

MARC FERRETTI

LES ORDINATEURS : CES MINIS QUI IMITENT LES GRANDS

EN septembre 1972, la firme IME France (« Informatique Montecatini Edison ») changeait de raison sociale et devenait ICE (« Informatique et Calculateurs électroniques »); simultanément elle annonçait l'importation en France d'une gamme de microcalculateurs fabriqués aux Etats-Unis par COM-PUCORP. Ce sont les seuls microcalculateurs actuellement commercialisés, capables de concurrencer la gamme des microcalculateurs scientifiques de Hewlett-Packard (H.P. 35, 45 et 65).

LA GAMME SCIENTIFIQUE COMPU-CORP

Les modèles 320 G, 322 G et 324 G sont des microcalculateurs portables (donc de petites dimensions), disposant de touches de fonctions scientifiques. Les résultats des calculs apparaissent sur un écran à diodes électroluminescentes; ils se présentent sous forme d'une mantisse de 10 chiffres (avec son signe), accompagnée d'un exposant de 1 à 2 chiffres

(avec son signe également). Les calculs sont effectués intérieurement avec des mantisses de 13 chiffres (bien que seuls 10 chiffres sont affichés).

Les diodes électroluminescentes consomment beaucoup de courant: si l'on désirait afficher, en permanence les 10 chiffres de la mantisse et l'exposant à 2 chiffres, les batteries qui alimentent le calculateur seraient rapidement déchargées. Il est donc prévu d'afficher sur l'écran des nombres avec le juste nécessaire de décimales (entre 0 et 9). Une touche « SET D.P. » est destinée à cet usage: l'enfoncement de cette touche, puis d'un chiffre (entre 0 et 9) détermine le nombre de décimales à afficher. Bien sûr, quelque soit le nombre de décimales à afficher, le calcul s'effectue toujours sur une mantisse de 13 chiffres; on peut en outre introduire en données des nombres possédant plus de décimales que prévu sur l'écran d'affichage: aucune information n'est ainsi perdue, la mémoire du calculateur stockant toujours la mantisse complète de 13 chiffres et l'exposant de 2 chiffres.

Le clavier des microcalculateurs scientifiques COMPU-CORP (fig. 8) comprend essentiellement 6 zones:

- une zone de fonctions,
- une zone d'entrées numériques,
- une zone de programmation pour les modèles 322 et 324,
- une zone d'opérations sur les mémoires,
- une zone d'opérations sur l'écran,
- une zone de calculs arithmétiques simples.

Dans cette dernière zone, se trouvent les quatre touches relatives aux quatre opérations usuelles (addition, soustraction, multiplication, division), une touche d'élévation à une puissance entière ou fractionnaire, ainsi que la touche « égal » qui permet d'obtenir le résultat d'un calcul arithmétique.

Le calcul en chaîne est possible: lorsque vous avez une suite d'opérations à effectuer, vous les tapez sur le clavier comme vous les écrivez sur le papier. En appuyant sur « égal », le résultat du calcul apparaît sur l'écran.

Pour introduire un nombre

pourvu d'un exposant, on frappe d'abord la mantisse, avec son signe (la touche « CHG SIGN » sert à changer le signe du nombre qui apparaît sur l'écran), puis l'exposant, au moyen de la touche « EXP » suivie de deux chiffres (avec leur signe éventuel).

Pour élever un nombre A à une puissance (entière ou fractionnaire) B, il suffit d'entrer d'abord A au clavier, d'enfoncer la touche d'élévation à la puissance, d'entrer B, puis d'enfoncer la touche « égal ».

Pour faciliter les calculs arithmétiques en chaîne, des touches de parenthèses sont disponibles (fig. 9). Lorsqu'on ouvre une parenthèse, on peut effectuer toutes séries d'opérations arithmétiques, algébriques ou trigonométriques, avant de poser une fermeture de parenthèses; cette fermeture équivaut à un « égal » pour l'opération contenue entre les parenthèses. Les calculateurs COM-PUCORP permettent d'utiliser deux couples de parenthèses... mais il n'est guère possible d'ouvrir plus de deux parenthèses successives sans en avoir fermé une préalablement.

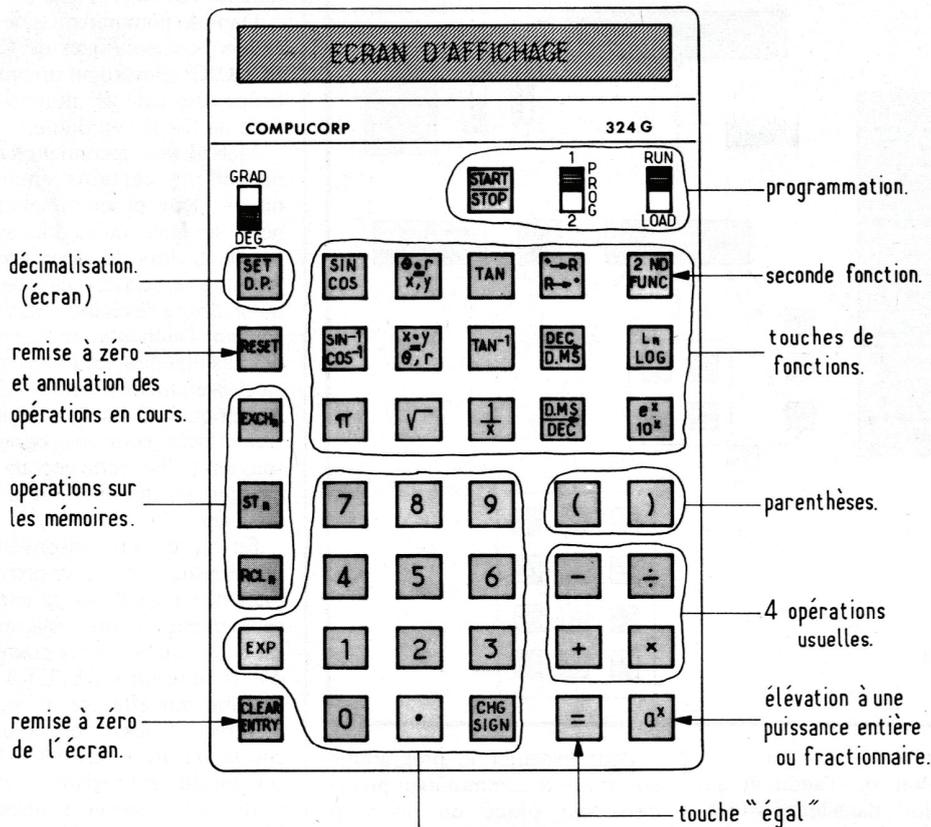


Fig. 8

clavier permettant d'introduire des nombres compris entre 10^{-100} et 10^{+100} . (ces 2 bornes étant exclues).



Photo 12. - Le modèle 324 G « scientifique » de COMPUCORP est programmable et dispose de deux mémoires capables de stocker, chacune, jusqu'à 80 pas de programmes.

Parallèlement aux opérations arithmétiques classiques, les calculateurs scientifiques COMPUCORP permettent d'effectuer des calculs trigonométriques, logarithmiques et exponentiels (au moyen des touches de fonctions : sinus, cosinus, tangente, et leurs inverses (arcsinus, arccosinus, arctangente), des conversions de coordonnées polaires en coordonnées rectangulaires (et vice-versa), des conversions de radians en degrés (ou en grades, suivant la position du commutateur « DEG/GRAD ») et vice-versa, des logarithmes décimaux et népériens, exponentielles et puissances de 10, racines carrées, inverses, des conversions d'angles exprimés en degrés, minutes en degrés et centimètres (et vice-versa). Le nombre « PI » peut être affiché, au moyen d'une touche spéciale.

Certaines touches de fonctions permettent de calculer deux valeurs. L'une de ces valeurs est affichée ; les valeurs correspondant à la seconde fonction est mémori-

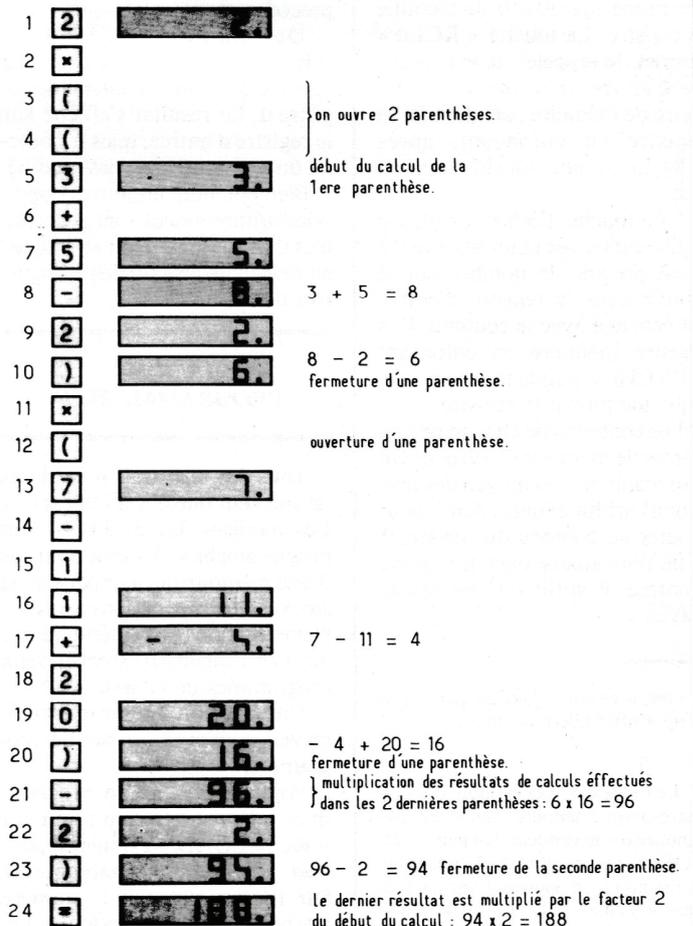


Fig. 9

sée dans un registre séparé. On peut connaître cette seconde valeur en appuyant sur la touche « ZND FUNC ». La valeur préalablement affichée se retrouve alors automatiquement dans le registre de mémoire qui contenait jusqu'alors la seconde fonction, tandis que celle-ci se retrouve être affichée. Au sein du calculateur, il y a eu un échange du contenu de deux registres de mémoire : le registre auquel on a accès par la touche « ZND FUNC » et un registre d'entrée qui contient exclusivement les nombres présentés à l'affichage.

Ainsi, pour calculer le cosinus d'un angle égal à 60 degrés, on s'assure d'abord que la commutation « DEG/GRAD » est bien sur la position « DEG » ; puis on frappe au clavier le nombre 60, on appuie sur la touche « SIN/COS », et enfin sur « ZND FUNC ».

Dix registres de mémoires sont directement accessibles au clavier. Un nombre se trouvant dans le registre d'entrée (et affiché sur l'écran) est introduit dans un registre en enfonçant la touche « STn » (« Store »), puis la touche numérique (0 à 9) qui identifie le registre. La touche « RCLn » permet de rappeler dans le registre d'entrée, le contenu d'un registre de mémoire ; on identifie ce registre en enfonçant, après « RCLn », une touche numérique.

Une touche d'échange entre le registre d'entrée et un registre 0 à 9 est prévue : le nombre qui se trouve dans le registre d'entrée est échangé avec le contenu d'un registre mémoire en enfonçant « EXCHn » puis la touche numérique identifiant le registre.

Les contenus de chacun des registres de mémoire (0 à 9) peuvent être manipulés au moyen des opérations arithmétiques. Ainsi, pour ajouter au contenu du registre 0, le nombre stocké dans le registre d'entrée, il suffit de frapper au clavier :

* Voir, à ce sujet, l'article paru dans notre numéro de novembre.

** Le modèle 324 G est doté d'un registre supplémentaire, qui n'est pas annoncé par le vendeur. On peut en effet stocker un nombre dans ce registre de mémoire, en appuyant sur les touches « STn », puis « EXP ». Cette dernière sert, normalement à introduire un exposant dans le registre d'entrée. Cette possibilité était-elle vraiment prévue par le constructeur ?

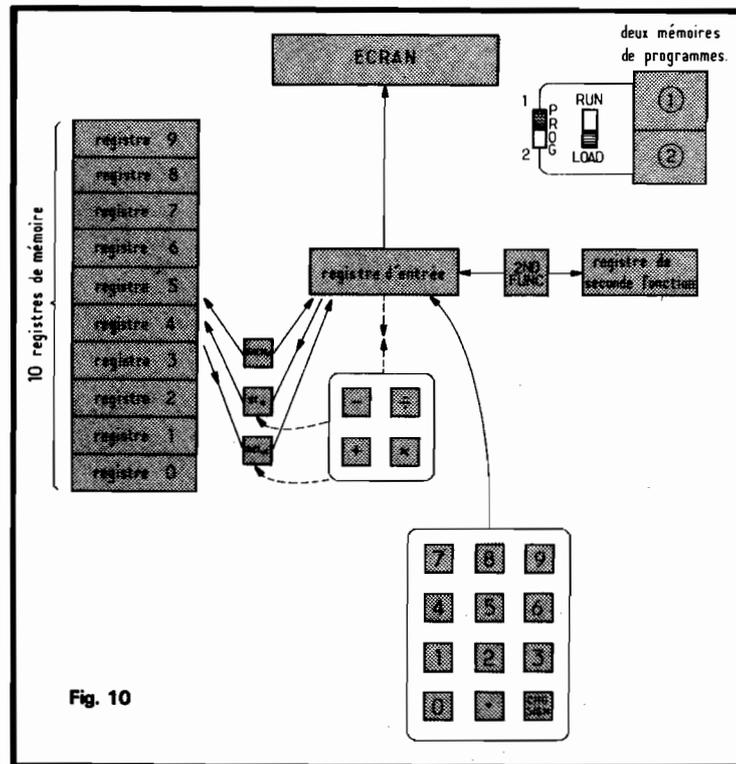


Fig. 10

« STn », « + », « 0 »

Le résultat de l'addition se substitue alors, dans le registre 0, au nombre qui y était contenu précédemment.

De même, la séquence « RCLn », « + », « n » ajoute au registre d'entrée le contenu du registre 0. Le résultat s'affiche sur le registre d'entrée, mais le contenu du registre 0 n'est pas modifié.

Bien entendu, les autres opérations arithmétiques sont susceptibles d'être directement effectuées au niveau de chacun des 10 registres de mémoire.

ILS SONT PROGRAMMABLES

Tous les registres précédents ne stockent que des nombres (**). Les modèles 322 et 324 G sont programmables : ils sont pourvus d'une mémoire qui leur permet de stocker des instructions : jusqu'à 80 instructions par mémoire ; le 324 G est capable de stocker deux programmes de 80 pas.

Une pression sur une touche de clavier constitue un pas de programme.

Pour enregistrer un programme, le commutateur « RUN/LOAD » est mis en position « LOAD » (chargement). Sur l'écran, apparaît le numéro des pas de programmes (entre 1 et 80) ainsi que l'évolution des valeurs numériques au cours du déroulement du programme.

Pour exécuter le programme enregistré, le commutateur précédent est placé en position « RUN » ; on appuie sur la touche « START/STOP » et le programme est exécuté automatiquement : c'est un ordre d'exécution.

Si au cours de l'exécution du programme, on désire introduire des valeurs numériques, il suffit, dans la phase de programmation d'appuyer sur la touche « START/STOP » : c'est une instruction d'arrêt. En cours d'exécution, le programme s'arrêtera donc à cette instruction ; l'utilisateur pourra alors introduire, au clavier, une valeur numérique, et faire redémarrer son programme, à l'instruction qui suit l'instruction d'arrêt, en appuyant sur la

touche « START/STOP ».

Dans de nombreux cas, les calculateurs scientifiques de COMPU CORP constituent un outil efficace de calculs numériques. Cela ne fait aucun doute.

Mais il faut reconnaître qu'ils possèdent certains inconvénients : leur programmation ne peut se faire qu'au clavier ; il convient alors de taper un programme au clavier chaque fois qu'on désire l'exécuter, puisqu'en coupant l'alimentation électrique des calculateurs, les programmes stockés en mémoire et les valeurs numériques dans les registres sont effacés. Pour un programme souvent utilisé, cette opération de chargement devient, à la longue, fastidieuse.

En outre, autre inconvénient, une erreur, en cours de programmation, ne peut pas se corriger simplement. Si votre programme est court, vous avez la possibilité d'introduire un « RESET » (instruction qui effacera le registre d'entrée, et aussi l'opération en cours), ou un « CLEAR » (effacement du seul registre d'entrée) et de recommencer à introduire l'instruction, ou la valeur numérique erronée... sinon, vous devez recharger, pas à pas, tout le programme. Certes, dira-t-on, il n'y a, au plus, dans un programme, que 80 pas de programmes, donc 80 touches à enfoncer, et un utilisateur expérimenté chargera son programme en 5 minutes seulement. L'opération est donc fastidieuse, mais de courte durée.

Autre lacune des modèles 322 et 324 G : ils ne disposent d'aucun test de branchement conditionnel. Des artifices (fig. 12) permettent néanmoins d'arrêter un programme itératif, lorsque celui-ci a convergé vers la valeur recherchée.

TABLEAU I
Les modèles 325 et 326 de COMPU CORP

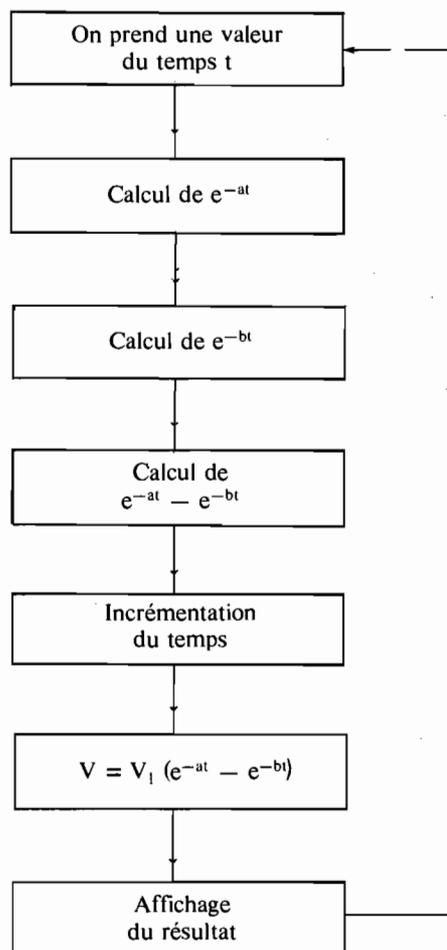
Modèle	Scientist 325	Scientist 326
Pas de programmes internes	416	160
Pas de programmes externes	150 000	100 000
Sorties	Sur bande imprimée et sur écran	Sur écran
Alimentation	220 V	220 V ou par batteries incorporées

Figure 11 : Exemple de programme
susceptible d'être traité sur COMPU CORP 322 G (ou 324 G)

Problème : Calcul de la forme de la tension donnée par la décharge d'un condensateur dans un circuit résistif capacitif :

$$V = V_1 [e^{-at} - e^{-bt}]$$

avec V_1 : tension de charge initiale
 t : temps
 a, b : constantes du circuit



L'ordinogramme

- 1 **RCL_n** } Le contenu du registre 4 (le temps t) est placé dans le registre d'entrée...
- 2 **4** }
- 3 **X** } ... puis multiplié
- 4 **RCL_n** } par le contenu du registre 0 (la constante - a). On a donc (- at) dans le registre d'entrée.
- 5 **0** }
- 6 **e^x
10^x** } On calcule e^{-at}...
- 7 **ST_n** } ... que l'on met en registre N° 5
- 8 **5** }
- 9 **RCL_n** } De la même façon on calcule e^{-bt}, la constante - b étant stockée dans le registre N° 1. Le résultat, contenu dans le registre d'entrée, est soustrait du
- 10 **4** }
- 11 **X** }
- 12 **RCL_n** }
- 13 **1** }
- 14 **e^x
10^x** } contenu du registre 5. Celui-ci contient, dès lors : e^{-at} - e^{-bt}
- 15 **ST_n** }
- 16 **-** }
- 17 **5** }
- 18 **RCL_n** } On place le contenu du registre 3 (l'incrément dt) dans le registre d'entrée...
- 19 **3** }
- 20 **ST_n** } ... puis on incrémente le temps t directement dans le registre 4.
- 21 **+** }
- 22 **4** }
- 23 **RCL_n** } On termine le calcul en plaçant la tension initiale de charge V₁ (registre 2) dans le registre d'entrée, et en la multipliant par le contenu du registre 5.
- 24 **2** }
- 25 **X** }
- 26 **RCL_n** }
- 27 **5** }
- 28 **=** } → le résultat apparaît sur l'écran.
- 29 **START
STOP** } L'exécution du programme s'arrête : on le redémarre, avec la nouvelle valeur (incrémentée) du temps, en appuyant sur la touche « START/STOP ».

Le programme

Registre 5 : e ^{-at} , puis e ^{-at} - e ^{-bt}
registre 4 : t
Registre 3 : dt
Registre 2 : V ₁
Registre 1 : - b
Registre 0 : - a

Le conteur des registres

1 **RCL_n** } A est appelé dans le registre d'entrée

2 **0** }

3 **÷** }

4 **RCL_n** } On effectue $\frac{A}{x_0}$...

5 **1** }

6 **+** }

7 **RCL_n** } ... + x_0

8 **1** }

9 **÷** }

10 **2** }

11 **=** } $\rightarrow \left(\frac{A}{x_0} + x_0\right) / 2 = x_1$

12 **ST_n** } Le résultat x_1 est placé dans le registre 2

13 **2** }

14 **-** }

15 **RCL_n** } On calcule $x_1 - x_0$

16 **1** }

17 **SIN** } $\cos(x_1 - x_0)$

18 **COS** }

19 **ZND** } $\text{Arccos}(x_1 - x_0) = |x_1 - x_0|$

20 **FUNC** }

21 **SIN⁻¹** }

22 **COS⁻¹** }

23 **ZND** } $|x_1 - x_0| - \epsilon_1$

24 **FUNC** }

25 **-** }

26 **RCL_n** }

27 **3** }

28 **√** } Test sur le signe du dernier résultat. S'il est positif, le programme se poursuit :

29 **RCL_n** }

30 **2** } On rappelle x_1 dans le registre d'entrée

31 **ST_n** } On place x_1 dans le registre 1 (l'ancienne valeur x_0 est effacée, et la nouvelle valeur prend la dénomination x_0 . Le programme retourne automatique au pas N° 1

32 **1** }

Registre 3 : précision ϵ_1
Registre 2 : x_1 (2 ^e approximation)
Registre 1 : x_0 (1 ^{re} approximation)
Registre 0 : A nombre dont on cherche la racine carrée

Figure 12 - Exemple N° 2
Calcul de la racine carrée d'un nombre A (*)

Méthode de résolution : soit x la solution

On a $x^2 = A$, donc $x = \frac{A}{x}$ d'où $\frac{x}{2} = \frac{A}{2x}$.

Enfin, comme $x = \frac{x}{2} + \frac{x}{2}$, il vient

$$x = \frac{x}{2} + \frac{A}{2x} = \left(x + \frac{A}{x}\right) / 2$$

Connaissant une solution approchée x_0 , on calcule

$$x_1 = (x_0 + A/x_0) / 2$$

x_1 est une solution plus approchée de la racine carrée de A que x_0 .

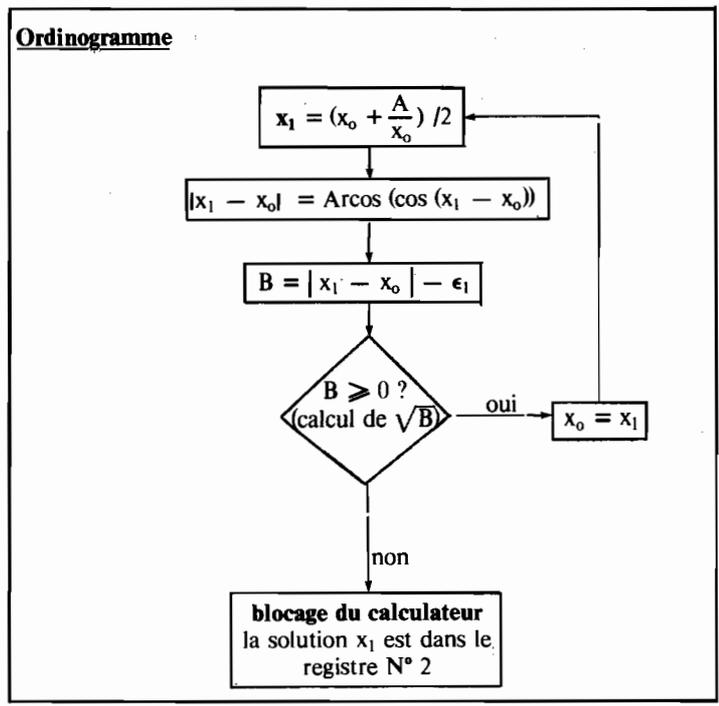
La convergence de la méthode peut être envisagée en calculant $x_1 - x_0$:

— On désire en prendre la valeur absolue. **Méthode proposée :** On calcule

$$\text{ARC cos} (\cos (x_1 - x_0))$$

Que $x_1 - x_0$ soit, positif ou négatif, $\cos(x_1 - x_0)$ sera toujours positif. La fonction inverse du cosinus donnera donc toujours un nombre positif. On a donc maintenant les valeurs absolues, notée $|x_1 - x_0|$.

On se fixe une valeur de précision ϵ : c'est l'erreur maximale permise. Il faut tester le signe de $|x_1 - x_0| - \epsilon$. Si ce nombre est positif, c'est que $|x_1 - x_0|$ est supérieur à la précision demandée, la convergence n'est pas établie, et on itère le calcul en remplaçant x_0 par x_1 . Si ce nombre est négatif, x_1 est très proche de x_0 et la convergence est établie : le calcul peut donc s'arrêter. Pour tester le signe, il suffit de prendre la racine carrée du nombre $|x_1 - x_0| - \epsilon$: s'il est négatif, le calculateur se bloquera lors du calcul de la racine carrée et on aura, dans une des mémoires, la valeur cherchée.



* Ce cas n'est qu'un exemple simple de programmation : la racine carrée est en effet microprogrammée au sein des calculateurs COMPUCORP.

