

Recherche, industrie, informatique : 1964, naissance de la Friden EC 130, un bijou électronique (12/12 - année 2021)

Publié par [ACONIT \(Association pour un Conservatoire de l'Informatique et de la Télématique\)](#), le 6 décembre 2021 62



(photographie d'en-tête : le clavier innovant de la Friden,
www.oldcalculatormuseum.com/friden130.html)

**par Gérard Chouteau et Alain Guyot,
membres du bureau de l'ACONIT**

L'ACONIT vient de recevoir en don une calculatrice électronique Friden EC 132 (EC pour electronic calculator). Bien que n'ayant pas été utilisée à Grenoble, cette machine, datant de 1964, présente un intérêt majeur pour la collection, puisqu'elle signe l'acte de naissance des calculatrices électroniques modernes. Dans cet article, nous revenons sur cet épisode marquant de l'histoire du calcul.

La décennie 1960–70 voit la naissance d'une nouvelle électronique dont le composant de base, le transistor, inventé en 1957, est de faibles dimensions et consomme très peu d'énergie. Cette électronique connaîtra un développement rapide dans les domaines grand public, aussi bien que scientifique ou industriel. Avec eux, les jours de l'électronique à tubes (triodes, pentodes) sont comptés. Le récepteur radio, jadis meuble imposant, installé dans la salle de séjour ou le salon, autour duquel la famille se réunissait pour écouter ses émissions favorites, s'est individualisé. De taille réduite, léger, autonome grâce à ses piles, il est transportable. La même évolution se produira avec les calculatrices et les ordinateurs, mais beaucoup plus lentement.

La règle à calcul reste encore, et pour pas mal de temps, l'instrument de calcul favori des étudiants, ingénieurs et scientifiques. Légère, elle peut se transporter partout,

dans une poche ou un cartable. Elle possède un ensemble complet de fonctionnalités pour le calcul : la multiplication, la division, les fonctions trigonométriques et leurs inverses, les fonctions puissance, inverse, exponentielle et logarithmique et les fonctions racine carrée et même racine cubique. De plus, elle ne consomme pas d'énergie !

Les calculatrices des débuts, avec leurs quatre opérations, comme la Fryden E 130 font pâle figure ! Leur niveau de calcul est celui d'un élève de classe primaire (CM2), alors que la règle à calcul, elle, règne sur le monde des ingénieurs et des scientifiques. Pourtant, trop imprécise, trop lente et dénuée de mémoire, la règle à calcul finira par abandonner la lutte face aux calculatrices qui acquerront rapidement toutes ses fonctionnalités et ne tarderont pas à devenir de véritables petits ordinateurs portables, avec mémoires et carte graphique.

Avec la Fryden EC 130 conçue par Robert Ragen commence la longue et fulgurante progression des calculatrices électroniques. Les experts considèrent que c'est la première calculatrice entièrement transistorisée, bien que la Sharp Compet 10 et l'IME 84 aient été mises sur le marché quelques jours avant elle.



Comme le montre la photo (www.oldcalculatormuseum.com/friden130.html) l'esthétique et l'ergonomie de cette machine sont particulièrement réussies.

Le clavier ne comporte pas la touche « ENTER » pour les calculs, car ceux-ci sont effectués en « notation polonaise inversée », introduite pour la première fois sur la Fryden E 130. Cette touche sert uniquement au stockage des opérands dans les registres mémoires convenables.

Par exemple, si l'on veut effectuer la division $22 / 7$, on procède comme suit :

1. On entre le nombre 22, puis on tape ENTER. Ce nombre est stocké dans un registre qui s'affiche sur une ligne en bas de l'écran.
2. On entre ensuite le nombre 7, puis ENTER. 7 s'affiche sur l'écran au-dessous du nombre 22 qui est donc décalé d'une ligne vers le haut.
3. On tape /. La division s'effectue **automatiquement**, sans qu'il soit nécessaire de taper ENTER.
4. Le résultat s'affiche sur la première ligne de la colonne de droite.



Affichage des opérandes (à gauche) et du résultat (à droite)

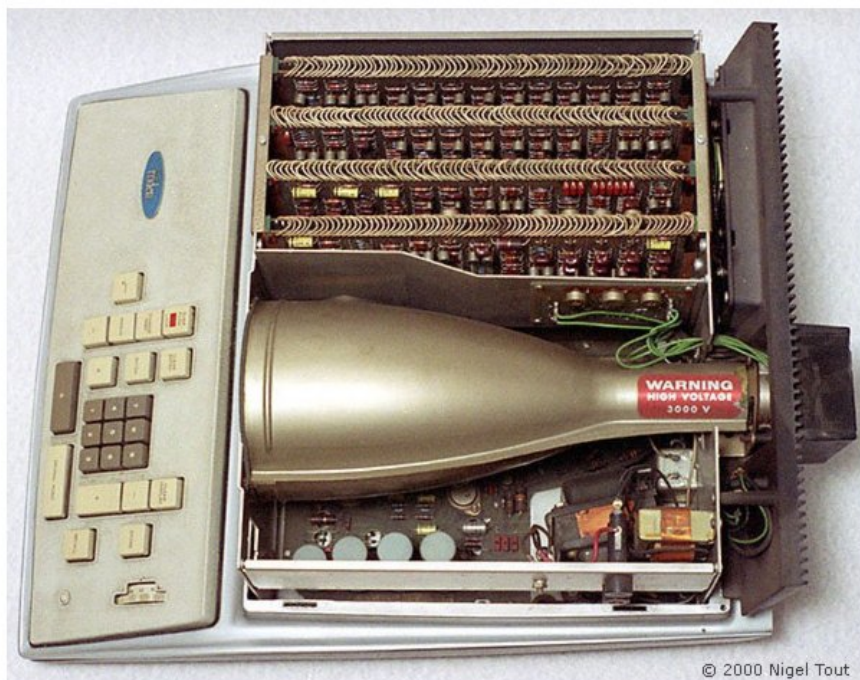
www.oldcalculatormuseum.com/friden130.html

Avantage de la méthode : une fois les deux nombres entrés en mémoire, on a le choix de l'opération contrairement à la méthode habituelle. Ceci permet d'effectuer des opérations en série sans nécessité de noter les résultats intermédiaires. Par exemple, si l'on calcule $(22 / 7) \times 8$, il suffit d'entrer 8 puis $\times$ dans la séquence précédente.

Friden ne prit jamais de brevet pour cette méthode. A la suite d'opérations commerciales d'achat et revente chères à l'industrie électronique, la licence finit par tomber dans l'escarcelle de la firme Hewlett-Packard qui l'implémenta dans son HP-9100A.

Le clavier de l'EC 132 comporte la fonction racine carrée $\sqrt{\quad}$ absente de l'EC 130. La fonctionnalité des touches « parle d'elle-même ». La mollette sert à fixer le nombre de décimales, car la machine n'effectue pas de calculs en virgule flottante.

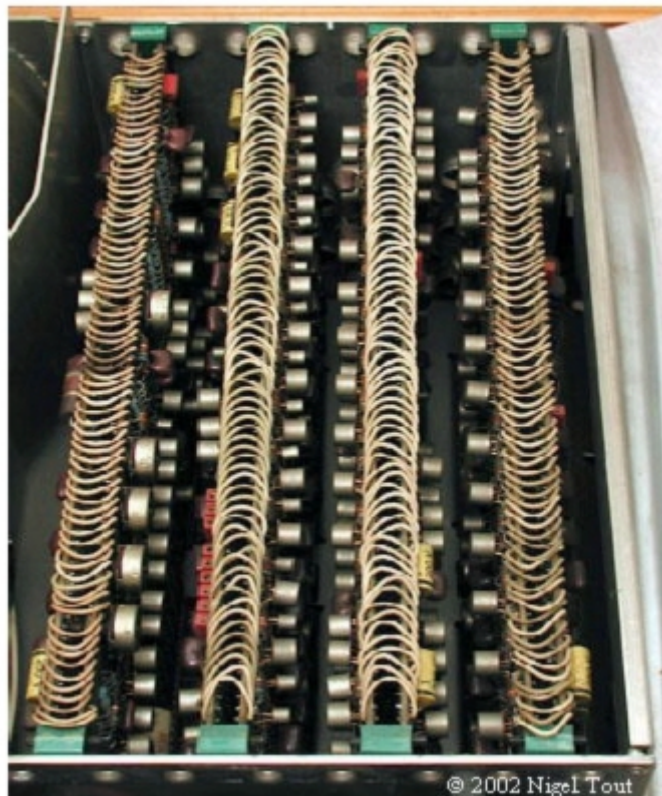
Ouvrons le capot :



Une Friden EC 130, capot ouvert (www.oldcalculatormuseum.com/friden130.html)

Dans la partie supérieure de la photo, on trouve huit cartes électroniques groupées par paires, destinées au calcul logique. Ces circuits logiques utilisent des transistors complémentaires (NPN et PNP) au germanium. Il est intéressant de noter que la technologie au germanium sera rapidement abandonnée car ses performances dépendent trop de la température. Le silicium, beaucoup moins sensible, succédera au germanium. Paradoxe d'une machine pionnière qui utilise une technologie dépassée !

Le tube cathodique (en bas), sert à l'affichage des résultats et du contenu des différents registres. L'écran est divisé en deux colonnes de quatre lignes de dix-neuf caractères. L'alimentation de ce tube est l'élément le plus gourmand en énergie de la machine. Il comporte un dispositif de très haute tension (3000 volts). Malgré sa transistorisation totale, avec sa consommation électrique de 70 watts, l'EC 130 est donc « énergivore »



*Vue sur les cartes électroniques, montrant l'implantation des dizaines de transistors
(www.oldcalculatormuseum.com/friden130.html)*

La machine est loin d'être portable : 19 kg ! Quant à son prix, équivalent à un an du salaire moyen au moment de sa sortie, il n'en fait pas un instrument abordable par tout un chacun.

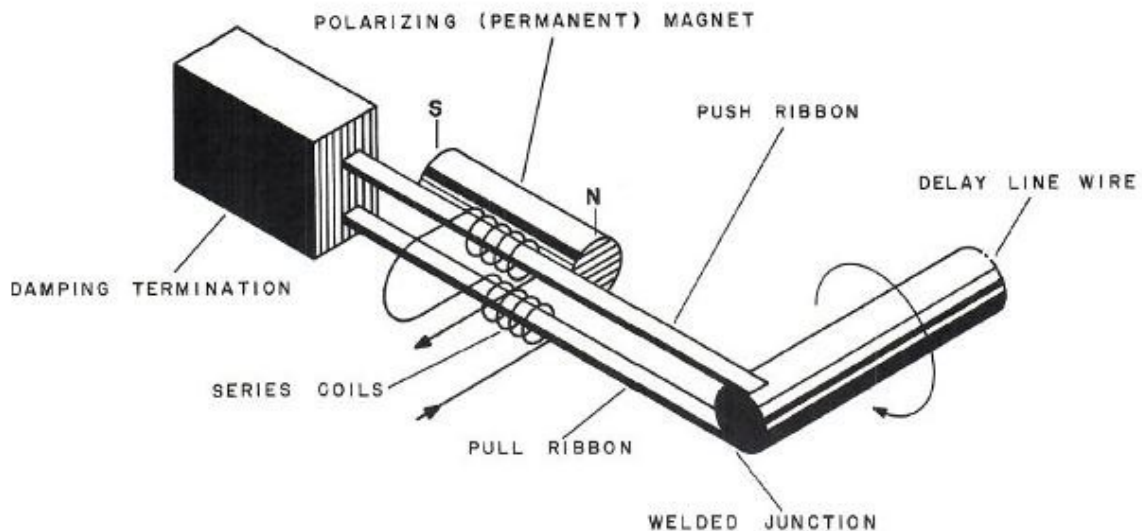
Parlons de la mémoire.

Pour cela il nous faut retourner la machine

La mémoire est contenue dans le boîtier métallique percé en son centre. C'est en fait une ligne à retard à magnétostriction. Dans une ligne à retard, ici constituée d'un barreau cylindrique métallique, on injecte un signal acoustique à une extrémité du barreau et on le récupère à l'autre extrémité. Il a donc été stocké (mémorisé) dans le barreau pendant le temps (une fraction de seconde) de sa propagation d'une

extrémité à l'autre, à la vitesse du son. La mémoire est dynamique. On peut ainsi injecter des séries d'impulsions successives. Notons que la mémoire de la Friden 130 ne fonctionne pas en mode binaire, mais en mode analogique ! Ainsi, pour stocker le nombre 9 par exemple, on enverra neuf impulsions successives.

Examinons plus en détail le fonctionnement de ce type de mémoire. La figure ci-dessous en montre le principe : deux rubans de nickel sont soudés à chaque extrémité du barreau. Le nickel est un métal magnétostrictif qui se déforme sous l'effet d'un champ magnétique. Deux petites bobines (input) parcourues par un courant et montées en opposition produisent un champ magnétique qui provoque l'allongement de l'un des rubans et le raccourcissement de l'autre, ce qui cause la torsion du barreau. Cette déformation mécanique se propage à la vitesse du son (3000 à 5000 m/s). A l'autre extrémité, la torsion génère un signal électrique dans les deux petites bobines de sortie (output). En alimentant continûment la ligne à retard, on peut stocker les données indéfiniment. Mais dès qu'on cesse de l'alimenter, les données stockées sont perdues.



Ce type de mémoires a été développé à une époque où la technologie ne permettait pas de fabriquer des mémoires de masse miniaturisées. Elles étaient lentes et encombrantes. Il fallait environ 2 secondes à la Friden 130 pour effectuer une opération du type 999999999999/1 ! Cela paraît long en regard des performances des calculatrices actuelles, mais n'oublions pas que cette machine succédait aux machines électromécaniques mille fois plus lentes et... bruyantes. La Friden représentait donc une rupture technologique considérable. Véritable ancêtre des calculatrices modernes elle est, avec ses innovations révolutionnaires, un fleuron du patrimoine de l'informatique.

Pour en savoir plus

Pile d'évaluation

La machine à calculer Friden EC 130 possède quatre registres représentant des entiers décimaux de 13 chiffres. Ces registres sont empilés et forment ce qu'on appelle une pile d'évaluation de profondeur 4. Appelons A, B, C et D ces 4 éléments. Le calcul s'effectue toujours avec le sommet de pile A ou avec les deux sommets A

et B. Le résultat est toujours rangé au sommet de la pile et dans tous les cas les opérandes sont perdus, remplacés par le résultat.

Donnons un exemple : on veut additionner 54 et 27

On tape 54, ENTER. Le nombre 54 est stocké dans A.

On tape 27, +. La somme $27 + 54$ est stockée dans A (l'ancienne valeur de A est perdue).

Le contenu de C passe dans B (27 est perdu). Le contenu de D passe dans C.

Les affectations de B, C et D semblent inutiles. Cependant, elles sont exécutées car la calculatrice est dynamique. En d'autres termes, les affectations ne s'arrêtent pas, même quand il n'y a rien à faire.

Ligne à retard

La Friden doit mémoriser 4 nombres de 13 chiffres décimaux A, B, C, D, codés sur 4 bits, soit 208 bits. Ces bits sont stockés dans la ligne à retard par multiplexage.

Les nombres A, B, C, D s'écrivent après codage a_0, a_1, a_2, a_3 ; b_0, b_1, b_2, b_3 , etc. où a_i est le $i^{\text{ème}}$ chiffre de A, b_i est le $i^{\text{ème}}$ chiffre de B...

La ligne propage après multiplexage $a_0 b_0 c_0 d_0 a_1 b_1 c_1 d_1 a_2 b_2 c_2 d_2 a_3 b_3 c_3 d_3$.

Addition en série

C'est enfantin. Pour additionner A et B transmis en série, poids faible en tête, on reçoit d'abord de la ligne à retard les chiffres unité a_0 et b_0 . On les ajoute, ce qui donne une somme s poussée dans la ligne à retard, et une retenue r . Ensuite, on reçoit les dizaines a_1, b_1 , on les ajoute avec r et la somme s est poussée dans la ligne à retard, et ainsi de suite pour tous les chiffres. Quand les 13 chiffres de A sont épuisés, on passe en mode inactif. Si la dernière retenue s (la retenue sortante de l'addition) vaut 1, le résultat comprend 14 chiffres et non 13. Il y a débordement du registre de stockage. Le voyant « overflow » s'allume et la machine est bloquée !

Unité de calcul

En sortie de la ligne à retard, les chiffres sont démultiplexés, c'est-à-dire qu'un chiffre tous les 4 est envoyé dans a , de même pour b , c et d . Pour exécuter une opération, il faut que a et b soient prêts. Le délai du calcul introduit une bulle dans la ligne à retard au début de chaque nouvelle opération. Le choix de l'opération exécutée est déterminé par le multiplexeur de sortie. Par exemple, pour effectuer une addition, on va commuter itérativement $a+b$, c , d et zéro.

Pour ne rien faire, on commute itérativement a , b , c et d .

Pour faire un décalage à gauche de A, c'est à dire une multiplication par 10, on commute itérativement a' , b , c et d . Pour un décalage à droite, on court-circuite le délai a . Le chiffre poids faible, le premier transmis, tombe dans la bulle et est perdu.

Affichage du résultat

Pourquoi la Friden affiche t-elle toute la pile, alors que seul le sommet A donne le résultat, et que le fond de pile D n'a pas vraiment d'intérêt ? Parce que cela ne coûte

rien, pardi. Le mécanisme d'affichage est la ruse la plus diaboliquement démoniaque de la Friden.

Un automate sait dessiner les chiffres décimaux en « 7-segments » sur l'écran cathodique. C'est une ruse connue.

Ces dessins de chiffres sont positionnés sur l'écran cathodique verticalement, de haut en bas (comme le chinois) puis horizontalement de droite à gauche (comme l'hébreu). Grâce à la persistance rétinienne, ils peuvent être lus par l'utilisateur de gauche à droite et de haut en bas et sont alors dans le bon sens.

Voilà ci-dessous comment s'affiche la séquence sortant de la ligne à retard :

$a_0 b_0 c_0 d_0 a_1 b_1 c_1 d_1 a_2 b_2 c_2 d_2 a_3 b_3 c_3 d_3 a_4 b_4 c_4 d_4 \dots$

..... $a_5 a_4 a_3 a_2 a_1 a_0$

..... $b_5 b_4 b_3 b_2 b_1 b_0$

..... $c_5 c_4 c_3 c_2 c_1 c_0$

... $d_5 d_4 d_3 d_2 d_1 d_0$

Et pour la racine carrée ?

C'est le cauchemar des utilisateurs de machines à calculer électromécaniques.

Avec la Friden, l'extraction de la racine carrée d'un nombre entier devient (presque) facile. La fonction $\sqrt{}$ est apparue sur le modèle Friden EC 132.

Elle utilise un théorème très ancien et très simple : le carré d'un nombre entier N est égal à la somme des N premiers nombres impairs.

Exemple : la somme $1 + 3 + 5 + 7 + 9 + 11 + 13 + 15 = 64 = 8^2$.

La méthode de calcul est simple également. Dans l'exemple précédent, on soustrait 1 à 64, puis 2 au résultat de la soustraction, puis encore 2 au résultat précédent, etc. jusqu'à ce que le résultat soit nul ou négatif. La racine carrée est égale au nombre d'opérations de soustraction. Le calcul se résume à $N-1$ soustractions du nombre 2.

On ne peut faire plus simple, c'est un peu long, mais bien plus rapide qu'un calcul itératif manuel à l'aide d'une calculatrice électromécanique qui pouvait prendre plusieurs minutes ! Les ordinateurs modernes effectuent ce calcul en binaire, à l'aide d'algorithmes extrêmement puissants.

Sources :

www.oldcalculatormuseum.com/friden132.html

www.vintagecalculators.com/html/friden_ec-130_-_ec-132.html

www.oldcalculatormuseum.com/friden130.html

(Schéma logique des circuits)

