

ASSOCIATION PROFESSIONNELLE DES INGÉNIEURS DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES

Siège Social : 28, rue des Saints-Pères, à PARIS-VII^e

BULLETIN DU P.C.M.

RÉDACTION

28, rue des Saints-Pères
PARIS-VII^e

Téléphone : LITré 93.01

PUBLICITÉ

254, rue de Vaugirard
PARIS-XV^e

Téléphone : LECourbe 27.19

SOMMAIRE

Les Annales des Mines — Novembre 1956	2	Le concours des Techniciens et Hommes de l'Art aux travaux des Collectivités Locales	20
Communiqués de Presse	2	L'éclairage des tunnels Jenner du Havre	21
La Page du Président	3	Ces Messieurs de l'Industrie... vus par un patron....	22
Carrière d'Etat ou carrière privée	4	Procès-verbaux des réunions du Comité du P.C.M. : Séance du 5 novembre 1956	23
Les phénomènes de la fission nucléaire	6	Mutations dans le Personnel	24
A la recherche du temps perdu	14	Naissances, Mariages, Décès	26
Evaluation des dépenses d'infrastructure au kilomètre-route	19	Société Amicale de Secours des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines	27
Pour les techniciens des routes et aérodromes	20		

L'Association Professionnelle des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines n'est pas responsable des opinions émises dans les conférences qu'elle organise ou dans les articles qu'elle publie (Article 31 de son règlement intérieur)

N° de compte de Chèques Postaux du P.C.M.
PARIS : 508.39

Les Annales des Mines de Novembre 1956

Les Annales des Mines présentent dans leur N° de novembre une étude sur la **Structure de la distribution des produits minéraux dans le monde** préfacée par M. André **Siegfried** de l'Académie Française. Cette étude originale par sa conception et à laquelle l'absence de travaux équivalents donne un intérêt tout particulier, est signée de MM. F. **Blondel**, directeur du Bureau d'Études géologiques et minières coloniales et E. **Ventura**, directeur du Bureau de documentation minière. M. **Laffitte**, directeur du Bureau de recherches

géologiques, géophysiques et minières de la France métropolitaine. L'a enrichie de considérations particulières à l'eau, richesse minérale.

Ce numéro constitue un important ouvrage de référence, fruit d'un long travail et de recherches poussées. Il sera utile à toutes les personnes qu'intéresse l'économie des produits minéraux.

La Chronique des métaux, minerais et substances minérales diverses ainsi que des notes bibliographiques complètent la livraison comme à l'ordinaire.

COMMUNIQUÉS DE PRESSE

LA DUODECIMALITE (Chimère ou vérité future. — M. J. **Essig**, Inspecteur Général des Finances, auteur de l'ouvrage « Douze, notre dix

futur », fera, le samedi 15 décembre, à 15 heures, au **Palais de la Découverte, à Paris**, une conférence sous le titre :

LA DUODÉCIMALITÉ (Chimère ou vérité future)

COURS DE ROUTES. — Le premier volume (Circulation — Caractéristiques géométriques) du Cours de Routes de notre Camarade **Coquand**

va paraître dans quelques jours aux Éditions Eyrolles, 57, Boulevard Saint-Germain, Paris (V°). Paris, le 23 novembre 1956.

URBANISME ET PONTS ET CHAUSSEES. — Dans le cadre des contacts poursuivis entre le P.C.M. et la Société Française des Urbanistes deux conférences sont organisées auxquelles sont conviés les Membres de la S.F.U. et du P.C.M.

La première faite par M. **Canaux**, Urbaniste en Chef, aura lieu le 18 décembre, à 17 h. 30, au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, 4, Avenue du Recteur Poincaré, Paris (16°) et parlera du « Prétendu conflit entre l'Urbanisme et la Propriété foncière ».

La seconde faite par M. **Elkoubi**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, à une date qui sera annoncée ultérieurement, parlera des aspects urbanistiques de la circulation automobile dans les agglomérations.

L'attention des Camarades est spécialement attirée sur l'intérêt de ces conférences, pour lesquelles il serait souhaitable qu'il y ait une assistance aussi considérable que possible.

AUTOMOBILE-CLUB DES FONCTIONNAIRES

**L'AUTOMOBILE-CLUB DES FONCTIONNAIRES, 103, Boulevard Haussmann
à PARIS (8° Art) - Téléphone ANJou 98.55**

est à votre disposition pour vos assurances automobiles

DEMANDEZ-LUI SES TARIFS

La Page du Président

Je m'interdis, d'une façon très générale, dans cette page, d'analyser les différentes questions d'ordre professionnel qu'étudie et que traite le Comité de notre Association, ne voulant pas naturellement me substituer à celui-ci ; je m'interdis également, malgré toute leur importance, d'évoquer des questions d'actualité, ayant quelque rapport avec la politique, dans mon très grand souci de ne pas déborder sur un terrain dont notre Association, purement amicale, veut résolument rester éloignée.

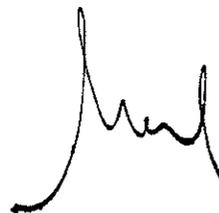
Mais, après les semaines dramatiques que vient de vivre notre Pays, est-il possible de s'en abstraire complètement, alors que chacun de nous a ressenti si vivement, au cours des récents événements, les espoirs, les appréhensions, les humiliations, les ressentiments que ces événements nous prodiguaient ou suscitaient trop généreusement. Une grande œuvre française de génie civil, le Canal de SUEZ, après avoir été enlevée d'une manière frustratoire à la Compagnie Universelle, qui la gérait à la satisfaction des usagers, est maintenant stérilisée. Et, pour la solution des problèmes économiques immédiats et futurs que cette situation soulève pour notre Pays, il m'apparaît que les Ingénieurs des Mines et des Ponts ont une charge lourde et pleine de responsabilité, mais c'est bien dans ces moments de crise que se manifeste de façon la plus éclatante notre rôle dans la nation.

Ces problèmes sont essentiellement des problèmes d'Energie et de Transports. La triste expérience nous montre que les sources de pétrole étranger, même exploitées en partie par des sociétés françaises et avec des capitaux français peuvent être arbitrairement tarées ; et il nous faut maintenant atteindre une plus grande autonomie pour la satisfaction de nos besoins énergétiques : développement des recherches pétrolières — utilisation poussée du gaz naturel — extraction accrue du charbon — augmentation de la production d'électricité d'origine hydraulique — industrialisation de l'énergie atomique — quel champ d'activité pour nos Camarades, notamment ceux des Mines, spécialistes en la matière. Par ailleurs, les modifications importantes à prévoir dans les transports maritimes du

pétrole, l'augmentation de tonnage des pétroliers posent à nos directeurs des ports des problèmes, d'ailleurs modestes, qu'ils résoudreont facilement. Sur les routes, les restrictions d'essence diminueront la circulation ; tandis que la production automobile va s'en trouver vraisemblablement ralentie la tentation sera grande d'en prendre prétexte pour vouloir diminuer l'effort routier que tous les Ingénieurs des Services ordinaires ont proclamé depuis longtemps nécessaire et même indispensable. En la matière, les événements créent simplement le palier qui permettra à l'aménagement routier, planifié et continu, de ne pas être dépassé par une circulation routière en expansion rapide, en même temps qu'ils sont la justification de la politique routière raisonnable, qualifiée de trop timorée aux dires de certains utilisateurs, menée par nos Services. Ce palier, quelle qu'en soit la durée, ne pourra cependant modifier les perspectives finales d'un problème qui nous est exactement connu et qui exige l'application sans défaillance d'un plan bien défini.

Enfin ce sont nos Services des Mines et des Ponts qui vont avoir, quelque soit le parti qu'adoptera le gouvernement pour la limitation de consommation des carburants, à en assurer l'application, et on sait par avance que ce sera une tâche malaisée et délicate.

Pour ne pas terminer sur une note trop grave, en dépit des circonstances, je veux faire part d'une certaine note comique, si l'on peut dire, qu'elles m'ont procuré : c'est une petite affiche blanche, aux portes du Ministère, annonçant l'adjudication de 8.000 tonnes de fuel-oil lourd destinées à un de nos grands ports !! Indépendamment des circonstances et dans un moment autre, cette procédure pour une fourniture dépendant d'une profession aussi limitée et aussi organisée que celle des carburants a-t-elle une justification ? On m'a assuré que c'est le résultat d'une très sévère inspection financière de nos ports, il y a peu d'années. Quand je vous disais qu'il fallait se dépêcher d'en rire !



Carrière d'Etat ou carrière privée

Ce dilemme, qui préoccupe spécialement nombre d'Ingénieurs des Ponts et Chaussées et d'Ingénieurs des Mines, a fait l'objet d'un article de M. ABADIE dans la Revue Promotion (N° 37 du 2^me Trimestre 1956), organe des Anciens Elèves de l'Ecole Nationale d'Administration et des Anciens Auditeurs du Centre des Hautes Etudes Administratives.

J'ai obtenu de M. ABADIE et de la Revue Promotions l'aimable autorisation de le reproduire ; il ne serait donc pas courtois de ma part d'en relever diverses affirmations, sur lesquelles je pense que beaucoup de Camarades ne sont pas d'accord ; mais je suis persuadé que tous liront avec intérêt cet article.

Pierre MOTHE.

Il n'est pas d'Ingénieur de l'Etat, ni sans doute de fonctionnaire, qui ne gardent dans un recoin de l'esprit le rêve et parfois la tentation de quitter l'Administration pour l'Industrie.

Il y a du Georges Ohnet dans cette attitude et l'influence manifeste d'une littérature, pourtant bien dépassée, dont l'Ingénieur est le héros triomphant et admiré. Il y a, plus certainement encore, la volonté d'un refuge contre la machine administrative, monstrueuse, impersonnelle et trop souvent égarée hors du réel et de l'humain. Pour le fonctionnaire le cachot n'est pas muré. Il a sa porte d'évasion. Il sait qu'il peut s'enfuir et se contente le plus souvent d'en rêver.

On considère très communément que le fonctionnaire, lorsqu'il décide de quitter le service de l'Etat pour une carrière privée, est poussé par l'appât d'un meilleur salaire. Sans doute que le salaire est un des éléments de la tentation. Il n'est pas le seul ni peut-être le plus important. Le découragement d'une activité trop souvent appliquée au service d'une politique mal définie et fluctuante, l'absence de responsabilités réelles remplacées par des contrôles superposés, l'incohérence d'un avancement où les diplômes scolaires et l'ancienneté des services pèsent plus que l'ardeur au travail et les résultats obtenus en sont d'autres éléments.

Tout ne se résoud pas à quelques milliers de francs. Au surplus, la différence des salaires de l'industrie privée et des traitements publics est, à fonction égale, moins importante qu'on ne l'imagine en général. L'institution de la Sécurité Sociale et la création des Caisses de Retraite des Cadres ont réduit les risques des carrières privées. Les versements patronaux qui assurent ces risques sont venus en déduction des salaires et ont réduit l'écart qui existait précédemment. Si la question des salaires n'était pas de celles dont les patrons aiment le moins parler, parce qu'elle est une des armes de la concurrence, et si les traitements réels des fonctionnaires pouvaient être connus autrement que par une grille indiciaire,

dont une quantité de primes, allocations, travaux supplémentaires et autres déforment la signification, il y aurait un utile sujet de thèse à comparer les rétributions des secteurs privés et publics.

Quoi qu'il en soit, notre fonctionnaire, un beau jour, s'est décidé. Il quittera son Administration. Ce ne sera jamais sans de longues hésitations. Il est entré au service de l'Etat dès la fin de ses études. Il a le plus souvent passé des concours sévères, mais où on lui demandait de connaître en somme ce que d'autres avaient écrit et enseigné. Il a gravi quelques échelons mais ne connaît vraiment l'Administration dont il est un des rouages. Il ne connaît rien de l'industrie et peu de choses des autres Administrations. Il entre dans l'inconnu. Comme un voyageur sur le départ, il est au seuil de l'aventure.

Et pourtant la trame de sa vie ne va guère changer. Elle demeurera faite de travail. Pas plus d'ailleurs en règle générale que lorsqu'il était fonctionnaire. On plaisante souvent les fonctionnaires sur ce point. C'est parfait, à condition qu'il soit bien entendu qu'il s'agit de plaisanterie, car, en réalité le fonctionnaire travaille et j'en connais des quantités qui travaillent énormément. Il quitte très souvent son bureau après l'heure normale et il ne sera ni étonné, ni mécontent de continuer à faire de même. L'effort, s'il y en a un, se produira à l'heure de la rentrée matinale. Certains fonctionnaires prennent quelque liberté avec l'heure de début de travail. L'industrie le tolère mal en raison du mauvais exemple donné et de la baisse de rendement notable qui en résulte pour les échelons déjà au travail par la vertu de la pendule pointeuse. Mais tout ceci n'est au fond que détails. Dans son ensemble, le travail ne sera ni plus difficile ni plus long dans l'Industrie que dans l'Administration.

Son rythme, par contre, est assez différent. Il est plus direct, plus tendu. Les longs délais de réponses sont pourchassés, les temps d'études réduits. Les affaires doivent vivement progresser et les dossiers se clore. Une affaire qui traîne est

une affaire qui coûte. Il en résulte parfois de sérieux coups de collier.

Car la volonté du rendement et le souci du prix de revient sont partout présents. Ils donnent à l'atmosphère de l'industrie son caractère particulier. Le bilan n'est pas une plaisanterie. Les conséquences en sont extrêmement concrètes et toujours très importantes. C'est l'outil de travail qui est en jeu et chacun en est très vite parfaitement conscient.

Il n'est pas étonnant que l'industrie travaille à l'économie de personnel. Sauf erreurs — et il y en a — on affecte pas deux personnes quand une seule suffit. On ne remplace les hommes par des machines et les machines par des complexes automatiques qu'après s'être assuré qu'il en résultera une économie certaine. On s'efforce de n'effectuer que des dépenses qui rapportent ce qui permet de dépenser sans lésiner.

Notre Ingénieur assumera-t-il plus de responsabilité dans l'industrie que dans le service public ? Il n'est guère possible de répondre par oui ou par non. Nous savons que beaucoup de fonctionnaires prennent effectivement de grandes responsabilités. Ce qu'on peut dire, c'est que la délégation d'autorité est, dans l'industrie, un processus naturel. L'industrie est par essence autocratique. Le Président d'une société anonyme est dans sa société un maître tout puissant. Son pouvoir de décision est total. Il délèguera une partie de ses pouvoirs à ses collaborateurs immédiats et, dès lors, ne leur demandera aucune autre justification des décisions qu'ils auront prises que le succès. Il se réservera soigneusement certaines décisions qu'il prendra sur le rapport d'un de ses collaborateurs. Un seul si possible. Le rédacteur du rapport est responsable des renseignements qu'il donne, ainsi qu'on saura le lui rappeler s'ils provoquent une décision désastreuse et se révèlent faux à ce moment-là.

Car la responsabilité n'est pas le pouvoir de dire ou de faire. Elle est le fait de supporter personnellement les conséquences de ses paroles et de ses actes. Là est l'industrie. On y est récompensé de ses succès et puni (le mot n'est pas trop fort) de ses échecs quelles que soient les chances qui ont aidé au succès et les circonstances extérieures qui ont amené l'échec. Autrement dit, la réussite ou l'échec de la carrière industrielle dépend directement des agissements individuels de chacun. Plus exactement, de la façon dont ces agissements se traduisent en conséquences

et dont ces conséquences sont appréciées. Pour les apprécier, le patron ne s'embarrasse ni de la considération de votre origine universitaire, ni de votre ancienneté, ni de l'avis des commissions paritaires, ni des sentiments des délégués du personnel de votre groupe ou des représentants du peuple immédiatement supérieur. Il apprécie tout simplement les résultats tangibles avec la part de subjectivité que toute appréciation comporte. Il serait puéril de soutenir que de tels jugements ne sont pas parfois erronés. Il serait ridicule de prétendre que le système n'est pas efficace.

Chacun dans l'industrie comprend et admet la nécessité de la subordination à un chef et sait parfaitement qu'il dépend entièrement de ce chef. Il doit non seulement obéir à ses directives, mais encore lui donner satisfaction. La bonne volonté n'y suffit pas toujours et il reste une large part à la chance.

Beaucoup penseront, sans doute, qu'il n'y a en définitive aucune différence fondamentale entre le service public et le service privé. Sans doute les buts et les méthodes y sont différentes mais le moyen est le même : c'est le travail.

Il existe cependant une différence et d'importance. Dans l'industrie privée, le fonctionnaire ressentira très fortement l'absence de cette liberté d'allure, d'attitude et de parole si fréquente dans certaines fonctions d'Etat qu'on peut la tenir pour une caractéristique du service public. Critiquer, discuter et interpréter les ordres, dénigrer l'Administration même au fonctionnement de laquelle on contribue, sont des jeux qui plaisent à l'esprit subtil des Français. L'industrie ne s'en accomode pas et à celui qui entendrait se comporter ainsi on ne tarderait guère à trouver une place et des fonctions où il ne pourrait pas nuire à la Société dont il vit.

J'aimerais que ces notes, trop brèves, aident ceux de mes Camarades que l'Industrie tente, à juger s'ils travailleront dans leur nouvel emploi avec plaisir ou avec répugnance. C'est le seul vrai problème.

Maurice **Abadie**,

Ancien Elève de l'Ecole Polytechnique,
Ingénieur diplômé de l'Ecole
Nationale Supérieure des Télécommunications
et de l'Ecole Supérieure d'Electricité,
Ingénieur général de la R.T.F. en disponibilité,
Breveté du Centre de Hautes Etudes
Administratives.

Pour le Secrétariat du P.C.M., demandez LITré 93.01

Les phénomènes de la fission nucléaire

Sur ce sujet, notre Camarade François LAMOUREUX, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, qui est à Paris à la tête d'une Circonscription Electrique relevant du Ministère de l'Industrie et du Commerce, a fait, en Octobre 1955, à la Direction de l'Electricité une très intéressante conférence sur le Congrès International Atomique de Genève.

Nous le remercions d'avoir bien voulu faire de cette conférence les larges extraits que nous insérons ci-dessous et qui ne manqueront pas de retenir l'attention de nos lecteurs.

*
**

La construction de la 1^{re} centrale électrique (E.D.F. 1) utilisant l'énergie libérée par la fission nucléaire allant très prochainement commencer en Touraine (près du pont de Port-Boulet), il nous a paru intéressant de donner dès maintenant quelques indications sur les phénomènes qui seront mis en jeu et sur les perspectives à attendre de cette nouvelle forme d'énergie.

L'uranium ordinaire $^{238}_{92}\text{U}$ contient, à l'état naturel, une très petite proportion (1/139^e, soit à peu près

0,7%) de son isotope, l'uranium $^{235}_{92}\text{U}$. Cet uranium $^{235}_{92}\text{U}$, lorsqu'il est bombardé par des neutrons, au lieu de se transformer en un autre corps de masse voisine, se « casse », en donnant naissance à des corps radioactifs de masse très différente, les uns de masse voisine de 100 et les autres voisine de 140. Ce phénomène s'accompagne de rayonnement γ , d'un fort dégagement d'énergie, et d'une émission de neutrons par les produits de fission (1).

L'uranium $^{235}_{92}\text{U}$ est le seul corps naturel actuellement connu, qui a la propriété de se « casser » sous un bombardement neutronique, avec émission importante de neutrons.

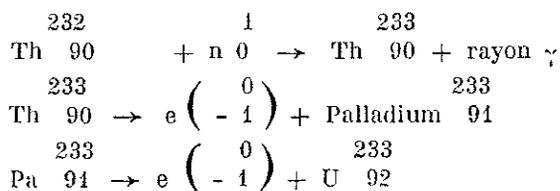
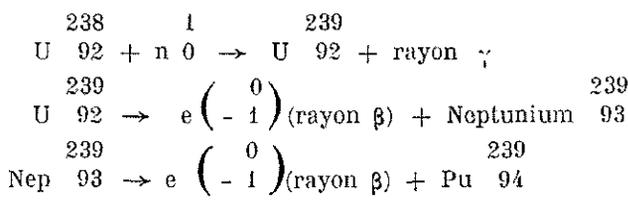
Par contre, on peut fabriquer artificiellement d'autres éléments qui, eux aussi, possèdent cette propriété. Ils sont dits « fissiles ». Ce sont :

- L'uranium $^{233}_{92}\text{U}$ à partir du thorium $^{232}_{90}\text{Th}$
- Le plutonium $^{239}_{94}\text{Pu}$ à partir de l'uranium $^{238}_{92}\text{U}$
- Le plutonium $^{241}_{94}\text{Pu}$ à partir du plutonium $^{239}_{94}\text{Pu}$

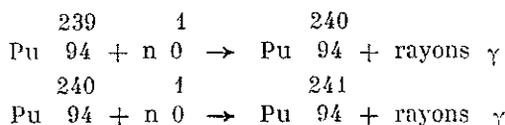
Les deux principaux d'entre eux, le plutonium $^{239}_{94}\text{Pu}$ et l'uranium $^{233}_{92}\text{U}$ sont produits respectivement à partir de l'uranium $^{238}_{92}\text{U}$ et du thorium (dits matériaux « fer-

riles ») lorsqu'on soumet ces corps à un bombardement neutronique comme celui résultant de la fission d'un corps « fissile ».

Les réactions sont les suivantes :



Pour le 3^e, il se forme à partir du Plutonium $^{239}_{94}\text{Pu}$:



La fission de l'uranium $^{235}_{92}\text{U}$ s'établit suivant le processus ci-dessous :

Uranium $^{235}_{92}\text{U}$ + 1 neutron = produits de fission + 2,46 neutrons (environ) + émission d'énergie de l'ordre de 200 Millions d'électronvolts (200 Mev.). (2)

La réaction de fission ne peut se poursuivre que si un des neutrons, parmi les 2,46 émis lors de la réaction de fission, après avoir heurté d'autres noyaux en perdant de son énergie, rencontre un nouveau noyau d'uranium $^{235}_{92}\text{U}$ dans des conditions telles qu'il soit absorbé par ce noyau et provoque une nouvelle fission redonnant alors 2,46 neutrons, et ainsi de suite : c'est le phénomène de la *réaction en chaîne*.

Mais il n'y a, dans l'uranium naturel, que 0,7% d'uranium $^{235}_{92}\text{U}$ et les autres noyaux du milieu ambiant, en particulier ceux de l'uranium $^{238}_{92}\text{U}$, ont tendance aussi à absorber les neutrons, en sorte que la marge qui subsiste pour qu'un neutron, sur les 2,46 émis lors d'une fission, échappe à la capture des noyaux voisins et puisse rester libre jusqu'à son absorption avec fission, par un nouveau noyau d'ura-

(1) Cette émission est presque totalement instantanée après la fission (99% dans une période de l'ordre de 10^{-14} sec.)

(2) L'électronvolt est une unité d'énergie qui vaut : $1,6 \cdot 10^{-12}$ ergs.

nium 235, est très faible, et d'autant plus faible que le noyau d'uranium 235, quand il absorbe un neutron ne se « casse » pas toujours.

Dans le cas des neutrons thermiques (ayant une énergie de l'ordre de 1/40 d'électronvolt) le noyau d'uranium 235 en absorbant un neutron ne se casse que dans la proportion de 85%, les 15% restants donnant naissance à un autre isotope de l'uranium, l'uranium 236 qui est très radioactif. Le produit net, en neutrons disponibles pour une nouvelle fission, par neutrons absorbés par noyaux d'uranium 235, n'est donc pas de 2,46 (nombre représenté par le symbole ν), mais une quantité plus faible : 2,08 qu'on désigne par le symbole η .

Par ailleurs, l'uranium 235 n'absorbe pas les neutrons d'autant mieux qu'ils ont plus d'énergie. C'est presque le contraire.

La faculté d'absorption des neutrons par les noyaux est très variable avec l'énergie que possèdent les neutrons « frappeurs ». Elle s'exprime suivant le symbole σ ou « section efficace de capture » que, par commodité, on assimile à une surface et que l'on exprime en « barns » (un barn équivaut à 10^{-24} cm²).

La « section efficace » mesurée en quelque sorte la probabilité plus ou moins grande qu'ont les noyaux, soit d'absorber des neutrons — et c'est la « section efficace de capture », soit de les diffuser ou de les réfléchir : c'est la « section efficace de diffusion ».

Cette « section efficace » que l'on peut calculer approximativement, est fonction de l'énergie du neutron « incident ».

Il existe, en particulier pour l'uranium 235, une « section efficace de capture » très grande, pour les neutrons ayant une très faible énergie, dits « neutrons thermiques », (1/40 e.v.). Pour l'uranium 238, la faculté d'absorption des neutrons est très grande au contraire dans une région de résonance correspondant à une énergie de neutrons voisine de 100 électronvolts, une telle capture (trappe) ne donnant d'ailleurs pas lieu à fission, mais à production d'uranium 239 par la réaction que nous avons vue plus haut, avec finalement production de plutonium 239.

Lors de la fission d'un noyau d'uranium 235 l'énergie de chacun des 2,46 neutrons émis est de l'ordre de 2 millions d'électronvolts. Bien que de tels neutrons puissent provoquer la fission à la fois dans l'uranium 238 et dans l'uranium 235, les sections efficaces de capture pour ces énergies très élevées sont bien plus petites que pour les énergies plus faibles et en particulier, dans le cas de l'uranium 235, que pour les neutrons thermiques.

Étant donné la très faible marge de neutrons dont on dispose pour produire la réaction « en chaîne » lorsque l'on utilise la fission des noyaux du seul uranium 235 compris dans l'uranium naturel, il est nécessaire, d'une part, d'avoir une masse suffisante de corps « fissible » c'est la masse « critique » et, d'autre part, de ralentir très rapidement les neutrons

résultants de la fission, avant qu'ils n'aient été capturés par d'autres corps, ou qu'ils ne s'échappent.

On est donc conduit à disposer tout autour de l'uranium 235, un matériau dit « modérateur », qui ralentira les neutrons et sera d'autant meilleur qu'il amènera les neutrons au niveau thermique au prix d'un plus petit nombre de « chocs élastiques », sans, lui-même, absorber une quantité appréciable de ces neutrons.

L'hydrogène ordinaire, dont la masse est presque égale à celle du neutron, serait le « ralentisseur » idéal, mais il se transforme relativement facilement en hydrogène lourd, ou deutérium, en absorbant un neutron. Par contre, l'hydrogène lourd qui n'absorbe que très rarement des neutrons constitue le meilleur des « ralentisseurs », sous forme de sa combinaison avec l'oxygène, c'est-à-dire « l'eau lourde ». Mais cette eau lourde a l'inconvénient d'être très chère (de l'ordre de 20.000 fr. le kilo), en sorte qu'actuellement, on utilise couramment, pour ralentir les neutrons : le graphite très pur, et le béryllium, ou plus exactement l'oxyde de béryllium, appelé aussi « glucine ».

Lors du ralentissement des neutrons rapides, leur énergie passe, obligatoirement, par la région de 100 électronvolts, où l'uranium 238 a une forte section efficace de capture, et absorberait un tel nombre de neutrons que si l'on ne prenait certaines dispositions, la réaction en chaîne ne pourrait pas se produire.

Pour pallier à cette difficulté on place par exemple l'uranium sous forme de barres au sein du modérateur en sorte que les neutrons émis au niveau 2 M.e.v. quittent rapidement les barres et passent dans le modérateur où ils sont réduits au niveau thermique, après avoir traversé les zones de résonances dangereuses (pour l'uranium 238 et les produits de fission) dans une région (le modérateur) où ces corps n'existent pas. Arrivés au niveau thermique, les neutrons diffusent autour du modérateur et, s'ils ne sont pas capturés par des impuretés, ou s'ils ne s'évadent pas du réacteur, retournent, tôt ou tard, dans les barres d'uranium, avec une chance très grande de provoquer la fission d'un noyau d'U 235.

Dans les piles à uranium naturel, (à Marcoule, les piles G₁, G₂, G₃, ou en Touraine E.D.F.), l'uranium naturel est introduit dans le réacteur sous forme de barres, d'un diamètre de 2 ou 3 centimètres, et d'une longueur de 1 m 50 à 2 m.

Ces barres sont disposées suivant un schéma régulier, dans des canaux creusés dans les briques de graphite du ralentisseur.

Ces barres d'uranium sont gainées, pour éviter que l'uranium ou les produits de fission ne viennent polluer le graphite ou le fluide évacuateur de chaleur.

Ce gainage est fait avec un métal qui doit avoir comme caractéristique de n'absorber que très peu de neutrons, et d'avoir une résistance mécanique suffisante à la chaleur. En France et en Angleterre, on utilise actuellement l'aluminium et le magnésium,

faute de mieux mais aux U.S.A., on utilise, de plus en plus, le zirconium, qui, outre sa résistance mécanique à haute température, a une section efficace de capture des neutrons plus faible que le magnésium ou l'aluminium.

La fission d'un noyau d'uranium 235 s'accompagnant d'une production d'énergie de l'ordre de 200 millions d'électronvolts, dont la plus grande partie se transforme en chaleur, il faut évacuer cette chaleur pour pouvoir l'utiliser et il est nécessaire de disposer d'un fluide ayant un bon coefficient de transmission de chaleur et qui, par ailleurs, soit aussi peu sensible que possible aux radiations auxquelles il est soumis dans le noyau actif du réacteur.

En Angleterre et en France, on utilise l'eau lourde, l'air ou le gaz carbonique sous pression. En Amérique, on a essayé l'eau lourde, l'eau ordinaire, le sodium, le mélange sodium-potassium et le bismuth fondu.

Outre la chaleur produite lors de la fission, il y a, à l'intérieur du réacteur, un flux très intense de neutrons (de l'ordre de 10^{23} par $\text{cm}^2/\text{seconde}$), que l'on peut utiliser en particulier pour fabriquer des radios-isotopes artificiels, dont les utilisations sont de plus en plus nombreuses.

Enfin, les neutrons, outre la fission qu'ils provoquent dans les noyaux d'U 235 concourent à la fabrication de plutonium 239, à partir de l'uranium 238 (qui constitue 99,3% de la matière des barres).

Lorsqu'un noyau d'uranium 235 se casse, il se produit en effet, comme nous l'avons indiqué, 2,46 neutrons en moyenne, neutrons dont au moins un, si la réaction en chaîne se maintient, devra finir par être absorbé avec fission par un autre noyau d'uranium 235. Il reste 1 neutron, 46 dont une grande partie est absorbée par l'uranium 238, qui se transforme, après une série de mutations, en plutonium 239, qui, lui, est aussi un « matériau fissile ».

Ainsi donc, tout en consommant de l'uranium 235 (qui n'existe qu'en quantité très faible dans l'uranium 238), on transforme par la même occasion une partie de l'uranium 238, en plutonium 239, qui sera utilisable à son tour, pour faire de la fission, émettre des neutrons et donner de la chaleur. L'uranium 238 représente une « matière fertile », en opposition à l'uranium 235 ou au plutonium 239, qui sont des « matières fissiles ».

Dans quelle proportion fabrique-t-on ainsi du plutonium 239 ? Cette proportion représente le « rapport de conversion ». Dans le cas de la pile à uranium ordinaire à neutrons thermiques ralentis au graphite, ce rapport de conversion est de l'ordre de 0,8, c'est-à-dire qu'en moyenne, à chaque noyau d'uranium 235 qui a subi la fission correspond la formation de 0,8 noyau de plutonium « fissile », en sorte que, lorsque l'on retraitera les barres d'uranium pour enlever les matières de fission, on récupèrera presque autant de plutonium 239 qu'on a brûlé d'uranium 235. Nous

verrons un peu plus loin que, dans certaines conditions on arrive même à avoir un rapport de conversion supérieur à 1, c'est-à-dire à créer plus de matière fissile (plutonium 239 par exemple) que l'on n'a brûlé d'uranium 235. Un tel réacteur s'appelle un « breeder », et c'est, sans doute, une des voies de grand avenir pour l'utilisation de la fission nucléaire.

La réaction en chaîne étant amorcée, comment s'opèrera le contrôle de cette marche, pour éviter, en particulier, que le réacteur ne « s'emballe », c'est-à-dire que la température ne s'élève, avec fusion possible des gaines, inflammation de l'uranium, etc...

Dans le cas du réacteur à uranium naturel, nous avons vu que la réaction en chaîne ne peut se produire et se maintenir que s'il règne, dans le réacteur, une économie rigoureuse de neutrons. Si par suite, nous introduisons, dans le réacteur, un corps qui va troubler cette économie en absorbant des neutrons, la réaction en chaîne va se ralentir, ou même s'arrêter.

On emploie, à cet effet, essentiellement, le cadmium ou le bore, qui, tous deux, ont de très grosses sections efficaces de capture dans la zone des neutrons thermiques. Le ralentisseur de contrôle de marche, est, en général, constitué par quelques barres d'acier au bore, plus ou moins enfoncées dans le réacteur et absorbant par suite plus ou moins de neutrons.

Indépendamment du réglage de marche (par les barres d'acier au bore), il faut aussi prévoir un système de sécurité s'opposant à tout « emballement » du réacteur. Ce système de sécurité est constitué comme pour le système de réglage de marche par des barres ou des plaques d'acier au bore ou au cadmium, qui tombent, automatiquement par gravité, dans le noyau du réacteur dès que la température dépasse celle que l'on s'est fixée par avance.

*
**

Avant de décrire succinctement les principaux types de réacteurs actuellement en cours d'étude ou de réalisation, nous croyons utile d'explicitier un peu certains problèmes posés par la construction de ces réacteurs.

L'un des plus importants est celui des propriétés nucléaires respectives de l'uranium 233, de l'uranium 235, du plutonium 239, suivant l'énergie des neutrons utilisés.

Ces propriétés ont comme caractéristiques principales :

- 1° — Le coefficient ν ou nombre total de neutrons émis lorsqu'un noyau de matière fissile « se casse » après avoir absorbé un neutron.
- 2° — Le coefficient η ou nombre net de neutrons disponibles après fission, par rapport au nombre total de neutrons absorbés par la

matière fissile. Il est plus petit que ν car la matière fissile en absorbant un neutron ne se « casse » pas toujours.

3° — Le coefficient α ou rapport entre la section efficace de capture sans qu'il y ait fission et la section efficace de capture, mais avec fission.

Le tableau ci-dessous qui a paru dans les rapports fournis lors du Congrès Atomique de Genève, en Août 1955, met en évidence les différences de valeur de ces coefficients suivant qu'il s'agit d'une des 3 matières fissiles principales — U 233 — U 235 — Pu 239.

	U ²³³	U ²³⁵	Pu ²³⁹
ν	2,54	2,46	2,88
η (thermique)	2,31	2,08	2,03
$\alpha = \frac{\sigma_c}{\sigma_f} = \left[\frac{\nu}{\eta} - 1 \right]$ (thermique)	0,098	0,184	0,42
α (100 ev)		0,52	0,72
α (1.000 ev)		0,48	0,60
α (10.000 ev)		0,35	0,43
α (100.000 ev)		0,13	0,18
α (500.000 ev)		0,1	0,1

On voit que si ν ne varie pas avec l'énergie du neutron qui a provoqué la fission, il n'en est pas de même des coefficients η et α qui, comme la plupart des autres coefficients caractéristiques nucléaires, en particulier la section de capture, varient beaucoup avec l'énergie du neutron incident.

Le tableau ci-dessus montre que, si le plutonium 239 a un meilleur coefficient ν (2,88) que les autres matières fissiles, par contre, dans le cas des neutrons thermiques, son coefficient η est le moins bon des trois, (2,03, alors que celui de l'uranium 233 est : 2,31).

Le coefficient α du plutonium 239 qui caractérise la faculté du noyau fissile d'absorber un neutron sans se « casser », est de 0,42 pour les neutrons thermiques, et monte à 0,72 pour les neutrons intermédiaires de 100 e.v. et retombe à 0,1 pour l'énergie supérieure à 100.000 e.v. Il en est de même pour l'uranium 235.

Par contre, l'U 233 est excellent dans la zone des neutrons thermiques puisque son coefficient η correspondant est encore de 2,31.

On voit donc que, dans la zone des neutrons thermiques, le « breeding » n'est pratiquement possible qu'avec l'uranium 233. Par contre, si les neutrons demeurent dans la zone des hautes énergies (neutrons rapides), l'uranium 235, et surtout le plutonium 239, reprennent tous leurs avantages, car pour ces énergies, les coefficients ν et η deviennent très voisins l'un de l'autre et le plutonium 239, avec son coefficient ν de 2,88, l'emporte sur les deux autres.

Dans cette zone des neutrons rapides, étant donné les faibles sections efficaces de capture des matériaux

fissiles, il est indispensable que la concentration en matières fissiles du matériau « fertile » (support) soit très supérieure aux 0,7% de l'uranium naturel. D'où la nécessité de l'uranium enrichi.

Pour mieux comprendre comment se pose le problème de l'économie des neutrons dans un « breeding » nous prendrons le cas du breeder hétérogène à uranium 233 dissous dans le bismuth, avec enveloppe en thorium (réacteur du laboratoire de Brookhaven).

Le tableau ci-dessous montre comment s'établit l'équilibre des neutrons et le coefficient de « breeding » de 1,05.

Dans le cœur	Nbre de neutrons
Neutrons émis pour chaque neutron capturé par un noyau d'U 233 du cœur $\eta =$	2,31
Neutron absorbé par U 233 pour maintenir la réaction en chaîne	1,00
Neutrons absorbés par :	
Bi	0,09
Graphite	0,03
Produits fission	0,05
Neutrons gaspillés : $a =$	0,17
Neutrons absorbés dans le noyau $1+a$	1,17
Neutrons fuyant dans l'écran fertile $(\eta - (1+a)) =$..	1,14
et se répartissent en :	
Neutrons absorbés par :	
232	
Th 90	1,12
Bi	0,04
Graphique	0,02
Fer	0,02
Neutrons gaspillés	0,08
Neutrons absorbés par :	
233	
Pa 91	0,01
233	
U 92 (déjà formé) ..	0,06
	<u>0,07</u>
Absorption totale	1,27
Neutrons produits par la fission (dans l'écran) de l'U 233 déjà formé	
0,06 \times η (2,31)	(= 0,13)
ce qui au total donne bien.....	1,14

Le rapport de conversion ressort donc à :
1,12 — 0,01 — 0,06 = 1,05 atome U 233
produit par l'atome d'U 233 détruit.

Nous mentionnerons enfin qu'étant donné le grand pouvoir absorbeur de neutrons des produits de fission dans la zone de résonnance autour de 100 e.v., il est nécessaire de prévoir un traitement périodique du mélange « matière fissile et matière fertile » pour éliminer ces produits de fission, véritables « empoisonneurs » des piles, qui, à défaut d'être enlevés périodiquement finiraient par absorber une telle proportion de neutrons que la réaction en chaîne s'en trouverait arrêtée. Ces produits de fission étant en outre très radioactifs, ajoutent l'effet destructeur des rayonnements qu'ils émettent à ceux des neutrons émis lors de la fission.

L'effet combiné des radiations émises et de l'énergie cinétique des neutrons créé à l'intérieur du réacteur des perturbations importantes dans la texture des molécules des différents corps.

Pour l'uranium, par exemple, il se produit un changement de forme des barres, une rugosité, une expansion de volume, un changement des propriétés mécaniques, ainsi que de la structure du réseau cristallin.

Pour le graphite, il y a changement des propriétés électriques, de la réceptivité thermique, du volume, de la texture cristalline.

Sur les autres corps : acier, matériaux de gainage des actions analogues sont plus ou moins importantes.

Il en résulte, étant donné le manque d'expérience de la tenue des différents matériaux aux radiations et aux bombardements neutroniques, qu'il reste dans l'utilisation de la fission nucléaire une inconnue importante : la durée d'emploi possible des matériaux constitutifs du réacteur — inconnue qui influe grandement sur l'estimation du prix de revient de la nouvelle énergie.

Nous allons maintenant décrire succinctement les différents types de réacteurs dont les projets ou les réalisations ont été présentés au Congrès de Genève par les Américains, les Anglais, et les Russes.

On classe en général les réacteurs de 2 façons :

A) — Réacteurs homogènes et réacteurs hétérogènes.

— Les réacteurs homogènes sont ceux dans lesquels la matière fissile est distribuée uniformément dans toute la partie active du réacteur, mélangée intimement au ralentisseur.

— Les réacteurs hétérogènes sont ceux dans lesquels la matière fissile est localisée, en général sous forme de barreaux constituant un ensemble géométrique régulier plongeant dans le ralentisseur ou le fluide évacuateur de chaleur.

B) — Réacteurs classés d'après le domaine d'énergie des neutrons utilisés.

— Les réacteurs à neutrons rapides (dont les neutrons ont une énergie supérieure à 500.000 ev)

— Les réacteurs à neutrons thermiques.

— Les réacteurs intermédiaires ou résonnants, où l'énergie des neutrons est comprise entre 0,5 ev et 10.000 ev.

REACTEURS AMERICAINS

Les Américains semblent orienter leurs recherches et leurs réalisations dans cinq directions différentes :

— 2 réacteurs hétérogènes à neutrons lents, avec comme transmetteur de chaleur :

— de l'eau sous pression,

— de l'eau bouillante.

— 1 réacteur hétérogène « breeder » à neutrons rapides (uranium très enrichi et sodium fondu comme transmetteur de chaleur).

— 1 réacteur hétérogène « breeder » à neutrons lents (« type Brookhaven ») à solution d'uranium 233 dans le bismuth, ralentisseur au graphite et deuxième circuit au sodium fondu.

— 1 réacteur homogène « breeder » à neutrons rapides (« type Oakridge ») à solution de sulfate d'uranyle dans l'eau lourde.

A) — Réacteur hétérogène à neutrons lents, avec transmission de chaleur par l'eau sous pression.

C'est un réacteur de ce type qui a été choisi pour réaliser la première centrale électrique industrielle en cours de construction près de Schippingport, et dont l'achèvement est prévu en 1957.

Cette centrale est destinée à produire 60.000 KW. électriques pour le compte de la « Duquesne Light Company » et est construite par la « Westinghouse Electric Company ». Le réacteur hétérogène à neutrons lents est refroidi et modéré à l'eau ordinaire et utilisera 20 T d'uranium en barre enrichi à 2% et gainé de zirconium. Il est prévu fonctionner à l'eau chaude sous pression à 140 Kilos par cm²; système qui permettra d'éviter la formation à l'intérieur du réacteur de bulles de vapeur perturbant la régularité de marche de l'installation.

Le coût de construction a été évalué à 48 millions de dollars et le coût des études à 47 millions de dollars. Le KW de puissance installée ressort ainsi à 280.000 francs (sans tenir compte des frais d'études).

Sur ce même type, une amélioration est prévue, pour une réalisation destinée à la « Consolidated Edison » de New-York, à construire à Idian-Point pour 1959/1960. Il est prévu une puissance installée de 250.000 KW. et l'amélioration, par rapport au système précédent, consiste à adjoindre un sur-

chauffe au mazout, de sorte que la température de vapeur se trouve portée de 218° C à 540° C. Le projet est évalué à 55 millions de dollars, soit de l'ordre de 77.000 Frs. le KW. installé.

B) — Réacteur hétérogène à neutrons lents avec transmission de chaleur par l'eau bouillante.

Le principe en a été étudié par le Laboratoire National d'« Argonne » de la Commission Américaine de l'Energie Atomique, qui a, actuellement, en achèvement un réacteur expérimental de 5.000 KW. électriques, fonctionnant avec de la vapeur à 250°, sous une pression de 42 Kilos. C'est ce principe qui a été retenu par la « Général Electric » (pour un groupe de 7 Sociétés Electriques « Nuclear Power Group ») dans son étude d'une centrale de 180.000 KW. qui doit fonctionner en 1960, en utilisant de l'uranium légèrement enrichi et ralenti et refroidi à l'eau ordinaire bouillante, avec deux circuits de vapeur : l'un, haute pression, à 42 K°/Cm², un autre basse pression, à 25 K°/Cm².

C) — Réacteur hétérogène « Breeder » à neutrons rapides.

Un réacteur de ce type (E.B.R.I.) de 150 KW électrique a été mis en service au même laboratoire d'Argonne, en 1951. Un deuxième réacteur (E.B.R.2.) dont la puissance électrique prévue est de 15.000 KW. est en construction et doit être achevé pour 1958.

Il comportera un noyau central à 45% de plutonium (dans l'uranium 238) et un réflecteur en uranium 238.

La transmission de chaleur se fera par un double circuit à métal fondu (eutectique de sodium potassium) avec circulation assurée par pompe électromagnétique. Ce mélange, qui fond à 80° et ne bout qu'à 850° ne corrode pas les aciers spéciaux, et sous l'influence du flux neutronique ne donne qu'un isotope radioactif à rayon gamma (d'une période de 15 heures) dont les radiations sont sans influence sur le métal du deuxième circuit.

La température de vapeur prévue est de 172° sous une pression de 126 Kilos.

D) — Réacteur breeder hétérogène type « Brookhaven ».

C'est un réacteur à neutrons lents ralentis au graphite utilisant une solution d'uranium 235 ou 233 dans du bismuth. Cette solution, après avoir traversé un noyau ayant la « masse critique » et comportant des barres de graphite (ralentisseur de neutrons), transmet sa chaleur à un deuxième circuit à sodium liquide, qui lui même ira vaporiser de l'eau dans un troisième échangeur.

L'enveloppe du noyau actif est aussi en graphite et, à l'extérieur, la deuxième enceinte de « breeding » est une solution de thorium dans du bismuth. Les neutrons qui s'échappent du premier circuit et tra-

versent l'écran de graphique, viennent transformer le thorium en uranium 233 (c'est l'équilibre de ce « breeding » que nous avons schématisé un peu plus haut).

E) — Réacteur « Breeder » homogène à neutrons rapides du type « Oakridge ».

Le combustible était une solution de sulfate d'uranium dans l'eau lourde dans le réacteur expérimental de 1952. Le sulfate d'uranyl sera remplacé par du sulfate de thorium dans le réacteur expérimental en construction actuellement et d'une puissance de 2.000 KW. électriques.

Ce réacteur comporte deux circuits d'eau lourde : l'un pour le noyau actif et l'autre pour la matière « fertile » et chacun d'eux passe dans des échangeurs de température où ils vaporisent de l'eau.

Les températures des solutions à la sortie du réacteur sont prévues respectivement de 300°/C et 282°/C.

Le diamètre du noyau du réacteur expérimental en construction est de 0 m, 80 et celui de l'enveloppe fertile de 1 m, 50.

REACTEURS ANGLAIS

Actuellement, les seuls réacteurs industriels prévus par les Anglais sont ceux qui ont été mentionnés dans le « Livre Blanc » de 1955 et qui vont être construits à *Calder-Hall*. Ce sont des réacteurs à uranium naturel, modérés au graphite et refroidis au gaz carbonique sous pression, comme les centrales de *Marcoule* ou d'*E.D.F.* 1.

La puissance de chaque centrale est de l'ordre de 150.000 KW. électriques et le coût indiqué par les Anglais est de l'ordre de 75.000 Frs le KW. Ils espèrent les faire fonctionner avec une puissance massive de 3.000KW/Chaleur par tonne et en tirer 3.000 MWD/Tonne, avant retraitement des barres d'uranium. Ils pensent pouvoir abaisser le prix de revient à 0,6 pences le KW/h, soit de l'ordre de 2 Frs, 40.

Indépendamment de ces réacteurs à neutrons lents, les Anglais sont en train de construire à *Dounreay* un réacteur expérimental à neutrons rapides à haute température et transmission de chaleur par métal fondu et à *Harwell* un réacteur de recherche « E - 443 » à très haut flux de neutrons 10¹⁴ cm²/sec. avec comme combustible de l'uranium enrichi gainé d'aluminium, et comme ralentisseur - refroidisseur, de l'eau lourde.

U. R. S. S.

Il a été fait un certain bruit autour de la Centrale de l'Académie des Sciences qui a commencé à fonctionner en Juin 1954 : la première dans le monde. Elle n'a qu'une puissance de 5.000 KW. électriques et est à base d'uranium très enrichi (5%), à neutrons

ralentis dans le graphite, avec transmission de chaleur par deux circuits d'eau ordinaire, le premier étant du type à eau sous pression à 100 Kilos (comme le réacteur américain de Schippingport. Le rapport de conversion n'est que de 0,39, faible par rapport à celui de 0,8 prévu pour les réacteurs de *Marcoule*.

Les soviétiques ont à l'étude d'autres centrales, de puissance beaucoup plus grande, mais pour lesquelles ils ont donné peu de précisions.

FRANCE

Les installations en réalisation ou envisagées en France sont toutes du type hétérogène, à neutrons lents ralentis par du graphite, et à base d'uranium naturel gainé avec un alliage aluminium-magnésium. A *Marcoule*, il y a trois réacteurs plutinogènes, c'est-à-dire destinés essentiellement à fabriquer du plutonium, l'énergie électrique qu'on en tirera étant considérée comme un accessoire.

La pile G-1, qui a déjà commencé à fonctionner développera, en état de marche définitif, 40.000 KW. thermiques permettant de récupérer 5.000 KW. électriques. Le refroidissement est fait à l'air, en circuit ouvert.

Les réacteurs G-2 et G-3 développeront 150.000 KW. thermiques (pour 100 T. d'uranium ordinaire), et seront refroidis au gaz carbonique sous pression à 15 K°/Cm². circulant dans deux circuits fermés. La vapeur à 300° produite dans les échangeurs de chaleur actionnera un alternateur d'une puissance de 30.000 KW. qui débitera sur le réseau général.

La centrale E.D.F.1. dont le fonctionnement sera axé sur la production d'énergie électrique sera du même type que les réacteurs G-2 et G-3, mais le gaz carbonique sous pression est prévu de 25 K°/Cm² et la puissance développée permettra de produire 60.000 KW. électriques.

**

Quelles ressources nouvelles en énergie peut-on espérer obtenir de la fission nucléaire ?

Un noyau d'uranium 235 produit en se « cassant » une énergie de l'ordre de 200 millions d'électronvolts, représentant environ :

4×10^{12} Mwd (Mégawatts/jour) chaleur.

En faisant intervenir le nombre d'Avogadro, on voit facilement qu'un gramme de matière fissile « cassé » correspond à une énergie d'1 Mw/jour/chaleur, soit 24.000 KW/Heure/Chaleur.

En supposant un coefficient de transformation de chaleur en énergie électrique de 0,25, un gramme de matière fissile permet donc une production d'énergie électrique de 6.000 KW/Heure, ce qui nécessiterait environ 2 Tonnes 1 de charbon dans nos centrales modernes.

La matière fissile est donc équivalente, au point de vue production d'énergie électrique, à l'ordre de

2 millions de fois son poids de charbon, et, comme par ailleurs, grâce au « breeding », on peut espérer convertir un jour la plus grande partie de l'uranium naturel ou du thorium en produit fissile, chaque tonne d'uranium ou de thorium extraite pourrait permettre ainsi d'obtenir une énergie équivalente à celle fournie par plus de 2 millions de tonnes de charbon.

Peut-on dès maintenant se faire une idée du prix de revient de l'énergie électrique obtenue à partir de la fission nucléaire ?

Les rapports présentés à Genève ne sont pas très précis, mais il est symptomatique de constater que les différents chiffres qui ont été avancés pour l'avenir sont assez concordants : 4 à 10 millimes de dollar par kilowatt/heure pour les U.S.A., chiffres voisins des 0,6 pence (7 millimes) du « Livre Blanc » anglais et des 2,5 kopecks indiqués par les Soviétiques, (ce qui, au change officiel donne de l'ordre de 6,5 millimes).

La plus grande partie de ce prix correspond aux frais de construction (ce qui classe les centrales nucléaires à ce point de vue entre les centrales thermiques et les centrales hydrauliques).

Si les frais de combustible représentent une part très faible du prix de revient, les frais de traitement de l'uranium irradié (pour enlever les produits de fission absorbeurs de neutrons) entrent par contre pour une part assez importante dans le prix de revient de l'énergie nucléaire, en sorte que c'est dans l'amélioration des procédés de traitement que réside l'un des principaux moyens d'abaissement du coût de l'énergie.

Les évaluations américaines à Genève situaient le coût de ce traitement autour de 1,5 milime par KWH. et certains rapports présentés avançaient même pour l'avenir le chiffre de 0,5 millime (soit 3 dollars par gramme de matière fissile « cassé »).

A quel rythme faut-il procéder à cette épuration de la matière fissile ? Ce rythme est évidemment variable avec la puissance des réacteurs et leur rythme de marche. Les Américains espèrent n'y procéder que lorsqu'ils auront tiré 3 ou 4.000 Mwd d'énergie par tonne d'uranium, c'est-à-dire toutes les fois qu'ils auront brûlé environ 0,3% de l'uranium.

En France, il semble pour le moment que nous traiterons les barres irradiées après en avoir tiré 1.500 MWD, c'est-à-dire lorsqu'il aura été brûlé environ 0,15% de l'uranium.

Cette épuration qui est l'un des principaux problèmes à résoudre pour l'utilisation économique de la fission nucléaire, peut se faire, soit par extraction par solvant, soit par extraction par échange d'ions.

Les solvants employés sont, principalement, le diisopropyle-carbinol, le phosphate de tributyle et le trifluoracétone de thénol.

Dans le deuxième procédé la méthode d'échange d'anions dans des complexes organo-métalliques, sem-

ble supérieure aux techniques classiques d'échange de cations.

Une fois les produits de fission extraits, comment s'en débarrasser ?

Il faut, d'abord, remarquer que ces produits, en particulier les gaz qui représentent 33% de la masse des produits de fission, sont très radioactifs et peuvent être utilisés comme source de rayonnement α , β ou γ . Des études sont en cours pour utiliser cette source de radiation à bon marché, en particulier, pour les stérilisations de matières alimentaires.

En outre certains des corps ainsi formés semblent pouvoir avoir des applications industrielles très intéressantes : le ruthénium, le rhodium, le palladium et le technétium.

Indépendamment de ces utilisations possibles, la méthode généralement employée pour se débarrasser des produits de fission et des produits radioactifs en général est, la suivante :

On commence à les stocker en des emplacements spécialement protégés jusqu'à ce que la radioactivité de certains éléments à vie courte ait notablement diminuée.

On procède ensuite à leur concentration et suivant l'importance des quantités à évacuer on les déverse dans les fleuves ou la mer, ou on les incorpore à des blocs de béton que l'on enfouit au fond de vieux puits de mine.

Dans le cas de déversement dans l'eau des fleuves, les limites à ne pas dépasser paraissent être (d'après les indications données à Genève) :

— Pour chaque déversement, 5 micro-curies (3), s'il s'agit d'éléments les plus dangereux en émission α ou β ou 100 micro-curies pour les autres.

On admet aussi qu'il ne faut pas dépasser des déversements émettant plus de 50 micro-curies par semaine, dans le cas d'éléments les plus dangereux, et d'un millicurie pour les autres.

Quelque soit la méthode employée, il ne faut pas se dissimuler que l'évacuation des produits radioactifs de fission pose un problème difficile, en particulier par les influences que la radioactivité restante des produits évacués pourra avoir sur les micro-organismes des terres ou des eaux.

Les centrales thermiques nucléaires présentent-elles un danger au point de vue radioactivité, tant pour le voisinage que pour le personnel ? Essentiellement non, dans les usines actuellement en construction, et en particulier à E.D.F. 1. Les alentours du réacteur sont en effet complètement protégés par des boucliers en béton et acier et le seul fluide qui

sort de cette enceinte est le gaz carbonique, évacuateur de la chaleur. Ce gaz carbonique, dans son passage dans le flux neutronique, n'est rendu que légèrement radioactif γ en sorte qu'il ne peut pas rendre, à son tour, radioactive la vapeur d'eau qu'il chauffe dans les échangeurs, et, à plus forte raison, cette eau des échangeurs ne peut pas, non plus, transmettre de la radioactivité à l'eau de condensation qui, elle, retourne à la rivière.

Mais à l'intérieur même de la centrale n'y a-t-il pas de danger à travailler à proximité d'installations qui peuvent, en cas d'accidents, laisser passer des radiations radioactives ?

Outre que toutes les manipulations de matières radioactives se font à l'aide de mécanismes agissant à distance, une détection permanente des radiations est exercée tant dans les lieux de travail que sur le personnel lui-même. Chaque employé appelé à séjourner dans des lieux qui pourraient présenter un danger de radioactivité porte sur lui un médaillon contenant une matière sensible aux radiations, médaillon qui est périodiquement analysé et permet de mesurer la radioactivité subie.

Comment la radioactivité agit-elle sur l'organisme humain ? C'est un phénomène encore assez mal connu, mais il semble qu'il se produit une ionisation de l'eau imprégnant les tissus, avec formation de radicaux instables H et OH, qui exercent, par oxydation et réduction, une action chimique puissante sur les matières biologiques qui les environnent, perturbant ainsi l'équilibre bio-chimique des tissus.

Quelles doses de radiation peut supporter le corps humain ?

Bien que cette question soit encore assez mal définie, les principaux pays se sont mis d'accord sur les doses maxima admissibles suivantes :

- 0,3 roentgen/semaine (4) pour le corps tout entier, et en particulier pour les tissus délicats hémopéitiques, tels que la rate, la moelle et le sang ;
- 0,6 roentgen/semaine pour la peau ;
- 1,5 roentgen/semaine pour les mains et les pieds.

Par ailleurs, la radiation totale massive qu'il ne faut pas dépasser pour les humains, paraît être de 25 roentgens.

Signalons pour terminer que certains corps radioactifs sont en outre extrêmement dangereux à absorber même à dose infinitésimale (sous forme de poussière par exemple). C'est ainsi que le plutonium est mortel à la dose de 1 millionième de gramme, ce qui pose de difficiles problèmes pour l'utilisation de ce métal dans les réacteurs.

F. LAMOUREUX,

Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées

(3) Le curie est l'équivalent d'un gramme de radium et correspond à $3,71 \times 10^{10}$ désintégrations par seconde.

(4) 1 roentgen est le rayonnement produisant, par ionisation, un state-coulomb de charge par cm^3 d'air (libérant une énergie de 838 ergs par gramme d'air).

A la recherche du temps perdu...

Le problème de l'amélioration des transports routiers consistait au début de ce siècle à rechercher l'accroissement de la vitesse individuelle des véhicules, soit par l'amélioration de l'infrastructure, soit par les progrès de la mécanique automobile.

Cette marche vers l'accélération se heurta à des problèmes de sécurité dès que la coexistence étroite de deux ou plusieurs véhicules devint sur le réseau routier une circonstance non exceptionnelle.

Aujourd'hui les chaussées des principales routes sont littéralement envahies ; il ne s'agit plus seulement de prévenir les collisions, mais d'éviter les embouteillages, ce qui ne peut être obtenu que par des restrictions imposées à la liberté individuelle d'allure.

Une partie importante des gains obtenus sur la marche d'un véhicule isolé est nécessairement perdue par le jeu de telles restrictions.

La recherche du temps perdu est donc un élément fondamental de l'étude des problèmes de circulation.

Les services routiers américains ont abordé cette recherche par l'observation directe ; les résultats recueillis sont tellement dispersés que les conclusions à en tirer sont difficilement utilisables pour élaborer une doctrine claire.

Il est préférable de commencer par une analyse logique des consignes de circulation et d'utiliser ensuite l'observation directe pour en confirmer les conclusions.

Nous proposons comme exemple d'une telle analyse l'étude d'un cas très simple : l'intersection de 2 routes A et B à peu près perpendiculaires, munies au carrefour des feux de signalisation usuels actionnés par chronomètres. Pour simplifier nous négligerons la durée du feu orange. Nous désignerons par R_a la durée pendant laquelle un véhicule de A ne doit pas pénétrer sur le carrefour, par V_a la durée d'autorisation de pénétrer et par t_a le temps de franchissement du carrefour.

R_b , V_b , t_b désigneront les durées homologues relatives aux véhicules de la route B.

Le cycle de signalisation a une durée T.

$$T = R_a + V_a = R_b + V_b$$

La sécurité impose que $R_a = t_a + V_b + t_b$

$$R_b = t_b + V_a + t_a$$

1^{er} Cas. — Si les routes A et B sont équivalentes, tant au point de vue de la fréquentation qu'à celui de la largeur de chaussée au carrefour, on peut, supprimant les indices, écrire la formule unique $R = V + 2t$.

Supposons que l'intervalle moyen entre 2 voitures consécutives soit de N secondes.

Pendant la durée T d'un cycle de signalisation on note l'approche de $\frac{T}{N}$ véhicules sur chaque

branche d'accès.

Le départ des véhicules n'a lieu que pendant la durée du feu vert.

Nous admettons (d'après les statistiques américaines) qu'il faut 7 secondes pour évacuer le 1^{er} véhicule démarrant à l'apparition du feu vert, et 2",5 en sus pour chacun des véhicules suivants.

Pendant la durée V nous notons, par conséquent, l'évacuation d'un nombre de véhicules égal à :

$$1 + \frac{V-7}{2,5} = \frac{V-4,5}{2,5}$$

L'équation du débit moyen constant donne :

$$\frac{T}{N} = \frac{V+R}{N} = \frac{V-4,5}{2,5}$$

$$V(N-2,5) = 2,5R + 4,5N$$

$$= 2,5(V+2t) + 4,5N$$

$$V = \frac{5T + 4,5N}{N-5}$$

Nous constatons d'abord qu'aucun cycle n'est applicable si N est inférieur à 6 secondes.

En second lieu si le temps de franchissement du carrefour est de l'ordre de 4 secondes la formule devient :

$$V = \frac{20 + 4,5N}{N-5}$$

Les caractéristiques du cycle sont alors les suivantes, selon les valeurs de N :

N	V	R	T
6"	47"	55"	102"
7	26	34	60
8	19	27	46
10	13	21	34
11	11,6	19,6	31
12	10,5	18,5	29
20	7,3	15,3	22,6
24	6,7	14,7	21,4

a) Lorsque l'intervalle moyen N dépasse 20 secondes sur les routes A et B, il passe moins d'un véhicule dans chaque sens pendant un cycle de signalisation ; aucune conjoncture compliquée n'est à redouter. L'application exacte et courtoise de la règle de priorité à droite suffit à régler la circulation ; la signalisation lumineuse est alors plus gênante qu'utile.

b) Il convient de remarquer que lorsque le trafic s'intensifie, un faible écart sur la durée N entraîne un changement considérable dans la durée du cycle optimum.

c) Si l'on peut compter sur un temps abrégé de franchissement du carrefour, la durée du cycle est sensiblement diminuée. Pour $t = 2$, les valeurs deviennent :

N	H	
	t = 4"	t = 2"
6"	15"	11"
7"	10"	7"
8"	8"	5'6
10"	6"8	4"6
12"	6"2	4"1
20"	5"5	3"6

N	V	R	T
6"	37"	41"	78'
7	21	25	46
8	15	19	34
9	13	17	30
10	11	15	26
11	10	14	24
12	9	13	22
20	6 6	10,6	17

— Durée moyenne de l'arrêt au feu rouge. — La probabilité pour qu'une voiture aborde le carrefour à une phase déterminée du cycle de signalisation est la même pour toutes les phases. Pour chaque seconde de feu vert, il n'y a aucun temps d'arrêt. Pour chaque seconde de feu rouge, l'arrêt est égal au reliquat de feu rouge restant à subir ; sa durée est régulièrement échelonnée entre R et 1.

Si nous attribuons 1 véhicule à chacune des secondes du cycle T, la somme des arrêts des T voitures considérées est

$$\frac{R(R+1)}{2} \text{ secondes}$$

la valeur moyenne de l'arrêt est donc

$$\frac{R(R+1)}{2T}$$

En extrayant des 2 tableaux précédents les valeurs de R et T correspondant aux diverses hypothèses, on trouve pour la durée moyenne H de la halte au feu rouge :

Nous considérons que le cas le plus important est celui de $N = 6''$ puisqu'il correspond au maximum de trafic compatible avec une régulation chronométrique.

On est tenté d'attribuer peu d'intérêt à un gain de 4 secondes sur la durée moyenne d'arrêt au feu rouge. Nous verrons à la fin de cette étude ce qu'il faut en penser.

De plus, l'arrêt au feu rouge ne représente pas la totalité du temps perdu ; il faut y ajouter la durée de la remise en marche, comprenant elle-même un élément humain : le temps de réaction du conducteur, et un élément mécanique, l'accélération du véhicule. Ces 2 éléments étant l'un et l'autre très variables, il est assez difficile de dégager la valeur moyenne de leur somme, qui dépend de la composition du trafic routier.

Nous nous contenterons, pour la suite de cet exposé, d'attribuer à tous les véhicules une même durée de remise en marche, que nous choisirons égale non pas à une moyenne incertaine, mais à un minimum évalué à 4 secondes.

Nous voyons immédiatement un moyen simple pour obtenir d'un seul coup :

1°) la réduction à 2 secondes du temps de franchissement du carrefour ;

2°) l'élimination de la durée de remise en marche.

Au lieu d'arrêter les véhicules au pied du feu rouge, il faut les arrêter à une distance d'une vingtaine de mètres en amont, et les remettre en marche 4 secondes avant l'ouverture du feu vert. De cette manière les 4 secondes sont prélevées sur la durée R au lieu de s'y ajouter, et les véhicules abordent le carrefour avec une vitesse suffisante pour réduire à 2 secondes le temps de traversée.

Nous réalisons ainsi un gain de 8 secondes dans le cas où $N = 6''$.

Pour la réalisation concrète de cette consigne, plusieurs procédés peuvent être envisagés, suivant les conditions de visibilité aux abords du carrefour :

a) on peut disposer au-dessus de chaque entrée

du carrefour un cadran bien visible, à secteurs colorés sur lequel tourne une aiguille d'un mouvement uniforme, analogue à une trotteuse de chronomètre. Un tour de cadran correspond à un cycle T.

Le secteur rouge correspond à la durée du feu rouge R.

Le secteur vert correspond à la durée du feu vert V.

Les conducteurs apprécient l'avance qu'ils doivent prendre au départ pour arriver au carrefour au début du feu vert.

b) on peut disposer à l'amont du carrefour, à une vingtaine de mètres, un feu de signalisation coordonné avec les feux du carrefour avec une avance de phase de 4 secondes pour l'ouverture du feu vert.

c) on peut superposer les deux dispositifs précédents.

2^{me} Cas. — Considérons 2 routes A et B supportant des volumes de trafic très différents. On équilibrera la répartition en proportionnant les durées des feux verts respectivement aux volumes de trafic.

Reprenant les notations du début, nous écrivons :

$$\begin{aligned} V_a &= m V_b \\ R_a &= V_b + t_a + t_b \\ R_b &= m V_b + t_a + t_b \end{aligned}$$

Admettons, pour simplifier, que $t_a + t_b = 8$ secondes.

L'équation de débit moyen constant s'écrit :

$$V_a = \frac{20 + 4,5 N_a}{N_a - 2,5 \frac{m+1}{m}}$$

Nous voyons tout de suite que le cycle de signalisation est réalisable pourvu que N_a soit au moins égal à :

$$1 + 2,5 \frac{m+1}{m} = 3,5 + \frac{2,5}{m}$$

Ce qui donne :

pour $m = 2$	$N_a = 4'',75$	$N_b = 9'',5$
pour $m = 3$	$N_a = 4'',33$	$N_b = 13''$
pour $m = 5$	$N_a = 4''$	$N_b = 20''$

Les valeurs minima de N_a représentent des intensités de trafic voisines de la saturation.

Admettons un intervalle légèrement supérieur à ces minima, soit 5 secondes.

L'équation du débit moyen constant donne :

$$\frac{V_a - 4,5}{2,5} = \frac{V_a + R_a}{5}$$

$$2,5 V_a = 2,5 R_a + 22,5$$

$$V_a = R_a + 9 \quad T = 2 R_a + 9$$

$$R_b = V_a + 8 = R_a + 17 \quad V_b = R_a - 8$$

Le tableau ci-dessous donne les divers éléments du cycle pour quelques valeurs de R_a :

N _a = 5 secondes						Durée moyenne de l'arrêt au feu rouge	
R _a	V _a	T	V _b	R _b	m = $\frac{V_a}{V_b}$	H _a	H _b
15	24	39	7	32	3,4	3''	13,5
16	25	41	8	33	3,1	3''3	13,7
20	29	49	12	37	2,4	4''28	14,3
25	34	59	17	42	2	5''5	15,3
30	39	69	22	47	1,8	6''74	16,3

Remarquons que pour $R_a = 15''$, la durée du feu vert V_b est tout juste suffisante pour évacuer le premier véhicule de la route B.

Lorsque le rapport entre les trafics A et B dépasse 3, il n'est donc pas possible de réaliser le cycle qui serait optimum pour la route A.

Si maintenant nous pouvions compter sur un temps de traversée réduit à 2 secondes, les relations fondamentales entre les 2 courants de circulation A et B deviendrait :

$$\begin{aligned} R_a &= V_b + 4 \\ R_b &= V_a + 4 \end{aligned}$$

Par conséquent, à partir de $V_a = R_a + 9$, nous aurions :

$$\begin{aligned} R_b = V_a + 4 &= R_a + 13 & T &= 2 R_a + 9 \\ V_b &= R_a - 4 \end{aligned}$$

Et les éléments du cycle seraient :

N _a = 5 secondes						Durée moyenne de l'arrêt au feu rouge	
R _a	V _a	T	V _b	R _b	m = $\frac{V_a}{V_b}$	H _a	H _b
12''	21''	33''	8''	25''	2''6	2''3	9''8
15	24	39	11	28	2''2	3''	10''4
16	25	41	12	29	2''	3''3	10''7
20	29	49	16	33	1''8	4''28	11''4
25	34	59	21	38	1''33	5''5	12''5
30	39	69	26	43	1''5	6''74	13''7

En résumé, la perte de temps moyenne au carrefour peut être exprimée sommairement par les chiffres suivants dans les cas usuels :

- 1°) Routes A et B équivalentes sans dispositif préventif .. de 12 à 20 secondes
- avec dispositif préventif .. de 6 à 12 secondes

Régime inapplicable quand l'intervalle moyen entre 2 véhicules consécutifs tombe au-dessous de 6 secondes (10 véhicules dans chaque sens par minute).

2°) Rapport entre les trafics sur A et sur B compris entre 1,5 et 3

sur la route A

sans dispositif préventif de 7 à 11 secondes
avec dispositif préventif de 3 à 7 secondes

sur la route B

sans dispositif préventif de 18 à 21 secondes
avec dispositif préventif de 10 à 14 secondes

Régime inapplicable quand l'intervalle moyen tombe au-dessous de 5 secondes (12 véhicules dans chaque sens, par minute, sur la voie la plus chargée).

Nous rappelons qu'il s'agit bien ici de durées moyennes de temps perdu. Bien souvent, l'usager préfère considérer le temps perdu dans son propre cas particulier. Dans les circonstances les plus usuelles, le temps perdu à un carrefour peut atteindre :

1°) sur routes A et B équivalentes :

sans dispositif préventif 59 secondes
avec dispositif préventif 41 secondes

2°) sur routes différenciées par un rapport compris entre 1,5 et 3

route A

sans dispositif préventif 38 secondes
avec dispositif préventif 34 secondes

route B

sans dispositif préventif 54 secondes
avec dispositif préventif 43 secondes

Peut-on éliminer ou récupérer le temps perdu ?

I. — Un cas fréquent est celui du croisement d'un itinéraire très chargé avec un itinéraire relativement peu fréquenté. Soit m le rapport des débits horaires moyens. On attribuera à la route A une liberté de passage pendant une durée m fois plus longue que pour la route B.

Il est très facile et très peu coûteux d'instituer des cycles de signalisation de grande durée, avec horaire publié et affiché.

On adoptera, par exemple, un cycle de 20 minutes.

Pour $m = 5,66$ l'horaire donnera : sur la route A, 3 minutes d'interruption et 17 minutes de libre passage ; et sur la route B, 17 minutes d'interruption et 3 minutes de libre passage.

La durée moyenne de temps perdu est alors de 20 secondes sur la route A et de 8 minutes sur la route B ; mais les usagers de cette dernière route, connaissant l'horaire des passages, peuvent aménager leur emploi du temps (achats, ravitaillement en essence, contemplation du paysage, casse-croûte, etc.) pour arriver au carrefour au moment propice.

Les usagers de la route A eux-mêmes pourront souvent, au prix d'une légère accélération, éviter un feu rouge, ou au contraire modérer leur allure pour arriver à la fin du feu rouge et éviter un arrêt.

On peut dire que le temps perdu est récupéré, puisqu'il a été mis à profit.

II. — Considérons le cas de 2 itinéraires A et B équivalents. Si nous réalisons un cycle dont la durée T soit égale à l'intervalle N entre 2 véhicules consécutifs, chaque branche du carrefour débitera 1 véhicule par N secondes. Le débit du carrefour sera donc égal au débit de la route.

Prenons d'emblée le cas où le temps de traversée est inférieur ou égal à 2 secondes :

$$R = V + 4$$

$$T = 2V + 4 = 2R - 4$$

La durée moyenne d'attente est alors :

$$H = \frac{R(R + 1)}{4R - 8}$$

Cette expression est minima lorsque $R = 4,5$ secondes, et sa valeur minima est voisine de 2,5 secondes (Le cycle T est alors de 5 secondes).

Mais il est remarquable qu'elle ne croît que très lentement avec R puisqu'elle n'est que de 3,5 secondes lorsque $R = 10$ ($T = 16$ secondes).

En choisissant arbitrairement T entre 5 et 16 secondes nous assurons une durée moyenne d'attente voisine de 3 secondes.

Prenons donc $\left\{ \begin{array}{l} V = 4 \text{ secondes} \\ R = 8 \text{ secondes} \end{array} \right.$
 $T = 12$ secondes, avec

Pour qu'un tel cycle soit pratiquement réalisable en toute sécurité il faut :

1°) que chaque véhicule aborde le carrefour à une vitesse lui permettant de franchir en 2 secondes (maximum) ;

2°) qu'aucun véhicule ne soit contraint de s'arrêter au pied du feu rouge.

Ces deux conditions peuvent être remplies au moyen de cadrans colorés disposés dans l'axe de chaque de carrefour comme il a été dit précédemment. Si la visibilité de ces cadrans pouvait être assurée à partir d'une distance de 120 mètres, un tel dispositif serait suffisant pour assurer la distribution impeccable des trafics.

Mais comme il n'en sera pas toujours ainsi, nous préconisons l'intervention d'un feu pilote, se déplaçant le long de la route à la vitesse de 10 mètres par seconde à partir d'un point situé à 120 mètres du carrefour, suivant un cycle de 12 secondes.

Tout conducteur aura pour consigne d'accompagner exactement le feu pilote, moyennant quoi il arrivera au carrefour au moment précis de

l'ouverture du feu vert, ce qui lui permettra de franchir le carrefour sans marquer l'arrêt, sans même abaisser sa vitesse au-dessous de 36 km/h.

Nous avons admis provisoirement que

$$N = T = 12 \text{ secondes.}$$

Cela correspondrait à un débit de 300 véhicules par heure (sur chaque branche).

Mais la durée du feu vert de 4 secondes permet d'admettre un deuxième, puis un troisième véhicules dans la même phase, un intervalle de 2 secondes n'étant pas considéré comme dangereux à la vitesse de 36 km/h.

Donc sans aucune modification d'infrastructure il est possible d'assurer l'écoulement de 900 véhicules pour une file de voitures.

Pour doubler ce débit, il suffira de porter la largeur de chaussée à 12 mètres (2 files dans chaque sens) pour faire passer 6 véhicules dans chaque phase verte.

L'élargissement de chaussée ne serait nécessaire que sur 120 mètres de part et d'autre du carrefour.

Sécurité. — On objecte généralement qu'un tel régime de circulation exige un respect de la discipline impossible à obtenir des conducteurs. Nous pensons au contraire que le respect de la discipline est étroitement lié à l'efficacité évidente du régime imposé. Les actes d'indiscipline sont toujours inspirés par le désir de gagner du temps ; on risque l'accident quand on pense gagner 40 ou 50 secondes ; on accepte un règlement qui n'impose ni arrêt, ni ralentissement excessif ; on participe avec entrain à la marche d'un mécanisme bien réglé. L'accompagnement du feu-pilote n'exige aucune virtuosité de conduite et la soumission à la discipline n'est demandée que pendant 12 secondes.

Quoi qu'il en soit, une expérience est en cours de préparation pour vérifier, sur un itinéraire réservé, l'efficacité du cycle proposé et pour apporter s'il y a lieu à la constitution du feu-pilote les améliorations reconnues utiles.

Le prix du temps perdu. — Doit-on attacher du prix à quelques secondes ou même quelques minutes perdues sur un parcours routier ? L'hom-

me d'affaires ne traitera pas une affaire de moins à cause d'un si faible retard. Le touriste, en principe, n'est pas pressé. Le travailleur, manuel ou intellectuel, qui se rend chaque jour à son travail, établit son horaire de marche en tenant compte des aléas de la route. Le commerçant effectue ses livraisons sans se soucier d'un retard de quelques minutes.

Mais les véhicules de toutes catégories présentent un point commun : le moteur tourne en attendant le feu vert.

Une seconde gagnée sur une durée **moyenne** d'attente représente une heure gagnée pour 3.600 véhicules, et 3 heures pour 10.000 véhicules.

Donc chaque seconde gagnée à un carrefour fréquenté par 10.000 véhicules par jour économise environ 15 litres d'essence par jour ou 5.500 litres par an.

Un régime de signalisation qui peut abaisser d'environ 10 secondes la durée moyenne d'attente peut donc économiser 55.000 litres d'essence par an. Certains carrefours sont empruntés par 30.000 ou 40.000 véhicules par jour. L'amélioration du cycle de signalisation procure donc aux usagers une économie collective représentant plusieurs millions de francs par an, pour une dépense d'équipement en superstructure comprise entre 1 et 2 millions, et des frais annuels d'exploitation inférieurs à 500.000 francs. Une telle installation peut être réalisée en quelques semaines. On peut donc affirmer qu'elle est rentable pour tout carrefour actuellement réglé par les feux classiques.

Mais si nous poursuivons notre recherche du temps perdu en étudiant des carrefours où se produisent des condensations aux heures de pointe, les gains de temps réalisables seront évalués non plus en dizaines de secondes, mais en dizaines de minutes. De tels carrefours sont évidemment justiciables de transformations d'infrastructure, mais qui ne seront réalisables qu'au prix de dépenses considérables et dans des délais importants. Pendant ces délais, le simple accroissement du débit constituerait à bon marché une amélioration appréciable.

Paul **CHARY**,

Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées

N° de compte de Chèques Postaux du P.C.M.

PARIS : 508.39

Evaluation sommaire et approximative des dépenses d'infrastructure rapportées au kilomètre parcouru par les véhicules

Les comptages systématiques effectués sur les R.N. permettent de déterminer avec une bonne approximation la circulation sur ces routes, c'est-à-dire le nombre de véhicules y passant chaque année ou en moyenne chaque jour. Les résultats obtenus à l'aide des compteurs enregistreurs confirment, en effet, les résultats obtenus par la méthode traditionnelle.

L'emploi des mêmes compteurs nous a permis d'évaluer l'ordre de grandeur de la circulation routière sur les C.D. et les C.V. remis en état.

En éliminant les cas exceptionnels — abords des agglomérations importantes — nous obtenons les chiffres moyens ci-après, qui se rapportent à un département moyen de plaine :

C. V.	65 véhicules/jour	
C. D.	200	—
R. N.	600	—
R. N. à 3 voies de circulation	3.000	—

Il nous a paru intéressant de rapprocher ces chiffres des dépenses annuelles d'entretien, de renouvellement — et éventuellement d'établissement de ces différentes catégories de voies.

Nous croyons pouvoir évaluer comme suit les dépenses annuelles d'entretien et de renouvellement, telles du moins qu'elles devraient être, à :

C.V.	155.000 Fr. par Km et par an
C.D.	300.000 —
R.N.	475.000 —
R.N. à 10 m, 50 de chaussées	1.100.000 —

dépenses qui comprennent les salaires des cantonniers communaux ainsi que des agents de travaux et des conducteurs de chantiers et qui supposent les dépenses de renouvellement effectuées par 20^{me} chaque année.

Le coût des dépenses d'entretien et de renouvellement par Km/véhicule ressort alors à :

- 6 Fr, 50 pour un C.V.
- 4 Fr, 10 pour un C.D.
- 2 Fr, 15 pour une R.N.
- 1 Fr. pour une R.N. à 10 m,50 de chaussée.

Nous supposons dans ce calcul, complètement amorties les dépenses de premier établissement.

Supposons que l'augmentation de la circulation nous oblige à porter de 7 m à 10 m,50 une

chaussée de route, nous aurons à majorer (en supposant la dépense étalée sur vingt ans, ou ce qui revient au même correspondant à une charge financière à 5 %) la dépense annuelle de 600.000, la charge totale ressortira à 1.700.000 et la charge par Km/véhicule à 1 Fr, 55.

Supposons que l'intensité de la circulation oblige à doubler la chaussée de la route à 10 m, 50 de chaussée (circulation de 7.000 véhicules/jour) les frais de premier établissement seront de 30 millions par Km, les dépenses d'entretien seront doublées, la charge annuelle ressortira à :

$$1,5 + 2,2 = 3,7 \text{ millions}$$

pour 2.550.000 véhicules, soit
1,45 par véhicule.

Supposons que l'on préfère, pour la commodité et la sécurité de la circulation, avoir recours à une autoroute pour laquelle la dépense de premier établissement peut être évaluée à 150 millions, la charge annuelle s'établit à :

$$7,5 + 2,2 = 9,7 \text{ millions}$$

et la charge par Km/véhicule à :

$$3 \text{ Fr, } 80.$$

Nous aboutissons ainsi au classement relatif suivant les dépenses par Km/véhicule, dans l'ordre décroissant :

	Circulation journalière prise en compte	
C.V. dépenses de réfection et d'entretien non compris les dépenses de 1 ^{er} établissement	6,50	65
C.D. dépenses de réfection et d'entretien non compris les dépenses de 1 ^{er} établissement	4,10	200
autoroute — dépenses de premier établissement, d'entretien et de renouvellement	3,85	7.000
R.N. dépenses d'entretien et de renouvellement	2,15	600
R.N. à chaussée de 10 m,50, dépenses d'aménagement à 10 m, 50 renouvellement et d'entretien	1,55	3.000

R.N. à double chaussée de 10 m, 50, dépenses d'aménagement d'une 2 ^{me} chaussée — renouvellement et entretien . . .	1,45	7.000
R.N. à chaussée de 10 m, 50, entretien et renouvellement	1	3.000

Les chiffres ci-dessus sont évidemment critiquables et contestables. Ils représentent, nous l'espérons, des ordres de grandeur vraisemblables, mais l'erreur la plus grave consisterait dans une évaluation erronée de la circulation. C'est dire tout l'intérêt qui s'attache, non seulement aux comptages, mais aussi aux études de trafic qui seules, dans certains cas, permettent d'évaluer sur des bases non arbitraires l'utilisation d'ouvrages et de voies projetées.

Nous pensons aussi que si, dans certaines limites, l'accroissement de la circulation n'augmente que de très peu les dépenses d'entretien et de renouvellement, il n'en est plus de même lorsque cet accroissement exige des renforcements, des élargissements ou le recours à des procédés d'entretien plus onéreux ou, à plus forte raison, la création de voies nouvelles.

On peut aussi se demander si l'instauration de péages est justifiée sur les autoroutes, alors que là où l'importance du trafic exige la création de voies nouvelles, la charge pour la collectivité par Km/véhicule sera inférieure à celle assumée pour la remise en état d'un C.V.

A. Brunot,

Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées
à Orléans.

Pour les techniciens de la route et des aérodromes

Un organisme Technico-scientifique américain auquel participent de grosses entreprises pétrolifères, publie, sous forme de memento de poche, une série de renseignements sur l'emploi du bitume, à l'intention des Ingénieurs routiers (1) :

(1) Librairie Lavoisier (Technique et Documentation), Paris.

— Manuel du béton bitumeux préparé et posé à chaud, à l'usage des techniciens de la route ;

— Spécification relatives à la construction des revêtements routiers à base de bitume ;

— Manuel du bitume à l'usage des techniciens de la route ;

— Manuel pour la construction des Bases Aériennes.

Le concours des techniciens et hommes de l'art publics et privés aux travaux des collectivités locales (2)

Cet ouvrage expose, tant sur le plan de la pratique que sur celui de la législation et de la jurisprudence, les divers aspects du concours des Techniciens et hommes de l'art aux travaux des Collectivités locales (départements, communes, établissements publics départementaux et communaux tels qu'Offices publics l'H.L.M., hôpitaux et hospices, etc...).

C'est ainsi que sont examinées les phases du concours : condition d'entrée au service de la Collectivité (qu'il y ait ou non contrat), fin de la mission, fixation et paiement des honoraires.

(2) Le Moniteur des Travaux Publics et du Bâtiment, 32, rue Le Peletier, Paris (9^e).

Pour les diverses catégories de travaux (constructions scolaires, alimentation en eau potable, équipement sportif, abattoirs, etc...) est précisée la composition des dossiers techniques, telle qu'elle est imposée par la réglementation actuelle.

Tous les arrêts de principe du Conseil d'Etat sont cités et certains reproduits en grande partie.

L'auteur étudie non seulement la situation des Ingénieurs, Architectes et Géomètres privés, mais aussi celle des Fonctionnaires des Ponts et Chaussées et du Génie Rural et des autres Techniciens publics qui ne peuvent établir les projets des Collectivités et en assurer l'exécution ou le contrôle.

L'éclairage des tunnels Jenner du Havre

Les deux tunnels routiers jumelés du Havre, mis en service depuis le 23 juin 1956, font honneur aux Ingénieurs et Constructeurs français, par leur conception hardie et nouvelle.

Leur but est d'améliorer les relations entre la basse ville du Havre, construite au voisinage du port, et les quartiers résidentiels bâtis sur le plateau du pays de Caux.

Chaque tunnel à sens unique, comporte une voie réservée aux piétons, une voie réservée aux cyclistes et deux voies réservées aux véhicules automobiles.

Les caractéristiques principales de ces tunnels sont les suivantes :

- longueur (voûte translucide exclue) : 590 m.
- tracé rectiligne
- profil en long à pente constante : 3,8 %
- largeur intérieure d'un tunnel : 9,80 m.

Les dispositions adoptées pour l'éclairage s'inspirent de celles du Tunnel de la Croix-Rousse à Lyon ; dans chaque tunnel, deux lignes de tubes fluorescents sont posées sur deux lignes de cornières suspendues au plafond, ces lignes de cornières servant également au passage des câbles d'alimentation. Cette disposition a le mérite de permettre un entretien facile des 1.052 lampes 40 Watts en service.

Il est prévu trois régimes d'éclairage :

- régime de nuit,
- régime temps couvert,
- régime plein soleil.

Le passage du régime de nuit au régime temps couvert s'obtient manuellement ; le passage du régime temps couvert au régime plein soleil se fait automatiquement par une cellule photoélectrique temporisée.

Les éclairagements théoriques minima prévus sont les suivants :

- de nuit : 15 lux
- de jour, suivant le régime temps couvert ou plein soleil :

	par temps couvert	par plein soleil
Entrée :		
de 0 à 15 m.	90 lux	300 lux
de 15 à 30 m.	60	150
de 30 à 50 m.	45	60
zone centrale	30	30
Sortie :		
de 0 à 25 m.	75 lux	150 lux
de 25 à 50 m.	45	60
zone centrale	30	30

L'éclairage a été réalisé légèrement plus fort sur les voies de circulation automobiles que sur les voies de circulation cyclistes et piétons ; c'est ainsi qu'aux essais, dans la zone 300 lux, les éclairagements mesurés au sol diminuent progressivement de la gauche à la droite de 530 à 420 lux.

Au point de vue réalisation, nous signalerons les quelques points suivants :

Protection contre l'humidité (protection nécessaire en particulier pendant les lavages du revêtement) :

Les douilles des lampes sont étanches, les selfs et condensateurs sont dans des blocs étanches placés dans des boîtes en acier galvanisé étanches.

Protection contre la corrosion, qui est particulièrement dangereuse dans le climat marin du Havre :

Les cornières servant à la suspension ont été galvanisées à chaud et ont reçu deux couches de peinture.

Toutes les tôles d'acier (supports, paralu-mes, capots d'appareils auxiliaires, etc...) ont reçu la préparation suivante : double décapage, galvanisation à chaud, couche d'apprêt et couche de laque blanche glycérophthalique cuite au four à 120°.

Les ressorts de contact sont en bronze au glucinium et les viroles des lampes sont en aluminium aluminé.

Toute la visserie est cadmiée.

Protection des lampes contre le froid et les courants d'air :

Chaque lampe est protégée par un manchon en verre pirex de longueur 1,05 m., en vue de maintenir une émission lumineuse satisfaisante malgré l'action des basses températures et des courants d'air.

Dans un but de sécurité, l'éclairage est alimenté sur deux postes de transformation, l'un à la tête Nord et l'autre à la tête Sud. Les lampes sont réparties alternativement sur un poste et sur l'autre, de sorte qu'en cas de panne d'un poste, un éclairage suffisant subsiste.

En cas de panne des deux transformateurs, un éclairage de secours est réalisé par une batterie d'accus alimentant des hublots portant une lampe à incandescence de 40 Watts, placés tous les 25 mètres environ. Cet éclairage se met automatiquement en service dès qu'une panne se produit sur les deux transformateurs.

Enfin, chaque tête du tunnel routier, entrée ou sortie, est prolongée par une voûte en béton translucide sur une longueur de 50 mètres, pour permettre le passage progressif entre l'éclairage du soleil à l'extérieur et l'éclairage à l'intérieur des tunnels.

On estime généralement à 3 secondes le temps d'adaptation de l'œil pour passer d'un éclairage plein soleil d'été — niveau 100.000 lux par exemple — à l'éclairage à l'intérieur d'un tunnel à son origine — niveau 300 lux, comme il a été prévu plus haut.

A la vitesse maximum permise au Havre — soit 60 kms à l'heure — trois secondes représentent exactement 50 mètres.

Pour assurer la progressivité de l'éclairage,

on dispose de deux paramètres :

— le rapport $\frac{\text{surface de pavés de verre}}{\text{surface de béton}}$ des

voûtes translucides,

— la plantation d'arbustes formant écrans sur les talus latéraux des entrées .

Au crépuscule, lorsque l'éclairage extérieur naturel est de l'ordre de 1.000 à 500 lux, un apport d'éclairage artificiel croissant en fonction

inverse du rapport $\frac{\text{verre}}{\text{béton}}$ permet sous chaque

voûte translucide une transition progressive vers les éclairagements des premières zones du tunnel.

« Ces Messieurs de l'Industrie... vus par un patron » (1)

Les livres les plus utiles ne sont pas toujours les plus austères.

Il n'était pas inopportun d'éclairer la liste déjà longue des bons ouvrages proposés aux chefs d'entreprise et à leurs collaborateurs, par un livre lucide et gai, présentant les divers personnages de l'industrie ainsi que quelques-unes des idées qu'ils affectionnent actuellement.

M. André **Bouille**, chef d'entreprise, est de sur-

croit un écrivain ; un écrivain à la fois aimable et incisif. Ses portraits sont... ressemblants, mais amicaux. Les idées à la mode sont « épinglées », mais sans qu'on en méconnaisse la valeur éventuelle. De la philosophie souriante de l'ouvrage se dégage une leçon de bon sens, de gaieté, de courage dont nous avons tous besoin en cette époque quelque peu grinçante.

« Ces Messieurs de l'Industrie », patrons, cadres, contremaîtres, employés, se reconnaitrons au passage sous un jour plus sympathique, et n'hésiteront sans doute pas à s'offrir réciproquement — et cordialement — cet agréable ouvrage.

(1) « Ces Messieurs de l'Industrie... vus par un patron », par André Bouille, aux Editions de l'Entreprise Moderne, 4, rue Cambon — Paris (1^{er}) OPE : 51-01 . .

OUVRAGES ADMINISTRATIFS

M. Jean **Singer**, Administrateur Civil au Ministère de l'Intérieur, a publié, notamment avec une préface de M. Louis **Desvignes**, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, divers ouvrages administratifs, qui intéressent les lecteurs de notre publication.

Parmi ces ouvrages, (2) nous signalons spécialement :

— Traité général des finances communales et départementales ;

— Routes et chemins publics et privés (régime juridique, administratif et financier ;

— Recueil des lois, décrets, arrêtés et circulaires relatifs à la voirie nationale, départementale, communale ;

— Précis de l'aide à la construction et à la réparation des immeubles d'habitation ;

— L'intervention des Collectivités locales en matière économique.

(2) Editions Aframé, 142, rue Montmartre, Paris.

PROCÈS-VERBAUX DES RÉUNIONS DU COMITÉ DU P.C.M.

Séance du Lundi 5 Novembre 1956

Le Comité du P.C.M. s'est réuni, le lundi 5 novembre 1956, au Ministère des Travaux Publics, à Paris

Étaient présents : MM. **Mothe**, Président du P.C.M., **Cachera** et **Fischesser**, Vice-Présidents, **Laure**, Secrétaire, **Wennagel**, Trésorier, **Agard**, **Alias**, **Baquerre**, **Baudet**, **Bourrières**, **Deloro**, **Fertin**, **Filippi**, **Fuzeau**, **Hirsch** (représentant M. **Frybourg**), **Lafond**, **Mailhebiau** (représentant M. **Meunier**), **Prot** et **Wahl** Membres.

Absents excusés : MM. **Lambert**, Vice-Président, **Chevrier**, **Clermont**, **Giraud**, **Liffort de Buffévent**, **Mathieu**, **Moret**, **Ventura**, Membres

La séance est ouverte à 14 h 35

1°) Adoption du P.V de la précédente séance.

Le Comité adopte sans observations le texte qui lui a été soumis pour les procès-verbaux de la réunion tenue le 10 octobre 1956.

2°) Prise de fonctions.

M. **Spinetta** a pris le matin même ses fonctions de Directeur du Personnel au Ministère des Travaux Publics. A la demande du Président, il recevra après la fin de la séance une délégation du Comité, qui lui fera part des principales préoccupations du P.C.M., notamment celles qui ont trait au Statut, à l'organisation générale des Services, au M.R.L., aux Travaux Publics de la F.O.M., aux indemnités accessoires, à l'indice 700, etc...

3°) Statut des Ingénieurs des Ponts et Chaussées.

M. **Mothe** signale que le projet de Statut est toujours à l'étude à la Direction du Personnel, mais qu'il espère maintenant la mise au point rapide d'un texte qui serait alors envoyé aux Finances et à la Fonction Publique et mettra à sa disposition pour collaborer le plus étroitement possible avec sa Direction à l'étude de toutes ces questions.

4°) Indemnités accessoires.

Conformément à la décision du Comité dans sa séance du 10 octobre, le Président a adressé au Minis-

tre des Travaux Publics une protestation sur le principe d'un prélèvement sur les indemnités accessoires et il sera reçu par celui-ci le 6 novembre à ce sujet.

5°) Indice 700.

M. **Mothe** donne lecture d'une lettre qu'il vient d'envoyer au Ministre, reprenant la demande formulée maintes fois précédemment, mais sans succès, en vue de l'obtention de l'indice 700 pour les Ingénieurs en Chef des Ponts et Chaussées et des Mines, demande renforcée maintenant par divers éléments nouveaux, dont il y a lieu d'utiliser l'opportunité. Il entretiendra également le Ministre de cette question lors de l'audience du 6 novembre.

6°) Aviation Civile et Commerciale.

M. **Mothe** rend compte de la visite qu'il a faite récemment à M. **Moroni**, Secrétaire Général à l'Aviation, au cours de laquelle il a pu lui fournir des précisions sur les études menées par le P.C.M. touchant les problèmes d'exploitation commerciale des aéroports

7°) Travaux Publics de Tunisie.

Sans vouloir en faire une question de personnes, qui se limiterait d'ailleurs à quelques unités, le Comité demande au Président de protester contre le décret récent d'assimilation du personnel des Travaux Publics de Tunisie et qui constituera un précédent regrettable

8°) Règlementation des cumuls.

M. **Fuzeau** évoque cette question, M. **Mothe** rappelle qu'une circulaire récente, adressée aux Ingénieurs en Chef, a précisé les modalités provisoires de la règlementation des cumuls.

La séance est levée à 17 h 25, en raison des cycles d'études routiers qui auront lieu à Paris, les 29 et 30 novembre, la prochaine réunion du Comité du P.C.M. aura lieu exceptionnellement le **samedi matin, 1^{er} décembre 1956, à 9 h. 15.**

Le Secrétaire,
A. Laure.

Le Président,
P. Mothe.

**La Table des matières du Bulletin du P.C.M. pour l'année 1956
sera insérée en encart dans le N° de Janvier 1957**

Mutations, Promotions et Décisions diverses concernant les Corps des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines

NOMINATIONS

M. Jacques **Roux**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Constantine, a été promu Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, à compter du 16 septembre 1956 (Décret du 23 octobre 1956. J.O. du 27 octobre).

Sont nommés Ingénieurs-Elèves des Ponts et Chaussées à compter d'une date à fixer ultérieurement par arrêté et aux Services suivants (Décrets du 20 novembre 1956. J.O. du 23 novembre) :

I. — **Service des Ponts et Chaussées (Métropole)** : MM. Paul **Caseau**, Pierre **Suard**, Jean-Marie **Guchet**, Georges **Cavallier**, Marc **Thénoz**, Gérard **Feyte**, Jean **Weber**, Michel **Lassialle**, Gabriel **Dupont de Dinechin**, Jean **Salat**, Emmanuel **Bouis**, François **Ozanne**, Gérard **Munera**, François **de Vitry d'Avaucourt**, Raymond **Mechoudjian**, Michel **Gautier**, Michel **Walrave**, Claude **Néraud**, Jean **Berthier**, Jean **Bornet**, Jean-Paul **Fontaine** ;

II. — **Service des Ponts et Chaussées des Départements d'Outre-Mer**. Henri **Chauvel** ;

III. — **Service des Bases Aériennes d'Outre-Mer** : M. René **Bosc** ;

IV. — **Service de la France d'Outre-Mer** : Jacques **Blade**, Yves **Fabretti**, Jacques **Raiman**, Henri **Colot**, Jacques **Brun**.

DEMISSION

Est acceptée, à compter du 20 novembre 1956, la démission du Corps des Ponts et Chaussées, présentée par M. Fernand **Thomas**, Ingénieur des Ponts et Chaussées en service détaché à la S.N.C.F. (Décret du 20 novembre 1956. J.O. du 23 novembre).

RETRAITES

M. André **Thiberge**, Ingénieur Général des Mines à Paris, a été admis à faire valoir ses droits à la retraite, à compter du 23 décembre 1956 (Décret du 15 novembre 1956. J.O. du 18 novembre).

M. Aron **Lévi**, Ingénieur en Chef des Mines, actuellement en disponibilité à Paris, est admis à faire valoir ses droits à la retraite et nommé Ingénieur en Chef des Mines Honoraire (Arrêté du 14 novembre 1956. J.O. du 27 novembre).

M. Raoul **de Vitry d'Avaucourt**, Ingénieur des

Mines, actuellement en disponibilité, est admis à faire valoir ses droits à la retraite et nommé Ingénieur des Mines Honoraire (Arrêté du 14 novembre 1956. J.O. du 27 novembre).

MUTATIONS

M. André **Dumas**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Tarbes, a été chargé, à la résidence de Foix, à compter du 23 octobre 1956, des Services des Ponts et Chaussées du département de l'Ariège, en remplacement de M. **Cassoux**, muté (Arrêté du 12 octobre 1956. J. O. du 27 octobre).

M. Guy **Croquet**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, a été placé, sur sa demande, à compter du 16 octobre 1956, en disponibilité pour convenances personnelles (Arrêté du 12 octobre 1956. J.O. du 27 octobre).

M. Laurent **Michel**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Paris, a été, à compter du 1^{er} octobre 1956, mis à la disposition du Secrétariat d'Etat à l'Industrie et du Commerce, pour être affecté à la Direction du Gaz et de l'Electricité (Arrêté du 13 octobre 1956. J.O. du 27 octobre).

M. Pierre **Guillon**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Angers, a été chargé, à compter du 15 octobre 1956, à la résidence de Châtouroux, des fonctions d'Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées du Service Ordinaire des Ponts et Chaussées du département de l'Indre, en remplacement de M. **Lévêque**, retraité (Arrêté du 17 octobre 1956. J.O. du 27 octobre).

M. Michel **Frybourg**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à St-Quentin, a été chargé, à compter du 16 octobre 1956, de l'Arrondissement du Centre du Service Ordinaire des Ponts et Chaussées du département de la Somme, à la résidence d'Amiens (Arrêté du 17 octobre 1956. J.O. du 27 octobre).

M. Michel **Hug**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Auxerre, a été, pour compter du 16 septembre 1956, chargé de mission auprès du Laboratoire National d'Hydraulique de Chatou (Arrêté du 17 octobre 1956. J.O. du 27 octobre).

M. Robert **Raynaud**, Ingénieur des Ponts et Chaussées, détaché au Service de la F.O.M., à Djibouti, a été, pour compter du 1^{er} septembre 1956, réintégré à la disposition du Service de l'Infrastructure du Secrétariat d'Etat aux Forces

Armées (Air) (Arrêté du 18 octobre 1956. J.O. du 27 octobre).

Les Ingénieurs des Ponts et Chaussées nouvellement nommés à compter du 1^{er} octobre 1956 ont reçu les affectations suivantes (Arrêté du 22 octobre 1956. J.O. du 30 octobre) :

— M. **Franck**, Service Ordinaire de l'Aisne, Arrondissement Nord, à Saint-Quentin ;

— M. **Abraham**, affecté pour ordre au Service Ordinaire de la Seine, en mission d'études aux Etats-Unis ;

— M. **Prandi**, Meurthe-et-Moselle, Service Ordinaire, Arrondissement Nord, à Briey ;

— M. **Schaefer**, Manche, Service Ordinaire, Arrondissement Sud à Avranches ;

— M. **Gambrelle**, Ministère de la France d'Outre-Mer (Service détaché) ;

— M. **Coulomb**, Rhône, Service de la Navigation, Arrondissement de Lyon ;

— M. **Vauday**, Vosges, Service Ordinaire, 1^{er} Arrondissement d'Epinal ;

— M. **Lagier**, Haute-Garonne, Service Ordinaire, Arrondissement Est à Toulouse ;

— M. **Lapillonne**, Haut-Rhin, Service Ordinaire, Arrondissement de Mulhouse I ;

— M. **Brignon**, Ardennes, Service Ordinaire et de Navigation, Arrondissement Etudes et Travaux à Charleville ;

— M. **Tronchet**, Secrétaire d'Etat aux Forces Armées (Marine), Direction des Travaux Immobiliers et Maritimes ;

— M. **Chambron**, Paris, Service Central d'Etudes Techniques ;

— M. **Chauvin**, Algérie, Service Technique de l'Hydraulique et de l'Equipement Rural, à Alger (Service détaché) ;

— M. **Mils**, Algérie, Direction des Travaux Publics et des Transports, Arrondissement de Bône (Service détaché) ;

— M. **Citerne**, Ministère de la France d'Outre-Mer (Service détaché) ;

— M. **Lachaize**, Algérie, Direction des Travaux Publics et des Transport, 5^{me} Arrondissement d'Alger (Service détaché) ;

— M. **Meau**, Ministère de la France d'Outre-Mer (Service détaché) ;

— M. **Chappert**, à la disposition du Secrétariat Général à l'Aviation Civile et Commerciale ;

— M. **Camarès**, à la disposition du Secrétariat Général à l'Aviation Civile et Commerciale ;

— M. **Bussine**, Somme, Service Ordinaire, Arrondissement de Péronne ;

— M. **Gautier**, Algérie, Direction des Travaux Publics et des Transports, Arrondissement de Philippeville (Service détaché) ;

— M. **Essig**, Ministère de la France d'Outre-Mer (Service détaché) ;

— M. **Roger**, à la disposition du Secrétariat Général à l'Aviation Civile et Commerciale ;

— M. **Gaudin**, affecté pour ordre au Service Ordinaire de la Seine.

M. René **Pessayre**, Ingénieur en Chef des Mines à Paris, a été nommé Conseiller Technique au Cabinet du Ministre des Affaires Economiques et Financières, en remplacement de M. **Audibert**, muté (Arrêté du 30 octobre 1956. J.O. du 3 novembre).

M. Pierre **Hervio**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Paris, a été chargé, à compter du 1^{er} octobre 1956, à la résidence de Senlis, de l'Arrondissement Sud-Est du Service Ordinaire des Ponts et Chaussées du département de l'Oise, en remplacement de M. **Lerouge**, muté (Arrêté du 24 octobre 1956. J.O. du 3 novembre).

M. Pierre **Tessonneau**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Tours, a été chargé d'assurer, à titre provisoire, à compter du 16 octobre 1956, en sus de ses fonctions actuelles, l'intérim du poste d'Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées du département de l'Indre-et-Loire, en remplacement de M. **Longeaux**, muté (Arrêté du 24 octobre 1956. J.O. du 3 novembre).

A été fixée au 1^{er} novembre 1956, l'effet des dispositions de l'Arrêté du 21 juillet 1956 chargeant M. Marcel **Trénit**, Ingénieur des Ponts et Chaussées du Service Maritime du département de la Charente-Maritime (Arrêté du 24 octobre 1956. J.O. du 3 novembre).

M. Raoul **Temine**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Paris, a été mis, à compter du 1^{er} novembre 1956, pour une période de cinq ans renouvelable, en service détaché, à la disposition du Ministre résidant en Algérie, pour être chargé des fonctions d'Ingénieur en Chef de la Circonscription de Tlemcem des Travaux Publics d'Algérie (Arrêté du 30 octobre 1956. J.O. du 13 novembre).

M. Jean-Luc **Fréjaques**, Ingénieur des Ponts et Chaussées en Service détaché auprès du Ministère de la France d'Outre-Mer, a été réintégré pour ordre dans les cadres de son Administration, à compter du 1^{er} octobre 1956 (Arrêté du 3 novembre 1956. J.O. du 13 novembre).

M. Maurice **Le Franc**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Limoges, a été chargé, à compter d'une date à fixer ultérieurement et à la résidence d'Angers, de l'Arrondissement Sud du Service des Ponts et Chaussées du département de Maine-et-Loire, en remplacement de M. **Guillon**, muté (Arrêté du 3 novembre 1956. J.O. du 18 novembre).

M. Pierre **Godin**, Ingénieur des Ponts et Chaussées

sées à Colmar, a été chargé, à compter du 1^{er} novembre 1956 à la résidence de Montargis, de l'Arrondissement Est du Service des Ponts et Chaussées et de Navigation du département du Loiret, en remplacement de M. **Pasquet**, muté (Arrêté du 7 novembre 1956. J.O. du 18 novembre).

M. Charles **Raboutot**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Charleville, a été chargé, à la résidence de Valence, à compter d'une date à fixer ultérieurement, de l'Arrondissement Centre du Service des Ponts et Chaussées du département de la Drôme (Arrêté du 12 novembre 1956. J.O. du 18 novembre).

M. Jean **Pouchot-Camoz-Gandorne**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Aurillac, a été placé, pour cinq ans, à compter du 1^{er} octobre 1956, en service détaché auprès de la Société Centrale pour

l'Équipement du Territoire, comme Directeur-Adjoint chargé de la Région Méditerranéenne (Arrêté du 14 novembre 1956. J.O. du 18 novembre).

M. Pierre **Cot**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, nommé Directeur Général de l'Aéroport de Paris, est placé dans la position de service détaché auprès de cet Établissement public, pour une période de cinq ans, à compter du 8 avril 1955 (Arrêté du 19 novembre 1956. J.O. du 22 novembre).

M. Pierre **Molin**, Ingénieur des Ponts et Chaussées au Maroc, a été chargé, à la résidence de Chalon-sur-Saône, à compter du 1^{er} décembre 1956, des Services des Ponts et Chaussées du département de Saône-et-Loire, en remplacement de M. **Deschamps**, muté (Arrêté du 17 novembre 1956. J.O. du 27 novembre).

TABLEAUX RECAPITULATIFS POUR 1955 DES INDEX RECONSTRUCTION NATIONAUX, DEPARTEMENTAUX, PONDERES ET DES C.A.D. (1).

Voici un instrument de travail complet et pratique pour les utilisateurs des index reconstruction.

Il groupe, sous forme de tableaux et par départe-

ment, les valeurs 1955 des index reconstruction et des coefficients d'adaptation départementaux, en tenant compte des rectificatifs survenus. Le mode de présentation fait apparaître immédiatement les époques de variation de valeur.

Ajoutons qu'un ouvrage analogue a paru antérieurement pour les années 1953 et 1954.

(1) Editions du Moniteur des Travaux Publics.

NAISSANCES.

AMICALE D'ENTR'AIDE AUX ORPHELINS DES INGENIEURS DES PONTS ET CHAUSSEES ET DES MINES. — Il est rappelé à tous les Camarades qu'ils peuvent, en adhérant à l'**AMICALE**, prémunir leurs enfants, grâce à l'entr'aide mutuelle, contre les conséquences, si souvent désastreuses, du décès du père de famille. Depuis le 1^{er} janvier 1954, les adhésions à l'**AMICALE** ne sont plus reçues que dans l'année suivant la naissance du premier enfant (Article 27 des Statuts).

Notre Camarade Jean **Pottier**, Ingénieur des Mines à Châtillon-sous-Bagneux (Seine), fait part de la naissance en ce lieu, le 15 octobre 1956, de son second enfant, **Yves Pottier**.

Gilles, Rémi, Martine et Marie-Thérèse **Chevrier** font part de la naissance, à Malo-les-Bains (Nord), le 2 novembre 1956, de leur petite sœur **Véronique**, cinquième enfant de notre Camarade

Charles **Chevrier**, Ingénieur des Ponts et Chaussées à Dunkerque.

Toutes nos félicitations aux heureux parents.

MARIAGES.

Notre Camarade Fernand **Fonlladosa**, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées à Paris, fait part du mariage de son Fils **Michel**, avec Mademoiselle **Peyredieu du Charlat**. Ce mariage a été célébré le 6 octobre 1956.

Avec tous nos vœux de bonheur pour les nouveaux époux.

DÉCÈS.

Nos Camarades René **Joneaux**, Ingénieur des Ponts et Chaussées actuellement à Courbevoie, et Marcel **Huet**, Ingénieur des Ponts et Chaussées au Havre, font part de la mort de M. le Capitaine de Frégate honoraire André **Joneaux**, leur père et beau-père, décédé le 5 novembre 1956 à l'Hôpital Militaire Bégin, à Saint-Mandé. Les obsèques et inhumation ont eu lieu le 9 à Neuilly-sur-Seine.

Nous assurons la famille du défunt de toute notre sympathie attristée.

Société Amicale de Secours des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines

Le 25 mai 1956, les Membres de la Société Amicale de Secours des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines se sont réunis en Assemblée Générale à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées sous la présidence de M **Suquet**, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées en retraite, Président du Conseil d'Administration

La séance est ouverte à 17 h 30 par le Président, qui prend la parole dans les termes suivants :

Mes Chers Camarades,

L'amélioration des recettes de notre Société Amicale de Secours des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines que j'ai eu la satisfaction de vous signaler chaque année depuis 1950 s'est maintenue pour l'exercice 1955 sans amélioration notable.

C'est ainsi que les recettes proprement dites de l'exercice 1955 montent à 636 994 francs, chiffres très sensiblement égal à celui des recettes de l'exercice précédent, 634 801 francs. Elles se décomposent en produits des valeurs, cotisations et part des produits du bal, respectivement de 76 314, 401 380 et 159 400 francs, sommes très analogues à celles de l'exercice antérieur.

Comme le fonds de réserve avait été très largement alimentés par des dons de généreux Camarades, il a paru opportun à votre Conseil d'augmenter le virement de ce fonds vers les recettes de l'exercice pour 60 282 francs (au lieu de 37 434 francs en 1954), ce qui a porté le compte des recettes de 1955 à 697 276 francs, nous permettant de distribuer 632 000 francs de secours au lieu de 620 000

Il n'a pas été possible en raison de l'époque où nous sont arrivés ces dons de faire un prélèvement plus fort pour augmenter les secours de fin d'année

Malgré l'importance accrue de ce virement, le compte du fonds de réserve s'est trouvé en forte augmentation par suite de l'importance des dons reçus en 1955 montant à 272 800 francs. L'un de ces dons, montant à 100 000 francs, provient d'un Camarade désireux de garder l'anonymat et devant bénéficier à la veuve d'un Camarade chargée de famille

Le surplus de ces dons se décompose comme suit :
deux dons de 20 000 francs des Camarades **Bonfilis** et **Brunot** ;

deux dons de 10 000 francs des Camarades **Le Gorgeu** et **Wimbée** ;

deux dons de 5 000 francs des Camarades **Durand** et **Thuillier** ;

un don de 4 500 francs du Camarade **Courtaigne** ;

deux dons de 4 000 francs dont l'un du Camarade

Langueureau et l'autre d'un Camarade désireux de garder l'anonymat,

un don de 3 000 francs du Camarade **Brandeis** ;
soixante-neuf dons de 2 000 à 1 000 francs de divers Camarades et vingt-et-un dons de moindre importance.

Le Conseil exprime sa bien vive gratitude envers ces généreux donateurs car c'est grâce à eux que le montant des secours distribués a pu être maintenu au chiffre de 632 000 francs qui, malgré son importance, reste encore notablement inférieur en valeur or à celui des dons distribués en 1918 (24 552 francs or).

Ces secours ont été attribués à 19 bénéficiaires avec des montants variant d'après la situation de famille, et en réservant naturellement les plus élevés pour des veuves ayant plusieurs enfants à leur charge.

Ils se décomposent comme suit :

un secours de 152 000 francs,
trois secours de 60 000 francs,
un secours de 40 000 francs,
un secours de 36 000 francs,
deux secours de 32 000 francs ;
quatre secours de 20 000 à 30 000 francs ;
sept secours de moindre valeur.

Dans l'attribution de ces secours notre Société Amicale a tenu compte des dons tant de la Société de Secours de l'Ecole Polytechnique que de ceux de la Société Amicale d'Entr'aide des Ingénieurs des Ponts et Chaussées et des Mines, avec lesquelles elle s'efforce de combiner au mieux son activité qui, pour certains bénéficiaires, peut l'être effectivement et qui, pour d'autres familles, ne peut se confondre notamment avec celle de l'Entr'aide strictement limitée aux cas envisagés par ses Statuts

Votre Conseil doit également vous rendre compte de ce qui se rapporte à la composition même de notre Société. Depuis de bien nombreuses années la principale source de recrutement de nos Sociétaires était les jeunes Ingénieurs sortant de l'Ecole des Ponts et Chaussées et de l'Ecole des Mines. Leur afflux venait compenser et même, en général, dépasser le nombre de nos Sociétaires décédés.

Or, en 1955, alors que le nombre des Sociétaires décédés était de huit, réduisant d'autant le nombre des Membres de la Société, aucune inscription de Membres nouveaux ne nous parvenait de la part des jeunes Ingénieurs sortant des Ecoles. A notre connaissance c'est la première fois que pareille abstention massive se présente. Votre Conseil la déplore profondément et voudrait ne l'attribuer qu'à une insuffisance de documentation eu non pas à un manque de solidarité professionnelle. Aussi a-t-il décidé de demander

à l'Association du P.C.M. de publier le présent compte-rendu dans son bulletin et d'en faire remettre un extrait aux Jeunes Ingénieurs à la sortie de l'Ecole. Il espère fermement que ceux-ci tiendront à cœur d'imiter l'exemple de tant de générations de leurs antiques en nous apportant leur adhésion massive.

En ce qui concerne la composition du Conseil, nous avons enregistré avec regret le départ de M. l'Inspecteur Général **Briancourt** pour lequel sa résidence de Reims rendait difficile l'assistance à nos réunions.

C'est la raison pour laquelle votre Conseil vous propose la nomination de M. l'Inspecteur Général **Grelot**, Directeur de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées ainsi que le renouvellement du mandat de MM. **Suquet**, **Mercier** et **Parmentier** pour les Ponts et Chaussées et **Vignal** pour les Mines.

Quant à votre Président qui fait partie du Conseil de la Société depuis près de cinquante ans et en assume la présidence depuis 1933, il se voit obligé tant en raison de son âge que de son état de santé, de demander au Conseil d'accepter sa démission de Président du Conseil d'Administration et de lui désigner un successeur à la Présidence.

A ce successeur il souhaite une longue et heureuse présidence, à la Société Amicale de Secours une vitalité toujours plus grande et plus efficace, enfin à tous les Membres du Conseil et aux Sociétaires longue vie et toutes prospérités.

Notre Trésorier va vous soumettre les comptes de l'Exercice 1955. Nous vous demandons de les approuver.

L'Assemblée, après avoir entendu la lecture du Rapport qui précède, et du Compte-Rendu financier et en avoir délibéré, adopte à l'unanimité les résolutions suivantes :

1^{re} Résolution :

Sont approuvés les comptes de l'Exercice 1955, tels qu'ils lui ont été soumis par le Conseil d'Administration, ainsi que tous les actes de la gestion de ce Conseil au cours dudit Exercice.

2^{me} Résolution :

Sont acceptées :

1° — la démission de Membre du Conseil d'Administration de M. **Briancourt**, Inspecteur Général des Ponts et Chaussée ;

2° — et son remplacement par la nomination aux fonctions de Membre du Conseil d'Administration de M. **Grelot**, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées.

3^{me} Résolution :

Sont acceptées :

1° — la démission de « Président du Conseil d'Administration » de M. **Suquet**, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées ;

2° — et son remplacement par la nomination aux fonctions de « Président du Conseil d'Administration » de M. **Grelot**, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées.

4^{me} Résolution :

Sont réélus Membres du Conseil d'Administration pour une période de trois ans finissant en 1958 :

MM. **Suquet**, **Mercier** et **Parmentier** pour les Ponts et Chaussées et **Vignal** pour les Mines.

Le Président,

Suquet.

Le Secrétaire,

Courbon.

Composition du Conseil d'Administration à la suite de l'Assemblée Générale du 25 Mai 1956

MM. **Grelot**, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, Président, 28, rue des Saints-Pères — Paris (6^e).

Mercier, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Vice-Président, 17, rue de l'Annonciation — Paris (16^e).

Friedel, Ingénieur Général des Mines, Vice-Président, 60 boulevard St-Michel — Paris (6^e).

Courbon, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, Secrétaire, 28, rue des Saints-Pères — Paris (7^e).

Koch, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées, Trésorier, 4, rue Eugène-Manuel — Paris (16^e).

MM. **Aubert**, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées.
Beau, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées en retraite.

Boutteville, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées.

Suquet, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées en retraite.

Coyne, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées.

Dargenton, Inspecteur Général des Ponts et Chaussées.

Deymié, Inspecteur en Chef des Ponts et Chaussées.

Parmentier, Ingénieur en Chef des Mines.

Vignal, Ingénieur général des Mines.



SIGNAUX LA PORTIE

52, rue Étienne-Richerand - LYON

Entreprise agréée N° 9

CARACTÈRES et SYMBOLES EN RELIEF
"BEAUJOLIGHT"

Chasse-neige "LE MERVEILLEUX"
breveté S G D.G.
Montage et démontage en une dizaine de minutes sur tous camions ou camionnettes.

SIGNALISATION ELECTRO-AUTOMATIQUE
LANTERNES DE CHANTIER
SIGNAUX OFFICIELS HOMOLOGUÉS N° 21
PAR LE MINISTÈRE DES T. P.
SIGNALISATEURS DE CHANTIERS PAVAL
RÉGLEMENTAIRES
SIGNAUX OFFICIELS
Recouverts du Produit Réflécteur "SCOTCHLITE"
(Marque déposée) APPLICATEURS AGRÉÉS

Outils de la route moderne

Répanduses et répanduses mixtes "tous liens", toutes capacités de 250 à 7 000 litres

Abris de chantiers PAVAL 64 à éléments interchangeables 160s de parois sans boulons

Goudronneuses - Points à temps - Porte-ruts - Appareils à terma-
CADAM - Fondeurs - Charrettes métalliques - Tomberaux - Tonnes
à eaux - Brouettes - Pelles - Pioches - Fourches - Outils de carrière
Balais de route - Appareils de levage - Instruments d'arpentage

ET VALLETTE & PAVON

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 60.912.000 FRANCS

17, RUE MASSÉNA, LYON (6^e) - Téléph. LA 24-47 -- R. C. Lyon B 8856

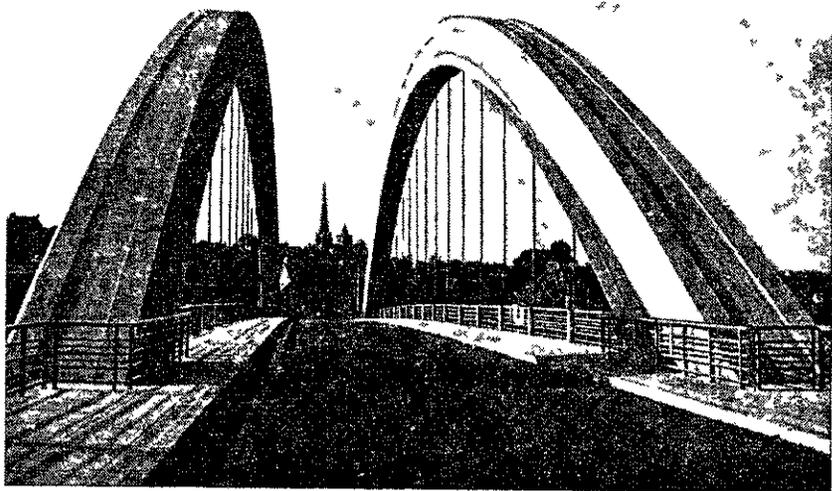
PONTS ET CHAUSSÉES
DES COTES-DU-NORD

PONT CANADA

A

TREGUIER

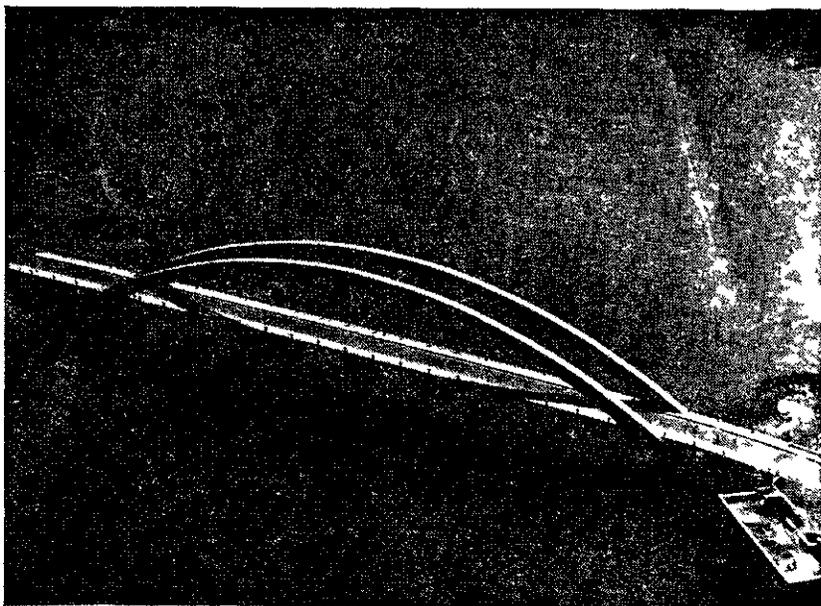
MIS EN SERVICE
LE 25 JUILLET 1954



CONSTRUCTIONS
EDMOND

COIGNET

9 à 13, avenue Myron T. Herrick - PARIS-VIII^e - ELY. 98.63 à 66
ELY. 67.41 à 44



CARACTERISTIQUES
DE L'OUVRAGE

DEUX ARCS
DE 153^m DE PORTÉE
SANS ENTRETOISEMENT
TRANSVERSAL