Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 86 (1960)

Heft: 22

Artikel: Quelques expériences du Centre de calcul électrique de l'École polytechnique de l'Université de Lausanne (EPUL)

Autor: Blanc, Charles

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-64509

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

86e année Lausanne, 22 octobre 1960 N° 22

BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

ORGANE OFFICIEL
de la Société suisse des ingénieurs et des architectes
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (S.V.I.A.)
de la Section genevoise de la S.I.A.
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne)
et des Groupes romands des anciens élèves de l'E.P.F. (Ecole polytechnique fédérale de Zurich)

COMITÉ DE PATRONAGE
Président: J. Calame, ing. à Genève
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève
Membres:
Fribourg: H. Gicot, ing.; M. Waeber, arch.
Genève: G. Bovet, ing.; Cl. Grosgurin, arch.; E. Martin, arch.
Neuchâtel: J. Béguin, arch.; R. Guye, ing.
Valais: G. de Kalbermatten, ing.; D. Burgener, arch.
Vaud: A. Chevalley, ing.; A. Gardel, ing.; M. Renaud, ing.; Ch. Thévenaz, arch.

CONSEIL D'ADMINISTRATION
de la Société anonyme du « Bulletin technique »
Président: D. Bonnard, ing.
Membres: M. Bridel; J. Favre, arch.; R. Neeser, ing.; A. Robert, ing.; J. P. Stucky, ing.
Adresse: Avenue de la Gare 10, Lausanne

RÉDACTION
Vacat
Rédaction et Editions de la S. A. du « Bulletin technique »
Tirés à part, renseignements
Avenue de Cour 27, Lausanne

ABONNEMENTS

1 an	Suisse	Fr. 28.—	Etranger	Fr. 32.—
Sociétaires	»	» 23.—	»	» 28.—
Prix du numéro	»	» 1.60		

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande », N° II 57 75, Lausanne

Adresser toutes communications concernant abonnement, changements d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie La Concorde, Terreaux 29, Lausanne

ANNONCES
Tarif des annonces:

1/1 page	Fr. 290.—
1/2 »	» 150.—
1/4 »	» 75.—
1/8 »	» 37.50

Adresse: Annonces Suisses S. A.
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. Lausanne et succursales

SOMMAIRE

Quelques expériences du centre de calcul électronique de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne (EPUL), par Charles Blanc, professeur à l'EPUL.
L'organisation des études et des travaux de l'autoroute Genève-Lausanne, par J.-E. Dubochet, ingénieur en chef du bureau de construction de l'autoroute Genève-Lausanne.
Divers. — Bibliographie. — Les congrès.
Service de placement. — Documentation générale. — Documentation du bâtiment. — Informations diverses.

QUELQUES EXPÉRIENCES DU CENTRE DE CALCUL ÉLECTRONIQUE

DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE LAUSANNE (EPUL)

par CHARLES BLANC, professeur à l'EPUL

Les deux premières années d'activité du centre de calcul électronique de l'EPUL ont permis de réunir une information très abondante sur les possibilités de l'emploi des grands ordinateurs dans l'industrie et la recherche scientifique. Les lignes qui suivent ont pour but d'en dégager certains points particulièrement importants.

Comme on le verra par les exemples donnés plus loin, tous les domaines de l'industrie, que ce soit la construction, l'exploitation ou la recherche, connaissent des problèmes où le recours au calcul électronique se justifie ou même s'impose. La grande variété des questions posées va-t-elle se satisfaire d'une machine unique, ou bien se trouvera-t-on en face d'exigences contradictoires, qui conduiront à la mise en œuvre de plusieurs calculatrices complémentaires les unes des autres ? Sur ce point, il apparaît bien que l'extrême souplesse de la conception des machines électroniques récentes les rend aptes à se plier aux besoins parfois les plus inattendus d'une demande chaque jour plus diversifiée. Mais ici, il est nécessaire de faire quelques remarques dont il serait prudent de tenir compte dès l'instant où on a à choisir entre tous les systèmes offerts aujourd'hui sur le marché.

Tout d'abord, il ne faut pas perdre de vue que l'exploitation d'une installation de calcul électronique exige, à côté de la machine elle-même qui en constituera le noyau, toute une dotation en machines auxiliaires, en documentation et en personnel. La dotation en machines auxiliaires (par exemple machines à confectionner les cartes ou rubans de données, à mettre en clair les résultats, etc.) dépend fortement du type de machine choisi ; il est inutile d'avoir une machine extrêmement rapide si l'avance du travail est ralentie par un étranglement à l'entrée ou à la sortie.

La dotation en information est un point important ;

une machine électronique ne sait presque rien faire par elle-même (et, comme les humains, elle sera même d'autant plus souple qu'elle comportera moins de « logique » interne) ; pour la faire travailler, il faut lui assigner un « programme » dont la confection peut prendre un temps très considérable. Il est nécessaire, lors de l'acquisition d'un équipement de calcul électronique pour des travaux scientifiques ou industriels, de s'assurer que le constructeur peut livrer, en même temps que la machine (ou même avant, si possible), un ensemble bien conçu de programmes de base à partir desquels les utilisateurs pourront confectionner plus facilement les programmes de calcul. Si une machine est binaire, par exemple, il est nécessaire d'avoir d'emblée à disposition les programmes assurant la transformation du système décimal dans le système binaire et la transformation inverse ; il faudra aussi des programmes pour le calcul des transcendantes courantes, pour l'algèbre linéaire, pour la virgule flottante (si elle n'est pas incorporée dans la machine). L'expérience montre à ce propos qu'il est extrêmement avantageux d'avoir une machine dont la mémoire a une capacité suffisante pour contenir à la fois ces programmes auxiliaires et les programmes principaux. Les 8192 places du tambour magnétique de la calculatrice ZEBRA du C.C.E. permettent de mémoriser, en principe en permanence, les programmes d'entrée et de sortie normaux, les programmes interprétatifs de virgule flottante, des programmes traceurs, et des programmes donnant les transcendantes usuelles (exponentielle, logarithme, fonctions trigonométriques, hyperboliques), laissant encore 5000 places environ pour les programmes d'exploitation ; cette particularité rend très facile le passage d'un travail à un autre, la machine étant toujours en mesure de s'adapter ainsi, sans manipulations spéciales, à des calculs de natures très diverses.

La dotation en personnel, enfin, est essentielle ; il faut, évidemment, des gens capables de comprendre aussi complètement que possible le fonctionnement de la machine ; il faut aussi des programmeurs (il est même avantageux que ce soient les mêmes personnes) ; mais il faut plus. En effet, ce serait se faire une idée tout à fait erronée du calcul électronique que de croire que la machine va simplement faire, vite et mieux, les calculs que l'on faisait plus ou moins à la main dans le passé. Le plus souvent, il est nécessaire de reprendre entièrement le problème, de repenser les méthodes de calcul ; il y a là une circonstance qui, sans aucun doute, justifie en partie la méfiance de certains à l'égard des nouvelles techniques ; il est évidemment difficile de renoncer à des méthodes anciennes, si souvent éprouvées, pour une « terra incognita » qui obligera peut-être à une longue étude et où on pressent que les obstacles ne manqueront pas. On comprend par exemple fort bien que dans l'étude de déformations élastiques, certains hésitent à abandonner les méthodes si souvent éprouvées de la statique graphique pour s'engager dans l'emploi de méthodes entièrement nouvelles ; il est très naturel que l'ingénieur cherche, s'il doit abandonner les méthodes graphiques, à s'en écarter néanmoins aussi peu que possible ; l'expérience semble prouver toutefois qu'il sera bien nécessaire de faire un jour un pas plus décisif. On pourra faire les mêmes remarques à propos de l'optique, où l'emploi rationnel des calculatrices électroniques conduit à abandonner les vieilles méthodes des chemins optiques ; la situation est la même dans le domaine de la construction de machines électriques (moteurs, transformateurs), où la question de l'établissement des projets se résout selon une voie qui s'écarte absolument des anciens usages.

Quelques problèmes traités

Déformation d'une dalle

La déformation d'une dalle homogène d'épaisseur constante peut se calculer en principe en intégrant une équation aux dérivées partielles du quatrième ordre, avec diverses conditions fournies par les liaisons imposées (sur les bords ou à l'intérieur) ; comme cette intégration n'est en général pas possible d'une manière exacte par les fonctions usuelles, il faut recourir à une méthode approchée. Le C.C.E. a eu à résoudre un tel problème dans le cas d'une dalle reposant sur des supports considérés comme rigides, placés en retrait du bord qui était libre. L'équation aux dérivées partielles a été remplacée par un système d'équations linéaires algébriques, dont la résolution pouvait se faire ensuite sans peine grâce aux programmes déjà existants ; ces programmes permettent de résoudre simultanément le problème pour plusieurs cas de charges ; pour donner une idée, signalons qu'on peut traiter, dans le cas d'un réseau de 30 points, 6 cas de charges différents en 30 minutes environ.

La difficulté du problème consiste à bien transformer le problème exact en un problème approché, c'est-à-dire l'équation aux dérivées partielles en un système d'équations algébriques linéaires. Ici encore, il faut se garder de recourir à la « statique » traditionnelle qui pourrait inciter à remplacer la dalle par un système de poutres croisées ; il faut aborder le problème d'une façon plus directe, en le transformant en un problème d'extremum. On ne peut mieux faire que de renvoyer à ce propos à une étude faite récemment à l'Institut de mathématiques appliquées de l'E.P.F. [1]

Dépouillement de résultats de mesures

De nombreux problèmes de « Data processing » ont été posés au C.C.E. : des mesures de débits hydrauliques aux chiffres de ventes, en passant par les observations astronomiques ou nucléaires, leur variété donne un bon exemple de la souplesse du calcul électronique ; les expériences faites montrent qu'une calculatrice dont la mémoire est assez grande peut aussi fort bien être utilisée pour des problèmes de tri.

Recherche opérationnelle

On sait l'importance qu'a prise ce domaine dans les problèmes de gestion. Le C.C.E. (qui dispose notamment d'un programme très général de « Linear programming ») a eu à résoudre des problèmes de ce type : une entreprise industrielle comporte un certain nombre de départements, qui ont recours aux services de divers ateliers ; on connaît la capacité maximum de production de chaque atelier, et son rendement selon qu'il travaille

[1] M. Engeli, Th. Ginsburg, H. Rutishauser, E. Stiefel : *Refined iterative methods for computation of the solution and the eigenvalues of self adjoint Boundary Value problems.* Mitt. aus dem Inst. für ang. Math. ETH, nº 8, 1959.

pour un département ou un autre : quelle est la répartition optimale du travail et partant, quel est le chiffre d'affaires maximum de l'entreprise ?

La principale difficulté, pour une entreprise qui désire procéder à une analyse scientifique de sa gestion, est sans doute de réunir les informations nécessaires ; notons ici que le calcul électronique est assez rapide pour que le problème puisse être repris avec diverses variantes sans exiger un temps trop considérable.

Problèmes matriciels

Il arrive très souvent que les problèmes posés au C.C.E. soient déjà entièrement élaborés du point de vue mathématique ; c'est notamment le cas pour les problèmes de caractère matriciel : produits, inversion et surtout valeurs et vecteurs propres. Il est apparu assez tôt qu'il est illusoire de se reposer sur un seul programme pour un problème déterminé ; ainsi, pour un premier problème de valeurs propres réelles de matrices non symétriques, le C.C.E. a élaboré un programme utilisant la méthode d'itération usuelle ; l'expérience a été très encourageante ; quelques mois plus tard cependant, pour un problème en apparence tout à fait semblable, le programme a été pratiquement inutilisable ; il se trouvait que les valeurs propres étaient très voisines, ce qui rendait la convergence du procédé beaucoup trop lente ; il était nécessaire de refaire un nouveau programme ; dans le cas de matrices quelconques, un programme de transformation en une matrice *tridiagonale* a donné alors d'excellents résultats.

En ce qui concerne la résolution de systèmes d'équations algébriques, le C.C.E. dispose de tout un choix de programmes adaptés à diverses circonstances ; le nombre maximum d'équations et d'inconnues peut aller jusqu'à 88 (en virgule flottante, avec mantisse de sept chiffres décimaux).

Equations différentielles

Le C.C.E. possède un programme général permettant d'intégrer des systèmes d'équations différentielles, linéaires ou non (méthode de Runge-Kutta) ; ici encore, on peut constater que s'il s'agit de problèmes un peu particuliers, il est avantageux de composer des programmes ad hoc, qui peuvent être plus rapides. Ainsi, à propos d'un problème lié à la construction de transformateurs, le C.C.E. a eu à résoudre un système d'équations linéaires à coefficients constants, avec conditions initiales ; il serait théoriquement possible de fournir explicitement la solution exacte ; il s'est révélé préférable de choisir une méthode d'intégration approchée, dérivée de celle de Runge-Kutta mais spécialement adaptée à ce problème ; les résultats ont été excellents. La même observation a été faite à propos de problèmes d'hydraulique (avec des équations non linéaires cette fois-ci).

Représentation approchée de fonctions

Il arrive fréquemment qu'on cherche à représenter, par une expression d'un type donné (par exemple par un polynôme), une fonction connue pour un certain nombre de valeurs des variables ; un tel problème peut se résoudre de façons très diverses ; si on laisse de côté les méthodes d'interpolation, on peut caractériser les méthodes de représentation approchée en indiquant quelle est la grandeur qui servira à juger de la qualité d'une approximation ; ainsi, en prenant une somme (ou une intégrale) de carrés d'écarts, on obtient les méthodes d'approximation en moyenne quadratique ; en prenant, par contre, l'écart maximum (que l'on cherche ensuite à rendre aussi petit que possible), on obtient les méthodes de type Tchébycheff ; le C.C.E. dispose de programmes adaptés à ces diverses méthodes d'approximation ; ces programmes ont été utilisés pour des problèmes très variés tels que : construction de machines hydrauliques, étude de déformations de massifs en béton, observations astronomiques ; ici encore, est apparue la nécessité de ne pas s'en tenir à des programmes trop schématiques.

Code correcteur d'erreurs

On sait que les erreurs qui se glissent dans la transmission d'informations ne peuvent se corriger que si le code employé comporte une certaine redondance, c'est-à-dire si l'information n'a pas été condensée au maximum ; le C.C.E. a eu à étudier la possibilité de faire corriger automatiquement, à la réception, un message transmis dans un code binaire et partiellement altéré. Le problème était plus logique que numérique ; sa résolution exigeait pratiquement l'emploi d'une calculatrice binaire ; ici s'est manifesté, d'une façon particulièrement évidente, l'intérêt pour un centre de calcul qui a forcément à résoudre des problèmes extrêmement divers, à disposer d'une machine aussi simple que possible, donc avec une logique interne d'un niveau très bas, et binaire ; la machine ZEBRA a permis d'obtenir, assez simplement, une solution absolument satisfaisante.

Vues d'avenir

Accueilli au début avec quelque méfiance, le calcul électronique s'est maintenant imposé dans l'industrie. Il y a quelques années à peine, beaucoup pensaient qu'un pays comme le nôtre pourrait se satisfaire, pendant longtemps, d'une seule machine, exploitée par un institut centralisé. On sait combien les faits ont démenti ces pronostics.

Il est intéressant de noter que l'expansion actuelle s'est accompagnée d'une sorte de stabilisation dans la conception des calculatrices électroniques ; qu'on nous comprenne bien ; il est évident que des progrès considérables se font et se feront encore ; toutefois, il est clair qu'on est maintenant sorti de l'ère des tâtonnements et que la construction des calculatrices électroniques est entrée dans l'âge adulte.

Comment va-t-elle évoluer ? On construit aujourd'hui des machines toujours plus rapides, ce qui pose des problèmes technologiques très difficiles (en particulier dans la réalisation d'organes de mémoire d'assez grande capacité et de temps d'accès minime) ; on cherche aussi à développer des machines de dimensions modestes, dont l'exploitation n'entraîne pas des frais trop considérables et qui soient ainsi à la portée d'entreprises d'importance moyenne. Dès lors la gamme des machines offertes maintenant sur le marché est très grande, et l'acquisiteur éventuel peut avoir même l'embarras du choix.

Parallèlement, on assiste à un grand effort en vue de simplifier les techniques de programmation, en particulier en vue d'élaborer un langage commun, qui per-

mettra de passer facilement d'un programme résolvant un problème sur une machine au programme qui résoudra le même problème sur une autre machine.

Le développement des méthodes mathématiques, enfin, n'est pas aussi avancé qu'on pourrait le souhaiter. L'emploi des calculatrices électroniques, loin de diminuer le travail des mathématiciens, pose chaque jour des problèmes nouveaux, qui exigent l'emploi de théories toujours plus avancées. Des méthodes qui semblaient favorables se révèlent inutilisables, du fait par exemple des arrondis, qui prennent une importance considérable lorsque l'ampleur des calculs augmente, ou du fait d'instabilités (comme dans l'intégration d'équations différentielles) qui enlèvent toute signification à certains résultats. D'autre part, grâce à leur vitesse de calcul qui surpasse celle d'une machine de bureau d'un facteur cent, mille ou même plus, les calculatrices électroniques permettent sans doute d'aborder des problèmes auxquels on n'aurait pas songé autrefois ; mais ces mêmes problèmes en suggèrent d'autres, comme par exemple dans l'intégration d'équations aux dérivées partielles, dont la résolution numérique avec les méthodes connues dépasse encore les possibilités des plus grandes machines actuelles. C'est dire que, là encore, l'effort des constructeurs exige parallèlement un effort des mathématiciens en vue de l'élaboration de méthodes toujours plus perfectionnées.

Septembre 1960.

EPUL
Institut de mathématiques appliquées.

625.711.3 (494.4)

L'ORGANISATION DES ÉTUDES ET DES TRAVAUX DE L'AUTOROUTE GENÈVE-LAUSANNE

par J.-E. DUBOCHET, ingénieur en chef du bureau de construction de l'autoroute Genève-Lausanne [1]

1. Description rapide du projet

L'autoroute Genève-Lausanne est un des premiers éléments du réseau des routes nationales de première classe.

Cet aménagement comprend dans le canton de Vaud :

- une autoroute à quatre voies entre la frontière genevoise dans la région du village de Sauverny et Ecublens près Lausanne ;
- une autoroute à six voies entre Ecublens et la Maladière-Lausanne ;
- une autoroute à cinq voies entre Ecublens et Crissier, soit le début de l'autoroute Ecublens-Yverdon-Berne ;
- l'ouvrage de jonction entre ces trois autoroutes dans le bois d'Ecublens ;
- les jonctions entre l'autoroute et les routes cantonales à : Chavannes-de-Bogis, Nyon, Gland, Rolle, Allaman, Morges, La Bourdonnette-Lausanne, La Maladière-Lausanne ;
- les modifications à apporter aux routes cantonales et locales pour assurer la traversée de l'autoroute en passages supérieurs ou inférieurs ;
- les corrections de rivières ;
- un remaniement parcellaire général de toutes les propriétés situées de part et d'autre des nouveaux aménagements, dans le secteur rural, c'est-à-dire sur toute la longueur de l'autoroute et des différentes routes cantonales en dehors de la ville de Morges et de l'entrée à Lausanne.

L'autoroute de quatre voies parallèles sera constituée par :

- une bande centrale de quatre mètres gazonnée et plantée de bosquets et de chaque côté, c'est-à-dire pour chaque sens de circulation :
- une bande de marquage de 50 cm ;
- une chaussée de 7 m ;
- une bande de marquage de 50 cm ;
- une bande de stationnement de 2,50 m ;
- une banquette herbée de 50 cm, soit une plate-forme d'une largeur totale de 26 m.

L'autoroute à six voies parallèles offrira le même aspect, mais les deux chaussées proprement dites auront chacune une largeur de 10, 50 m, ce qui porte la largeur totale de la plate-forme à 33 m.

Les jonctions entre autoroute et routes cantonales seront le plus souvent du type losange avec voies d'accélération et décélération.

Seules les entrées de l'autoroute dans la région lausannoise seront du type giratoire ou éléments de feuille de trèfle.

2. Importance des travaux

L'ensemble de l'aménagement entraîne donc la construction de :

- 45 km d'autoroute à quatre, cinq ou six voies ;
- 40 km de routes cantonales ;
- 110 ponts et aqueducs ;
- et le remaniement parcellaire de 180 hectares de terrains cultivables.

Le devis total ascende à 210 millions et nous estimons qu'il faut envisager environ 10 millions d'heures de travail.

3. Programme général des travaux

La décision de construire l'autoroute Genève-Lausanne a été prise par le Grand Conseil du canton de Vaud le 3 septembre 1958 et par les Chambres fédérales le 3 octobre 1958. L'autoroute doit être mise en service pour l'Exposition nationale 1964, soit au plus tard le 30 avril 1964.

Afin d'assurer l'établissement des plans de construction et l'exécution des travaux, nous avons divisé l'aménagement en secteurs comprenant environ 10 km d'autoroute et tous les ouvrages annexes correspondants, et réparti notre activité pour chaque secteur comme suit :

1re *étape :* Etablissement du projet définitif et des plans de construction, mise à l'enquête des projets dans les communes intéressées, mise en soumission des travaux.

[1] Exposé présenté le vendredi 20 mai 1960, à Nyon, lors de l'assemblée générale de la *Société suisse de mécanique des sols et des travaux de fondation.*