Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 81 (1955)
Heft: 12: Les machines arithmétiques

Artikel: Calcul numérique et calculaturices automatiques
Autor: Blanc, Charles
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-61336

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: 17.07.2025

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

CALCUL NUMÉRIQUE ET CALCULATRICES AUTOMATIQUES

par CHARLES BLANC, professeur à l'Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne

L'homme a toujours cherché, en recourant à des moyens matériels auxiliaires, à rendre plus aisés ses calculs numériques. Ce furent d'abord ses doigts, ce qui le conduisit à adopter le système de numération décimale. Au cours des temps, les « machines » à calculer se sont perfectionnées et nous assistons de nos jours à une évolution dont les conséquences sont encore loin d'être entièrement ressenties.

Cette évolution entraîne une profonde modification des techniques de résolution des problèmes numériques, modification qui nous oblige même à repenser entièrement certaines questions, à considérer comme parfaitement abordables des problèmes jadis laissés de côté parce que exigeant un travail prohibitif ; elle nous oblige aussi à abandonner certaines méthodes, certaines conceptions aujourd'hui dépassées. C'est ce qu'on se propose de faire voir dans cet article.

* * *

On laissera de côté ici les machines *analogiques*, c'est-à-dire celles où l'on remplace le calcul proprement arithmétique par la mesure de grandeurs physiques : planimètres, intégrateurs mécaniques ou électriques, analyseurs différentiels, cuves électrolytiques, modèles réduits, tables de calcul, etc. Ces procédés analogiques sont extrêmement utiles ; dans de nombreux cas, il n'est guère possible de trouver actuellement un autre moyen commode d'aboutir à un résultat pratique ; ils ont tout naturellement la faveur des ingénieurs, qui apprécient de pouvoir interpréter clairement la signification des mesures ; toutefois, il semble que les défauts propres à ces méthodes tendront à leur faire préférer peu à peu les méthodes arithmétiques, mettant en œuvre des machines opérant sur des nombres, donc exigeant que le problème soit explicitement écrit sous forme mathématique (ce qui semble au premier abord un inconvénient) ; ces machines ont l'avantage considérable d'être *universelles*, c'est-à-dire de pouvoir traiter n'importe quel problème, alors qu'une machine analogique est destinée à un type particulier de problèmes et que tout perfectionnement tend à rétrécir encore son domaine d'application.

Lorsque l'on considère les progrès considérables accomplis dans la construction des calculatrices arithmétiques, dans la mise au point de méthodes d'emploi de ces machines, et d'autre part le prix presque aussi élevé de machines analogiques d'un emploi très restreint, on ne peut nier que les machines arithmétiques tendront à s'imposer peu à peu dans tous les domaines de la technique.

* * *

Passons en revue quelques types de machines calculatrices actuellement utilisées ; la description que nous en donnerons comportera des simplifications qu'on voudra bien nous pardonner et qui ont pour but de mettre en évidence les particularités essentielles de ces machines. Nous verrons ensuite comment ces machines peuvent être utilisées pour les calculs techniques.

La machine à calculer de bureau, à clavier et avec totalisateur et compteur de tours sur chariot, permet d'effectuer, d'une manière plus ou moins automatique, les quatre opérations de l'arithmétique ; à main ou électrique, elle peut résoudre en principe tous les problèmes de calcul numérique. Une telle machine exige que les données numériques soient introduites manuellement par l'opérateur ; la suite des calculs s'y effectue à partir de commandes manuelles ; les résultats, lus au totalisateur ou au compteur de tours, sont reportés manuellement sur la feuille de calculs. L'automatisme de la machine se trouve simplement au niveau des opérations élémentaires (par exemple, une pression sur la touche convenable a pour effet que la machine effectue la série d'opérations que comporte une division).

Pour perfectionner la machine, on s'efforcera de substituer des processus automatiques à ces opérations manuelles. C'est une condition évidente si l'on veut accroître la rapidité des calculs ; c'est également une condition de sécurité. On cherchera donc à remplacer l'affichage manuel des données par une introduction mécanique ou électrique : la carte perforée, le ruban perforé ou la bande magnétique constituent les solutions les plus courantes de ce problème ; on cherchera également à adjoindre un mécanisme de sortie des résultats, par impression ou perforation. Enfin, on remplacera la succession des commandes manuelles par un dispositif automatique, constituant le *programme* de la machine, programme introduit avant le début des calculs ; en plus de cela, comme la résolution d'un problème comporte presque toujours des résultats partiels à conserver au cours des calculs, il sera utile de doter la machine de la possibilité d'emmagasiner ces résultats, dans ce que l'on appellera sa *mémoire* ; cette mémoire pourra du reste aussi conserver certaines données numériques initiales.

La *machine à additionner*, avec dispositif d'impression, plus rudimentaire en un sens que la machine à calculer (puisqu'elle ne peut faire commodément la multiplication et la division), est intéressante cependant car elle comporte un ensemble d'ordres assez simple. Elle comprend un clavier C, pour l'affichage des données numériques, et un totalisateur T avec dispositif d'impression. Elle peut exécuter les ordres suivants (une lettre entre ( ) représente le nombre contenu dans la partie correspondante de la machine) :

Additionner (C) à (T)
Soustraire (C) de (T)
Additionner (C) à (T) et vider C
Soustraire (C) de (T) et vider C
} imprimer (C)
Imprimer (T)
Imprimer (T) et vider T.

Ici encore, l'affichage des données et la commande des opérations sont manuels ; il n'en est plus de même pour la *machine comptable tabulatrice*. En simplifiant les choses, on peut dire qu'elle constitue une machine à additionner avec *plusieurs totalisateurs* T_1, T_2, . . . ; elle exécute dès lors les ordres suivants :

Additionner (C) à (T_i) Soustraire (C) de (T_i) Additionner (C) à (T_i) et vider C Soustraire (C) de (T_i) et vider C	imprimer (C)
Additionner (T_i) à (T_k) Soustraire (T_i) de (T_k) Additionner (T_i) à (T_k) et vider T_i Soustraire (T_i) de (T_k) et vider T_i	imprimer (T_i)
Imprimer (T_i) Imprimer (T_i) et vider T_i.	

(Il y a en fait, sur les machines usuelles, quelques différences qu'il n'est pas nécessaire de mentionner ici.) Ces ordres sont donnés à la machine en partie ou en totalité par un dispositif automatique, assez semblable à une barre de tabulateur de machine à écrire, les cavaliers ayant des formes différentes selon l'ordre à exécuter.

Cette machine constitue le premier exemple d'une calculatrice à programme ; il est clair que la préparation du programme prend plus de temps que son exécution ; cette disposition n'est donc avantageuse que si le programme doit être parcouru assez souvent : le calcul doit se ramener à un cycle d'opérations revenant un grand nombre de fois.

Sur la machine comptable ordinaire, l'affichage des données se fait manuellement ; en outre, elle ne possède pas de dispositif de multiplication ou de division. Comme on l'a dit, les cartes perforées constituent un moyen souvent employé pour l'introduction des données et aussi pour la sortie des résultats. Si on veut une machine faisant les quatre opérations de l'arithmétique, on la dote d'un organe calculateur central ; les totalisateurs sont alors remplacés par de simples *registres*, conservant les données numériques ou les résultats intermédiaires, et constituant donc la mémoire de la machine.

Le programme est alors en général introduit par le moyen d'un panneau de connexions ; les instructions que la machine est susceptible d'exécuter sont évidemment très nombreuses ; on a par exemple :

ordres de lecture (lire telle partie de la carte palpée, introduire le nombre correspondant dans tel registre) ;

ordres d'opérations arithmétiques (additionner, soustraire, . . . les contenus de tels registres ; introduire le résultat dans tel registre) ;

ordre de sortie (perforer sur la carte le contenu de tel registre) ;

ordre de palpage de la carte suivante ;

ordre « stop » ;

en plus de cela, chaque ordre doit mentionner le numéro de l'ordre à exécuter ensuite, ce numéro pouvant du reste dépendre du résultat obtenu lors de la dernière opération (ordre conditionnel).

Ici encore, l'élaboration et l'affichage du programme durent beaucoup plus que son exécution ; une telle machine n'est donc utile (et pleinement utilisée) que si l'on se propose de répéter très souvent le même programme ou (ce qui revient en somme au même) si le problème est résolu par une méthode consistant à répéter un grand nombre de fois le même cycle d'opérations.

Ces calculatrices à cartes perforées sont entièrement automatiques en ceci que, le panneau du programme étant posé, le réservoir d'entrée garni de cartes dûment perforées, la machine peut calculer sans aucune intervention de l'opérateur ; elle pourra même s'arrêter automatiquement si cela est nécessaire : il suffira de prévoir un ordre conditionnel faisant passer à l'ordre « stop » lorsque la circonstance voulue se présente.

Toutefois le programme d'un cycle de calcul sur panneau (ou sur carte perforée) est forcément assez court ; il est donc souvent nécessaire, pour un problème technique, de découper le programme complet en cycles successifs, ce qui complique la préparation et ralentit parfois beaucoup le rythme des calculs ; sur les grandes machines automatiques à programme, la difficulté a été résolue de la manière suivante : les instructions sont transcrites selon un code donné en nombres, que l'on introduit *avec les données numériques*, dans la mémoire, dont la capacité est également considérablement accrue : on accumule, par exemple sur un tambour magnétique, plusieurs dizaines de milliers de chiffres décimaux (ou plus exactement, leur équivalent dans le système binaire, car il n'y a aucune raison de conserver dans ces machines le système décimal) ; cette disposition, outre qu'elle étend considérablement la longueur admissible des programmes, leur confère une souplesse que ne connaît pas le panneau : les instructions étant maintenant enregistrées sous forme de nombres, peuvent elles-mêmes passer comme nombres dans l'organe proprement calculateur de la machine ; elles peuvent donc être modifiées, soit selon un plan préalable, soit en fonction des résultats intermédiaires. On peut donc dire que la machine est plus automatique lorsque le programme est incorporé à la mémoire, puisqu'elle l'adapte d'elle-même aux résultats intermédiaires des calculs [1].

* * *

Il n'a guère été question jusqu'ici de la rapidité même des opérations. Dans une machine à calculer de bureau, une multiplication (avec des facteurs de 10 chiffres au plus) dure quelques secondes (en plus du temps nécessaire à l'affichage des termes du produit) ; dans une machine électromagnétique (à relais), cette durée est un peu moindre, avec un temps d'affichage réduit si les nombres sont introduits par cartes perforées ; dans une machine électronique, la durée se réduit à quelques millièmes de seconde, ou même moins encore, y compris la recherche des termes dans la mémoire ; on a mis au point des mémoires d'accès pratiquement immédiat (à ultra-sons, par exemple) ; dans

[1] Il serait trop long de donner ici plus de renseignements sur les calculatrices automatiques actuellement en fonctionnement ou en construction ; plusieurs sont de simples prototypes, d'autres sont reproduites à plusieurs exemplaires destinés à la vente ou la location. On trouvera de nombreux renseignements dans le périodique *Mathematical Tables and other Aids to Computation* (Washington), dont la consultation est indispensable à toute personne s'occupant de calcul numérique. Mentionnons encore un rapport intitulé *A Survey of Automatic Digital Computers*, U.S. Dept. of Commerce 1953, qui donne les caractéristiques d'une centaine de machines automatiques.

les réalisations récentes, la machine possède en général une mémoire « lente », de grande capacité, et une mémoire immédiate, limitée à quelques centaines de chiffres seulement.

Dans de telles conditions, des calculs exigeant même un grand nombre d'opérations (par exemple sommation d'une série) peuvent être exécutés en un temps extrêmement court ; ainsi, s'il est nécessaire d'introduire dans un calcul la valeur d'une ligne trigonométrique, il sera beaucoup plus rapide de la faire calculer par la machine (au moyen d'un « sous-programme ») que d'aller la chercher dans une table.

* * *

On a dit plus haut que le développement des calculatrices conduit à une transformation des méthodes mêmes du calcul numérique. Signalons à ce propos que, dans les débuts surtout, les machines à calculer n'ont pas été créées pour les calculs des ingénieurs, mais pour les comptables. Cette circonstance est particulièrement sensible à propos des machines à cartes perforées, réalisées en fonction des besoins des calculs financiers ou des dépouillements statistiques.

Les machines à calculer de bureau, machines universelles dans leur conception (bien qu'utilisées encore maintenant surtout par les comptables) s'adaptent fort bien aux calculs techniques. Il faut dire cependant que si elles se répandent maintenant toujours plus dans les bureaux d'ingénieurs, il s'en faut de beaucoup que les méthodes de calcul les plus favorables soient encore suffisamment connues des utilisateurs. Une machine à elle seule ne représente qu'une partie des auxiliaires du calculateur : il doit également utiliser des tables numériques, bien adaptées à ses besoins ; à ce propos, il est bon de répéter que les « Tables de logarithmes », encore employées dans nos écoles secondaires, ne sont presque d'aucune utilité pour qui dispose d'une machine à calculer (leur conception est du reste en complète contradiction avec les tendances actuelles du calcul numérique).

Les machines comptables à tabulateur ont trouvé un emploi très intéressant bien qu'un peu particulier dans l'établissement et le contrôle des tables numériques. On a là un très bel exemple de l'adaptation de méthodes aux ressources d'une machine, dont on est redevable à un des hommes qui, dans ces dernières années, ont le plus contribué au progrès du calcul numérique, L. J. Comrie [1].

Sur la base de sa grande expérience, L. J. Comrie a montré qu'il était plus rationnel, et surtout plus économique, de chercher à mettre au point des méthodes nouvelles de calcul en fonction de machines existantes, plutôt que de construire des machines adaptées à un type de problèmes et à une méthode particulière. La leçon n'a malheureusement pas toujours été comprise, et on voit encore souvent des réalisations qui montrent autant d'habileté technique dans le domaine de l'électronique que d'ignorance dans celui du calcul numérique [1].

Il est clair qu'une machine dont la construction aura été inspirée par un calculateur de valeur risque d'être d'un meilleur emploi, mais il est fort probable, surtout s'il s'agit d'une grande machine automatique, que ses possibilités multiples apparaîtront après coup ; en tout cas, la plus mauvaise machine sera celle que l'on construit pour un problème trop particulier, en ne songeant qu'à une méthode particulière de résolution. Citons ici une très pertinente remarque de L. J. Comrie : « J'ai parfois trouvé que les physiciens et les ingénieurs sont trop pressés de se demander : « Quelle analogie physique, mécanique ou électrique puis-je trouver pour l'équation que je dois résoudre ? » et de bondir à la planche à dessin, avant de rechercher si aucune des machines existant dans le commerce ne peut faire le même travail. » [2]

Il n'est pas inutile d'illustrer nos remarques par un exemple. Prenons le calcul approché d'une intégrale définie et l'intégration d'une équation différentielle du premier ordre. Pour qui ne dispose que d'un équipement minimum (règle à calcul, petite table de fonctions), une méthode graphique est souvent la plus indiquée ; et là, le plus simple est toujours le meilleur.

Si l'on dispose d'une machine à calculer de bureau, on choisira pour l'intégrale définie une méthode de quadrature d'un type simple, la formule de Simpson par exemple ; pour une équation différentielle, la formule de Runge-Kutta, ou mieux peut-être une des formules d'Adams (le procédé d'Euler, encore souvent employé sous des dénominations diverses, est très grossier et doit être déconseillé absolument ; avec un effort moindre, les méthodes mentionnées donnent facilement un résultat meilleur).

Dès que l'on use d'une machine électronique à programme, la méthode change encore ; si la machine doit elle-même calculer les valeurs de la fonction à intégrer, il n'y a aucune nécessité à prendre des abscisses équidistantes : la formule de quadrature de Gauss peut alors devenir préférable.

Celui qui ne connaît que les rudimentaires méthodes graphiques pensera bien faire, pour améliorer ses résultats, en fabriquant une machine réalisant, mais mieux qu'il ne peut le faire à la main, les mêmes constructions graphiques ; il y a là un manque d'imagination évident : en même temps qu'on perfectionne la technique d'application, il faut perfectionner les principes des méthodes.

On pourrait faire des remarques analogues à propos du problème si important du point de vue pratique (et pas si élémentaire qu'on le pense) de la résolution d'un système d'équations algébriques linéaires. Lorsque le nombre des équations n'est pas trop considérable, le calcul peut encore se faire avec une machine à calculer de bureau, par une méthode dérivée du procédé d'éli-

[1] L. J. Comrie (1893-1950), né en Nouvelle-Zélande, fut superintendant au Nautical Almanac Office de 1930 à 1937 ; il y perfectionna considérablement les techniques de préparation de tables astronomiques ; il créa en 1937 le Scientific Computing Service (à Londres) ; ses travaux, en particulier les admirables tables qu'il a composées, lui ont acquis la reconnaissance et le respect de tous les calculateurs.

[1] Il suffit de penser par exemple aux appareils que l'on a construits pour l'estimation de l'autocorrélation de fonctions aléatoires, sans se préoccuper le moins du monde de l'aspect statistique du problème, ce qui était pourtant essentiel.

[2] *The Application of Commercial Calculating Machines to Scientific Computing.* Math. Tables and other Aids to Computation, 2, 1946-47 p. 149-159.

mination de Gauss [1] ; si l'on utilise par contre une machine à programme, il est nécessaire d'appliquer une tout autre méthode, avec un cycle de calcul relativement court mais fréquemment répété ; il existe diverses méthodes de cette nature, en particulier celle des gradients conjugués [2], dont s'accommodent parfaitement les calculatrices automatiques. Ici encore, il serait maladroit de chercher à réaliser une machine automatique dont le seul but serait d'appliquer la méthode d'élimination de Gauss.

* * *

[1] L'Institut de mathématiques appliquées de l'E.P.U.L. a eu récemment à résoudre un système de 30 équations linéaires ; cela a représenté environ deux semaines de travail pour un calculateur entraîné ; on se souviendra à ce propos que le temps nécessaire augmente comme le cube du nombre des équations !

[2] Voir HESTENES, M. et STIEFEL, E. : *Method of conjugate gradients for solving linear systems.* Journal of Research, Nat. Bureau of Standards, Washington, décembre 1952.

Il est temps de conclure, et il n'est guère aisé de le faire en quelques lignes. Le calcul numérique d'une part, les techniques électroniques d'autre part, ont pris un si grand développement depuis quelques années que les possibilités mises à la disposition des ingénieurs ne vont pas tarder à s'accroître considérablement. C'est peut-être toute la question de l'emploi des mathématiques en technique qui devra être revue à la lumière des faits nouveaux. Mais il ne faudra pas perdre de vue que le progrès dans la construction de calculatrices est presque illusoire s'il ne s'accompagne d'une mise en œuvre rigoureuse des techniques les plus récentes du calcul numérique. Et pour terminer, citons encore L. J. Comrie : « Il est clair que le besoin de nouvelles machines doit être jugé, non à la lumière de ce que nous faisons aujourd'hui, mais en fonction de ce que nous pourrions utilement faire grâce à elles. » *(Ibid.)*

LE LABORATOIRE DE CALCUL MÉCANIQUE DE L'INSTITUT BLAISE PASCAL

par M.-L. COUFFIGNAL

Directeur du Laboratoire de calcul mécanique de l'Institut Blaise Pascal

En octobre 1935, le Centre national de la recherche scientifique [1] créait, à la demande des Services de la Défense nationale, un laboratoire équipé de machines pour effectuer des calculs de balistique. Ce laboratoire a été adjoint en 1945 au Laboratoire de calcul analogique de l'Institut de mécanique des fluides de Paris, plus ancien de plus de dix ans, pour constituer l'Institut Blaise Pascal, sous la direction générale de M. le professeur Pérès, doyen de la Sorbonne.

Le Laboratoire de calcul analogique, consacré d'abord au calcul rhéostatique, a étendu son champ d'action à toutes les méthodes de calcul analogique : cuves rhéostatiques, réseaux de résistances, papiers conducteurs, analogues électroniques généraux, modèles élastiques, etc., etc.

Le principe des méthodes de calcul utilisées, la politique du Laboratoire, pourrait-on dire, est de construire un analogue particulier pour chaque type de problème, plutôt qu'une machine analogique universelle, compliquée et de conduite difficile, et qui risque toujours, devant un problème nouveau, d'être insuffisante et inadaptable.

C'est ainsi que le Laboratoire possède un appareil calculateur d'ailes de Malavard, pour le calcul immédiat de la portance d'une aile, une cuve à sonde double (bisonde de Miroux) qui permet de tracer directement et automatiquement les lignes de courant aussi bien que les lignes de niveau, une cuve spéciale (appareil de Marvaux) pour le tracé automatique des trajectoires dans les lentilles électroniques, un réseau à 10 000 points pour le calcul des barrages, etc.

Le Laboratoire de calcul mécanique est consacré « à l'étude des méthodes et du matériel de calcul mécanique », ce dernier terme, déjà ancien, visant seulement les machines arithmétiques.

Outre des machines de bureaux de types divers, deux couples de machines, Underwood et Madas d'une part, National-Sanders et Hamann Selecta d'autre part, ont été connectés par des dispositifs de télécommande [1] qui transfèrent aux claviers de la multiplieuse les nombres inscrits sur le clavier de l'additionneuse, seul clavier dont ait à jouer l'opératrice ; le résultat d'une multiplication ou d'une division, lu sur le viseur de la multiplieuse, est recopié sur le clavier de l'additionneuse, et un contrôle électromécanique bloque la machine si l'opératrice a fait une erreur de copie. Le programme, réalisé par des pièces mécaniques placées en des points appropriés du chariot de l'additionneuse ne peut comporter plus de 17 ordres. Malgré la faible longueur de ces programmes, ces machines sont d'un très bon rendement dans des calculs où un nombre assez élevé de systèmes de données doit être engagé dans une même suite de calculs : le programme total est tronçonné en programmes partiels de 13 à 17 ordres selon la capacité des nombres, et chaque programme partiel appliqué à tous les systèmes de données avant de passer au programme suivant.

Ce matériel a permis d'entreprendre l'étude comparative de diverses méthodes et la mise au point de méthodes nouvelles pour des problèmes d'analyse numérique, les uns fondamentaux qui intéressent la plupart des recherches, les autres propres à des recherches particulières et qui ont été demandés au Laboratoire par d'autres laboratoires ou des bureaux d'études industriels.

Parmi les problèmes d'intérêt général auxquels ont

[1] Organisme coordinateur des recherches dépendant du Ministère de l'Éducation nationale.

[1] Réalisés, le premier par Arithmetic Co., le second par Mamet, à Paris.