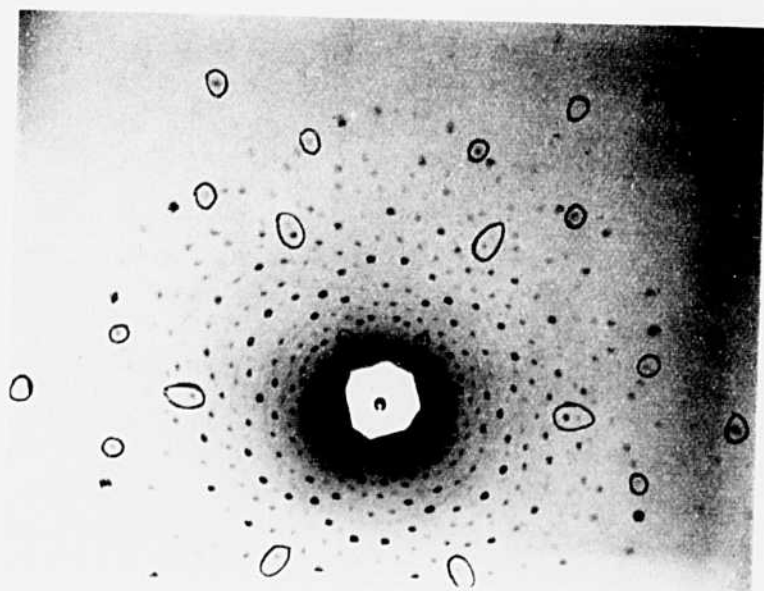


Fig. 2 $\text{S}_2\text{O}_8\text{K}_2$ macule pseudo-hexagonale, radiogramme de Laue, radiation du tungstène.

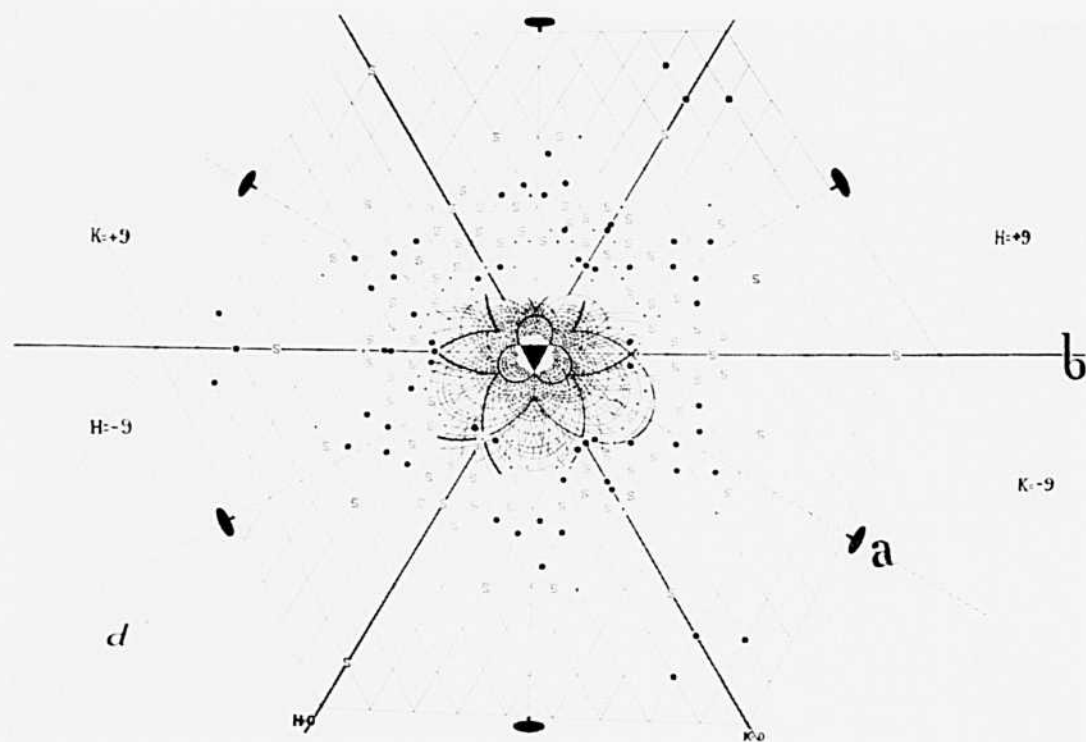


FIG. 3. Projection gnomonique des radiogrammes (FIG. 1 et FIG. 2);

- réflexions ajoutées par maillage
- ⊙ intensifiées par maillage
- * " affaiblies par maillage.

V — RADIOGRAMMES DE LAÛE DU DIAPHANATE DE POTASSIUM
(CRISTAL HOMOGÈNE ET MACLE).

DIFFÉRENCES ENTRE LEURS PROJECTIONS GNOMONIQUES.

La fig. 1 est la reproduction d'un radiogramme de Laüe d'un cristal homogène de $\text{S}^2\text{O}^6\text{K}^2$; le rayon X y est dirigé suivant l'axe optique c . Remarquer la présence de trois traces de plans de symétrie: l'une horizontale bcb et les autres à soixante degrés de l'horizontale. La direction verticale aca n'est pas la trace d'un plan de symétrie mais la direction de l'axe binaire, et de même à trente degrés de l'horizontale; aussi les points qui ont leurs positions disposées symétriquement de part et d'autre de ces trois dernières directions n'ont *pas la même intensité*.

La figure 2 reproduit le radiogramme d'une macle de la même substance; le rayon X y est encore dirigé suivant l'axe ternaire et les mêmes éléments de symétrie que précédemment subsistent et gardent leur position relative; malgré la présence d'un plus grand nombre de points le radiogramme reste ternaire quoique plusieurs des nouveaux spots tendent à lui donner une symétrie le rapprochant d'un radiogramme hexagonal. C'est ce que l'on entend quand on parle de "pseudo-hexagonalité".

Quelques-uns des spots les plus caractéristiques du maillage ont été entourés d'une circonférence pour aider le lecteur à les retrouver.

La fig. 3 vise à faire ressortir les *différences entre les deux projections gnomoniques* des radiogrammes ternaires du cristal homogène et de la macle. Les cercles noirs montrent les spots présents dans la macle seulement; les cercles entourant la lettre S indiquent les spots plus intenses (Stronger) dans la macle que dans le cristal homogène; et, enfin, les astérisques marquent les réflexions affaiblies par maillage. La richesse des radiogrammes suivant l'axe optique (on comptait 3000 points environ sur la plaque fraîchement fixée) n'a permis d'indiquer aucun des points d'égale intensité dans la macle et dans le cristal homogène, crainte de surcharger.

La fig. 4 est le radiogramme du cristal homogène éclairé le long de l'axe binaire a . Constater que l'origine est bien un centre de symétrie et qu'il n'y a plus de traces de plans de symétrie comme dans les figures 1 et 2 (le plan de symétrie bcb étant dans le plan du papier, il n'affecte pas le radiogramme).

Fig. 5, macle éclairée suivant l'axe binaire: guidé par les conférences qui entourent les points très caractéristiques du maclage, remarquer que tout se passe comme si les traces des plans $a b$ et $a c$ étaient devenues des plans de symétrie dans la macle pour la majorité des spots.

La fig. 6 marque les différences entre les projections gnomoniques des figures 4 et 5; mêmes conventions qu'à la figure 3. On a pu ici *sans surcharger, ajouter des cercles blancs pour figurer quelques-uns des points ayant la même intensité dans la macle et dans le cristal homogène* pour faire mieux ressortir les pseudo-symétries (apportées par le maclage) s'ajoutant à l'axe binaire déjà existant dans le cristal homogène.

Fig. 7: radiogramme de Laue du cristal homogène, le rayon X étant à angle droit de l'axe ternaire c comme de l'axe binaire a . Voir la trace $b c$ du plan de symétrie réelle (horizontale) et se rendre compte que la verticale: trace $a b$ n'est pas un plan de symétrie pour tous les points (pseudo-symétrie).

Fig. 8: relative à la macle, le plan de symétrie subsiste; mais le maclage, sans y parvenir complètement, a *tendance à rendre $a b$ plan de symétrie*.

Fig. 9: projection gnomonique des radiogrammes 7 et 8. Mêmes conventions qu'à la figure 6.

VI — CONCLUSIONS DE L'INSPECTION DES RADIOGRAMMES

L'examen des trois premières figures suggère l'idée qu'une macle serait due à l'interpénétration d'un premier cristal homogène et d'un second déduit du premier par rotation de 60° (ou 180 ou 300) autour de l'axe ternaire c : les cercles noirs ajoutés formant un diagramme ternaire. La macle pseudo-hexagonale semble donc due au jumelage de deux cristaux ternaires ayant le même axe optique et se bissectant mutuellement.

Note: bien qu'un cristal gauche ne puisse jamais par rotation se transformer en cristal droit, du point de vue de la méthode de Laue qui ne distingue pas les deux variétés, il n'y a pas d'inconvénient à parler de cette rotation en faisant abstraction des sens de l'activité optique.

Etudiant maintenant les figures 4, 5 et 6, on voit que tous les points ajoutés par maclage apparaissent par paires, opposés par le centre, donc appartenant à un même cristal homogène qui

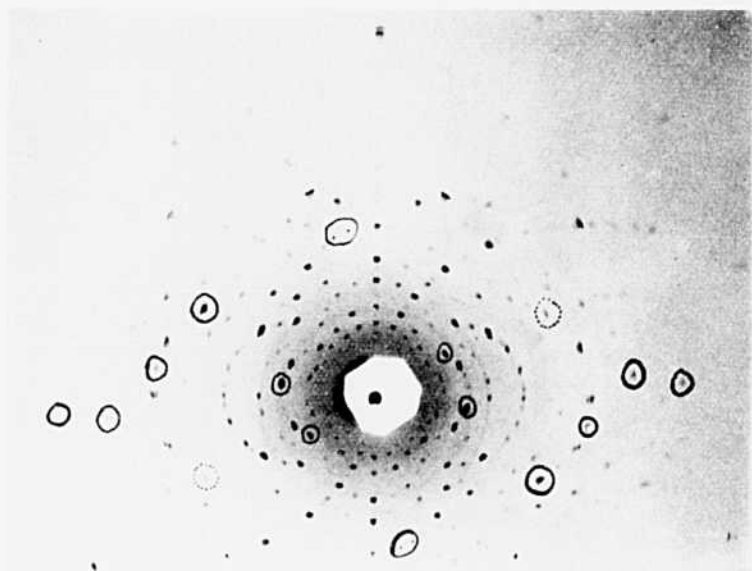


Fig. 4 $\begin{array}{c} |b \\ \text{---} \text{A} \text{---} \\ |b \end{array}$ $\text{S}_2\text{O}_8\text{K}_2$, cristal homogène, radiogramme ternaire de Laue, radiation du tungstène.

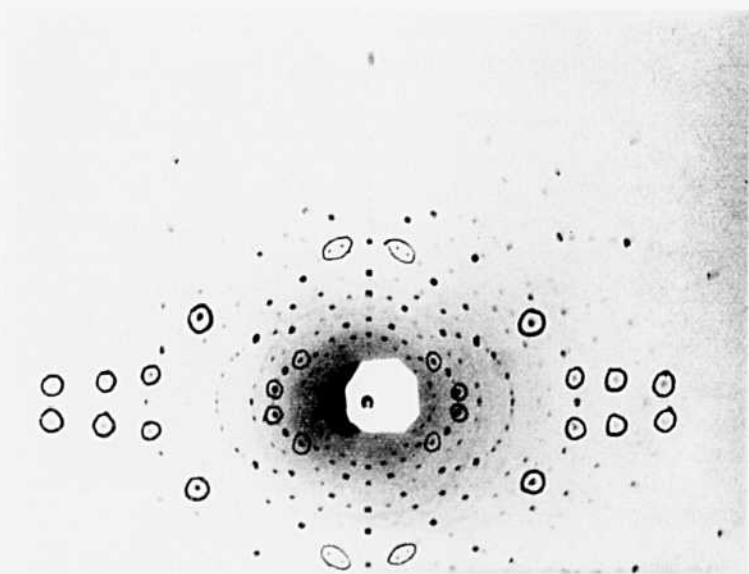


Fig. 5 $\begin{array}{c} |b \\ \text{---} \text{A} \text{---} \\ |b \end{array}$ $\text{S}_2\text{O}_8\text{K}_2$, macle pseudo-hexagonale, radiogramme de Laue, radiation du tungstène.

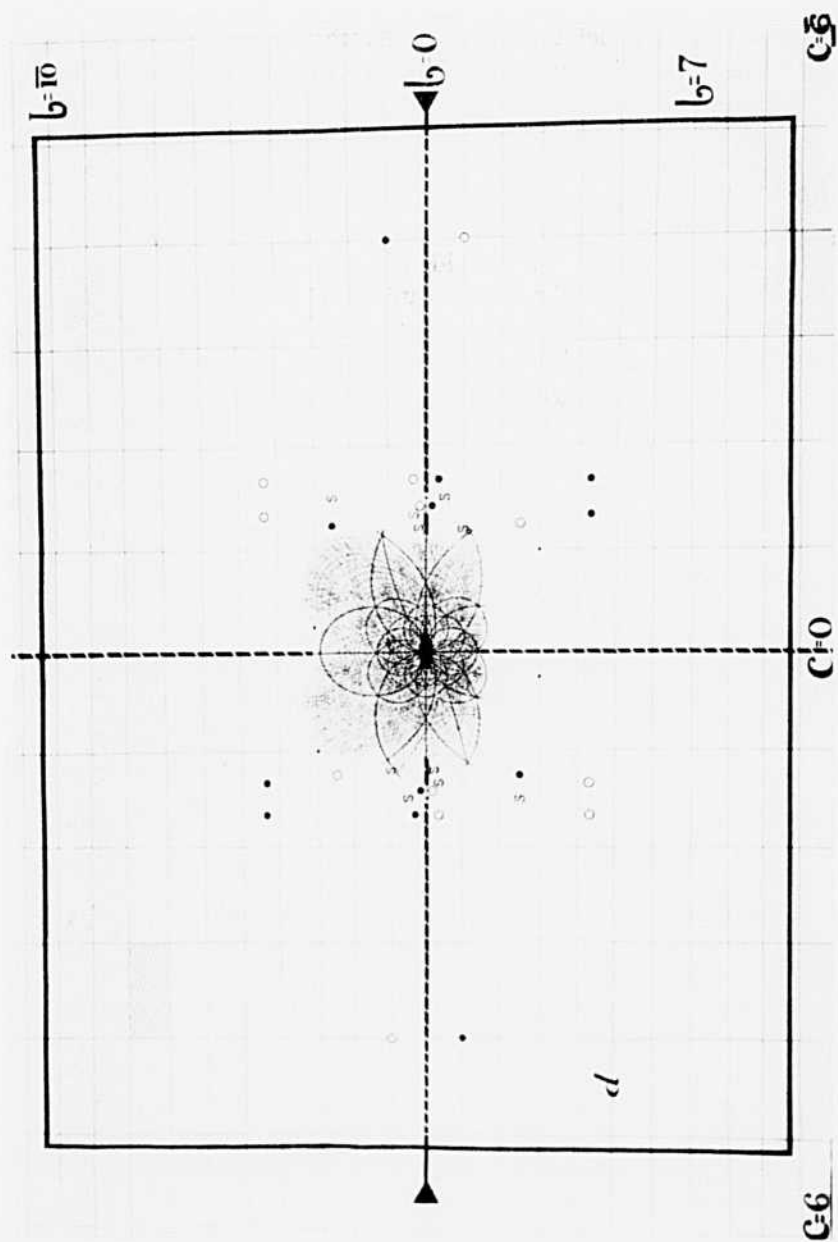


Fig. 6 Projection gnomonique des radiogrammes (Fig. 4 et Fig. 5); mêmes conventions qu'à la Fig. 3, quant aux différences;
 o réflexions de même intensité relative dans la nœde et le cristal homogène.

aurait l'axe binaire en coïncidence avec celui du premier (normalement au papier). Ces points peuvent aussi être considérés comme des images dues à la réflexion de points du premier cristal homogène sur les traces ac et ab agissant comme plans de pseudo-symétrie.

Passant enfin aux figures 7, 8 et 9, parmi les points ajoutés par maillage, quelques-uns se trouvent sur la trace même du plan bc (véritable plan de symétrie) et d'autres apparaissent par paires symétriquement de part et d'autre de la trace bc , de sorte qu'en bloc *une telle paire* peut être considérée: soit comme appartenant à un second cristal homogène partageant avec le premier le plan de symétrie bc ; soit encore comme les images d'une autre paire de points du premier cristal se réfléchissant sur la trace ab agissant comme plan de pseudo-symétrie.

L'auteur a été le premier à étudier les radiogrammes *latéraux* de Laue pour en déduire la géométrie du maillage. Dans ces radiogrammes normaux à l'axe optique, les plans ac et ab apparaissent pour un cristal ternaire:

- A. comme plans de symétrie dans une macle *complètement* hexagonale (ce qui n'a pas lieu).
- B. comme plans de pseudo-symétrie dans un cristal ternaire et dans sa macle pseudo-hexagonale.
- C. le maillage fait que dans la macle ternaire ces deux plans *tendent* vers une plus grande symétrie *sans jamais atteindre la symétrie complète* (celle du vrai plan de symétrie bc).

VII — CONSIDÉRATION D'UN MODÈLE SIMPLE POUR EXPLIQUER CES DIFFÉRENCES DE PROJECTIONS GNOMONIQUES.

Pour permettre au lecteur de se représenter plus facilement encore le type de maillage dont il s'agit, envisageons l'effet d'une rotation simple de 180° sur une pyramide de la classe du quartz. (La figure est plus claire avec 180° et, comme l'axe est ternaire, 180° équivalent à $180^\circ \pm 120^\circ$).

Les projections gnomoniques précédentes avaient peut-être l'inconvénient de comprendre un trop grand nombre de points: prenant une pyramide triangulaire et sa sœur siamoise il ne s'agira plus que de 6 points et cela permettra de réaliser un modèle simple dont la vue en plan constitue la figure 10.

Taillez, par exemple dans une grosse gomme à effacer, une pyramide triangulaire de hauteur 1 et dont les faces interceptent

sur trois demi-droites du plan de base: a_1 , a_2 et a_3 (à 120 degrés l'une de l'autre) des longueurs égales respectivement à:

$$\begin{array}{lll} \text{face 1} & + \frac{1}{2}, & + 1, - \frac{1}{3} \\ \text{face 2} & - 1, & - \frac{1}{2}, + \frac{1}{3} \\ \text{face 3} & - 1, & + 1, \infty \end{array}$$

Sur les 4 axes: a_1 , a_2 , a_3 , et l'axe ternaire normal au plan des 3 autres, les 4 segments de chacune des trois faces sont ainsi $+ \frac{1}{2}, + 1, - \frac{1}{3}, + 1$; $- 1, - \frac{1}{2}, + \frac{1}{3}, + 1$, et $- 1, + 1, \infty, + 1$, respectivement.

Les indices de Miller, qui sont proportionnels aux INVERSES DES SEGMENTS interceptés, seront donc:

$$\begin{array}{ll} \text{face (1):} & (2 \ 1 \ \bar{3} \ 1); \text{ face (2): } (\bar{1} \ \bar{2} \ 3 \ 1); \text{ et} \\ \text{face (3):} & (\bar{1} \ 1 \ 0 \ 1). \end{array}$$

Une rotation simple de 180° ne change pas le segment sur l'axe vertical, mais change de signe les 3 segments horizontaux et par suite les trois premiers indices.

$$\begin{array}{ll} (1) \text{ devient } (2'): & (\bar{2} \ \bar{1} \ 3 \ 1) \\ (2) \text{ devient } (1'): & (1 \ 2 \ \bar{3} \ 1) \\ \text{et } (3) \text{ devient } (3'): & (1 \ \bar{1} \ 0 \ 1) \end{array}$$

Comme les projections gnomoniques latérales précédentes employaient des coordonnées trirectangulaires, nous transformerons les coordonnées hexagonales précédentes qui deviendront pour les six faces:

$$\begin{array}{lll} (1) & (2 \ 4 \ 1); & (2) \ (\bar{1} \ \bar{5} \ 1); \quad (3) \ (1 \ \bar{1} \ \bar{1}) \\ (1') & (1 \ 5 \ 1); & (2') \ (\bar{2} \ \bar{4} \ \bar{1}) \text{ et } (3') \ (\bar{1} \ 1 \ \bar{1}) \end{array}$$

La figure 11 donne schématiquement les deux projections gnomoniques latérales a et b des taches de diffraction dues aux faces de la première pyramide droite. A l'aide du modèle dans lequel on avait piqué les 3 normales aux faces, on a vérifié que les points gnomoniques correspondants devaient bien être dans les quadrants spécifiés ci-dessous pour chacune des deux projections:

$$\begin{array}{l} + x \text{ indiquant à droite } (-x \text{ à gauche}); \text{ et} \\ + y \text{ indiquant vers le haut } (-y \text{ vers le bas}). \end{array}$$

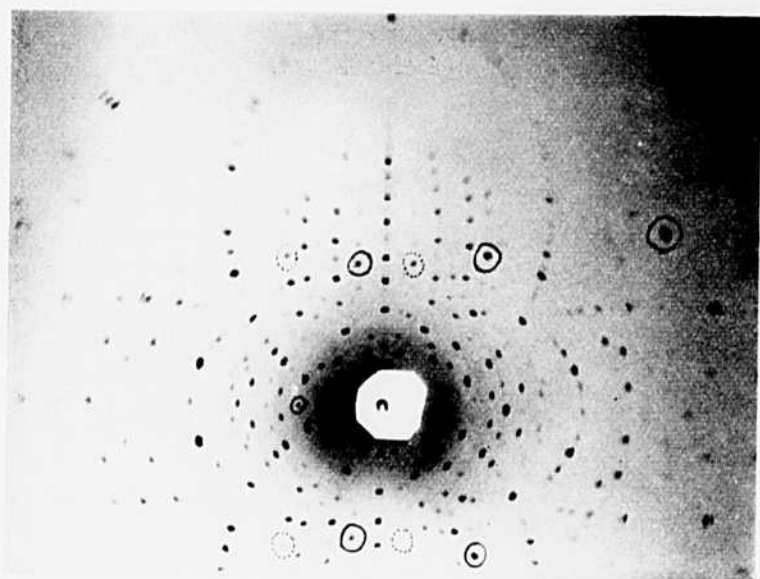


Fig. 7 $\text{S}_2\text{O}_8\text{K}_2$, cristal homogène, radiogramme de Laue présentant un plan de symétrie, radiation Tg .

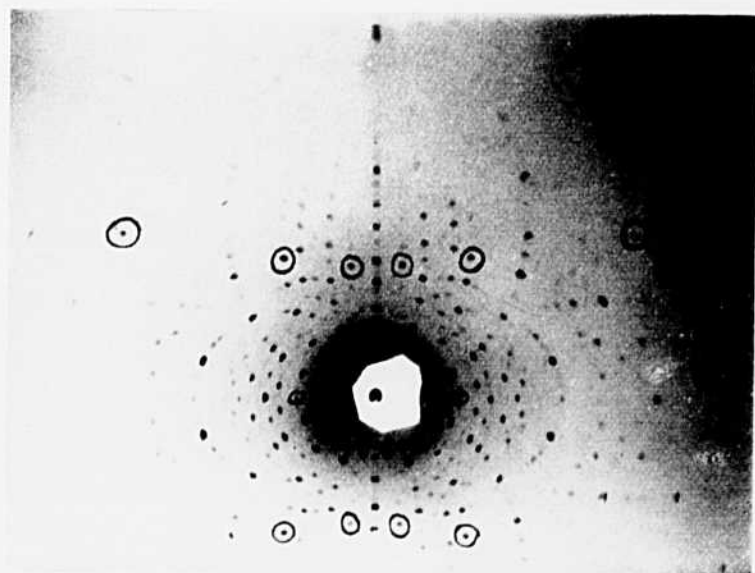


Fig. 8 $\text{S}_2\text{O}_8\text{K}_2$, maclé pseudo-hexagonale, radiogramme de Laue, radiation du tungstène.

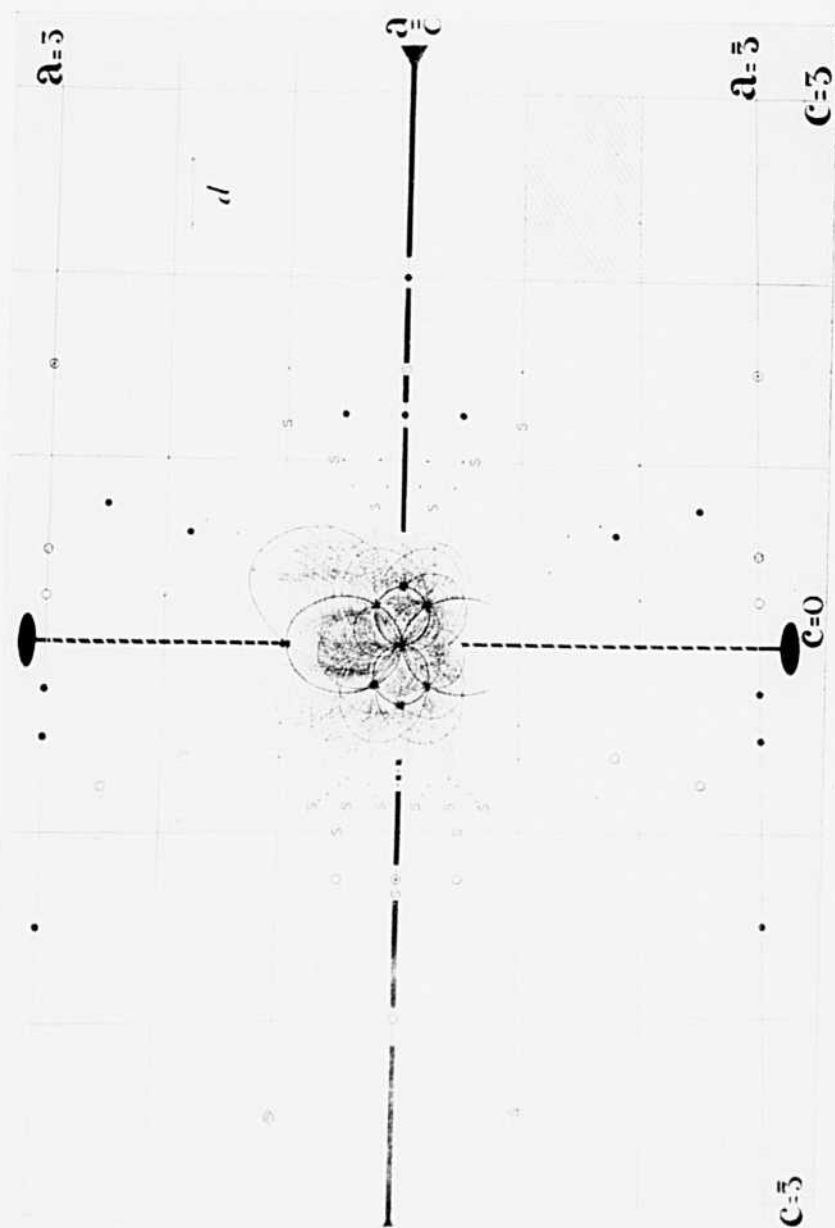


Fig. 9 Projection gnomonique des radiogrammes (Fig. 7 et 8); mêmes conventions qu'aux Fig. 3 et 6.

Lire directement sur la figure 11 en s'aidant du modèle de préférence.

Nos des faces	sur la proj. gnom. a	sur la proj. gnom. b
(1)	$-y, -x, (1, 2, \frac{1}{2}) = (2\ 4\ 1)$	$-y, +x, (\frac{1}{2}, 1, \frac{1}{4}) = (2\ 4\ 1)$
(2)	$+y, -x, (\bar{1}\ \bar{2}\ \frac{1}{2})$	$+y, +x, (\frac{1}{2}, 1, \bar{\frac{1}{4}}) = (1\ 5\ \bar{1})$
(3)	$+y, +x, (1\ \bar{1}\ \bar{1})$	$-y, -x, (\bar{1}\ 1\ 1)$

et, de même, pour les facettes ajoutées par maillage (faire tourner le modèle de π), lire sur la même figure 11.

(1)'	$-y, -x, (1\ 5\ 1)$	$-y, +x, (\frac{1}{5}, 1, \frac{1}{5}) = (1\ 5\ 1)$
(2')	$+y, -x, (\bar{1}, \bar{2}, \frac{1}{2}) = (\bar{2}\ \bar{4}\ 1)$	$+y, +x, (\frac{1}{2}, 1, \bar{\frac{1}{4}}) = (2\ 4\ \bar{1})$
(3')	$-y, +x, (\bar{1}\ 1\ \bar{1})$	$+y, -x, (\bar{1}\ 1\ \bar{1})$

La figure 12 est la répétition de la figure 11; mais, pour mieux faire ressortir l'introduction des plans de pseudo-symétrie *ab* et *ac* par suite du maillage, on a ajouté un certain nombre de points qui sont les "correspondants" des 6 précédents grâce aux éléments de symétrie réelle: axe binaire *a*, plan *bc*.

Le lecteur est prié de comparer les figures 6 et 9 aux diagrammes 11 et 12 et il remarquera que le même type de supplément de symétrie est produit par le maillage dans les schémas 11 et 12 et dans les projections gnomoniques des radiogrammes latéraux. Ainsi, géométriquement, tout se passe comme si le maillage était dû à une rotation de 180° (ou de $180^\circ \pm 120^\circ$) autour de l'axe ternaire.

L'avantage de ces radiogrammes latéraux est que leur interprétation n'exige pas (comme celle du radiogramme suivant l'axe optique) une régularité parfaite du cristal.

Sans doute les radiogrammes présentés figures 1 et 2 sont exceptionnellement bons et permettent de se prononcer sur la position des plans de symétrie *bc* et sur celle des axes binaires *a*, mais il en est rarement ainsi.

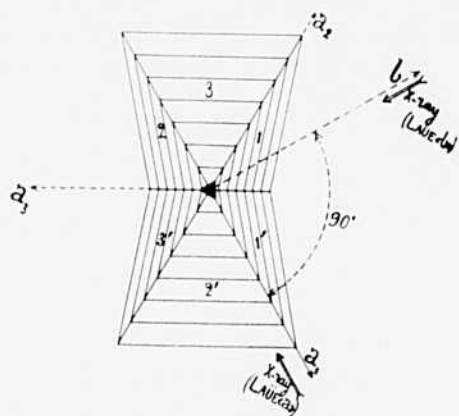


FIG. 10 Effet de maillage produit sur une pyramide triangulaire de la classe du quartz, par rotation ordinaire de π autour de l'axe ternaire.

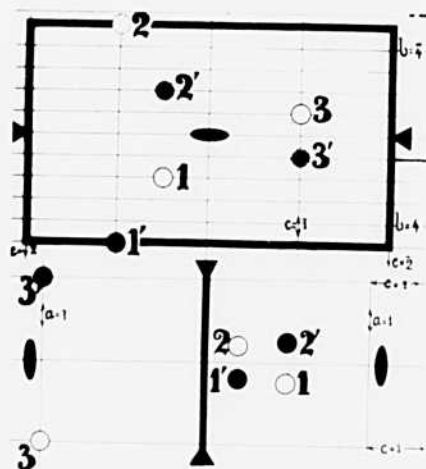


FIG. 11 Projections gnomoniques latérales correspondant au maillage représenté par la vue en plan de la Fig. 10.

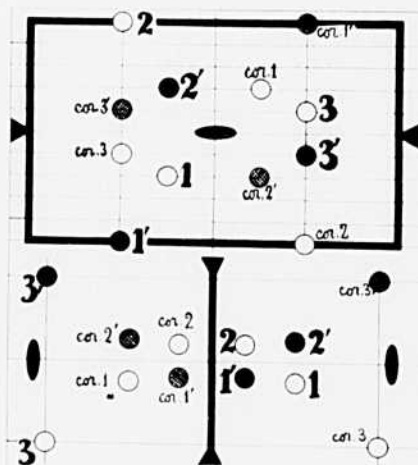


FIG. 12 Même diagramme qu'à la FIG. 11, mais complété par l'addition aux 6 points précédents de leurs "correspondants" (existant nécessairement de par les éléments de symétrie réelle). L'introduction de deux plans de pseudo-symétrie apparaît mieux.

VIII — RADIOGRAMMES DE LAÛE DE TROIS LAMES DE CRISTAUX
DU DIAPHANATE DE STRONTIUM. IL DOIT S'AGIR DE MACLES
PSEUDO-HEXAGONALES

Le Docteur G. V. Helwig qui s'était contenté de l'examen des radiogrammes suivant l'axe optique, en avait conclu dans le cas du diaphanate de strontium qu'il s'agissait d'un cristal *complètement hexagonal*?

En prenant la peine de tailler des lames à faces parallèles respectivement perpendiculaires à chacun des axes, nous avons pu obtenir les radiogrammes des figures 13, 14 et 15, qui montrent qu'ils ne sont pas produits par des édifices complètement hexagonaux. Il doit s'agir de macles pseudo-hexagonales si l'on applique les conclusions de l'étude précédente à ce nouveau sel.

Comme les cristaux du diaphanate de strontium sont loin d'être aussi bons que ceux du sel de potassium, il a fallu fabriquer péniblement trois petites lames à faces à peu près parallèles (normalement à chacune des directions d'axe) de façon à assurer le maximum de régularité aux taches de diffraction. Pour cela on a

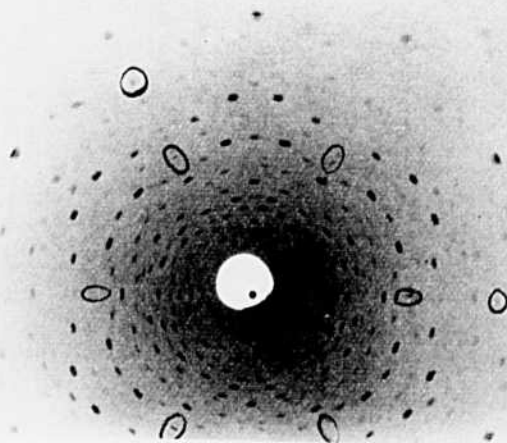


FIG. 13 Radiogramme de Laue d'une macle ? pseudohexagonale de $\text{SrO} \cdot \text{Sr}$, $4\text{H}_2\text{O}$ le rayon X (tungstène) dirigé suivant l'axe ternaire.

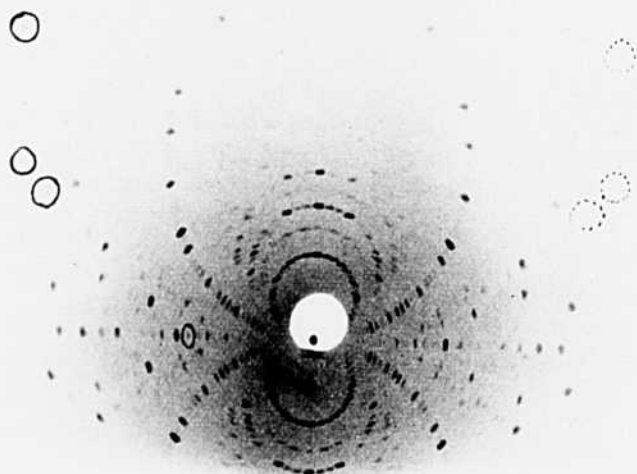


FIG. 14 Radiogramme de Laté d'une macle ? pseudo-hexagonale du diaphanate de strontium, rayon X dirigé suivant l'axe binaire.

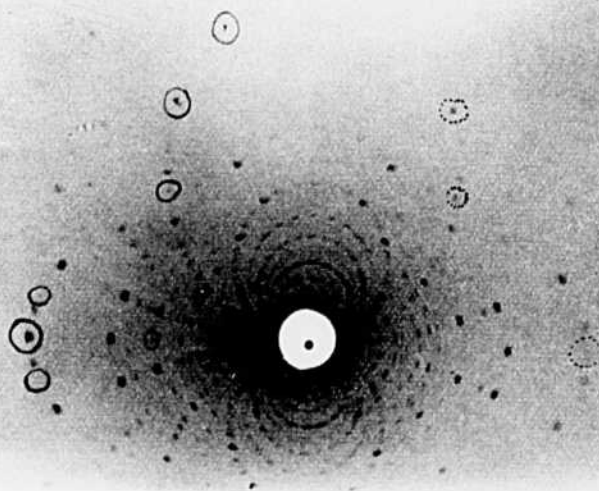


FIG. 15 Radiogramme de Laté d'une macle ? pseudo-hexagonale du diaphanate de strontium, rayon X dirigé normalement aux axes ternaire et binaire.

laissé des cristaux grossir suffisamment pour que *les lamelles qu'on y taillerait fussent plus étendues que les diaphragmes du pinceau X* (l'étendue des spots dépend alors du diaphragme seul et non des dimensions du cristal).

On a dû couper lentement, puis user par frottement les fragments en les maintenant immergés dans la benzine de façon à éviter tout échauffement notable qui aurait pu transformer ces diaphanates en sulfates.

La figure 13 montre le radiogramme obtenu suivant l'axe ternaire. Le lecteur, guidé par les circonférences, reconnaîtra que le diagramme n'est *pas* complètement hexagonal. De même les figures 14 (suivant l'axe binaire) et 15 (à angle droit de l'axe ternaire et de l'axe binaire) montrent que *ac* et *ab* ne sont *pas* des plans de symétrie complète.

Il est peut-être prématuré d'affirmer qu'il s'agit là d'une macle pseudo-hexagonale plutôt que d'un cristal homogène pseudo-hexagonal lui aussi; car, *tant qu'on n'a pas obtenu un cristal plus simple*, on doit provisoirement s'abstenir d'affirmer s'il s'agit de macle ou de cristal homogène.

Tout en attendant que des récoltes ultérieures aient fourni un cristal plus simple, nous proposons d'appeler "maeles pseudo-hexagonales" les édifices cristallins récoltés, laissant au temps le soin de confirmer notre induction. Comme il n'existe pas d'accélérateur pour forcer la nature à hâter ses cristallisations les plus souhaitées, pourquoi reculer devant l'analogie et l'induction qui en résulte.

Nous espérons que la reproduction des radiogrammes sera suffisamment fidèle.

Note: Dans cet article, la préparation des cristaux, la prise des radiogrammes, le tracé des projections gnomoniques, la méthode des radiogrammes latéraux et les illustrations géométriques de l'explication du maelage sont *personnels à l'auteur et n'ont pas encore été publiés*. L'auteur tient les originaux à la disposition de quiconque désirerait les consulter. Les trois paragraphes d'introduction sont en substance dans le livre des Braggs (mentionné plus haut) et dans Tutton (Crystallography).

André-V. WENDLING,

*Doctor of Philosophy (McGill),
Polytechnique à l'École Polytechnique (Montreal).*

CALIBRAGE D'UN BARRAGE-DÉVERSOIR A L'AIDE D'UN MODÈLE RÉDUIT

Tout barrage doit être pourvu d'un déversoir dont le rôle consiste à écouler les surplus d'eau durant les crues. Les barrages-déversoirs se divisent en deux catégories: les déversoirs ordinaires à seuils libres, et les déversoirs régulateurs à pertuis contrôlés par des vannes. Ces derniers, en plus de servir à évacuer l'eau des crues, maintiennent en tout temps le niveau de retenue à une cote déterminée.

Les barrages-déversoirs servent aussi à mesurer les débits qui s'écoulent au-dessus de leur seuil. Malheureusement les profils des déversoirs étant très variables, il est nécessaire de calibrer chaque déversoir avant de s'en servir comme appareil de jaugeage.

Les calibrages se font habituellement à l'aide d'un moulinet hydrométrique; cependant, depuis quelques années on a réussi à calibrer des barrages-déversoirs à l'aide de modèles réduits. Cette dernière méthode est plus rapide et plus économique que la précédente et donne des résultats assez précis pour les besoins de la pratique.

Le but de notre travail fut précisément de calibrer, à l'aide d'un modèle réduit, les déversoirs nos 1, 2, 3 et 4 du barrage du Rapide des Cèdres situé sur la rivière du Lièvre (fig. 1). Les expériences furent effectuées au Laboratoire d'Hydraulique de l'École Polytechnique de Montréal, sous la direction de l'auteur.

Nous avons tout d'abord déterminé le coefficient de débit du déversoir sans piles, pour diverses valeurs de la charge (fig. 7). Nous avons ensuite déterminé le coefficient de débit du même déversoir avec piles, pour diverses valeurs de la charge et pour diverses conditions d'ouverture des vannes: *a*) les quatre vannes ouvertes (fig. 11 et 12); *b*) les vannes nos 2 et 3 ouvertes (fig. 3 et 13); *c*) la vanne n° 2 ouverte (fig. 15).

Nous avons aussi calibré une ouverture du déversoir, sous différentes charges et pour des ouvertures partielles de la vanne, (fig. 17).

CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES

Le débit au-dessus d'un barrage-déversoir se calcule généralement par la formule suivante:

$$Q = C L \left(H + \frac{V_o^2}{2g} \right)^{3/2}$$

lorsque

Q = débit en pieds cubes par seconde

L = longueur du seuil du déversoir en pieds

H = charge ou hauteur de l'eau au-dessus du seuil du déversoir en pi.

V_o = vitesse d'approche en pieds par seconde

C = coefficient de débit dépendant de la forme du déversoir, de la charge et de la forme des piles.

Théoriquement, d'après la loi de similitude de Froude, les coefficients de débit du prototype sont égaux aux coefficients de débit déterminés sur le modèle réduit. Cependant, en pratique, les coefficients du modèle réduit sont un peu plus faibles que ceux du prototype et plus l'échelle du modèle sera petite, plus la différence sera grande.

D'après la loi de Froude nous savons que:

$$Q_p = Q_m \times \lambda^{\frac{5}{2}}$$

lorsque

Q_p = débit du prototype en pieds cubes par seconde.

Q_m = débit du modèle réduit en pieds cubes par seconde

λ = rapport de similitude linéaire.

Il est donc facile de calculer le débit du prototype après avoir déterminé expérimentalement le débit du modèle.

MONTAGE DES APPAREILS

La figure 2 indique schématiquement le montage des appareils utilisés pour faire nos expériences. Le modèle réduit du déversoir fut installé dans un canal en verre de 50 pieds de longueur et de 30 po. x 30 po. de section (fig. 6 et 9). L'eau nécessaire aux expériences fut puisée dans les réservoirs d'emménagement et refoulée, au moyen d'une pompe centrifuge, dans un réservoir à niveau

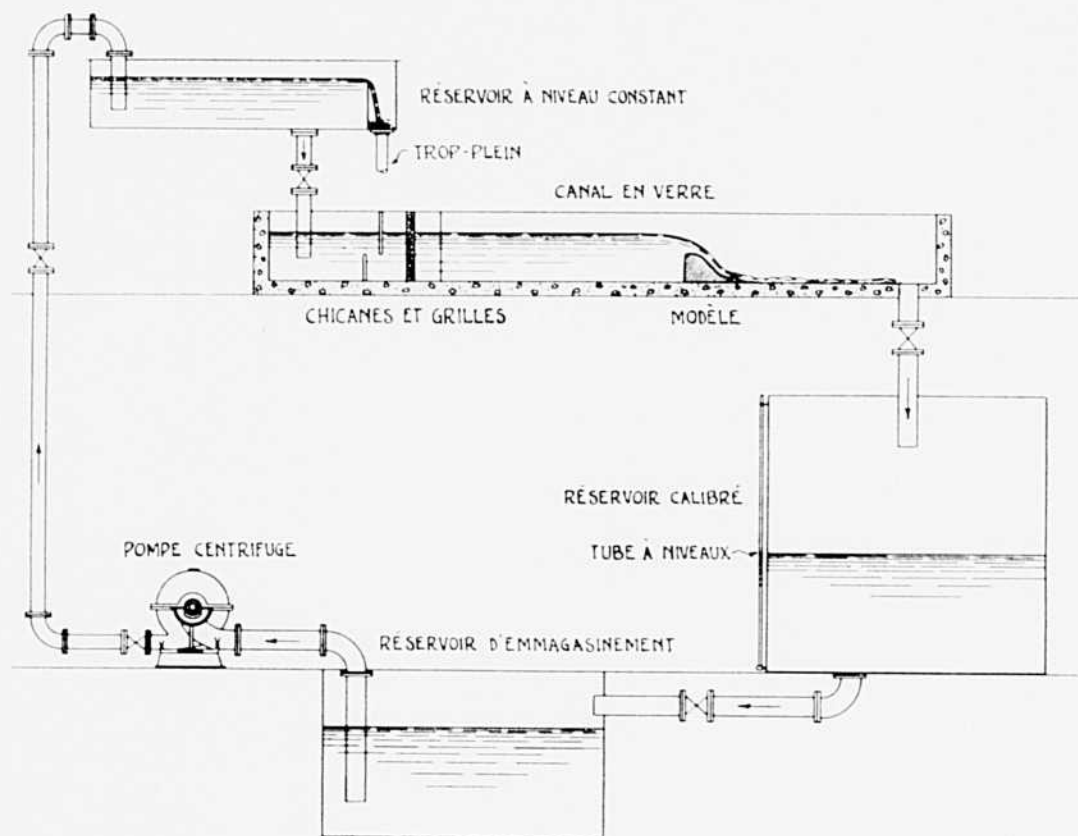


FIG. 2 — Montage des appareils

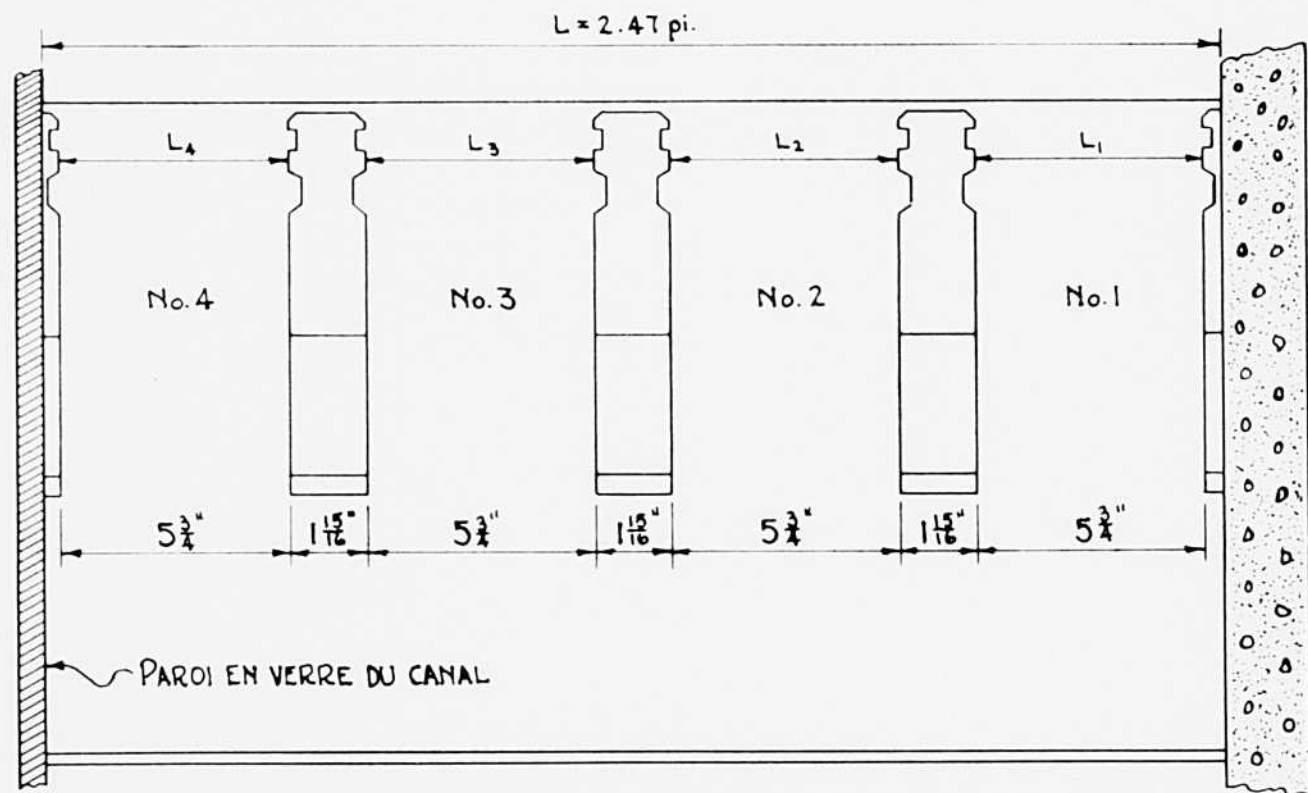


FIG. 3 — Plan du modèle représentant 4 passes du barrage-déversoir du Rapide des Cèdres, à l'échelle 1-50.

constant. Ce dernier réservoir alimentait par gravité le canal en verre. Après avoir passé sur le modèle, l'eau était recueillie dans un réservoir de jauge pour être ensuite retournée aux réservoirs d'emmagasinement.

DESCRIPTION DU MODÈLE

Un modèle réduit, géométriquement semblable au barrage-déversoir du Rapide des Cèdres (fig. 1), sans piles, fut construit en béton, à l'échelle 1/50. Le seuil fut placé à 0.4 pied du fond du canal, représentant une hauteur d'approche $Z = 20$ pieds sur le prototype, soit la hauteur moyenne pour les ouvertures représentées.

Après la première série d'expériences, on a procédé au moulage des piles telles que montrées sur la figure 3. Pour le déversoir et les piles, on a employé un mélange de ciment Portland et de sable passant le tamis n° 30. Subséquemment, toutes les parties du modèle subirent un polissage au carborundum, afin de réduire la rugosité du matériau. La figure 8 représente le modèle terminé.

PROCÉDÉ EXPÉRIMENTAL

a) *Mesure de la charge*

La charge sur le modèle réduit du déversoir fut mesurée au moyen d'un indicateur de niveau à pointe droite du type McIntyre, gradué en pieds, le vernier permettant d'apprécier le 0.0005 de pied. Cet appareil fut monté sur un chariot glissant sur deux barres d'acier de 1-3/16 po. de diamètre, fixées sur les bords supérieurs du canal en verre (fig. 10). Ces barres longitudinales furent ajustées au début de façon que le plan de référence de l'indicateur mobile soit parfaitement horizontal. La mobilité de cet appareil, dans toutes les directions, nous a permis de déterminer la hauteur du seuil du déversoir (lecture "zéro") sur le déversoir même et ensuite de mesurer la charge à une distance de 3 pieds en amont du modèle. Il est à remarquer que la charge fut mesurée directement dans le canal.

Au moyen du système de chicanes et de grilles de tranquillisation installé en amont du canal (fig. 2) les variations de niveau de la surface de l'eau furent rendues imperceptibles, sauf aux débits supérieurs à 0.5 pied cube par seconde où la variation maximum de la charge fut de 0.005 pi. La charge fut mesurée à toutes les 15

secondes durant la mesure du débit lorsqu'il y avait fluctuations, et la moyenne des lectures enregistrée.

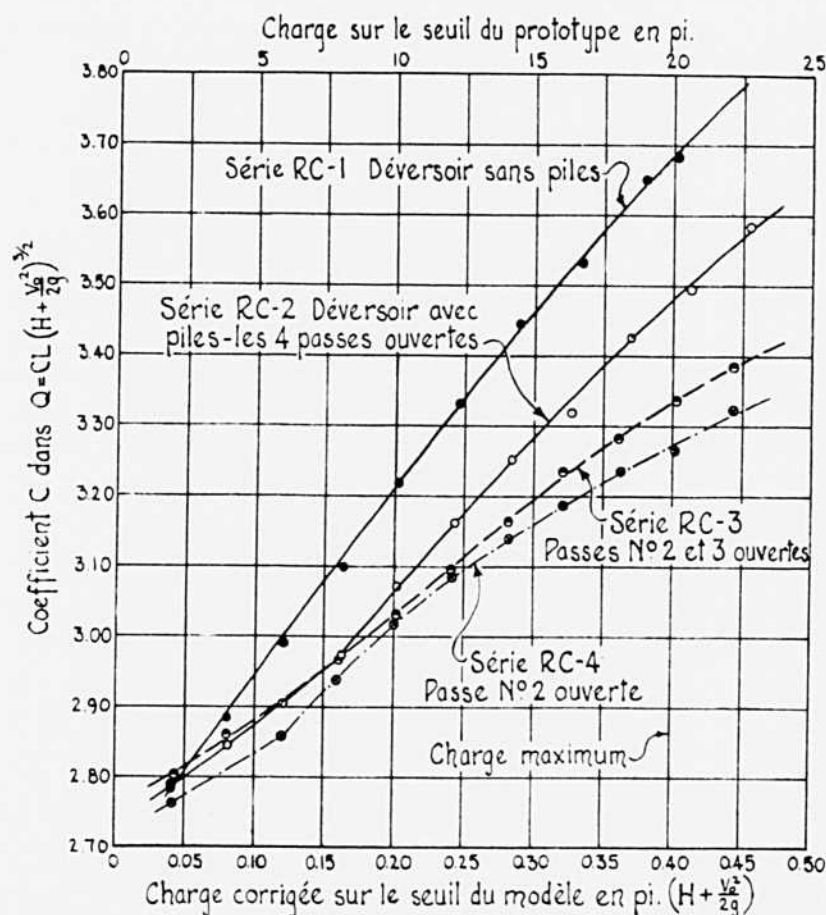


FIG. 4 — Courbes des coefficients de débit en fonction de la charge pour diverses conditions d'ouverture des passes.

b) Mesure du débit

Le débit fut mesuré volumétriquement au moyen d'un des réservoirs calibrés du laboratoire. Ce réservoir est muni d'un tube à niveaux gradué en gallons impériaux, son calibrage ayant été effectué par la pesée, en prenant un gallon impérial = 10 livres d'eau à 61°F. Dans le calcul du débit nous avons pris comme poids

du volume unitaire de l'eau 62.4 lb/pi.cu. Un chronomètre de précision du type Zivy, lisant le 1/5 de seconde, fut employé pour mesurer la période de temps écoulée entre la lecture initiale et la lecture finale du niveau de l'eau dans le tube indicateur. Le temps maximum employé pour ces mesures fut environ 10 minutes.

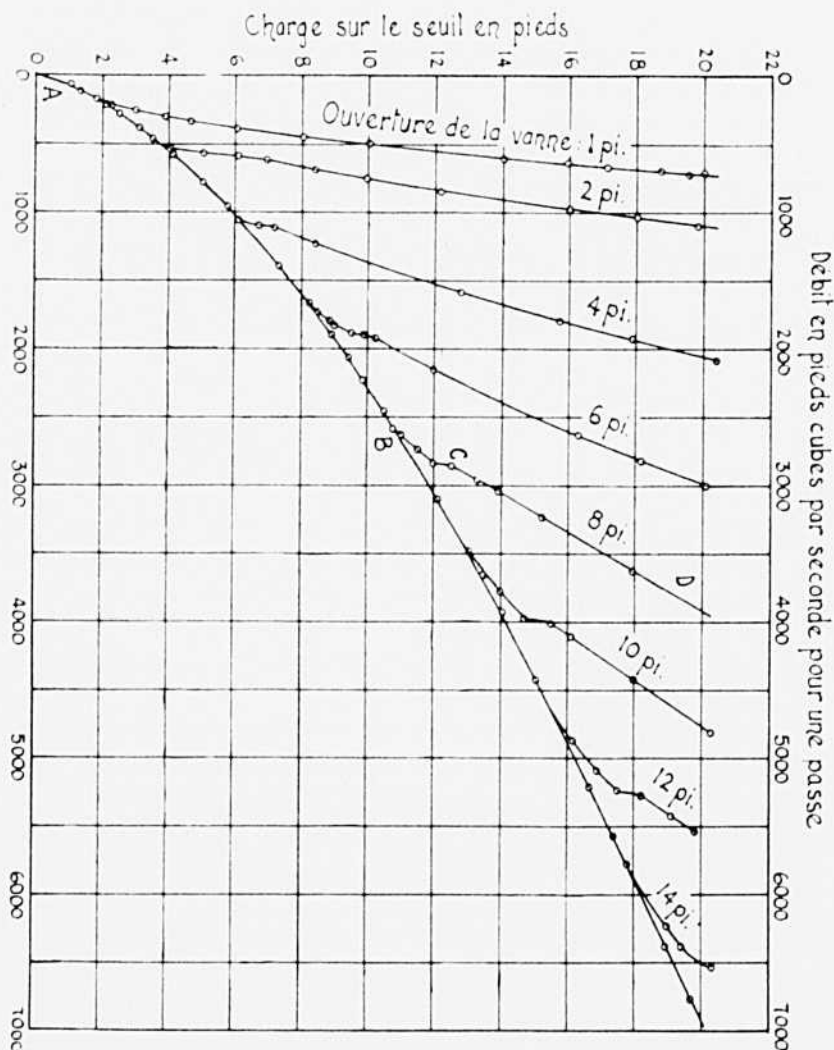


Fig. 5 — Courbes des débits d'une passe en fonction de la charge pour des ouvertures partielles de la vanne.

RÉSULTATS

Les résultats de nos expériences sont présentés sous forme de tableaux (en appendice) et de graphiques (fig. 4 et 5).

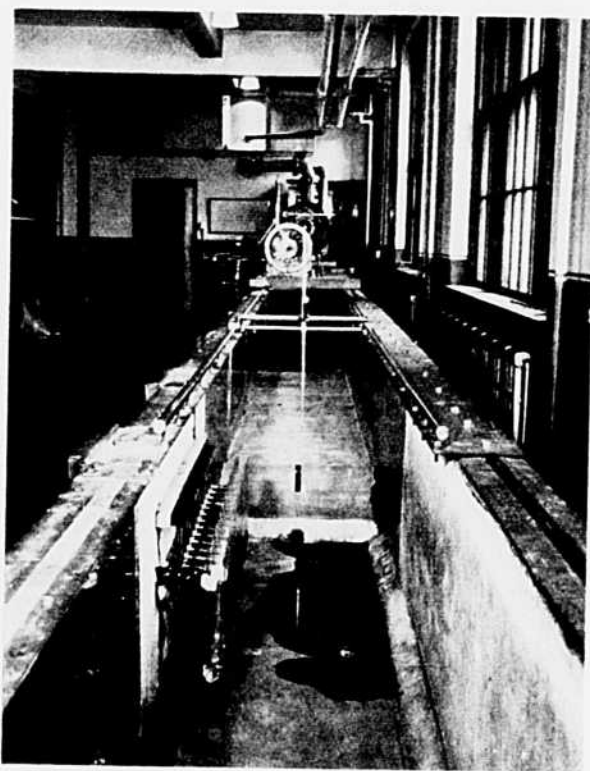


Fig. 6—Vue générale du canal de 30 pouces avec modèle étudié et indicateur de niveau.

DISCUSSION ET CONCLUSION

La figure 4 représente les courbes du coefficient de débit en fonction de la charge, pour les différents cas étudiés.

Examinons et comparons les diverses valeurs du coefficient de débit pour la charge maximum de 0.40 pi. sur le modèle, qui correspond à 20 pi. sur le prototype. Le coefficient de débit égale 3.68 pour le déversoir sans piles. Le déversoir avec piles donne: pour les 4 passes ouvertes (fig. 12) $C = 3.48$, pour les passes nos 2 et 3 ouvertes (fig. 13) $C = 3.33$, pour la passe no 2 ouverte (fig. 15) $C = 3.27$. Les

piles ont donc pour effet de réduire le coefficient C de 3.68 à 3.48 soit de 5.4%. Les causes de cette réduction du coefficient sont: 1) l'augmentation du périmètre mouillé et 2) l'introduction de deux contractions latérales de la nappe avec chaque pile. Lorsque les vannes n^{os} 1 et 4 sont fermées, le coefficient de débit est réduit de 9.5%, comparativement au coefficient du déversoir sans piles, et de 4.3% comparativement au coefficient du déversoir avec piles lorsque les 4 vannes sont ouvertes. Cette réduction de 4.3% est due à l'augmentation de la contraction latérale de la veine près de chaque pile adjacente à une vanne fermée; cette contraction est bien montrée sur la figure 14. Le coefficient de débit est réduit de 11% lorsque la passe n^o 2 est la seule ouverte. De façon générale, nous observons que les coefficients de débit de ce déversoir sont faibles.

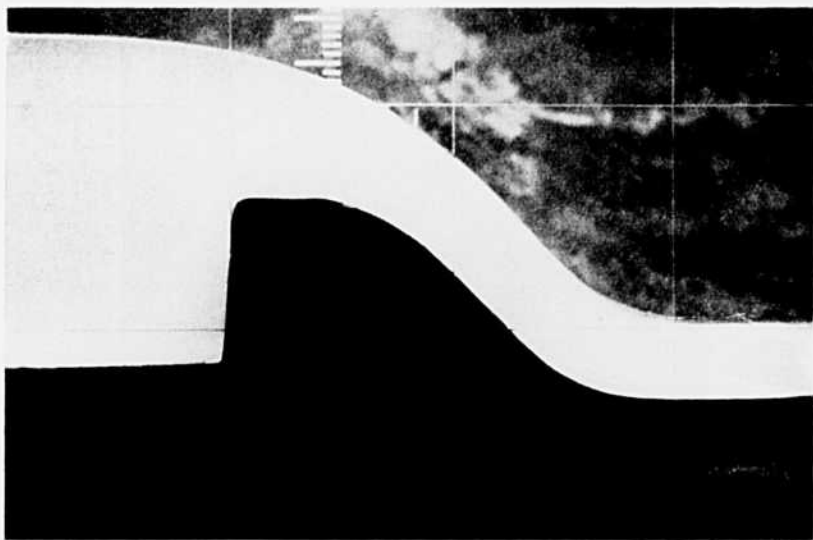


Fig. 7 — Profil du modèle réduit avec écoulement sous une charge de 0.38 pi.

La figure 5 représente la courbe de calibrage d'une passe lorsque la vanne est partiellement ouverte (fig. 17). Toutes les dimensions correspondent au prototype.

Lorsque la vanne d'une passe est partiellement ouverte, l'écoulement peut se faire en déversoir ou en orifice, suivant les conditions d'ouverture de la vanne et de la charge sur le seuil du déversoir. Supposons que l'ouverture de la vanne soit de 8 pieds. Lorsque la

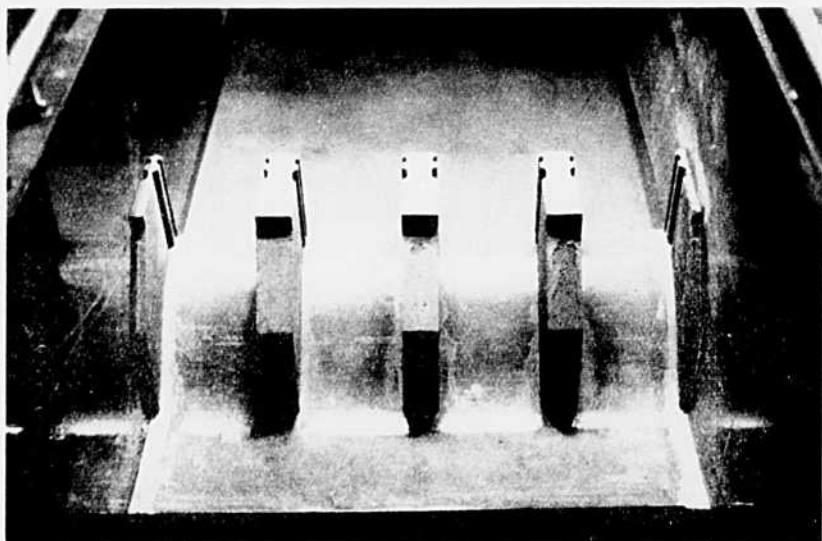


FIG. 8 — Modèle réduit du barrage-déversoir du Rapide des Cèdres construit à l'échelle 1-50.

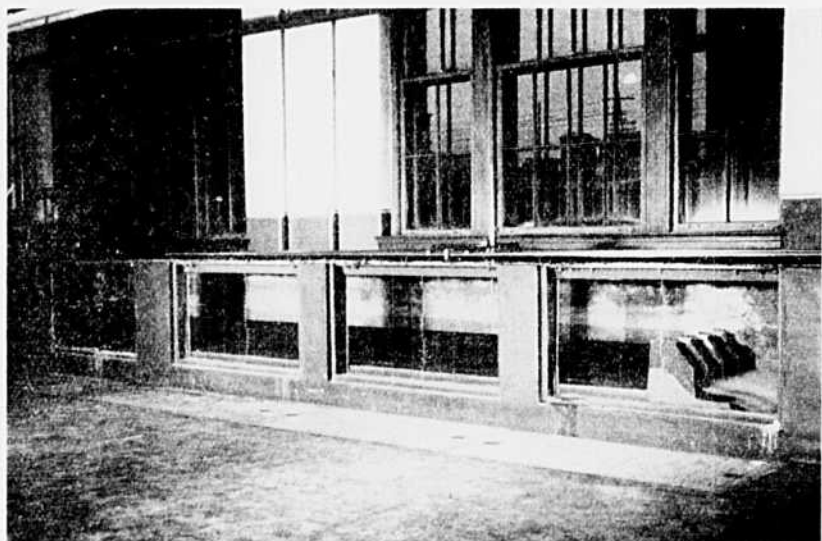


FIG. 9 — Vue générale du canal en verre avec modèle en charge.

charge varie de 0 à 11 pi., l'écoulement se fait en déversoir et les débits sont donnés par la courbe AB, lorsque la charge atteint 11 pi., l'eau vient en contact avec le bas de la vanne au centre; si la charge continue d'augmenter, la courbe des débits, pour cette ouverture de la vanne, se détache de la courbe de base à cause de l'augmentation du périmètre mouillé comme le montrent les figures 18 et 19. A partir de la charge de 12,5 pi., l'écoulement se fait en orifice et les débits sont donnés par la courbe CD.

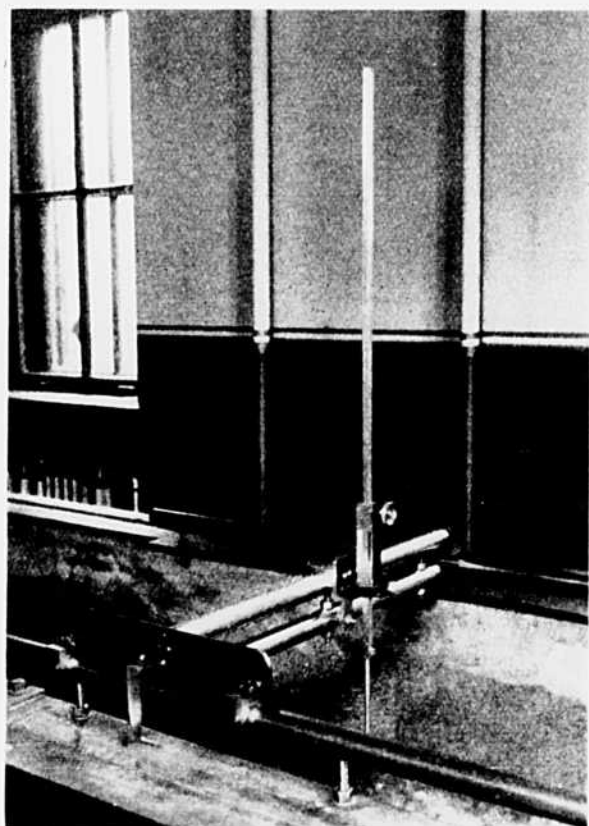


FIG. 10 — Indicateur de niveau à pointe.

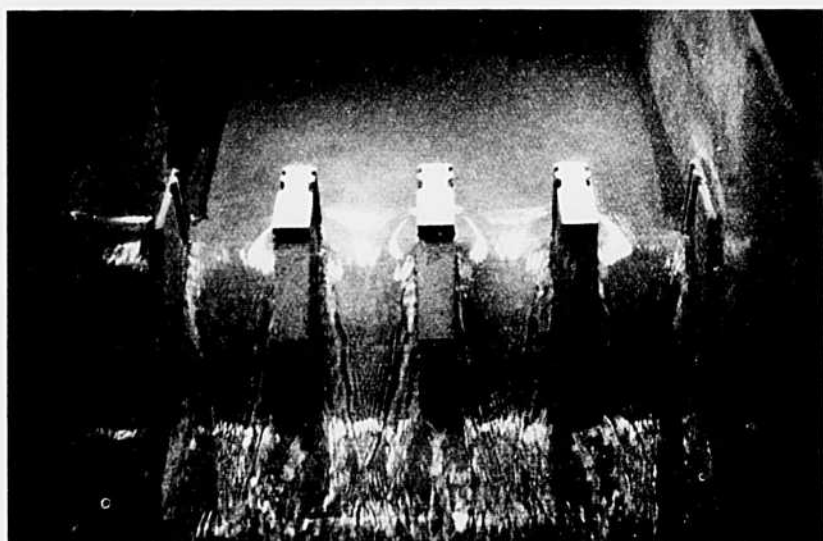


FIG. 11 — Ecoulement sur le modèle étudié lorsque les 4 passes sont ouvertes.
 $H = 0.20$ pi.

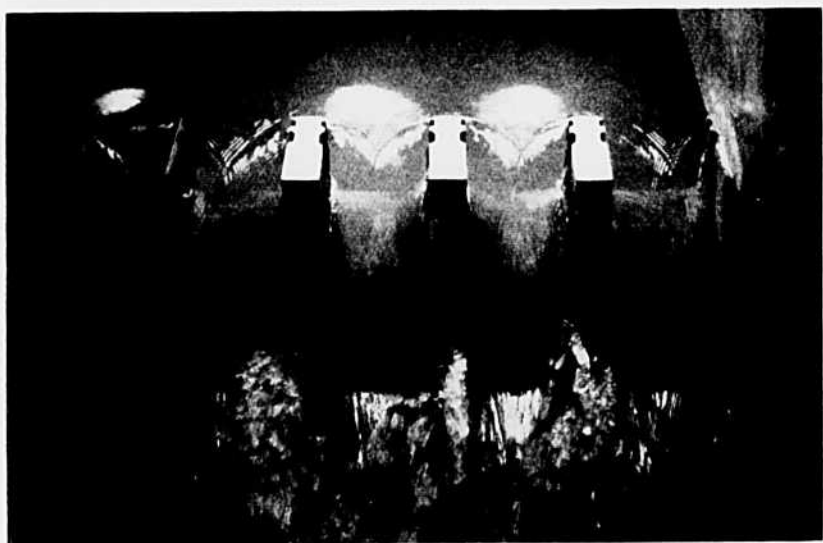


FIG. 12 — Ecoulement sur le modèle étudié lorsque les 4 passes sont ouvertes.
 $H = 0.40$ pi.

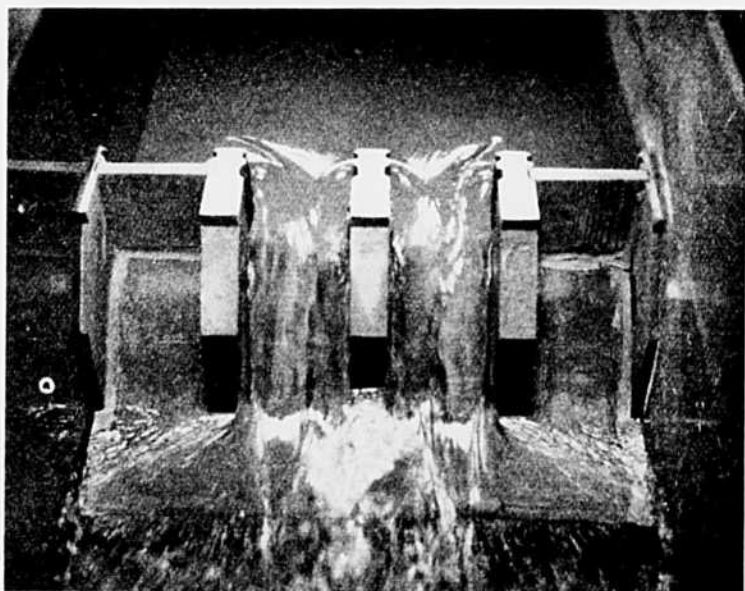


Fig. 13 — Écoulement sur le modèle lorsque les passes nos 2 et 3 sont ouvertes.
 $H = 0.40$ pi.

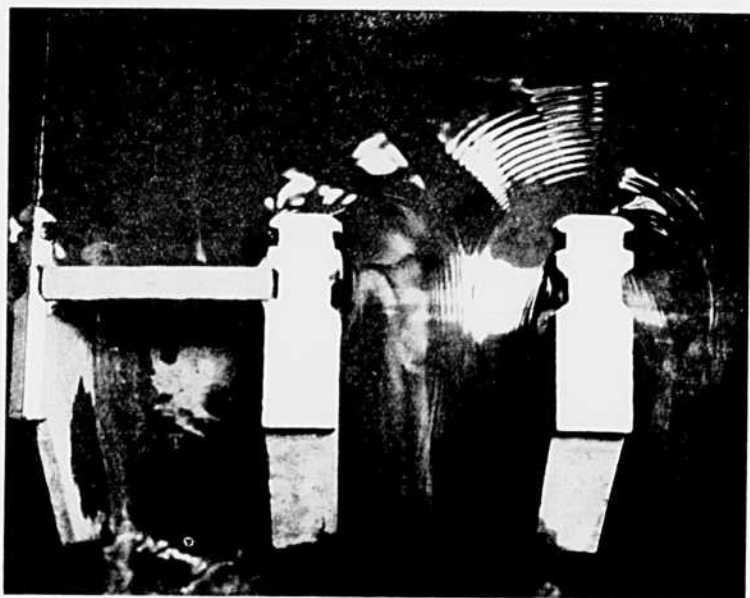


Fig. 14 — Photographie montrant la contraction latérale de la nappe près de la pile adjacente à une vanne fermée. $H = 0.446$ pi.

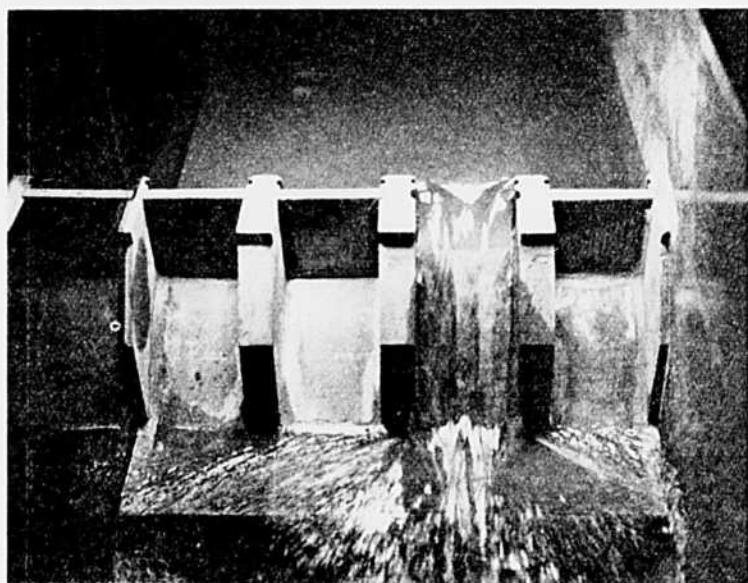


FIG. 15 — Écoulement sur le modèle lorsque la passe no 2 est ouverte.
 $H = 0.40$ pi.

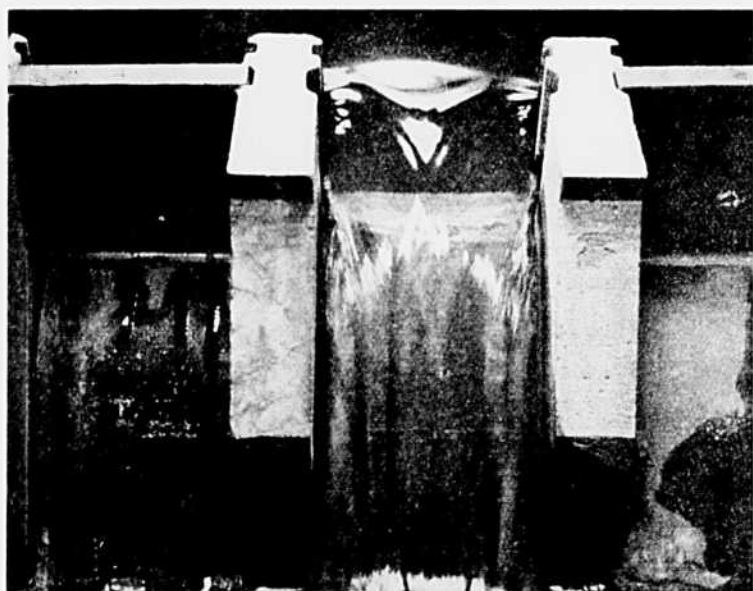


FIG. 16 — Écoulement à travers la passe no 3. $H = 0.32$ pi.

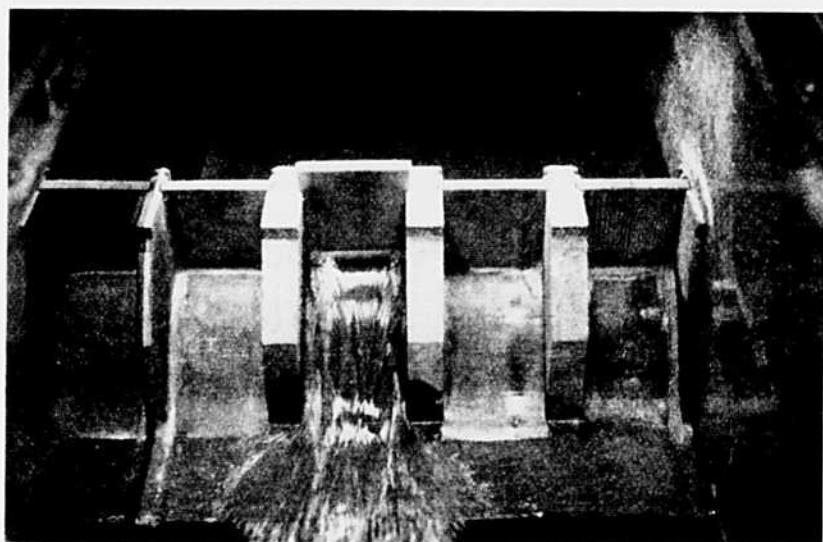


FIG. 17 — Ecoulement lorsqu'une vanne est partiellement ouverte.

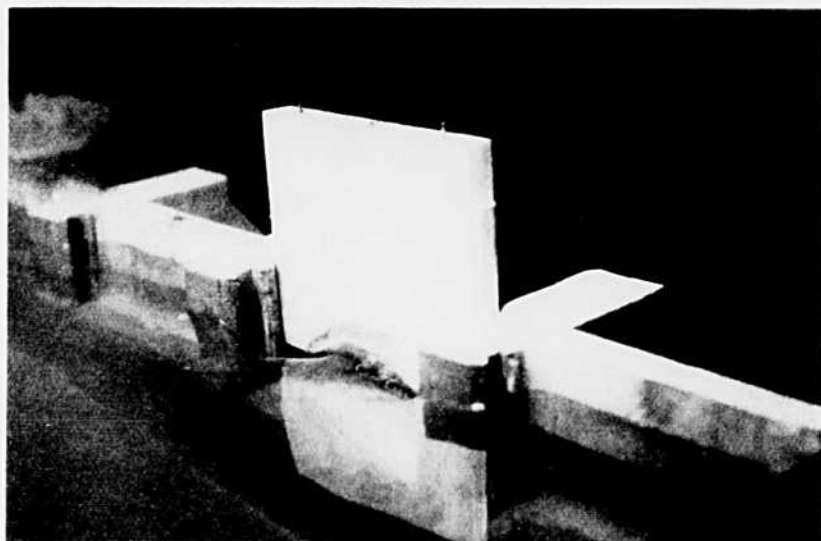


FIG. 18 — Ecoulement sur le modèle avec ouverture partielle d'une vanne.

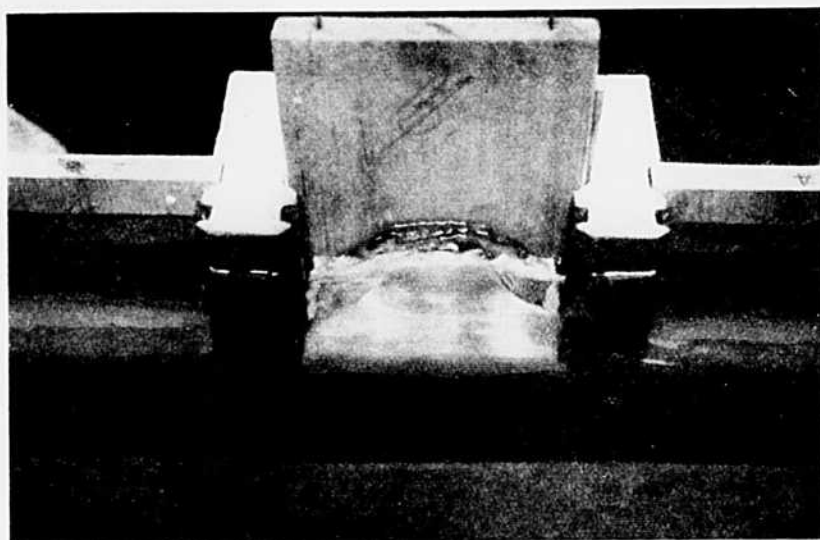


FIG. 19 — Vanne no 3 partiellement ouverte.

Nous croyons pouvoir extrapoler les résultats obtenus à l'ouvrage étudié en les majorant d'environ 4%. On pourrait donc extrapoler directement sans erreur appréciable. Pour confirmer notre assertion, il faudrait pratiquer des jaugeages précis sur l'ouvrage même. Nous espérons que ce travail se fera, permettant d'établir une comparaison très intéressante pour l'ingénieur hydraulicien.

Raymond BOUCHER,

Maître ès science (M.I.T.)

*Professeur d'hydraulique
à l'École Polytechnique de Montréal.*

APPENDICE

Série RC-1

BARRAGE DU RAPIDE DES CÈDRES
EXPÉRIENCES SUR MODÈLE DU DÉVERSOIR SANS PILES

Échelle du modèle, 1/50

Hauteur du seuil = 0.40 pied

Longueur du seuil, $L_s = 2.470$ pieds

Largeur du canal d'approche, 2.47 pieds

Température de l'eau, 65°F.

Obs. no	Charge H en pi.	Débit Q en pi. ³ /sec.	Aire de la section d'approche A en pi. ²	Vitesse moyenne d'approche V_a en pi./sec.	Charge corrigée $H + \frac{V_a^2}{2g}$	$\left(H + \frac{V_a^2}{2g}\right)^{3/2}$	Coefficient de débit C
1	0.0400	0.05514	1.084	0.051	0.0400	0.00800	2.790
2	0.800	1623	1.183	137	0.803	0.2276	2.887
3	1.200	3104	1.282	242	1.209	0.4204	2.990
4	1.610	5037	1.382	364	1.630	0.6581	3.099
5	1.990	7254	1.477	492	2.027	0.9126	3.218
6	2.400	1.006	1.578	637	2.464	1.223	3.331
7	2.800	1.327	1.677	792	2.897	1.559	3.447
8	3.200	1.684	1.776	948	3.340	1.930	3.531
9	3.600	2.111	1.874	1.127	3.799	2.342	3.650
10	3.800	2.326	1.924	1.210	4.028	2.556	3.683

Série RC-2

BARRAGE DU RAPIDE DES CÈDRES

EXPÉRIENCES SUR LE MODÈLE DU DÉVERSOIR AVEC PILES ET LES 4 PASSES OUVERTES

Echelle du modèle, 1/50

Hauteur du seuil = 0.40 pied

Longueur du seuil libre, $L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 1.906$ pieds

Largeur du canal d'approche, 2.47 pieds

Température de l'eau, 58°F.

Obs. no	Charge H en pi.	Débit Q en pi. ³ /sec	Aire de la section d'approche A en pi. ²	Vitesse moyenne d'approche V_a en pi./sec.	Charge corrigée $H + \frac{V_a^2}{2g}$	$\left(H + \frac{V_a^2}{2g}\right)^{3/2}$	Coefficient de débit C
1	0.0400	0.04246	1.084	0.039	0.0400	0.00800	2.784
2	.0806	.1247	1.184	.105	.0808	.02297	2.848
3	.1200	.2319	1.282	.181	.1205	.04183	2.908
3a	.1200	.2316	1.282	.180	.1205	.04183	2.905
4	.1615	.3716	1.384	.269	.1626	.06557	2.974
4a	.1595	.3642	1.380	.264	.1606	.06436	2.969
5	.2000	.5316	1.480	.360	.2020	.09079	3.072
6	.2400	.7231	1.578	.459	.2433	.1200	3.161
7	.2800	.9427	1.677	.563	.2849	.1521	3.252
8	.3200	1.183	1.776	.667	.3270	.1870	3.319
9	.3604	1.469	1.875	.783	.3699	.2250	3.426
10	.4000	1.763	1.973	.894	.4123	.2647	3.494
11	.4395	2.099	2.070	1.014	.4554	.3073	3.583

Série RC-3

BARRAGE DU RAPIDE DES CÈDRES

EXPÉRIENCES SUR LE MODÈLE DU DÉVERSOIR AVEC PILES ET LES PASSES Nos 2 ET 3 OUVERTES

Echelle du modèle, 1/50

Hauteur du seuil = 0.40 pied

Longueur du seuil libre, $L_2 + L_3 = 0.9546$ pied

Largeur du canal d'approche, 2.47 pieds

Température de l'eau, 60°F.

Obs. no	Charge H en pi.	Débit Q en pi. ³ /sec.	Aire de la section d'approche A en pi. ²	Vitesse moyenne d'approche V_a en pi./sec.	Charge corrigée V_a^2 $H + \frac{V_a^2}{2g}$	$\left(H + \frac{V_a^2}{2g}\right)^{3/2}$	Coefficient de débit C
1	0.0425	0.02345	1.090	0.021	0.0425	0.00876	2.804
2	0.800	0.6180	1.183	0.52	0.800	0.2263	2.861
3	1.200	1.153	1.282	0.90	1.201	0.4162	2.902
4	1.590	1.802	1.380	1.31	1.593	0.6358	2.969
5	2.010	2.617	1.480	1.77	2.015	0.9045	3.031
6	2.405	3.505	1.580	2.22	2.413	1.185	3.097
7	2.810	4.527	1.680	2.70	2.821	1.498	3.165
8	3.200	5.632	1.775	3.17	3.216	1.824	3.235
9	3.590	6.796	1.87	3.64	3.610	2.169	3.282
10	4.000	8.139	1.97	4.13	4.026	2.554	3.337
11	4.395	9.518	2.07	4.60	4.428	2.947	3.384

Série RC-4

BARRAGE DU RAPIDE DES CÈDRES

EXPÉRIENCES SUR LE MODÈLE DU DÉVERSOIR AVEC PILES ET LA PASSE N° 2 OUVERTE

Echelle du modèle, 1/50

Hauteur du seuil = 0.40 pied

Longueur du seuil libre, $L_z = 0.4758$ pied

Largeur du canal d'approche, 2.47 pieds

Température de l'eau, 62°F.

Obs. no	Charge H en pi.	Débit Q en pi. ³ /sec.	Aire de la section d'approche A en pi. ²	Vitesse moyenne d'approche V_o en pi./sec.	Charge corrigée $H + \frac{V_o^2}{2g}$	$\left(H + \frac{V_o^2}{2g}\right)^{3/2}$	Coefficient de débit C
1	0.0410	0.01091	1.09	0.010	0.0410	0.00830	2.761
2	0.802	0.3075	1.18	0.26	0.802	0.2271	2.816
3	1.590	0.8874	1.38	0.64	1.591	0.6346	2.939
4	2.000	1.286	1.48	0.87	2.001	0.8951	3.019
5	2.415	1.744	1.58	1.10	2.417	1.188	3.085
6	2.818	2.239	1.68	1.33	2.821	1.498	3.140
7	3.212	2.766	1.78	1.55	3.216	1.824	3.188
8	3.620	3.359	1.88	1.79	3.625	2.183	3.235
9	4.010	3.954	1.97	2.00	4.016	2.545	3.266
10	4.425	4.664	2.08	2.24	4.433	2.952	3.321

Série RC-5

BARRAGE DU RAPIDE DES CÈDRES

DÉBITS DU DÉVERSOIR No 3

LORSQUE LA VANNE EST PARTIELLEMENT OUVERTE

Ouverture Obs. No	1 pied		2 pieds		4 pieds	
	Charge sur le seuil en pi.	Débit en pi. ³ /sec.	Charge sur le seuil en pi.	Débit en pi. ³ /sec.	Charge sur le seuil en pi.	Débit en pi. ³ /sec.
1	1 025	60	1 375	105	2 125	206
2	2 275	212	1 825	166	4 125	572
3	3 000	249	2 525	273	5 025	770
4	3 900	293	3 125	375	5 775	954
5	4 650	329	3 525	460	6 125	1064
6	6 025	381	4 025	536	6 725	1099
7	6 050	378	4 050	541	7 175	1111
8	8 000	449	5 025	564	7 200	1103
9	10 000	497	6 075	587	8 400	1232
10	14 000	602	6 975	616	12 775	1590
11	15 950	642	8 400	696	15 725	1793
12	17 125	668	9 950	752	17 875	1930
13	18 700	697	12 175	851	20 375	2085
14	19 550	725	16 000	977		
15	20 000	719	18 000	1043		
16			19 900	1100		

Ouverture Obs. No	6 pieds		8 pieds		10 pieds	
	Charge sur le seuil en pi.	Débit en pi. ³ /sec.	Charge sur le seuil en pi.	Débit en pi. ³ /sec.	Charge sur le seuil en pi.	Débit en pi. ³ /sec.
1	7 350	1393	8 925	1900	12 100	3100
2	8 225	1661	9 400	2066	13 025	3485
3	8 500	1738	9 875	2238	13 500	3660
4	8 850	1798	10 475	2460	13 975	3780
5	8 975	1826	10 775	2590	14 700	3970
6	9 500	1889	11 000	2630	15 475	4015
7	9 875	1897	11 500	2740	16 100	4110
8	10 200	1920	11 975	2845	17 975	4420
9	11 975	2155	12 500	2865	20 250	4810
10	16 275	2635	13 275	2960		
11	18 175	2820	13 900	3047		
12	20 075	3010	15 225	3240		
13			17 925	3630		

BARRAGE DU RAPIDE DES CÈDRES

DÉBITS DU DÉVERSOIR No 3

LORSQUE LA VANNE EST PARTIELLEMENT OUVERTE

Ouverture	12 pieds		14 pieds		16 pieds	
Obs. No	Charge sur le seuil en pi.	Débit en pi. /sec.	Charge sur le seuil en pi.	Débit en pi. /sec.	Charge sur le seuil en pi.	Débit en pi. /sec.
1	14.025	3925	16.650	5210	18.950	6390
2	15.050	4420	17.375	5570	19.650	6775
3	16.175	4870	17.800	5775		
4	16.900	5090	18.975	6240		
5	17.475	5240	19.400	6390		
6	18.200	5270	20.300	6530		
7	19.100	5425				
8	19.800	5544				

UN LABORATOIRE D'ÉLECTRONIQUE À L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Dans le cours de travaux de recherches sur les tubes à vide, l'auteur a dû réaliser divers appareils dont l'ensemble constitue un laboratoire d'électronique (fig. A) possédant la souplesse nécessaire pour s'adapter facilement à l'étude et à la fabrication de tubes à vide spéciaux de divers types tels que :

Tubes cathodiques,
Tubes à rayons X,
Cellules photo-électriques,
Lampes à deux, trois et plusieurs électrodes,
Tubes électro-optiques,
Tubes à gaz raréfié.

Parmi l'abondante littérature scientifique consacrée aux tubes à vide, une part assez faible semble avoir été faite à l'exposé de la technique et de l'appareillage de fabrication des différents tubes; la documentation accessible sur ce sujet semble ou trop générale, ou trop fragmentaire et spécialement destinée à la fabrication industrielle, pour répondre aux besoins spéciaux de la recherche.

Nous croyons donc utile de donner ici la description et le mode d'emploi des divers appareils qui constituent notre laboratoire d'électronique.

* * *

Un tel laboratoire, répondant aux exigences de la recherche, doit permettre l'exécution d'une suite d'opérations qui varient nécessairement suivant le caractère du tube à réaliser; la procédure revient généralement à l'exécution de quelques-unes des opérations suivantes:

- 1 — Fabrication d'un pied auquel sont scellées les broches de connexion et de support des électrodes.
- 2 — Dégazage préliminaire et purification des électrodes.
- 3 — Scellement d'un tube de verre à un autre ou à un tube métallique.
- 4 — Scellement du pied à l'ampoule.
- 5 — Dégazage, introduction des gaz, contrôle du vide.
- 6 — Dépôt cathodique ou par évaporation de diverses couches métalliques.

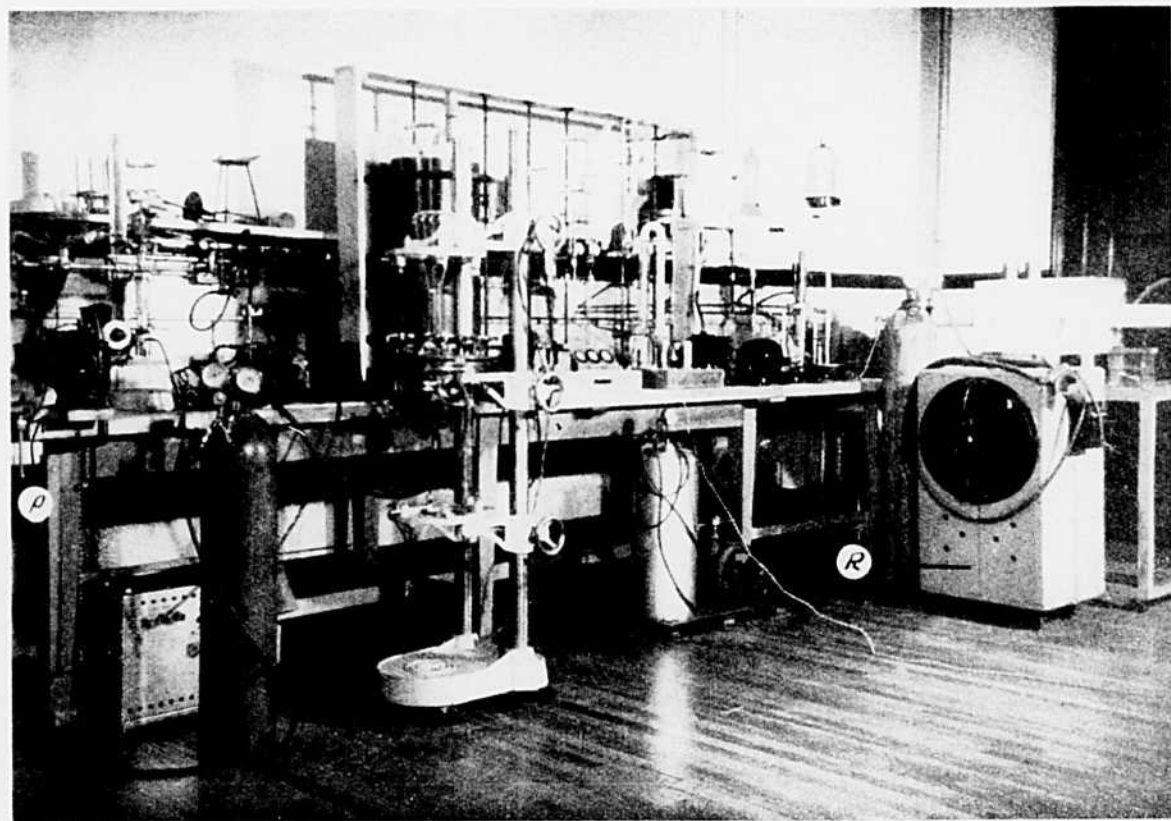


FIG. A — Vue générale du laboratoire d'électronique.

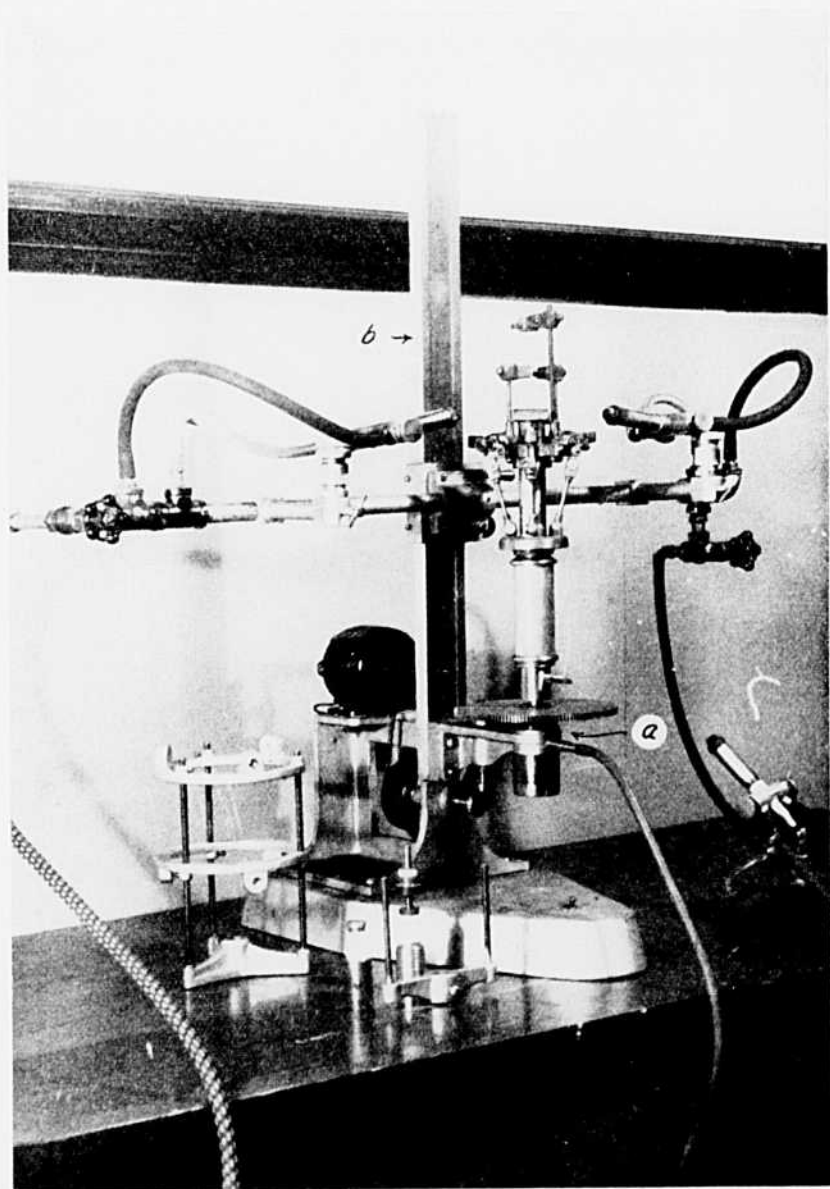


FIG. 1 — Tour à verre vertical à feux fixes.

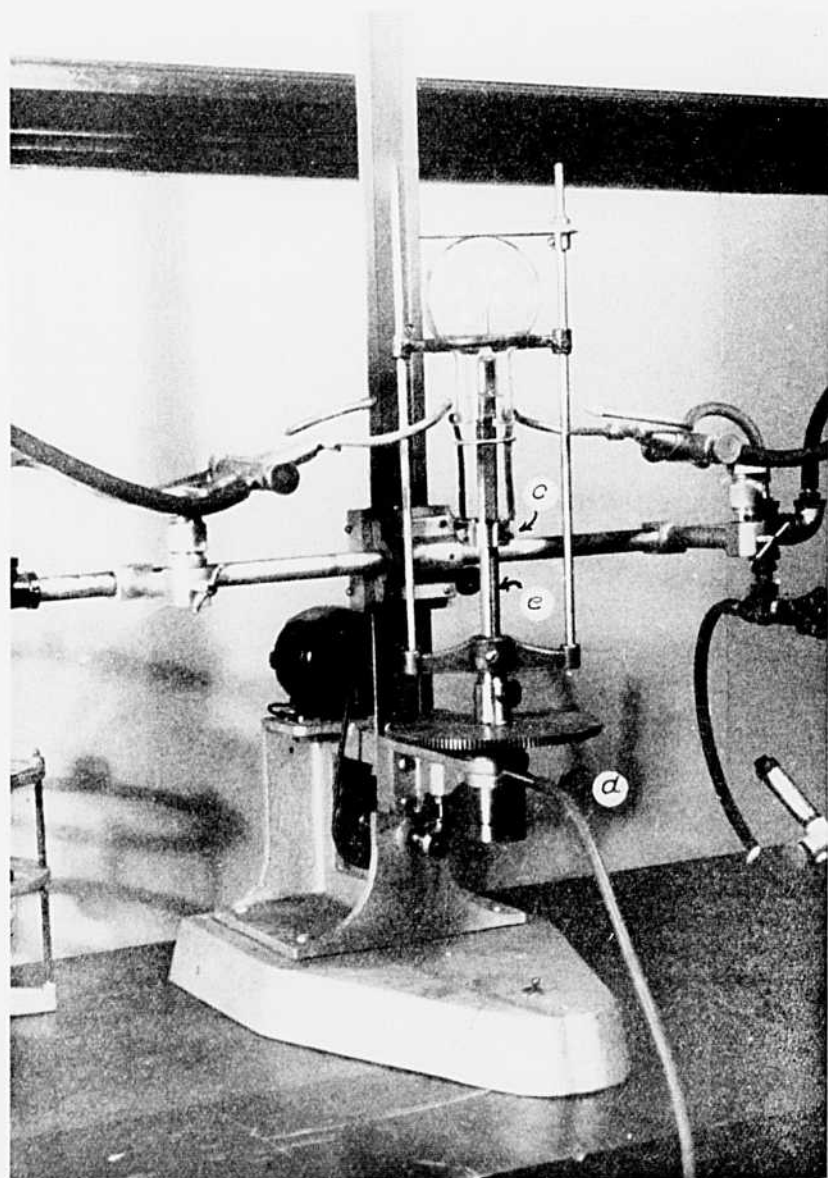


FIG. 2 — Scellement de l'ampoule au pied.

TOURS À VERRE: Les opérations 1, 3 et 4, c'est-à-dire celles qui sont du domaine du travail du verre, peuvent être effectuées à la main dans des cas simples, mais il est presque indispensable de s'aider d'outils mécaniques appropriés; voici la description de deux tours à verre que nous avons construits à cette fin.

La fig. 1 montre un tour à verre vertical destiné aux opérations (1) et (4); il apparaît à cette figure muni des accessoires mécaniques pour la fabrication d'un pied. Il consiste essentiellement en une poupée (*a*), tournant à environ 60 t. p. m. autour d'un axe vertical; des chalumeaux interchangeable suivant les besoins sont portés et alimentés par un bras horizontal libre de coulisser par une crémaillère le long du guide vertical (*b*). Des accessoires divers peuvent

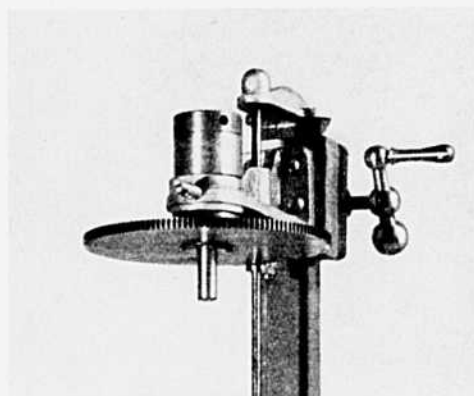


FIG. 3

être adaptés à la poupée et une seconde poupée mobile (fig. 3) peut être ajoutée au guide vertical pour le travail de longues pièces de verre; dans ce cas, il est nécessaire que les arbres des deux poupées soient en alignement parfait, afin d'éviter les plissements du verre qu'occasionnerait le moindre défaut d'orientation des axes.

La fig. 2 montre le même tour muni des accessoires pour le scellement du pied à l'ampoule; le col de l'ampoule est chauffé et étiré jusqu'à scellement à l'évasement du pied par la pièce (*c*) libre de coulisser par son poids le long de la tige (*e*). La déformation du col de l'ampoule est empêchée en insufflant par le tube (*d*) qui communique avec l'intérieur de l'ampoule par la tubulure d'évacuation du pied.

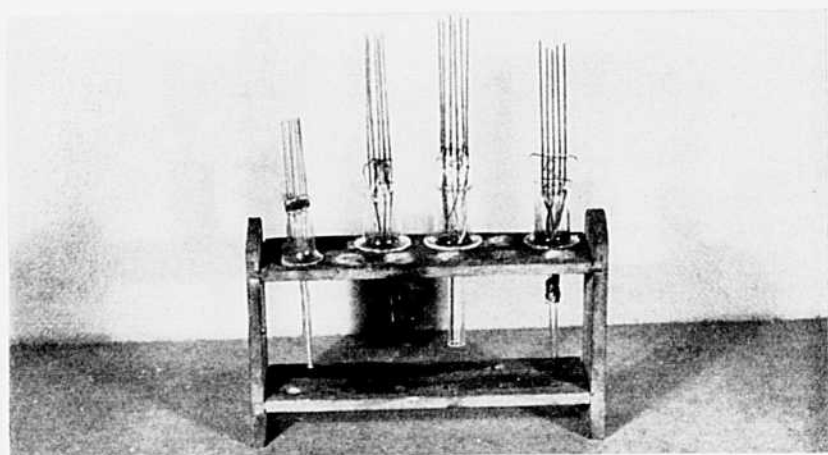


FIG. 4 — Divers types de pieds.

Les fig. 4 et 5 montrent les types de pieds les plus fréquemment utilisés, ainsi que le mécanisme à adapter au tour pour les réaliser. Un tube de verre dont un bout a été préalablement évasé, est supporté par les pinces ajustables (*f*); les broches de support et de connexion sont placées dans des orifices pratiqués dans la pièce (*g*) faite d'alliage résistant aux hautes températures. Le tube de verre est alors façonné par des pressions successives des mâchoires (*h*) jusqu'à scellement complet des broches. Suivant le genre de pied, plat, en croix ou circulaire, deux ou quatre mâchoires (*h*) sont adaptées aux bras (*i*) qu'on relève en soulevant à la main la poignée (*j*) libre de tourner et coulisser. Cette opération terminée, la tubulure d'évacuation supportée par la pièce (*l*) est soudée à la paroi latérale du pied en chauffant par une flamme pointue et en insufflant par le bout supérieur du tube.

Nous utilisons de préférence le verre pyrex pour les ampoules et aussi pour les pieds, et alors la partie des broches qui est scellée au verre doit être de tungstène; cependant, le scellement du tungstène directement au pyrex offre quelque difficulté et il est quelquefois préférable d'utiliser le verre "nonex" dont le scellement est plus facile. Le pied est alors formé de deux tubes soudés bout à bout, dont un en "nonex" servant au scellement des broches, et l'autre en pyrex qui est soudé directement à l'ampoule.

Pour le travail de grosses pièces de verre, telles que tubes cathodiques par exemple, nous avons réalisé le tour à feux tournants

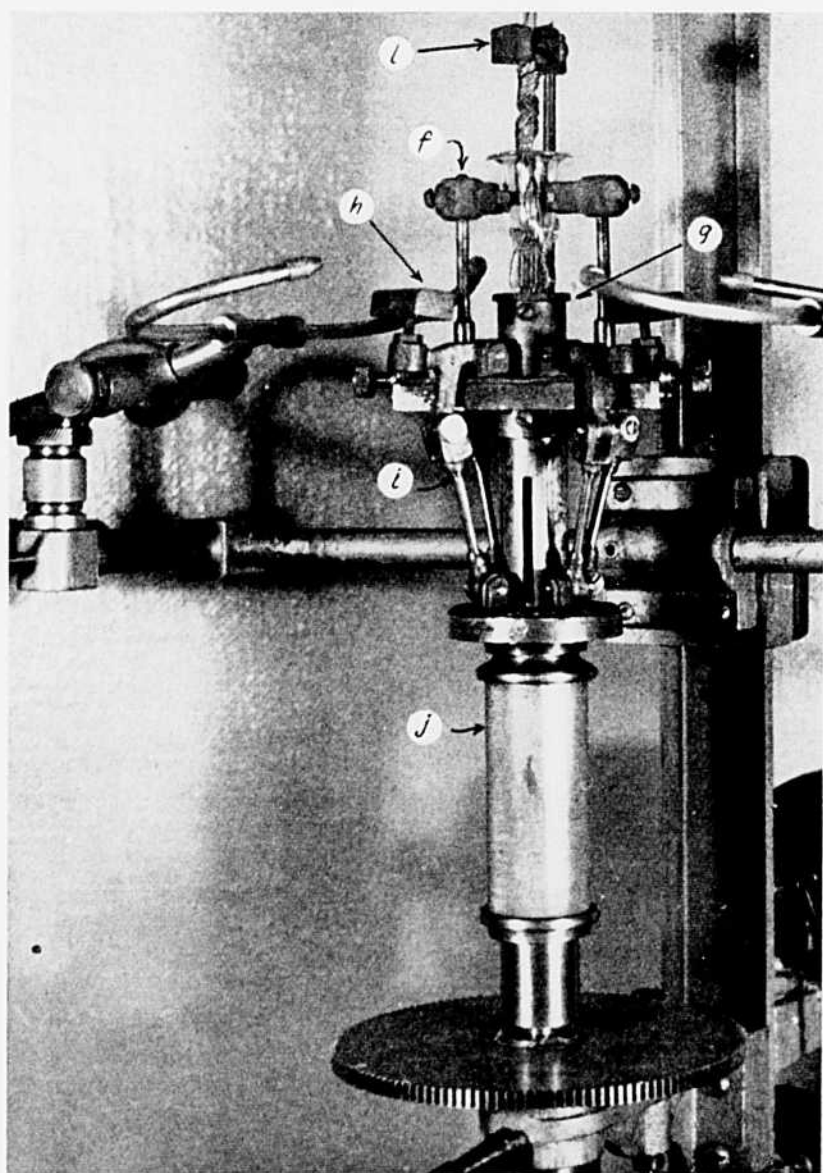


FIG. 5 — Mécanisme pour la fabrication d'un pied.

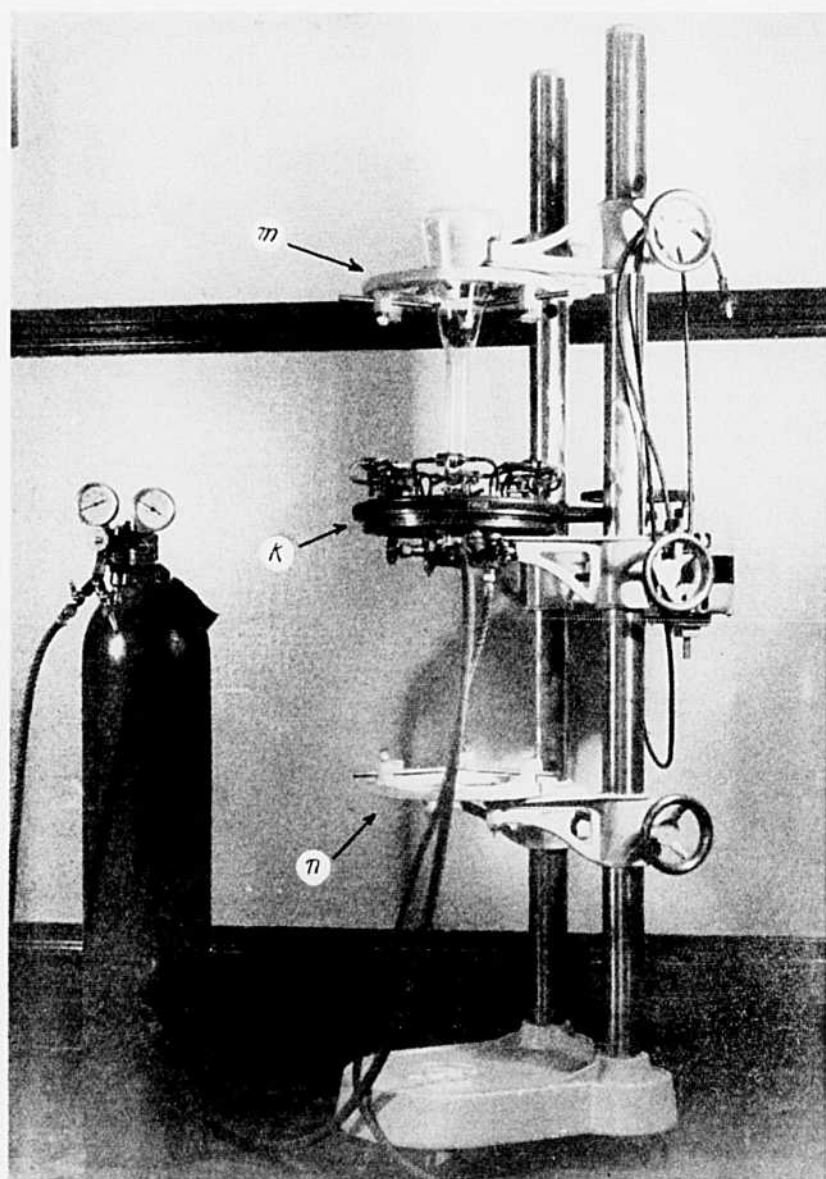


FIG. 6 — Tour vertical à feux tournants.

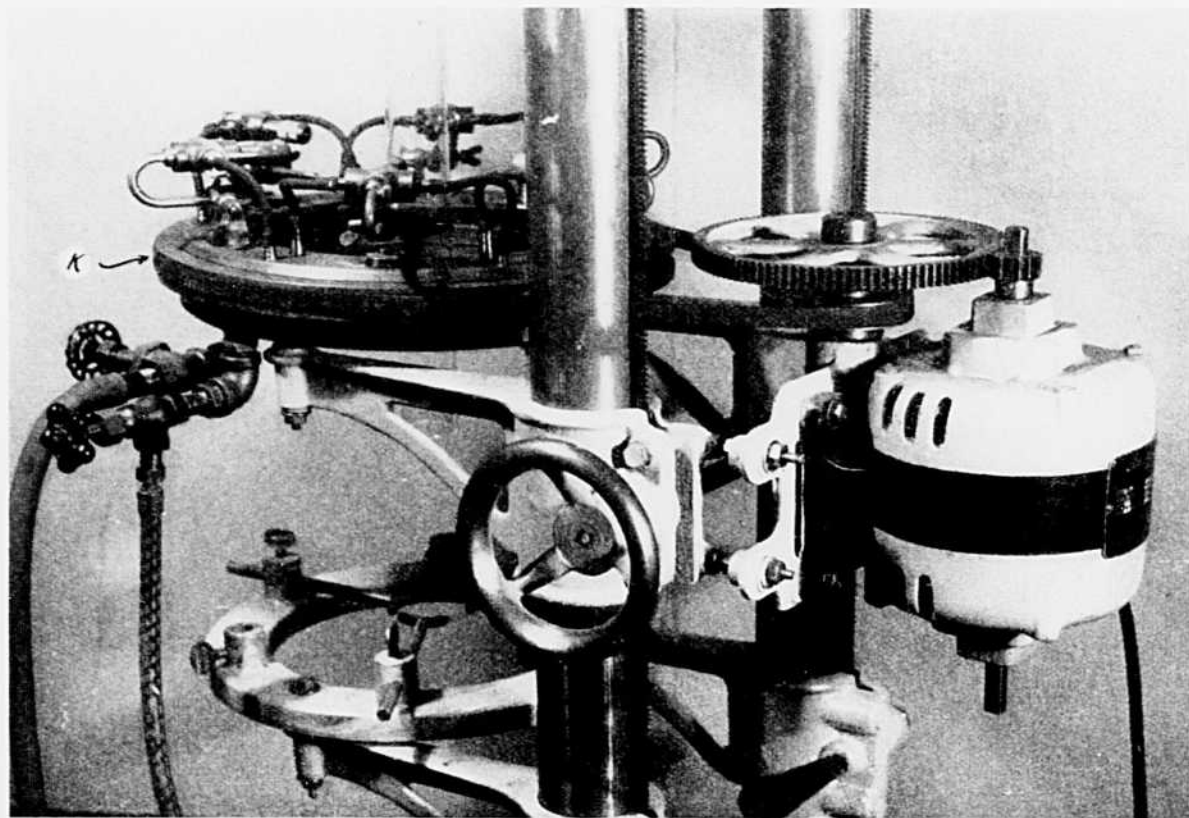


FIG. 7 — Chalumeaux tournants et mécanisme moteur.

de la fig. 6. Dans celui-ci, à l'encontre du précédent, les pièces à façonner sont fixes et les chalumeaux tournent. Cette disposition inversée est avantageuse lorsqu'il s'agit de grosses pièces de verre qui doivent être supportées et guidées de part et d'autre des feux. Elle évite l'emploi de poupées creuses mobiles, dont l'alignement parfait ne peut être réalisé et maintenu que par des guides précis et robustes c'est-à-dire encombrants et coûteux; toutefois l'emploi de chalumeaux tournants complique nécessairement leur alimentation en gaz et oxygène.

Ce tour consiste d'abord en deux anneaux fixes (*m*) et (*n*) auxquels sont adaptés divers accessoires et pinces pour tenir les pièces à travailler; ils coulissent par une crémaillère le long des guides verticaux. L'anneau (*k*) tournant qui porte et alimente les chalumeaux est montré en détail à la fig. 7, ainsi que le mécanisme moteur; la partie supérieure de l'anneau porte six chalumeaux ajustables alimentés séparément en gaz et oxygène par deux rainures internes dont l'étanchéité est assurée par des joints coniques rodés; l'ensemble des chalumeaux et mécanisme moteur est aussi mobile à volonté le long des guides verticaux. Ce tour permet d'effectuer le façonnage de grosses ampoules et le scellement de tubes de verre de 20 cm. de diamètre et 1.75 m. de longueur, capacité bien suffisante pour la majorité des cas susceptibles de se présenter.

ASSEMBLAGE ET DÉGAZAGE PRÉLIMINAIRE. L'assemblage des diverses parties des électrodes et leur montage sur les broches du

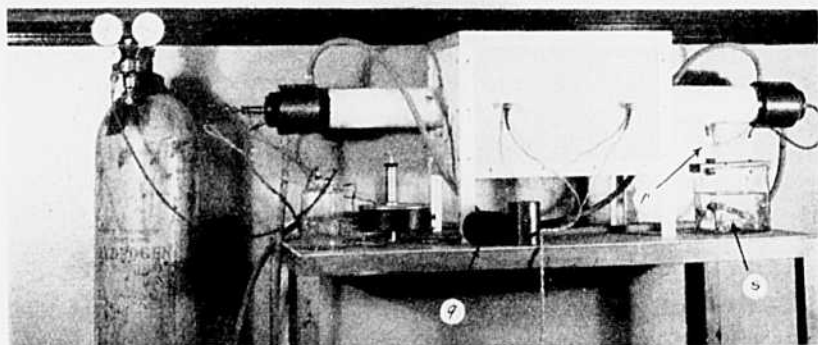


FIG. 8 — Four à hydrogène.

piéd s'effectuent par soudure par points au moyen d'un petit transformateur approprié tel que celui (*p*) de la fig. A.

Avant le montage des électrodes au piéd, il est indispensable de leur faire subir d'abord un nettoyage complet par des solvants ainsi qu'un dégazage préliminaire pour permettre l'obtention et la conservation subséquente d'un vide suffisant. Ce traitement consiste à chauffer l'électrode (si sa nature le permet), à environ 1000°C pendant 15 à 30 minutes dans une atmosphère d'hydrogène. A cette fin, nous avons construit un four électrique de dimensions suffisantes, voir la fig. 8; il consiste en un tube réfractaire de silice de 75mm. de diamètre intérieur et de 1.5m. de longueur; l'enroulement chauffant est le chromel et consomme 2.5 KW. Pour assurer le refroidissement des bouchons, chaque bout du tube est muni de chemises d'eau qui comportent à l'intérieur une sorte de radiateur amovible (*q*) en feuille de cuivre. L'étanchéité des joints est obtenue par des rondelles de caoutchouc enduites de graphite, pour permettre le décollage facile des bouchons en cas d'explosion; un faible courant d'hydrogène est continuellement maintenu dans le tube, et l'on doit, avant de mettre le four en marche, s'assurer que le mélange n'est plus détonant: pour cela, un échantillon continu du mélange gazeux est recueilli dans l'éprouvette (*r*) de l'appareil (*s*) qui permet ainsi de constater le moment où le mélange cesse d'être explosif.

* * *

PRODUCTION ET CONTROLE DU VIDE: La fig. 9 donne une vue générale du banc de pompage dont les différentes parties sont agencées suivant le diagramme schématique de la fig. 10 en vue des fonctions multiples auxquelles il est destiné. Il comporte deux canalisations à vide élevé (de part et d'autre de la ligne x - y); l'une sert au pompage des tubes et l'autre à obtenir des dépôts cathodiques ou évaporés. Ces deux canalisations à vide poussé sont alimentées en vide primaire par les mêmes pompes mécaniques, dont l'une (*l*) à grand débit (Gaiffe Gallot Pilon B190) pour permettre une mise en marche et une évacuation rapides, et une autre (Hyvac) pour les cas où un grand débit n'est pas nécessaire. Du côté primaire, un système de robinets permet la marche et l'isolement des pompes, ainsi que l'admission d'air par une trappe desséchante.

La partie à vide élevée comporte une pompe à vapeur de mercure (*u*) de préférence à une pompe à vapeur d'huile afin de permettre sans inconvénients l'introduction de gaz actifs dans la

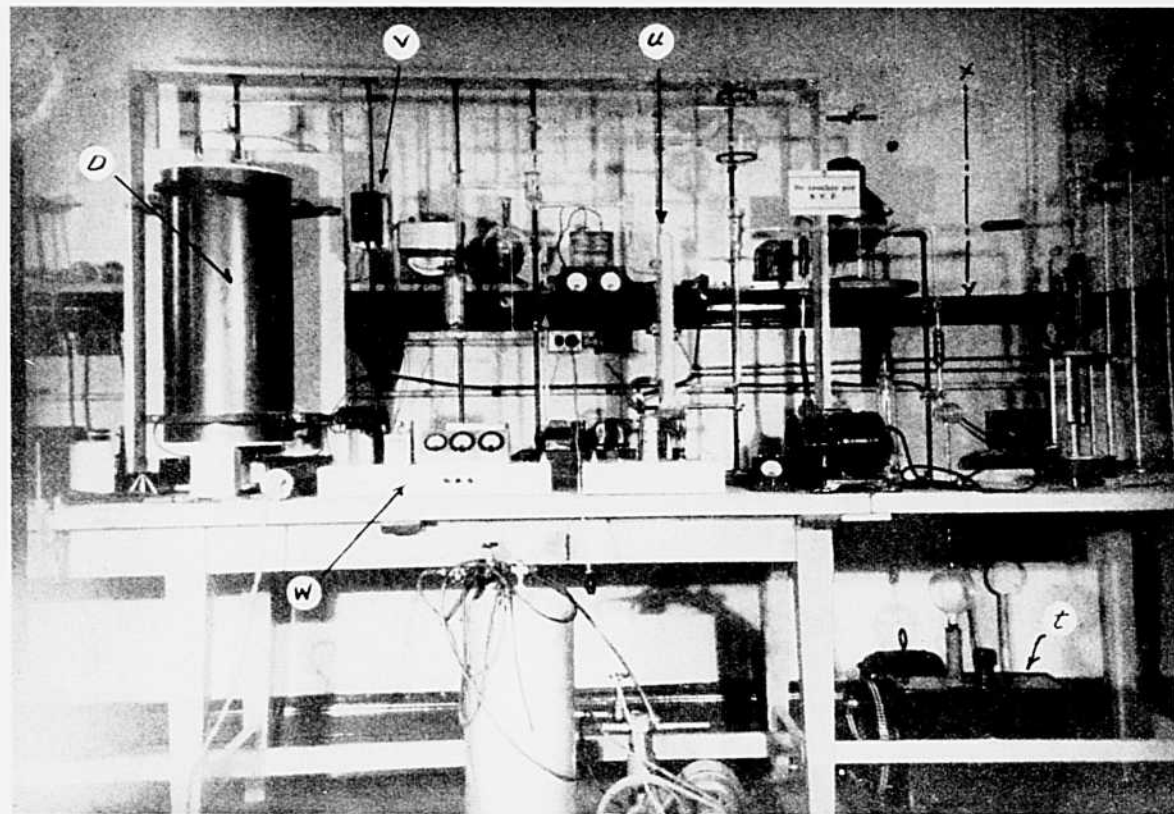


FIG. 9 — Banc de pompage.

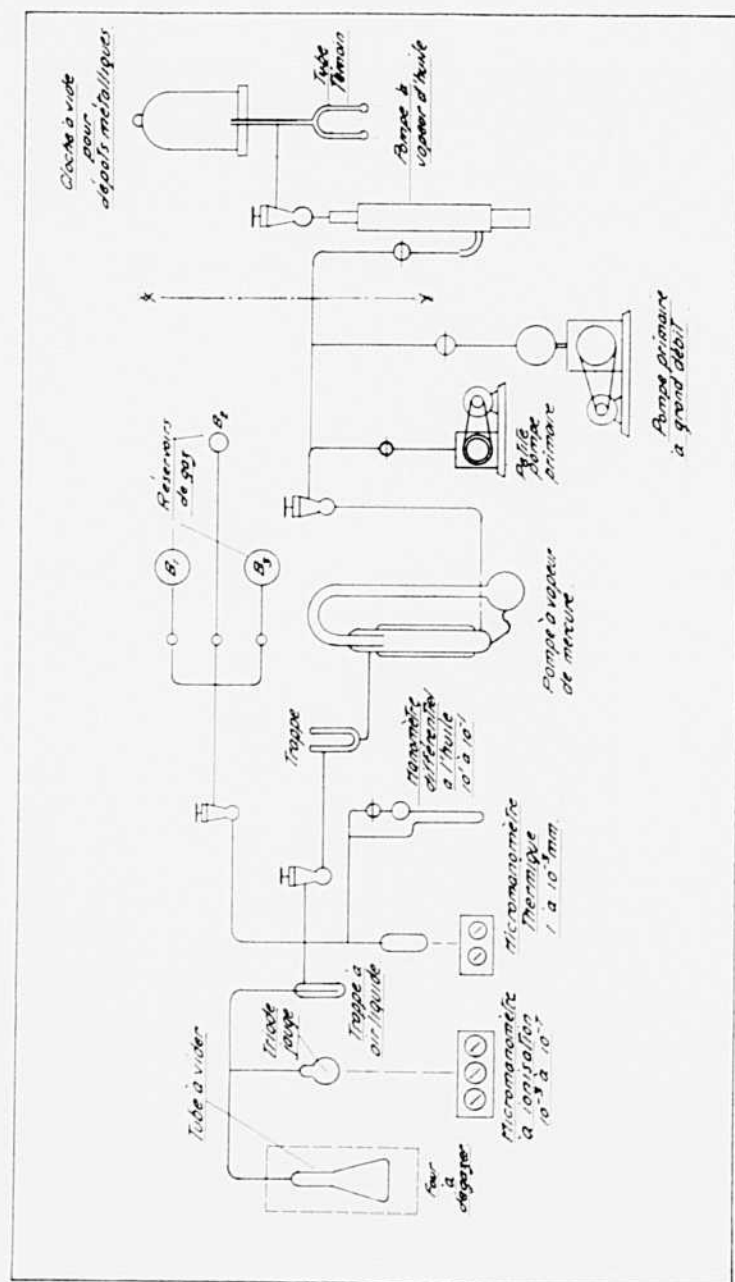


FIG. 10—Schéma de la canalisation à vide.

canalisation sans avoir à attendre que la pompe refroidisse. Cette pompe est du type Langmuir, choisie à cause des bons résultats qu'elle donne et de sa simplicité de construction et d'entretien: à ce sujet, nous croyons utile d'indiquer qu'une bonne pompe n'est pas nécessairement compliquée et fantaisiste, et en général il vaut mieux à notre avis, que le retour du mercure condensé ne se fasse pas par l'espace annulaire autour du jet, afin d'éviter la présence de mercure chaud dans cette enceinte à vide élevé.

Le banc de pompage comporte trois appareils de mesure du vide, couvrant chacun une partie de la gamme des pressions utilisées:

1 — Un manomètre différentiel à l'huile "Apiezon" pour la mesure des pressions de quelques millimètres de mercure, $10'$ à 10^{-1} mm; il sert surtout à contrôler les pressions de remplissage des tubes à gaz.

2 — Un micromanomètre thermique, genre Hale-Pirani, pour l'intervalle de quelques mm. à 10^{-3} mm.

3 — Un micromanomètre à ionisation pour la gamme du vide élevé, c'est-à-dire 10^{-3} à 10^{-8} mm. de mercure.

Ce dernier comprend une triode jauge (*v*), un appareil d'alimentation et de contrôle (*w*), et un amplificateur à courant continu pour la mesure du faible courant d'ionisation. La triode jauge, construite spécialement pour cette fin, comporte un gros filament

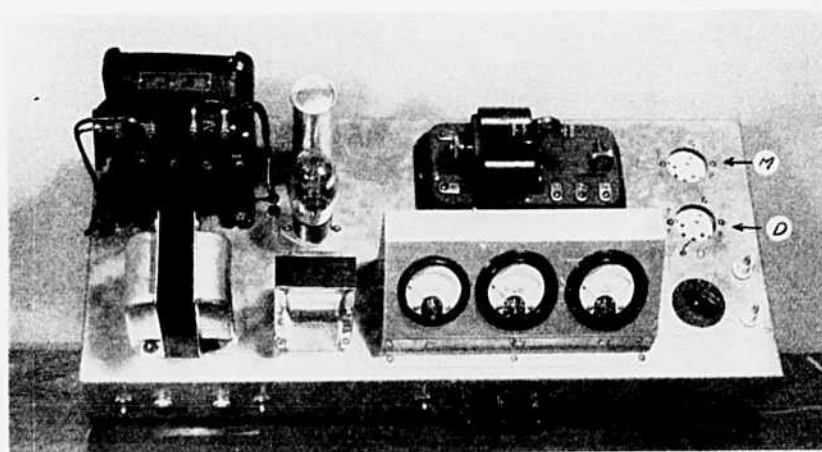


FIG. 11 — Tableau de contrôle et d'alimentation du micro-manomètre à ionisation.

de tungstène, une grille et une plaque collectrice en tentale afin que ces électrodes puissent être soumises sans inconvénient à un dégazage énergétique.

Le panneau de contrôle et d'alimentation (fig. 11) est monté suivant le schéma de la fig. 13, et la triode jauge peut être branchée à volonté en (M) ou (D) par une fiche à 5 contacts ou par un interrupteur. Dans la position de mesure (M), la grille est positive d'environ 300 volts par rapport à la cathode; en l'absence du relai régulateur (R) le courant ionisant I_i prendrait la valeur de saturation dépendant du courant de chauffage de la cathode, dont les moindres variations se répercuteraient sur la valeur du courant ionisant. Pour y remédier, le relai régulateur court-circuite momentanément la cathode dès que le courant tend à dépasser une valeur limite déterminée par la tension du ressort de rappel du relai; le courant I_i tombe instantanément, le relai décoince et le cycle se répète environ 15 fois par seconde. Le courant ionisant moyen se maintient alors très constant à une valeur de 25 MA. environ, indépendamment de I_i à condition évidemment que l'émission électronique possible soit supérieure à I_i . L'anode est maintenue positive d'environ 15 volts par rapport à la cathode par la résistance de chute (R') et le courant ionisé (d'anode) passe par l'une des résistances R_1, R_2, R_3, R_4 ; au lieu de mesurer directement ce faible courant par un galvanomètre suffisamment sensible, nous préférons l'appliquer à un amplificateur à courant continu, avec

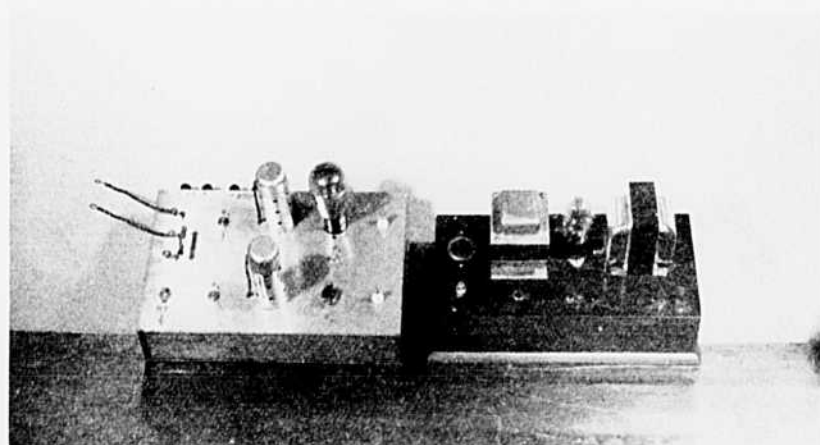


FIG. 12 — Amplificateur du micro-manomètre.

l'avantage d'une plus grande stabilité et sensibilité. Cet amplificateur à courant continu (fig. 12) est à deux lampes pentodes montées en un pont équilibré et compensé pour des variations de tension d'alimentation de l'ordre de $\pm 15\%$.

Dans la position de dégazage, la grille et l'anode sont toutes deux reliées à une tension alternative ajustable de 300 à 600 volts,

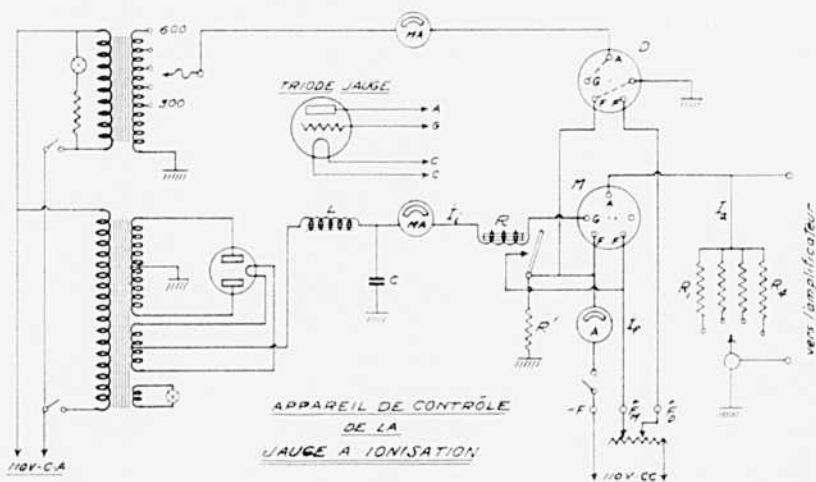


FIG. 13

et le courant de chauffage de la cathode est augmenté jusqu'à une valeur suffisante pour assurer un dégazage complet des électrodes et de l'ampoule de la jauge. Cette opération doit se faire par coups successifs, afin d'éviter de trop grands dégagements de gaz, et donc une ionisation trop forte qui endommagerait le filament.

* * *

Comme l'indique le schéma de la fig. 10, le banc de pompage comporte un système de robinets pour permettre d'isoler la canalisation à vide élevé et d'y introduire différents gaz contenus dans les ballons B_1 B_2 B_3 . Le tube à évacuer est placé dans le four à dégazer (D) qui permet de chauffer l'ampoule à des températures de 300° à 600° C suivant la nature du verre pour le débarrasser des gaz occlus. La présence de robinets dans une canalisation à vide élevé donne souvent lieu à des fuites incontrôlables; ils doivent donc être choisis avec le plus grand soin et être de dimensions suffi-

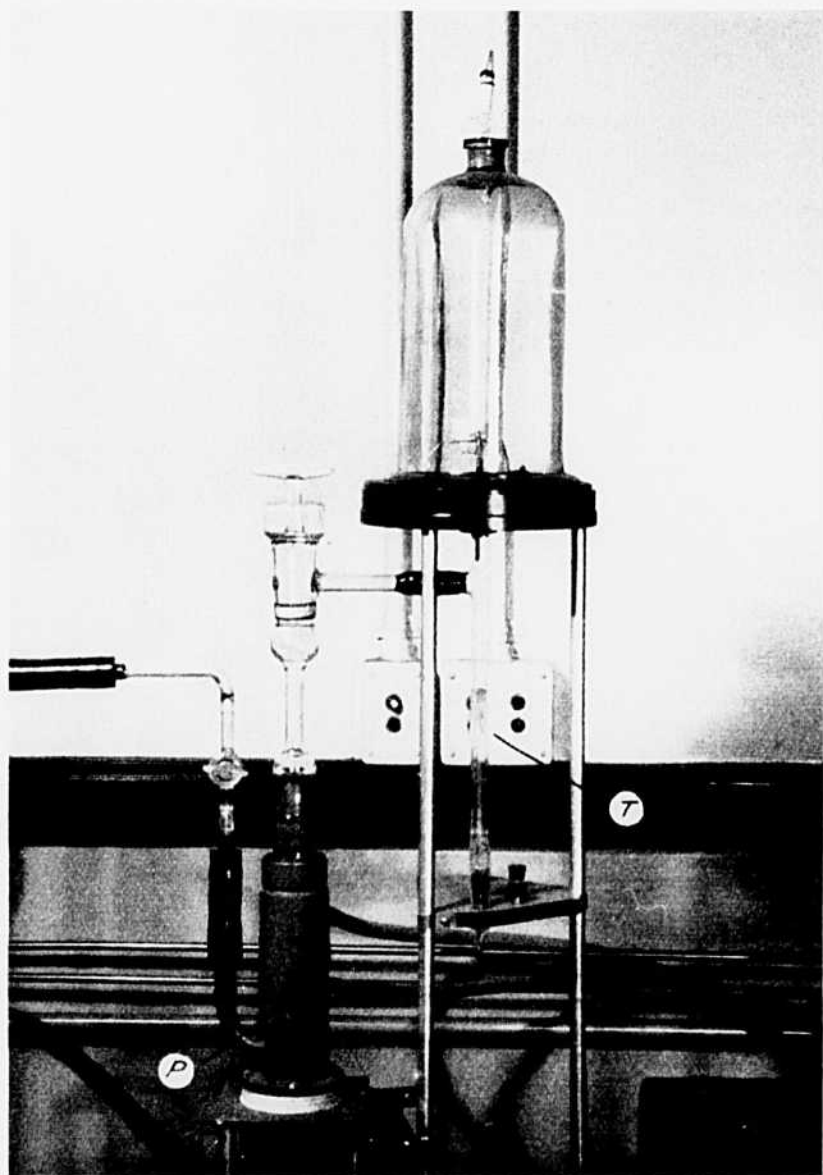


FIG. 14—Appareil pour dépôts cathodiques.

santes pour ne pas trop gêner le pompage. L'emploi de vannes et de robinets tronqués à colonne de mercure n'est pas à conseiller, car ils sont une source de contamination continue du vide et peuvent donner lieu à des projections de mercure dans la canalisation.

* * *

APPAREILS AUXILIAIRES. Dans certains tubes électro-optiques et photo-électriques, il est nécessaire d'effectuer des dépôts métalliques cathodiques ou évaporés; ils sont obtenus dans notre cas au moyen de l'appareil de la fig. 14 dont le plateau porte un filament de tungstène ou de platine, plaqué ou enduit de la substance à évaporer; ce filament passe au travers d'une capsule de porcelaine recouverte d'une feuille de mica qui sert d'écran pour limiter le dépôt à la partie voulue. Une pompe métallique à vapeur d'huile à deux étages (P) est reliée d'une part à la canalisation primaire et de l'autre à la cloche et à un tube témoin (T) servant d'indicateur de la nature et de la pression du gaz résiduel. Pour les dépôts cathodiques cet appareil est utilisé selon la méthode ordinaire.

* * *

On distingue aussi à la fig. A, un générateur haute fréquence (incorrectement appelé "bombarder") à étincelle, d'une puissance de 4KW, servant au chauffage par induction des diverses électrodes pour en assurer le dégazage et pour l'amorçage des capsules de "getter" et des pastilles de préparation du césium.

J. C. BERNIER I. C., I. E.

Professeur à l'Ecole Polytechnique de Montréal.

LA REVUE DES LIVRES

RAPPORTS DU VIII^e CONGRÈS—LA HAYE 1938—DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE PERMANENTE DES CONGRÈS DE LA ROUTE.
Publiés par le Secrétariat Général de l'Association à 203 Boulevard Saint-Germain, Paris. 1938.

La collection des mémoires présentés à ce dernier Congrès, par les techniciens les plus réputés de la route dans tous les pays, comprend quatre vingt-treize brochures; chacune de celles-ci contenant d'un à six rapports relatifs à la même question.

Les sujets discutés sont groupés sous six questions principales dont voici la liste: Progrès accomplis depuis le Congrès de Munich dans l'emploi du ciment; Des revêtements en briques et des revêtements spéciaux; Progrès accomplis depuis le dernier congrès dans la préparation et l'utilisation du goudron, du bitume et des émulsions; Les accidents sur les routes; La séparation sur les routes des diverses modes de locomotion; L'étude et la mesure de la qualité d'un revêtement de chaussée du point de vue de sa glissance et de sa faculté d'éclaircissement; L'étude du sous-sol des routes.

ANNALES DE LA DIRECTION DES EAUX ET DU GÉNIE RURAL DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE. MÉMOIRES ET NOTES TECHNIQUES.
FASCICULE 65. In-8° de 408 pages avec 3 cartes et de nombreuses planches hors texte. A l'Imprimerie Nationale, Paris, 1936.

Ce document que nous avons signalé à plusieurs reprises dans notre publication, paraît une fois par an et contient les mémoires sur les travaux effectués au cours de l'année précédente, par les techniciens de la Direction des Eaux et Forêts, ainsi qu'une analyse des articles et mémoires, publiés dans les revues françaises et étrangères, se rapportant aux questions qui intéressent ce service.

Voici les titres des principaux mémoires contenus dans ce dernier volume: Note relative aux Irrigations de la Hardt, du Quatelbach et du Canal Vauban, par M. A. Walch; l'Assainissement de la Limagne d'Auvergne, par F. Patri; Vue d'ensemble sur la Géologie du Département d'Eure et Loire, par L. Lutaud; la Nappe des Puits dans le Département d'Eure-et-Loire, par H. Laferrière; Nouvelles Recherches expérimentales sur le Jaugeur à Ressaut hydraulique (Canal Venturi), par M. le professeur Giulio di Marchi.

POUR LE PHOTOGRAPHE ET LE "CINEMAN", par S. de Thellesme.
In-120 de 199 pages avec 109 figures. Deuxième édition. Prix, broché, frais de port compris: 17 francs. Chez Dunod-Editeur, Paris 6^e 1939.

L'auteur a écrit ce petit volume à l'intention du professionnel et de l'amateur. Il y a consigné deux genres de renseignements. D'abord une série de formules pratiques sur les révélateurs, les solutions de fixage et de virage, etc. Ensuite, des indications sur les tours de main et les trucs permettant de construire facilement de nombreux dispositifs utiles.

Un journal honnête et bien fait....

Le *DEVOIR* est un quotidien
rédigé avec soin et honnêteté
pour un public intelligent, res-
pectable et instruit.

ACHETEZ ET LISEZ

LE DEVOIR

TOUS LES JOURS

Il est intéressant, bien informé, impartial, propre.

Administration et rédaction, 430 Notre-Dame est, Montréal.

ON TROUVE TOUJOURS
A LA
LIBRAIRIE DEOM

UN choix important de beaux livres
anciens et modernes, des éditions
originales, rares ou curieuses des
meilleurs écrivains des XIXe et XXe
siècles et les ouvrages nouveaux, en
exemplaires ordinaires ou sur grand pa-
pier, d'une sélection d'auteurs contem-
porains.

1247 RUE ST-DENIS

TÉLÉPHONE: HA. 2320

MONTREAL

Téléphone: DOLLard 2900

Montreal Steam Toilet Supply

D. ROBB, Prop.

SERVICE COMPLET ET EFFICACE
POUR BUREAU OU USINE



2214 BOULEVARD ROSEMONT

- -

MONTREAL

Revue des Questions Scientifiques

publiée (depuis 1877) par la Société Scientifique de Bruxelles

Revue belge de haute vulgarisation scientifique

Par ses "Articles originaux", ses "Revue des Publications périodiques", sa "Bibliographie scientifique", elle tient ses lecteurs au courant des principales questions scientifiques d'actualité.

Paraît 6 fois par an, en fascicules de 160 à 180 pages.

Prix de l'abonnement : Belgique et Luxembourg : 80 francs belges.

France : 80 francs français.

Autres pays : 26 belgas.

LE NUMERO 12 FRANCS.

Numéros spécimens sur demande.

ADMINISTRATION: 2, RUE DU MANEGE, LOUVAIN

Les Publications de l'École Polytechnique

Dernier Volume Paru:

MÉTAUX

Par LOUIS BOURGOIN

Volume in-8 de 660 pages avec 145 figures.

Prix, broché: \$3.75

1430, RUE ST-DENIS :: :: :: :: MONTRÉAL

Tél. FALKirk 2848

Fondée en 1912



Wilfrid Pageau

PLOMBIER-COUVREUR

Poseur d'appareils à gaz et à
eau chaude

SPECIALITE: REPARATIONS

Travail fait soigneusement
et à prix modéré.

Bureau et Atelier: 984 Rachel Est

LA TRADITION "K & E"

La familière marque de fabrique "K & E" est de vieille tradition parmi les ingénieurs de l'École Polytechnique. Elle est synonyme de précision et de bonne fabrication, de qualité sans compromis.

Cherchez toujours la marque "K & E" sur les règles à calcul, instruments de dessin, fournitures de bureaux de dessinateurs, matériel d'arpentage. Vous constaterez que c'est invariablement la meilleure.

KEUFFEL & ESSER CO.

NEW-YORK

CHICAGO — SAN-FRANCISCO — SAINT-LOUIS — DÉTROIT — MONTRÉAL

L'ECONOMIE *est une vertu nécessaire !*

Sa pratique conduit au succès, parfois même au bonheur.

ECONOMISEZ REGULIEREMENT 10% DE VOTRE SALAIRE,
de tous vos revenus.

C'est peu et ce sera beaucoup.

Ouvrez un compte à

LA BANQUE PROVINCIALE DU CANADA

Ministère du Secrétariat de la Province

● Les fonctions du Secrétariat de la Province de Québec sont tout à fait d'ordre social. L'oeuvre qu'il accomplit est d'une importance capitale pour le développement de la Province.

● Les compagnies de la Province, qui désirent bénéficier de la Loi des compagnies de Québec, doivent s'adresser au Secrétariat de la Province, afin d'obtenir leur charte d'incorporation; c'est ce ministère, également, qui émet les licences et permis autorisant les compagnies étrangères à exploiter quelque commerce ou industrie et à vendre ou autrement aliéner leur capital et leurs actions en cette Province. Les unes et les autres sont tenues de fournir au Secrétariat un rapport annuel de leur activité.

● Depuis quelques années, la population tout entière a compris l'importance de l'Instruction publique. Le Secrétariat de la Province n'a rien négligé pour répandre l'enseignement primaire et supérieur, afin d'outiller notre jeunesse, dans la préparation de son avenir. Outre les allocations octroyées aux universités et aux collèges classiques, il assure, avec le Département de l'Instruction Publique, le maintien de l'enseignement primaire, dans les villes, et surtout dans nos campagnes.

● Il a la haute direction des principales écoles d'enseignement supérieur: l'Ecole Polytechnique, l'Ecole des Hautes Etudes Commerciales, les Ecoles des Beaux-Arts, les Ecoles Techniques, les Ecoles d'Arts et Métiers, directement subventionnées par lui, et qui visent à la formation d'une élite dans le monde de la finance, du commerce et de l'industrie.

● Chaque année, des cours du soir sont donnés, qui permettent aux jeunes travailleurs sérieux de continuer leurs études et d'acquérir des connaissances nouvelles, souvent indispensables dans l'exercice de leurs devoirs journaliers.

● Le Secrétariat de la Province s'intéresse aussi au progrès des sciences, des lettres et des arts. Chaque année, des bourses d'études sont accordées à nombre de nos jeunes gens, pour permettre à ceux-ci de compléter leur formation à l'étranger. Déjà, plusieurs des nôtres ont fait honneur à la Province, dans les domaines scientifique, artistique ou littéraire.

● Ce ministère a attaché une importance toute spéciale, cette année, au développement de l'art musical, dans cette province. Une enquête préliminaire a été conduite, sous son autorité, en vue de rendre possible la réorganisation de cet enseignement chez nous. De plus, une vive impulsion a été donnée récemment à l'enseignement du solfège, dans les écoles.

● La vie d'un peuple dépend de son éducation nationale, et le Secrétariat de la Province de Québec ne veut rien épargner pour préparer la jeunesse au rôle prépondérant qu'elle devra jouer dans l'avenir.

● Et voilà le résumé succinct des principales activités du Secrétariat, qui occupe sa place bien à lui dans le Gouvernement, et dont l'importance primordiale ne peut être mise en doute.

HONORABLE ALBINY PAQUETTE,

Ministre.

JEAN BRUCHESI,
Sous-Ministre.

Chez **DUPUIS**

Profitez des
aubaines offertes
pendant notre
grande

VENTE
SEMESTRIELLE
de MEUBLES
et GARNITURES
de MAISON



Nos conditions de paiement sont les plus faciles:

PAS DE DÉPÔT

**JUSQU'A
24 MOIS**

pour PAYER les achats
de 50.00 ou plus, (plus
un léger supplément).



**JUSQU'A
10 MOIS**

pour PAYER les achats
de 15.00 à 49.99,
(plus un léger supplé-
ment).

LIVRAISON IMMÉDIATE

Dupuis Frères
LIMITÉE

ALBERT DUPUIS, président
A.-J. DUGAL, v.-p. et dir.-gér.

ARMAND DUPUIS, sec.-trés.