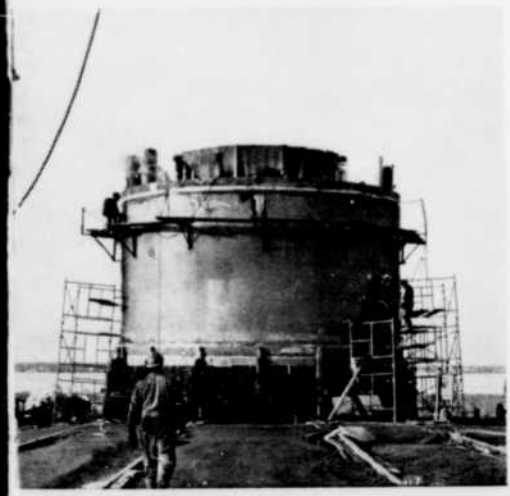
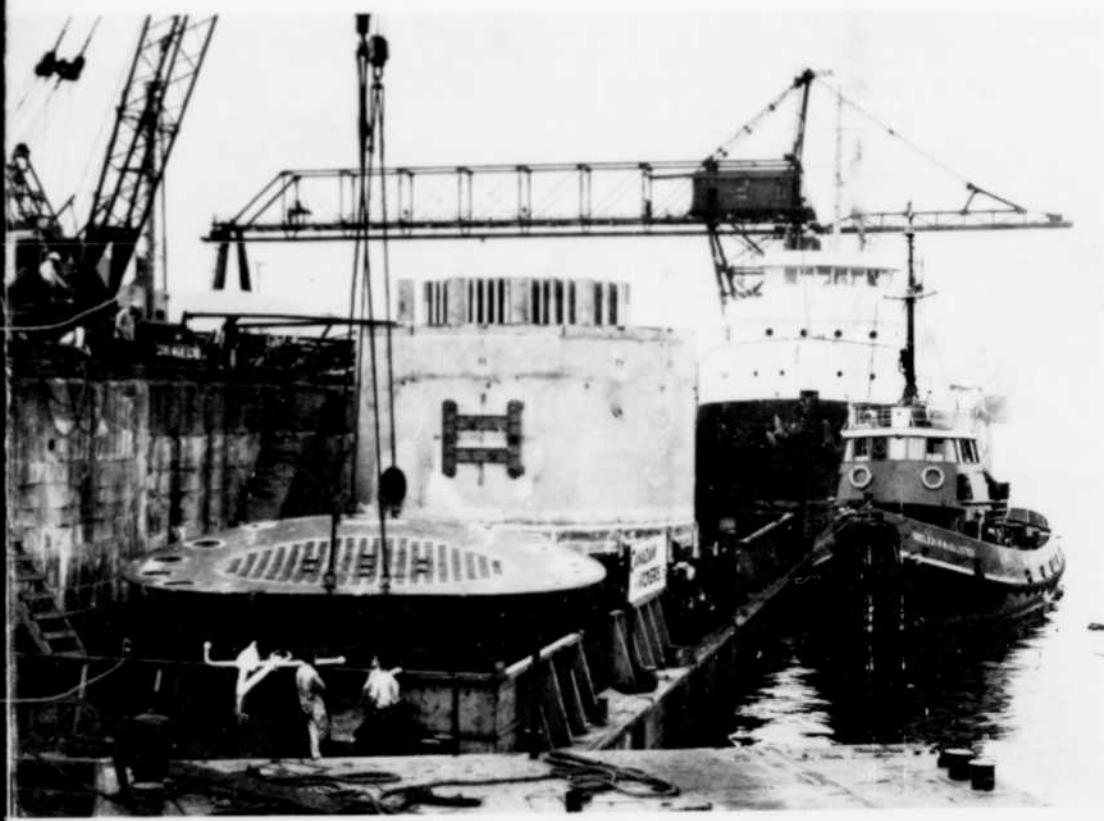


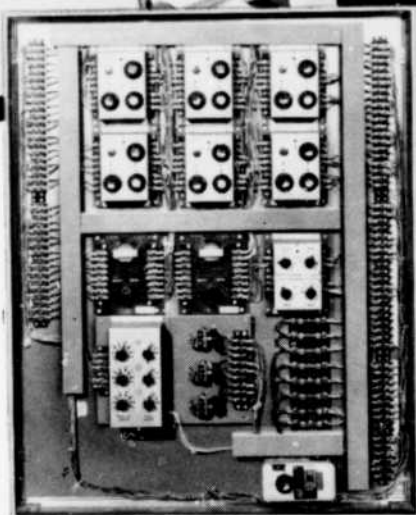
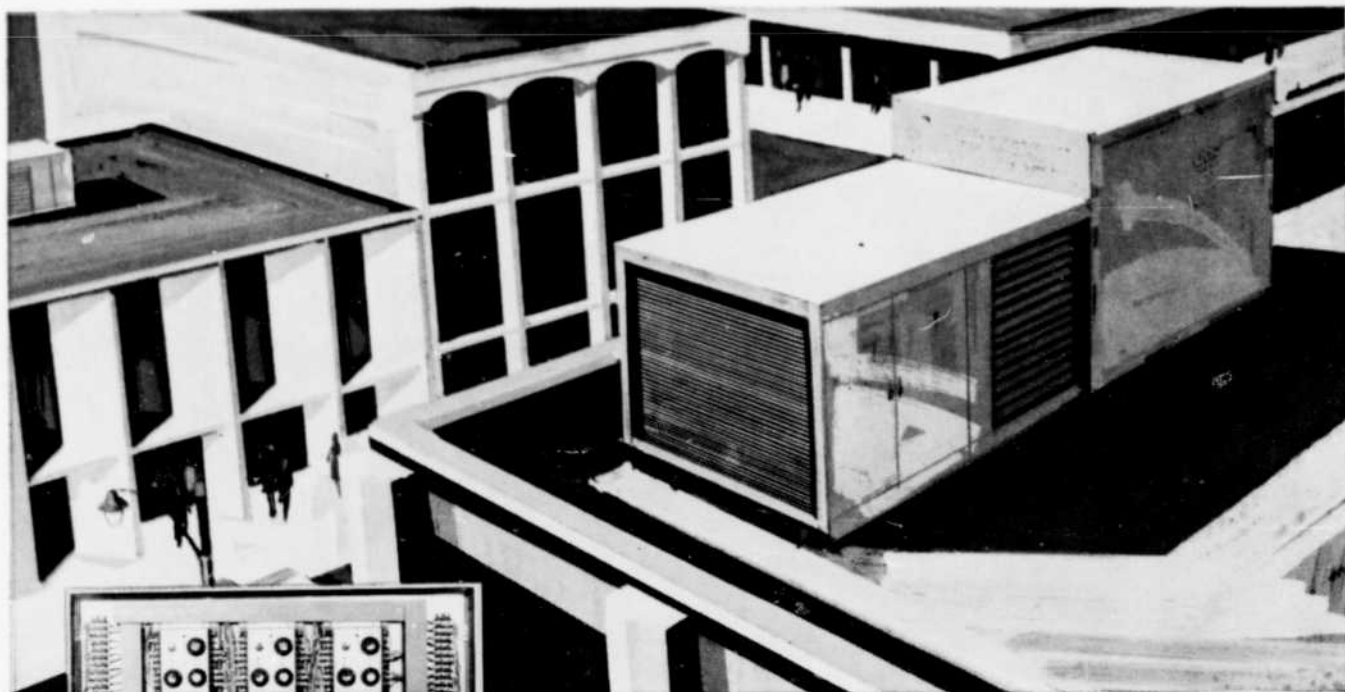
M. Clément Crépin, Ing. P.,  
27 av. des Rapides,  
Québec 5, Qué.

DÉCEMBRE 1968  
54e année - No 237

# L'INGÉNIEUR

REVUE PROFESSIONNELLE D'INFORMATION





Les systèmes électroniques de contrôle préfabriqués Johnson avec cycle de récupération et limiteur de charge sont disponibles pour des appareils de climatisation à zone unique ou multiple.

## Le Cycle De Récupération Johnson Avec Limiteur De Charge\* Pour Unités Autonomes

\*Une des caractéristiques exclusives de nos systèmes électroniques de contrôle préfabriqués.

Lorsque vous pourvoyez votre unité autonome de climatisation pour montage au toit d'un système électronique de contrôle Johnson avec cycle de récupération et limiteur de charge, vous obtenez un système dont la qualité dominante est l'économie d'opération.

Avec ce système, en effet, une sonde électronique placée dans l'air d'alimentation d'une pièce y maintient la température qui concorde très précisément avec les variations de charge de cette même pièce tel que détectées par une sonde maître placée dans cette pièce. La mise en opération successive des divers cycles de chauffage, de ventilation et de réfrigération se fait de façon entièrement automatique et seulement lorsque l'exigent les conditions qui prévalent dans les divers espaces climatisés.

Les températures des plenums chaud et froid, les pourcentages d'air recirculé et d'air extérieur sont constamment maintenus à des niveaux tels qu'ils imposent un travail minimum aux appareils mécaniques de chauffage et de réfrigération. Lorsque les conditions s'y prêtent, utilisation est faite de l'air extérieur pour obtenir de la réfrigération à bon compte. La préparation coûteuse d'un condenseur évaporatif pour opération pendant l'hiver n'est plus nécessaire.

Grâce aux nouveaux contrôles transistorisés, même les plus petits édifices peuvent maintenant se prévaloir du confort et des économies qui ont toujours été l'apanage des plus grosses installations. Ces systèmes de contrôle sont entièrement préfabriqués et prêts à être installés sur tout type d'unités autonomes quel qu'en soit le fabricant ou la capacité. Pour plus de détails, demandez dès maintenant nos brochures No. 3001 et 3002.



**JOHNSON CONTROLS LTÉE.** 233 AVE DUNBAR, MONTRÉAL 16, QUÉ. • SUCCURSALES À TRAVERS CANADA  
CALGARY • EDMONTON • HALIFAX • HAMILTON • LONDON • MONTRÉAL • OTTAWA • QUÉBEC • RÉGINA • TORONTO • VANCOUVER • WINNIPEG

# L'INGÉNIEUR

REVUE PROFESSIONNELLE D'INFORMATION

ADMINISTRATION ET RÉDACTION:  
2500, avenue Marie-Guyard  
Montréal 250, Tél. 739-2451

NAPOLEON LETOURNEAU, ing.  
*rédacteur en chef*

## COMITÉ CONSULTATIF DE RÉDACTION

RAYMOND BARETTE, ing.  
G. RÉAL BOUCHER, ing.  
DONALD J. BRYANT, ing.  
JEAN L. CORNEILLE, ing.  
RAYMOND CREVIER, ing.  
ROGER LABONTÉ, ing.  
PIERRE LAROCHELLE, ing.  
MICHEL RIGAUD, ing.

## PUBLICITÉ

Les Éditions Commerciales Inc.  
RENÉ SOULARD

EDITEURS: L'Association des Diplômés de Polytechnique, en collaboration avec l'École Polytechnique de Montréal, la Faculté des Sciences de l'Université Laval et la Faculté des Sciences de l'Université de Sherbrooke. Publication mensuelle. — Imprimeur: Pierre Des Marais Inc — Abonnements: Canada et Etats-Unis \$5 par année, autres pays \$6. — Le Ministère des Postes, à Ottawa, a autorisé l'affranchissement en numéraire et l'envoi comme objet de la deuxième classe de la présente publication.

DROITS D'AUTEURS: les auteurs des articles publiés dans L'INGÉNIEUR conservent l'entière responsabilité des théories ou des opinions émises par eux. Reproduction permise, avec mention de source; on voudra bien cependant faire tenir à la Rédaction un exemplaire de la publication dans laquelle paraîtront ces articles. — L'Engineering Index et Chemical Abstracts signalent les articles publiés dans L'INGÉNIEUR.

Tirage certifié: membre de la  
Canadian Circulation Audit Bureau



## SOMMAIRE

54<sup>e</sup> année — No 237  
DÉCEMBRE 1968

### ARTICLES

#### DÉVELOPPEMENTS RÉCENTS DU MOTEUR À INDUCTION LINÉAIRE

par *Michel Poloujadoff et Yves Pelenc* ..... 14

Avec le moteur linéaire, "véritable crémaillère" magnétique, on assure aujourd'hui, sans aucune liaison mécanique, la propulsion directe d'un véhicule le long d'un rail. Ses étonnantes possibilités sont mises au service des moyens de transport et de manutention modernes imaginés pour faire face à l'évolution pressante des besoins; mais il répond aussi à mille autres applications. Dès lors, tout ce qui exige un effort de translation pour être déplacé sera de son domaine.

#### PROPRIÉTÉS DES OSCILLATIONS DE RELAXATION ET RYTHMES BIOLOGIQUES

par *Fernand A. Roberge* ..... 20

L'activité rythmique des organismes vivants et les oscillations de relaxation ont de nombreuses propriétés semblables. La connaissance de ces propriétés élémentaires est une condition essentielle à une étude plus poussée des rythmes biologiques. Dans ce travail, on discutera principalement du phénomène de seuil et des fluctuations cycliques d'excitabilité caractérisant les oscillations de relaxation.

### RUBRIQUES

#### ÉDITORIAL

L'éducation permanente ..... 5

TOUR D'HORIZON ..... 8

CARNET DES INGÉNIEURS ..... 30

DOCUMENTATION INDUSTRIELLE ..... 31

ABRÉGÉS ..... 32

BIBLIOGRAPHIE ..... 34

AGENDA ..... 34

INDEX DES MATIÈRES 1968 ..... 36

INDEX DES ANNONCEURS ..... 38

### PHOTO DE COUVERTURE

#### Cuve atomique née au Québec

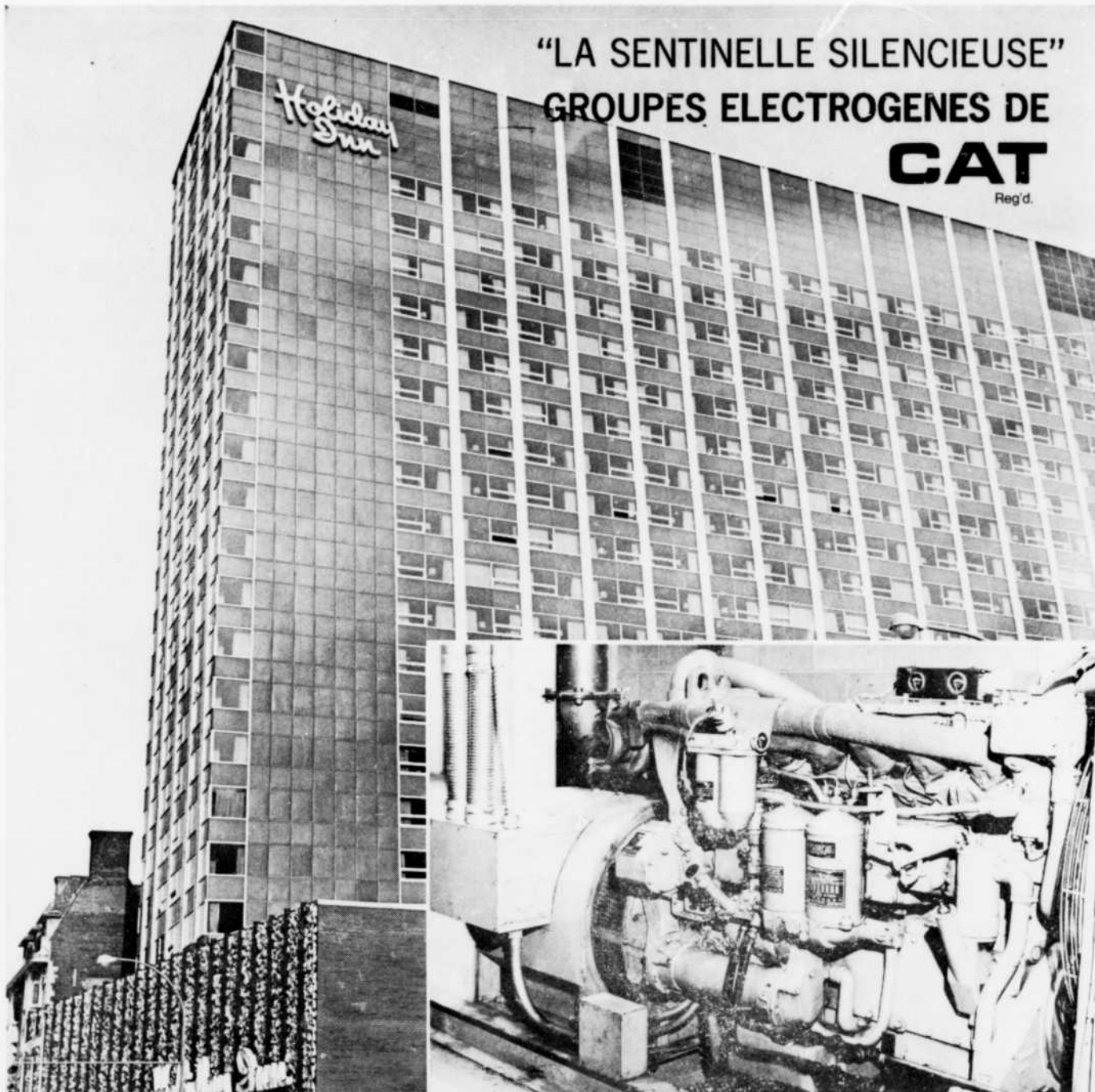
Le coin supérieur gauche de ce montage photographique fait voir l'équipe ouvrière de la Canadian Vickers Limited de Montréal, au moment où l'on fixe l'énorme cuve du réacteur atomique pour son voyage sur radeau métallique (coin supérieur droit), qu'elle doit accomplir jusqu'à Gentilly située à une dizaine de milles en aval de Trois-Rivières sur la rive sud du Saint-Laurent. A son arrivée (illustrations inférieures), l'ensemble est monté sur des rails et traîné à l'intérieur de l'enceinte étanche du réacteur.

"LA SENTINELLE SILENCIEUSE"

GROUPES ELECTROGENES DE

**CAT**

Reg'd.



Le nouveau "Holiday Inn" comprenant 500 chambres, situé dans le quartier des affaires, a sélectionné un groupe électrogène Caterpillar Modèle D-343 à cause de sa fiabilité, de son démarrage facile, de sa marche silencieuse, de son entretien simplifié, ainsi que du système de carburant économique. Le moteur Caterpillar Modèle D-343 fournit la puissance d'urgence assurant ainsi sécurité et sûreté; lorsqu'il

entre en fonction, il peut amener tous les ascenseurs au plancher principal et en maintenir un en marche, opérer les pompes à eau, les systèmes pour le feu et l'éclairage pour tout service vital. Il est en d'autres mots la sentinelle silencieuse du "Holiday Inn". Pour informations sur la gamme complète des groupes électrogènes d'urgence Caterpillar, veuillez communiquer avec Hewitt aujourd'hui même.

Cat, Caterpillar et Towmotor sont des marques déposées.

Holiday Inn, rue Sherbrooke ouest, Montréal

**CATERPILLAR**

Reg'd.

*Hewitt*

Equipment Limited | Equipment Limitée

**TOWMOTOR**

Reg'd.

**MONTREAL**  
697-6911

**QUEBEC**  
529-1381

**SEPT-ILES**  
962-3848

**VAL-D'OR**  
824-2783

## Un autre immeuble "tout à l'électricité"

### Foyer Ste-Anne Marie DANVILLE, P.Q.

Genre d'immeuble: Foyer pour personnes âgées

Surface: 12 672 pi<sup>2</sup>

Charges raccordées: Total: 176 kW  
(incluant 72 kW  
de chauffage)

Commandes: Stabilisateur de charges  
(16 pos.)

Thermostats

Coût de l'énergie: Demande maximale: 58kW

Consommation annuelle:  
188 700 kWh

Coût total: \$2 407

Coût/pi<sup>2</sup>: \$0.19

Coût/kWh: 1.3¢

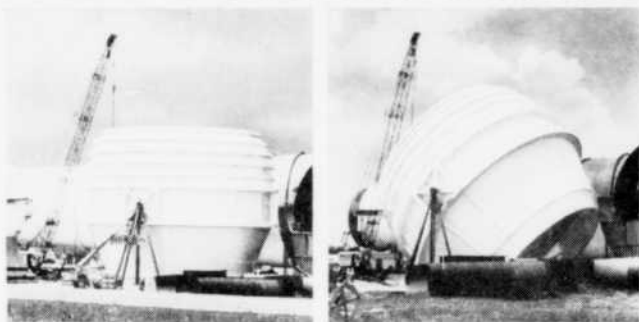
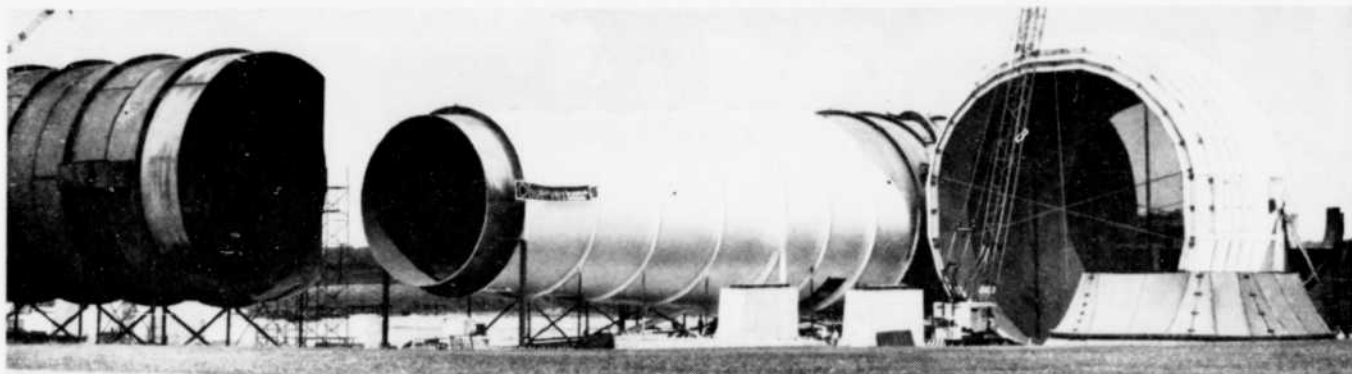
...le "tout à l'électricité" représente une solution des plus efficaces pour résoudre le problème de confort des personnes âgées. Dans chaque chambre, un thermostat permet aux locataires de régler la température à leur gré sans incommoder les voisins.

En outre, les frais d'entretien du système n'ont été que de \$16.95 en trois ans...

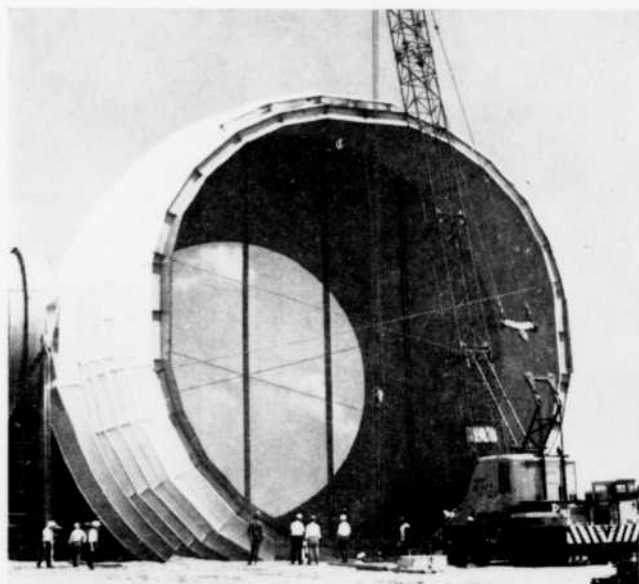
## Hydro-Québec

L'AVENIR EST AU "TOUT À L'ÉLECTRICITÉ" ... MISEZ DONC SUR L'AVENIR.





La section abritant la chambre d'ajustement, d'une hauteur de 65 pieds passe de la position de construction à celle qu'elle occupera dans l'ensemble.



Cette opération de pivotage d'une masse de 240 tonnes a été réalisée grâce à des béquilles spéciales construites et fabriquées par Horton. Ces béquilles ont d'ailleurs été pensées de façon à s'intégrer par la suite dans les structures permanentes de soutien.



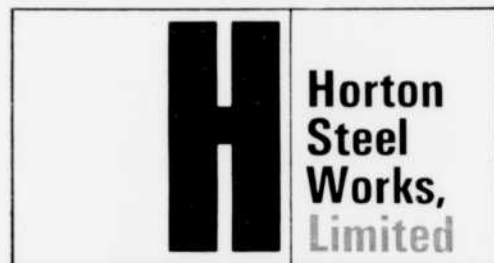
Une maquette à l'échelle de l'ensemble une fois terminé. La coupe permet de voir l'intérieur de la section abritant la chambre d'ajustement.

## Prévision Météorologique: **UN OURAGAN...** signé Horton!

La soufflerie V/STOL, en voie d'achèvement à l'aéroport Uplands d'Ottawa est une des plus grandes et des plus modernes installations du genre au monde. Il s'agit d'une sorte de "boucle" de forme rectangulaire dont la section principale mesure 349 pieds et la section transversale 100 pieds et dont le diamètre varie entre 38 et 82 pieds. Ces installations permettront l'étude d'éléments essentiels à la mise au point des avions à décollage vertical et des appareils utilisant des pistes très courtes: les maquettes pourront être soumises à des essais rigoureux à l'intérieur d'une section de 30 pieds sur 30 pieds à des vitesses atteignant les 200 pieds à la seconde.

Ce projet, conçu pour le Conseil National de la Recherche en collaboration avec le Département des Travaux Publics, a été confié à Dilworth, Secord, Meagher & Associates Ltd. Horton Steel s'est vu confier le contrat de la section du tunnel, ce qui constituait un défi d'autant plus grand qu'on ne donnait que les principales dimensions et le dessin aérodynamique. Toutes les autres facettes de la conception de cette oeuvre, la fabrication en atelier et l'installation sur le terrain reposaient entre les mains de la compagnie Horton, y compris le dessin des plaques d'acier, des supports du tunnel et des aubes de coin.

Des sections d'acier, d'un poids total de 1,800 tonnes, furent préfabriquées à l'usine de Fort Erié puis expédiées à 380 milles de là, sur les terrains même de l'aéroport d'Ottawa où le tunnel devait être construit selon des normes rigoureuses. Nous avons trouvé des solutions aux problèmes aussi nombreux que complexes. Ce n'est pas souvent qu'on nous demande de construire un tunnel pour soufflerie mais quand on le fait, nous nous mettons à la tâche avec les mêmes dispositions d'esprit que d'habitude, c'est-à-dire avec enthousiasme, ingéniosité et compétence.



Bureau: 1255, rue University, Montréal, Qué.  
Construction partout au Canada



## L'éducation permanente

Fourestier, dans son livre intitulé "Le grand espoir du XXe siècle, écrivait : "La découverte se fait plus vite que l'information".

En effet, bien que les méthodes modernes de diffusion nous permettent de prendre conscience de l'évolution quotidienne des sciences et des techniques, l'ingénieur, pour rester un innovateur, ne peut se fier uniquement sur l'amoncellement de recettes et de connaissances acquises à l'université et qui deviennent très vite périmées. Régulièrement, par un effort de réflexion personnelle, il doit suivre l'évolution technologique et tendre à améliorer ses connaissances. Autrement, il risque de devenir étranger à son temps, à moins qu'on ne tente un effort d'éducation permanente.

Déjà, aux États-Unis, on évalue à près de 50% le nombre des ingénieurs qui ont participé ou participent à des actions relevant de l'éducation permanente. On note le même phénomène en URSS et dans bien d'autres pays.

Chez nous, au Canada, il est difficile de faire une évaluation précise et réaliste parce que les programmes mis sur pied originent souvent de cas isolés. Il n'existe pas encore, au sein de la profession, une politique nationale de recyclage et de reconversion d'emplois. On préfère, à tort, s'en remettre à l'effort personnel de chaque ingénieur croyant, selon un cliché très usé, que cet effort individuel est une preuve de maturité intellectuelle et professionnelle de la part de celui "qui ne veut pas perdre pied devant les modifications perpétuelles de l'environnement dans lequel il vit".

Nous croyons à l'effort personnel comme prise de conscience individuelle. Il est même nécessaire. Cependant, dans les cas de recyclage et de reconversion d'emplois chez un groupe, comme celui des ingénieurs, il appartient à l'organisme responsable devant la société de mettre sur pied les programmes ou les mécanismes qui vont permettre à chacun des membres d'acquérir les connaissances nouvelles nécessaires à l'exercice de leur profession. C'est une question d'éthique professionnelle dont il faudrait tenir compte dans les critères d'admissibilité.

Tout le monde reconnaît que nous vivons à une époque où l'évolution technologique prend le pas et subordonne nos activités quotidiennes. Cet écart, bien loin de diminuer, ira en s'élargissant. Pourtant, l'on continue à émettre des diplômes à vie, qui autorise légalement la pratique du génie, sans tenir compte de cette évolution dont les ingénieurs sont paradoxalement les premiers auteurs. Nous n'irions pas jusqu'à exiger que l'ingénieur ait à subir de nouveaux examens pour prouver sa compétence, mais tout au moins, qu'il démontre, et cela à tous les dix ans, l'acuité de ses nouvelles connaissances par les cours de recyclage qu'il aura poursuivis.

Une récente conférence de presse du président de la CIQ nous annonçait des modifications prochaines aux règles de régie de la profession de génie et une mise à jour du code d'éthique professionnelle. Faut-il sous-entendre et espérer qu'il sera fait mention d'éducation permanente ?

L. Nap. Létourneau, ing.  
rédacteur en chef

# ***Nous présentons le tout-nouveau***



## ***Si silencieux qu'il faut vous en***

**La recherche et l'expérience de Trane appliquent de nouvelles idées dans un ventilateur de conception nouvelle... et établissent de nouvelles normes de silence pour le fonctionnement d'un ventilo-convecteur !**

Seul le confort de la climatisation vous dit que l'appareil fonctionne.

Parce qu'aux basses vitesses vous ne pouvez l'entendre.

Et à haute vitesse vous n'entendez qu'un souffle.

Et à n'importe quelle vitesse le nouveau Quiet Zone UniTrane crée une climatisation exceptionnellement silencieuse pour les bureaux, conciergeries, motels, hôtels et hôpitaux.

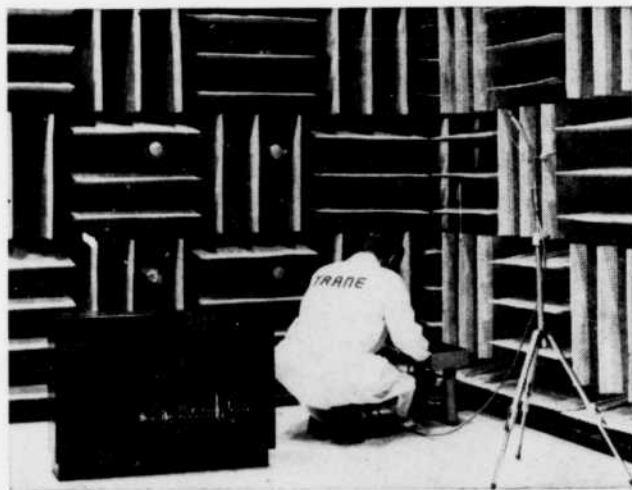
Pourquoi ? Parce qu'une nouvelle conception... rendue possible grâce aux travaux de recherche de Trane... a été mise au point exclusivement pour le ventilo-convecteur UniTrane.

Par exemple, l'enveloppe du nouveau ventilateur possède une forme exclusive qui en accroît l'efficacité tout en éliminant le bruit.

Le passage de l'air dans le ventilateur est exceptionnellement doux. Deux causes importantes de bruit sont éliminées... le remous à l'entrée d'air du ventilateur et les secousses entre la sortie et le serpentin.

La bouche de décharge plus large procure une répartition d'air exceptionnellement uniforme à basse vitesse à travers le serpentin, assure un haut rendement à l'ap-

pareil et contribue encore plus à diminuer son bruit. L'air se déplace doucement et ne cause pas de remous qui sont une source de bruit.



**Des épreuves comparatives démontrent que le UniTrane est le plus silencieux**

# ventilo-convecteur UniTrane



## approcher d'aussi près pour l'entendre

La nouvelle roue aérodynamique du ventilateur tend aussi à éliminer le bruit. En fait, elle élimine le son de haute fréquence... soit les sons les plus irritants pour l'oreille.

Toutes les évaluations de sons ont été prises dans le laboratoire d'acoustique de TRANE. Les épreuves ont été menées en conformité avec le standard de l'industrie 433-66, une procédure d'essai mise au point par l'Air Conditioning and Refrigeration Institute.

Voilà les faits quant à l'intérieur du nouveau Quiet-Zone UniTrane. Avec plus de 200 combinaisons possibles, le choix est tout aussi passionnant et flexible.

Dans beaucoup de réalisations des appareils plus petits et moins coûteux peuvent être utilisés pour satisfaire aux données... parce que le nouveau UniTrane peut fournir plus de rendement par pcm. Dans d'autres cas vous pouvez diminuer de moitié le coût de la tuyauterie, de l'isolation et du pompage... grâce aux choix offerts.

**5 modèles de base** — Appareils verticaux—en forme de meuble ou dissimulés, sur pied ou muraux. Aussi appareils horizontaux dissimulés.

**4 serpentins de base chauffants-refroidissants** — Capacité standard; grande capacité; serpentin auxiliaire à l'eau pour emploi dans les systèmes à 4 tuyaux et serpentins à haute température de l'eau qui permettent une économie dans le coût du système allant jusqu'à 5% de la valeur totale du contrat d'installation.

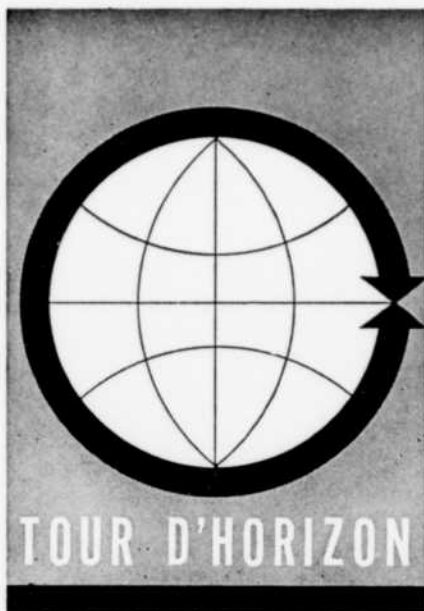
Il y a aussi un côté esthétique au nouveau UniTrane. Les ingénieurs concepteurs ont donné à la gamme une forme élancée et discrète qui ajoute à la beauté de tout décor. C'est pourquoi nous disons...

**Vous n'avez jamais vu ni entendu** un ventilo-convecteur comme celui-ci. Voyez-le... essayez de l'entendre. Ce chic appareil est la solution tranquille à vos besoins de climatisation. Appelez le bureau de vente TRANE le plus près de chez-vous. Trane Company of Canada Ltd., Toronto 14, Ontario.

**TRANE**  
POUR TOUT PROBLÈME  
DE CLIMATISATION

300, CANAL BANK ROAD, VILLE ST-PIERRE, QUÉ.  
1297, DE LA JONQUIÈRE, QUÉBEC 8, QUÉ.

Ingénieurs fabricants d'appareils de climatisation, de chauffage, de ventilation et d'échange de chaleur.



### Recherches en sécurité routière

La sécurité routière, sujet de préoccupation croissante pour les Canadiens devant la mortalité effarante sur les routes est devenue un objectif majeur des ingénieurs selon l'Institut Canadien des Ingénieurs (EIC).

L'Institut poursuit des recherches sérieuses en sécurité routière depuis 1965 alors que son comité de recherches en sécurité routière fut créé durant la présidence de M. Gaétan J. Côté, M.E.I.C. Le comité est maintenant pourvu d'un octroi substantiel de la fondation Donner du Canada grâce auquel il dirige plusieurs projets de recherches multi-disciplinaires.

Les projets de recherches poursuivis actuellement par l'Institut comprennent des études sur la conception des véhicules automobiles, la construction des routes, l'usage d'équipement de sécurité, le contrôle de la circulation, l'éclairage des véhicules, la protection des piétons, la compétence des mécaniciens de garage et le rôle que peuvent avoir le psychologue et le sociologue dans la sécurité routière. Des progrès ont été marqués dans chacun de ces domaines si bien que le Bureau des Devis du Gouvernement Canadien a appuyé les conclusions du Comité de l'Institut et les a transmises aux manufacturiers d'autos canadiennes pour qu'ils modifient leurs conceptions en conséquence. Le comité a également collaboré avec le Ministère Ontarien de la voirie pour corriger les défauts d'un échangeur sur la route 401 où s'étaient produits les tragédies étudiées par le Comité en 1967.



### Inauguration de nouveaux ateliers de Fabrication et de Panneaux au chantier de Marine Industrie Limitée

L'Honorable D. C. Jamieson, Ministre Responsable de la Production de la Défense du Canada a inauguré à Sorel, le 22 novembre dernier, les nouveaux Ateliers de Fabrication et de Panneaux au chantier de Marine Industrie Limitée.

Les nouvelles installations permettent maintenant à Marine Industrie de procéder aux travaux d'acier suivant une ligne continue d'opérations.

En effet, à la réception sur le chantier des tôles d'acier, celles-ci sont transportées à l'aide d'un pont magnétique vers un parc d'entreposage. De là, un système de convoyeurs continus achemine chacune des tôles au travers d'appareils qui procèdent successivement à l'enlèvement de la neige, au nettoyage, au séchage, au décapage des scories, à l'application d'une couche d'appret ou couche de fonds puis au séchage final. Ainsi préparées, les tôles pénètrent toujours sur un convoyeur mécanisé dans l'Atelier de Fabrication pour être découpées au moyen de machines à contrôles électriques qui suivent une diagramme tracé à l'échelle 1/10 pour ensuite être pliées ou formées selon le besoin au moyen de rouleaux mécaniques ou de presses hydrauliques.

Les profilés ou membrures entrent dans l'Atelier de Fabrication de la même manière, sont marqués, coupés puis pliés à froid au moyen d'une puissante presse hydraulique.

Les aciers, une fois préparés, sont alors groupés sur des plateaux qui sont

entreposés dans des endroits prédéterminés suivant un code de localisation bien défini. Dans ce second atelier, les opérations se divisent en deux parties, selon qu'il s'agit de panneaux plats ou de panneaux courbés.

Les différentes tôles qui doivent former un panneau plat sont juxtaposées sur un convoyeur et assemblées au moyen d'une machine qui soude les plaques en une seule opération et d'un seul côté. L'équipement employé à cet effet a été conçu et développé par Marine Industrie et est considéré être à l'avant garde dans l'industrie de la construction navale. De même, la Compagnie a aussi entièrement réalisé et construit un appareil pour souder simultanément les deux côtés des membrures sur les tôles.

Pour faciliter l'assemblage et la soudure des panneaux courbés, on emploie des supports télescopiques qui s'ajustent parfaitement à la forme de chacun des panneaux.

Dans ce même atelier, on peut aussi procéder au sous-assemblage de plusieurs panneaux ensemble. Tous les services requis sont en place et un système de ponts roulants motorisés peut servir en tout point dans l'atelier.

Enfin, encore là le matériel ainsi préparé est acheminé vers un parc d'entreposage qui alimente l'Atelier de montage où les panneaux sont assemblés en sections de navire.

## Les emplois professionnels augmentent mais de façon inégale

Selon le Conseil de Placement Professionnel, les postes vacants pour les ingénieurs, hommes de science et autres professionnels ont augmenté durant le troisième semestre de 1968. Le Conseil, un organisme sans but lucratif, se consacre au placement d'administrateurs, d'ingénieurs et de savants.

Comparativement à la même période l'an dernier, les postes vacants enregistrés par 1,300 employeurs à travers le Canada ont augmenté de 16%. Cependant, vu le nombre de professionnels sur le marché du travail, les employeurs continuent d'être très sélectifs et certaines disciplines, comme le génie civil par exemple, restent en demande limitées.

Au Québec, la carence la plus sérieuse est celle des jeunes ingénieurs en mécanique. A ces derniers, s'ajoutent les programmeurs, analystes de systèmes et ingénieurs des ventes. Pour la majorité de ceux-ci, on exige de nombreuses années d'expérience sans lesquelles il est difficile de se faire valoir. Les ingénieurs des ventes possédant une formation académique en génie civil, mécanique ou électrique sont en petit nombre. Quant aux postes pour programmeurs et analystes de systèmes, ils s'adressent aux diplômés universitaires dont les salaires varient entre \$8,000 et \$18,000.

On rapporte aussi une carence d'ingénieurs métallurgistes, géologues, miniers et géophysiciens, desquels on exige de l'expérience dans une industrie spécifique.

On enregistre de légères augmentations dans le nombre des vacances pour de jeunes ingénieurs chimistes et pour des comptables dont le salaire n'excède pas \$12,000. Il en est de même pour les dessinateurs en tuyauterie, les jeunes ingénieurs électriciens, les techniciens en chimie et les dessinateurs expérimentés en électricité et en charpente. La demande est forte pour des ingénieurs possédant de l'expérience dans les transports, la circulation, le traitement des égouts, le contrôle de la pollution et la conception d'électricité d'usines. Le mot magique "expérience" s'applique aussi dans les cas des ingénieurs en électronique pour ce qui est des micro-ondes, de l'instrumentation et de la production. Par contre, les postes vacants se font de plus en plus rares pour les techniciens en études de temps et mouvements, les directeurs de personnel et les techniciens en génie civil.

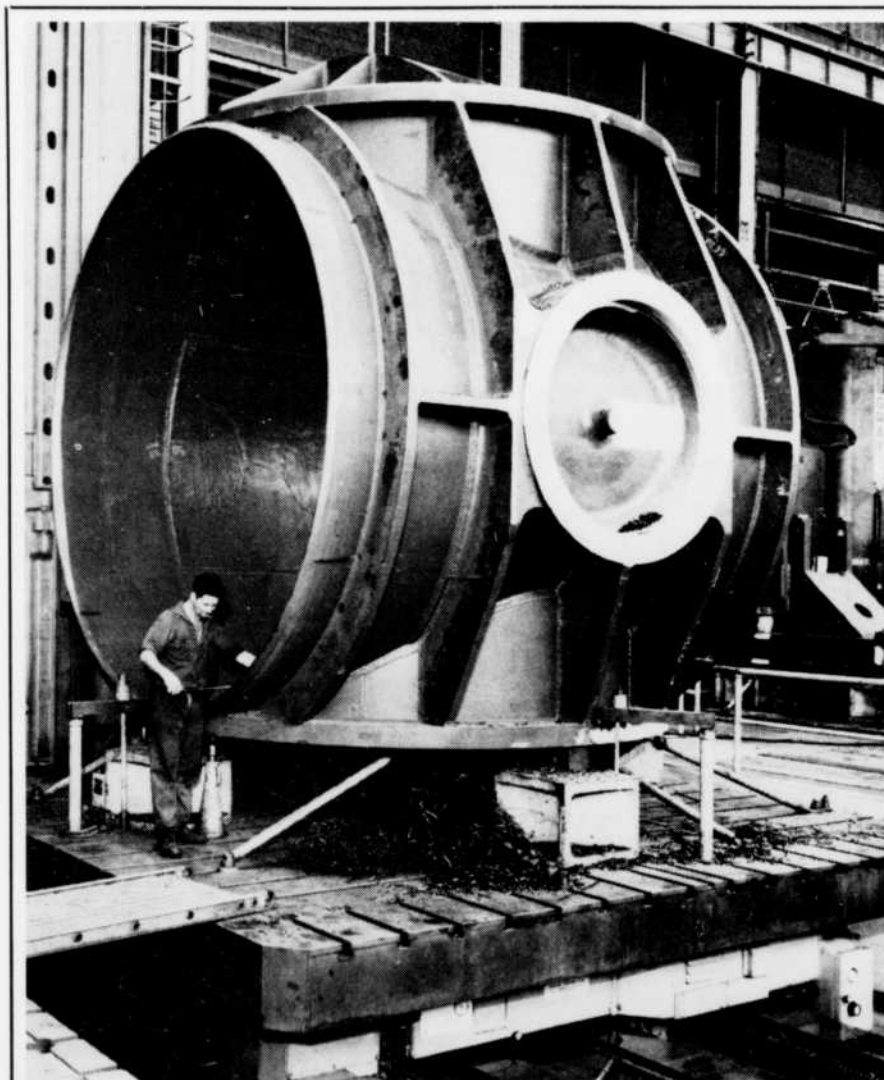
Le Conseil enregistre une hausse du nombre de postes entre \$15,000 et \$23,000, mais relativement peu de positions offrant entre \$25,000 et \$40,000. A cause de la tendance croissante à promouvoir les administrateurs au sein même des entreprises, la majorité des vacances offrent des salaires inférieurs à \$12,000.

## Un exploit de la Stelco : du minerai de fer réduit directement en acier

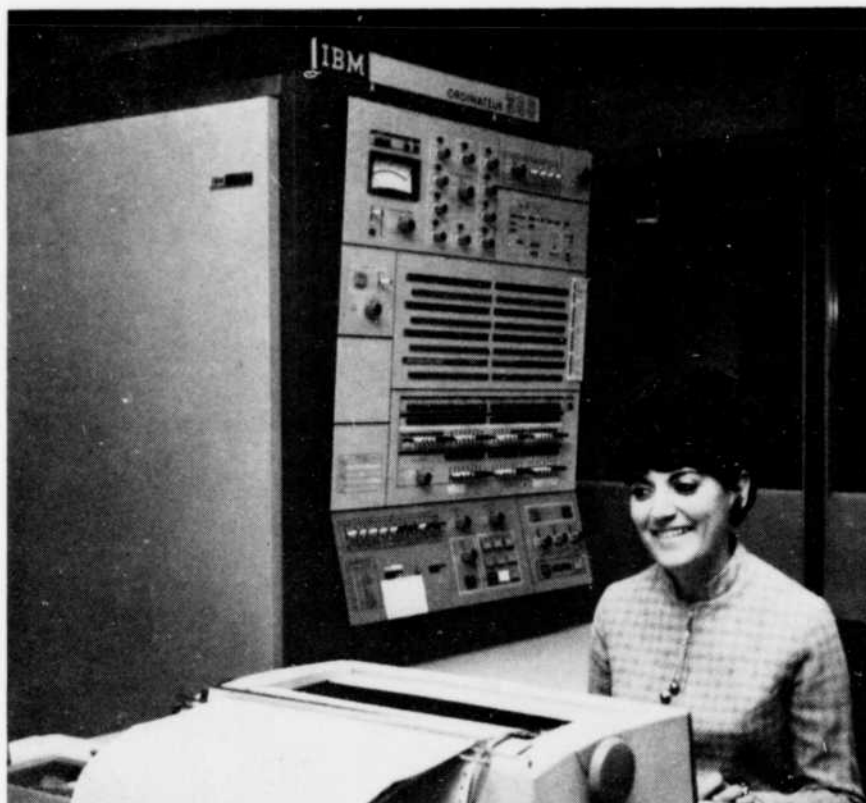
L'aciérie The Steel Company of Canada, Limited, de concert avec la compagnie Lurgi-Chemie de Francfort, Allemagne de l'Ouest, a révélé le 8 novem-

bre qu'elle a converti récemment, pour le compte de The Hamersley Iron P'y., Limited, de Port Dampier, en Australie, 1,200 tonnes de minerai de fer directement en acier, sans passer par l'intermédiaire du four de cokéfaction et du haut fourneau, exploit qui a eu lieu en présence d'un groupe d'aciéristes allemands, canadiens, belges, français, japonais, australiens, néo-zélandais, anglais et américains.

La Stelco a procédé à cette élaboration d'acier pour Hamersley en transformant tout d'abord le minerai de Hamersley en fer métallique dans son four rotatif SL/RN à l'usine Hilton, à Hamilton. Le fer métallique a été expédié ensuite à l'usine Premier de la Stelco, à Edmonton, Alberta, où il a été converti en acier par chargement continu dans un



La partie essentielle de chacune des huit soupapes sphériques gigantesques destinées à Manic 5 est un tampon de 60 tonnes dont la rotation de 90 degrés à l'intérieur d'un corps formé de deux pièces d'acier trempé permet la fermeture complète de la soupape en moins d'une minute. Les soupapes sont fabriquées par Dominion Engineering Works Limited de Lachine pour le compte de l'Hydro-Québec. Leur calibre de 12 pieds de diamètre en fait les plus grosses de ce type dans le monde entier. Il s'agit d'une commande de plus de \$4 millions.



### Un nouveau service de l'Hydro-Québec : CALMEC

En 60 secondes, un ordinateur peut évaluer le coût annuel de l'énergie électrique dans un édifice chauffé à l'électricité. Tel est, en résumé, le principal avantage du nouveau service que l'Hydro-Québec offre gratuitement aux architectes et aux ingénieurs-conseils.

Il s'agit d'une initiative sans précédent de la part d'une grande entreprise québécoise; elle a pour but de mettre les dernières techniques de l'informatique à la portée du plus grand nombre, alors que, malgré l'emprise croissante de la mécanisation sur le monde des affaires, beaucoup de compagnies ne peuvent encore s'offrir les services de cerveaux électroniques. Les constructeurs, tout au moins, pourront désormais confier à ceux de l'Hydro-Québec une partie de leurs calculs.

Par suite de l'application croissante du "tout à l'électricité" dans les édifices commerciaux et industriels, les concepteurs de projets doivent en effet entreprendre des études de rentabilité à court et à long terme, dans lesquelles de nombreux facteurs entrent en ligne de compte. Effectuées sans l'aide d'une machine, de telles études exigent beaucoup de temps; c'est pourquoi la direction Mise en marché de l'Hydro-Québec a établi une méthode mécanisée de calcul, destinée à simplifier considérablement le travail des spécialistes du domaine de la construction.

Afin de décrire ce nouveau service, l'Hydro-Québec vient de publier une brochure intitulée CALMEC (Calculs mécanisés des coûts d'énergie électrique dans les édifices commerciaux et industriels), contenant des renseignements détaillés sur le fonctionnement de la méthode, ses principes de base et les résultats éventuels de son application. De plus, les intéressés y trouveront des tables de données climatologiques qui leur seront fort utiles.

Les ingénieurs-conseils pourront se procurer, dans leurs régions respectives, une formule de données auprès d'un représentant de la vente commerciale et industrielle de l'Hydro-Québec.

Cette formule, simple à remplir, est destinée à recueillir les principales caractéristiques de chaque projet, à partir desquelles un ordinateur IBM 360 pourra déterminer les besoins en énergie d'une construction et les coûts d'un système "tout à l'électricité" pour une année normale d'exploitation.

De même, le résultat des calculs sera transmis aux ingénieurs par le représentant de l'Hydro-Québec, qui pourra leur fournir l'aide et les renseignements complémentaires dont ils auront besoin. En outre, la brochure donne également toutes les explications nécessaires concernant l'emploi de cette formule.

### Nouvelle expansion de Sico Inc.

Sico Inc., le plus important manufacturier de peinture à capital exclusivement canadien, poursuit son travail d'expansion rapide.

La compagnie vient d'augmenter de 50% la superficie de ses installations à Québec et des locaux couvrant 12,000 pieds carrés de planchers ont été aménagés pour répondre aux besoins d'un personnel toujours grandissant. De nouveaux locaux, une capacité d'entreposage accrue et des terrains de stationnement spacieux pour les clients et les employés, permettent maintenant à la compagnie d'offrir encore plus de services à sa vaste clientèle.

Sico Inc., une compagnie du Québec qui progresse rapidement, a aussi une usine à Ville Jacques-Cartier (Montréal) et de vastes entrepôts à Moncton au Nouveau-Brunswick et à Hull. Elle fabrique toute la gamme des peintures émaux et vernis pour l'industrie et le commerce.

### Nouveau siège social de Hunter Douglas

Un nouveau siège social, destiné à consolider le contrôle des opérations internationales du Groupe de Compagnies Hunter Douglas a été inauguré officiellement le 24 septembre à Pointe-Claire, Québec, par le ministre du Commerce et de l'Industrie, l'Hon. Jean-Paul Beaudry.

Les bureaux de Pointe-Claire du Groupe Hunter Douglas constitueront le centre nerveux d'un complexe industriel dont les usines outre-mer sont situées en Hollande, Allemagne, Royaume-Uni, Australie, Nouvelle-Zélande, Colombie, Chili, et Venezuela, et les organisations de commercialisation dans plus de cinquante autres emplacements répartis dans le monde entier.

Les compagnies du Groupe fabriquent des matériaux de construction légers pour les centres commerciaux et les résidences, des machines-outils de haute précision, ainsi que des instruments et de l'équipement spécialisés.

Dans son allocution de bienvenue, M. Walter L. Heyman, membre du personnel dirigeant pour le Canada et les États-Unis a déclaré que cette inauguration marquait un jalon dans l'évolution de la compagnie qui débuta dans les années 1920, grâce à la fusion de plusieurs compagnies de machines-outils. L'événement a été particulièrement si-

**Voulez-vous consacrer plus de temps  
à vos travaux techniques, et  
moins à attendre?**



## Recourez à Kodak

Reproduisez simplement sur microfilm vos originaux de dessins. Vous pourrez ensuite les classer ou les distribuer dans des cartes à fenêtre.

De cette manière, les ingénieurs n'ont plus à attendre des heures qu'un dessin soit reproduit. Sur microfilm, il est rapidement disponible. De plus, il ne faut que quelques secondes pour obtenir un double du film ou une copie photographique, en cas de nécessité. Enfin, le microlecteur RECORDAK

vous met vos références sous les yeux.

Comme les cartes portant le microfilm original n'ont pas à sortir de la pièce aux archives, il est plus facile de préserver l'intégrité des dossiers.

Pour en savoir plus long sur la manière de transposer votre répertoire de dessins sur microfilms Recordak répondant aux normes D.N.D., consultez:

Recordak of Canada Limited, 4988  
Place de la Savanne, Montréal (P.Q.).



Systèmes de microfilmage **RECORDAK** de Kodak

gnificatif pour la province de Québec car le Groupe Hunter Douglas a prouvé la confiance qu'il mettait dans l'avenir industriel de la province.

---

### Projet de construction d'un immense complexe de recherches appliquées au Québec, en 1969

---

Au 36e congrès de l'ACFAS, qui vient de se tenir à l'Université d'Ottawa, fut révélé le projet d'un immense complexe de recherches appliquées, dont la construction débutera l'an prochain en banlieue de Québec.

Ce complexe scientifique a pour objectif précis la création d'un entraînement industriel qui conduira à la formation de nouvelles firmes et, de ce fait, conduira à la promotion d'une concentration industrielle, permettant ainsi au Québec de réaliser son évolution technologique.

Depuis 1966, plusieurs études ayant trait à la recherche et au développement (R & D) et au centre de recherche industrielle ont été commanditées par le Conseil d'orientation économique et les ministères de l'Industrie et du Commerce et des Richesses naturelles. C'est grâce à l'initiative du ministre des Travaux publics, M. Armand Russell, et son sous-ministre, M. J.-Alphonse Dugas, que les études d'implantation du C.S. ont débuté, en avril 1967, par la création, à ce ministère, du "groupe complexe scientifique".

Pour la première phase, la planification prévoit l'aménagement d'environ 500,000 pieds carrés. A la fin de l'an-

née 1975-76, la planification prévoit que la superficie totale sera d'environ 3,000,000 pieds carrés, pouvant loger 5,000 personnes, dont 1,350 scientifiques. Le total des budgets ministériels affectés directement aux laboratoires serait alors de \$47.1 millions. La population du C.S. pourrait atteindre les 7,000 en 1980.

---

### Inauguration de la Trans-Canadienne entre Bernières et Lauzon

---

Monsieur Fernand-J. Lafontaine, ministre de la Voirie, a inauguré le 15 novembre un tronçon de la Transcanadienne, long de 15 milles. La nouvelle autoroute traverse presque entièrement le comté de Lévis, dans sa moitié est, s'étendant depuis la municipalité de Bernières (Saint-Nicolas) jusqu'à deux milles des limites du comté de Bellechasse.

Construite à quatre voies divisées par un terre-plein de 100 pieds, une section de la nouvelle autoroute compte pour tant six pistes de roulement dans le secteur où la circulation sera la plus dense, près de l'échangeur en forme de "Y" qui, dans deux ans, permettra un accès direct au nouveau pont suspendu de Québec.

Cette section de la Transcanadienne a été réalisée au coût de \$15 millions, dont \$3 millions auront été dépensés au cours de l'exercice 1968/1969. L'éclairage et la signalisation viennent à peine d'être complétés; il restera, l'été prochain, à paver les accotements, à effectuer les travaux de protection et d'embellissement et à recouvrir la route elle-

même d'une couche de pavage définitive. Les contrats pour ces travaux de parachèvement ont tous été octroyés.

---

### Bourses d'études universitaires de l'Hydro-Québec

---

Cette année encore, l'Hydro-Québec continue son programme d'aide financière aux étudiants doués, qui désiraient poursuivre leurs études universitaires au niveau du DOCTORAT. Le but visé est de leur permettre d'acquérir une solide formation universitaire et de contribuer au progrès du Québec.

Sont admissibles, les citoyens canadiens bilingues (français-anglais) qui détiennent un diplôme universitaire d'une des universités du Québec (ce diplôme ne doit pas dater de plus de sept ans) et qui désirent étudier au niveau du doctorat dans les domaines suivants: sciences appliquées, pures, sociales, économiques et politiques, ou de l'administration.

Le montant varie selon l'état civil du boursier et le lieu des études. Les bourses accordées sont, en moyenne, de \$5,500.

Le Comité de sélection se compose de quatre membres choisis à l'extérieur de l'Hydro-Québec et fonde son choix sur: la valeur du dossier présenté par le candidat; les lettres de recommandation obtenues par le secrétaire du Comité de sélection; le projet d'études; et la réputation et le prestige de l'université choisie.

La bourse est accordée pour une année, mais elle peut être renouvelée pour une deuxième et une troisième année.

Les inscriptions doivent parvenir au secrétariat du Comité de sélection entre le 15 octobre et le 31 décembre de l'année qui précède le début des études.

Pour obtenir de plus amples renseignements, on est prié d'écrire à l'adresse suivante: Les Bourses de l'Hydro-Québec, a.s. secrétaire du Comité de sélection, 75 ouest, boulevard Dorchester, Montréal, Québec.

---

### Un ingénieur canadien présente la communication de base à la conférence des Nations-Unies sur les ports de pêche

---

Un ingénieur canadien a présenté la communication scientifique qui a ouvert la première conférence mondiale sur les ports de pêche et leurs marchés, à Brême, en Allemagne de l'Ouest, du 23 au 28 septembre 1968.



La Transcanadienne entre Bernières et Lauzon.

M. André Anctil, président de Sorès Inc. (Société de Recherches Économiques et Scientifiques) et administrateur des Entreprises SNC Ltée fut invité par l'Organisation des Nations-Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO) à présenter une communication intitulée « La gestion scientifique des ports de pêche ».

Cette communication, qui a été discutée au tout début de la conférence de six jours, proposait une méthode visant à améliorer, dans l'ensemble, le processus complexe que met en oeuvre la pêche commerciale, depuis la prise du poisson jusqu'à sa livraison au consommateur immédiat, qui se trouve parfois à des centaines, voire des milliers de milles des pêcheries.

La communication de M. Anctil représente à notre connaissance un premier pas vers l'implantation de méthodes de planification scientifique dans une des plus anciennes industries au monde. Les pêcheries ont, en effet, connu une expansion effrénée, tout en demeurant, à plusieurs égards, sensiblement les mêmes qu'au temps des Phéniciens.

Les mesures proposées par M. Anctil intéressent toutes les nations du monde, notamment les Canadiens qui puisent leur subsistance dans les vastes pêcheries situées au large des provinces Maritimes, du Québec et de la région côtière de la Colombie-Britannique. Les idées exprimées par M. Anctil rappellent les conclusions de plusieurs études réalisées par la société qu'il dirige.

### Une bourse d'étude qui sort de l'ordinaire

M. Gérard Zaloum de Surveyer, Nenniger & Chênevert Inc., est le récipiendaire 1968 de la bourse d'étude post-universitaire SNC. M. Zaloum présentement détenteur d'un B.Sc. en économie, a quitté Montréal récemment pour le Centre d'Études Industrielles à Genève en Suisse, où il étudiera en vue de l'obtention d'un diplôme en administration (M.B.A.).

À l'encontre des autres détenteurs de la bourse, M. Zaloum n'étudiera pas un sujet relié au génie. Il se penchera plutôt sur les problèmes particuliers au



A. Anctil, ing.



G. Saloum, ing.



Cette photographie fut prise lors de la présentation de la bourse Allied Chemical à l'École Polytechnique de Montréal. Cette bourse, d'une valeur de \$750., est réservée à un étudiant finissant en Génie chimique et accordée au mérite académique. M. Lucien Chartré, à gauche, représentant de la compagnie Allied Chemical, remet à M. Denis Lepage, ainsi qu'un plateau d'argent souvenir, un chèque au montant de la bourse.

domaine des affaires internationales. Le cours, d'une durée de onze mois, se compose de huit mois d'études académiques et de trois mois de stages dans l'industrie.

Institué il y a deux ans, le programme de bourses d'études post-universitaires SNC est considéré comme étant le plus important à être mis sur pied par une firme canadienne de consultants.

### « Poly » à l'aide de l'Afrique francophone

M. André Leclerc, chef de la division de génie sanitaire à l'École Polytechnique de Montréal est au Maroc où il va mettre sur pied un programme de formation post-universitaire d'ingénieurs sanitaires pour l'Afrique francophone.

Ce cours qui sera donné à Rabat en collaboration avec l'organisation internationale de la Santé, une agence des Nations-Unies pourra débuter vers la fin de 1969 grâce à l'aide fournie par les professeurs spécialisés de l'École Polytechnique.

Depuis plusieurs années déjà, l'OMS souhaitait organiser dans un établisse-

ment universitaire africain un cours spécialisé dans les techniques d'assainissement du milieu. Le concours de « Poly » vient à point pour créer cet enseignement au service des pays en voie de développement.

L'aide du département de génie civil de l'École Polytechnique est prévue pour une période variant de 4 à 6 ans jusqu'à ce que des cadres autochtones puissent assumer la gestion du cours qui sera donné dans la capitale du Maroc.

### Création d'une unité de recherche et d'aménagement du transport urbain

Le ministre des Transports a annoncé le 6 novembre qu'il avait chargé la Direction des méthodes et des recherches sur les transports de son ministère d'élaborer des plans en vue de la création d'une unité de transport urbain au sein du ministère des Transports. Cet organisme a pour but d'aider à étendre le rôle du gouvernement fédéral dans le rassemblement des données et dans le domaine des recherches et de l'expérimentation sur le transport urbain. ■

# Récents développements du moteur à induction linéaire

par M. POLOUJADOFF et Y. PELENC



Monsieur Michel Poloujadoff reçut son diplôme d'ingénieur électricien de l'Ecole Supérieure d'Electricité de Paris. Il passa ensuite une année à Harvard où il obtint une maîtrise ès sciences en mathématiques appliquées. Depuis 1961, il enseigne à l'Institut Polytechnique de Grenoble. Ses travaux portent sur les machines électriques, ce qui l'a amené à travailler à la théorie du moteur linéaire.



Monsieur Yves Pelenc reçut son diplôme d'ingénieur électricien de l'Ecole Supérieure d'Electricité de Paris. Après avoir travaillé à la mise au point de disjoncteurs, il s'intéressa à la mesure des hautes intensités à haute tension par transformateurs magnéto-optiques, puis au moteur linéaire. Il enseigne la technique des disjoncteurs à l'Institut Polytechnique de Grenoble et à l'Ecole d'Ingénieurs de Toulouse.

## Introduction

### Principe de base du moteur linéaire

Pour expliquer simplement le principe de fonctionnement d'un moteur linéaire à induction, il suffit de se servir de l'expérience très classique représentée par la fig. 1. Celle-ci montre un électro-aimant ali-

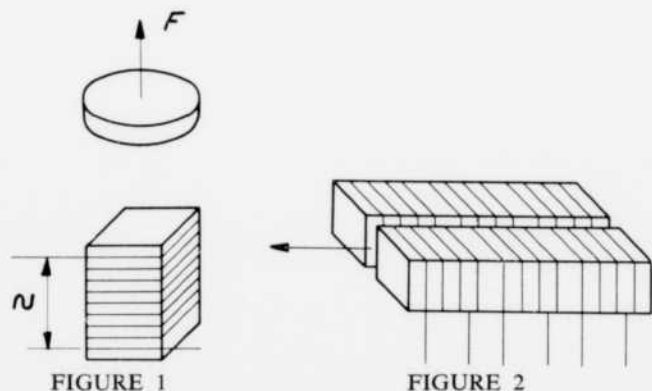


FIGURE 1

FIGURE 2

menté en courant alternatif et une pièce massive que l'on tente d'approcher de celui-ci. Si l'électro-aimant est suffisamment puissant, les courants de Foucault induits dans la pièce seront suffisamment importants pour la repousser avec force et la rejeter au loin. On peut montrer ainsi qu'il est possible d'exercer des actions à distance autrement qu'avec des aimants. Ceci étant, il est possible de comprendre que l'on peut réaliser un dispositif représenté dans son ensemble par la fig. 2 et doté de propriétés tout à fait particulières.

Les deux parties de l'ensemble représenté par la fig. 2 sont séparées par un intervalle d'air. Chacune est formée d'une partie magnétique, l'analogue du noyau de la fig. 1, et de fil de cuivre. L'alimentation se fait par un réseau triphasé. Si l'on introduit dans l'intervalle compris entre les deux parties une feuille conductrice de cuivre ou d'aluminium, celle-ci est violemment éjectée dans le sens de la flèche tout comme un obus est lancé par un canon.

D'après le principe de l'action et de la réaction, si l'on maintient la feuille conductrice fixe, c'est l'ensemble de la fig. 2 qui tendra à être projeté dans l'autre sens, tout comme le canon tend à reculer au départ de l'obus.

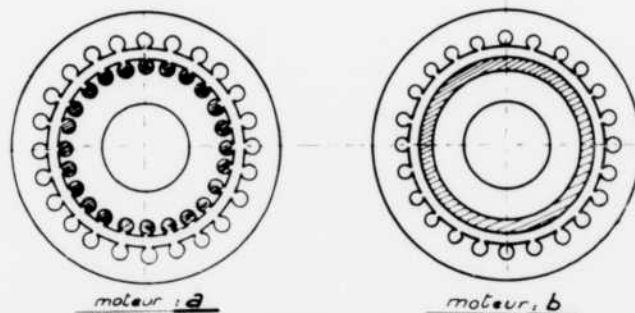
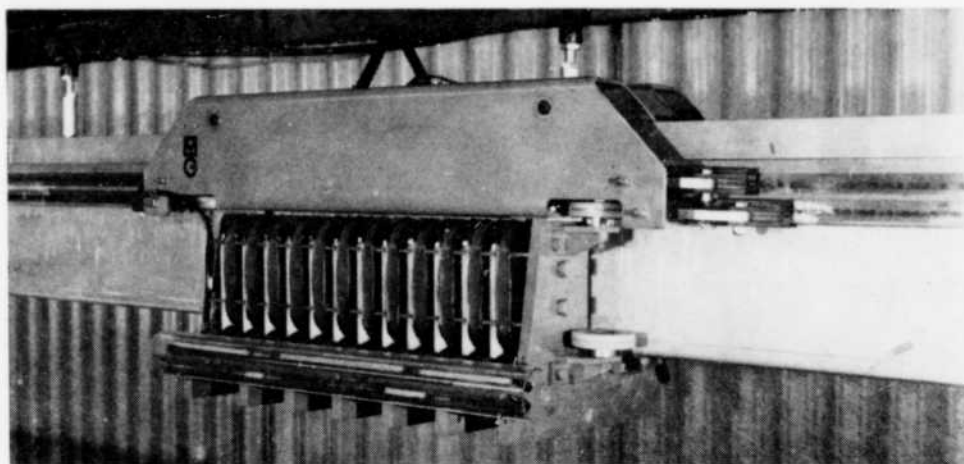


FIGURE 3



Le moteur linéaire Merlin-Gérin formé d'une partie fixe, le rail qui tient lieu de secondaire comme le rotor d'un moteur rotatif, et d'une partie mobile entraînée par un champ magnétique.

Pour se faire une idée plus précise du principe de base du moteur linéaire à induction, il est nécessaire de connaître le fonctionnement du moteur asynchrone à cage d'écuréuil qui est représenté sur la fig. 3a. La partie extérieure fixe du stator porte 3 enroulements qui, convenablement alimentés par un système triphasé, créent dans l'entrefer un champ tournant. Celui-ci induit des courants de Foucault dans la cage d'écuréuil et, d'après la loi de Lenz, celle-ci tendra à tourner dans le sens du champ tournant.

Si  $f$  est la fréquence du réseau,  $p$  le nombre de paires de pôles du moteur, la fréquence de rotation ainsi obtenue sera légèrement inférieure à  $f/p$  tours/seconde, et la vitesse linéaire d'un point du rotor voisin de l'entrefer sera égale à  $f\lambda$ ,  $\lambda$  étant le pas polaire.

Rien n'est changé à ce principe si l'on remplace le moteur de la figure 3a par celui de la figure 3b qui est assez rarement utilisé, sauf dans des applications spéciales de servomécanisme (moteur cloche). Ici la cage est remplacée par une couche métallique continue placée entre l'inducteur extérieur et un circuit intérieur de fermeture du flux.

Si l'on imagine maintenant de développer le moteur  $b$  comme l'indique la figure 4, on obtient un

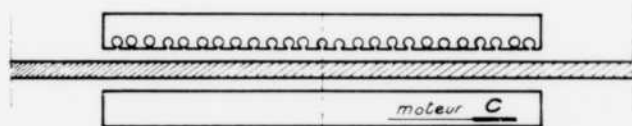


FIGURE 4

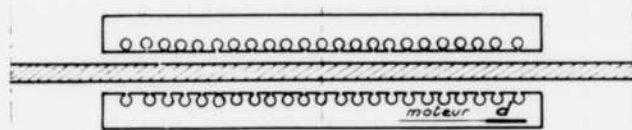


FIGURE 5

moteur linéaire que nous appelons  $c$ . Le champ tournant est devenu un champ glissant et il est nécessaire d'étendre indéfiniment la nappe de cuivre des deux côtés des parties magnétiques afin qu'elles n'en sortent jamais. Le moteur ainsi obtenu est un *moteur linéaire à inducteur court*. Pratiquement, il est plus intéressant de disposer des encoches dans la deuxième partie magnétique du moteur, ce qui permet de doubler le nombre de conducteurs du primaire sans augmenter le poids de la machine (figure 5). On peut également considérer un moteur tel que celui de la figure 6 où l'inducteur est beaucoup plus long; on dit alors que l'on a affaire à un *moteur linéaire à inducteur long*.

On peut également imaginer le moteur solénoïde de la figure 7. Celle-ci représente un cylindre, par exemple de carton, sur lequel on a enroulé des spires parcourues par un courant  $i$ , une fois dans un sens, une fois dans l'autre. La périodicité du bobinage est égale à  $\lambda$  et la longueur de chaque section est égale à  $\lambda/6$ . Dans les intervalles laissés libres, on disposera de même

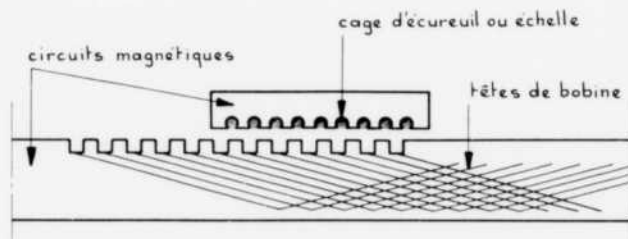


FIGURE 6

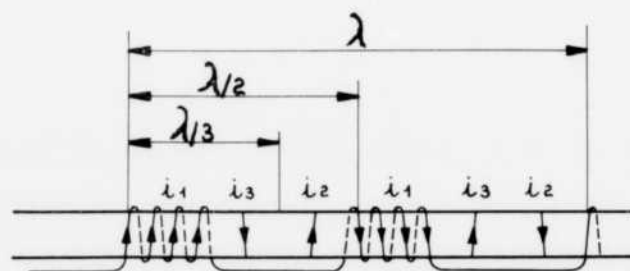


FIGURE 7

deux enroulements qui seront parcourus par des courants  $i_2$  et  $i_3$ . Afin de ne pas surcharger le dessin, on a représenté les enroulements correspondants par une seule spire.

Si  $i_1$ ,  $i_2$  et  $i_3$  sont des courants triphasés équilibrés, le champ qu'ils créent à l'intérieur du cylindre (qui est parallèle en tout point à l'axe de celui-ci) se déplace en bloc parallèlement à lui-même à la vitesse  $\lambda/f$ .

### Quelques applications de la notion de machine à champ glissant en dehors de la traction électrique

#### a) Les pompes à métaux liquides

De nombreuses industries atomiques utilisent du sodium fondu. Or, celui-ci ne peut être mis au contact de l'air à cause de son affinité avec l'oxygène. D'autre part, la température du liquide rend difficile de le propulser à l'aide de pièces mécaniques comme dans les pompes classiques. C'est pourquoi on a eu l'idée dès le début d'agir sur lui en employant les forces électromagnétiques.

On a ainsi réalisé des pompes à courant continu (dont nous ne parlerons pas), et des pompes à courant alternatif généralement basées sur le principe de la figure 7, et réalisées comme l'indique la figure 8. Sur cette dernière figure, on constate que le dispositif de la figure 7 est complétée par un circuit magnétique qui facilite la fermeture du flux de liquide qui circule entre les parois extérieures et la portion intérieure de ce circuit magnétique.

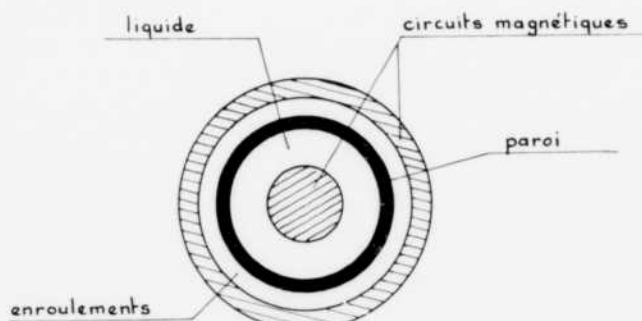


FIGURE 8

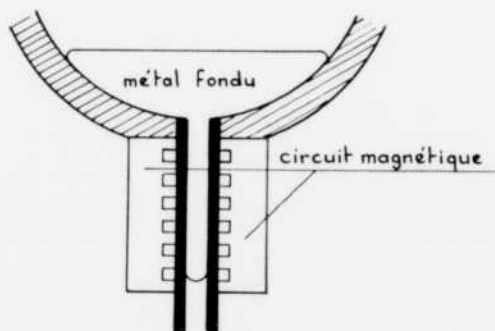


FIGURE 9

Dans le même genre d'idées, on a également réalisé, suivant les idées de l'institut BATTELLE, de Genève, une vanne électro-magnétique pour métal fondu dont le principe est indiqué sur la fig. 9. Suivant l'ordre de succession des phases, on peut dans le conduit vertical faire régner un champ magnétique ascendant ou descendant. Dans le premier cas, les forces induites dans le métal doivent être suffisantes pour équilibrer la pression du réservoir. Dans le deuxième cas, la coulée est facilitée. Lorsque la vanne fonctionne à la fermeture, la chaleur dégagée par induction dans le métal suffit à le maintenir en fusion. Naturellement, dans tous les dispositifs mettant en jeu des métaux fondus, il est nécessaire de disposer de moyens de refroidissement extrêmement énergiques pour la protection des bobinages.

#### b) Magnéto-hydrodynamique en veine liquide

Reprenons les dispositifs des figures 4 et 5. Si la nappe de cuivre glisse à une vitesse supérieure à celle du champ, alors le fonctionnement de la machine s'inverse et on a affaire à un générateur.

Il est donc tentant d'étudier des dispositifs où la nappe conductrice constituée par un métal liquide est mise en mouvement par une source d'énergie d'origine thermique. On peut espérer que le rendement sera ainsi bien meilleur qu'avec les dispositifs classiques, car les stades intermédiaires entre la source d'énergie et le générateur électrique sont beaucoup plus réduits.

On est cependant considérablement limité par des problèmes de simple technologie et par la tendance du liquide à se séparer en gouttelettes ou à faire des tourbillons.

#### c) Convoyeurs

On a également essayé de réaliser des convoyeurs à parois à l'intérieur desquels on aurait tissé une toile de cuivre formant secondaire et entraînée par un moteur linéaire suivant le schéma de la figure 10.

Malheureusement, pour que le dispositif fonctionne correctement, il est nécessaire que la conductibilité soit bonne entre tous les fils de trame et tous les fils de chaîne. Cette condition étant difficile à réaliser, le dispositif de la figure 10 a été abandonné pour l'instant.

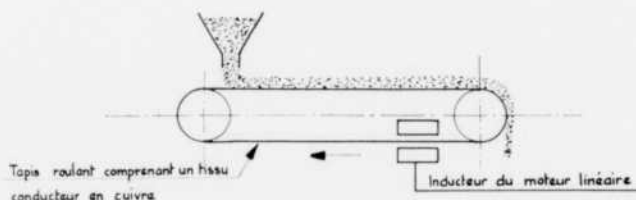


FIGURE 10

## Avantages du moteur linéaire appliqué aux problèmes de traction électrique sur roues

On peut envisager un mode de traction électrique comme celui indiqué sur la figure 11. Les deux demi-stators  $p_1$  et  $p_2$  sont solidaires du véhicule monté sur roues et se trouvent de part et d'autre d'un troisième rail  $r$  fixé à la voie.

Une telle disposition résout complètement le problème de l'adhérence (figure 12). En effet, on sait que sur tous les véhicules où certaines roues sont tractrices, on ne peut exercer un effort à la jante  $F$  que dans la mesure où la roue est appuyée sur le sol par une force  $\pi$  suffisamment grande. Dès que le rapport  $F/\pi$  dépasse une certaine valeur (coefficient de frottement de Coulomb) il y a patinage. Ici les roues sont uniquement sustentatrices et l'effort de traction s'exerce à distance entre les parties  $p_1$  et  $p_2$ , d'une part, et le rail  $r$ , d'autre part.

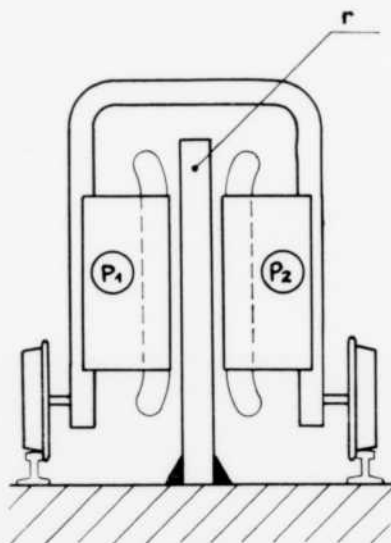


FIGURE 11

On peut, par conséquent, avoir l'espoir de monter des côtes beaucoup plus importantes avec un tel dispositif qu'avec un dispositif classique.

On a également pensé à se servir du moteur linéaire comme d'un moteur d'appoint sur les locomotives, comme l'indique la figure 13. Dans cette disposition, le rail lui-même sert à la fois de secondaire conducteur et de circuit magnétique de retour du flux. Outre l'effort de traction que l'on obtient de cette manière et qui, comme le précédent, se fait à distance,

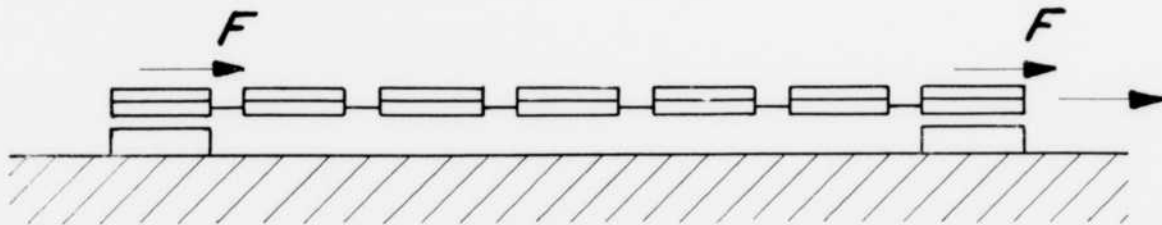


FIGURE 14

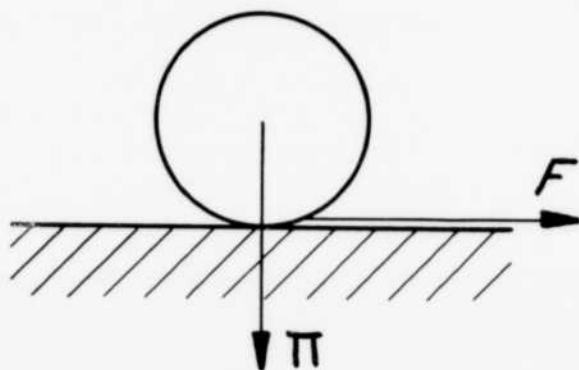


FIGURE 12

on profite de la forte attraction qui existe toujours entre deux parties d'un même circuit magnétique séparé par un entrefer. En effet, cette force, qui s'exerce verticalement entre l'inducteur et le rail, augmente le poids apparent de la locomotive et améliore par conséquent l'adhérence de celle-ci.

La figure 14 montre une disposition tout à fait différente des précédentes. A la partie inférieure de chaque voiture, on dispose l'ensemble d'un circuit magnétique de retour du flux et d'un induit conducteur. Sur la figure 14, on n'a représenté que ces éléments sans représenter les voitures. De place en place, on dispose des inducteurs fixes; la distance entre inducteurs fixes ne doit évidemment pas être inférieure à

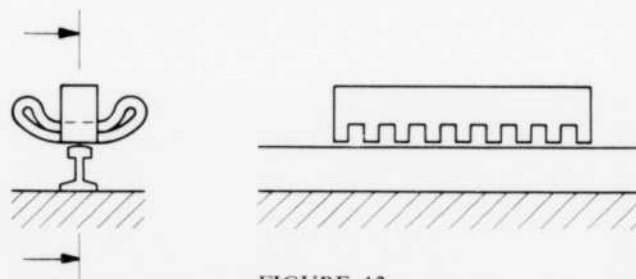


FIGURE 13

la longueur d'un train. Cette disposition a été expérimentée en Belgique dès le début du siècle par DULET. L'un de ses avantages est que comme les circuits parcourus par des courants sont fixes, on n'a besoin d'utiliser ni pantographe ni rail d'alimentation. Cependant, une telle installation est généralement plus coûteuse que celle de la figure 11. Il est d'ailleurs nécessaire de prévoir un appareillage tel que chaque inducteur placé sur la voie ne soit sous tension que lorsqu'il y a un induit en face de lui, sinon les pertes en ligne sont trop importantes.

## Les véhicules à coussins d'air positifs

Considérons sur la figure 15 une coupe renversée dans laquelle on augmente la pression au moyen d'un ventilateur (fig. 15). Cet excès de pression soulèvera la coupe au-dessus du sol et l'air fuira par les interstices ainsi créés. Le dispositif s'élèvera donc au-dessus du sol jusqu'à ce qu'il y ait équilibre entre la perte de charge créée par les fuites et la surpression fournie par le ventilateur.

On a ainsi construit un nombre assez considérable de véhicules dits à effet de sol. On augmente leur stabilité en divisant les chambres de pression en plusieurs éléments. Ainsi la plateforme de la figure 16 est supportée par six cylindres en matière souple dans lesquels on établit une pression à l'aide de ventilateur non représenté sur la figure. On diminue ainsi considérablement les effets dus au tangage et au roulis du véhicule.

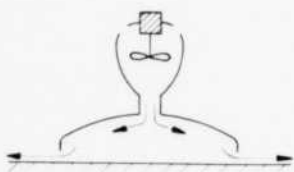


FIGURE 15

Coupe renversée dans laquelle on augmente la pression au moyen d'un ventilateur.

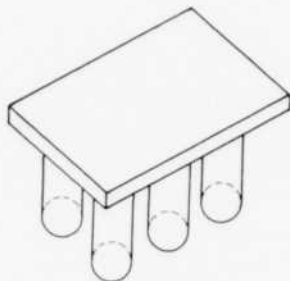


FIGURE 16

Un ventilateur établit une pression à l'intérieur de chacun des six cylindres.

La figure 17 montre un véhicule suspendu par ce procédé, et destiné à circuler sur des voies guidées comme un train. La voie est en forme de T renversé, la partie horizontale est en béton, la partie verticale est métallique, le véhicule est soulevé par des surpressions établies dans des compartiments horizontaux et il est maintenu dans l'axe de la voie par des surpressions établies dans des compartiments verticaux. La présence de l'élément fixe vertical et métallique permet de propulser le véhicule suivant le schéma de la figure 11, puisque les deux figures 11 et 17 ne diffèrent que par le mode de sustentation et de guidage du véhicule, des roues dans un cas, des coussins d'air dans l'autre.

On notera que pour un tel véhicule on ne peut imaginer d'autres modes de propulsion que le moteur linéaire ou les moteurs d'avion à hélice ou à réaction.

Naturellement, on peut employer un dispositif inversé tel que celui de la figure 14.

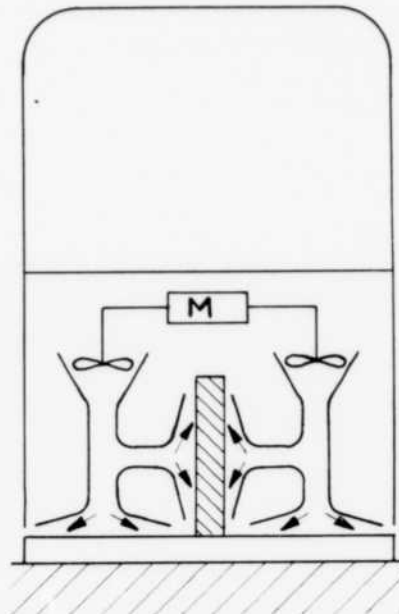


FIGURE 17

## Les véhicules à coussins d'air négatifs

Reprenons le dispositif de la figure 15 et essayons de le renverser et de l'approcher d'un plafond, mais au lieu de créer entre la coupe et le plafond une surpression, créons une dépression en aspirant l'air (figure 18a). La différence de pression  $p$  soulèvera l'ensemble le rapprochera du plafond, les arrivées d'air  $f$  diminueront, ce qui favorise l'établissement de la dépression et l'on voit que l'ensemble viendra se "coller" au plafond.

Réciproquement, si les fuites  $f$  deviennent importantes, l'ensemble tombera. On a donc affaire à un dispositif instable, contrairement au dispositif de la figure 15 qui est stable. On peut rendre la ventouse stable en utilisant le dispositif de la figure 18b. Dans ce dispositif, on voit que la fuite est créée au-dessus d'une portion horizontale et elle est définie par une hauteur  $h$ . Si  $h$  tend à diminuer, l'air ne rentre plus à l'intérieur de la coupe,  $p$  augmente et tend à soulever l'ensemble. Par contre, si l'ensemble tend à se soulever pour une cause quelconque,  $h$  augmente, l'air rentre sous la coupe,  $p$  diminue et l'ensemble retombe. On voit, par conséquent, qu'un tel système est stable tout comme celui des coussins d'air positifs.

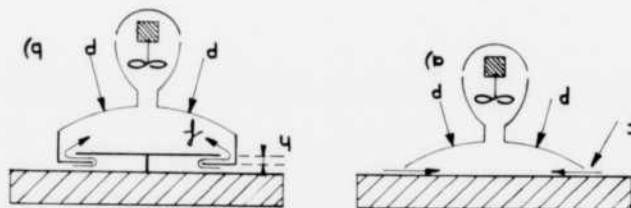


FIGURE 18

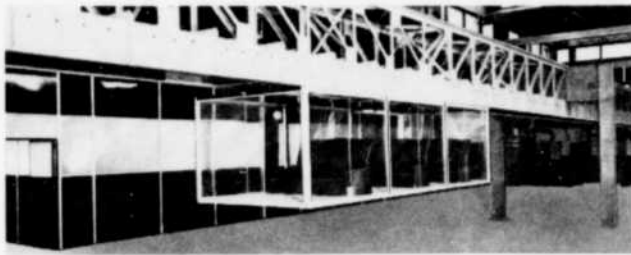


FIGURE 19

*Véhicule à coussin d'air négatif, équipé d'un moteur linéaire Merlin-Gérin.*

C'est à l'ingénieur français BARTHALON que l'on doit cette élégante solution.

On dit que l'on obtient des *coussins d'air négatifs* par opposition aux coussins d'air positifs traités au paragraphe précédent.

Par la combinaison de coussins d'air horizontaux et verticaux, on peut, comme dans le cas de la figure 17, guider un véhicule latéralement (fig. 19).

#### Forme de la courbe couple/vitesse pour les moteurs de traction

De tous les moteurs à induction, le moteur linéaire a une forme de courbe couple/vitesse telle que celle indiquée en pointillé sur la figure 20. Mais, en prévoyant une résistance du rail suffisamment grande, on peut avoir la courbe marquée en traits pleins sur la même figure; cela conduit, pour avoir un couple raisonnable en marche, à admettre que le point nominal soit le point *N*. L'avantage est que l'on dispose ainsi d'une courbe qui s'apparente assez à celle des courbes de traction normales. Il peut cependant sembler que la valeur importante du glissement constitue un inconvénient majeur. Or, il n'en est rien. En effet, on cherche généralement à faire fonctionner les moteurs d'induction à faible glissement pour deux raisons. La première c'est que l'exploitant désire que ses charges d'exploitation soient minimales, par conséquent que les pertes soient faibles; la seconde c'est que le constructeur cherche à réduire l'échauffement de la machine, et par conséquent ses pertes. Or, dans le cas qui nous préoccupe, les dépenses d'énergie sont extrêmement faibles devant l'ensemble des charges d'exploitation, et,

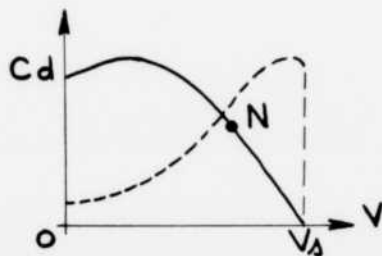


FIGURE 20

en ce qui concerne l'échauffement, on constate sans peine que les pertes se produisent toutes dans des parties de l'induit qui sont toujours très bien exposées à l'air et qui ne sont parcourues par des courants que pendant des temps très brefs.

Par conséquent, les arguments classiques contre l'utilisation d'un grand glissement sont ici sans objet.

#### Le problème de la captation du courant

Si l'on fait circuler des véhicules à faible vitesse, il est relativement facile de capter du courant triphasé à partir de 3 balais frottant sur des rails latéraux. Cependant, si l'on veut faire circuler des véhicules à des vitesses élevées, ce procédé devient inapplicable. Signalons, par exemple, que des essais de pantographe à 330 km/h ont montré que le matériel classique ne pouvait convenir. Aussi, certains ont-ils proposé pour l'utilisation de formule figures 11, 17 ou 19 à grande vitesse d'embarquer un groupe générateur comportant un moteur thermique et un alternateur.

On peut ainsi aisément résoudre les problèmes de régulation de vitesse en faisant varier la fréquence, mais on augmente considérablement le poids du matériel à transporter.

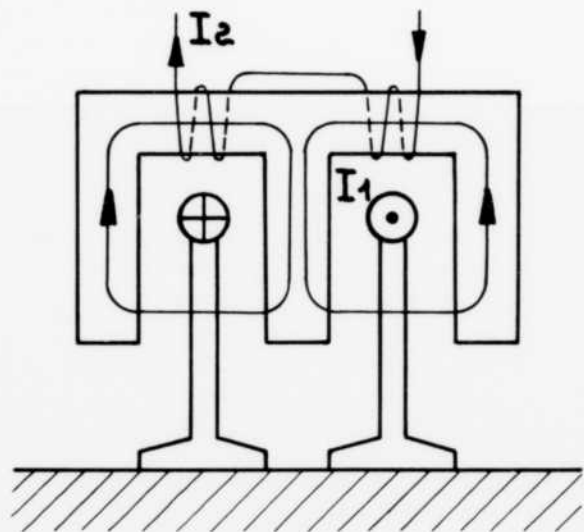


FIGURE 21

Mais une autre solution qui a été proposée est schématisée sur la figure 21. Une ligne monophasée court le long de la voie et constitue le primaire d'un transformateur. Le secondaire est formé d'un circuit magnétique en forme de *m*. Le trajet des lignes de force du champ magnétique est indiqué sur la figure 21 ainsi que les enroulements secondaires. On peut soit étudier une version triphasée de cet appareil, soit, à partir du secondaire monophasé, reconstituer du courant triphasé à fréquence variable à l'aide de cyclo-convertisseurs. ■

# Propriétés des oscillations de relaxation et rythmes biologiques

par FERNAND A. ROBERGE, ing.

## Introduction

Dans tout ce qui nous entoure on peut observer une organisation périodique ou cyclique qui est souvent caractérisée par des phénomènes rythmiques facilement détectables. Le système solaire, avec ses planètes évoluant le long de trajectoires sensiblement elliptiques, nous fournit une première manifestation de cette activité rythmique avec la périodicité des marées, les fluctuations cycliques du champ magnétique terrestre, l'alternance du jour et de la nuit, le cycle des saisons, etc. Sur un autre plan le cycle des épidémies, des crises économiques, des orages et autres phénomènes atmosphériques, ainsi que celui du sommeil des plantes sont quelques exemples de rythmes variés. Dans l'environnement immédiat de l'homme on retrouve la grande famille des rythmes circadiens (dont la période est d'environ 24 heures) qui est d'une richesse intarissable. Ces rythmes existent probablement à tous les niveaux du règne animal. On les a enregistrés sous la forme de fluctuations périodiques de photosynthèse, mitose et bio-luminescence aux plus bas niveaux de l'échelle phylogénétique, par exemple chez certains protozoaires. Chez l'humain de nombreux cas de rythmes circadiens ont été décrits également : les fluctuations de la température basale et du

taux de libération de certaines hormones peuvent être mentionnées à titre d'exemples. On croit même que les rythmes circadiens reflètent le fonctionnement d'une horloge biologique donnant à l'homme ce "sens du temps" familier à tous. Ce chronomètre biologique opère probablement avec grande précision chez les abeilles, les oiseaux et les pingouins qui doivent naviguer d'après la position du soleil et des étoiles <sup>(1)</sup>.

De par sa nature l'homme est peut-être particulièrement sensible à tous les phénomènes répétitifs, de sorte que ceux-ci se dégagent plus facilement de leur environnement parfois subtil. Ceci pourrait être relié au fait que l'organisme humain est une véritable fourmillière de rythmes de toutes sortes. En plus des rythmes circadiens déjà mentionnés, il y a de nombreux rythmes physiologiques tels que la faim, la soif, le sommeil, le cycle ovarien, etc. Une foule d'autres rythmes sont d'origine nerveuse : le mouvement respiratoire, le battement du cœur, le tremblement musculaire, le frissonnement, etc. On retrouve également de l'activité rythmique au niveau cellulaire, et l'exemple le plus courant est l'activité électrique spontanée ou automatique de certaines cellules nerveuses et musculaires. Au niveau moléculaire des oscillations impliquant des réactions enzymatiques ont été décrites également.

Cette activité rythmique des organismes vivants a été comparée aux oscillations physiques d'origine mécanique, électrique ou chimique. L'ingénieur familier avec les oscillations harmoniques et leurs nombreux domaines d'application verra immédiatement l'intérêt de ce rapprochement. Il ne faut pas se méprendre cependant sur la nature des ressemblances entre oscillations physiques et oscillations biologiques. En rapport avec ces dernières on prendra note des remarques qualitatives suivantes : i) elles sont non-linéaires et ne se prêtent pas par conséquent à l'analyse par la théo-



Le Docteur Fernand Roberge est assistant-professeur au Département de Physiologie, Faculté de Médecine, Université de Montréal. Il est également responsable du Programme de Génie Biomédical, mis sur pied en 1965 par l'École Polytechnique de Montréal et la Faculté de Médecine. Il a obtenu son diplôme d'ingénieur en 1959 et une maîtrise en Génie Électrique en 1960 de l'École Polytechnique. En 1964 il obtenait un Ph.D. de l'Université McGill, et le prix D.W. Ambridge pour l'excellence de son travail de thèse. Il a été Vice-Président (1966-67) et Président (1968) du "Biomedical Engineering Group of the IEEE, Montreal Section".

rie des oscillations harmoniques; ii) elles sont nettement de basse fréquence, pouvant atteindre un maximum d'environ 1,000 cycles par seconde dans certaines cellules nerveuses; et iii) elles appartiennent à la catégorie générale des oscillations de relaxation.

Dans le présent travail on discutera quelques principes fondamentaux de la théorie des oscillations de relaxation, particulièrement en ce qui a trait aux propriétés de seuil et d'excitabilité. Ceci sera fait en utilisant la méthode directe de Liapunov et la théorie discontinue des oscillations de relaxation, afin de mettre en évidence le phénomène de seuil caractérisant certaines équations différentielles non-linéaires. On discutera également des implications de ces propriétés relativement aux analogies avec l'activité rythmique des organismes vivants.

### Oscillations de relaxation

Les oscillations de relaxation forment une classe de phénomènes périodiques qui diffèrent des oscillations harmoniques sous plusieurs aspects. Ces dernières résultent généralement d'un transfert cyclique d'énergie entre deux éléments accumulateurs d'énergie (e.g., inductance-condensateur, masse-ressort, etc.) et le temps requis pour compléter un cycle est la période de l'oscillation. D'autre part, les oscillations de relaxation sont produites par la décharge périodique d'un élément accumulateur d'énergie qui est ensuite rechargé à partir d'une source d'énergie pratiquement infinie.

Les propriétés des oscillations de relaxation, telles que proposées par Van der Pol<sup>(2)</sup>, sont les suivantes : i) la période est déterminée par une forme de temps de relaxation; ii) elles sont une répétition automatique et périodique d'un phénomène typiquement aperiodique, le système atteignant périodiquement une condition d'instabilité; iii) leur forme diffère grande-

ment de celle des oscillations harmoniques, les oscillations de relaxation montrant des sauts discontinus; iv) elles sont très influençables par une force externe et se synchronisent facilement même sur une sous-harmonique d'une force périodique extérieure; v) le phénomène de résonance, si typique pour les oscillations harmoniques, est totalement absent dans les oscillations de relaxation; et vi) leur période est loin d'être aussi constante que dans le cas des oscillations harmoniques.

Il existe de nombreux exemples de systèmes physiques capables de produire des oscillations de relaxation. Des oscillateurs de relaxation électriques sont le multivibrateur, le disjoncteur à maximum, et en général tout oscillateur utilisant un élément dont la caractéristique comporte une région de résistance négative<sup>(3-4)</sup>. Le système du Vase de Tentale est un exemple d'oscillateur de relaxation hydraulique<sup>(4)</sup>. Le frein de Prony et le pendule de Froude sont des systèmes mécaniques capables de produire aussi des oscillations de relaxation<sup>(5)</sup>.

### Équation de Van der Pol

La théorie générale des oscillations développée par Van der Pol<sup>(3)</sup> inclut les oscillations de relaxation comme cas particulier. Les principaux aspects de cette théorie peuvent être introduits par l'étude d'une équation différentielle non-linéaire du second degré, l'équation de Van der Pol. Cette équation :

$$\ddot{x} + k(x^2 - 1)\dot{x} + x = 0 \quad (1)$$

représente une oscillation de relaxation typique lorsque  $k$  est suffisamment grand. Elle a été étudiée par Van der Pol lui-même qui obtint une solution graphique pour  $k=10$ .

Plusieurs auteurs ont discuté le phénomène de seuil de l'équation de Van der Pol d'une façon qualitative<sup>(6-9)</sup>. Ces considérations peuvent se résumer de la façon suivante. À partir de l'Équation 1, on voit que si  $x$  est initialement zéro le terme multiplicateur de  $\dot{x}$  est négatif et agit comme une résistance négative. On a alors amortissement négatif et la valeur de  $x$  augmente en fonction du temps. Cependant lorsque  $x$  dépasse l'unité la résistance devient positive. On a alors amortissement positif et  $x$  tend à diminuer. Le résultat net de ces deux actions opposées est une oscillation stable.

Dans la présente discussion on va démontrer d'une façon formelle la présence d'un phénomène de seuil dans l'équation de Van der Pol. Ceci sera effectué de trois façons différentes : i) par la considération du cas asymptotique où la valeur de  $k$  tend vers l'infini, ii) par une étude de stabilité basée sur la méthode directe de Liapunov, et iii) au moyen de la théorie discontinue des oscillations de relaxation.

### 3.1 Cas asymptotique

Dans le plan de phase de coordonnées  $x, \dot{x}$ , la trajectoire représentant la solution de l'équation de Van der Pol (Eq. 1) définit une courbe fermée appelée cycle limite<sup>(9)</sup>. Si une discontinuité brusque est rencontrée en un point quelconque de cette trajectoire, il existe un phénomène de seuil à ce point<sup>(10)</sup>. En considérant le cas asymptotique de l'Eq. 1, i.e. le cas où  $k$  tend vers l'infini, on va démontrer qu'un phénomène de seuil existe.

Au lieu du plan de phase conventionnel  $(x, \dot{x})$ , il est plus commode d'utiliser la représentation de Liénard<sup>(7,9)</sup> dans laquelle l'ordonnée  $\dot{x}$  est remplacée  $y = \dot{x} + F(x)$ .

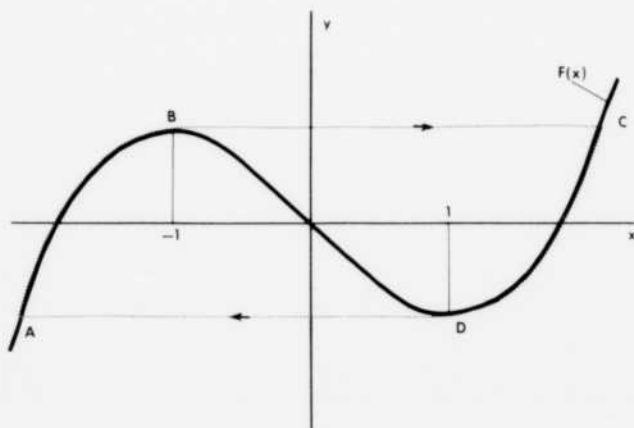


FIGURE 1

Cycle limite ABCDA de la solution de l'équation de Van der Pol lorsque  $k$  tend vers l'infini. Phénomène de seuil aux points B et D, où  $x^2 = 1$ .

$$F(x) = k \left( \frac{1}{3} x^3 - x \right) \quad (2)$$

Cette fonction est tracée à la Fig. 1. Alors l'Équation 1 devient :

$$\frac{dy}{dx} + \frac{x}{y - F(x)} = 0 \quad (3)$$

Lorsque  $k$  tend vers l'infini la solution prend la forme de la courbe fermée ABCDA, Fig. 1. À partir des Équations 2 et 3, il est possible d'estimer la vitesse  $\dot{x}$  le long des divers segments du cycle limite (9, page 111). On démontre en particulier que  $\dot{x}$  a une valeur finie le long des segments AB et CD. D'autre part  $\dot{x}$  prend une valeur pratiquement infinie le long de BC et DA. Par conséquent la trajectoire ABCDA a deux points de discontinuité brusque, les points B et D. En ces points  $\dot{x}$  passe subitement d'une valeur finie à une valeur infinie et un phénomène de seuil existe. Il est à noter que  $x^2 = 1$  aux points B et D.

### 3.2 Méthode directe de Liapunov

La théorie relative à la méthode directe de Liapunov est résumée à l'Appendice I. Quoique plusieurs fonctions-V pourraient être choisies pour l'étude de l'équation de Van der Pol (Eq. 1), une forme simple est celle qui représente l'énergie totale de l'oscillation<sup>(11)</sup>. Cette équation est donnée par<sup>(5,9)</sup> :

$$V(x, \dot{x}) = \frac{1}{2} (\dot{x}^2 + x^2) = V_0 - k \int_{t_0}^t (x^2 - 1) \dot{x}^2 dt \quad (4)$$

où  $V_0$  est l'énergie au temps  $t = t_0$ . Le diagramme de la Fig. 2 montre d'une façon approximative les variations d'énergie pendant un cycle de l'oscillation. La dérivée de l'énergie par rapport au temps est donc

$$\dot{V}(x, \dot{x}) = -k(x^2 - 1)\dot{x}^2 \quad (5)$$

Il est clair que  $V(x, \dot{x})$  est une fonction positive définie tel que spécifié à l'Appendice I. La fonction-V étant l'énergie totale de l'oscillation ne peut jamais être négative et prend une valeur infinie lorsque  $x$  ou  $\dot{x}$  tend vers l'infini. De même la dérivée  $\dot{V}(x, \dot{x})$  est une fonction positive définie pour  $x^2 < 1$ , et négative définie pour  $x^2 > 1$ .

En appliquant le Théorème I (Appendice I), on trouve que la solution de l'Équation 1 est asymptotiquement stable pour  $x^2 > 1$ . Donc la trajectoire représentant la solution dans le plan  $x, \dot{x}$  tend vers le point d'équilibre qui est l'origine du système de coord-

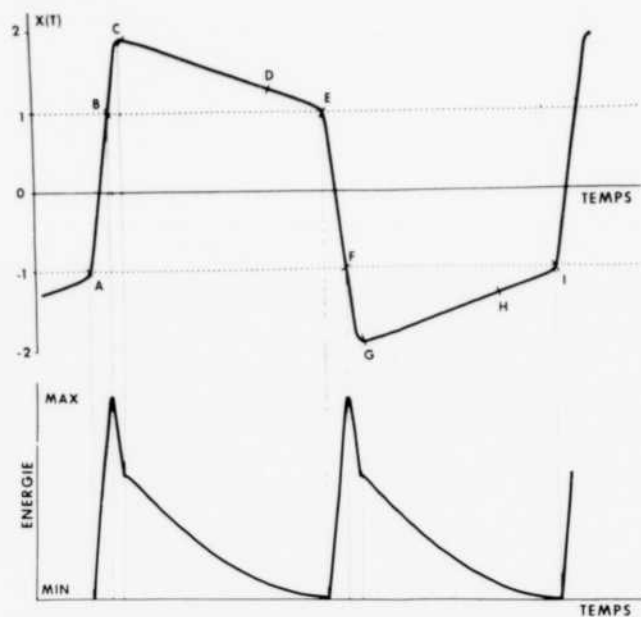


FIGURE B

En haut, un cycle de la solution de l'équation de van der Pol pour  $k = 10$ . En bas, schéma des variations de l'énergie totale de l'oscillation pendant un cycle.

données. D'autre part, à partir du Théorème II (Appendice I), il se trouve que cette même solution est instable pour  $x^2 < 1$ . Par conséquent la solution passe d'un domaine de stabilité à un domaine d'instabilité lorsque  $x^2$  passe par la valeur unité. Ce passage rapide de  $x^2 > 1$  à  $x^2 < 1$ , Fig. 2, indique que la trajectoire de la solution dans le plan de phase subit une discontinuité brusque à cet instant. On a donc un phénomène de seuil  $x^2 = 1$ .

### 3.3 Théorie discontinue des oscillations de relaxation

Les principes généraux de la théorie discontinue des oscillations de relaxation sont exposés à l'Appendice II. Bien entendu, cette théorie ne peut s'appliquer directement à l'équation de Van der Pol, car cette équation n'est pas une équation dégénérée. Toutefois, suivant la méthode de Cartwright<sup>(9)</sup>, il est utile d'étudier isolément certaines portions de la solution de l'Equation 1. Sur la Fig. 2, on voit que le long du segment CDE la dérivée  $\dot{x}$  de la solution reste sensiblement constante. Il est donc possible de considérer la dérivée seconde  $\ddot{x}$  approximativement égale à zéro. Dans ce cas, l'Equation 1 devient :

$$k(x^2 - 1)\dot{x} + x = 0 \quad (6)$$

Cette équation est maintenant du type dégénéré et valide le long du segment CDE de la Fig. 2.

En appliquant la théorie exposée à l'Appendice II, on peut écrire l'Equation 6 sous la forme

$$\frac{dx}{dt} = \frac{x}{k(1 - x^2)} \quad (7)$$

d'où

$$T(x) = k(1 - x^2) = 0 \quad (8)$$

et

$$x^2 = 1 \quad (9)$$

Le point critique est donné par l'Equation 9. Il y a donc discontinuité brusque à ce point et par conséquent phénomène de seuil.

### Étude d'un oscillateur de relaxation électronique

Le circuit électronique montré à la Figure 3 a été utilisé comme modèle de pacemaker cardiaque<sup>(12-14)</sup>. C'est un multivibrateur utilisant un transistor unijonction ou diode à double-base<sup>(15)</sup>. L'opération astable de ce circuit peut être décrite qualitativement comme suit. Au départ le condensateur C se charge exponentiellement à partir de la source E. Le courant circule alors à travers la résistance  $R_2$ , la diode D et l'arrangement parallèle  $CR_1$ . Lorsque le voltage aux bornes de C a atteint une valeur suffisamment grande, le transistor devient subitement conducteur et le voltage  $V_a$  (au point a) tombe brusquement à une valeur près de zéro. Le voltage aux bornes de C est alors plus grand que  $V_a$  et la diode D est polarisée inversement. Ce blocage de la diode D cause l'isolement de l'arrangement parallèle  $CR_1$ , et C peut se décharger à travers  $R_1$ . Lorsque le voltage aux bornes de C a diminué jusqu'à une valeur égale ou inférieure à  $V_a$ , la diode D redevient conductrice et le condensateur recommence à se charger. Les étapes décrites précédemment vont alors se répéter d'une façon périodique, et une oscillation de relaxation résultera.

En appliquant les lois de Kirchhoff au circuit de la Figure 3, on obtient les équations suivantes :

$$\frac{R_1 C}{R_1 + R_D} \left[ R_2 R_D + (R_2 + R_D)(R_4 + V_a) \right] \frac{dI_a}{dt} + (R_2 + KR_4)I_a + (KV_a - E) = 0 \quad (10)$$

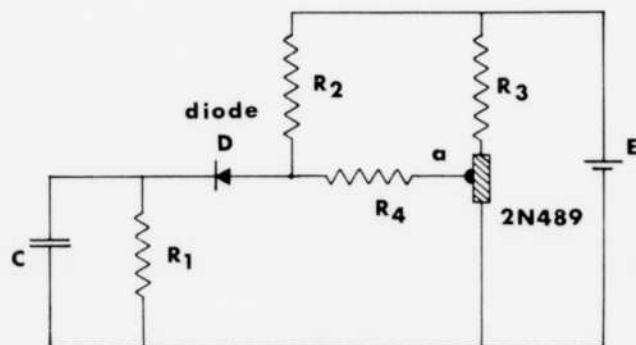


FIGURE 3  
Multivibrateur

$$K = \frac{R_1 + R_2 + R_D}{R_1 + R_D} \quad (11)$$

dans lesquelles  $R_D$ , est la résistance de la diode D,  $V_a$  et  $I_a$  sont respectivement le voltage et courant au point a, et  $V_a'$  est la dérivée partielle de  $V_a$  par rapport à  $I_a$ . La caractéristique du transistor unijonction est montrée à la Figure 4, et indique que  $V_a$  est une fonction non-linéaire de  $I_a$ .

Le but de la présente discussion consiste à étudier le phénomène de seuil exhibé par l'oscillateur de relaxation électronique de la Figure 3. La théorie discontinue des oscillations de relaxation et la méthode directe de Liapunov seront utilisées à cette fin.

#### 4.1 Théorie discontinue des oscillations de relaxation

Tel que démontré par van der Pol dans le cas du multivibrateur d'Abraham et Bloch<sup>(2)</sup>, il est nécessaire de tenir compte de l'inductance résiduelle pour expliquer le maintien des oscillations dans ce circuit. Ceci conduit à une équation différentielle du deuxième ordre dans laquelle le coefficient de la dérivée seconde est très faible. En approximant ce coefficient à zéro, on obtient une équation différentielle dégénérée du premier ordre. Ces remarques s'appliquent également au circuit de la Figure 3, et en négligeant l'inductance résiduelle de ce circuit on obtient l'Équation 10.

Les points critiques (Appendice II) de la solution de l'Équation 10 sont trouvés en égalant à zéro le coefficient du terme de la dérivée première. On a donc

$$V_a' = - \left( R_4 + \frac{R_2 R_D}{R_2 + R_D} \right) \quad (12)$$

Vu que la diode D peut être soit fermée ou ouverte, deux cas sont possibles : (i) la diode D conduit de sorte que  $R_D \rightarrow 0$ , et (ii) la diode D est bloquée de sorte que  $R_D \rightarrow \infty$ . Dans le premier cas,  $R_D \rightarrow 0$ , l'Équation 12 devient

$$V_a' = - R_4 \quad (13)$$

et on trouve à partir de l'Équation 10

$$I_a = 0; V_a = E/K \quad (14)$$

Dans le second cas,  $R_D \rightarrow \infty$ , l'Équation 12 devient

$$V_a' = - (R_2 + R_4) \quad (15)$$

et on trouve à partir de l'Équation 10

$$V_a = - (R_2 + R_4) I_a + E \quad (16)$$

qui correspond au point d'intersection de la ligne de charge de pente  $-(R_2 + R_4)$  avec la courbe caractéristique du transistor, point N de la Figure 4.

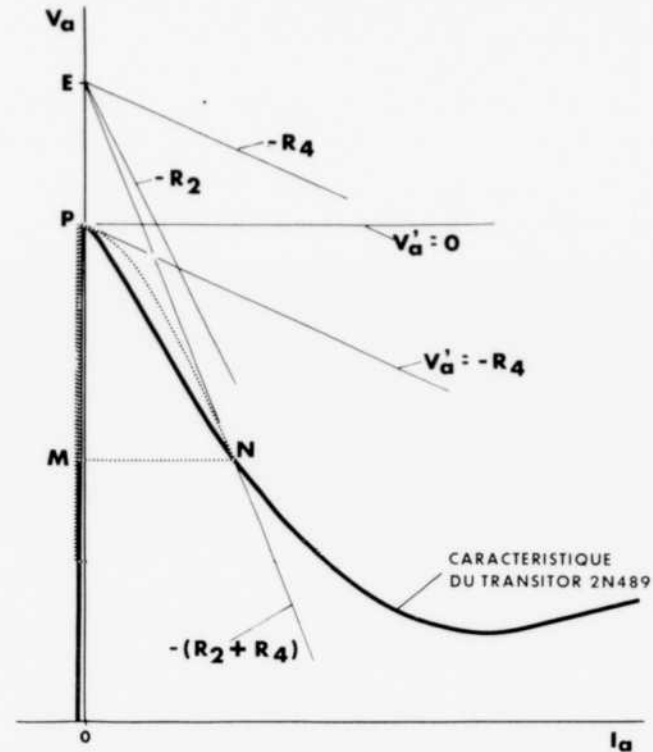


FIGURE 4

Schéma de la courbe caractéristique du transistor unijonction 2N489. La courbe fermée MPNM représente l'opération astable du multivibrateur.

Cette analyse montre que l'oscillation de relaxation produite par le circuit de la Figure 3 est caractérisée par deux phénomènes de seuil. L'un correspond au point P (Eq. 14) de la Figure 4, et l'autre au point N (Eq. 16). Le cycle limite représentant l'opération astable du multivibrateur (Fig. 3) est la courbe fermée MPNM. Cette trajectoire présente les particularités suivantes : (i) les points P et N sont des points de discontinuité, (ii) les pentes aux points P et N sont respectivement  $-R_4$  (Eq. 13) et  $-(R_2 + R_4)$  (Eq. 15), (iii) les segments PN et NM sont traversés à une vitesse quasi-infinie car  $I_a$  saute brusquement de zéro à une valeur finie en P et vice-versa en N, et (iv) le temps pris pour parcourir MP correspond à la charge du condensateur C tandis que le temps passé en N correspond à la décharge de C.

#### 4.2 Méthode directe de Liapunov

La méthode directe de Liapunov peut s'appliquer directement à l'équation différentielle non-linéaire, Eq. 10, décrivant l'opération du circuit de la Figure 3. Pour simplifier, écrivons cette équation en remplaçant  $I_a(t)$  par  $x(t)$  et en utilisant les coefficients  $a_1, a_2, a_3$ . On a alors

$$a_1 \dot{x} + a_2 x + a_3 = 0 \quad (10a)$$

Il est utile de choisir une fonction-V positive définie de forme simple. Soit :

$$V(x, \dot{x}) = a_1^2 \dot{x}^2 + a_2^2 x^2 \quad (17)$$

Éliminons  $\dot{x}$  à partir de l'Eq. 10a.

$$V(x, \dot{x}) = 2a_2x(a_2x + a_3) + a_3^2 \quad (18)$$

La dérivée de cette fonction par rapport au temps est

$$\dot{V}(x, \dot{x}) = -\frac{2a_2}{a_1} \left[ a_2a_3x + V(x, \dot{x}) \right] \quad (19)$$

En comparant les Équations 10 et 10a on peut écrire :

$$a_1 = \frac{R_1C}{R_1 + R_D} \left[ R_2R_D + (R_2 + R_D)(R_4 + V_a^1) \right]$$

$$a_2 = R_2 + KR_4$$

$$a_3 = KV_a - E \quad (20)$$

On voit que  $a_2$  est une constante positive, et  $a_3$  une constante négative faible. Il s'ensuit que le terme entre crochets dans l'Équation 19 est du signe de  $V(x, \dot{x})$ . Ayant choisi la fonction  $V(x, \dot{x})$  positive définie, le signe de la dérivée  $\dot{V}(x, \dot{x})$  sera déterminé par le signe de  $a_1$ . Pour  $a_1 > 0$  on aura  $\dot{V}(x, \dot{x}) < 0$ , et une solution stable de l'Équation 10 (Théorème I, Appendice II). Pour  $a_1 < 0$  on aura  $\dot{V}(x, \dot{x}) > 0$ , et une solution instable (Théorème II).

Par conséquent la solution de l'Équation 10 passe d'un domaine de stabilité à un domaine d'instabilité lorsque  $a_1$  passe par la valeur zéro. Comme on l'a vu pour l'équation de van der Pol, une telle transition correspond à un phénomène de seuil. Cette condition

$$a_1 = 0 \quad (21)$$

est identique à celle exprimée par l'Équation 12.

### Analgies entre oscillations de relaxation et rythmes biologiques

Peu après que Van der Pol eut présenté les propriétés des oscillations de relaxation, on songea à classer les rythmes biologiques dans la même catégorie. En premier, le battement du coeur et l'automatisme cardiaque furent étudiés par Van der Pol et Van der Mark avec un modèle formé de trois oscillateurs de relaxation électroniques reliés en cascade<sup>(10)</sup>. Le premier oscillateur représentait le centre d'automatisme (pacemaker), le second les oreillettes, et le troisième les ventricules. En changeant le couplage entre les deux derniers, des dysrythmies semblables à celles observées sur l'électrocardiogramme furent obtenues. Le succès de cette étude de simulation peut être appréciée par les commentaires suivants des auteurs (p. 440) : "The very close analogy between the working of our model and the beating of the mammalian heart leaves no doubt that the view expressed in the former paragraphs regarding the heart beat as a relaxation oscillation is correct. Therefore, without going into the detailed

nervous and physical-chemical action of the heart, it can safely be concluded that, what ultimately determined the period of the heart is a diffusion time (a relaxation time)". Des expériences semblables furent réalisées un peu plus tard par Bethe qui arriva aux mêmes conclusions<sup>(17)</sup>.

Quelques années plus tard, Fessard fit une revue approfondie des propriétés élémentaires des rythmes nerveux et conclut que ceux-ci également appartenaient à la catégorie des oscillations de relaxation<sup>(18)</sup>. Ses commentaires furent : "Les faits qui viennent d'être énumérés laissent peu de doute sur la légitimité du classement des pulsations nerveuses dans la grande famille des oscillations de relaxation". Des vues semblables furent exposées par Hill<sup>(19)</sup>.

### 5.1 Similitude des propriétés de base

Les analogies entre l'activité rythmique des organismes vivants et les oscillations de relaxation peuvent être discutées de façon plus précise en considérant leurs propriétés de base. Dans ce but on va traiter un exemple se rapportant à un rythme biologique familier, le battement du coeur, et à l'oscillateur électronique de la Section 4.

Chaque battement cardiaque a son origine dans la partie supérieure du coeur, où on retrouve une agglomération de cellules spécialisées, les cellules pacemaker, formant le noeud sinusal. Ces cellules pacemaker montrent une activité électrique automatique dont la fréquence détermine la fréquence du rythme cardiaque. Pour chaque battement une impulsion prend naissance dans le noeud sinusal et va ensuite déclencher la contraction des oreillettes et des ventricules. Un échantillon d'activité électrique rythmique d'une cellule du noeud sinusal (chez le lapin) est montré à la Fig. 5A. Pendant la phase 4, le potentiel électrique augmente graduellement vers la valeur seuil; à ce moment il y a montée rapide, c'est la phase 0; le retour vers la valeur minimum est représenté par la phase 3.

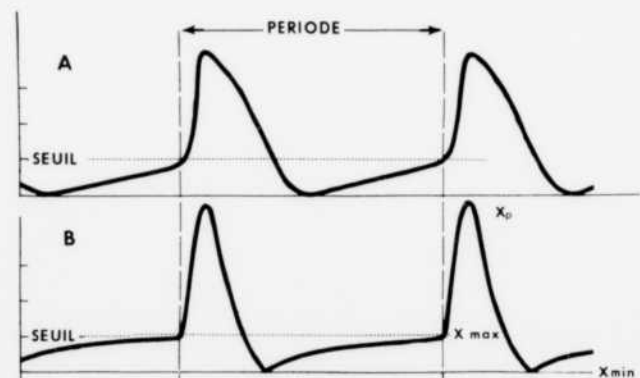


FIGURE 5

A — oscillation de cellule cardiaque  
B — oscillation de relaxation

Le circuit électronique de la Fig. 3 a été modifié de la façon montrée à la Fig. 6, en ajoutant une boucle de retour à travers un amplificateur de façon à obtenir l'onde apparaissant à la Fig. 5B. Cette onde est prise aux bornes du condensateur, point *a* de la Fig. 6. Lorsque le voltage de seuil est atteint (Section 4) une impulsion apparaît aux bornes de  $R_3$ , et celle-ci vient se manifester au point d'observation par l'impulsion apparaissant à la Fig. 5B. La séquence des événements dans ce circuit est semblable à celle décrite plus haut pour le rythme de la Fig. 5A. Correspondant à la phase 4, le condensateur se charge jusqu'à la valeur seuil; à ce point il y a montée brusque du voltage (phase 0); on a par la suite le retour vers la valeur minimum (phase 3).

Les propriétés dynamiques des oscillations de relaxation montrées à la Fig. 5 peuvent maintenant être discutées en détail à l'aide du modèle électronique (Fig. 6). Cette discussion sera faite en considérant qu'un stimulus externe est appliqué à l'oscillateur, au point *a* de la Fig. 6, de façon à influencer le cycle de l'oscillation. On supposera que ce stimulus consiste en une impulsion positive, s'additionnant au potentiel existant.

1. *Seuil* : L'existence de ce phénomène a été discutée aux Sections 3 et 4.
2. *Période d'excitabilité graduelle* : Cette propriété correspond à la possibilité pour le stimulus de déclencher un cycle prématuré s'il coïncide avec la dernière partie de la phase 4. Le voltage est amené brusquement à la valeur seuil par le stimulus, la phase 0 commence prématurément, et la période du rythme est raccourcie.
3. *Période réfractaire relative* : Cette propriété correspond à la portion initiale de la phase 4. Dans ce cas le stimulus peut encore déclencher un cycle de façon prématurée, mais la force du stimulus doit être beaucoup plus grande.
4. *Période réfractaire absolue* : Cette propriété correspond à la phase 0 et à la portion initiale de la phase 3. Dans ce cas le voltage est déjà au-dessus du seuil et, quelle que soit la force du stimulus, un nouveau cycle ne pourra jamais être initié.
5. *Période paradoxale* : Cette propriété correspond à la dernière partie de la phase 3. Dans ce cas le stimulus retarde le début de la phase 4 et, par conséquent, ralentit le rythme en allongeant la période du cycle.

La Fig. 7 illustre le rapport entre les différentes portions du cycle correspondant aux cinq propriétés ci-haut mentionnées. On notera que l'ensemble de ces propriétés représente les fluctuations d'excitabilité pendant un cycle de l'oscillation de relaxation, c'est-à-

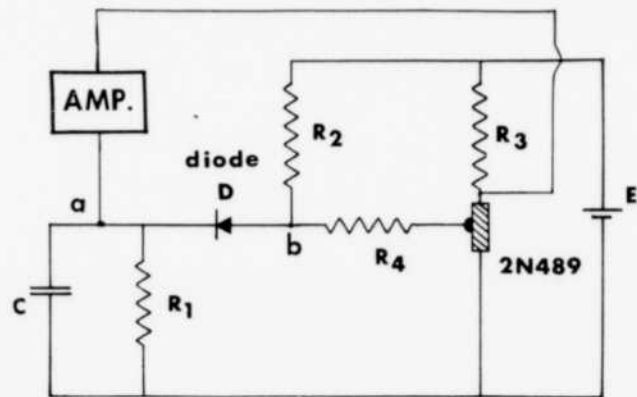


FIGURE 6

Circuit utilisé pour produire les ondes de la figure 5B.

dire, la possibilité pour l'oscillateur d'être influencé par une force externe <sup>(20-23)</sup>. Plusieurs autres propriétés découlent des précédentes, notamment la synchronisation et l'entraînement de fréquence.

## 5.2 Synchronisation

Sous l'influence d'une séquence périodique de stimuli, un oscillateur de relaxation peut se synchroniser même si les écarts de fréquence sont considérables. Lorsque la fréquence de stimulation est supérieure à la fréquence naturelle (fréquence d'oscillation libre) de l'oscillateur, chaque stimulus vient se placer dans la période d'excitabilité graduelle du cycle. De cette façon il y a déclenchement prématuré de chaque décharge et la période du rythme est raccourcie. Pour des fréquences de stimulation inférieures à la fréquence naturelle, chaque stimulus se place dans la période paradoxale du cycle. Il y a alors allongement de la période de chaque cycle et ralentissement de l'oscillateur.

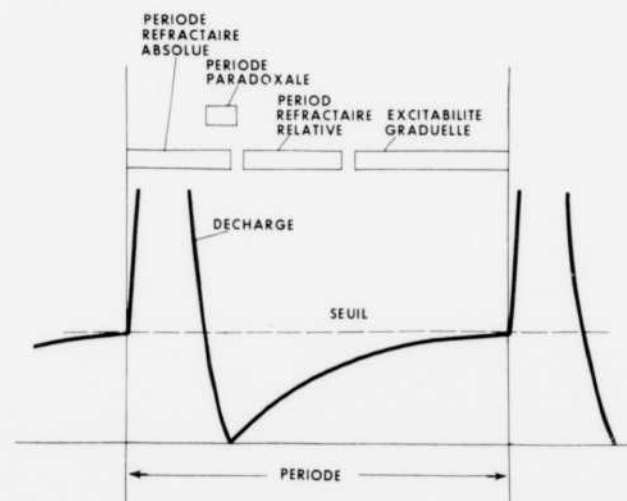


FIGURE 7

Propriétés de seuil et d'excitabilité du cycle de l'oscillation.

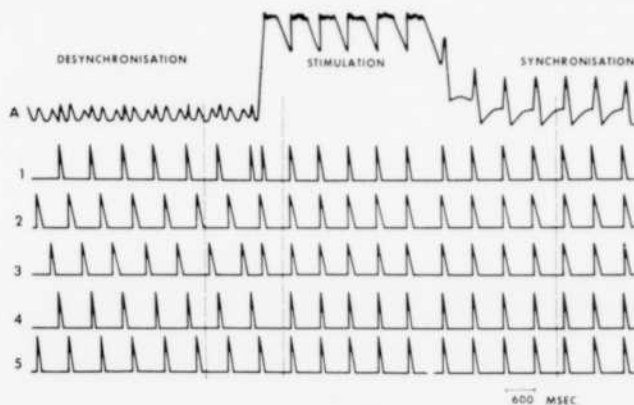


FIGURE 8

Exemple de synchronisation de plusieurs oscillateurs couplés en parallèle à travers des condensateurs.

L'existence de ces propriétés explique pourquoi les oscillations de relaxation et les rythmes biologiques peuvent être entraînés en dessus et en dessous de leurs fréquences naturelles<sup>(20, 21)</sup>. Elles font comprendre également le comportement d'ensembles ou populations d'oscillateurs couplés<sup>(24)</sup>. Un exemple de synchronisation de plusieurs oscillateurs couplés est montré à la Fig. 8. Dans ces expériences cinq oscillateurs de relaxation (du type montré à la Fig. 6) ont été reliés à un point commun à travers des condensateurs, de façon à ce qu'ils puissent s'influencer mutuellement. Le tracé A représente l'activité au point commun, tandis que les autres tracés correspondent aux décharges des cinq oscillateurs.

On remarque que dans certaines conditions l'activité globale (tracé A) de l'ensemble d'oscillateurs est désynchronisée. Il suffit alors d'une brève période de stimulation pour produire une synchronisation stable. Par conséquent, même si le coupable est faible, chaque oscillateur se comporte comme s'il était soumis à l'influence d'une force externe puissante. Dans le régime synchronisé, par exemple, où un certain nombre d'oscillateurs sont accélérés et d'autres ralentis, c'est l'activité au point commun (tracé A) qui agit comme force externe.

### Conclusion

D'une façon générale les rythmes biologiques représentent l'activité globale d'une population d'unités oscillantes plutôt que l'activité d'une unité oscillante isolée. C'est le cas, par exemple, des rythmes nerveux observés sur l'électroencéphalogramme, ou des rythmes de l'électrocardiogramme. Pour cette raison l'étude d'ensembles d'oscillateurs, tel qu'illustré à la Fig. 8, revêt une grande importance.

Pour en arriver à ceci, cependant, il faut une bonne compréhension des propriétés fondamentales de l'activité rythmique des organismes vivants. Dans ce

travail on a tenté de mettre en relief ces propriétés de base en utilisant les analogies entre ces rythmes et les oscillations de relaxation. On a montré également le rôle de ces propriétés élémentaires en rapport avec la synchronisation et l'entraînement de fréquence.

## APPENDICE I

### Méthode directe de Liapunov

La "deuxième méthode" ou méthode directe de Liapunov est une technique d'analyse mathématique permettant d'étudier la stabilité des systèmes décrits par équations différentielles. Cette méthode est basée sur les propriétés de certaines fonctions (fonctions-V) associées au système d'équations différentielles considéré. Au moyen de ces fonctions-V il est possible de déterminer si la solution du système d'équations différentielles reste ou non à l'intérieur d'un domaine donné. Les critères de stabilité utilisés sont aussi définis à partir des propriétés de ces fonctions-V. Donc la méthode directe de Liapunov permet de déterminer les conditions de stabilité d'un système d'équations différentielles sans avoir à connaître la solution de ce système. Ceci présente évidemment des avantages très importants lorsque les systèmes étudiés sont non-linéaires.

Pour un système donné d'équations différentielles  $x = X_i(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ ; ( $i = 1, 2, \dots, n$ )<sup>(A)</sup> une fonction-V positive (ou négative) définie,  $V(x_i)$ , est une fonction scalaire des variables  $x_i$  ayant les propriétés suivantes :

- (a)  $V(x_i)$  et sa première dérivée partielle sont continues dans un certain domaine D autour de l'origine.
- (b)  $V(0) = 0$
- (c) Hors de l'origine (mais toujours dans le domaine D) la fonction  $V(x_i)$  est positive (ou négative), et prend une valeur infinie lorsque n'importe lequel des  $x_i$  devient infini.

Les principaux théorèmes de stabilité de Liapunov sont les suivants<sup>(11)</sup> :

**Théorème I :** Pour un système donné d'équations différentielles (Eq. A) avec point singulier à l'origine, l'équilibre est asymptotiquement stable s'il existe une fonction-V positive définie telle que sa dérivée totale par rapport au temps soit négative définie. Par stabilité asymptotique on entend la convergence progressive de la solution vers le domaine de stabilité à mesure que le temps augmente.

**Théorème II :** Dans les mêmes conditions que pour le théorème I, l'équilibre est instable s'il existe une fonction-V positive définie telle que sa dérivée totale par rapport au temps soit aussi positive définie.

## APPENDICE II

### Théorie discontinue des oscillations de relaxation

La théorie discontinue des oscillations de relaxation est basée sur l'utilisation d'équations différentielles dégénérées et sur l'introduction de certains invariants physiques reliés à des expressions pour énergie emmagasinée. Une équation différentielle dans laquelle le coefficient du terme de la plus haute dérivée est faible en comparaison avec les coefficients des autres termes donne naissance à une équation différentielle dégénérée lorsque ce coefficient faible est considéré approximativement égal à zéro. Les caractéristiques essentielles des équations différentielles dégénérées sont les suivantes : (i) la variable apparaissant dans les équations différentielles dégénérées varie d'une façon continue en accord avec ces équations, et (ii) les dérivées de ces variables sautent brusquement d'une valeur à l'autre<sup>(9)</sup>.

Basée sur les considérations précédentes, la théorie discontinue des oscillations de relaxation se présente de la façon suivante. Pour un système décrit par un ensemble d'équations différentielles

$$dx/dt = X(x, y); dy/dt = Y(x, y) \quad (A)$$

où les fonctions X et Y ont la forme

$$X(x, y) = \frac{P(x, y)}{T(x, y)}; \quad (B)$$

$$Y(x, y) = \frac{Q(x, y)}{T(x, y)}$$

Le caractère essentiel de la théorie discontinue est que la discontinuité de la solution du système (Eq. A) se produit à un point  $x_c, y_c$ , pour lequel  $T(x, y) = 0$ . Il est clair qu'en un tel point, appelé *point critique*, le système (Eqs A et B) n'est pas valide.

Les points critiques du cycle limite sont donc obtenus à partir de l'expression  $T(x, y) = 0$ , et il ne reste qu'à déterminer la direction de la trajectoire qui arrive ou part de ces points. Ceci se fait à partir d'invariants physiques tels que l'énergie potentielle ou cinétique emmagasinée. De cette façon, on détermine le point vers lequel la trajectoire se dirigera en quittant le point critique.

### Bibliographie

- 1 — SOLLBERGER, A. — Biological Rhythm Research, Elsevier Publishing Co., 1965.
- 2 — VAN DER POL, B. — On relaxation oscillations. Phil. Mag., 2, 978-992, 1926.
- 3 — VAN DER POL, B. — Oscillations sinusoïdales et de relaxation. L'Onde Electrique, 9, 293-312, 1930.
- 4 — LE CORBEILLER, Ph. — Les systèmes autoentretenus et les oscillations de relaxations. Conf. d'actualités scient. et indust. XXVII, Paris, Librairie Scient. Hermann & Cie, 1931.

- 5 — STOKER, J. J. — Nonlinear Vibrations. Interscience Publishers, Inc., New-York, 1950.
- 6 — KARREMAN, G. — Some types of relaxation oscillations as models of all-or-none phenomena. Bull. Math. Biophysics, 11, 311-318, 1949.
- 7 — DAVIS, H. T. — Introduction to Nonlinear Differential and Integral Equations. Dover Publications, Inc., New-York, 1962.
- 8 — LEVINSON, N. and SMITH, O. K. — A general equation for relaxation oscillations. Duke Math. Journal, 9, 382-403, 1942.
- 9 — MINORSKY, N. — Nonlinear Oscillations. D. Van Nostrand Company, Inc., Princeton, N.J., 1962.
- 10 — FITZHUGH, R., — Mathematical models of threshold phenomena in the nerve membrane. Bull. Math. Biophysics, 17, 257-278, 1955.
- 11 — LA SALLE, J. and LEFSCHETZ, S. — Stability by Liapunov's direct Method. Academic Press, New-York, 1961.
- 12 — ROBERGE, F. A. and NADEAU, R. A. — Simulation of sinus node activity by an electronic relaxation oscillator. Can. J. Physiol. and Pharmacol., 44, 301-315, 1966.
- 13 — ROBERGE, F. A. and NADEAU, R. A. — A model of the cardiac electrophysiological system. Proc. First CMBES Conf., Ottawa, 1966.
- 14 — ROBERGE, F. A., NADEAU, R. A. and T. N. JAMES — The Nature of the P-R interval. Cardiovascular Res., 2, 19-30, 1968.
- 15 — SURAN, J. J. and KEONJIAN, E. — A semiconductor diode multivibrator. Proc. IRE, 43, 814-820, 1955.
- 16 — VAN DER POL, B. et VAN DER MARK, J. — Le battement du coeur considéré comme une oscillation de relaxation. Arch. Néerl. Physiol., 14, 418, 1929.
- 17 — BETHE, A. — Irritabilität, Rhythmik und Periodik. Naturwiss., 33, 86, 1946.
- 18 — FESSARD, A. — Les rythmes nerveux et les oscillations de relaxation. L'Année Psychol., 32, 49-117, 1932.
- 19 — HILL, A. V. — Wave transmission as the basis of nerve activity. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol., 1, 146, 1933.
- 20 — ROBERGE, F. A. and NADEAU, R. A. — Analogies between relaxation oscillators and biological pacemakers. Canadian Electron. Conf., IEEE cat. No. F17, 64-65, 1965.
- 21 — ROBERGE, F. A. — A principle of nonlinear feedback action in physiological systems. Proc. IFAC Symp. Yerevan, U.S.S.R., 1968.
- 22 — ROBERGE, F.A. — Stability analysis of a mathematical neuron model. Bull. Math. Biophysics, 29, 217-226, 1967.
- 23 — ROBERGE, F. A. and MILSUM, J.-H. — A neuron model for neuron network studies. Med. & Biol. Engng, 4, 357-366, 1966.
- 24 — WINFREE, A. T. — Biological rhythms and the behavior of populations of coupled oscillators. J. Theoret. Biol., 16, 15-42, 1967.

### Remerciements

L'auteur désire exprimer sa gratitude au Dr. R. A. Nadeau avec qui plusieurs des idées exposées dans ce travail ont été discutées. Des remerciements doivent aller également à P. Bhéreur et G. Fortin. Ces travaux ont été supportés par le Conseil de la Recherche Médicale du Canada. ■



## Le film radiographique industriel Kodak a permis de réduire le poids de cet appareil de Havilland de type Buffalo.

### Il peut maintenant transporter plus de marchandises.

Selon sa construction et sa puissance, un avion est conçu pour donner son plein rendement à un certain poids maximal donné. Si l'appareil peut être allégé lors de sa construction, on peut lui demander de transporter une cargaison supérieure. Et c'est là que le film radiographique industriel KODAK entre en jeu.

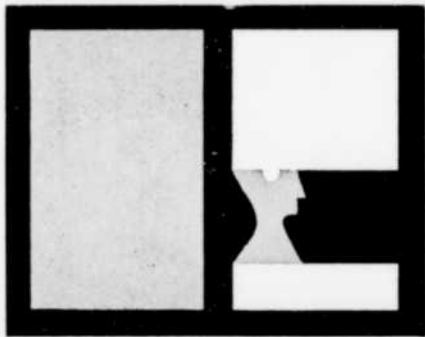
Grâce à la radiographie, la compagnie de Havilland a pu utiliser un plus grand nombre de pièces légères coulées, sans pour cela sacrifier la résistance structurale de l'appareil, ni sa sécurité. Le dessin des pièces coulées n'a plus à être aussi poussé pour contrecarrer

les éventuelles faiblesses structurales. Et la force des soudures est facilement vérifiée.

Plus de 300 pièces sont radiographiées chaque semaine chez de Havilland Aircraft of Canada. Le film radiographique industriel KODAK de type AA y est utilisé à cause de sa haute rapidité, ses contrastes élevés, sa sensibilité et son absolue sécurité.

Voyez comment votre organisation peut bénéficier de la radiographie et du film radiographique industriel KODAK. Communiquez avec votre dépositaire de films radiographiques KODAK ou avec Canadian Kodak Co., Limited.

Canadian Kodak Co., Limited  
Toronto 15, Ontario.



## CARNET DES INGENIEURS

**Correspondants — Régions de Québec :** M. Raymond Côté, 547, avenue Royale, Beauport — **Région de Sherbrooke :** M. Paul-Emile Brunelle, Faculté des Sciences, Université de Sherbrooke — **Toutes autres régions :** Charles-E. Tourigny, Ecole Polytechnique, C.P. 501, Snowdon, Montréal 248.

**Audet, Clément,** Laval '60, qui travaillait autrefois pour la société Degremont Canada Ltée, à Montréal, est maintenant au bureau d'études Boucher, Pelletier & Associés, ingénieurs-conseils, à Rivière-du-Loup, Qué.

**Corbeil, Pierre,** Poly '65, qui était autrefois au bureau d'études Roy & Vailancourt, ingénieurs-conseils, travaille maintenant au Service des Permis et Inspections de la Ville de Montréal.

**Côté, Denis,** Poly '66, qui était à l'emploi de Casavant Frères, à St-Hyacinthe, travaille maintenant pour la société Daveluyville Furniture, à Daveluyville, Qué.

**Godin, Jean-Claude,** Poly '65, qui était auparavant Surintendant d'usine pour Coca-Cola Ltée, à Montréal, est maintenant Gérant d'usine pour la société Breuvages en Cannette Ltée, à Lachine.

**Grenier, Guy,** Poly '44, autrefois à l'emploi de Foundation of Canada Engineering Corporation Ltd. (FENCO), est maintenant à l'emploi de la société Acres Québec Limitée à Montréal, où il occupe les fonctions de Chef du Service de génie civil.

**Koch, Jean,** Poly '66, qui travaillait autrefois pour la compagnie Johnson & Johnson Ltd., à Montréal, est maintenant ingénieur industriel, à l'emploi de la société Dominion Dyeing & Printing Co. Ltd., à Drummondville.

**Laurendeau, Pierre,** Poly '67, qui s'occupait autrefois de relevés sous-marins pour le compte de l'ingénieur Emery Holzl, est maintenant à l'emploi du bureau d'études Arsenaault & Garneau, ingénieurs-conseils, à Montréal.

**Pérusse, Jean-Paul,** Poly '66, qui travaillait autrefois pour la Compagnie Schlumberger Surency S.A., au Brésil, est maintenant Président de Alper Automation Inc., société qui se spécialise en contrôle industriel, et dont le bureau est à Ville de Laval.

**Phaneuf, Jean** Poly '49, qui était ingénieur en chef de la société Bédard & Girard Ltée, a récemment été nommé administrateur de la compagnie et directeur général.

**Picard, Robert,** Laval '51, qui pratiquait autrefois sous la raison sociale Painchaud & Picard, est maintenant associé au bureau d'études Boulay, Leclerc, Picard & Rémillard, ingénieurs-conseils en mécanique et électricité, à Québec.

**Proulx, Jacques,** Laval '62, a obtenu un doctorat (Ph.D.) à Stanford University. Le sujet de sa thèse était : "Response of Single Degree of Freedom Systems to Sonic Boom Pressure Waves". Il enseigne présentement la dynamique des structures, à l'Université Laval, au département de génie civil.

**Rajotte, Pierre,** Poly '63, qui travaillait autrefois pour Ford Motors, en Californie, est maintenant à l'emploi de la société Featherweight Corporation, à Montréal.

**Rouillard, Pierre,** Poly '62, qui était autrefois ingénieur industriel à la société Roy-Nat, est maintenant Vice-président et contrôleur de North Eastern Distributors Ltd., Division de l'équipement pour travaux de terrassement de General Motors, dans le Québec et le Labrador. Le siège social est établi à Lachine, Qué.

**Rousseau, André,** Poly '64, qui était autrefois à l'emploi de Dominion Engi-

neering Works Ltd., à Lachine, travaille maintenant au Service des Permis et Inspections, pour la Ville de Montréal.

**Thibodeau, André,** Poly '68, qui travaillait autrefois pour Guertin & Fils Ltée, à Rouyn, Qué., est maintenant à l'emploi de la société J.-L. Guay Ltée, entrepreneurs généraux, à Montréal.

### NÉCROLOGIE

**Marien, Raymond,** Poly '16, est décédé à Hawthorn, N.Y., le 4 août 1968. Après avoir obtenu son diplôme d'ingénieur civil à l'Ecole Polytechnique, en 1916, il s'occupa d'inspection de munitions pour le gouvernement fédéral jusqu'à la fin de la guerre 1914-18. Il fut ensuite Commissaire industriel de la Ville de Québec durant plusieurs années, puis il alla faire de la pratique privée aux Etats-Unis. Revenu au Canada vers 1945, il continua à pratiquer comme ingénieur-conseil. Il était retourné aux Etats-Unis depuis quelques années et y vivait à la retraite, au moment de son décès.

**Tremblay, Denis,** Poly '60, est décédé le 13 novembre 1968, après une courte maladie. Né aux Eboulements, Cté de Charlevoix en 1932, il fit le cours classique au séminaire de Chicoutimi, où il obtint le diplôme de B.A., avec grande distinction. Il s'inscrivit ensuite à l'Ecole des Beaux Arts, à Montréal, où il étudia l'architecture pendant deux ans. Admis en 2ème Année du cours régulier de l'Ecole Polytechnique en 1956, il y reçut, en 1960, les diplômes de B.Sc.A. et Ingénieur civil, avec la mention distinction.

Entré au bureau d'études Lalonde, Valois, Lamarre, Valois & Associés, in-

généralistes, dès sa graduation, il s'y occupa de projets de Génie civil durant toute sa carrière, sauf pendant un an, en 1965, quand il alla faire un stage de perfectionnement en Angleterre, au Imperial College de Londres.

## NOMINATIONS

### Bombardier

M. Jean-Louis Fontaine, directeur de la production, annonce la nomination de **M. Robert Lapointe** au poste d'assistant directeur de la production. M. Lapointe est à l'emploi de la compagnie depuis le 31 janvier 1966 à titre de gérant du département du contrôle de la qualité. Avant de se joindre à Bombardier Ltée, M. Lapointe était à l'emploi de la société Steel Co. of Canada Ltd. à titre de chargé de projets spéciaux au département de métallurgie. M. Lapointe est un diplômé polytechnique de l'université de Montréal, génie métallurgie.



T. Koulomzine, ing.



R. Lapointe, ing.

### Ecole Polytechnique de Montréal

M. Paul-E. Riverin, Principal de l'Ecole Polytechnique, annonce les promotions suivantes au grade de professeurs titulaires: en génie géologique, **M. Théodore Koulomzine**; en génie chimique, **MM. J.-René Jutras** et **Jean-Charles Sisi**. Ont été promus professeurs agrégés: M. Arnold Drapeau en génie civil; M. J.-Pierre Saint-Dizier en génie physique; **MM. Damianos Cassimitis** et **Jacques Champagne** en génie chimique; **MM. Marcel Gauthier** et **Gilles Génier** en génie mécanique.



J. C. Sisi, ing.



J.-R. Jutras, ing.

## Documentation industrielle

### Excavateur hydraulique

Poclain Canada Ltée annonce la parution d'un dépliant de six pages en couleurs sur une nouvelle machine qui s'ajoute à sa gamme d'excavateurs hydrauliques, la LY 2P. Il s'agit d'une machine de 75 c.v., à 4 roues motrices, les deux ponts étant engagés de façon indépendante, ce qui lui donne une puissance de traction supérieure. Le dépliant contient des planches illustrant le montage chargeur le montage rétro, et le montage benne preneuse, ainsi que le montage bâti-long qui permet des forages rectangulaires, carrés ou ronds jusqu'à une profondeur de 34' 8" sans avant-trou. On peut obtenir le nouveau dépliant LY 2P en écrivant à Poclain Canada Ltée, 8400 Côte de Liesse, Montréal 9, Qué.

### Matériaux pour sceller et joindre

"INSIL" division de Sellotape Canada Limited vient de lancer sur le marché canadien une gamme complète de scellants industriels solides et de mousse PVC à cellules fermées.

Dans cette gamme de onze scellants, il y a des produits spéciaux développés exclusivement pour les besoins de la soudure, de l'installation et du vitrage. Tous

les scellants ont été vérifiés selon les méthodes d'essai ASTM et PSTC.

Documentation détaillée disponible sur demande. Adressez toute correspondance à: K. S. Power, Sellotape Canada Limited, 10 Esandar Drive, Toronto 17, Ont.

### Ordinateur miniature

Un nouveau livret de 22 pages décrit l'ordinateur digital Programma 101, ordinateur autonome pour dessus de bureau, mis sur le marché récemment par Olivetti Underwood Ltée. Rédigé tout spécialement pour les statisticiens, ingénieurs, mathématiciens et chercheurs au service du gouvernement, de l'industrie, de l'éducation et de la médecine, le livret renferme de brèves explications concernant les caractéristiques de fonctionnement et ses possibilités, la programmation, l'écoulement des données et les caractéristiques du format mémoire. Ceci est suivi d'une liste partielle des programmes de "software" et sous-programmes englobés dans le domaine des mathématiques, de l'analyse statistique et de la technique. Pour toute demande, on est prié de s'adresser à: Service des Relations Extérieures, Olivetti Underwood Ltée, 1390 Don Mills Road, Don Mills, Ontario.

## CHARPENTES D'ACIER

FABRICATION & MONTAGE

AUSSI

- POUTRELLES LORCO
- PANNES DE COFFRAGE V-RIB
- SERVICE DE LOCATION DE GRUES MOBILES



PANNES D'ACIER 1 1/2"

- GALVANISEES
- Acier ASTM A446, A
- Normes CSSBI

LORD & Cie. Limitée

4700 rue d'Iberville, Montréal 34, Tel. 527-3111

# ABRÉGÉS...

## Des billes arrêtent la corrosion dans les chaudières

Des essais récemment exécutés dans une centrale électrique écossaise ont démontré qu'une couche isolante de billes de matière plastique, flottant à la surface libre de l'eau dans la citerne chaude d'une machine, constitue un moyen peu coûteux, efficace et simple pour diminuer la corrosion dans les chaudières et les systèmes de condenseurs, en limitant la quantité d'oxygène absorbée par l'eau au cours des périodes d'arrêt.

Les essais se sont poursuivis à la Centrale Braehead de Renfrew, où le problème de l'oxygène en solution dans l'eau de condensation remise en circulation exigeait une attention particulière du fait que la centrale est arrêtée chaque nuit pendant six heures environ. Au cours de cette période, lorsque la température s'abaisse dans la citerne chaude de la machine, la teneur en oxygène de l'eau s'accroît de telle sorte qu'au moment de la remise en route du matin, la teneur en oxygène atteint un niveau qui pourrait entraîner de graves effets de corrosion dans les chaudières, et les systèmes de condenseurs avec, pour conséquence, l'important désavantage de frais d'entretien beaucoup plus importants et d'arrêts du matériel.

Il fut décidé, en conséquence, de tenter de conserver la température de l'eau dans les citernes chaudes en utilisant le système Allplas, dans lequel des billes de matière plastique flottent à la surface de l'eau formant une couche isolante. La citerne chaude de la machine no 5 fut, en conséquence, couverte de 13.500 billes Allplas, faites de polypropylène et d'un diamètre de 45 mm.

L'application du système de couche protectrice Allplas n'entraîne qu'une faible dépense initiale et ne comporte aucun frais d'installation ou d'entretien. Le personnel responsable des essais à la Centrale Braehead s'est montré satisfait des résultats obtenus et a pris des dispositions en vue de l'application des billes Allplas aux citernes chaudes des quatre autres machines.

Cette technique est déjà largement appliquée dans l'industrie en vue de réduire les pertes calorifiques dans les cubes destinées à des procédés par chauffage à l'air libre, supprimer les vapeurs dégagées en surface, retarder l'établissement de la congélation et prévenir les éclaboussements de liquides corrosifs. Les essais de Braehead montrent que



la couche de billes permet d'obtenir également une solution simple, peu coûteuse et n'impliquant pas d'autre intervention, des problèmes de corrosion par l'oxygène dans les chaufferies et les installations de production de vapeur en général.

On pourra obtenir tous les renseignements sur les billes Allplas et sur leurs fournisseurs dans toutes les régions du monde auprès de Allplas AG, Alpenstrasse 12, Zug, Suisse.

## Essais prometteurs de purification de lacs sursaturés de phosphates

Selon un rapport publié par l'Institut suédois de recherches en matière de pollutions atmosphériques et aquatiques (IVL), des essais réalisés en Suède et visant à purifier au moyen de sulfate d'aluminium des lacs contenant un excès de phosphate ont donné des résultats prometteurs.

Ces expériences ont débuté en avril dernier par le déversement de 33,5 tonnes de sulfate d'aluminium, à la surface de Langsjon, lac situé au sud de Stockholm. Ce produit devrait provoquer la précipitation du phosphate et le lier aux sédiments du fond, ce qui, espérait-on, interromprait le cercle vicieux de l'auto-fertilisation.

Bien que les expériences aient commencé relativement tard en saison, que le déversement dans le lac des eaux d'égoûts n'ait pas entièrement cessé et que le temps ensoleillé et chaud de l'été ait favorisé la formation d'algues, les eaux sont devenues assez limpides. En certains endroits, la visibilité en profondeur atteint maintenant 2,5 m, au lieu de 0,7 m en moyenne auparavant. En même temps la turbidité est tombée de 60 à moins de 5 millièmes de gramme par litre. Aucune "floraison" d'algues n'a pu être observée.

Il ne sera pas possible d'estimer à présent un autre critère de réussite, soit l'amélioration ou le rétablissement de l'équilibre d'oxygène, ces valeurs ne pouvant être établies qu'après avoir fait certaines analyses l'hiver prochain.

## Potentiomètre de très grande précision

Le conseil national de recherches du Canada a mis au point un nouveau type de potentiomètre tellement précis et stable qu'il ne saurait être calibré au moyen d'aucun instrument de mesure électrique connu.

Le nouveau potentiomètre, mis au point par M. N. L. Kusters, chef de la Section de génie électrique, Division de radiotechnique et de génie électrique du Conseil national de recherches du Canada, et par M. M. P. MacMartin, membre de personnel de cette même Section, est actuellement fabriqué par la société "Guidline Instruments Limited", de Smiths-Falls, Ont., en vertu d'une licence qui lui a été accordée par la société canadienne des brevets et d'exploitation, limitée, subsidiaire du Conseil qui a breveté le nouvel instrument.

Ce potentiomètre s'inspire d'un principe fondamentalement nouveau qui, d'après la Société canadienne des brevets et d'exploitation Ltée, est en fait l'appareil le plus précis et stable construit à date.

Le potentiomètre conventionnel comporte un nombre de résistances et de contacts exactement connus permettant la production d'un voltage de débit représentant une fraction connue d'un voltage repère. Le voltage de débit s'équilibre avec le voltage à mesurer, avec le résultat qu'il n'existe aucune circulation de courant entre le voltage de débit et le voltage mesuré lorsque le raccordement s'effectue.

Le nouveau potentiomètre développé par MM. Kusters et MacMartin s'inspire du comparateur de courant CD mis au point par le Conseil national de recherches, un appareil qui permet la comparaison entre des courants électriques en terme de leurs effets magnétiques sur un noyau magnétique. Lorsqu'il s'agit de mesurer tout voltage CD inférieur à deux volts, il est possible d'enregistrer jusqu'à un dixième d'un millionième de volt (0.1 microvolt). La "dérivation" est négligeable.

Nonobstant son haut degré de précision, le nouveau potentiomètre peut être fabriqué à bon marché, tout en demeurant de fabrication et d'emploi plus faciles que les appareils conventionnels correspondants. Au lieu d'avoir à monter et à régler avec une précision exceptionnelle des douzaines de bobines de résistance, il ne s'agit plus maintenant que d'effectuer autour d'un noeud magnétique un nombre déterminé de tours de fil métallique et de les blinder proprement.

Fait notable particulier à la mise au point du nouveau potentiomètre, c'est que le travail s'y rapportant ne s'est pas effectué dans un laboratoire du Conseil national de recherches du Canada s'intéressant aux potentiomètres ou aux normes en électricité, mais bien dans un laboratoire qui s'occupe principalement de la transmission et du mesurage de l'énergie électrique.

#### **L'électricité provoque des fuites mystérieuses sur les canalisations d'eau**

Des courants électriques de 0,5 V peuvent entraîner la corrosion et la perforation de canalisations d'eau, selon une étude faite par AB Hagconsult, bureau d'études de Stockholm.

Cette entreprise a été chargée d'étudier une série de fuites inexplicables survenues dans l'installation de chauffage d'un hôpital des environs de Stockholm. Ce système, installé il y a environ un an, avait été soumis à des essais de pression et jugé étanche, mais quelques mois plus tard, alors qu'il allait être mis en fonction, douze fuites furent découvertes dans un seul plancher de béton.

Il fut impossible de déceler des défauts métallurgiques ou mécaniques dans les canalisations ni la présence d'éléments corrosifs dans les enveloppes isolantes de laine minérale et de carton asphalté.

Mais des essais allaient apporter la réponse. Normalement la laine minérale contient des traces d'humidité et de sels provenant du béton environnant. Il se révéla qu'une simple différence de voltage de 0,5 V entraînait la formation sur la laine minérale d'arcs de sel d'un conducteur (tuyau) à l'autre. En une heure environ, cet arc entraînait la formation dans l'acier d'une "cavité" suffisante pour favoriser d'autres attaques corrosives.

Des courants électriques se manifestent fréquemment dans les tuyaux des chantiers de construction. Il arrive souvent que des instruments électriques soient reliés à la canalisation la plus proche alors que des câbles électriques peuvent produire des courants d'induction.

Selon le rapport du bureau d'études, si au lieu de tuyaux d'acier on avait utilisé dans ce bâtiment des tuyaux de cuivre, plus chers et résistant normalement davantage à la corrosion, les fuites auraient été plus nombreuses et seraient apparues plus vite. L'Institut National des Recherches du Bâtiment va étudier ce document en vue de rechercher le moyen d'empêcher ces fuites d'origine électrique. ■



## **L'Enregistrement des données en quelques secondes**

### **grâce aux papiers à impression directe KODAK LINAGRAPH**

Les papiers à impression directe KODAK LINAGRAPH, types 1843 et 1855, vous permettent d'obtenir une image rapide ("pop-up") et une grande sensibilité d'enregistrement — parfait pour l'enregistrement sur oscillographes équipés de sources lumineuses à haute intensité tungstène. Les tracés que vous obtenez sont visibles en quelques secondes.

Le papier à impression directe KODAK LINAGRAPH, type 1843, est un papier d'épaisseur standard; le type 1855 est un papier extra-fin. Ces deux papiers sont identiques à tous points de vue, à l'exception de leur épaisseur.

Les deux papiers permettent d'enregistrer à une grande vitesse; jusqu'à 80,000 pps, dans les enregistreurs à vapeur de mercure. Ils donnent d'excellents résultats dans les enregistreurs au xénon et au tungstène. Ils ont, de plus, une stabilité d'image excellente à la lumière ambiante normale d'une pièce. Le développement ordinaire assure la stabilité de l'image.

Si vous désirez plus de renseignements ou une démonstration des papiers à impression directe KODAK LINAGRAPH et sur les autres produits Kodak, contactez Canadian Kodak Co., Limited, Toronto 15, Ontario.

**Kodak**



## BIBLIOGRAPHIE

### Normes françaises de l'Association Canadienne de Normalisation

L'Association Canadienne de Normalisation (ACN) annonce la publication sous un seul couvert de deux normes rédigées en français et qui s'intitulent :

CSA A 23.1 — **Constituants du béton et méthodes de construction en béton.**

CSA A 23.2 — **Méthodes d'essais concernant le béton.**

La dernière édition de ce livre de 158 pages se vend \$2.75. On peut se le procurer à l'adresse suivante : Association Canadienne de Normalisation, 77, rue Spencer, Ottawa 3, Canada.

### La recherche au Canada français

Les Presses de l'Université de Montréal viennent de publier la Recherche au Canada français, ouvrage collectif présenté par Louis Baudoin. C'est peut-être la première fois que les sciences humaines font l'objet d'une étude d'ensemble en regard des sciences de la nature et des sciences médicales. En effet, ce livre, qui s'ouvre sur une introduction du recteur de l'Université de Montréal, M. Roger Gaudry, contient les textes des communications données au Colloque de la Section des lettres et humanités lors de la réunion annuelle de la Société

royale du Canada, tenue à l'Université de Calgary du 2 au 5 juin 1968. Les participants de la Section française avaient décidé de reprendre le thème de la réunion, la recherche, vu sous l'angle du Canada français. Il en résulte un rapport très complet sur la recherche dans les universités et autres institutions de langue française au Canada, et notamment au Québec, où depuis les vingt dernières années elle est devenue un sujet important grâce à des moyens accrus et à des chercheurs toujours plus nombreux. Ce livre est en vente, au prix de \$4.00 aux Presses de l'Université de Montréal, Case postale 6128, Montréal, Canada.

**Voiles minces réglés. Voiles cylindriques, coniques, conoïdes et conoïdaux (méthode de calcul simplifiée)**, par Leonidine Hahn. Un volume, éd. 1966, 194 pages, 20 figures et 32 tableaux, 48,30 Francs, Paris, Editions Eyrolles.

"L'ouvrage est un guide où les équilibres sont exposés très clairement en définissant aussi simplement que possible toutes les conditions nécessaires, de telle sorte que le lecteur peut suivre aisément le développement des données de calcul. Il traite directement, avec de nombreux exemples, de l'équilibre des voiles engendrés par les surfaces réglées les plus générales et la lecture en est agréable grâce aux explications précises et détaillées.

**Techniques de fiabilité et durée de vie des équipements**, par Robert B. Haviland. Un volume, éd. 1966, 244 pages, 127 figures, 43.15 Francs. Paris, Eyrolles.

L'auteur précise, en premier lieu, ce qu'est la fiabilité. Au moyen d'exemples simples, il fait apparaître la multiplicité des facteurs qui influencent la fiabilité d'un projet.

Illustrant ainsi son exposé d'exemples, choisis dans différents domaines techniques, il développe ensuite les concepts fondamentaux dont la connaissance est nécessaire pour trouver une solution aux problèmes posés par la réalisation des matériels de haute fiabilité.

A cet effet, l'auteur établit d'abord les relations existant entre : la résistance d'un objet, la charge à laquelle il est soumis, et sa durée de vie. Il analyse ensuite les différents facteurs susceptibles de modifier les relations précédentes, et il met en évidence l'origine des défaillances et leurs effets sur les matériels.

Les chapitres suivants du livre traitent des méthodes d'étude de la fiabilité des objets sous l'aspect statistique, de leurs applications aux estimations statistiques des caractéristiques des matériels produits en série. Il consacre également une place importante à l'interprétation statistique des données de mesure, à l'évaluation du risque de défaillance, ainsi qu'à la prédiction de la fiabilité des objets en construction; par exemple, par l'utilisation de la méthode de Monte-Carlo.

L'ouvrage contient les exposés successifs des méthodes de mesure des facteurs ambiants influençant la durée de vie, et indique les moyens capables de contrôler, et par suite de limiter, les effets de l'ambiance, ainsi que les méthodes de mesure et de contrôle des détériorations et de la résistance et de la charge des objets.

## AGENDA

**13 - 17 janv. 1969** — 48e assemblée annuelle du Highway Research Board à l'hôtel Sheraton-Park, à Washington, D.C. Les sujets traités couvriront le réseau routier, l'accès aux aéroports, le zonage, le transport urbain, la sécurité, les contrôles de circulation. — Info : Executive Director, Highway Research Board, 2101 Constitution Ave., N.W., Washington, D.C. 20418

**26 - 31 janv. 1969** — Assemblée annuelle de l'Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., division Energie, à New-York. — Info : Secre-

tary, 345 East, 37th St., New-York, N.Y. 10017

**5 - 7 fév. 1969** — Assemblée annuelle du Canadian Institute of Surveying à Ottawa, Ont. — Info : Secretary, 157 McLeod St., Ottawa, Ont.

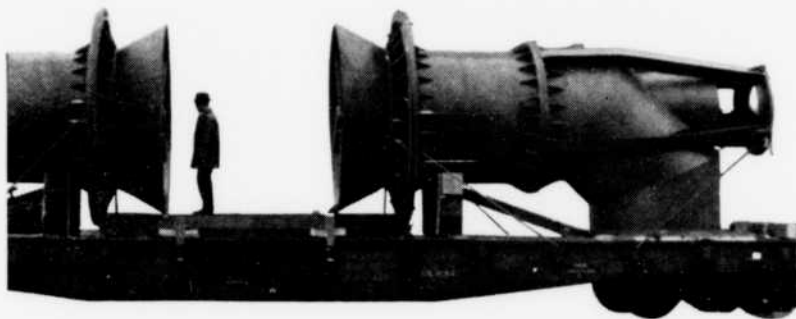
**2 - 7 mars 1969** — 65e assemblée annuelle de l'American Concrete Institute à Chicago, Ill. — Info : R.L. Wilde, assistant secretary, Box 4754, Redford station, Detroit, Mich. 48219

**20-23 mai 1969** — CANCEM 69. Deuxième congrès canadien de mécanique appliquée, conjointement avec le troisième colloque canadien sur le transfert de chaleur, à l'Université Waterloo, Waterloo, Ont. Des communications, qui

pourront être présentées en anglais ou en français, sont sollicités dans les domaines suivants : mécanique des solides, mécanique des fluides, transfert de chaleur et thermodynamique, mathématiques appliquées à la mécanique et méthodes expérimentales. Le choix des communications sera basé sur un résumé de 500 à 800 mots, qui devra parvenir au Comité des Communications au plus tard le 31 janvier 1969. Les personnes intéressées sont priées de demander les Consignes pour Auteurs au Président du Comité des Communications : Professor J. F. Keffer, Department of Mechanical Engineering, University of Toronto, Toronto 5, Ont. ■

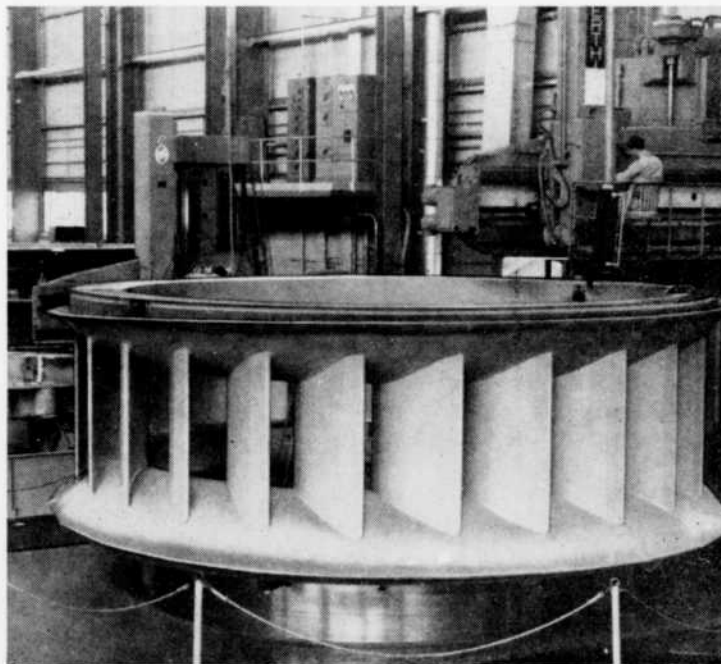
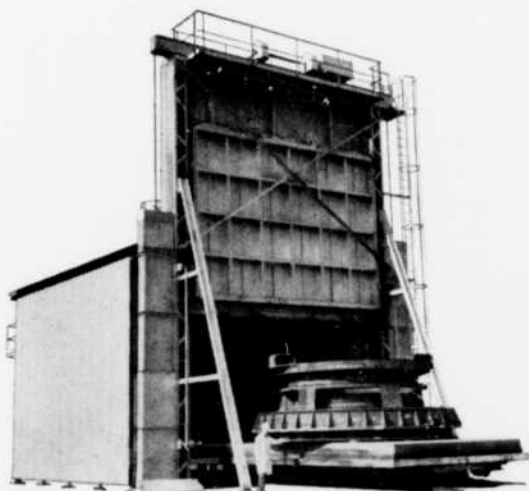
# MARINE INDUSTRIE

*une garantie d'excellence*



Deux pompes jumelées de 6 pieds de diamètre et d'une capacité de 200 pieds cubes à la seconde, construites pour la centrale hydro-électrique de Mactaquac, N.-B.

Ce nouveau four de recuit a une puissance calorifique de 32 millions B.T.U. et peut traiter des assemblages pesant jusqu'à 100 tonnes, à une température de 1,800°F.



Cet avant-distributeur d'une turbine géante est usiné sur un grand tour vertical pouvant recevoir des pièces de 50 pieds de diamètre et pesant jusqu'à 200 tonnes.



**MARINE INDUSTRIE LIMITÉE**

Siège social : édifice Marine, 1405, rue Peel, Montréal.

Ateliers et chantier maritime : Sorel, Qué.

# REVUE DE L'ANNÉE 1967

## ADMINISTRATION

<b>Les perspectives technico-économiques des centrales électro-nucléaires</b> par Réal Boucher, ing. ....	227	28
<b>Les calculateurs numériques et le contrôle industriel</b> par Lucien Darveau, ing. ....	228	12
<b>L'achat rationnel: une technique d'achat logique</b> par Gaston L'Espérance, ing. ....	229	26
<b>L'ingénierie laissée à l'entreprise privée ou au gouvernement</b> .....	230	18
<b>L'homme et l'informatique</b> par Pierre Badin .....	232	16
<b>Face à l'Ontario, la situation actuelle de l'économie du Québec est inquiétante</b> par H. Massue, ing. ....	234	31

## PROFESSION

<b>De nouveaux critères d'admission à la CIQ élimineraient le titre "Ingénieur Junior"</b> par Pierre Demers, ing. ....	226	23
<b>Une nouvelle méthode de formation des ingénieurs: L'ADEC</b> par André Hone, ing. et C. Aussel, ing. ....	227	21
<b>Et si vous aviez à changer d'emploi</b> par Yves R. Choquette .....	230	14
<b>La convention collective: instrument indispensable aux professions modernes</b> par Yvan Brunet, ing. ....	231	12
<b>Une décision importante: la poursuite d'études post-universitaires</b> par Bernard-André Genest, ing. ....	235	22

## DOCUMENTATION

<b>Le laboratoire de contrôle et recherche de la ville de Montréal</b> par J. Hode Keyser, ing. ....	226	14
<b>21% O<sub>2</sub> + 79% N<sub>2</sub> → Air respirable... s'il en reste encore à Montréal</b> par Jean Marier, ing. et N. Létourneau, ing. ....	227	14
<b>La résistance aux changements</b> par Yves Rouette, ing. ....	227	36
<b>Un laboratoire géant à Outardes 4</b> par Jacques Sentennes, ing. ....	228	24
<b>Un mythe à détruire: les réacteurs nucléaires</b> par Jean Belleau, ing. ....	229	16
<b>Le microfilm: une solution d'avenir pour les problèmes d'archives</b> par C. K. Keeler .....	229	32
<b>Tracy: départ officiel</b> .....	230	30
<b>Vers les moteurs d'automobiles qui ne pollueront plus l'atmosphère</b> par Fernand Delcourt .....	231	22
<b>Le Centre de recherches et d'applications de la Stelco</b> .....	233	22
<b>Amélioration et augmentation de la productivité du laminoir à fil machine de l'Alcan</b> par Guy Robin, ing. ....	234	26

<b>Le système métrique en Grande-Bretagne</b> .....	236	18
<b>Les télécommunications par satellites</b> par Z. H. Krupski .....	236	23
<b>La Campagne du Cinquantenaire de l'Université de Montréal</b> .....	236	29
<b>Récents développements du moteur à induction linéaire</b> par M. Poloujadoff et Y. Pelenc .....	237	14

## GÉNIE BIO-MÉDICAL

<b>Propriétés des oscillations de relaxation et rythmes biologiques</b> par Fernand A. Roberge .....	237	20
---	-----	----

## GÉNIE CIVIL

<b>Ponts européens à tablier raidi axialement par des haubans</b> par Jean-Guy Demers, ing. ....	228	18
<b>L'enceinte étanche du bâtiment du réacteur de la centrale nucléaire de Gentilly</b> par Bertrand Laforte, ing. ....	228	29
<b>Étude sur modèle réduit des contreforts de l'arène de ville Jacques-Cartier</b> par Jean-Pierre Caza, ing. ....	230	22
<b>Le contrôle de l'environnement des centrales nucléaires</b> par D. A. Martinoli, ing. ....	231	16
<b>Le pont à haubans de la Rivière-des-Prairies</b> par Jean-Guy Demers, ing. et Paul Marquis, ing. ....	231	24
<b>Applications des méthodes sismiques aux problèmes de génie</b> par Gabriel Leblanc, ing. et Maurice K. Séguin, ing. ....	232	10
<b>Une nouvelle dimension pour le transport route/hors-route</b> par R. A. Roux, ing. ....	233	14
<b>Méthodes de calculs de réseaux routier urbain et d'aqueduc à l'aide d'un ordinateur électronique</b> par Jean Crespy, ing. ....	234	17
<b>La précontrainte appliquée à la préparation d'un pont existant</b> par J. R. M. Marcil, ing. et E. Vernigora, ing. ....	235	15

## GÉNIE ÉLECTRIQUE

<b>Antennes VHF de télédiffusion</b> par Daniel Couderc, ing. ....	232	20
<b>L'établissement d'étalons de mesures radio-électriques au CNR</b> par A. Jurkus, ing. et R.F. Clark, ing. ....	235	26

## GÉNIE PHYSIQUE

<b>La fission nucléaire et le réacteur thermique</b> par Jean Belleau, ing. ....	233	28
<b>Les modérateurs: aspects nucléaires et techniques</b> par Jean Belleau, ing. ....	236	32

## BEAULIEU, TRUDEAU ET ASSOCIÉS

*Ingénieurs-Conseils*

Gérard O. Beaulieu, Ing.

Marc R. Trudeau, Ing.

Pierre G. Beaulieu, Ing.

J.-René Lalancette, Ing.

Gilles Gascon, Ing.

Yvon Delisle, Ing.

Jean-Marie Maccabée, Ing.

Fernand Leclerc, Ing.

Robert Morissette, Ing.

Place du Canada, suite 2220, Montréal 3 / 866-2471

## GEO. DEMERS DEMERS, LEMIEUX ET ROY INGÉNIEURS-CONSEILS

Aménagements hydroélectriques Travaux publics  
Travaux industriels Voirie Travaux maritimes  
Bâtiments Travaux municipaux

**CABINET FONDÉ EN 1942**

845 OUEST ST-CYRILLE  
QUÉBEC, P.Q.  
TÉL. 418-681-7324

PLACE DU CANADA  
MONTRÉAL 3, QUÉ.  
TÉL. (514) 866-3811

## Lalonde, Girouard & Letendre

*Ingénieurs-conseils*

8790, avenue du Parc — Tél. 384-6410  
MONTRÉAL 11, QUÉ.

## LALONDE, VALOIS, LAMARRE, VALOIS & ASSOCIÉS

*Ingénieurs-conseils*

615, rue Belmont

Montréal 3

## MONTI, LAVOIE, NADON

*Ingénieurs-conseils*

Génie civil, mécanique et industriel  
Pâtes et papiers

1253 MCGILL COLLEGE, MONTRÉAL — 878-9543

## LES INGÉNIEURS ASSOCIÉS LTÉE

*Bureau fondé en 1928*

H. Labrecque

L. Gagnon, A.G.

P. Neugebauer

**Ingénieurs-conseils**

10 ouest, rue St-Jacques, Montréal 1

LES LABORATOIRES VILLE MARIE INC.  
400 BOUL. LABELLE, LAVAL, QUÉ. 888-0243



- Forages et relevés géophysiques
- Études géotechniques
- Contrôle de sol, béton, asphalte et acier



SONDAGES  
CONTRÔLE  
DES  
MATÉRIAUX

*10e année à votre service*

**TESTS DE FONDATION INC.**

435 BOULEVARD DÉCARIE, MONTRÉAL 379  
TÉL. : 744-2866



**MONTEL INC.**



remercie sa fidèle  
clientèle et souhaite à  
chacun un Joyeux Noël  
et ses meilleurs voeux de  
bonheur pour l'année 1969

**HAUTE QUALITÉ et BAS PRIX**

dans la

**HAUTE et BASSE** tension



**MONTEL INC.**

Siège social et usine :  
C. P. 130,  
MONTMAGNY, QUÉ.  
TÉL. : 248-0235

Succursale :  
Édifice Fides  
235 est, Dorchester  
MONTREAL 129, QUÉ.  
TÉL. : 861-7445

**COMPAGNIE NATIONALE  
DE FORAGE ET SONDAGE INC.  
(1937)**

615, rue Belmont, Montréal 3

**Spécialistes en Géotechnique**



Sondages et forages;  
Essais en laboratoire;  
Rapports complets et  
recommandations.

**Tél. : 866-2433**



**DIVISION DES SERVICES PROFESSIONNELS**

- ÉTUDES ÉCONOMIQUES ET DE RENTABILITÉ
- ÉVALUATIONS
- EXPERTISES DE MATÉRIAUX
- SERVICES GÉOTECHNIQUES
- ESSAIS PHYSIQUES, CHIMIQUES ET NON-DESTRUCTIFS
- INSPECTION
- ORDONNANCEMENT

PRINCIPAUX BUREAUX: VANCOUVER - EDMONTON - REGINA - WINNIPEG  
TORONTO - HAMILTON - MONTRÉAL - FREDERICTON - HALIFAX - ST-JOHN'S

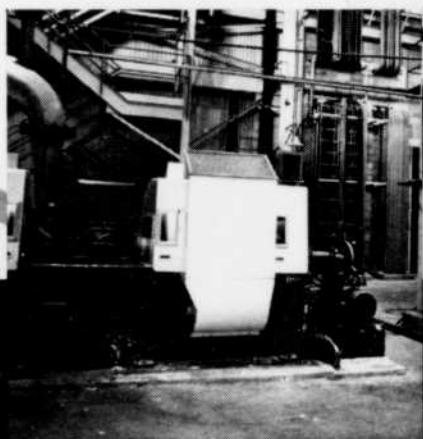
**WARNOCK HERSEY INTERNATIONAL LIMITED**

# INDEX

## DES

## ANNONCEURS

Beaulieu, Trudeau & Associés .....	37
•	
Canadian General Electric Co. Ltd. ....	C. IV
Canadian Kodak Co. Ltd. ....	29-33
Compagnie Nationale de Forage & Sondage Inc. ....	38
•	
Demers, Geo. ....	37
•	
Hewitt Equipment Ltd. ....	2
Horton Steel Works Ltd. ....	4
Hydro-Québec .....	3
•	
Ingénieurs Associés Ltée, Les .....	37
•	
Johnson Controls Ltée .....	C. II
•	
Laboratoires Ville-Marie Inc., Les .....	37
Lalonde, Girouard & Letendre .....	37
Lalonde, Valois, Lamarre, Valois & Associés .....	37
Lord & Cie Ltée .....	31
•	
Marine Industrie Ltée .....	35
Montel Inc. ....	38
Monti, Lavoie, Nadon .....	37
•	
Northern Electric Co. Ltd. ....	C. III
•	
Recordak of Canada Ltd. ....	11
•	
Tests de Fondation Inc. ....	37
Trane Co. of Canada Ltd. ....	6-7
•	
Warnock Hersey International Ltd. ....	38



Un des nombreux raffineurs de pâte à papier actionné par 2 moteurs de 2500 c. v., sur 6,600 volts.

Salle de commutation.

## **Vous voulez savoir pourquoi la CIP a utilisé plus de 100 milles de câble Teck de marque Northern Electric?**

**Parce qu'il est robuste tout simplement.**

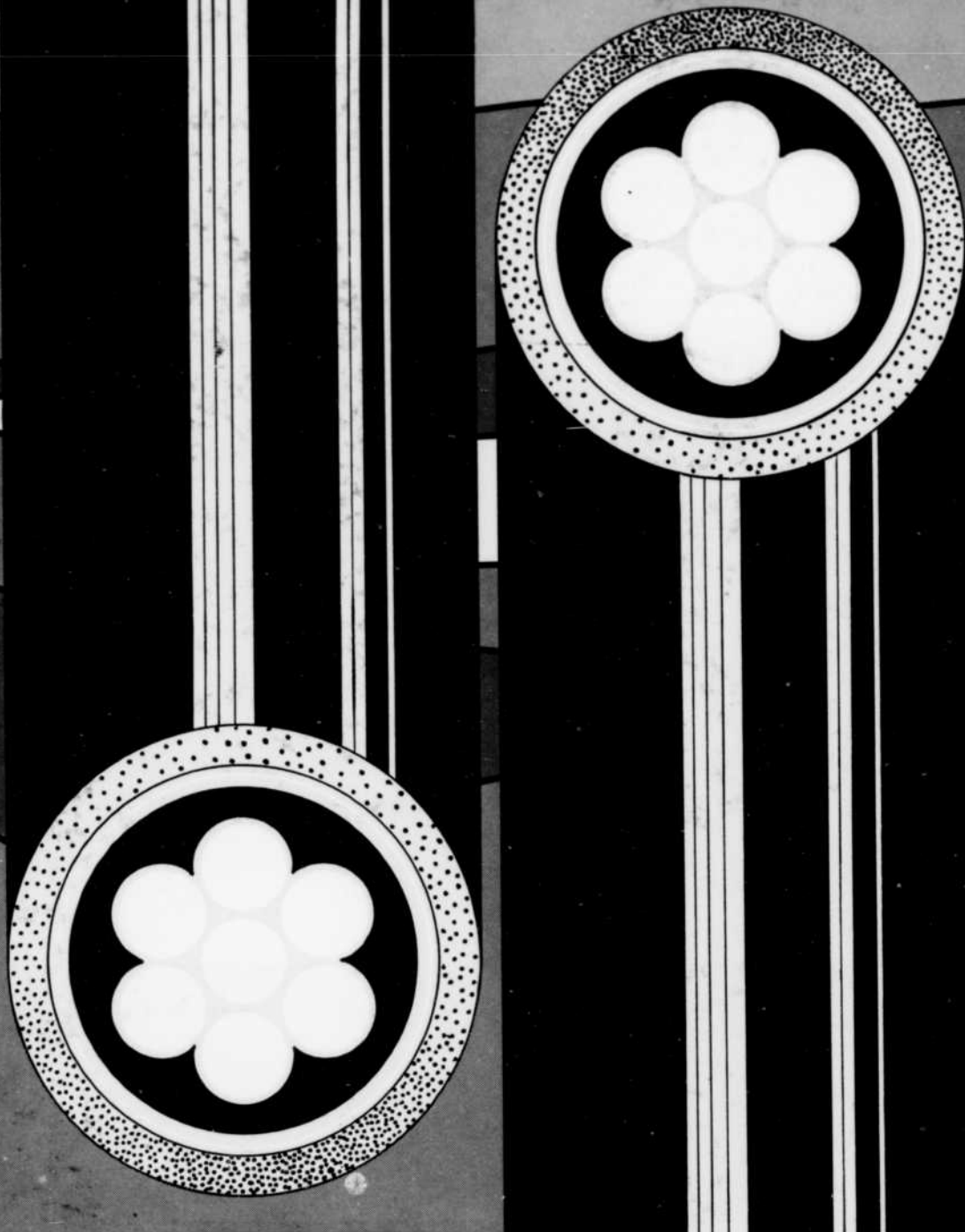
La Compagnie Internationale de Papier du Canada ayant construit une annexe de 350 000 pieds carrés à son usine de papier journal de Gatineau, pour tous ses câblages généraux elle a choisi de préférence à tout autre le câble Teck de fabrication Northern Electric. La fabrication du papier journal s'effectue dans une atmosphère humide qui constitue un sérieux agent de corrosion et seul un câble solide et durable — comme le câble Teck — offre toutes les garanties désirées.

Le câble Teck rencontre toutes les exigences. Les perfectionnements que la Northern Electric ne cesse

d'y apporter depuis près de trente ans, en font un câble particulièrement robuste, capable de supporter sans dommage les chocs les plus violents, ainsi que l'action d'agents destructeurs tels que l'humidité, la chaleur, le froid, l'ozone, l'huile, les flammes, etc. Pour tous les problèmes inusités de câblage, Teck est le choix qui s'impose.



COMPAGNIE  
**Northern Electric**  
LIMITÉE



**CÂBLE DE PUISSANCE AU**  
***Vulkene***

Le Vulkene CGE est un isolation thermodurcissable XLPE combinant les meilleures propriétés physiques et électriques pour isolation de câble à usage général. Pour obtenir une brochure descriptive #3366 prière de s'adresser au bureau de vente CGE le plus proche, ou d'écrire à: Canadian General Electric, section fils et câbles, Peterborough, Ontario.

9204-20021-F



**CANADIAN GENERAL ELECTRIC**