

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 85 (1959)
Heft: 22

Artikel: Conception et structure des ordinateurs modernes
Autor: Bobillier, P.-A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-64145>

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: 30.06.2025

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

CONCEPTION ET STRUCTURE DES ORDINATEURS MODERNES

par P.-A. BOBILLIER, ingénieur EPUL, licencié ès sciences¹

Nés il y a quelques années des besoins toujours plus grands en moyens de calcul de la science, de l'industrie et, d'une façon générale, de toutes les activités où il est nécessaire de résoudre des problèmes ou de traiter de grandes quantités d'informations, les ordinateurs ont subi depuis leur invention des perfectionnements extraordinairement rapides, tant du point de vue de leur structure que du point de vue de leurs performances. Il vaut la peine de se pencher sur quelques points particuliers sans vouloir prétendre, bien entendu, tirer des conclusions générales qui ne seraient peut-être valables que pour un temps très court. On verra néanmoins que dans l'état actuel des choses, on peut distinguer très clairement diverses tendances intéressantes et prévoir certains aspects des machines qui seront construites dans les années à venir.

Nous nous proposons dans cet article de mentionner et de commenter certains de ces aspects intéressants puis de donner un exemple au moins de réalisation récente.

Constitution des ordinateurs

Le premier aspect sur lequel il vaut la peine de s'arrêter est le fait que les ordinateurs ne sont plus des machines, mais des *systèmes*. En d'autres termes, on ne développe plus une machine pour elle-même, mais un certain nombre d'unités pouvant être interconnectées constituant ainsi un système de capacité extrêmement variable. Cette tendance, qui n'est pas nouvelle, s'affirme surtout dans les grands systèmes où il est possible de connecter des unités supplémentaires en très grand nombre, mémoires à bandes magnétiques ou à disques magnétiques par exemple. Ainsi donc, pour les grands ordinateurs, on ne se limite plus à étudier la résolution d'un problème sur une machine donnée, mais on se pose la question : Quelle est la meilleure composition d'un système donné capable de résoudre ce problème le mieux possible ? Comme illustration de ce point, on peut citer l'installation actuelle de l'administration suisse des PTT (Ordinateur IBM 650) qui comporte deux unités d'entrée-sortie travaillant en alternance et qui permettent, dans certains problèmes, d'avoir une vitesse double de celle qu'aurait l'ordinateur connecté à une seule unité.

Cette notion d'« extensibilité » n'est pas limitée aux organes d'entrée-sortie : lecteurs, perforateurs de cartes, imprimantes, bandes magnétiques, mais également à l'unité de mémoires, qui peut avoir une capacité variable : possibilité de coupler plusieurs blocs suivant la taille des problèmes à résoudre. L'idéal est évidemment de composer des systèmes de puissance et par conséquent de complexité croissantes afin de pouvoir satisfaire à

tous les besoins pratiques. Ceci est possible par la conception d'une suite de systèmes tels que chacun d'eux constitue dans sa version minimum un système légèrement supérieur au système de la classe inférieure auquel on aurait ajouté toutes les unités d'entrée, sortie ou de mémoires qu'il est possible d'y connecter. Ceci impose évidemment au constructeur des efforts considérables pour assurer à chacun des systèmes constituant cette chaîne le même développement technique qui, dans ce domaine, est extrêmement rapide.

La deuxième notion est celle de *sécurité de fonctionnement*. Chacun a encore présent à l'esprit les échos du fonctionnement des premières grosses machines électroniques qui ressemblaient plus à des édifices qu'à des machines à calculer. On disait à l'époque qu'il était impossible de les faire fonctionner pendant quelques minutes sans erreur tant était grande la probabilité de panne des nombreux éléments qui les constituaient. Les constructeurs se sont attachés à ce problème et ont pris depuis longtemps des mesures propres à augmenter la sécurité de fonctionnement. Au début, on a assisté à certaines tentatives visant à doubler chaque élément afin d'obtenir une sécurité qu'on pensait absolue. Une tendance beaucoup plus intéressante et qui semble-t-il s'est solidement établie consiste à adopter dans les circuits arithmétiques et logiques de la machine une codification des signaux telle que le contrôle soit possible à chaque instant. Ce qu'on peut appeler une « faute de calcul » réside, rappelons-le, soit dans la perte d'une impulsion due au fait que son amplitude était trop faible, soit dans l'apparition d'une impulsion parasite due à un « bruit électronique » d'amplitude trop élevée. Si le code choisi est tel que ces incidents provoquent un arrêt automatique (et ceci n'est pas très difficile à obtenir avec certaines codifications), on sera certain de voir la machine s'arrêter en cas d'apparition d'un de ces événements. Il faudra naturellement introduire ces contrôles à tous les endroits où l'information peut être modifiée afin d'éviter une « compensation » produite par exemple par la perte d'une impulsion et l'apparition d'une impulsion parasite à un autre endroit. Si ces contrôles de validité sont bien conçus, on imagine aisément que la seule possibilité d'« erreur de calcul », c'est-à-dire de faute non signalée réside dans l'événement suivant : à un certain endroit, la machine « perdrait » une impulsion et en « retrouverait » une par hasard au même endroit et dans l'intervalle de temps séparant deux contrôles de validité successifs. Cette probabilité est extrêmement faible si l'intervalle de temps considéré est très court. Comme exemple de codification de ce type, citons le code « 2 sur 5 » qui consiste à avoir toujours 2 impulsions parmi 5 canaux de poids respectifs : 0, 1, 2, 3 et 6. La représentation des chiffres de 0 à 9 est la suivante :

¹ Ingénieur mathématicien à l'IBM, Genève.

Chiffres :	CANAUX				
	0	1	2	3	6
0		x	x		
1	x	x			
2	x		x		
3	x			x	
4		x		x	
5			x	x	
6	x				x
7		x			x
8			x		x
9				x	x

L'intérêt de cette représentation, comparée à la représentation purement binaire par exemple, est le suivant : toutes les combinaisons possibles de deux éléments sont utilisées pour représenter les chiffres 0 à 9 (par convention le zéro est représenté par une impulsion dans les canaux 1 et 2). Le contrôle de validité consistera à vérifier à chaque instant la présence de deux impulsions et de deux seules parmi les cinq canaux, ce qui peut être fait relativement aisément. Il est à remarquer que nous avons besoin dans cette représentation de cinq canaux alors qu'en binaire pur (sans contrôle de validité) quatre suffiraient puisqu'on peut représenter avec quatre positions binaires les nombres allant de 0 à 15 ($2^4 - 1$).

S'il est intéressant d'avoir une machine parfaitement sûre, c'est-à-dire s'arrêtant immédiatement en cas de faute de calcul ou autre, il est également intéressant d'avoir un minimum de dérangements et, dans ces cas, de pouvoir localiser et réparer en un minimum de temps.

Il est donc nécessaire, si l'on veut être logique, de compléter le contrôle de validité de l'information d'une part par l'utilisation de pièces détachées (tubes, transistors, diodes) ayant une longue durée de vie et une grande sécurité de fonctionnement et d'autre part par une disposition physique des éléments permettant des recherches systématiques rapides des défauts signalés par des arrêts dus aux contrôles de validité.

Le premier point a conduit au développement de tubes électroniques que les fabricants habituels pensaient ne pas pouvoir produire tant étaient sévères les conditions imposées. Ces difficultés ont poussé certains constructeurs à fabriquer eux-mêmes leurs tubes. Puis, les transistors sont apparus et actuellement, les machines les plus modernes sont équipées uniquement de transistors. Rappelons quelques propriétés des transistors : grande sécurité de fonctionnement, durée de vie très longue, faible puissance consommée, encombrement réduit.

Le deuxième point a trait à la recherche et à la localisation automatique des défauts. On a commencé évidemment par rechercher des dispositions d'éléments telles qu'une recherche systématique par élimination soit possible. Poursuivant cette idée, on a développé des programmes de tests qui, se déroulant dans la machine, contrôlent le bon fonctionnement des divers éléments. Des recherches sont en cours, mais des résultats pratiques ont déjà été atteints avec l'Ordinateur RAMAC 305 (à disques magnétiques) par exemple. Le programme de test donne, pendant son fonctionnement, des indications extrêmement précises sur l'état de la machine. On obtiendra par exemple le diagnostic suivant :

« Faute dans l'accumulateur n° 2. Tube X7, p. 24. » Cette remarque indique au technicien chargé de l'entretien que le tube, ayant le numéro de référence X7 et situé dans le schéma de la machine à la page 24 de son manuel, est défectueux. Il n'y a donc plus de recherche, la localisation étant automatique. Il est clair que dans certains cas, la machine ne localisera pas l'endroit incriminé aussi précisément. Elle donnera alors deux ou trois numéros de tubes avec, chaque fois, les pages correspondantes du manuel. Le technicien devra déterminer lequel de ces deux ou trois tubes est défectueux.

On conçoit le progrès considérable que constitue cette possibilité de confier à la machine elle-même le diagnostic de ses propres défaillances. Ceci n'est naturellement possible que par une disposition judicieuse des divers éléments qui constituent l'ordinateur. C'est donc lors de sa conception que ces problèmes doivent être évoqués et résolus, car on peut considérer que les programmes de test font, en quelque sorte, partie de la machine elle-même.

Mémoires rapides

La mémoire reste l'élément central de l'ordinateur. Elle est constituée dans les machines de moyennes grandeurs par un tambour magnétique tournant à une vitesse souvent assez élevée mais forcément limitée. Le temps d'accès moyen à un mot placé en mémoire est de l'ordre d'une demi-révolution du tambour, soit en général, de plusieurs millisecondes. Dans les machines modernes, on tend de plus en plus à utiliser des mémoires rapides à tores magnétiques (ou ferrites) dont les qualités principales sont : temps d'accès court (de l'ordre de quelques microsecondes) conservation indéfinie de l'information sans nécessité de régénération, faible encombrement et sécurité totale. Un autre avantage réside dans l'absence de pièces en mouvement et, par conséquent, d'usure. Le seul inconvénient de ces mémoires est leur prix qui reste assez élevé, les assemblages ou matrices de tores magnétiques devant être enfilés à la main.

Il est remarquable que la tendance actuelle, surtout dans le domaine des machines de grande taille, soit à l'adoption d'un type unique de mémoire qui est actuellement le tore magnétique.

Dispositifs d'entrée et sortie

Des perfectionnements remarquables ont été récemment apportés aux unités de lecture et de perforation de cartes. La carte reste le moyen commode de communication avec la machine aussi bien à l'entrée qu'à la sortie et il semble qu'elle le restera longtemps encore. Ceci est spécialement vrai lorsque les données ou les résultats sont appelés à être utilisés dans des ordres variés, c'est-à-dire lorsqu'un ou plusieurs tris sont nécessaires ou, par exemple, lorsqu'on exige plusieurs listes de résultats ordonnés selon des critères différents. Les vitesses actuellement réalisées (par unité) sont : 500 cartes par minute en lecture et 250 cartes par minute en perforation (voir plus loin la description de l'Ordinateur IBM 7070). Rappelons qu'une carte comporte 80 colonnes, donc 80 signes numériques ou alphabétiques. Ces vitesses sont celles actuellement obtenues ; il est certain qu'elles pourront encore être augmentées.

Mais c'est surtout dans le domaine des *bandes magnétiques* que le progrès est considérable. La bande est un moyen économique et sûr de mémoriser des millions de chiffres ou de lettres. De plus, les vitesses de lecture et d'écrire sont énormes comparées à celle des cartes perforées. On peut se demander pourquoi de telles vitesses (actuellement la vitesse maximum obtenue est de 62 500 caractères par seconde) sont recherchées par les constructeurs.

Il ne faut pas oublier que, parallèlement à l'augmentation de vitesse des ordinateurs, leur prix s'accroît également. D'où une préoccupation toujours plus grande du « rendement » de la machine. On conçoit qu'on puisse résoudre un problème de différentes manières, c'est-à-dire en utilisant la machine pendant des temps plus ou moins longs. Plus le temps sera court, plus le rendement de la machine sera élevé. Or, il se trouve que lors du traitement de tout problème sur ordinateur, il est nécessaire d'enregistrer le programme, de lire des données, etc., dans la mémoire de la machine et, d'autre part, d'en sortir les résultats. Si l'on tient compte des vitesses de calcul des machines modernes on s'aperçoit bien vite qu'il est nécessaire, pour garder un équilibre, d'avoir des moyens d'entrée et de sortie dont la vitesse ne soit pas disproportionnée par rapport à celle des circuits de calcul. En ayant des vitesses élevées, on sera assuré d'utiliser la machine d'une manière optimum, c'est-à-dire de ne pas immobiliser l'unité arithmétique et logique à grande puissance pendant des temps trop longs. Afin de diminuer encore ces temps on a muni les ordinateurs de « mémoires-tampons » qui sont de véritables réservoirs d'informations situés entre l'unité arithmétique et logique à grande vitesse et les unités d'entrée et sortie. On se libère de cette manière de l'inertie mécanique des machines et l'on réduit ainsi les temps de « blocage » des circuits de calcul dans une mesure considérable. Ce blocage ne dure alors que pendant le temps nécessaire au transfert du contenu de la mémoire-tampon à l'endroit désiré s'il s'agit de lecture ou du transfert d'une zone donnée dans la mémoire-tampon dans le cas de la sortie de résultats. Les opérations mécaniques de la lecture ou de la sortie se font alors indépendamment si bien qu'on s'est débarrassé par cet artifice des limitations de vitesse dues aux inerties mécaniques. Ceci n'est valable bien entendu que lorsque les calculs séparant deux opérations d'entrée ou de sortie successives sont assez longs.

La bande magnétique est actuellement le moyen le plus généralement utilisé aussi bien à l'entrée qu'à la sortie. Cela sous-entend évidemment que l'ordinateur est entouré de machines auxiliaires indépendantes dites *unités périphériques* qui sont destinées soit à élaborer la bande magnétique qui contiendra l'information à entrer dans la machine (données) soit à imprimer sur des états les résultats contenus dans une bande. On n'entrera donc dans l'ordinateur des informations d'une certaine longueur qu'au moyen de bandes magnétiques, ce qui se fera toujours en des temps très courts. De même on imprimera rarement des résultats directement à partir de l'ordinateur afin de ne pas l'immobiliser mais on les enregistrera sur une bande résultat qui sortira à grande vitesse et qui sera listée plus tard sur un équipement périphérique. Pendant tout le temps d'impression,

l'ordinateur sera libre et pourra par conséquent être utilisé pour un autre travail.

On fera exception toutefois des renseignements qui sont intéressants lors du déroulement du calcul et qui renseignent sur l'état d'avancement ou sur des circonstances spéciales relatives à des contrôles introduits dans le programme. C'est ainsi que, dans certains calculs complexes, on pourra imprimer directement des renseignements relatifs aux cas exceptionnels : « cas impossible », « information non valide », « cas déjà traité », etc. Ces possibilités sont largement utilisées dans les programmes d'assemblage (ou systèmes de programmation automatique) ou dans les programmes de test de machines évoqués plus haut. La sortie des résultats des calculs eux-mêmes ou l'entrée des données ne se font, par contre, surtout si leur volume est important, qu'au moyen de bandes magnétiques.

Un point important, complémentaire en quelque sorte de la rapidité, est la souplesse d'utilisation des organes d'entrée-sortie. Ceci est évident si l'on pense que, par exemple, dans l'utilisation d'une machine binaire disposant d'entrée par cartes perforées et bandes magnétiques et de sortie par imprimantes, cartes perforées et bandes magnétiques, on a un grand nombre de possibilités suivant qu'on traite des nombres exprimés dans le système binaire, dans le système décimal, en virgule fixe ou flottante. De plus, on désirera, en général, introduire les informations lues dans différentes zones de la mémoire et, symétriquement, sortir des résultats à partir de zones dispersées en mémoire. Dans les machines actuellement en fonctionnement, ces problèmes sont résolus par l'utilisation de sous-programme d'entrée-sortie et de traduction de décimal en binaire et de binaire en décimal. Dans les ordinateurs modernes, on a introduit des instructions permettant la traduction automatique d'un système dans l'autre ce qui supprime la nécessité de faire appel à un sous-programme spécial d'où simplification de la programmation, réduction de l'encombrement en mémoire et augmentation du rendement de la machine par suppression de la traduction par sous-programme qui prend nécessairement un certain temps. On a, de plus, introduit une grande souplesse pour l'entrée et la sortie. C'est ainsi qu'il est possible, avec certaines machines, d'entrer les différentes parties d'un enregistrement lues à partir d'une carte perforée ou d'une bande magnétique dans des zones dispersées de la mémoire, ces zones pouvant avoir des longueurs variables, ceci étant valable également en sortie sur cartes, bandes magnétiques ou imprimantes.

Il est intéressant aussi de mentionner les mesures qui ont été prises pour vérifier l'impression des bandes magnétiques aussitôt après l'enregistrement. C'est ainsi que les unités de bandes magnétiques rapides IBM 729, pouvant lire ou enregistrer 62 500 caractères par seconde, sont équipées d'une tête magnétique double. La première partie est le dispositif d'impression et la seconde, très rapprochée est un dispositif de relecture. Lors de l'impression, il y a relecture immédiate et comparaison de ce qui a été lu et de ce qui devait être enregistré. S'il n'y a pas coïncidence, un signal est émis permettant, sans arrêt de la machine, le déroulement d'un programme spécial (voir plus loin la description de l'Ordinateur IBM 7070).

Pupitre de commande

Dans un ordinateur rapide, on peut dire que le pupitre de commande ne sert qu'à faire démarrer un programme et à constater son bon fonctionnement. En d'autres termes, pendant le traitement d'un problème, il ne sert à rien. En revanche, lorsqu'il doit servir, en cas d'arrêt imprévu par exemple, il est nécessaire que les manœuvres à effectuer : lecture de nombres ou d'instructions contenus soit dans les organes arithmétiques soit dans les mémoires générales, enregistrement de nombres, renvois du programme à un endroit déterminé, etc., puissent se faire dans des temps très réduits et avec une sécurité absolue. On exige donc une console claire et simple, facile à lire et permettant de faire très facilement toutes les opérations mentionnées plus haut. On verra plus loin que certains ordinateurs modernes ajoutent à ces facilités l'enregistrement permanent de toutes les opérations effectuées au pupitre quelles qu'elles soient si bien qu'une erreur de manipulation quelconque pourra toujours être rattrapée par l'étude du « journal » ainsi obtenu.

Programmation

Deux aspects de la programmation sont essentiels :

1° la programmation en langage machine qui prend en considération la structure des instructions, les codes opérations disponibles, les organes destinés à simplifier la programmation, etc. ;

2° les systèmes de programmation automatique avec lesquels on peut se servir d'une machine sans connaître en détail sa constitution et son fonctionnement.

Programmation en langage machine

Lorsqu'on parle de programmation, la première chose à considérer est la structure de l'instruction. En général, on choisira des instructions de longueur telles qu'elles pourront prendre place dans les mémoires. Dans les machines à tambour, on devait avoir dans une instruction, en plus du code opération, une adresse-facteur et une adresse-instruction ceci afin de pouvoir faire de la programmation optimum¹. Dans les machines où la mémoire est constituée par des tores magnétiques dont une propriété essentielle, rappelons-le, est que le temps d'accès est le même pour toutes les adresses, on est libéré de cette obligation ce qui permet pour une même longueur d'instruction d'y inclure plus d'informations. Si nous prenons le cas d'une machine ayant des « mots » de 10 positions décimales (ou 35 positions binaires s'il s'agit d'une machine binaire), on aura différentes zones dans l'instruction :

1. *La partie code opération* indique quelle opération doit être déclenchée par l'instruction. Si deux chiffres sont réservés à cet effet, et en tenant compte du signe, on aura deux cent codes possibles. On peut objecter qu'il est plus difficile d'apprendre à se servir d'une machine A ayant deux cent codes différents que d'une machine B ne disposant que d'une vingtaine d'opérations. L'avantage réside dans le fait que pour écrire un même programme on aura besoin de beaucoup moins d'instructions dans le premier cas que dans le second.

¹ Voir par exemple : *Utilisation pratique et programmation des ordinateurs*, par P.-A. BOBILLIER. Automatisme, tome IV, juin 1959, p. 213-219.

En effet, pour effectuer une opération compliquée exécutée par une seule instruction A par exemple, on pourra avoir besoin de plusieurs instructions B qui seront forcément plus primitives. Les conséquences seront d'une part un programme plus long, donc occupant plus de place en mémoire, et également un temps d'exécution plus long lors du calcul.

Il faut dire aussi que la tendance est à l'utilisation de plus en plus poussée des systèmes de programmation automatique pour lesquels un grand nombre d'instructions à disposition n'est pas un obstacle.

D'ailleurs, même si la traduction automatique du programme, qui utilise la machine une seule fois lors de l'assemblage, prenait plus de temps du fait du plus grand choix d'instructions à disposition, ce léger inconvénient serait naturellement compensé lors de l'exploitation du programme (qui peut être utilisé des centaines de fois) puisque le temps correspondant (indépendamment de la place occupée en mémoire) serait considérablement réduit.

Un grand nombre de codes opérations permet de provoquer des opérations évoluées telles que comparaison du contenu d'un accumulateur avec celui d'une mémoire, addition directe en mémoire, etc.

Une opération importante dans beaucoup de problèmes pratiques est la consultation de tables. Il arrive très souvent en effet qu'on doive introduire dans des problèmes des fonctions telles que des courbes de frottement, des courbes de magnétisation ou toute autre courbe expérimentale, qui seront consultées au fur et à mesure du déroulement du calcul. Les dispositifs de consultation automatique de tables sont extrêmement utiles dans ces cas tant par la simplification de la programmation que par la rapidité des recherches dans les tables.

2. *La partie adresse* précise l'adresse du facteur à traiter ou, en d'autres termes, l'adresse de la mémoire où se trouve la grandeur considérée. Cette zone n'appelle pas de remarque particulière, la notion étant claire par elle-même.

3. *Une zone registre d'index* précise le numéro du registre d'index dont le contenu sera ajouté à l'adresse de l'instruction considérée avant son exécution. Les registres d'index sont des organes extrêmement importants, utilisés dans tous les problèmes où des adresses doivent être modifiées. Si l'on ne dispose pas de telles facilités, les adresses doivent être modifiées dans les organes arithmétiques de la machine ce qui prend du temps (pour l'exécution de ces modifications), utilise un organe arithmétique et nécessite l'écriture de plusieurs instructions d'où un programme plus long. Avec les registres d'index, ces modifications d'adresses se font automatiquement et sans perte de temps. L'utilisation de ces dispositifs raccourcit donc la programmation mais diminue également le temps de calcul d'un problème donné.

Nous verrons plus loin que certaines machines possèdent une grande quantité de registres d'index ce qui les rend extrêmement efficaces et agréables à utiliser. Il est difficile de se rendre compte de l'utilité des registres d'index si l'on n'a pas programmé soi-même un problème sur un ordinateur. Afin de donner un exemple, supposons qu'on ait à faire la somme des produits $a_i x_i$, les a_i et les x_i étant placés en mémoire, à des adresses successives,

l variant de 1 à 100. La manière primitive consisterait à écrire 100 fois la suite des instructions nécessaires à l'addition d'un des termes de la somme. Si l'on ne dispose pas de registre d'index, on écrira une fois le programme, on modifiera ensuite toutes les instructions où apparaissent les adresses soit de a_i soit de x_i et l'on renverra le contrôle à la première instruction, ce qui provoquera le calcul pour la valeur suivante de i , etc. Remarquons que, dans ce cas, il est nécessaire d'ajouter un test qui permettra à la machine de passer plus loin lorsque le calcul pour $i = 100$ aura été effectué. Si l'on dispose d'un registre d'index, il suffira comme dans le cas précédent, d'écrire une seule fois la séquence d'instructions désirée et d'« indexer » les instructions contenant des adresses variables, c'est-à-dire de prévoir que les adresses que l'on écrit seront modifiées par un registre d'index déterminé lors de l'exécution des instructions correspondantes. A la fin de ce petit programme, il suffira de modifier le contenu du registre d'index (ajouter un dans le cas particulier) et de tester ce contenu pour savoir s'il est égal à 100 ou non, ces opérations se faisant sans l'utilisation des organes arithmétiques et au moyen d'une seule instruction.

4. *Une zone spéciale* utilisée suivant les machines à diverses fins. Elle peut par exemple dans les machines à longueur de mot variable, indiquer sur quelle partie de la mémoire considérée le calcul doit porter. Les avantages de ce système sont d'une part la possibilité de placer dans une même mémoire plusieurs grandeurs et de pouvoir les utiliser pendant le calcul sans avoir à faire des opérations de décalages pour séparer les nombres juxtaposés avant de les faire intervenir dans le calcul et d'autre part d'avoir des temps d'opérations plus courts car la machine, travaillant sur des zones de longueur inférieure à la longueur d'une mémoire, effectuera les opérations plus rapidement.

Les systèmes de programmation automatique

Afin de permettre l'utilisation des ordinateurs à un nombre élargi de personnes d'une part, et de diminuer dans toute la mesure du possible les travaux de préparation (en particulier programmation) d'autre part, on a développé des systèmes au moyens desquels un ordinateur est capable de se construire son propre programme. Ces systèmes peuvent être plus ou moins perfectionnés, mais tous tendent à simplifier le travail de programmation nécessaire au traitement des problèmes. Le système le plus perfectionné et utilisé par un grand nombre de spécialistes travaillant sur ordinateurs IBM est le système FORTRAN (Programme de FORMulation TRANsposée) qui est un véritable langage mathématique pour ordinateur. L'avantage de ce système est une très grande facilité de programmation (on peut apprendre à programmer en deux ou trois jours) et le fait que ce langage est commun à tous les ordinateurs IBM.

Sur le plan international un langage capable de décrire les problèmes a été développé et, s'il est adopté d'une façon générale les constructeurs devront mettre au point en même temps que leurs machines, les systèmes de traduction de ce langage international vers le langage-machine correspondant. Mais sans parler de cette étape finale, on peut dire déjà qu'il est indispensable lors de la création d'une machine nouvelle de

développer simultanément des systèmes de programmation automatique qui prendront place dans la bibliothèque des programmes. L'expérience montre en effet que la bibliothèque est un élément extrêmement important, indispensable à une utilisation rationnelle d'une installation électronique.

Virgule flottante

On peut distinguer dans les grands systèmes :

- les systèmes mixtes (ordinateurs scientifiques et commerciaux) ;
- les systèmes spécialisés.

Les premiers sont capables de traiter avec autant d'efficacité les problèmes scientifiques ou techniques et les problèmes commerciaux. Dans ces ordinateurs, on a en général la possibilité de prévoir les organes nécessaires au calcul en virgule flottante automatique (nécessaire pour le calcul scientifique). Dans les cas où cette nécessité n'est pas justifiée, on a recours, pour le calcul en virgule flottante, à des systèmes interprétatifs qui « transforment » en quelque sorte une machine donnée en une autre travaillant en virgule flottante¹. Les systèmes spécialisés sont développés uniquement en vue de leur application à l'un des domaines. C'est ainsi que des ordinateurs extrêmement puissants ont été mis au point ces dernières années pour la recherche scientifique et plus particulièrement pour la recherche nucléaire. Il est clair que ces machines travaillent aussi bien en virgule fixe qu'en virgule flottante automatique. En général les machines « scientifiques » travaillent dans le système binaire, mais comme la traduction décimal-binaire (et inversement) est automatique, l'utilisateur n'a pas à s'en soucier trop.

Structure logique des ordinateurs

Les ordinateurs de moyenne puissance étaient, jusqu'à présent du moins, d'une structure relativement simple. Il semble que la tendance soit à une plus grande complexité, par exemple à une augmentation du nombre d'organes arithmétiques : accumulateurs, commutateurs électroniques, etc.

On a vu plus haut, sous le titre programmation, un certain nombre de points qui sont étroitement liés à la structure de la machine : registres d'index, zone de longueur variable, virgule flottante, etc. Des progrès importants ont été obtenus également par la multiplication du nombre de canaux de transfert d'information.

En effet, par la conception du système à plusieurs canaux, on a introduit la possibilité du travail parallèle. C'est ainsi qu'un ordinateur possédant deux canaux d'information indépendants, pourra par exemple, lire des cartes et des bandes magnétiques, etc. On conçoit sans peine les possibilités multiples offertes par de tels systèmes.

De plus, on s'est penché sur le problème du traitement simultané de plusieurs problèmes différents par une même machine. Auparavant, il était nécessaire, lorsque l'on désirait traiter deux problèmes simultanément, de se livrer à des considérations précises de temps utilisé par telle ou telle partie des programmes et de faire un véritable planning de toutes ces parties afin de pouvoir les imbriquer les unes dans les autres pour l'utilisation

¹ Voir référence déjà citée page 349.

optimum des diverses unités de l'ordinateur. Ainsi, on arrivait à traiter simultanément un problème nécessitant de longs calculs et un autre utilisant surtout les organes d'entrée-sortie mais ce travail était extrêmement compliqué, sujet à de fréquentes erreurs et le gain de temps machine obtenu ne représentait pas, bien souvent, la contre-valeur du travail de programmation supplémentaire effectué.

Ces raisons ont conduit au développement des dispositifs de « priorité » automatique. Ces dispositifs se chargent entièrement du traitement simultané de deux problèmes (ou plus), l'un jouissant de la priorité par rapport aux autres. La machine dotée d'un tel dispositif travaillera de la manière suivante : en principe, elle résout le problème prioritaire, mais chaque fois que cela est possible sans le ralentir, elle travaillera à l'autre problème. On aurait, par exemple, ce processus dans une entreprise où la mise à jour du stock serait le problème prioritaire tandis qu'un long calcul scientifique ou technique se déroulerait simultanément. En effet, dans le premier problème, la machine ferait un usage intensif de ses organes d'entrée-sortie tandis que dans le second, elle aurait surtout à utiliser les organes arithmétiques. Le passage d'un problème à l'autre se fait entièrement automatiquement sans que l'utilisateur ait à s'en soucier et sans aucune perte de temps. Le rendement des ordinateurs ainsi équipés est naturellement accru sans cette fois-ci, de travail de programmation supplémentaire.

Une fois encore, ce bref tour d'horizon n'a pas la prétention d'être complet, mais bien plutôt d'attirer l'attention sur les points importants sur lesquels ont porté ou portent encore les recherches dans le domaine des ordinateurs. Le progrès est extraordinairement rapide et il faudrait parler longuement des possibilités qui seront offertes par les éléments actuellement en développement dans les laboratoires : en particulier *les éléments cryogéniques* basés sur les deux états « conducteur » ou « supra-conducteur » de certains métaux portés à très basse température suivant le champ magnétique dans lequel ils sont placés.

On sait en effet que la température de passage d'un état à l'autre dépend du champ magnétique d'où la possibilité de construire des éléments de machines très simples, de volume très réduit et surtout dont le temps de « bascule » est extrêmement court. Une autre possibilité réside dans *les couches magnétiques minces* permettant la mémorisation de quantités énormes d'information dans un volume très réduit. Mais là aussi les recherches sont en cours et il est probable qu'on ne verra pas apparaître avant quelques années des machines basées uniquement sur ces principes.

Il est intéressant dans un tel article de donner quelques chiffres pour illustrer ce qui a été dit. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi de décrire un ordinateur moderne : l'IBM 7070.

L'Ordinateur IBM 7070

Annoncé en septembre 1958 dans le monde entier l'Ordinateur 7070 a rencontré un succès immédiat extraordinaire puisque dans l'espace d'une année plus de 200 machines ont été commandées (dont 3 en Suisse).

Ce nouvel ordinateur qui travaille dans le système

décimal est très extensible puisqu'il peut comporter une mémoire centrale de 50 000 ou 100 000 positions décimales à laquelle peuvent être connectées une ou plusieurs unités d'entrées et sorties par cartes perforées, une ou plusieurs imprimantes, des unités de bandes magnétiques et des unités de disques magnétiques. Il répond donc à la nécessité de souplesse de conception que nous avons mentionnée plus haut.

L'ordinateur est entièrement contrôlé. Le code utilisé est le code « deux sur cinq » évoqué à la section précédente qui permet comme on l'a vu une vérification permanente de toutes les opérations. Les différentes unités sont entièrement équipées de transistors d'où des frais d'installation réduits (puissance électrique, conditionnement d'air, poids et volume occupé, moindres que pour des machines moins récentes) et une sécurité de fonctionnement augmentée par rapport aux machines à tubes électroniques. Il est intéressant de noter que les différentes unités font largement usage de « cartes » interchangeables portant des circuits imprimés qui elles-mêmes sont fabriquées automatiquement. La *figure 1* montre un certain nombre de ces cartes en montage dans l'unité centrale de l'Ordinateur 7070.

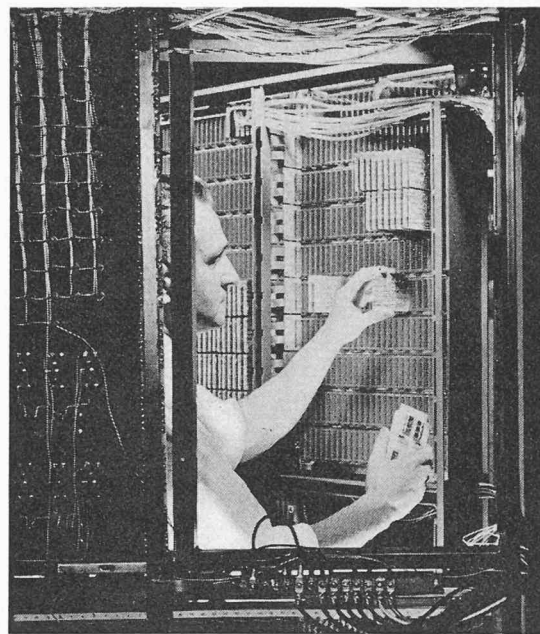


Fig. 1. — Montage de cartes portant des circuits imprimés dans l'unité centrale de l'Ordinateur 7070.

La mémoire (5000 ou 10 000 mots de dix chiffres) est composée uniquement de tores magnétiques dont le temps d'accès est de 6μ sec. Les transferts d'une partie à l'autre de la mémoire ou entre la mémoire et les synchronisateurs d'entrées et de sorties, se font en parallèle, donc en un temps très court.

Deux canaux d'information distincts ont été prévus à chacun desquels peuvent être connectées en plus des unités à cartes et imprimantes, de 1 à 6 unités de bandes magnétiques et de 1 à 4 unités à disques magnétiques. Ces canaux permettent des opérations d'entrée-sortie simultanées, par exemple lecture d'une bande dans le premier canal et impression d'une autre bande dans

le second. Suivant les problèmes, on pourra avoir un recouvrement total : lecture, calcul et impression.

Un dispositif de *priorité automatique* permet le traitement simultané de plusieurs problèmes sans que l'utilisateur ait d'autres renseignements à donner que le problème ayant la priorité sur les autres et qui sera, par conséquent, traité en priorité par la machine. C'est ainsi qu'il est possible d'utiliser cet ordinateur à la résolution d'un problème permanent par exemple, c'est-à-dire qui occuperait la machine d'une manière continue, tout en traitant d'autres problèmes périodiques sans que le problème général soit arrêté.

L'ordinateur possède *trois accumulateurs* indépendants, dont deux sont couplés pour les opérations de multiplication et de division. *99 registres d'index* facilitent dans une large mesure la programmation, permettant le traitement aisé de problèmes à organisation compliquée et à variables multiples avec une grande rapidité de calcul.

Un dispositif automatique rapide de *consultation de tables* permet au moyen d'une seule instruction la recherche d'un argument dans des tables même si celles-ci sont dispersées en mémoire. Ce dispositif permet une recherche rapide de minimum ou d'égalité.

Les instructions sont constituées de dix chiffres décimaux plus un signe, répartis en quatre zones :

1. Le code opération de deux chiffres plus le signe.
2. Une zone de deux chiffres spécifiant le registre d'index qui doit intervenir.
3. Une zone de deux chiffres indiquant la partie du mot sur laquelle la machine doit opérer.
4. Une zone adresse indiquant où se trouve le facteur à traiter.

Les codes opérations sont au nombre de 200 environ. Ce choix très grand permet de programmer des opérations relativement compliquées telles que addition ou soustraction en mémoire, comparaisons accumulateurs-mémoires, comparaison directe du contenu d'une mémoire avec un nombre contenu dans l'instruction, entrée d'information dans des zones dispersées en mémoire (ou sortie à partir de zones dispersées), que ces opérations soient relatives aux unités à cartes perforées, imprimantes ou bandes magnétiques.

La zone registre d'index spécifie lequel des 99 registres d'index sera consulté avant l'exécution de l'instruction. Notons qu'il est difficile de trouver des problèmes nécessitant l'utilisation simultanée de plusieurs dizaines de ces registres.

Une souplesse d'utilisation extrême est possible grâce à la zone spécifiant les chiffres du mot sur lesquels la machine doit travailler. En effet, au lieu d'être limité à une longueur de mot fixe (dix chiffres), on peut travailler, sans instructions spéciales de décalages pour séparer les nombres, avec plusieurs grandeurs dans une même mémoire. De plus, les temps d'opérations : additions, multiplications, etc., sont d'autant plus courts que la partie sur laquelle on travaille est plus courte. L'ordinateur est capable de reconnaître les zéros en tête des nombres et d'arrêter les opérations dès que tous les chiffres significatifs ont été traités.

Dans les cas où la machine est plus particulièrement utilisée pour du calcul scientifique et technique, on peut monter le dispositif de calcul en virgule flottante

automatique. Les codes des opérations usuelles en virgule flottante sont compris dans la liste mentionnée plus haut.

Entrée et sortie. Une à trois unités de lecture, perforation ou impression peuvent être connectées à l'ordinateur. Les lecteurs de cartes peuvent lire chacun 500 cartes par minute. (Rappelons qu'une carte comporte 80 caractères numériques ou alphabétiques.) Lors d'un transfert d'information du synchronisateur vers la mémoire générale, il y a contrôle de la validité de cette information. En cas d'erreur, le transfert est effectué à nouveau. Si, à ce moment, l'information est valide, le programme continue, sinon un indicateur s'allume et le programme peut, soit être aiguillé vers un sous-programme spécial, soit s'arrêter. La vitesse de perforation est de 250 cartes par minute et celle d'impression de 150 lignes de 120 caractères par minute. Il est à remarquer que, lorsque des vitesses d'impression supérieures sont nécessaires, on a recours à la sortie sur bande magnétique et à l'impression rapide sur équipement périphérique au moyen d'imprimantes à 500 ou 1000 lignes par minute, machines qui existent depuis un certain temps déjà.

Bandes magnétiques. Six unités de bandes magnétiques peuvent être connectées à chacun des deux canaux soit au total douze unités. Elles peuvent être soit du type 729 II, dont la vitesse de lecture ou d'impression est de 41 667 caractères par seconde, soit du type 729 IV à 62 500 caractères par seconde. Cette dernière vitesse est la plus grande atteinte actuellement dans des ordinateurs de série. L'information enregistrée sur sept canaux est vérifiée verticalement par caractère (test de parité) et horizontalement par enregistrement. De plus, les têtes de lecture-enregistrement sont doubles (voir fig. 2). Lors de chaque enregistrement, il y a relecture immédiate et comparaison de l'information ainsi obtenue avec celle qui aurait dû être enregistrée. S'il n'y a pas coïncidence, le programme peut être aiguillé automatiquement vers un sous-programme qui, par exemple, tentera encore une ou deux fois d'enregistrer au même endroit, puis sautera quelques centimètres de la bande et enregistrera l'information plus loin. Cette méthode permet d'utiliser encore des bandes qui auraient une zone légèrement abîmée, évite des arrêts lorsque des poussières sont déposées sur les bandes, etc., en un mot évite l'impression erronée de résultats, des arrêts de machine intempestifs et un gaspillage de bandes magnétiques.

Unités de disques magnétiques. Quatre unités de disques magnétiques peuvent être connectées, chacune

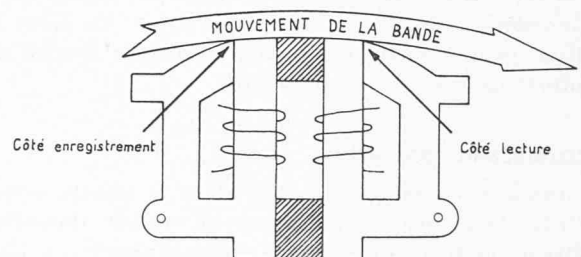


Fig. 2. — Schéma d'une tête de lecture-enregistrement de l'unité de bande magnétique 729.

d'elles pouvant mémoriser 12 millions de caractères. La lecture ou l'enregistrement dans chaque unité, se fait au moyen de trois bras indépendants qui peuvent travailler simultanément. Ces unités sont utilisées dans les applications où il est nécessaire de mémoriser de grandes quantités d'informations auxquelles le programme peut se référer en tout temps et dans un ordre quelconque (par opposition aux bandes magnétiques qui elles, sont généralement exploitées d'un bout à l'autre).

Jusqu'à dix stations d'interrogation peuvent être connectées soit à proximité soit à plus grande distance de l'ordinateur (dans un autre bâtiment par exemple). Depuis chaque station on peut demander certains renseignements intéressants qui sont alors écrits sur une machine électrique à frappe rapide. Une interrogation provoquée à une des stations déclenche automatiquement un signal de priorité qui bloque le programme en déroulement pendant le temps dont le sous-programme prioritaire a besoin pour préparer la réponse.

Pupitre de commande. Cet organe permet le départ, l'arrêt du programme, des interventions de toutes natures dans les mémoires générales, etc., par des manipulations très simples. Toutes les opérations effectuées au pupitre sont enregistrées et imprimées sur un état. On pourra au moyen de ce « journal » contrôler les opérations manuelles effectuées et le cas échéant prendre des mesures pour corriger une erreur de manipulation.

Temps d'opération. Il serait fastidieux de donner les temps relatifs aux quelques 200 opérations possibles. Nous nous bornerons à donner dans le tableau suivant les temps d'addition et de multiplication de l'ordinateur relatifs à des nombres de dix chiffres.

Opération	Temps
Addition :	72 μ sec
Multiplication :	672 μ sec pour un multiplicateur comportant dix fois le chiffre 1
Multiplication :	1632 μ sec pour un multiplicateur comportant dix fois le chiffre 9

(μ sec = millionième de seconde)

Ces temps sont fortement réduits lorsque le multiplicateur comporte moins de dix chiffres significatifs.

Bibliothèque. Un effort tout particulier a été fait dans la constitution de la bibliothèque de l'Ordinateur 7070. En effet, avant que la première machine ne soit livrée, une grande variété de sous-programmes et de systèmes de programmation automatique ont été mis au point allant du système de programmation symbolique classique au système de traduction FORTRAN dont on sait qu'il constitue un des outils les plus puissants pour le traitement des problèmes scientifiques et techniques. Le langage FORTRAN est le même que celui utilisé pour les autres ordinateurs IBM et permettra par conséquent, le traitement d'un problème, programmé dans ce système pour une autre machine, sur l'Ordinateur 7070. D'autres systèmes ont été développés ; par exemple, un générateur de rapport qui permet, dans les problèmes de gestion, de faire préparer à la machine

son propre programme en vue de l'établissement d'un rapport donné, etc.

On peut donc dire en résumé que les qualités de l'Ordinateur 7070 en font un outil puissant, rapide et tout à fait moderne, aussi bien pour le calcul scientifique et technique que pour la gestion des entreprises et les applications commerciales.

Autres réalisations récentes

Au début de 1958, la Compagnie IBM annonçait l'Ordinateur 7090 qui est actuellement l'Ordinateur de série le plus puissant. En effet, par l'utilisation de transistors et de tores magnétiques d'un type nouveau, les temps d'accès en mémoire, de même que les temps d'opérations arithmétiques et logiques ont pu être considérablement améliorés. Il n'est pas dans notre propos de décrire en détail cet ordinateur mais simplement de donner une idée de sa constitution et de ses performances.

L'unité de mémoire comporte 32 768 mots de 35 tops binaires (soit environ 10 chiffres décimaux). Le temps d'accès est de 2,4 μ sec ce qui signifie qu'on peut aller chercher un mot quelconque placé en mémoire dans le temps indiqué.

De un à huit canaux d'information peuvent être connectés, permettant d'avoir un à huit lecteurs de cartes, un à huit perforateurs de cartes, une à huit imprimantes et 80 unités de bandes magnétiques à grande vitesse (62 500 caractères par seconde).

Les opérations simultanées : entrée-sortie-calcul sont possibles de même que le traitement simultané de plusieurs problèmes par le système de priorité automatique.

Les temps d'opérations et les nombres d'opérations par seconde correspondants (arrondis) sont donnés dans le tableau suivant :

Opération	Temps	Nombre d'opérations par seconde
<i>1^o en virgule fixe</i>		
Addition ou soustraction	4,8 μ sec	208.000
Multiplication	38,0 μ sec	26.300
Division	48,0 μ sec	20.800
<i>2^o en virgule flottante</i>		
Addition ou soustraction	16,8 μ sec	59.500
Multiplication	34,0 μ sec	29.400
Division	43,2 μ sec	22.500

De tels ordinateurs seront utilisés pour la recherche nucléaire, la commande instantanée (de réseaux électriques complexes par exemple), la documentation automatique, les applications de la méthode de Monte-Carlo, etc.

Comme autre réalisation, la plus spectaculaire sans doute, nous mentionnerons brièvement le système STRETCH qui, du moins au stade actuel, n'est pas prévu pour la fabrication en série. Il s'agit en effet d'un système commandé à la compagnie IBM par le Gouvernement des Etats-Unis pour la recherche nucléaire et qui sera capable d'effectuer en une seconde environ

500.000 multiplications
ou 2.000.000 additions ou soustractions.

Cet ordinateur entrera en fonction d'ici peu et constitue la machine la plus puissante que l'on connaisse.

Conclusions

Le domaine des ordinateurs électroniques est probablement celui où les développements et perfectionnements sont les plus rapides et aussi les plus spectaculaires. Il nous paraissait utile de mentionner quelques réalisations récentes en portant l'accent sur certains points particulièrement intéressants. Il n'est pas douteux que les applications de ces machines vont s'étendre peu à peu à tous les domaines. Dans le calcul scientifique et technique on peut dire que le développement est relativement rapide en Suisse bien qu'il existe encore de nombreux ingénieurs peu ou mal informés des possi-

bilités qui leur sont offertes actuellement, en particulier par les Centres de calcul. Il est probable que, dans le domaine de la gestion des entreprises, les ordinateurs s'introduiront rapidement car aujourd'hui déjà les responsables du planning, du contrôle de la fabrication et des stocks, etc., ne sont plus à même de trouver les solutions optima aux nombreux problèmes complexes qui se posent journallement dans leur entreprise. C'est pour la solution de ces problèmes complexes que des milliers de spécialistes travaillent à l'amélioration de ces outils merveilleux que sont les ordinateurs électroniques.

BIBLIOGRAPHIE

Traité de béton armé, — Tome II: Le calcul du béton armé, par A. Gerrin, ingénieur, professeur à l'Ecole des Travaux publics. Dunod, Paris, 1959. — Un volume de 16×25 cm, 300 pages, 230 figures. Prix : broché, 2800 fr. français.

Le *Traité de béton armé* est un ouvrage d'ensemble sur la théorie et la pratique du béton armé. Il sera composé de plusieurs volumes, dont trois ont paru jusqu'ici :

Tome I : Généralités. — Propriétés générales. — Mécanique expérimentale.

Tome II : Le calcul du béton armé.

Tome III : Fondations.

Le tome II traite du calcul du béton armé proprement dit. Pour chaque sujet, l'auteur expose le calcul à la rupture. Dans le chapitre des dalles, les différentes méthodes et théories sont étudiées systématiquement, puis comparées. Partant des normes françaises, l'ouvrage contient quelques abaques et graphiques pour la détermination rapide des sections, ainsi que de nombreux exemples, qui permettront à l'utilisateur d'appliquer à la pratique courante les données expérimentales et théoriques.

Cet ouvrage clair et complet contient de nombreuses figures et références bibliographiques. Il est destiné aux ingénieurs et élèves ingénieurs, qui tireront profit de sa lecture.

Extrait de la table des matières :

I. Généralités. — II. La pièce comprimée. — III. La pièce tendue. — IV. La pièce en flexion simple. — V. La pièce en flexion composée. — VI. La pièce en flexion déviée. — VII. L'influence de l'effort tranchant. — VIII. La pièce en torsion. — IX. Calculs de poinçonnement. — X. Appuis des poutres en béton armé. — XI. Poutres cloisons. — XII. Calcul des flèches. — XIII. Les calculs hyperstatiques en béton armé. — XIV. Calcul des moments de torsion. — XV. Calcul des dalles.

Technischer Strahlenschutz, par Dr. Th. Jaeger. I. Strahlenabschirmung durch Beton; II. Beseitigung radioaktiver Abfallstoffe. Edition Karl Thiemig, München, 1959. — Un volume 13,5×20,5 cm, 192 pages, 86 figures, 13 tableaux. Prix : broché, 8,60 DM.

Ce livre est un développement d'une série d'articles de l'auteur dans la revue *Atomkernenergie*. La première partie expose brièvement le principe de la production des radiations et de leur interaction avec la matière, les méthodes de calcul de l'atténuation des radiations et leur application à l'utilisation du béton comme matériau de protection des radiations dans les centrales nucléaires, les accélérations de particules, les cellules chaudes, les installations de séparation radiochimiques, les installations d'irradiation d'aliments, etc. La technique de mise en place des bétons lourds spéciaux et différentes réalisations pratiques sont décrites en détail, des photos, schémas et figures illustrent ces différents points.

La deuxième partie traite de l'évacuation des déchets radioactifs. Elle donne un aperçu des différentes origines et méthodes d'élimination sûre des déchets radioactifs que la recherche et l'industrie nucléaire produisent en quantités importantes. Le problème est étudié pour les réacteurs nucléaires en fonctionnement normal et accidentel tant pour les déchets solides et liquides que gazeux.

L'élimination des déchets de faible ou moyenne activité provenant d'installations de séparation radiochimique, de laboratoires chauds, de centres de décontamination, etc., ainsi que les différents procédés actuellement utilisés pour le traitement ou le stockage de ces déchets, sont examinés.

Les produits de très haute activité sont fixés dans des matières liantes pour constituer des blocs que l'on peut envisager d'entreposer dans des boyaux souterrains, les glaces polaires, les océans, etc. Ces différents problèmes sont traités en détail et accompagnés de description des dispositifs et installations réalisés dans le monde entier. L'ouvrage se termine par des conclusions relatives à l'implantation des réacteurs et des installations de séparation de radioisotopes au point de vue des possibilités d'évacuation des déchets produits par ces installations.

Extrait de la table des matières :

Strahlenbiologische Grundlagen. — Strahlenabschirmung durch Beton. — Physikalische Grundlagen des Strahlenschutzes. — Berechnung der Strahlenabschwächung. — Die Verwendung von Beton als Strahlenabschirmungsmaterial. — Beseitigung radioaktiver Abfallstoffe. — Einführung. — Gewinnung und Aufbereitung von Uranerz. — Betrieb von Kernreaktoren. — Freisetzung radioaktiver Stoffe bei Reaktorschadenfällen. — Praktiken der Beseitigung gasförmiger, flüssiger und fester Abfälle geringer bis mittlerer Aktivitätsstufe von radiochemischen Trennanlagen, heißen Laboratorien, Entgiftungszentren und anderen Einrichtungen. — Beseitigung hochaktiver Abfälle aus dem radiochemischen Trennprozess. — Semi-permanente Speicherung hochaktiver Flüssigkeiten in unterirdischen Behältern.

Tables of Bessel Functions of the true Argument and of Integrals derived from them, par E. A. Chistova. Pergamon Press, Londres, 1959. — Un volume 20×26,5 cm, 523 pages, 2 figures, 1 hors-texte. Prix : £ 5 net.

Les fonctions de Bessel sont des solutions linéairement indépendantes d'équations différentielles du second ordre que l'on rencontre fréquemment en mathématique et en technique (transmission de chaleur, résistance des matériaux, électro- et radiotechnique, génie nucléaire, etc.). Ce livre contient des tables à sept décimales de ces fonctions et de leurs intégrales. Une brève introduction définit les fonctions de Bessel comme solutions de l'équation différentielle générale de Bessel. Elle explique l'utilisation de la table et rappelle les propriétés des fonctions de Bessel et des principales intégrales dans lesquelles elles interviennent. Les calculs nécessaires à l'établissement de ces tables ont été exécutés à l'aide de la calculatrice électronique rapide de l'Académie des Sciences de l'URSS.