

# Premiers pas de programme en notation algébrique

Vous utilisez  
une petite calculatrice  
quatre opérations.  
Tenté par  
la programmation  
vous avez acheté  
la machine  
qui fait " plus ".

■ Nous prenons comme hypothèse de départ que vous venez juste d'acquérir une petite programmable de bas de gamme en notation algébrique (du genre de la TI 57). Ouvrez l'emballage et sortez la petite merveille. Mettez-la en route. Si l'afficheur ne s'éclaire pas, c'est que les batteries sont déchargées, alors branchez-vous sur le secteur par l'intermédiaire du chargeur. Voilà, ça marche !

Commencez donc par exécuter quelques opérations simples, tapez : 2, X, 3, = affichage 6.

N'essayez pas d'introduire au clavier les virgules, elles sont là pour séparer les touches à presser. Votre machine n'a d'ailleurs pas de touche virgule : elle ne connaît que le point. Vous devez appuyer sur une touche " = " parce que votre calculatrice utilise la notation algébrique. C'est-à-dire que l'ordre d'entrée d'une opération est (presque toujours) le même que celui de l'écriture sur une feuille de papier. Si je précise ce détail qui peut paraître vraiment élémentaire, c'est parce qu'il existe une autre notation : la polonaise inverse qui, comme son nom l'indique, utilise un autre mode d'entrée des éléments sur le clavier.

L'opération précédente s'effectue en faisant : 2, enter ↑, 3, X, affichage du résultat : 6 (le même que tout à l'heure et c'est bon signe). Voilà, c'est tout ce que je dis aujourd'hui sur la notation polonaise, nous y reviendrons.

Pour l'instant, reprenons notre machine et calculons. Les opérations s'effectuent exactement comme sur toute machine scientifi-

que. Allez, je vous laisse jouer un peu. Faites-moi de belles soustractions, multiplications, divisions.

Aucun problème, vous entrez le premier nombre, le signe négatif éventuellement (c'est la touche +/-), l'opérateur, le deuxième nombre et le signe =. Si par aventure vous multipliez ou divisez de grands nombres, vous risquez de voir sur l'afficheur une séparation en deux groupes de chiffres. Cela veut dire que vous êtes passé en notation scientifique. Les deux chiffres de droite représentent l'exposant d'une puissance de 10. Vous pouvez obtenir le même effet en appuyant sur la touche EE.

Pour effectuer les calculs utilisant des parenthèses, vous disposez des deux touches titrées avec ces signes. N'oubliez pas de refermer toutes celles que vous avez ouvertes ! Ces parenthèses servent, comme dans l'écriture algébrique, à préciser des priorités de calcul. La conception de la calculatrice que vous utilisez oblige à indiquer ces priorités (nous verrons un autre jour que les parenthèses ne sont pas utilisées sur les calculatrices en notation polonaise). Si par exemple vous voulez calculer :

$$\frac{(2 + 5) (3 + 2)}{\sqrt{7 + 3}}$$

L'ordre de pression des touches sera le suivant :

(, 2, +, 5,) affichage du résultat intermédiaire : 7, puis × obligatoirement (opérateur implicite dans la notation algébrique, mais la calculatrice ne le sait pas),

(, 3, +, 2,) affichage du deuxième résultat intermédiaire : 5

÷, affichage du produit : 35

(, 7, +, 3,) affichage du résultat intermédiaire : 10

√x, calcul de la racine de 10 : 3,1622777.

Et maintenant, on termine l'ensemble des opérations avec le signe =, affichage du résultat : 11,067972.

Si jamais vous faites une faute en introduisant un nombre, appuyez sur CE pour effacer le dernier entré. CLR efface tout et remet à zéro (à utiliser prudemment).

Que pouvons-nous remarquer dans cet exemple ?

— que les parenthèses qui nous sont pourtant familières compliquent un peu la procédure ;

— que toutes les parenthèses que nous avons utilisées pour le calcul ne sont pas indispensables : les deux premières qui encadrent la somme 2+5 peuvent être supprimées ;

— l'opération que recouvre la √ n'est pas notée entre parenthèses en écriture classique (le prolongement de la barre de √ suffit), mais, là encore, la calculatrice l'ignore et il



▲ « Allez, je vous laisse jouer un peu. Faites-moi de belles soustractions, multiplications, divisions ».



faut lui mettre les points sur les  $i$  ;  
 — l'introduction de  $\sqrt{x}$  s'effectue après celle du nombre, contrairement à l'ordre de l'écriture normale ;  
 — il vaut mieux mettre trop de parenthèses que pas assez. C'est plus sûr, à condition qu'on les referme toutes. Nous pouvons par exemple ajouter une ouverture de parenthèses dans le calcul du numérateur. Sa fermeture nous donnera le résultat de calcul de ce numérateur (mais le signe  $\div$  dans notre opération provoque le même résultat) ;

— le signe = utilisé en cours d'opérations est dangereux car il provoque l'affichage du résultat de toutes les opérations en cours. Il faut donc l'éviter au maximum. Remarquez que la fermeture d'une parenthèse équivaut à un signe = partiel.

Vous pouvez très bien faire toutes vos opérations en enlevant de votre calculatrice cette embûche (=). Par exemple :

$3 \times 2 = 6$  peut se faire en tapant :  
 3, ×, 2, =, affichage 6  
 ou en faisant : 3, × 2, +, affichage 6...

Mais attention à ce qui arrivera ensuite. Entraînez-vous à faire des opérations sans utiliser le signe =. Cela vous servira plus tard pour écrire vos programmes.

Nous avons tout dit sur les parenthèses, exercez-vous à les utiliser dans tous les sens possibles. Et notez en même temps sur une feuille les touches que vous enfoncez, de même que les résultats intermédiaires des opérations. C'est un exercice très instructif. C'est en effet sur les calculs avec parenthèses qu'on fait les plus belles erreurs dans les programmes de calculatrice.

Revenons maintenant sur notre  $\sqrt{x}$  de tout à l'heure. Vous avez remarqué que l'appui de la touche se faisait après l'entrée du nombre ou de l'expression dont on veut la racine. Il y a un certain nombre de touches sur la calculatrice qui s'utilisent de la sorte. Nous les appellerons " touches de manipulation sur un seul nombre " . Ce sont :

$x^2$  (élévation au carré)

$\sqrt{x}$  (racine carrée)

$1/x$  (inverse)

$\ln x$  (logarithmes naturels)

$\text{Inv } \ln x$  (exponentielles)

(2nd)  $\text{Log}$  (logarithmes décimaux)

$\text{Inv } 2^{\text{nd}} \text{ log}$  (puissances de log)

(2nd)  $\text{Sin}$  (sinus)

$\text{Inv } \text{Sin}$  (arc sinus)

(2nd)  $\text{Cos}$  (cosinus)

$\text{Inv } \text{Cos}$  (arc cosinus)

(2nd)  $\text{Tan}$  (tangente)

$\text{Inv } \text{Tan}$  (arc tangente)

Toutes ces touches réagissent une fois entré le nombre à manipuler.

$y^x$  occupe une place un peu à part. Il s'agit de l'élévation à une puissance quelconque. Cela mobilise deux nombres et s'utilise donc comme une opération classique :  $2^3$  donne : 2,  $y^x$ , 3, = ou ), résultat : 8

Dans la suite des opérations à effectuer pour un calcul un peu compliqué, il existe une hiérarchie des opérations qui permet de ne pas utiliser sans cesse les parenthèses. La machine effectue par ordre de priorité :

— les manipulations sur un seul nombre ( $\text{Log}$ ,  $\text{Ln}x$ ,  $\text{Sin}...$ ) ;

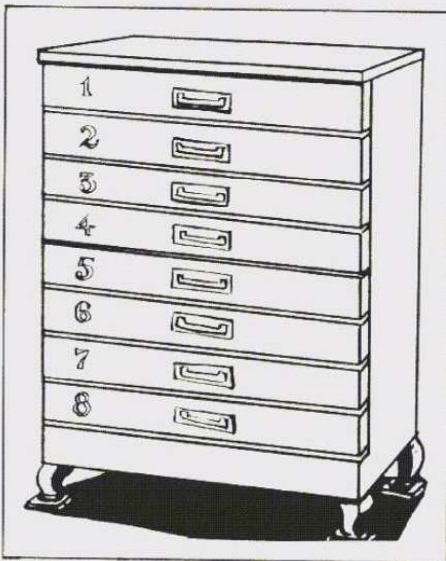
— les manipulations sur deux nombres ( $y^x$ ) ;

— les multiplications et divisions ;

— les additions et soustractions.

Connaissant cette organisation de calcul, on peut sauter des parenthèses dans certaines opérations et donc gagner du temps dans les calculs au clavier et de la place dans les programmes. Mais l'omission des parenthèses présente un certain risque et nécessite de l'entraînement. Alors, à vous de choisir.

Faites des opérations en essayant avec et sans parenthèses, en écrivant toujours ce qui se passe sur un papier et comparez les résultats. En utilisant les parenthèses, nous avons réalisé une mise en attente des résultats intermédiaires, avant de les regrouper pour réaliser les opérations qui portent sur eux.



Huit tiroirs pour ranger vos données.

Il existe une autre méthode pour mettre en mémoire des données et pour s'en servir. Il s'agit de la touche  $\text{STO}$  (qui vient de l'anglais *store* : ranger). Cette touche permet de ranger dans un tiroir numéroté une valeur donnée qui servira plus tard. La TI 57 possède huit de ces tiroirs qui vous permettront de conserver soigneusement des résultats de calculs ou des données entrées au clavier. Pourquoi faire ?

Pendant l'exécution d'un calcul, il arrive bien souvent qu'un résultat ne puisse être utilisé tout de suite. Simplement parce qu'avant de s'en servir, il faut effectuer de nouveaux calculs pour obtenir une autre valeur nécessaire à l'opération finale.

Un exemple : souvent, les prix sont notés hors taxes dans un catalogue. La gamme de prix que l'on étudie peut avoir plusieurs taux de TVA différents. Prenons les deux plus courants : 17,6 % et 33 %. Je veux calculer le prix TTC de ces types de produits. Pour ne pas avoir à taper à chaque fois le coefficient multiplicateur correspondant à un taux de TVA, je peux le ranger dans un tiroir mémoire.

Donc je range le coefficient 1,176 correspondant au taux de 17,6 % en mémoire 0 en faisant :

1.176  $\text{STO } 0$ .

Puis je range le coefficient 1,33 correspondant à 33 % de TVA en mémoire numéro 1 :

1.33  $\text{STO } 1$ .

Pour faire des calculs avec l'un ou l'autre taux de TVA, je vais rappeler, selon le cas, le coefficient rangé dans le tiroir 0 ou 1. Cette manipulation se fait avec la touche  $\text{RCL}$  (de l'anglais *recall* : rappeler) suivi du numéro du tiroir.

Ainsi, pour savoir le prix TTC d'un produit valant 100 FF HT et assujéti à une TVA de 17,6 %, je fais :

$\text{RCL } 0$

Affichage 1,176

×

100

=

117,6 (prix TTC)

Si le taux de TVA était de 33 %, je ferais  $\text{RCL } 1, \times, 100 = 133$  (prix TTC).

On peut faire des tas de choses avec les mémoires : du rangement ou du vidage de tiroirs, mais on peut aussi aller travailler directement dedans. Concrètement, cela signifie que l'on peut réaliser des opérations à l'intérieur des mémoires.

La touche  $\text{SUM}$  permettra d'additionner un nombre au contenu



d'une mémoire et de ranger le résultat dans cette mémoire.

Si la mémoire 0 contient 25 et que l'on rentre 10 à l'affichage (au clavier ou par un rappel de mémoire contenant ce nombre 10), *SUM*, 0 additionnera directement dans la mémoire 10+25 et le résultat (35) sera conservé dans la mémoire 0. Ce résultat n'apparaîtra à l'affichage que si l'on exécute *RCL* 0. Faites : 25, *STO*, 0, 10, *SUM*, 0, *RCL*, 0, résultat de l'opération : 35.

Souvenez-vous qu'en rappelant une mémoire, on ne l'efface pas : on ouvre le tiroir et on regarde ce qu'il y a dedans, mais on ne le vide pas pour regarder. Pour effacer une mémoire, il faut y entrer le chiffre 0. Ou faire *INV* 2nd *Ct*. Dans ce cas, on efface toutes les mémoires de la calculatrice. Dans la pratique, il n'est pas nécessaire de nettoyer un tiroir avant d'y ranger autre chose (dans la pratique de la calculatrice évidemment ; pour une commode Louis XVI, c'est autre chose...). Le fait de rentrer une nouvelle valeur dans une mémoire déjà pleine, fait disparaître le premier contenu. Si la mémoire 0 contient 35, et que vous faites 10 *STO* 0, 35 disparaît, remplacé par 10.

Nous savons donc additionner directement en mémoire mais nous pouvons également retrancher un nombre de celui contenu dans une mémoire en faisant : *INV*, *SUM*.

Il est possible aussi de multiplier ou de diviser en mémoire, en utilisant les séquences 2nd *Prd* ( $\times$ ) et *INV* 2nd *Prd*.

Enfin, une autre manipulation, 2nd *Exc* échange le contenu d'une mémoire avec l'affichage. Exemple : 10 est contenu dans la mémoire 0. 20 2nd *Exc* 0 affiche 10 et range 20 dans la mémoire 0.

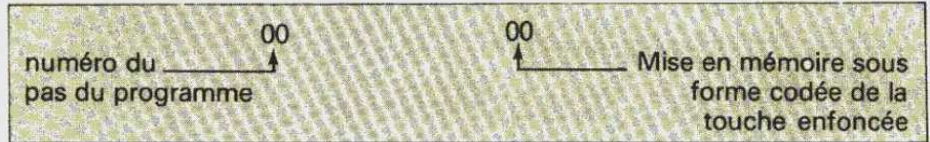
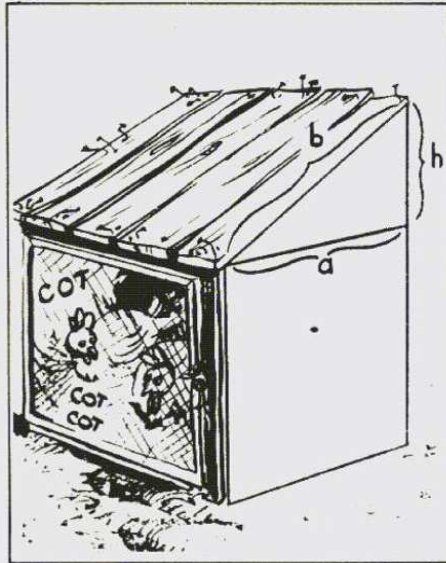
Nous savons maintenant utiliser les principales touches du clavier en mode calcul. Alors programmons un peu.

\_\_\_\_\_ Demandez \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ le programme \_\_\_\_\_

Faire des opérations sur une calculatrice scientifique est maintenant rentré dans nos habitudes. Réaliser un programme sur une calculatrice ou un ordinateur peut paraître compliqué. Heureusement, il n'en est rien.

Ecrire un programme sur la TI 57,

### Où va se nicher le théorème de Pythagore !



ça n'est rien d'autre qu'enregistrer dans une mémoire spéciale la séquence des touches qui nous aurait servi à faire le calcul au clavier. Une fois que la machine a appris le déroulement des opérations, elle peut refaire toute la séquence sans que vous ayez à retaper toutes les opérations. Si on faisait un essai...

La hauteur *h* du toit du poulailler que je suis en train de bricoler est de 1,20 m et sa largeur *a* est de 2,20 m. Pour prévoir la longueur de charpente et le nombre de tuiles, j'ai besoin de calculer la longueur de la pente (*b*). Le calcul à faire utilise le théorème de Pythagore (ah ! ces vieux souvenirs...). On peut (et même on doit) dire que  $b = \sqrt{a^2 + h^2}$ .

Pour faire le calcul au clavier, rien de bien compliqué :

$$a = 2,20$$

$$h = 1,20$$

Je fais :

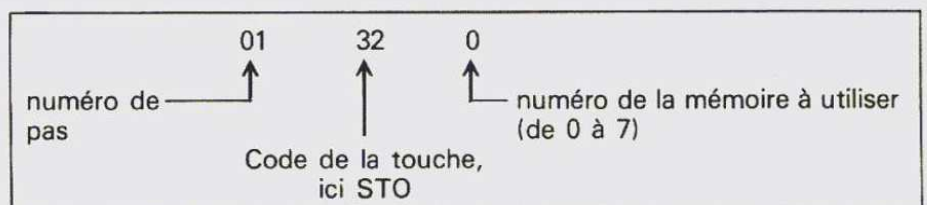
$$2,20 \times^2 = (\text{affichage : } 4,84) +$$

$$1,20 \times^2 (\text{affichage : } 1,44) = (\text{affi-}$$

chage : 6,28)  $\sqrt{x}$ . Résultat final : 2,5059928. Quelle précision !

La longueur de pente de mon toit sera 2,506 m. Volontairement, nous n'avons pas choisi un calcul complexe et il est très facile de le faire au clavier. Mais dans le cas de mon poulailler, je veux étudier plusieurs configurations possibles et donc faire le calcul avec différentes valeurs de *a* et de *h*. Dans ce cas, j'aurais intérêt à écrire un programme pour gagner du temps et éliminer les risques d'erreur. Allons-y. D'abord, appuyez sur la touche *LRN*. (abrégié de "Learn", c'est-à-dire, apprendre). Nous allons en effet apprendre à la calculatrice la séquence de touches qui nous a servi à faire le calcul précédent. Regardez la forme de l'affichage, elle ne ressemble pas à ce que l'on voit en mode calcul :

Essayez d'appuyer différentes touches (n'importe lesquelles), vous allez voir les deux chiffres de gauche avancer d'une unité à chaque pression de touche (ou presque). Ces deux chiffres indiquent le numéro du pas de programme concerné. C'est très important que chaque pas soit numéroté, puisque c'est cela qui va indiquer à la calculatrice dans quel ordre elle doit effectuer les opérations. Les deux chiffres de droite indiquent sous forme codée la touche qui est inscrite dans la case (on ne dit pas vraiment case, on parle plutôt de pas de programme). Vous remarquez que dans presque tous les cas, ces deux chiffres sont à zéro. Cela tient au fait que la machine avance automatiquement d'un pas après la pression d'une touche. Vous ne voyez donc pas la case déjà remplie mais celle à remplir. Il y a des exceptions que vous avez peut-être remarquées si vous avez appuyé sur *STO*, *RCL*, *SUM*... Dans ce cas-là, l'affichage prend la forme :





Cette forme permet de contracter la mise en mémoire de ces instructions suivies d'un seul chiffre et donc d'économiser de la place dans la mémoire du programme. Maintenant que nous avons un peu exploré la mémoire-programme, utilisons-la. Eteignez puis rallumez la calculatrice, pour effacer tout ce qui s'y trouvait, et appuyez de nouveau sur *LRN*.

Touche à presser	Affichage
$x^2$	00 00
+	01 00
R/S	02 00
$x^2$	03 00
=	04 00
$\sqrt{x}$	05 00
R/S	06 00
	07 00

Voilà, notre premier programme est enregistré dans la mémoire spéciale qui va le conserver jusqu'à ce qu'on éteigne la calculatrice.

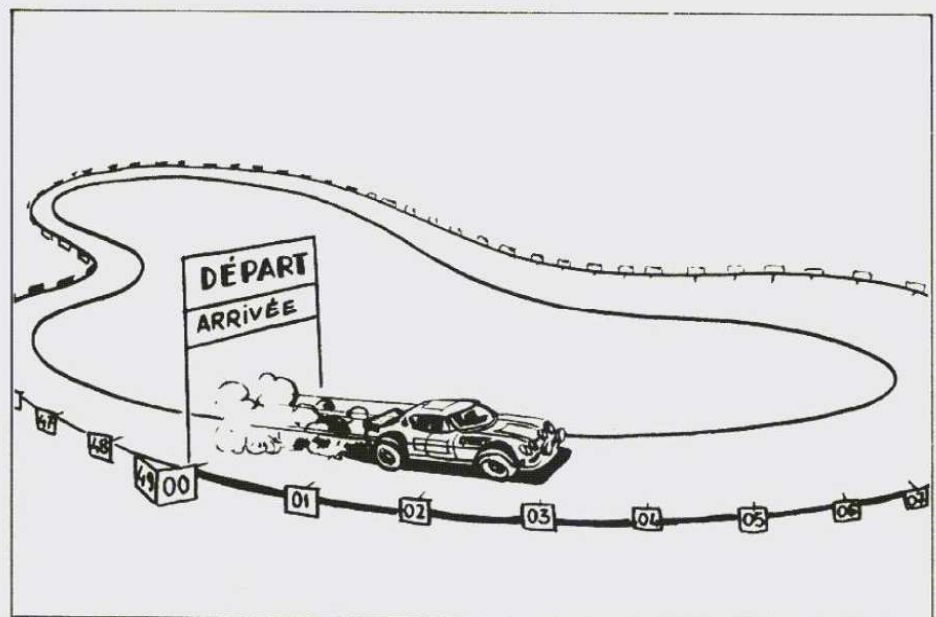
Appuyez maintenant sur *LRN* et la calculatrice repasse en affichage normal, caractéristique du mode calcul. Nous avons par deux fois utilisé dans ce programme la touche *R/S*.

Quel est son rôle ? Ces deux lettres sont les abréviations de Run/Stop, traduction : courir/arrêter. Cette touche sert à lancer l'exécution d'un programme (si on l'utilise lorsque la calculatrice est en mode calcul), ou d'en arrêter le déroulement si cette instruction se trouve dans le programme lui-même. Cela va donc nous permettre ici d'arrêter le programme, pour entrer une valeur la première fois (*R/S* du pas 02) ; et, la seconde fois, pour examiner le résultat (*R/S* du pas 06).

Et maintenant voyons voir

Nous sommes impatients de faire tourner notre programme. Pour cela, faire d'abord *RST* (abréviation de l'anglais Reset, remettre en place). Cette touche, utilisée en mode calcul ou dans le cours d'un programme va renvoyer le pointeur au pas 00. Pointeur... voilà encore un mot nouveau, c'est quoi ça ? Regardez donc le dessin ci-dessous.

La mémoire-programme y est représentée comme un circuit routier. Départ au pas 00, arrivée au pas 49 (le maximum de pas que peut contenir la TI 57). Les pas de programme sont comme les étapes du rallye où une voiture va devoir passer. Et dans notre schéma, la voiture représente le pointeur de programme.



▲ Le bolide pointeur se lance et va rencontrer chacune de vos instructions.

Quand vous avez mis en mémoire le programme de tout à l'heure, le pointeur était resté au pas 07. Pour le faire revenir au départ, vous appuyez sur *RST*.

En entrant le programme après la touche *LRN*, nous avons disposé les étapes sur le parcours de notre rallye. Maintenant, nous allons courir.

Entrez au clavier le premier nombre de notre calcul 2,20, puis faites *R/S* (Run/Stop) pour lancer la course. Ce nombre va être élevé au carré, puis le résultat va croiser le signe +. Au pas 02, le pointeur rencontre l'instruction Run/Stop : arrêt obligatoire pour faire le plein. Entrez ici le deuxième nombre nécessaire à notre calcul (1,20) puis appuyez sur *R/S* pour redémarrer : 1,20 est élevé au carré, puis le signe = déclenche l'addition des deux carrés et enfin  $\sqrt{x}$  donne le résultat. Le pointeur est encore une fois arrêté par la touche *R/S*. L'arrivée dans ce programme était au pas 06.

Ça marche

Vous pouvez maintenant contempler le résultat sur l'affichage : 2,505...

Si vous voulez refaire le calcul avec d'autres valeurs de *a* et de *h*, refaites *RST* pour ramener le pointeur au départ (pas 00) puis recommencez les opérations :

- RST*
- 1,70 entrée d'un nombre
- R/S* lancement du programme
- 2,30 entrée du deuxième nombre
- R/S* on relance
- 2,86 affichage du résultat

Et vous pouvez relancer le programme autant de fois que vous le voulez. Vous vous lasserez avant la calculatrice.

Nous allons en rester là pour aujourd'hui. A vous maintenant de reprendre la méthode que nous avons utilisée ici pour vous lancer dans l'écriture de petits programmes simples. Commencez à chaque fois par faire les opérations au clavier en notant les calculs effectués et les résultats intermédiaires, puis transcrivez la séquence de touches utilisées en mode programme. Vous lancerez alors l'exécution en vérifiant la conformité des résultats avec ceux obtenus dans votre calcul au clavier. Bons exercices.

□ Xavier de La Tullaye