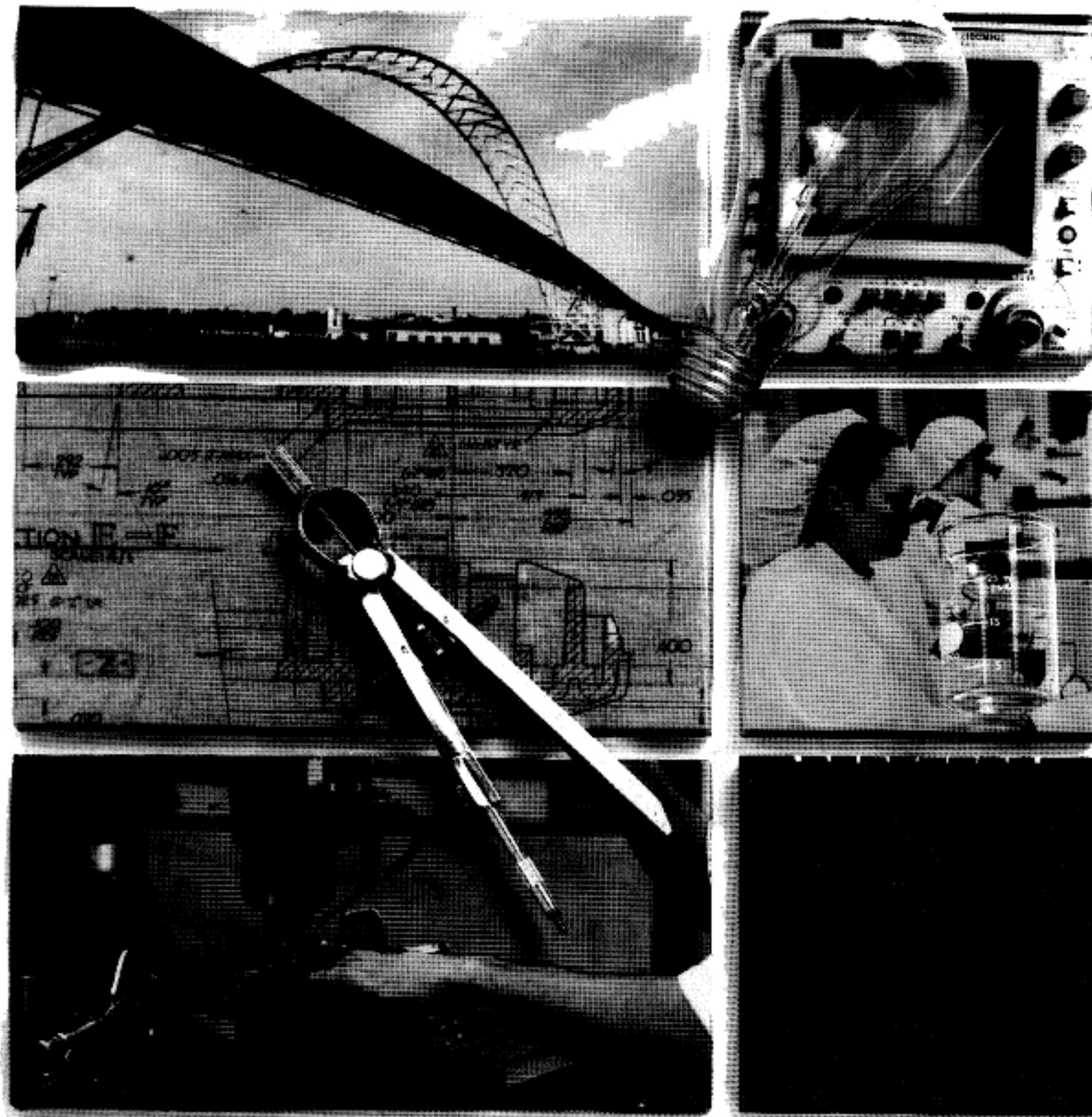


HEWLETT-PACKARD

HP-11C

Manuel d'utilisation et guide d'application





HP-11C

Manuel d'utilisation et guide d'application

Aout 1985

NOTE

Les programmes de ce manuel sont fournis sans aucune garantie.

La Société Hewlett-Packard n'assume donc aucune responsabilité quant aux conséquences directes ou non de l'utilisation de ces programmes.

© Hewlett-Packard France, 1981

Texte protégé par la législation
en vigueur en matière de propriété littéraire
et dans tous les pays

Introduction

Félicitations! Vous venez de choisir un calculateur HP-11C à mémoire permanente et vous montrez, par-là même, l'intérêt que vous portez aux appareils performants, de qualité et d'emploi facile. Ce manuel décrit les nombreuses caractéristiques de votre calculateur et vous aidera à utiliser celles qui ne vous sont pas familières.

Calculs, programmation et programmes d'applications: voilà les 3 grandes parties du manuel de votre HP-11C. Les deux premières parties présentent l'utilisation du clavier et les caractéristiques de programmation auxquelles vous êtes sans doute habitué si vous avez déjà manipulé d'autres calculateurs programmables Hewlett-Packard. La troisième partie vous donne un grand nombre de programmes d'applications ainsi que des informations concernant les techniques de programmation. Toutefois, avant même de commencer la lecture d'une des trois parties de ce manuel, nous vous recommandons vivement de vous familiariser avec votre HP-11C en étudiant le chapitre d'introduction «Le HP-11C: une solution à vos problèmes», page 11.

Chapitres de programmation: au début ou dans les premières pages de chaque chapitre de la deuxième partie nous vous présentons rapidement, encadrées en bleu, les caractéristiques de fonctionnement étudiées au cours du chapitre. Sans doute ces quelques lignes vous suffiront-elles si vous savez déjà comment créer, exécuter et mettre au point des programmes sur un autre calculateur Hewlett-Packard. Si, par contre, les calculateurs HP vous sont totalement étrangers, vous ressentirez le besoin de lire le reste du chapitre afin d'avoir une description plus complète ainsi que des exemples se rapportant aux points essentiels traités.

Applications complémentaires. Vous trouverez par ailleurs, chez la plupart des revendeurs Hewlett-Packard, le livret d'applications du HP-11C*. Ce document présente un ensemble complet des programmes HP-11C couvrant des domaines d'application très divers: mathématiques, statistiques, électricité, chimie, finances ou même des jeux.

* En langue anglaise uniquement.

Table des matières

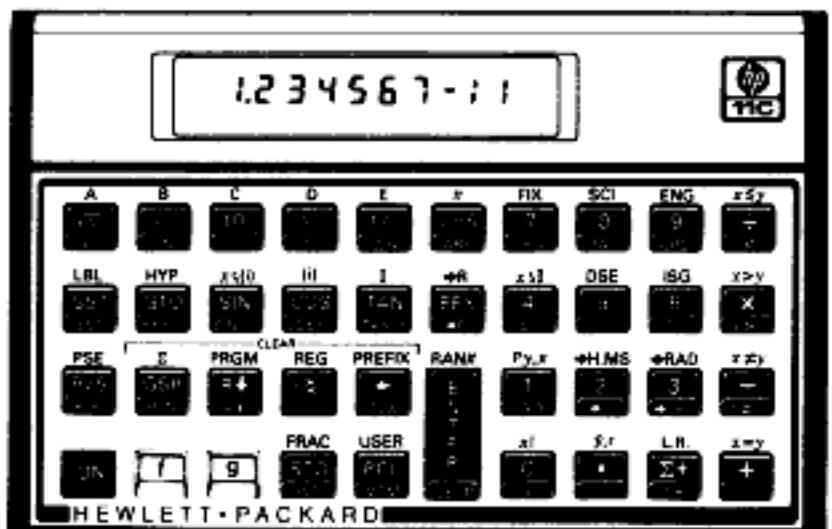
Introduction	3
Le clavier et la mémoire permanente du HP-11C	10
Le HP-11C: Une solution à vos problèmes.....	11
Solutions manuelles	12
Solutions programmées.....	13
 Première partie: HP-11C Calculs	17
Chapitre 1: Généralités.....	19
Mise sous/hors tension.....	19
Affichage.....	19
Séparateur décimal et groupage des chiffres	19
Indicateurs lumineux.....	19
Nombres négatifs	19
Effacement de l'affichage: CLx et ◀	20
Affichages particuliers	21
Mémoire.....	22
Mémoire permanente	22
Réinitialisation de la mémoire.....	22
Clavier	23
Fonctions primaire et secondaires	23
Annulation d'un préfixe	24
 Chapitre 2: Pile opérationnelle et registres de stockage....	25
Pile opérationnelle	25
Manipulation	26
Fonctions du calculateur et pile opérationnelle	28
Fonctions monadiques	28
Fonctions diadiques	29
Calculs en chaîne.....	31
Registre LASTx	33
Arithmétique avec constante.....	35

Registres de stockage.....	37
Stockage des nombres.....	38
Rappel des nombres stockés.....	39
Effacement des registres de stockage.....	39
Opérations arithmétiques dans les registres	40
Problèmes	41
Chapitre 3: Fonctions numériques	43
Pi.....	43
Fonctions d'altération des nombres	43
Fonctions mathématiques	44
Fonctions générales	44
Fonctions logarithmiques.....	45
Trigonométrie.....	46
Conversion d'heures et d'angles.....	47
Fonctions hyperboliques	48
Conversion de coordonnées polaires/rectangulaires	48
Pourcentages	50
Probabilités.....	51
Fonctions statistiques	52
Générateur de nombres pseudo-aléatoires.....	52
Sommations	53
Corrections des sommes.....	56
Moyenne	57
Ecart-type	59
Régression linéaire	60
Estimation linéaire et coefficient de corrélation.....	61
Chapitre 4: Contrôle de l'affichage.....	65
Contrôle du format d'affichage.....	65
Notation décimale fixe	65
Notation scientifique.....	66
Notation ingénieur.....	67
Introduction des exposants	68
Arrondi au dixième chiffre	69

Deuxième partie: Programmation	71
Chapitre 5: Bases de programmation	73
Qu'est-ce qu'un programme	73
Pourquoi écrire un programme?	73
Contrôle de programme	73
Réattribution automatique de la mémoire	73
Fonction MEM	75
Codage et numéro de ligne.....	76
Séquences abrégées.....	76
Fonctions de contrôle.....	77
Mode personnel	78
Mémoire programme.....	78
Interprétation des codes de touches	80
Programmation.....	82
Début et fin de programme.....	82
Chargement d'un programme.....	83
Exécution d'un programme	85
Fonctionnement en mode personnel – USER	86
Arrêts et pauses dans un programme	87
Arrêts programmés.....	87
Arrêts imprévus	91
Labels	92
Chapitre 6: Mise au point des programmes	93
Recherche d'erreur	93
Fonctions de mise au point	94
Exécution pas à pas	94
Retour à la ligne précédente	94
Positionnement sur une ligne	94
Touche correction	95
Exemple de mise au point	95

Chapitre 7: Contrôle et décisions	105	Indicateurs binaires	208
Tests conditionnels	105	Nombres aléatoires	209
Indicateurs binaires	106	Touches de fonctions à définir	210
Contrôle de l'exécution	106	Stockage de données	210
Branchements et boucles	107	Sélection de divers sous-programmes	211
Utilisation des indicateurs binaires	110		
Chapitre 8: Sous-programmes	113	Annexe A: Messages Erreurs	213
Branchement à un sous-programme	113	Annexe B: Mouvements de la pile et registre LASTx	215
Limites aux sous-programmes	114	Annexe C: Réattribution automatique de la mémoire	219
Utilisation des sous-programmes	115	Annexe D: Piles, garantie et maintenance	227
Chapitre 9: Le registre I	121	Index des touches	237
Fonctions directes sur le registre I	121	Index alphabétique	243
Fonctions indirectes sur le registre I	124		
Contrôle indirect de programme	124		
Exemple de contrôle de boucle par ISG	126		
Troisième partie: Applications	131		
Chapitre 10: Programmes d'application	133		
Calculs matriciels	133		
Systèmes d'équations linéaires à trois inconnues	142		
Résolutions de triangles	147		
Ajustement de courbes	155		
Solution de $f(x)=0$ par la méthode de Newton	161		
Bataille navale	165		
Finance: annuités et intérêts composés	176		
Statistiques: test t	185		
Evolution du Chi-carré	191		
Intégration numérique par points discrets	195		
Chapitre 11: Techniques de programmation	199		
Structure	199		
Sous-programme	203		
ISG et RCL (i)	204		
Introduction des données	205		
Boucle	206		

Le calculateur scientifique programmable HP-11C

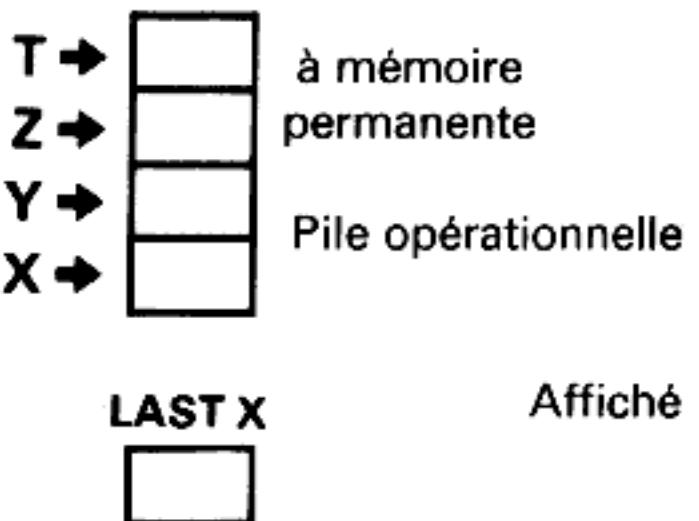


Hewlett-Packard 11C

Mémoire programme

permanent	partagé	permanent	partagé
000-	064-	R ₁	R ₀
001-	065-	R ₁	R ₁
002-	066-	R ₂	R ₂
:	:	R ₃	R ₃
		R ₄	R ₄
		R ₅	R ₅
		R ₆	R ₆
		R ₇	R ₇
		R ₈	R ₈
		R ₉	R ₉

La répartition de base de la mémoire correspond à 63 lignes de programme et à 20 registres de données, plus le registre I. Le calculateur convertit automatiquement au fur et à mesure des besoins chaque registre de stockage en sept lignes de programme. La conversion commence à R₉ et finit à R₀.



Le HP-11C Une solution à vos problèmes

Votre **calculateur scientifique programmable HP-11C** représente un puissant outil pour résoudre vos problèmes, des plus simples aux plus complexes, et pour conserver des données, où que vous soyez. Le HP-11C est si facile à programmer et à utiliser qu'il ne requiert aucune expérience en programmation ou connaissance de langages informatiques.

Le HP-11C vous aide à économiser la batterie en éteignant automatiquement l'affichage s'il reste inactif après un délai de 8 à 17 minutes. Ne craignez pas de perdre des données; la **mémoire permanente** conserve toutes les informations introduites dans votre HP-11C.

Nous sommes différents! Votre HP-11C utilise une logique de calcul particulière, représentée par la touche **ENTER**, qui diffère grandement de celle utilisée dans la plupart des autres calculateurs. La **puissance** de la logique des calculateurs HP deviendra une évidence après quelques heures d'utilisation. La fonction **ENTER** et la logique du HP-11C seront détaillées plus loin mais vous allez pouvoir dès maintenant en apprécier la puissance.

Les réponses apparaissent automatiquement **dès** que vous appuyez sur une touche d'opération. Prenons en exemple les calculs arithmétiques: l'opération est effectuée entre le nombre préalablement dans la machine et le dernier nombre introduit. La touche **+** les additionne, la touche **-** soustrait le second du premier, la touche **×** les multiplie et la touche **÷** divise le premier par le second. Il faut donc introduire les nombres préalablement à toute opération; pour cela on frappe le premier nombre au clavier, on exécute **ENTER** pour séparer les deux nombres puis on frappe le second et on appuie sur la touche **+**, **-**, **×** ou **÷**.

Commençons par allumer le calculateur en appuyant sur la touche **ON**. Si l'affichage n'est pas nul, appuyez sur la touche **CLX**, le calculateur affiche alors 0.0000. Si vous désirez un affichage conforme à la notation européenne (virgule comme séparateur décimal), éteignez votre calculateur et rallumez-le en maintenant la touche **.** enfoncée (cette caractéristique est décrite plus en détail au début du chapitre 1). Tous les exemples de ce manuel utilisant quatre décimales, il peut être



0.0000

judicieux de leur faire correspondre l'affichage de votre calculateur; si cela n'est pas déjà le cas, appuyez sur **f** **FIX** 4.

Note: Si un astérisque (*) clignote en bas à gauche de l'écran lorsque le calculateur est allumé, cela veut dire que les piles sont quasiment épuisées. Pour en installer de nouvelles, se reporter à l'annexe D.

Solutions manuelles

Il n'est pas nécessaire d'effacer la mémoire du calculateur entre les problèmes. Mais si vous faites une faute lors de l'introduction d'un nombre, appuyez sur **⬅** et frappez le chiffre correct.

Pour résoudre

$$9 + 6 = 15$$

$$9 - 6 = 3$$

$$9 \times 6 = 54$$

$$9 \div 6 = 1.5$$

Appuyez sur

9 **ENTER** 6 **+**

9 **ENTER** 6 **-**

9 **ENTER** 6 **×**

9 **ENTER** 6 **÷**

Affichage

15.0000

3.0000

54.0000

1.5000

Remarquez que dans les quatre exemples:

- Les deux nombres sont **présents** dans le calculateur avant que vous appuyiez sur **+**, **-**, **×** ou **÷**.
- **ENTER** ne sert que pour séparer deux nombres introduits consécutivement.
- L'exécution de l'opération a lieu **dès** que vous appuyez sur la touche et le résultat est **immédiatement** affiché.

Pour illustrer la similitude entre les solutions manuelles et programmées, prenons un exemple simple que vous pourrez résoudre d'abord au clavier puis à l'aide d'un programme.

La plupart des chauffe-eau domestiques sont de forme cylindrique et vous pouvez aisément en calculer la déperdition calorifique par la formule $q = h \times S \times T$ où:

q est la déperdition.

h est le coefficient de transfert-calorifique.

S est la surface totale du cylindre.

T est la différence de température entre le cylindre et l'air ambiant.

Exemple: Supposons maintenant que vous ayez un chauffe-eau cylindrique de 200 l et que vous vouliez connaître la déperdition de chaleur due à sa mauvaise isolation. Les premières mesures vous indiquent que la différence de température entre la surface du cylindre et l'air est de 10 °C, que la surface du cylindre est de 3 m². Sachant que le coefficient de transmission thermique est de 1,78, quelle est la perte de chaleur du chauffe-eau?



Appuyez sur	Affichage	
10 ENTER	10.0000	ΔT
3	3	S
×	30.0000	résultat intermédiaire
1.78	1.78	h
×	53.4000	q en calories/heure
⬅	0.0000	

Solutions programmées

Dans l'exemple précédent vous avez calculé la déperdition pour une différence de température de 10 degrés. Supposons maintenant que vous vouliez calculer cette déperdition pour plusieurs différences de température. Vous pouvez bien évidemment effectuer manuellement chaque calcul mais vous pouvez aussi écrire un programme qui calculera la déperdition pour une infinité de différences de température et, ce, plus facilement et plus rapidement que vous ne le feriez au clavier.

Rédaction du programme. Le programme comprend la même séquence de touches que pour l'exécution manuelle, précédée d'un label et suivie d'une indication de fin de programme.

Chargement du programme. Pour enregistrer les instructions du programme dans la mémoire du HP-11C, appuyez successivement sur les touches listées ci-dessous. Le calculateur enregistre les instructions dès leur introduction et affiche une série de codes dont l'interprétation sera décrite ultérieurement.

Appuyez sur	Affichage	
g P/R	000-	Place le HP-11C en mode programme. L'indicateur PRGM est allumé.
f CLEAR PRGM	000-	Efface la mémoire programme.
f LBL A	001-42.21.11	Le label «A» définit le début du programme.
3	002-	3
x	003-	20
1	004-	1
.	005-	48
7	006-	7
8	007-	8
x	008-	20
g RTN	009- 43 32	La touche RTN définit la fin du programme.
g P/R	0.0000	Place le HP-11C en mode calcul et éteint l'indicateur PRGM.

Exécution du programme. Appuyez sur les touches suivantes pour exécuter le programme.

Appuyez sur	Affichage	
10	10	1 ^{re} différence de température.
f A	53.4000	Déperdition identique à celle calculée manuellement.
12 f A	64.0800	Déperdition calculée pour une nouvelle différence de température.

Vous pouvez maintenant calculer rapidement les déperditions pour de nombreuses différences de température. Il suffit d'introduire la différence et d'appuyer sur **f A**. Complétez par exemple le tableau de droite.

Les réponses doivent être les suivantes: 53,4000; 64,0800; 74,7600; 85,4400; 96,1200; 106,8000.

Diff. Temp.	Déperdition
10	?
12	?
14	?
16	?
18	?
20	?

La programmation, c'est aussi simple que cela! Le calculateur se souvient d'une séquence de touches et l'exécute autant de fois que vous le désirez. Passons maintenant à quelques caractéristiques de fonctionnement importantes.

Première partie

Calculs

Chapitre 1

Généralités

Mise sous/hors tension

La touche **ON** vous permet d'allumer ou d'éteindre le HP-11C. De plus, le calculateur s'éteint automatiquement après un temps d'inactivité supérieur à 10 ou 15 minutes.

Affichage

Séparateur décimal et groupage des chiffres

Le HP-11C vous permet de spécifier le séparateur décimal que vous voulez utiliser, c'est-à-dire un point décimal comme aux Etats-Unis ou une virgule décimale normalisée en Europe. Le calculateur utilisera automatiquement l'autre symbole pour séparer les groupes de trois chiffres dans la partie entière des grands nombres.



Pour changer la convention de symbole, éteignez le calculateur puis maintenez la touche **.** enfoncee, rallumez le calculateur et relâchez la touche **.**

Indicateurs lumineux

L'affichage du HP-11C comporte cinq indicateurs de l'état du calculateur durant certaines opérations. Ces indicateurs et les opérations associées sont décrits tout au long de ce manuel.

USER f g GRAD PRGM

Indicateurs lumineux

Nombres négatifs

Pour introduire ou rendre un nombre négatif, appuyez sur **CHS** (Change signe). Un nombre négatif devient positif par une nouvelle pression de **CHS**.

Effacement de l'affichage: **CLx** et **←**

Le HP-11C dispose de deux types d'effacement de l'affichage: **CLx** et **←**. En mode calcul (RUN), **g CLx** remplace tout nombre affiché par zéro; en mode programme, **g CLx** est enregistré dans la mémoire du calculateur comme instruction de programme. **←** est une fonction non programmable qui vous permet d'effacer sélectivement ou totalement l'affichage en mode calcul ou programme, comme suit:

1. En mode calcul

- Après la plupart des fonctions, la touche **←** remplace tous les chiffres par zéro*. L'exécution de la plupart des fonctions du HP-11C termine l'introduction des chiffres – c'est-à-dire indique au calculateur que le nombre est complet –; la fonction **←** agit sur l'ensemble du nombre.

Appuyez sur	Affichage
12345	12.345
√x	111,1081
←	0,0000

← après une fonction remplace le nombre affiché par zéro.

- Si vous appuyez sur **←** durant l'introduction d'un nombre (avant d'avoir mis fin à cette introduction), le calculateur supprime le dernier chiffre frappé. Vous pouvez ainsi remplacer un ou plusieurs chiffres dans un nombre durant son introduction.

Appuyez sur	Affichage
12345	12.345
←	1.234
←	123
9	1.239

- En mode programme, la touche **←** supprime l'instruction affichée.

* Les autres chiffres (invisibles du fait du format d'affichage) de ce nombre sont aussi annulés.

Affichages particuliers

Plusieurs affichages vous informeront de conditions particulières de fonctionnement dans votre calculateur.

running. Le calculateur fait clignoter le mot **running** à l'affichage durant l'exécution d'un programme, de **Py,x** (permutation) ou **Cy,x** (combinaison).

running

9.999999 99

Dépassements de capacité

Supérieur. Lorsque la valeur absolue du résultat d'un calcul dans le registre **X** est supérieure à $9,999999999 \times 10^{99}$, le calculateur affiche 9,999999 99 avec le signe approprié. Au cours d'un programme, le calculateur arrête l'exécution et affiche $\pm 9,999999 99$.

Dépassement supérieur de capacité

Inférieur. Lorsque la valeur absolue du résultat d'un calcul est inférieure à 1×10^{-99} , le calculateur lui substitue zéro. Dans ce cas, l'exécution du programme se poursuit.

Messages d'erreur

Si vous tentez d'exécuter un calcul avec un paramètre illicite tel que la racine carrée d'un nombre négatif, le calculateur affiche un message d'erreur. L'annexe A liste l'ensemble des messages d'erreurs et leurs causes. Un résumé des messages d'erreurs figure sur l'étiquette au dos du calculateur.

Appuyez sur	Affichage
4 CHS	-4
√x	Error 0
←	-4.0000

Pour effacer un message d'erreur, appuyez sur **←** (ou sur toute autre touche).

Indication de baisse de charge

Dès qu'il y a baisse de charge, un astérisque clignote en bas à gauche de l'écran; se reporter à l'annexe D pour la mise en place de nouvelles piles.

Mémoire

Mémoire permanente

La mémoire permanente de votre HP-11C conserve les données suivantes même lorsque l'affichage est éteint:

- Toutes les données numériques stockées.
- Tous les programmes stockés.
- Les modes d'affichage et notations.
- La position des indicateurs binaires.
- La position du pointeur de programme dans la mémoire.
- Les retours de sous-routines en attente.
- L'unité d'angles (degrés, radians, grades).

À la mise sous tension, le HP-11C se réveille toujours en mode calcul même s'il était en mode PRGM (programme) à l'extinction.

Le calculateur conserve la mémoire permanente un court instant si vous enlevez la batterie et vous permet ainsi de remplacer cette dernière sans perdre d'informations.

Réinitialisation de la mémoire

La procédure de réinitialisation de la mémoire (destruction de toutes les informations stockées) est la suivante:

1. Eteignez le HP-11C.
2. Appuyez sur la touche **ON** et maintenez-la enfoncée.
3. Appuyez sur la touche **-** et maintenez-la enfoncée.
4. Relâchez la touche **ON** puis la touche **-**.



Réinitialisation
de la mémoire

Lorsque vous effectuez cette réinitialisation le calculateur affiche le message ci-contre. Appuyez sur **←** (ou sur toute autre touche) pour effacer ce message.

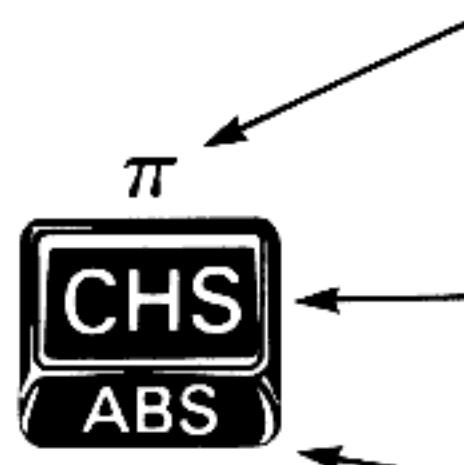
Pr Error

Nota: La mémoire permanente peut être incidemment réinitialisée si vous laissez tomber le calculateur, lui faites subir un mauvais traitement ou interrompez l'alimentation.

Le clavier

Fonctions primaire et secondaires

La plupart des touches de votre HP-11C possèdent une fonction primaire et deux secondaires. La fonction primaire est indiquée par le mnémonique imprimé sur la face horizontale de la touche. Les fonctions secondaires sont indiquées par les mnémoniques imprimés au-dessus de la touche et sur sa face inclinée.



- Pour exécuter la fonction imprimée en jaune au-dessus de la touche, appuyez sur la touche préfixe **f** puis sur la touche de fonction; ex.: **f π**.
- Pour exécuter la fonction primaire, il vous suffit d'appuyer sur la touche; ex.: **CHS**.
- Pour exécuter la fonction imprimée en bleu sur la face inclinée de la touche, appuyez sur la touche préfixe **g** puis sur la touche de fonction; ex.: **g ABS**.

Remarque: Lorsque vous appuyez sur une touche préfixe, l'indicateur correspondant, **f** ou **g**, apparaît à l'affichage jusqu'à ce que vous appuyiez sur une touche de fonction pour terminer la séquence.

Annulation d'un préfixe

Si vous introduisez un préfixe erroné pour une fonction, appuyez sur **F** CLEAR **PREFIX** pour annuler le préfixe. La séquence **f** CLEAR **PREFIX** annule en outre l'effet des touches **STO**, **RCL**, **GTO**, **GSB**, **HYP** et **HYP⁻¹**. La touche **PREFIX** étant en outre utilisée pour afficher la mantisse du contenu du registre **X**, les dix chiffres de ce nombre seront affichés pendant environ une seconde après l'exécution de **PREFIX** (en mode calcul (RUN) seulement).

Pile opérationnelle et registres de stockage

Pile opérationnelle

Grâce à la pile opérationnelle et à la touche **ENTER** qui permettent au HP-11C de conserver et de réutiliser automatiquement les résultats intermédiaires, les calculs les plus complexes apparaissent forts simples.

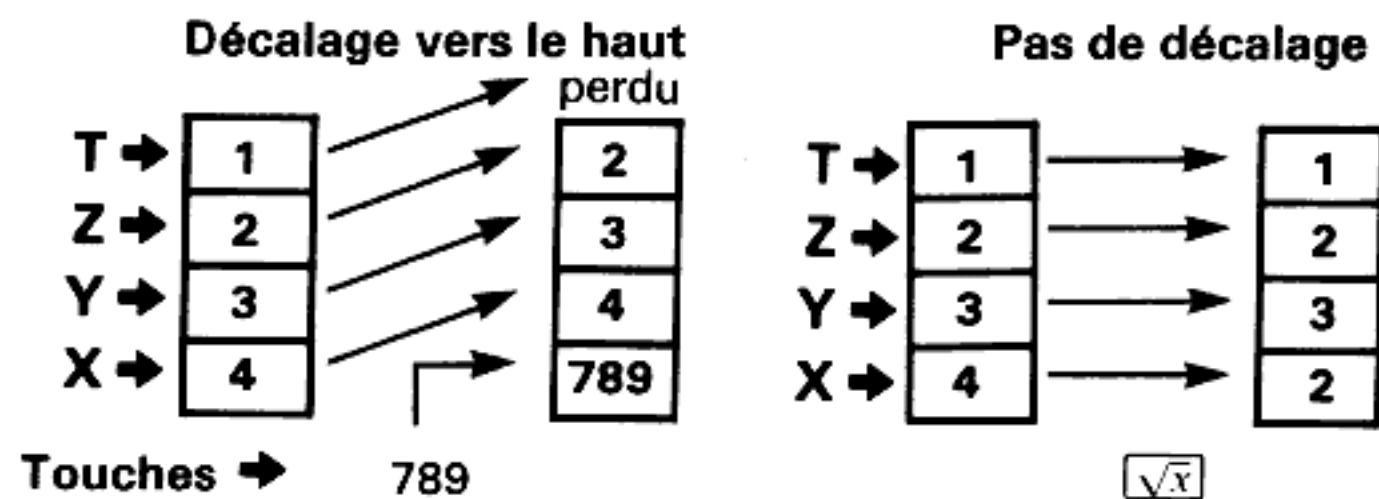
La pile opérationnelle

T →	0.0000
Z →	0.0000
Y →	0.0000
X →	0.0000

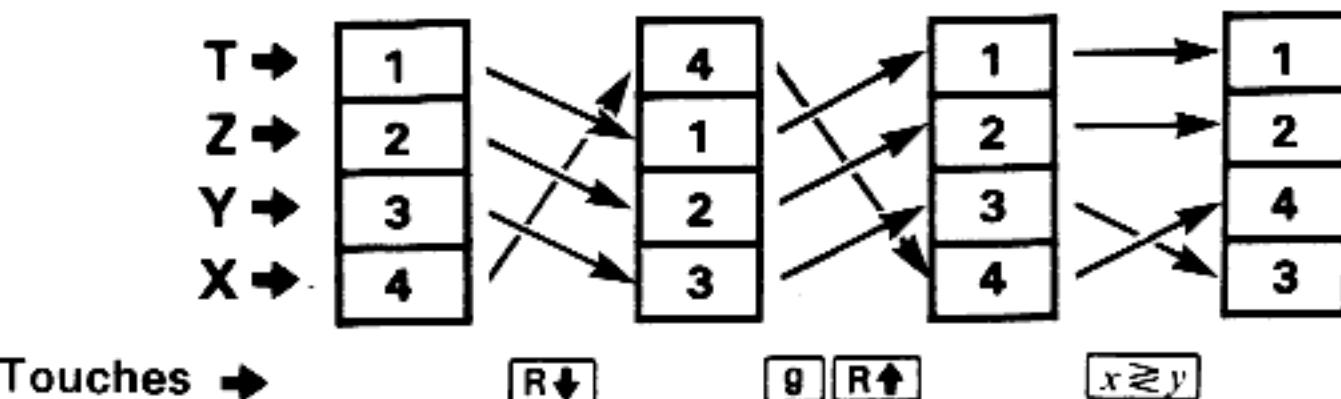
Toujours affiché

Lorsque votre HP-11C est en mode calcul, le nombre affiché est toujours le contenu du registre **X**.

Tout nombre introduit et tout résultat de l'exécution d'une fonction numérique est placé dans le registre **X** affiché. A cette occasion, et selon le type d'opération, les contenus des autres registres de la pile seront décalés vers le haut, vers le bas ou resteront à leur place. Ces nombres obéissent à l'ordre dernier entré – premier sorti. Si, par exemple, vous placez dans les registres de la pile les nombres comme indiqué dans la colonne de gauche de chaque illustration ci-dessous (résultat des précédents calculs), l'exécution ou l'introduction indiquée provoque la modification apparaissant dans la colonne de droite.

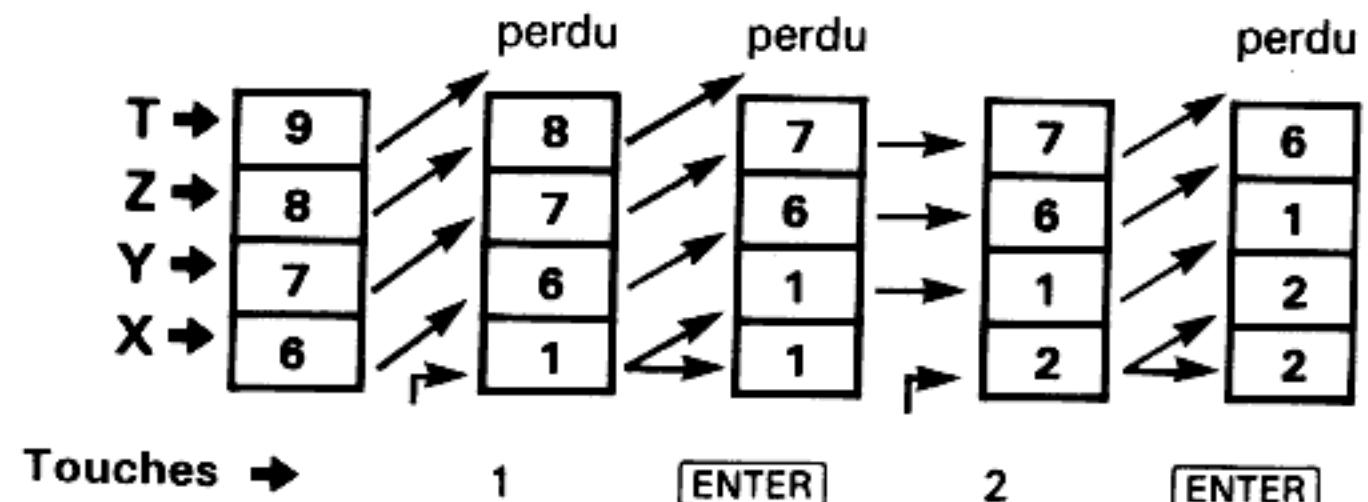


Les touches **R↓** et **R↑** effectuent une permutation circulaire des contenus des registres de la pile sans qu'aucune valeur ne soit perdue et la touche **x ≥ y** permute les contenus des registres **X** et **Y**. Si la pile contient les nombres 1, 2, 3 et 4 les touches **R↓**, **g**, **R↑** et **x ≥ y** donnent les résultats suivants:

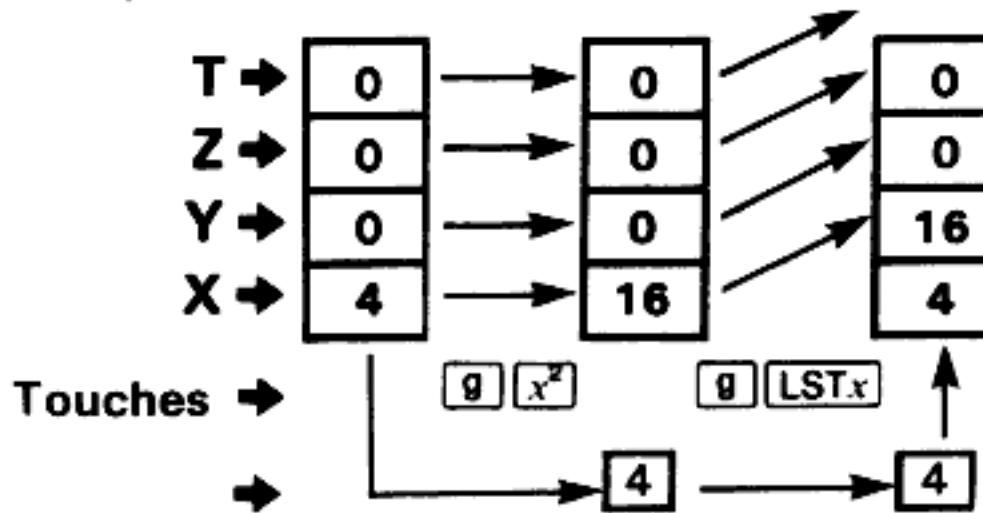


Manipulation

La touche **ENTER↑** sépare deux nombres introduits consécutivement. Lorsque vous appuyez sur la touche **ENTER↑**, le calculateur décale les contenus de la pile vers le haut en copiant le contenu du registre **X** dans **Y**. Pour remplir la pile avec les nombres 1, 2, 3 et 4, par exemple:



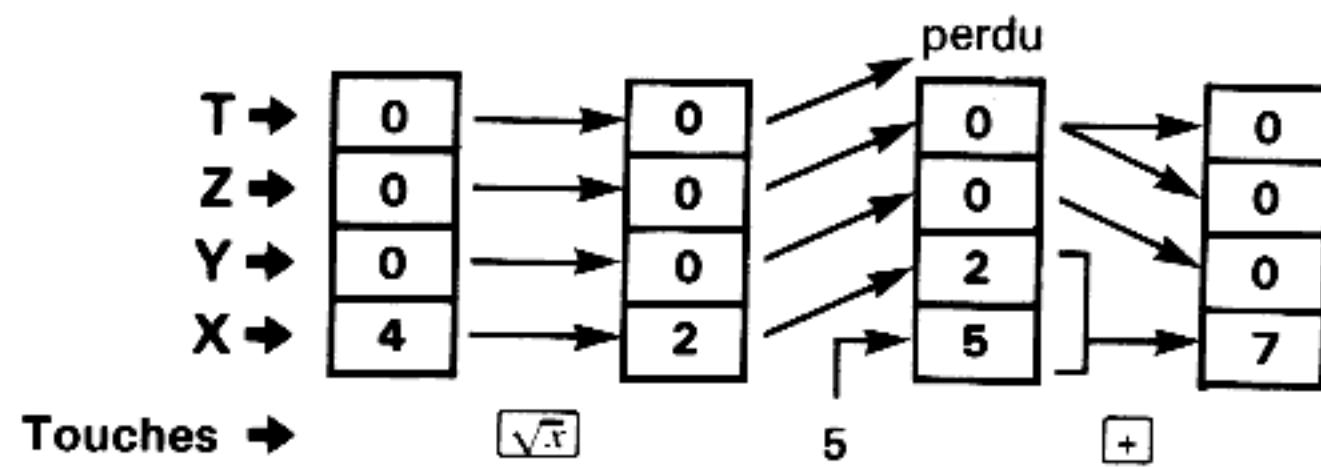
LSTx (last x). Lors de chaque exécution d'une fonction numérique, le calculateur copie le contenu du registre **X** avant l'exécution dans un registre nommé **LSTx** (dernier x). La fonction **g LSTx** vous permet de recopier le contenu du registre **LSTx** dans le registre **X**. Référez-vous à l'annexe B si vous désirez connaître les fonctions qui copient le contenu de **X** dans **LSTx**. Si, par exemple, la pile a été chargée vous le voyez sur la gauche, ci-dessous:



Fonctions du calculateur et pile opérationnelle

Lorsque vous voulez introduire deux nombres consécutivement, vous les séparez par **ENTER**. Cependant, si le premier nombre est le résultat d'un calcul et se trouve déjà dans la pile, vous ne devez pas utiliser **ENTER**. Pourquoi? La plupart des fonctions du HP-11C provoquent deux actions:

1. La fonction spécifiée est exécutée.
2. Les mouvements de la pile sont **autorisés**, c'est-à-dire que l'introduction d'un nouveau nombre fera automatiquement monter la pile.



A l'opposé, quatre fonctions, **ENTER**, **CLx**, **$\Sigma+$** et **$\Sigma-$** **interdisent** les mouvements de la pile lors de l'introduction d'un nouveau nombre*. Dans ce cas, si vous introduisez un nouveau nombre, celui-ci remplacera le contenu précédent de **X** sans modification du reste de la pile. L'illustration de l'instruction **ENTER** à la page précédente montre bien ce phénomène. Dans la plupart des applications, les effets discutés ci-avant viennent si naturellement que vous n'y penserez même pas.

Fonctions monadiques

Une fonction monadique opère uniquement sur un **seul** nombre, le contenu du registre **X**, et laisse les autres inchangés. Le résultat est affiché dans **X**. Exemple:

1. Introduisez le nombre dans **X**.
2. Appuyez sur la touche de fonction.

45
9 **LOG** 45
1,6532

* Lorsque la touche **CLx** efface l'ensemble de l'affichage, elle se comporte comme la touche **CLx** et interdit donc les mouvements de la pile. Dans tous les autres cas, **CLx** est neutre, c'est-à-dire qu'elle n'affecte pas la pile. Référez-vous à l'annexe B pour une description plus détaillée de la pile.

Fonctions diadiques

Une fonction diadique opère sur deux nombres et le HP-11C requiert qu'ils soient tous deux présents dans la pile avant l'exécution de la fonction. Exemple de fonction diadique: $+$, \times , $+$, y^x etc.

La touche **ENTER**. Cette touche sert à séparer deux nombres introduits **consécutivement**. Si l'un des nombres est déjà dans le calculateur (résultat d'un calcul précédent ou d'un rappel de registre) vous n'avez pas à utiliser **ENTER**.

Pour introduire deux nombres et exécuter une fonction diadique telle que $2 + 3$:

	Appuyez sur	Affichage
1. Introduisez le 1 ^{er} nombre.	2	2,
2. Appuyez sur ENTER pour séparer le 1 ^{er} nombre du 2 ^e .	ENTER	2,0000
3. Introduisez le 2 ^e nombre.	3	3,
4. Appuyez sur la touche de fonction.	+	0,6667

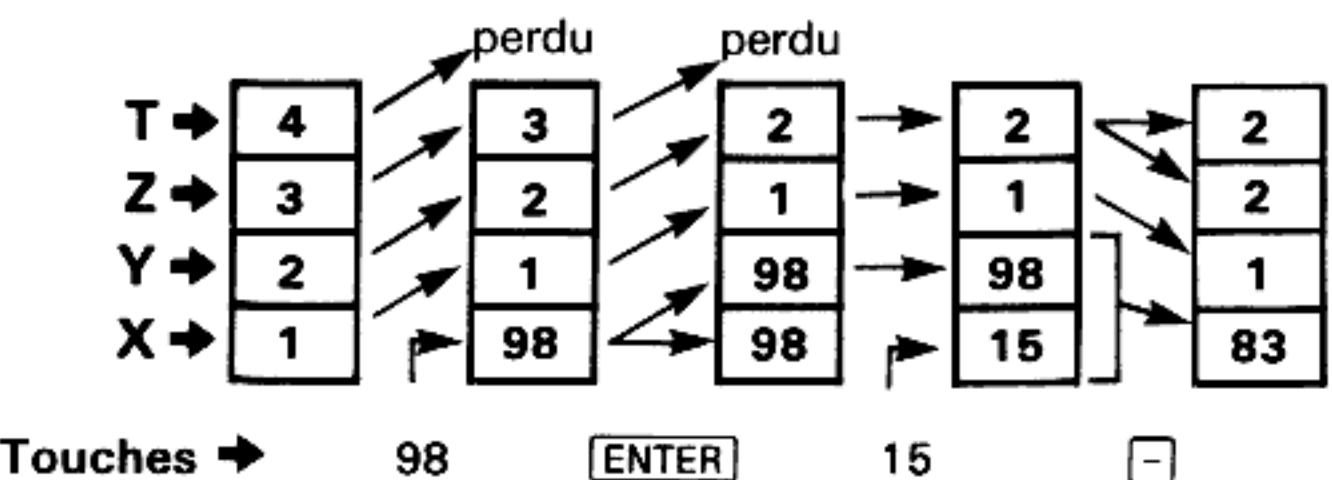
L'ordre d'introduction des nombres est un facteur important pour la plupart des fonctions diadiques (telles que $+$, $-$ ou y^x).

Ordre d'introduction. L'ordre des nombres pour une addition ou une multiplication importe peu. Par contre, pour une soustraction, une division ou une puissance il importe que les nombres soient introduits dans l'ordre dans lequel la machine les attend, ce qui est fort simple puisque c'est l'ordre dans lequel vous écririez ces mêmes nombres pour effectuer le calcul à la main.

Par exemple pour soustraire 15 de 98 vous écrivez d'abord 98 sur votre feuille, puis vous écrivez 15 juste en dessous et enfin vous faites la soustraction.

98
-15
83

Votre HP-11C calcule exactement de la même façon. Vous devez d'abord introduire 98, appuyer sur **ENTER** pour le placer dans le registre **Y**, puis introduire 15 dans le registre **X** (affichage) et enfin appuyer sur **-**. Le calculateur affiche le résultat dans le registre **X**.



Il en est de même pour toutes les fonctions arithmétiques.

Pour calculer	Appuyez sur	Affichage
$10 - 3$	10 ENTER 3 -	7,0000
$3 - 10$	3 ENTER 10 -	-7,0000
$10 \div 3$	10 ENTER 3 ÷	3,3333
$3 + 10$	3 ENTER 10 +	0,3000

Lors de l'utilisation d'autres fonctions diadiques (telles que y^x) le nombre désigné par y sur la touche doit être introduit en premier et se placer dans le registre **Y** et celui désigné par x doit être affiché dans le registre **X**. Par exemple, pour calculer le cube de 2, introduisez 2, appuyez sur **ENTER**, introduisez 3 et appuyez sur y^x .

Appuyez sur	Affichage	
2 ENTER	2,0000	
3	3	
y^x	8,0000	Puissance cubique de 2.

Résolvez maintenant les problèmes suivants. Veillez à n'utiliser **ENTER** que lors de l'introduction consécutive de deux nombres. Le résultat d'un calcul est automatiquement séparé d'un nouveau nombre introduit.

Calculez $(2 + 4) \div 8$

Appuyez sur	Affichage	
2 ENTER	2,0000	Résultat de $2 + 4$.
4 +	6,0000	Résultat de $(2 + 4) \div 8$.
8 ÷	0,7500	

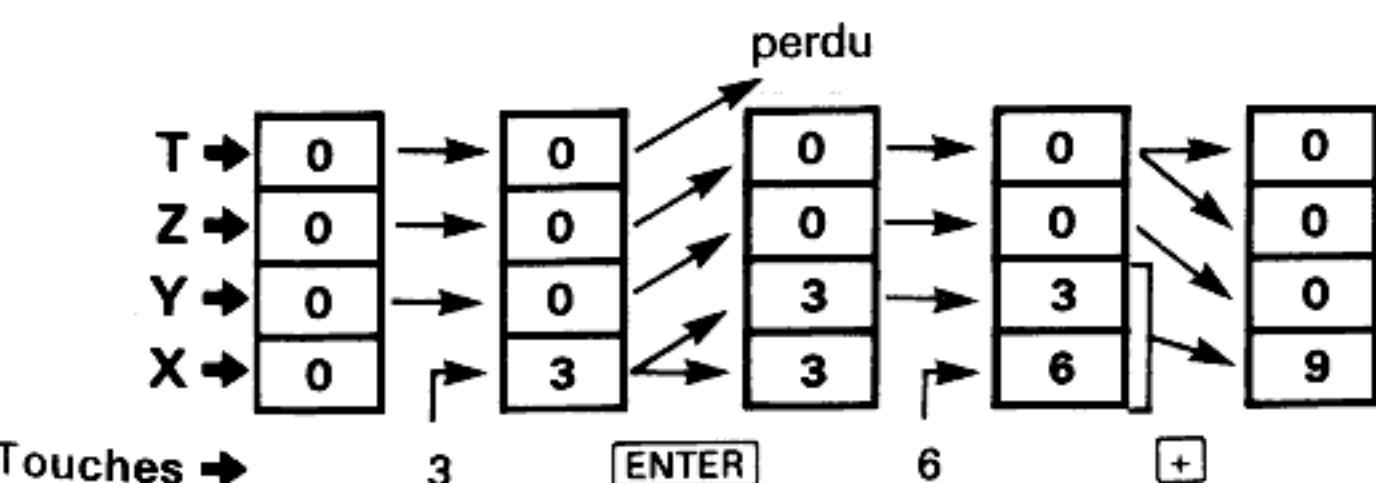
Calculez $(9 + 17 - 4 + 23) \div 4$

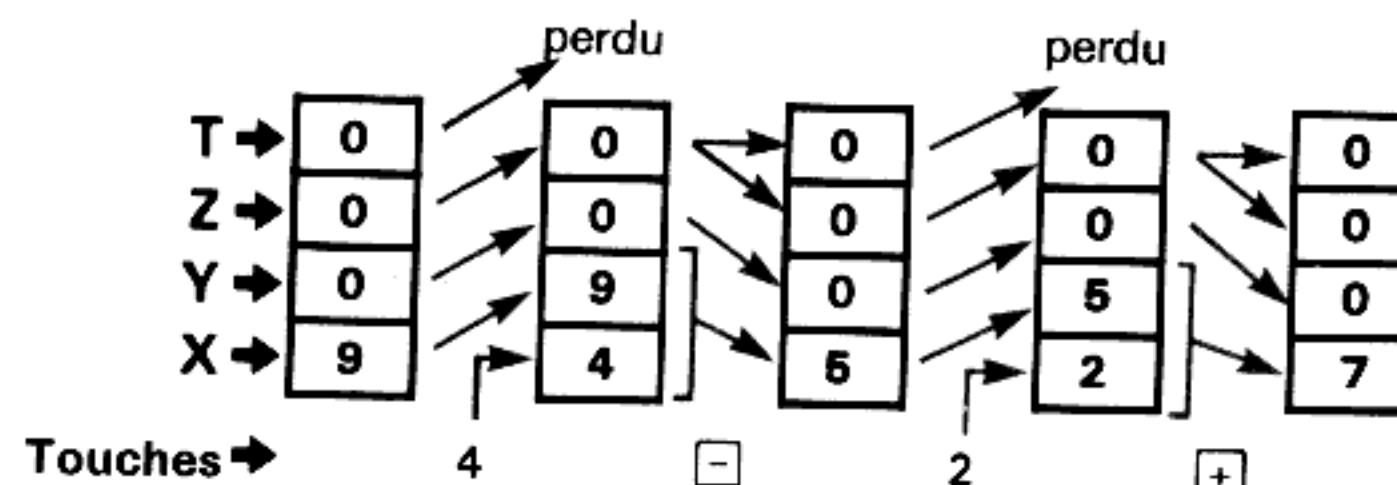
Appuyez sur	Affichage	
9 ENTER	9,0000	$9 + 17$.
17 +	26,0000	$9 + 17 - 4$.
4 -	22,0000	$(9 + 17 - 4 + 23)$.
23 +	45,0000	
4 ÷	11,2500	$(9 + 17 - 4 + 23) \div 4$.

Calculs en chaîne

Que vous utilisez votre HP-11C pour des résolutions manuelles au clavier ou pour des solutions programmées, vous emploierez probablement souvent des calculs en chaîne. C'est dans ce domaine que la simplicité et la puissance de la logique du HP-11C se révèle le plus. Même au cours de calculs extrêmement longs, vous n'effectuez toujours qu'une seule opération à la fois. La pile opérationnelle mémorise automatiquement jusqu'à quatre résultats intermédiaires, prêts à être réinsérés dans le calcul. Ainsi, la solution informatique d'un problème est aussi naturelle que de poser une opération sur le papier.

Nous avons déjà vu comment introduire deux nombres séparés par **ENTER**, comment effectuer une opération et comment les contenus de la pile se décalent lors de l'exécution de certaines fonctions. Regardons maintenant comment la pile se comporte au cours d'un calcul en chaîne: calculez $3 + 6 - 4 + 2$ (on suppose que les registres de la pile sont vides).

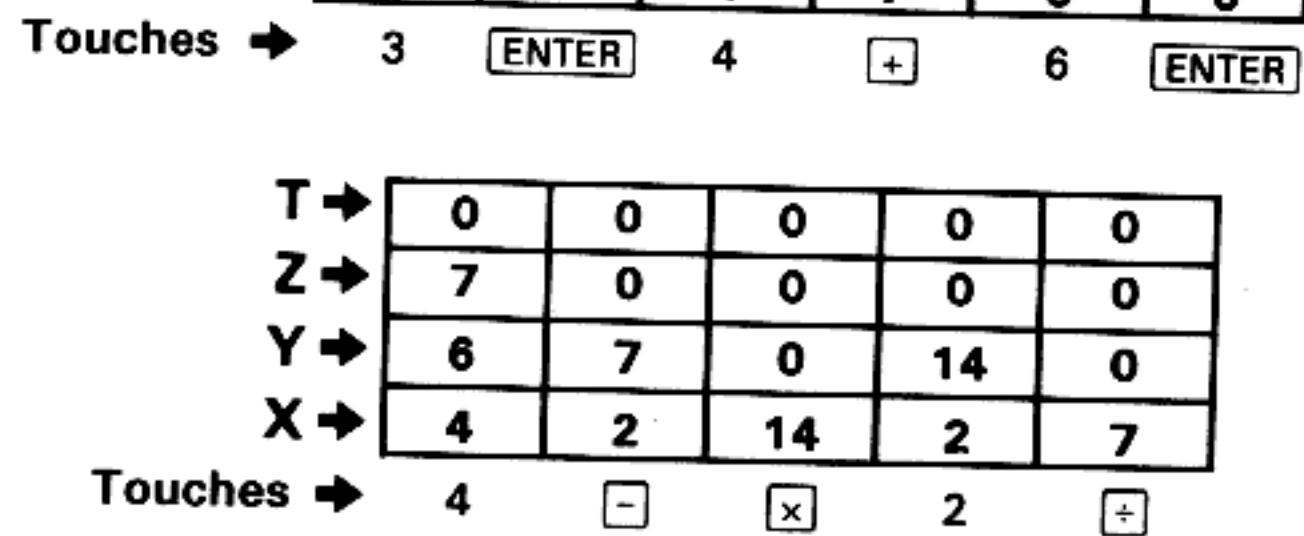
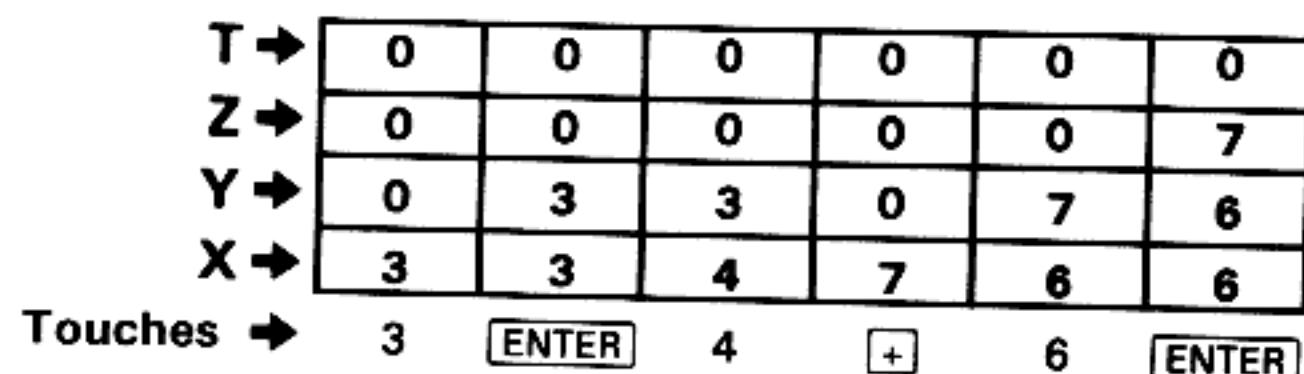




Le calcul s'effectue une opération à la fois. Les contenus de la pile descendront d'un registre après chaque opération et montent d'un registre lors de chaque introduction. La même simplicité apparaît au cours des problèmes les plus complexes.

Exemple: Calculez la valeur de l'expression suivante

$$\frac{(3+4) \times (6-4)}{2}$$



Remarque: Le HP-11C a automatiquement stocké le résultat intermédiaire et le réutilise selon la règle dernier entré – premier sorti. Quelle que soit la complexité du problème, il peut toujours être réduit à une série d'opérations monadiques ou diadiques élémentaires.

A retenir:

- La touche **ENTER** sert à séparer deux nombres introduits consécutivement.
- Tout chiffre introduit juste après un calcul est automatiquement considéré comme un nouveau nombre.
- Les résultats et les nombres sont stockés et utilisés par le calculateur selon la règle dernier entré – premier sorti.

Résolvez maintenant les problèmes suivants comme vous le feriez à la main. S'il y a plusieurs niveaux de parenthèses, commencez toujours par le plus profond.

$$(16 \times 38) - (13 \times 11) = 465,0000$$

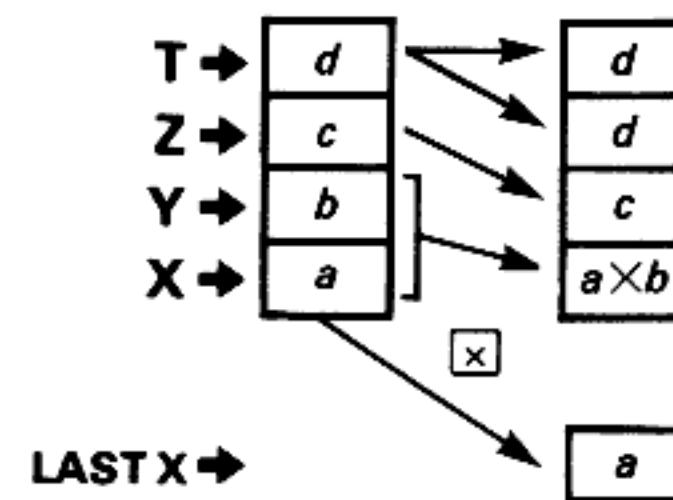
$$(27 + 63) \div (33 \times 9) = 0,3030$$

$$(\sqrt{16,38} \times 0,55) \div 0,05 = 60,0300$$

$$[((17 - 12) \times 4) + 10] \div 5 = 6,0000$$

Registre LASTx

Le registre **LASTx** du HP-11C conserve le contenu du registre **X** préalablement à une opération*. Cette caractéristique vous évite de réintroduire des nombres et peut aider à corriger une erreur.



*Exception faite des fonctions statistiques **x**, **s** et **L.R.**.

Exemple: Multipliez deux valeurs, 45,575 mètres et 25,331 mètres par 0,175:

T →	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Z →	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Y →	0.0000	45.5750	45.5750	0.0000
X →	45.575	45.5750	0.175	7.9756

Touches → 45 575 175
LAST X →

T →	0.0000	0.0000	0.0000
Z →	0.0000	7.9756	0.0000
Y →	7.9756	25.3310	7.9756
X →	25.331	0.1750	4.4329

Touches → 25.331
LAST X →

La touche **LSTx** facilite la correction d'erreurs, telle que l'exécution d'une fonction erronée ou l'introduction d'une valeur erronée. Par exemple, en voulant diviser 287 par 13,9 vous faites une erreur et le divisez par 12,9.

Appuyez sur
287
12.9

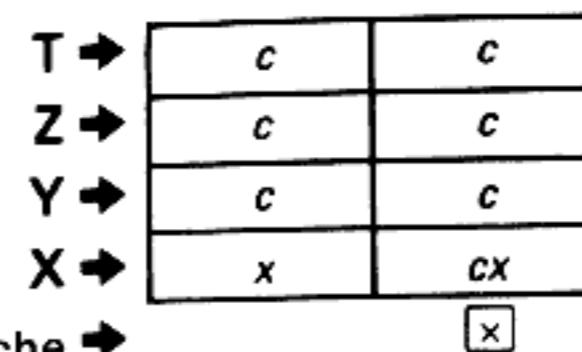
Affichage
287,0000
22,2481
12,9000

Le diviseur est faux.
LSTx permet de copier dans **X** l'ancien contenu de **X** avant l'exécution de la division.

287,0000
13.9 20,6475

Inverse de la fonction ayant provoqué la réponse erronée.
Réponse correcte.

Arithmétique avec constante



Lorsque les contenus de la pile opérationnelle descendant d'un registre, suite à une opération, le contenu de **T** se duplique. Cette caractéristique permet donc d'utiliser le contenu de **T** comme constante dans des opérations arithmétiques.

Pour insérer une constante dans un calcul, introduisez sa valeur au clavier et appuyez trois fois sur **ENTER**. A chaque exécution d'une opération les contenus de la pile **descendent** d'un registre, une copie de la constante est donc en permanence présente pour le prochain calcul et le contenu du registre **T** se duplique.

Exemple: Un bactériologiste étudie des micro-organismes dont la population s'accroît de 15% par jour (le facteur de croissance est donc 1,15). Si l'échantillon initial comporte 1000 individus, quelle sera la population à la fin de chacun des cinq jours suivants?



Méthode: Utilisez la touche **ENTER** pour introduire le facteur de croissance 1,15 dans les registres **X**, **Z** et **T** et placez la population initiale dans **X**. Vous obtiendrez les populations en fin de chaque nouvelle journée en appuyant sur **x**. Pour obtenir le même format d'affichage que dans l'exemple suivant, appuyez sur **f** **FIX** 2.

T →	0.00	0.00	0.00	1.15	1.15
Z →	0.00	0.00	1.15	1.15	1.15
Y →	0.00	1.15	1.15	1.15	1.15
X →	1.15	1.15	1.15	1.15	1,000

Touches → 1.15 **ENTER** **ENTER** **ENTER** 1000

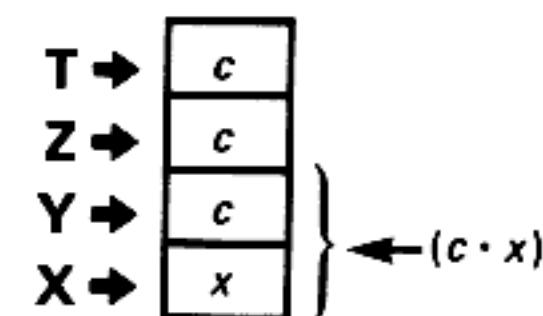
T →	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Z →	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Y →	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
X →	1,150.00	1,322.50	1,520.88	1,749.01	2,011.36

Touches → \times \times \times \times \times

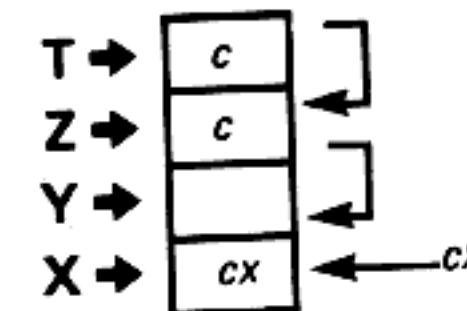
La première fois que vous appuyez sur \times , le HP-11C calcule $1,15 \times 1000$. Le résultat (1.150,00) est affiché dans X, les contenus de la pile descendent d'un registre et le contenu de T est dupliqué.

Pour chaque exécution de \times :

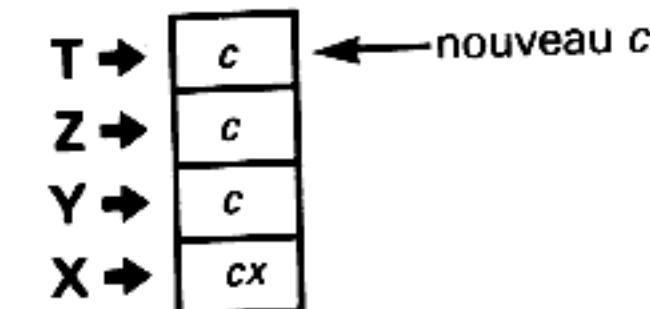
1. Une nouvelle multiplication des contenus de X et de Y a lieu.



2. Le résultat du calcul est affiché dans X et les contenus de la pile descendent d'un registre.



3. Le contenu de T est dupliqué dans T.



Vous n'avez donc jamais à réintroduire la valeur de la constante.

Appuyez sur **f** **FIX** 4 pour ramener le HP-11C en format d'affichage **FIX** 4.

Le registre **LASTx** offre une autre méthode pour les opérations arithmétiques avec constante. En reprenant l'exemple précédent:

1. Introduisez la population initiale (1000) et appuyez sur **ENTER**.
2. Introduisez le facteur de croissance (1,15).
3. Appuyez sur \times pour calculer la population à la fin du premier jour.
4. Appuyez sur **9** **LSTx** \times pour calculer la population à la fin de chacun des jours suivants.

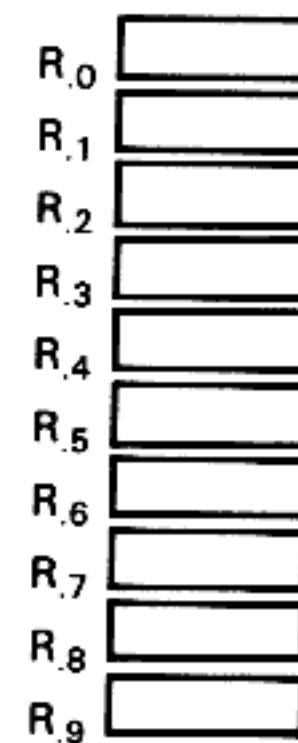
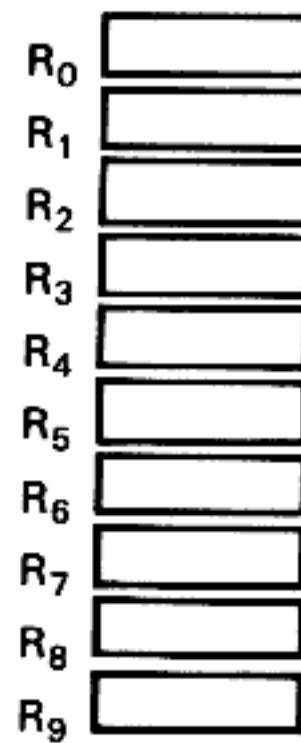
Registres de stockage

Le HP-11C dispose de 21 registres dans lesquels vous pouvez stocker le contenu de X. Ces registres sont entièrement séparés de la pile opérationnelle et de **LASTx**.

Stockage des nombres

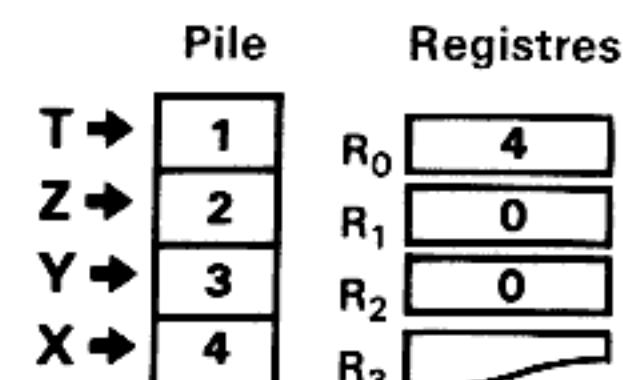
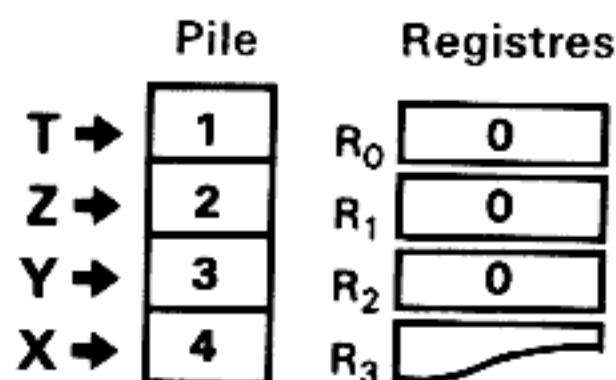
La touche **STO** suivie d'une adresse de registre* (0 à 9, **•** 0 à **•** 9 et **I**) copie le contenu de **X** dans le registre spécifié par l'adresse du registre de stockage.

Registres de stockage de données



Soit l'état suivant du calculateur:

Si vous appuyez sur **STO 0**, le calculateur contient alors les données suivantes:



Un nombre copié dans le registre **Y** y reste jusqu'à ce qu'il soit effacé, qu'un autre nombre le remplace ou que la mémoire soit réinitialisée.

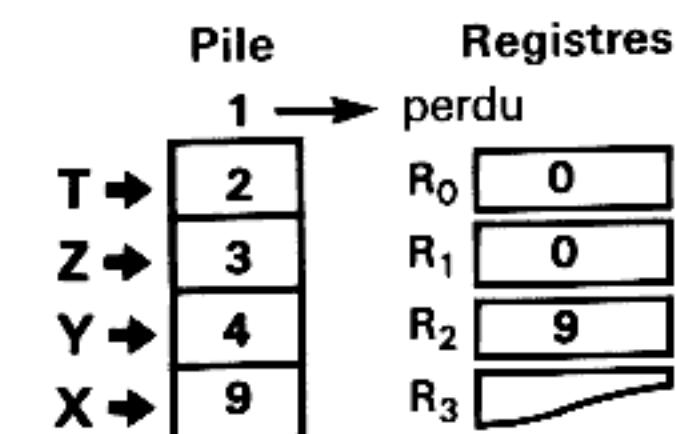
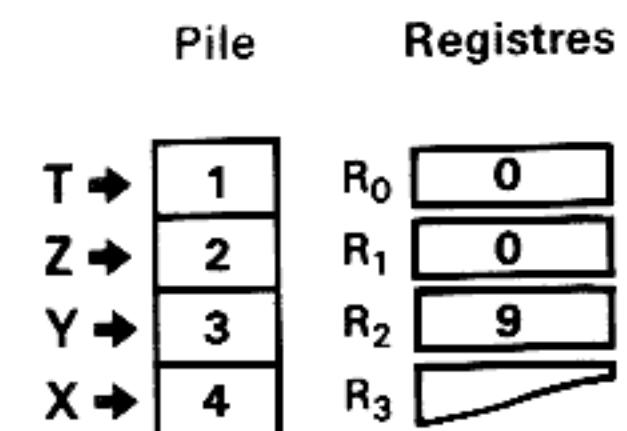
* L'adressage indirect est décrit au chapitre 3.

Rappel des nombres stockés

La touche **RCL** suivie d'une adresse (0 à 9, **•** 0 à **•** 9 et **I**) copie le contenu d'un registre de stockage dans le registre **X**. Si les mouvements de la pile ne sont pas interdits, l'exécution de **RCL** fait monter les contenus de la pile d'un registre.

Soit l'état suivant du calculateur

Si vous appuyez sur **RCL 2**, le calculateur contient alors les données suivantes:



Exécutez les opérations suivantes:

Appuyez sur	Affichage	
678 STO 4	678,0000	Stocke 678 dans R₄ .
123 STO 4	123,0000	Remplace 678 par 123 dans R₄ .
678 STO • 7	678,0000	Stocke 678 dans R₇ .
RCL 4	123,0000	Rappelle 123 de R₄ .
RCL • 7	678,0000	Rappelle 678 de R₇ .

Effacement des registres de stockage

La fonction **f** **CLEAR REG** annule le contenu de tous les registres de stockage. Elle n'affecte ni la pile, ni le registre **LASTx**. Pour annuler le contenu d'un registre il suffit de stocker zéro dans ce registre.

Opérations arithmétiques dans les registres

La touche **STO** suivie de **+**, **-**, **×** ou **÷** et d'une adresse de registre (0 à 9) permet d'effectuer des opérations arithmétiques entre le contenu de **X** et celui du registre indiqué. Le résultat de l'opération est stocké dans le registre spécifié.

Soit l'état suivant du calculateur

Pile	Registres
T \rightarrow a	R ₀
Z \rightarrow b	R ₁ k
Y \rightarrow c	R ₂
X \rightarrow d	R ₃

Exemples:

Appuyez sur	Affichage	
18 STO 0	18,0000	Stocke 18 dans R ₀ .
3 STO ÷ 0	3,0000	Divise le contenu de R ₀ (18) par 3.
RCL 0	6,0000	Rappelle le nouveau contenu de R ₀ .
4 STO × 0	4,0000	Multiplie le contenu de R ₀ par 4.
RCL 0	24,0000	Rappelle le nouveau contenu de R ₀ .
STO + 0	24,0000	Ajoute 24 au contenu de R ₀ .
RCL 0	48,0000	Rappelle le nouveau contenu de R ₀ .
40 STO - 0	40,0000	Soustrait 40 du contenu de R ₀ .
RCL 0	8,0000	Rappelle le nouveau contenu de R ₀ .

Si vous exécutez **STO** **×** 1, le calculateur contient alors les données suivantes:

Pile	Registres
T \rightarrow a	R ₀
Z \rightarrow b	R ₁ kd
Y \rightarrow c	R ₂
X \rightarrow d	R ₃

Aucun changement dans la pile.

Le contenu de **R**₁ est multiplié par d.

Problèmes

1. Calculez la valeur de x dans l'équation suivante:

$$x = \sqrt{\frac{8,33(4 - 5,2)/((8,33 - 7,46)0,32)}{4,3(3,15 - 2,75) - (1,71 \times 2,01)}}$$

Réponse: 4,5728

Voici une des nombreuses solutions:

```
4 ENTER 5 . 2 -
8 . 33 × 9 LSTx 7 . 46
- . 32 ×
3 . 15 ENTER 2 . 75 -
4 . 3 × 1 . 71 ENTER
2 . 01 × - + √x
```

2. Utilisez l'arithmétique avec constante pour calculer le solde d'un prêt de 1000 F avec un taux i de 1% par période de paiements et six paiements de 100 F chacun.

* Vous pouvez effectuer des opérations arithmétiques dans les registres **R**₀ à **R**₉ en utilisant l'adressage indirect; référez-vous au chapitre 9. Vous ne pouvez pas effectuer d'opérations dans le registre I.

Procédure: Placez dans les registres **T**, **Z** et **Y** la valeur de $(1 + i)$ et introduisez le montant initial. Utilisez la formule suivante pour calculer le nouveau solde après chaque paiement:

$$\text{Nouveau solde} = ((\text{Ancien Solde}) \times (1 + i)) - \text{Paiement}$$

Réponse: 446,3186.

3. Stockez 100 dans **R₅** puis:

- Divisez le contenu de **R₅** par 25.
- Soustrayez 2 du contenu de **R₅**.
- Multipliez le contenu de **R₅** par 0,75.
- Ajoutez 1,75 au contenu de **R₅**.
- Rappelez le contenu de **R₅**.

Réponse: 3,2500.

Chapitre 3

Fonctions numériques

Les fonctions numériques de votre HP-11C vous permettent d'effectuer de très nombreuses opérations mathématiques, statistiques et autres. Chaque fonction est utilisée de la même façon au clavier et dans un programme.

Pi

La séquence **f π** affiche la valeur de *Pi* (3,141592654) dans le registre **X**. Si les mouvements de la pile ne sont pas interdits, cette séquence fait monter les contenus de la pile d'un registre.

Fonctions d'altération des nombres

Votre HP-11C possède cinq fonctions pour modifier des nombres: **CHS**, **ABS**, **INT**, **FRAC** et **RND**.

Changement de signe. La touche **CHS** change le signe du nombre affiché ou de l'exposant de 10 (cf. page 68).

Valeur absolue. La séquence **g ABS** remplace le nombre affiché par sa valeur absolue.

Partie entière. La séquence **g INT** remplace le nombre affiché par sa partie entière (c'est-à-dire annule les décimales).

Partie fractionnaire. La séquence **f FRAC** remplace le nombre affiché par sa partie fractionnaire (c'est-à-dire annule tous les chiffres à gauche de la virgule).

Arrondi. La séquence **g RND** arrondit la mantisse de 10 chiffres du nombre affiché au nombre de chiffres spécifié par le format **FIX**, **SCI** ou **ENG** courant. Pour plus de détails sur la mantisse, référez-vous à la page 69.

Exemple	Appuyez sur	Affichage
Valeur absolue	12345 [CHS] [g] [ABS]	-12345 12345,0000
Partie entière	123,4567 [g] [INT]	123,4567 123,0000
Partie fractionnaire	123,4567 [f] [FRAC]	123,4567 0,4567
Arrondi (on suppose [FIX] 4)	1,23456789 [g] [RND] [f] [FIX] 8	1,23456789 1,2346 1,23460000
Vérification de l'arrondi	[f] [FIX] 4	1,2346
Retour à [FIX] 4		

Exemples	Appuyez sur	Affichage
Inverse	25 [1/x]	25 0,0400
Factorielle	8 [f] [x!]	8 40.320,0000
Gamma	2.7 [ENTER] 1 [-] [f] [x!]	2.7 1,7000 1,5447
Racine carrée	3.9 [sqrt]	3.9 1,9748
Carré	12.3 [g] [x ²]	12.3 151,2900

Fonctions mathématiques

Fonctions générales

Inverse. La touche **[1/x]** remplace le nombre affiché par son inverse, c'est-à-dire divise 1 par le nombre affiché et place le résultat dans **X**.

Factorielle et fonction Gamma. La séquence **[f] [x!]** calcule la factorielle ou la valeur ou la fonction Gamma du nombre affiché.

1. Factorielle

Lorsqu'exécutée avec un entier non-négatif n ($0 \leq n \leq 69$) à l'affichage, **[x!]** calcule la factorielle de n , c'est-à-dire le produit des entiers de 1 à n .

2. Fonction Gamma

La touche **[x!]** permet aussi de calculer la fonction Gamma, notée $\Gamma(x)$, utilisée dans certains problèmes de mathématiques supérieures et de statistiques*. En fait le HP-11C calcule $\Gamma(x+1)$; donc, pour calculer la valeur de la fonction Gamma d'un nombre, il vous faut soustraire 1 au nombre que vous introduisez avant d'appuyez sur **[f] [x!]**.

Racine carrée. La touche **[sqrt]** remplace le nombre affiché par sa racine carrée.

Carré. La touche **[g] [x²]** remplace le nombre affiché par son carré.

Fonctions logarithmiques

Logarithme népérien. La séquence **[g] [LN]** calcule le logarithme népérien (base e : 2,718281828) du nombre affiché.

Exponentielle népérienne. La touche **[e^x]** calcule l'exponentielle népérienne (base e : 2,718281828) du nombre affiché.

Logarithme en base 10. La séquence **[g] [LOG]** calcule le logarithme en base 10 du nombre affiché.

Exponentielle en base 10. La touche **[10^x]** calcule l'exponentielle en base 10 du nombre affiché, c'est-à-dire 10 à la puissance du nombre affiché.

Puissance. La touche **[y^x]** élève le contenu du registre **Y** à la puissance de celui du registre **X**.

Exemples	Appuyez sur	Affichage
Log népérien	45 [g] [LN]	45 3,8067
Exponentielle népérienne	3.4012 [e ^x]	3,4012 30,0001
Log en base 10	12.4578 [g] [LOG]	12.4578 1,0954
Exponentielle en base 10	3.1354 [10 ^x]	3,1354 1.365,8405
Puissance	.5 [ENTER] 4 [y ^x]	0,5000 0,0625

* **[x!]** sert pour les factorielles et la fonction Gamma car, lorsque x est un entier non-négatif n , $\Gamma(x+1) = \Gamma(n+1) = n!$. La fonction Gamma peut être considérée comme une généralisation de la factorielle car le contenu de **X** n'est pas limité aux entiers non-négatifs. La factorielle est un cas particulier de la fonction Gamma.

Trigonométrie

Les six fonctions trigonométriques de base de votre HP-11C peuvent être utilisées avec celle des trois unités d'angle que vous choisissez.

Unités d'angles. Le choix d'une unité d'angle ne convertit pas les nombres présents dans le calculateur, il indique simplement à celui-ci l'unité d'angle à utiliser (degré, radian, grade).

Degré. La séquence **[g] [DEG]** indique au calculateur qu'il doit considérer les angles en degrés. Il n'y a pas d'indicateur associé à l'affichage.

Radian. La séquence **[g] [RAD]** indique au calculateur qu'il doit considérer les angles en radians. L'indicateur RAD apparaît à l'affichage.

[g] [RAD] **0.0000**
RAD

Grade. La séquence **[g] [GRD]** indique au calculateur qu'il doit considérer les angles en grades. L'indicateur GRAD apparaît à l'affichage.

[g] [GRD] **0.0000**
GRAD

Le calculateur est toujours dans l'un de ces trois modes. La mémoire permanente conserve la dernière unité utilisée même lorsque le calculateur est éteint. Si, pour une raison quelconque, la mémoire est réinitialisée (cf. page 22), le calculateur utilise par défaut le degré comme unité d'angle.

Fonctions trigonométriques

Touche	Fonction
SIN	sinus
[g] [SIN⁻¹]	arc sinus
COS	cosinus
[g] [COS⁻¹]	arc cosinus
TAN	tangente
[g] [TAN⁻¹]	arc tangente

Veillez à spécifier, si nécessaire, l'unité d'angle (**[DEG]**, **[RAD]** ou **[GRD]**) avant d'exécuter une fonction trigonométrique.

Exemple
(on suppose les angles en degrés)
sinus

Appuyez sur **33.5**
SIN
.7982
[g] [SIN⁻¹]

Affichage
33.5
0,5519
0,7982
52,9586

Conversion d'heures et d'angles

Le HP-11C effectuant ses calculs en décimal, il dispose de deux fonctions permettant les conversions d'heures et d'angles.

Heures entières, heures décimales (H, h)	Heures; minutes, secondes, secondes décimales (H, MMSSs)
ou	ou
Degrés entiers, degrés décimaux (D, d)	Degrés; minutes, secondes, secondes décimales (DD, MMSSs)

Conversion en heures (ou degrés), minutes et secondes.

La séquence **f [→H.MS]** convertit le nombre affiché de représentation décimale en heures (ou degrés), minutes et secondes.

H, h → HH, MMSSs
ou
D, s → DD, MMSSs

Conversion en heures (ou degrés) décimales.

La séquence **[g] [→H]** convertit le nombre affiché d'heures (ou degrés), minutes et secondes en représentation décimale.

H, MMSSs → H, h
ou
D, MMSSs → D, d

Conversion de degrés en radians.

La séquence **f [→RAD]** convertit le nombre affiché de degrés décimaux en radians.

Conversion de radians en degrés.

La séquence **[g] [→DEG]** convertit le nombre affiché de radians en degrés décimaux.

48 Fonctions numériques

Exemple

Heures (ou degrés) décimaux en heures (ou degrés), minutes et secondes.

En format FIX 4, pour voir les secondes décimales.

Heures (ou degrés), minutes et secondes en heures (ou degrés) décimaux.

Degrés en radians

Radians en degrés

Appuyez sur
17.553

f \rightarrow H.MS
f PREFIX

12.3045

g \rightarrow H
40.5
f \rightarrow RAD
1.1746
g \rightarrow DEG

Affichage
17,553

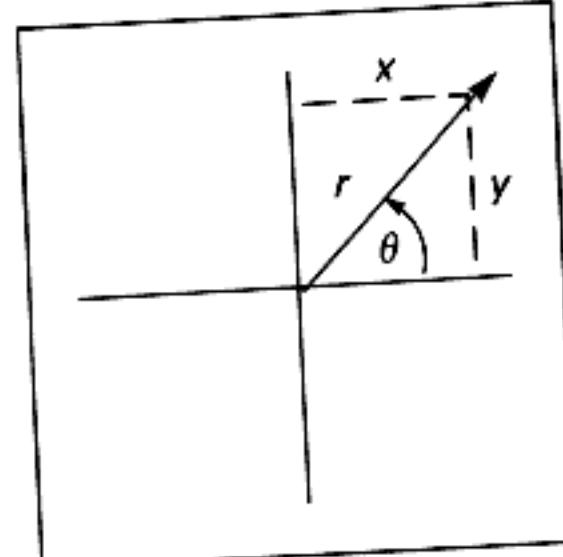
17,3311
1733108000

12,3045

12,5125
40,5
0,7069
1,1746
67,2996

L'angle θ est supposé être en degrés décimaux, radians ou grades selon l'unité choisie (touches **DEG**, **RAD** ou **GRD**).

Il est interprété selon la convention du cercle trigonométrique (cf. ci-contre). La réponse pour θ se situe entre 180° et -180° .

**Fonctions hyperboliques**

Touche	Fonction
f HYP SIN	Sinus hyperbolique (sinh)
g HYP ⁻¹ SIN	Arc sinus hyperbolique (arcsinh)
f HYP COS	Cosinus hyperbolique (cosh)
g HYP ⁻¹ COS	Arc cosinus hyperbolique (arccosh)
f HYP TAN	Tangente hyperbolique (tgh)
g HYP ⁻¹ TAN	Arc tangente hyperbolique (arctgh)

Exemples

Sinus hyperbolique

Appuyez sur

2.53

f HYP SIN

Affichage

2,53

6,2369

Arc sinus hyperbolique

1.95

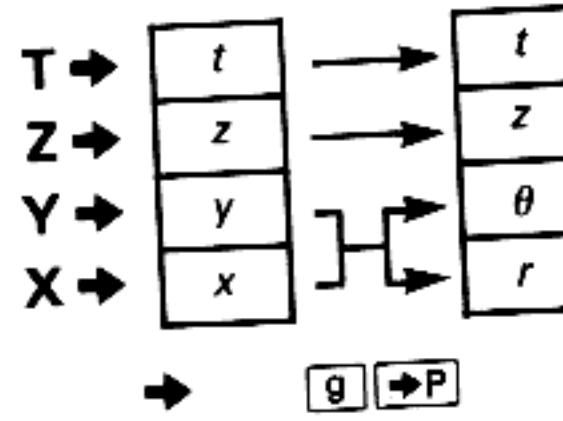
g HYP⁻¹ SIN

1,95

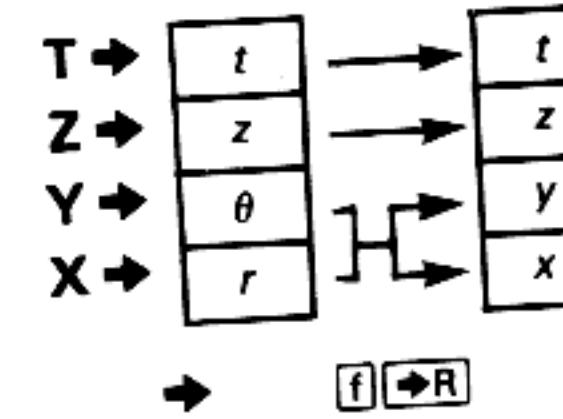
1,4210

Conversion en système polaire.

La séquence **g \rightarrow P** convertit les contenus de **X** et **Y** de coordonnées rectangulaires (abscisse x , ordonnée y) en coordonnées polaires (module r , argument θ).

**Conversion en système rectangulaire.**

La séquence **f \rightarrow R** convertit les contenus de **X** et **Y** de coordonnées polaires (module r , argument θ) en coordonnées rectangulaires (abscisse x , ordonnée y).

**Conversions coordonnées polaires/rectangulaires**

Les fonctions **\rightarrow P** et **\rightarrow R** de votre HP-11C effectuent des conversions de systèmes de coordonnées polaires/rectangulaires.

Exemple

Rectangulaires \rightarrow Polaires

Appuyez sur

5 ENTER

10

g \rightarrow P

x \geq y

Affichage

5,0000

y

10

x

11,1803

r

26,5651

θ

Polaires \rightarrow Rectangulaires

Appuyez sur

30 ENTER

12

f \rightarrow R

x \geq y

Affichage

30,0000

θ

12

x

10,3923

y

6,0000

y

Pourcentages

Pourcentage d'un nombre. Pour calculer un certain pourcentage d'un nombre:

1. Introduisez le nombre de base.
2. Appuyez sur **ENTER**.
3. Introduisez le taux.
4. Appuyez sur **g %**.

T →			
Z →			
Y →			
X →	150	150	150

Touches → 150 **ENTER** 25 **g %**
LAST X → **25**

La valeur en pourcentage apparaît dans le registre **X** mais le nombre de base reste dans **Y** et le taux est placé dans **LASTX**. De plus le reste de la pile n'est pas modifié.

Différence en pourcentage. La fonction **Δ%** calcule la différence en pourcentage – augmentation ou diminution relative – entre deux nombres.

Procédure:

1. Introduisez le nombre de base (celui qui sert de référence pour le pourcentage – en général le premier dans un ordre chronologique).
2. Appuyez sur **ENTER**.
3. Introduisez le second nombre.
4. Appuyez sur **g Δ%**.

T →			
Z →			
Y →			
X →	150	150	150

Touches → 150 **ENTER** 225 **g Δ%**
LAST X → **225**

En utilisant l'ordre d'introduction ci-dessus (ordre chronologique), un résultat positif représente un accroissement du premier nombre au second et un résultat négatif représente une diminution.

Exemple
 Pourcentage

Appuyez sur	Affichage
200 ENTER	200,0000
75	75
g %	150,0000
40 ENTER	40,0000
160	160
g Δ%	300,0000

Différence en pourcentage

Probabilités

Permutation. La séquence **f [Py,x]** permet une permutation de **y** objets différents pris **x** à **x** (les différentes apparitions d'un même élément **x** sont comptées séparément, un élément ne peut pas apparaître plus d'une fois dans un arrangement). **[Py,x]** utilise la formule suivante:

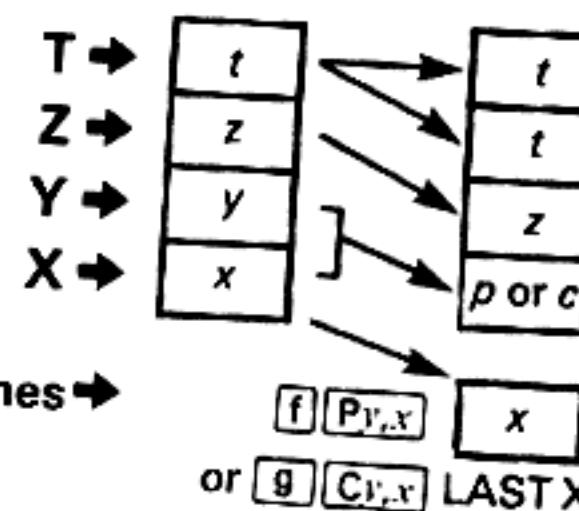
$$P_y^x = \frac{y!}{(y-x)!}$$

Combinaison. La séquence **g [Cy,x]** permet une combinaison de **y** objets différents pris **x** à **x** dans un ordre indéterminé (aucun élément n'apparaît plus d'une fois dans une combinaison). **[Cy,x]** calcule les combinaisons par la formule suivante:

$$C_y^x = \frac{y!}{x! (y-x)!}$$

Pour calculer une permutation ou une combinaison:

1. Introduisez le nombre d'éléments.
2. Appuyez sur **ENTER**.
3. Introduisez le nombre d'éléments par arrangement ou combinaison.
4. Appuyez sur **f [Py,x]** ou **g [Cy,x]**.



Touches →

Le résultat, p ou c , est affiché dans le registre **X**, les contenus de la pile descendante d'un registre et le nombre d'éléments par arrangement ou combinaison est placé dans le registre **LASTx**.

Toutes les valeurs utilisées pour des permutations ou des combinaisons doivent être des entiers non négatifs.

Nota: Le temps d'exécution des fonctions **Py,x** et **Cy,x** peut être de plusieurs secondes (dépend de la grandeur des valeurs x et y). La valeur maximale pour x et y est $10^{10} - 1$. Le calculateur affiche le message **running** durant les longs calculs de **Py,x** et de **Cy,x**.

Exemples

Permutation

nombre d'arrangement
de 3 éléments parmi 10

Appuyez sur
10 **ENTER**
3 **f Py,x**

Affichage
10,0000
720,0000

Combinaison

nombre de jeux
de 3 éléments parmi 10

10 **ENTER**
3 **g Cy,x**

10,0000
120,0000

Fonctions statistiques

Générateur de nombres pseudo-aléatoires

Le générateur de nombres pseudo-aléatoires du HP-11C utilise soit une racine stockée automatiquement (zéro après réinitialisation), soit celle que vous introduisez pour générer une séquence de nombres pseudo-aléatoires uniformément distribués dans l'intervalle $0 \leq r < 1$.*

* Satisfait au test spectral (Knuth, V2, n° 3.4).

Grâce à la mémoire permanente, la séquence se poursuivra jusqu'à ce que vous changez la racine.

Racine des nombres aléatoires. Pour générer une nouvelle séquence, il suffit d'introduire une nouvelle racine ($0 \leq r < 1$) et d'appuyer sur **STO f RAN#**. La séquence **f RAN#** utilise cette racine pour générer un nombre aléatoire que le HP-11C affiche dans le registre **X** et qui devient la nouvelle racine pour le nombre aléatoire suivant (la séquence **f RAN#** affecte la pile de la même façon que le rappel du contenu d'un registre). A chaque réinitialisation du calculateur, la racine devient nulle (l'utilisation répétée de la même valeur comme racine générera la même séquence de nombres pseudo-aléatoires).

Exemple

Pour stocker 0,5764 comme racine

Appuyez sur
• 5764

Affichage
0,5764

STO f
RAN#

0,5764
0,3422

f RAN#

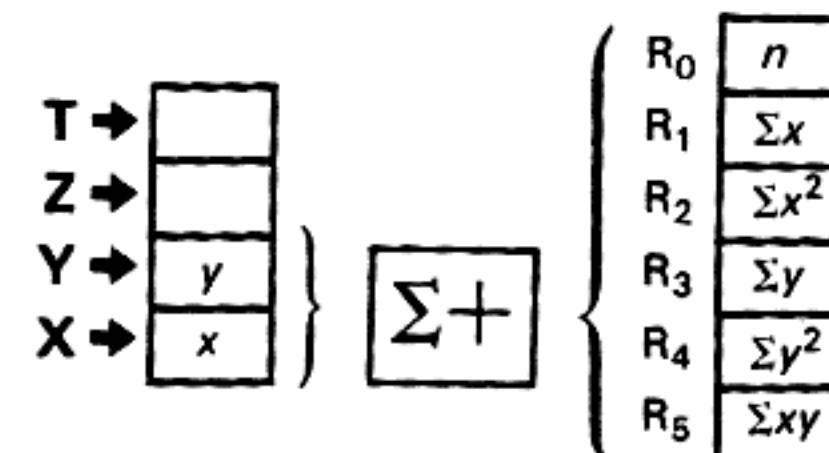
0,2809

Pour générer une séquence de nombres pseudo-aléatoires

Le générateur de nombres pseudo-aléatoires est expliqué plus en détail à la page 209 de la troisième partie de ce manuel.

Sommations

La fonction **Σ+** utilise les contenus de **X** et de **Y** pour sommer les valeurs nécessaires aux calculs statistiques. Les résultats sont automatiquement stockés dans les registres **R₀** à **R₅**.

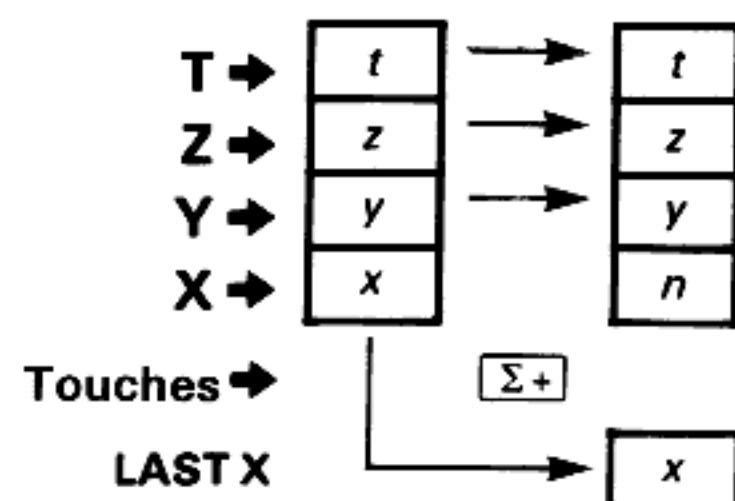


Toutes les valeurs présentes dans les registres R_0 à R_5 à la suite de calculs précédents viendront s'ajouter aux valeurs introduites. Il est donc judicieux d'annuler le contenu de ces registres en appuyant sur f CLEAR Σ avant de commencer une sommation.

Sommations effectuées lorsque vous appuyez sur $\Sigma+$:

Registre	Contenu
R_0	n : nombre de points (paires) sommés (n apparaît aussi dans le registre X)
R_1	Σx : somme des x
R_2	Σx^2 : somme des carrés des x
R_3	Σy : somme des y
R_4	Σy^2 : somme des carrés de y
R_5	Σxy : somme des produits xy

Lorsque vous exécutez $\Sigma+$, le contenu précédent de X est placé dans $LAST X$ et la nouvelle valeur de n est affichée dans X ; le contenu de Y est inchangé.



Lorsque vous introduisez un nouveau nombre, la valeur de n affichée est remplacée par le nombre et le reste de la pile n'est pas modifié.

Si votre problème de statistique comporte une seule variable (x) au lieu de deux (x, y) veillez à ce que le registre Y soit toujours vide lorsque vous exécutez la fonction $\Sigma+$ (la séquence f CLEAR Σ avant une sommation annule aussi les contenus de la pile et, donc, le registre Y).

Certains jeux de données consistent en série de valeurs (x ou y) ne différant que d'une très petite quantité. Si vous désirez optimiser la précision des calculs statistiques sur de tels nombres, il vous suffit d'introduire les différences entre chaque valeur et un nombre proche de la

moyenne. Ce nombre devra ensuite être ajouté aux résultats des calculs de \bar{x} , \bar{y} ou de l'ordonnée à l'origine pour la régression linéaire. Par exemple, si les valeurs de x sont 665999, 666000 et 666001, vous pouvez introduire $-1, 0, 1$ et ajouter 666000 aux réponses pour \bar{x} , \bar{y} et l'ordonnée à l'origine. Dans certains cas le calculateur ne peut pas calculer $s, r, L.R.$ ou \bar{y} si les valeurs des données sont trop proches les unes des autres; il affiche alors **Error 2**. Ceci ne peut pas se produire si vous utilisez la technique décrite ci-dessus.

Nota: Contrairement aux opérations arithmétiques dans les registres, les fonctions $\Sigma+$ et $\Sigma-$ permettent un dépassement de capacité dans les registres R_0 à R_0 sans que le calculateur affiche **Error 1**.

Vous pouvez rappeler à l'affichage toute sommation en appuyant sur RCL suivi du numéro du registre contenant la valeur désirée. Si vous voulez rappeler à la fois Σx et Σy , appuyez sur $RCL \Sigma+$; Σx , le contenu de R_1 , est copié dans le registre X et Σy , le contenu de R_2 , dans le registre Y (cette manipulation fait monter les contenus de la pile comme lors de l'introduction successive de deux nombres).

Exemple: M^{me} Voltz, chercheur, suspecte, dans une étude sur les économies d'énergie, une relation entre la croissance de la production de charbon entre 1972 et 1976 et une croissance similaire de la production électrique mondiale pour la même période. M^{me} Voltz utilise un HP-11C pour sommer les données des productions de charbon et d'électricité. Calculez les sommes des x, y, x^2, y^2 et xy pour les données suivantes.



Année	1972	1973	1974	1975	1976
Production de charbon (y) (milliards de tonnes)	1,761	1,775	1,792	1,884	1,943
Production d'électricité (x) (millions de kWh)	5,552	5,963	6,135	6,313	6,713

Appuyez sur	Affichage	
f CLEAR Σ	0,0000	Annule les registres R_0 à R_5 et ceux de la pile.
1,761 ENTER	1,7610	Données de 1972.
5,552 $\Sigma+$	1,0000	
1,775 ENTER	1,7750	Données de 1973.
5,963 $\Sigma+$	2,0000	
1,792 ENTER	1,7920	Données de 1974.
6,135 $\Sigma+$	3,0000	
1,884 ENTER	1,8840	Données de 1975.
6,313 $\Sigma+$	4,0000	
1,943 ENTER	1,9430	Données de 1976.
6,713 $\Sigma+$	5,0000	
RCL 1	30,6760	Somme des x du registre R_1 .
RCL 2	188,9386	Somme des x^2 du registre R_2 .
RCL 3	9,1550	Somme des y du registre R_3 .
RCL 4	16,7877	Somme des y^2 du registre R_4 .
RCL 5	56,2924	Somme des xy du registre R_5 .

Nota: Bien que **g** $\Sigma-$ serve à supprimer les paires (x, y) erronées, cette séquence ne peut supprimer les arrondis qui ont pu avoir lieu lors des sommes dans les registres R_1 à R_5 . Par conséquent, les résultats peuvent différer de ceux obtenus avec une introduction exempte d'erreur. La différence sera cependant infime, à moins que l'ordre de grandeur de la valeur erronée soit énorme comparé à la valeur correcte; dans un tel cas il est judicieux de recommencer les sommes à leur début.

Exemple: Après l'introduction des données précédentes, M^{me} Voltz découvre de nouvelles informations indiquant une production charbonnière de 1,946 milliard de tonnes au lieu de 1,943 en 1976. Utilisez la fonction $\Sigma-$ pour remplacer la paire erronée par la nouvelle.

Appuyez sur	Affichage	
1,943 ENTER	1,9430	Introduisez la paire à remplacer et supprimez les valeurs erronées.
6,713 g $\Sigma-$	4,0000	Le nombre de paires introduites ri est réduit à 4.
1,946 ENTER	1,9460	Introduisez et sommez les nouvelles valeurs.
6,713 $\Sigma+$	5,0000	Le nombre de paires, n , est à nouveau 5.

Conservez les valeurs précédentes dans votre calculateur; elles serviront dans les prochains exemples.

Corrections des sommes

Au cas où vous faites une erreur dans l'introduction des données, les touches **g** $\Sigma-$ permettent de corriger aisément les sommes.

1. Introduisez la paire incorrecte dans les registres **X** et **Y**.
2. Appuyez sur **g** $\Sigma-$ pour soustraire les valeurs erronées.
3. Introduisez les valeurs correctes pour **x** et **y** (si seule l'une des valeurs est erronée, vous devez quand même supprimer et réintroduire les deux valeurs de la paire).
4. Appuyez sur $\Sigma+$.

Moyenne

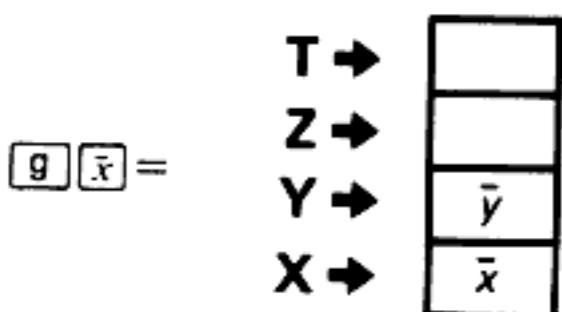
La fonction **\bar{x}** calcule la moyenne arithmétique des **x** et des **y** sommés dans les registres R_1 et R_3 respectivement. Lorsque vous appuyez sur **g** \bar{x} :

1. Les contenus de la pile montent d'un registre comme lorsque vous introduisez successivement deux nombres.
2. La moyenne des **x** (\bar{x}) est calculée avec les contenus de R_1 (Σx) et R_0 (n). La moyenne des **y** (\bar{y}) utilise les contenus de R_3 (Σy) et R_0 (n). Les formules utilisées apparaissent ci-après.

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n}$$

$$\bar{y} = \frac{\Sigma y}{n}$$

3. Les valeurs de \bar{x} et de \bar{y} sont placées dans les registres **X** et **Y** de la pile.



Exemple: A partir des données accumulées (et corrigées) dans les exemples précédents, calculez les productions moyennes de charbon et d'électricité sur les cinq années.

Appuyez sur

[g] \bar{x}

Affichage

6,1352

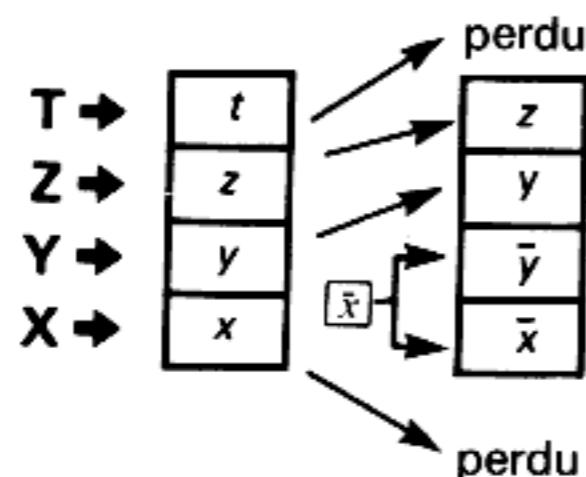
Moyenne de production électrique sur les cinq ans.

[x \geq y]

1,8316

Moyenne de production charbonnière sur les cinq ans.

L'illustration ci-dessous montre les modifications de la pile lorsque vous exécutez **[g] \bar{x}** (suppose que la pile est désactivée, comme après la pression de **[Σ+]**).



Conservez les données pour les exemples suivants.

Ecart-type

La séquence **[g] **s**** calcule l'écart-type (mesure de la dispersion autour de la moyenne) des données accumulées. Les formules utilisées pour le calcul des écarts-types s_x et s_y sont:

$$s_x = \sqrt{\frac{n\Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}{n(n-1)}}$$

$$s_y = \sqrt{\frac{n\Sigma y^2 - (\Sigma y)^2}{n(n-1)}}$$

Ces formules donnent la meilleure estimation de l'écart-type de la population des données échantillonnées. Par conséquent, elle est nommée écart-type de l'échantillon. Lorsque vous appuyez sur **[g] **s****:

1. Les contenus de la pile montent d'un registre comme lors de l'introduction successive de deux nombres.
2. Le HP-11C calcule les écarts-types s_x à partir des données de R_1 (Σx), R_2 (Σx^2) et R_0 (n) et s_y à partir des données de R_3 (Σy), R_4 (Σy^2) et R_0 (n). Les valeurs calculées s_x et s_y sont placées respectivement dans les registres **X** et **Y** de la pile opérationnelle.

Exemple: Calculez l'écart-type pour les données sommées dans les exemples précédents.

Appuyez sur

[g] **s**

Affichage

0,4287

Ecart-type des productions électriques pour les cinq ans.

[x \geq y]

0,0800

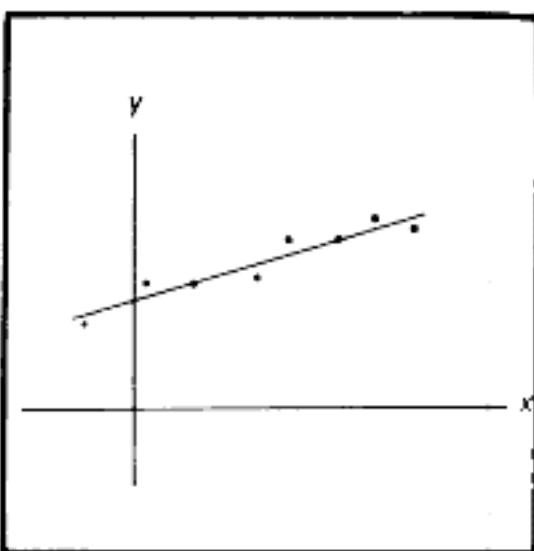
Ecart-type des productions charbonnières pour les cinq ans.

Conservez les données pour les exemples suivants.

Lorsque les données constituent non seulement un échantillon d'une population mais la population tout entière, l'écart-type des données est appelé écart-type vrai (noté σ). La formule de l'écart-type vrai diffère d'un facteur $\left(\frac{n-1}{n}\right)^{1/2}$ de celle utilisée pour la fonction **[s]**. La différence entre les valeurs est faible et peut être ignorée dans la plupart des applications. Cependant, si vous désirez connaître la valeur exacte de l'écart-type vrai σ , il suffit, à l'aide de la touche **[Σ+]**, d'ajouter la moyenne \bar{x} aux données avant d'appuyer sur **[g] **s****.

Régression linéaire

La régression linéaire est une des méthodes statistiques permettant de trouver la **droite** la mieux ajustée à un ensemble de points et ainsi de déterminer une relation entre les deux variables. Après avoir sommé les données dans les registres **R₀** à **R₅** avec la fonction **Σ+**, vous pouvez calculer les coefficients de la droite $y = Ax + B$ par la méthode des moindres carrés en appuyant sur **f L.R.**.



Lorsque vous appuyez sur **f L.R.**

1. Les contenus de la pile montent d'un registre comme lors de l'introduction successive de deux nombres.
2. La pente **A** et l'ordonnée à l'origine **B** de la droite sont calculées par les équations:

$$A = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$B = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum x \sum xy}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

La pente **A** est placée dans le registre **Y** et l'ordonnée à l'origine **B** est affichée dans le registre **X**.

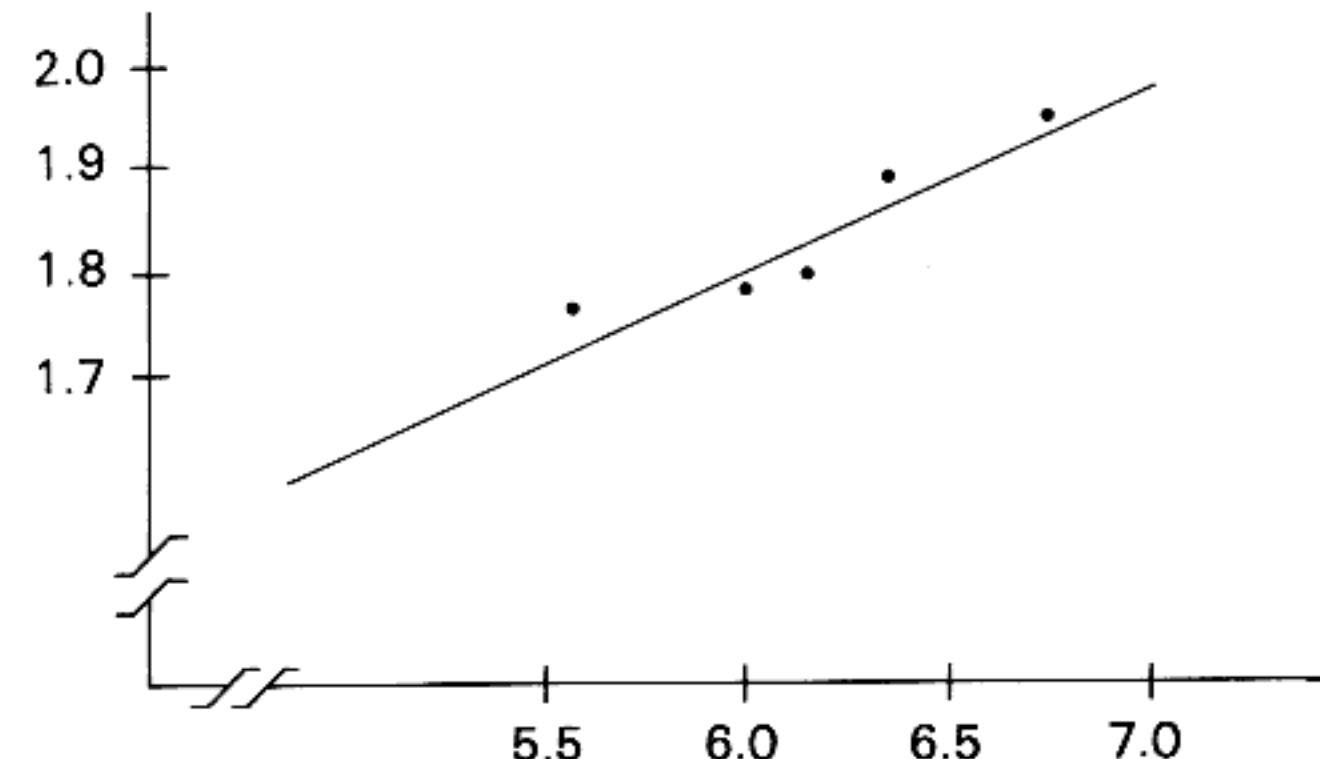
f L.R. →

T	t
Z	z
Y	A
X	B

Exemple: Calculez l'ordonnée à l'origine et la pente des données corrigées de M^{me} Voltz.

Solution: Vous pourriez tracer chaque point et estimer la droite comme ci-après. Cependant, avec le HP-11C, il suffit d'utiliser les données sommées à l'aide de la touche **Σ+** et d'appuyer sur **f L.R.**.

Production de charbon
(milliards de tonnes)



Production d'électricité
(millions de kWh)

Appuyez sur

f L.R.
x ≈ y

Affichage

0,7773
0,1718

Ordonnée à l'origine.
Pente de la droite.

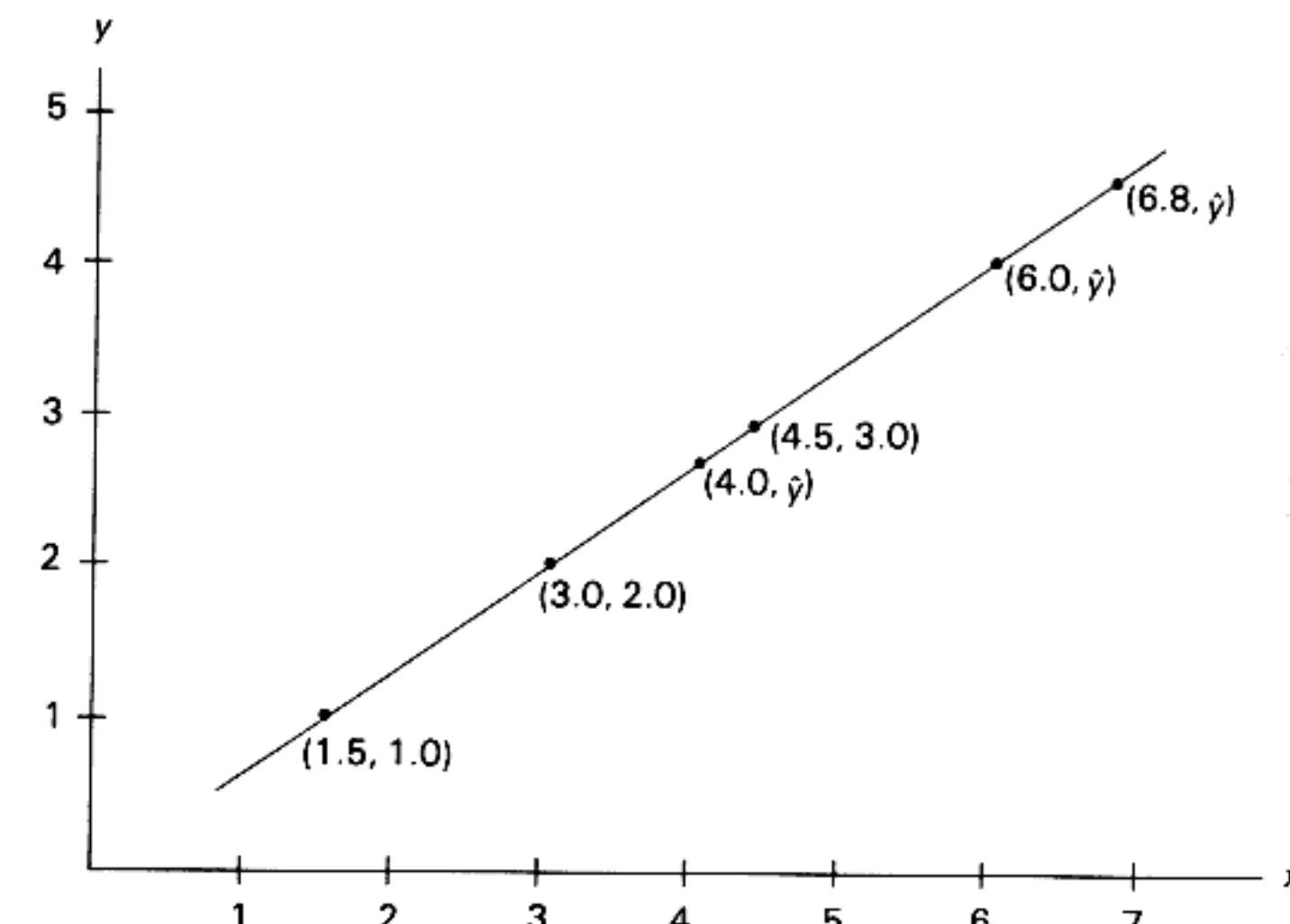
Conservez les données pour les exemples suivants.

Estimation linéaire et coefficient de corrélation.

Lorsque vous exécutez la fonction **f.r**, le calculateur affiche l'estimation linéaire (\hat{y}) dans le registre **X** et place le coefficient de corrélation (**r**) dans **Y**.

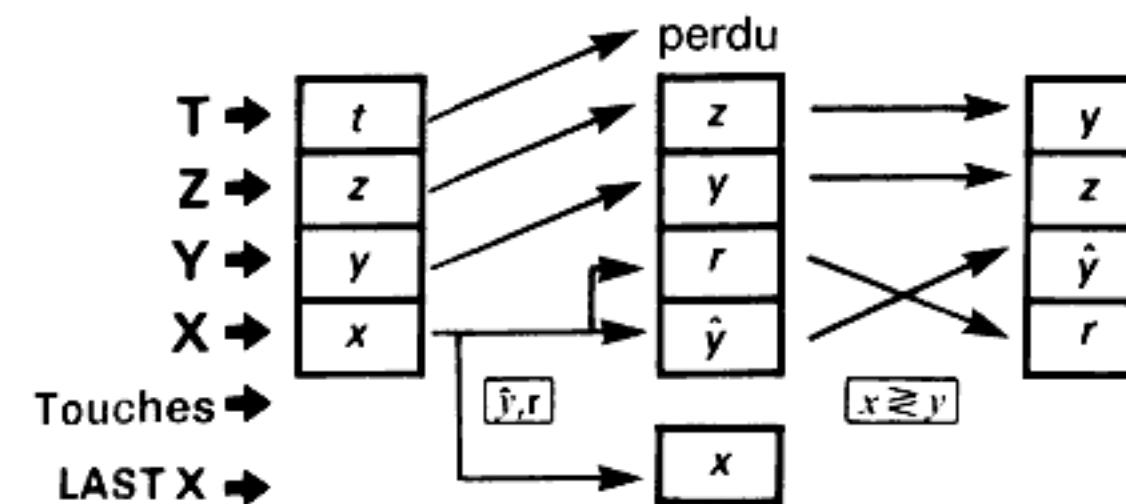
Estimation linéaire.

A l'aide des données sommées dans les registres **R₀** à **R₅** par **Σ+**, la fonction **f f.r** permet de calculer une valeur \hat{y} estimée pour tout x . La régression et l'estimation linéaire supposent que la relation entre les variables x et y peut être approchée par une fonction linéaire.



Le coefficient de corrélation (r) détermine le degré d'ajustement des points à la droite calculée. Ce coefficient est compris entre $+1$ et -1 . Pour $r = +1$, les données sont toutes parfaitement sur une droite de pente positive. Pour $r = -1$, elles sont toutes sur une droite de pente négative. Plus r s'éloigne de ± 1 et tend vers zéro, moins l'ajustement est bon. Le coefficient est calculé par la fonction $f \beta.r$ avec les contenus des registres R_0 à R_5 . Le nombre affiché est l'estimation de y pour la valeur x affichée avant l'exécution de $f \beta.r$. La valeur du coefficient de corrélation se trouve dans le registre Y que vous pouvez afficher en exécutant $x \geq y$.

Nous avons vu au chapitre 2 que les fonctions \bar{x} , s et $L.R.$ ne dupliquent pas x dans $LASTx$. Cependant, \hat{y} étant calculé en fonction du contenu du registre X , lorsque vous exécutez $f \beta.r$ le calculateur place une copie du contenu de X dans $LASTx$ et les contenus de la pile – dans tous les cas – ne montent que d'un registre.



Exemple: En utilisant les données précédentes, si M^{me} Voltz désire une prévision de la production de charbon (\hat{y}) pour 1977, elle introduit une estimation de la production électrique (valeur x connue) pour 1977 et appuie sur $f \beta.r$. Le coefficient de corrélation étant automatiquement calculé, M^{me} Voltz a en même temps une mesure de l'ajustement de ses données à une droite en appuyant sur $x \geq y$.

Appuyez sur	Affichage	
7.1417	7,1417	Estimation de la production électrique en 1977.
$f \beta.r$	2,0046	Prévision de la production charbonnière pour 1977.
$x \geq y$	0,9211	L'ajustement est bon.

Chapitre 4

Contrôle de l'affichage

Lorsque vous allumez votre HP-11C, du fait de la mémoire permanente, le format d'affichage est identique à celui précédent l'extinction. Cependant, quels que soient les modes d'affichage présents, le HP-11C conserve toujours chaque nombre sous la forme d'une mantisse de 10 chiffres et d'un exposant de dix à deux chiffres. Ainsi, lorsque votre calculateur est en mode FIX4 par exemple, il affiche comme valeur de PI le nombre 3,1416; les éventuels calculs sont cependant effectués avec la valeur $3,141592654 \times 10^{00}$.

$3,141592654 \times 10^{00}$

Vous ne voyez que ces chiffres
(arrondis à 4 décimales)

Mais ceux-là sont aussi
présents.

Contrôle du format d'affichage

Votre HP-11C possède trois formats d'affichage, **FIX**, **SCI** et **ENG** utilisant un paramètre (de 0 à 9) pour spécifier le nombre de chiffres après la virgule ou après le premier (notation ingénieur). La figure ci-dessous montre comment le calculateur affiche le nombre 123.456 dans chacun des modes.

f	FIX	4:	123.456,0000
f	SCI	4:	1,2345 05
f	ENG	4:	123,46 03

Notation décimale fixe

La fonction **FIX** indique au calculateur qu'il doit afficher les nombres en mode décimal fixe sans exposant. Cependant le calculateur passera automatiquement en notation scientifique si le nombre est trop grand ou trop petit pour être représenté en notation **FIX** et reviendra à cette dernière dès que la grandeur du nombre affiché le permettra.

-1.234,567890

Signe

Nombre de 10 chiffres

Vous pouvez spécifier cette notation au calculateur en appuyant sur **f FIX** suivi d'un chiffre (compris entre 0 et 9) indiquant le nombre de décimales.

Appuyez sur

123,45678 **ENTER**

Affichage
123,4568

L'affichage est arrondi à quatre décimales. Le calculateur conserve cependant la représentation complète du nombre.

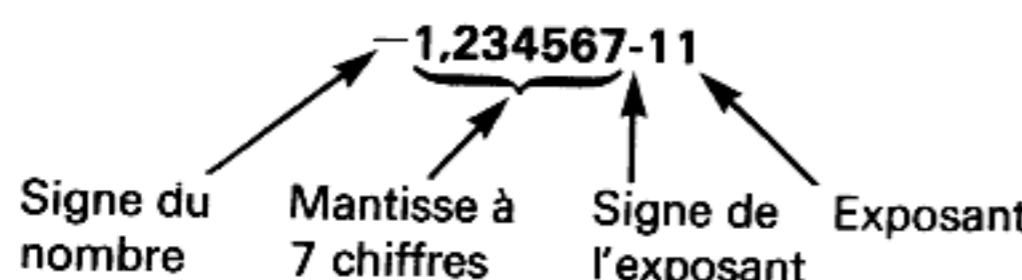
f **FIX** 6
f **FIX** 0
f **FIX** 4

123,456780
123,
123,4568

Un chiffre est arrondi à l'unité supérieure si le chiffre suivant est supérieur à 5.

Notation scientifique

La fonction **SCI** indique au calculateur d'afficher les nombres en notation scientifique. Pour choisir ou modifier cette notation, appuyez sur **f SCI** suivi d'un chiffre (de 0 à 9) spécifiant le nombre de décimales pour l'arrondi. Vous pouvez utiliser 7, 8 et 9 pour l'arrondi mais l'affichage ne peut montrer que six chiffres à la droite de la virgule en notation **SCI***.



Appuyez sur

123.4567895 **ENTER**

Affichage

123,4568

Arrondi à la 4^e décimale.
 $1,23 \times 10^2$; arrondi par défaut.

f **SCI** 4

1,2346 02

$1,2346 \times 10^2$; arrondi par défaut.

f **SCI** 6

1,234568 02

$1,234568 \times 10^2$; arrondi par excès.

Comme indiqué dans les exemples ci-dessus, l'arrondi a lieu sur le dernier chiffre décimal spécifié lorsque vous placez le calculateur en notation

* **SCI** 8 ou 9, **ENG** 8 ou 9 sont automatiquement remplacés par **SCI** 7 et **ENG** 7 lors de l'introduction dans un programme.

SCI. Si vous spécifiez plus de six chiffres à la droite de la virgule, vous n'augmentez pas le nombre de décimales affichées. Cependant vous déplacez l'arrondi sur les chiffres (conservés dans la machine) qui suivent ceux autorisés par le format **SCI** maximal. En utilisant l'exemple précédent, vérifiez que l'opération suivante n'augmente pas le nombre de chiffres affichés mais déplace l'arrondi.*

Appuyez sur

f **SCI** 7

Affichage
1,234567 02

L'arrondi a lieu sur la 7^e décimale; l'affichage ne peut montrer que 6 décimales, il n'y a donc pas d'arrondi à l'affichage.

f **SCI** 8

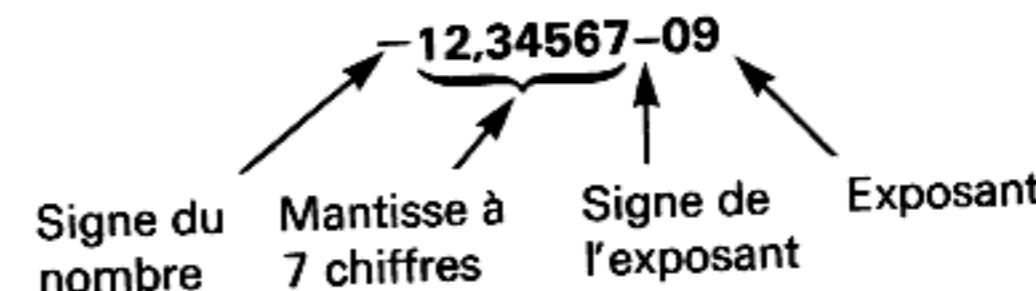
1,234567 02

Arrondi à la 8^e décimale.
Pas de modification à l'affichage.

Notation ingénieur

La fonction **ENG** indique au calculateur d'afficher les nombres en format ingénieur:

- Tous les exposants de 10 utilisés sont des multiples de 3.
- Le nombre de chiffres spécifié indique le nombre de chiffres significatifs après le premier.



En notation ingénieur, le premier chiffre significatif est toujours affiché. Le paramètre de la fonction **ENG** (0 à 9) indique le nombre de chiffres significatifs supplémentaires à afficher, l'arrondi ayant lieu sur le dernier.

* Si un ou plusieurs 9 existent derrière le dernier chiffre autorisé à l'affichage, l'arrondi peut «remonter» jusqu'à l'affichage dans les notations **SCI** 7 et **SCI** 8. Par exemple 1,00000094 en notation **SCI** 7 ne provoquera pas d'arrondi sur le nombre affiché mais 1,00000095 (...95 à ...99) en notation **SCI** 7 provoquera un arrondi sur la sixième décimale.

Appuyez sur	Affichage	
.012345	0,012345	
f ENG 1	12, -03	Arrondi à un chiffre significatif après le premier. L'exposant de 10 est un multiple de 3.
f ENG 3	12,35 -03	Arrondi au 3 ^e chiffre significatif après le premier.
f ENG 6	12,34500-03	
f ENG 0	10 -03	Arrondi au 1 ^{er} chiffre significatif.

Remarquez qu'en notation **ENG**, la virgule se déplace automatiquement pour conserver un exposant de 10 multiple de 3 comme ci-après.

Appuyez sur	Affichage	
f ENG 2	12,3 -03	
10 ×	123, -03	Décalage de la virgule.

Introduction des exposants

La fonction **EEX** permet d'introduire un exposant de 10 comme partie d'un nombre en séparant la mantisse de l'exposant de 10. Par exemple, divisez 95,600 par le nombre d'Avogadro ($6,0222 \times 10^{26} \text{ kmol}^{-1}$):

Appuyez sur	Affichage	
f FIX 4		Retour en mode FIX 4
95600 ENTER	95,60000 00	
6,0222	6,0222	
EEX	6,0222 00	Le 00 vous demande d'introduire l'exposant.
26	6,0222 26	$(6,0222 \times 10^{26})$.
□	1,5875 -22	kmol

Pour introduire un exposant de 10 négatif il suffit d'appuyer sur **CHS** lors de l'introduction de l'exposant. Introduisez par exemple la constante de Planck ($6,6262 \times 10^{-34}$ Joules/seconde) et multipliez-la par 50:

Appuyez sur	Affichage	
6,6262 EEX	6,6262 00	
CHS	6,6262 -00	
3	6,6262 -03	
4	6,6262 -34	
ENTER	6,6262 -34	
50 ×	3,3131 -32	Joules/seconde.

Nota: Les décimales apparaissant dans le champ de l'exposant avant l'introduction de ce dernier disparaissent de l'affichage lorsque vous appuyez sur **EEX** mais sont conservées par le calculateur.

La fonction **EEX** ne peut pas être utilisée avec un nombre ayant plus de sept chiffres dans la partie entière ou plus de cinq zéros précédant le premier chiffre significatif. Dans de tel cas, utilisez un format avec une valeur d'exposant supérieure ou inférieure selon le cas. Exemple, $123456789,8 \times 10^{23}$ peut être introduit sous la forme $1234567,898 \times 10^{25}$ et $0,00000025 \times 10^{-15}$ sous la forme $2,5 \times 10^{-22}$.

Mantisse. Tous les nombres conservés dans la pile et dans les registres sont représentés par une mantisse de 10 chiffres et un exposant de 10 à deux chiffres. Si vous voulez connaître les 10 chiffres de la mantisse du nombre affiché, il suffit d'appuyer sur **f CLEAR PREFIX**. Le calculateur affiche la mantisse tant que vous maintenez la touche **PREFIX** enfoncée.

Appuyez sur	Affichage
f π	3,1416
f CLEAR PREFIX (maintenue)	3141592654

Arrondi à la dixième décimale

Comme nous l'avons vu précédemment, votre HP-11C conserve chaque nombre avec une mantisse de 10 chiffres quel que soit le nombre de chiffres spécifié par une fonction **FIX**, **SCI** ou **ENG**. Le résultat final de chaque calcul ou série de calculs est arrondi au dixième chiffre. Par exemple, π et $2/3$ ont des représentations décimales infinies ($3,1415926535 \dots$ et $0,666666666 \dots$). Le HP-11C donnant une représentation des nombres sur 10 chiffres, il s'ensuit un arrondi sur le dixième. L'erreur ainsi introduite peut augmenter au cours de calculs particulièrement longs mais, dans la plupart des cas, elle n'affecte pas la précision que l'on peut désirer pour une application. L'étude des effets de ces erreurs d'arrondi pour un calcul donné requiert des méthodes d'analyse numérique bien au-delà de la portée de ce manuel.

Deuxième partie Programmation

Le langage de programmation est un moyen de donner des instructions à un ordinateur pour qu'il effectue des tâches. Il existe de nombreux langages de programmation, mais nous nous concentrerons sur Python, qui est un langage simple et puissant.

La programmation consiste à écrire des instructions détaillées pour que l'ordinateur exécute une tâche spécifique. Ces instructions sont organisées dans un programme. Python est un langage de programmation interprété, ce qui signifie qu'il est lu et exécuté ligne par ligne par un interpréteur.

Le langage Python est connu pour sa simplicité et sa lisibilité. Il est souvent utilisé pour la programmation scientifique, la statistique, la machine learning et la data science. Python a une grande communauté d'utilisateurs et de contributeurs, ce qui signifie que de nombreux outils et bibliothèques sont disponibles pour faciliter le développement.

La programmation Python peut être utilisée pour créer des applications web, des jeux, des applications mobiles et bien plus encore. Il existe de nombreux frameworks et bibliothèques Python qui facilitent le développement de ces types d'applications. Par exemple, Django est un framework Python populaire pour la programmation web, et TensorFlow est une bibliothèque Python pour la programmation de la machine learning.

Chapitre 5

Bases de programmation

Qu'est-ce qu'un programme?

Un programme est une séquence de pressions de touche enregistrée dans la mémoire du calculateur. Vous pouvez alors exécuter un programme donné autant de fois que vous le désirez – avec juste une ou deux pressions de touche. La pile opérationnelle répond aux instructions d'un programme de la même façon que si ces instructions étaient exécutées au clavier. La réponse affichée est identique à celle obtenue par une exécution manuelle au clavier. La programmation du HP-11C est si simple qu'elle ne requiert pas de connaissance préalable en informatique.

Pourquoi écrire un programme?

Les programmes économisent votre temps pour des calculs répétitifs. Une fois la séquence de touches nécessaire à la solution d'un problème particulier rédigée et enregistrée dans la mémoire du calculateur, vous n'avez plus à vous préoccuper de calcul, le HP-11C résoud chaque problème pour vous. De plus, la simplicité de la logique et du déroulement des opérations facilite le contrôle de la procédure et, par-là même, augmente le degré de confiance que vous accordez à votre réponse finale car vous n'avez pas à craindre d'avoir appuyé sur une mauvaise touche.

Ce chapitre couvre l'utilisation des caractéristiques de programmation de votre HP-11C. La troisième partie de ce manuel vous donne des indications quant à la façon de développer un programme.

Contrôle de programme

Réattribution automatique de la mémoire

La réattribution automatique de la mémoire du HP-11C entre la mémoire programme et le stockage des données est contrôlée par le calculateur. Du fait de ce contrôle interne, la réattribution n'affecte ni l'affichage, ni les opérations au clavier. Les deux faits importants à connaître à ce sujet sont:

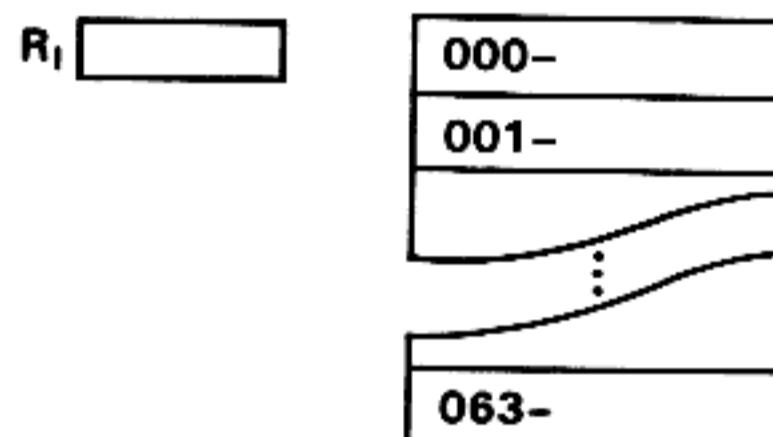
- Qu'est-ce qui provoque une réattribution?
- Que se passe-t-il lors d'une réattribution?

Lorsque la mémoire permanente est réinitialisée, la mémoire permanente comporte 20 **registres de stockage** de données et 63 **lignes de programme***.

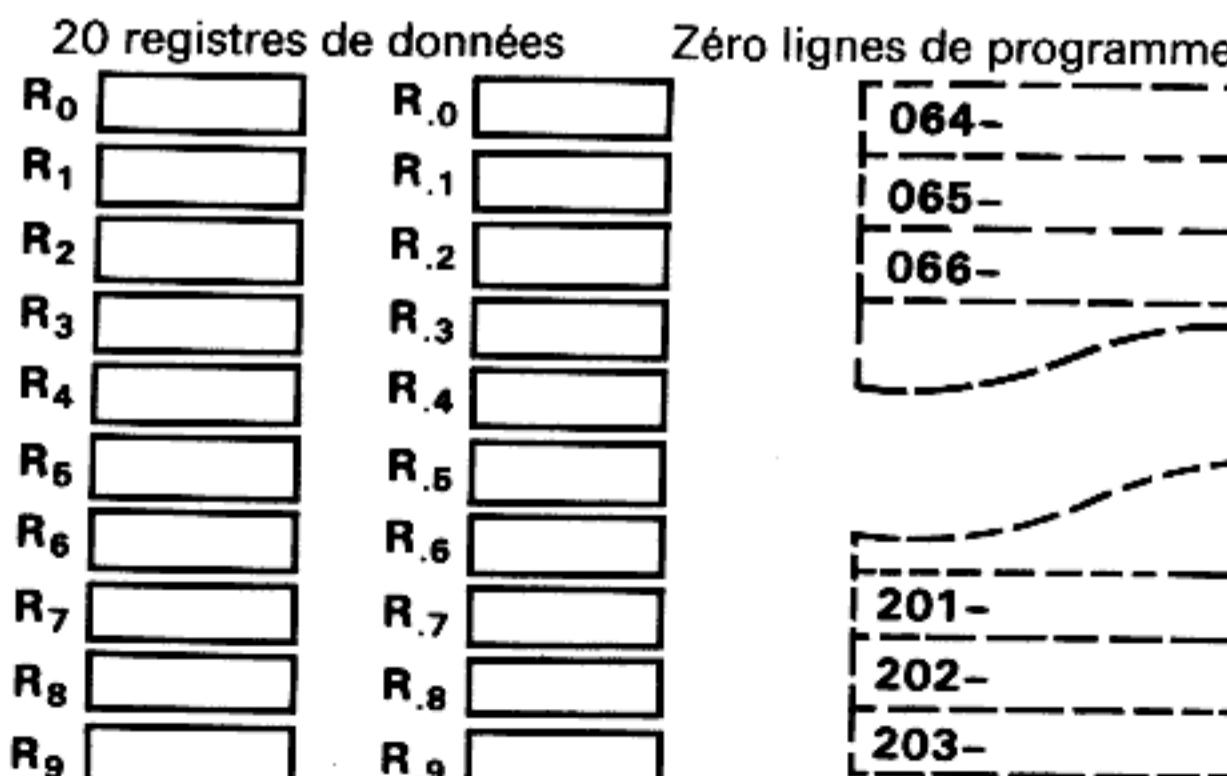
Les instructions sont stockées séquentiellement lors de leur introduction dans la mémoire programme. Si vous continuez à stocker des instructions après avoir utilisé les 63 lignes de programme de l'attribution initiale, le calculateur convertit automatiquement le dernier registre de stockage **R₉** en sept lignes de programme supplémentaires. La configuration après cette première réattribution est donc de 20 registres de stockage et 70 lignes de programme. De la même façon, l'introduction d'une 71^e instruction provoquera la conversion du registre **R₈** en sept nouvelles lignes et ce jusqu'à l'épuisement des registres **R₉** à **R₀** et **R₉** à **R₀**.

CONFIGURATION MÉMOIRE DU HP-11C

Attribution permanente



Attribution mobile
(configuration initiale)



*Référez-vous à l'annexe C pour plus de détails.

Lorsque tous les registres de stockage sont réattribués aux instructions de programme, la configuration comporte alors 1 registre de données (**R₀**) et 203 lignes de programme. Le tableau ci-dessous donne la correspondance registre de stockage/ligne de programme.

R₉	064-070	R₉	134-140
R₈	071-077	R₈	141-147
R₇	078-084	R₇	148-154
R₆	085-091	R₆	155-161
R₅	092-098	R₅	162-168
R₄	099-105	R₄	169-175
R₃	106-112	R₃	176-182
R₂	113-119	R₂	183-189
R₁	120-126	R₁	190-196
R₀	127-133	R₀	197-203

La suppression de lignes une à une à des endroits quelconques du programme permet au calculateur de regrouper les lignes restantes et de réattribuer les lignes ainsi libérées aux registres de stockage dans l'ordre inverse de celui indiqué auparavant.

Conversion Registres de données en Mémoire programme

R₉ R₈ R₇ ... R₁ R₀ R₉ R₈ ... R₁ R₀

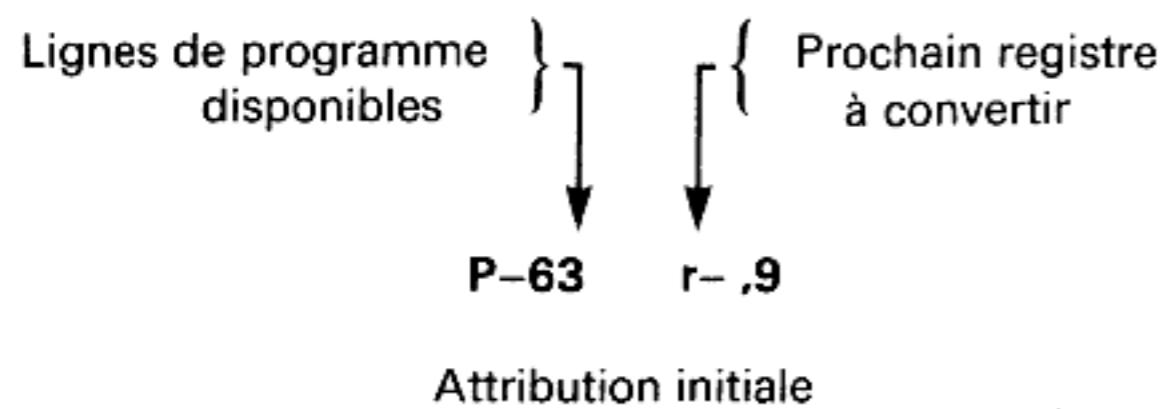
Conversion Mémoire programme en Registres de données

Pour une description plus détaillée de la réattribution automatique de la mémoire, se référer à l'annexe C.

Fonction **MEM**

Pour afficher l'attribution mémoire à un moment donné, appuyez sur **g** et maintenez **MEM** enfoncée quel que soit le mode (calcul ou programme); le calculateur affiche alors le nombre de lignes de

programme disponibles avant de réattribuer l'espace d'un registre et le numéro du prochain registre de stockage à réattribuer (la fonction **MEM** est détaillée à l'annexe C).



Codage et numéro de ligne

Lorsque vous placez le calculateur en mode programme et introduisez une instruction, le calculateur affiche le numéro de la ligne où l'instruction est stockée et les codes des touches utilisées. Un code peut avoir un, deux ou trois éléments selon que l'instruction nécessite une, deux ou trois pressions de touche (cf. page suivante, les séquences abrégées). Chaque élément comporte deux chiffres correspondant à la position rang-colonne de la touche sur le clavier (exception faite des touches numériques dont le code ne comporte qu'un seul chiffre).

Numéro de ligne	017	42,	21,	11
Touche Ligne	4	2	1	
Touche Colonne	2	1	1	

Séquences abrégées

En mode calcul ou programme, dans certaines instructions, vous pouvez omettre la touche préfixe **f**. Au cas où vous l'utilisez, ce n'est pas une faute et le calculateur n'en tiendra pas compte. Par exemple les

séquences **STO f RAN#** et **STO RAN#** sont équivalentes. Les différentes possibilités d'abréviations sont décrites au cours de ce manuel.

Fonctions de contrôle

Programme/calcul. La séquence **g P/R** fait basculer le calculateur de mode programme en mode calcul et vice versa. En mode programme, le calculateur affiche l'indicateur **PRGM** et les pressions de touches sont enregistrées comme instructions de programme. En mode calcul vous pouvez exécuter les programmes stockés en mémoire ou les fonctions du clavier.

Effacement de la mémoire programme. La séquence **f CLEAR PRGM** en mode programme efface tout le contenu de la mémoire programme et réattribue automatiquement 21 registres au stockage des données et 63 lignes pour les instructions de programme. En mode calcul, cette séquence positionne le pointeur de programme sur la ligne 000 mais n'efface pas la mémoire.

Branchement en ligne 000. En plus de l'exécution de **f CLEAR PRGM** en mode calcul, la séquence **GTO 000**, en mode programme ou calcul, place le pointeur de programme sur la ligne 000 de la mémoire.

Labels. Les labels du HP-11C sont les adresses des programmes, des branchements et des sous-routines. Les labels alphabétiques (**A** à **E**) et numériques (0 à 9) sont introduits à l'aide de la séquence **f LBL** suivi de la touche alphanumérique requise*. En mode calcul, la séquence **f LBL** label (**A** à **E** ou 0 à 9) provoque le branchement du pointeur au label désigné et l'exécution des instructions suivantes. Les labels 0 à 9 sont généralement réservés aux branchements et sous-programmes car ils peuvent être adressés par une instruction **GSB**.

Retour. L'instruction **RTN** à la fin d'un programme met fin à l'exécution de celui-ci et place le pointeur sur la ligne 000.

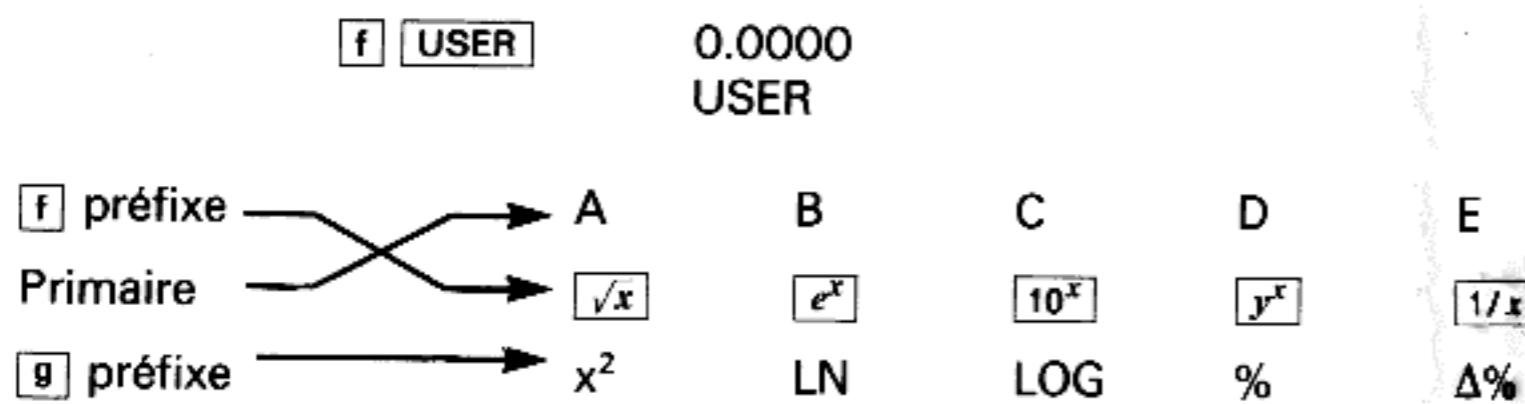
Exécution/Arrêt. Dans un programme en exécution, l'instruction **R/S** arrête l'exécution du programme. Si le programme est arrêté, la touche **R/S** permet d'en relancer l'exécution à la ligne sur laquelle se trouve le pointeur.

Pause. La séquence **f PAUSE** dans un programme, interrompt l'exécution pendant environ une seconde, le calculateur affiche alors le contenu de **X** et l'exécution reprend automatiquement.

* Lorsque vous voulez spécifier un label alphabétique, vous pouvez omettre le préfixe **f** devant la lettre (ex. **f LBL f A** = **f LBL A**).

Mode personnel

Ce mode est une caractéristique qui peut vous éviter des manipulations lors de l'utilisation des programmes. Lorsque vous appuyez sur **f USER**, le calculateur intervertit les fonctions primaires et préfixées par **f** des cinq premières touches de 1^{er} rang. En mode personnel, l'indicateur **USER** apparaît à l'affichage.



En mode calcul, cet échange vous permet d'exécuter tout programme de label **A** à **E** simplement en appuyant sur la touche appropriée sans passer par la touche préfixe.

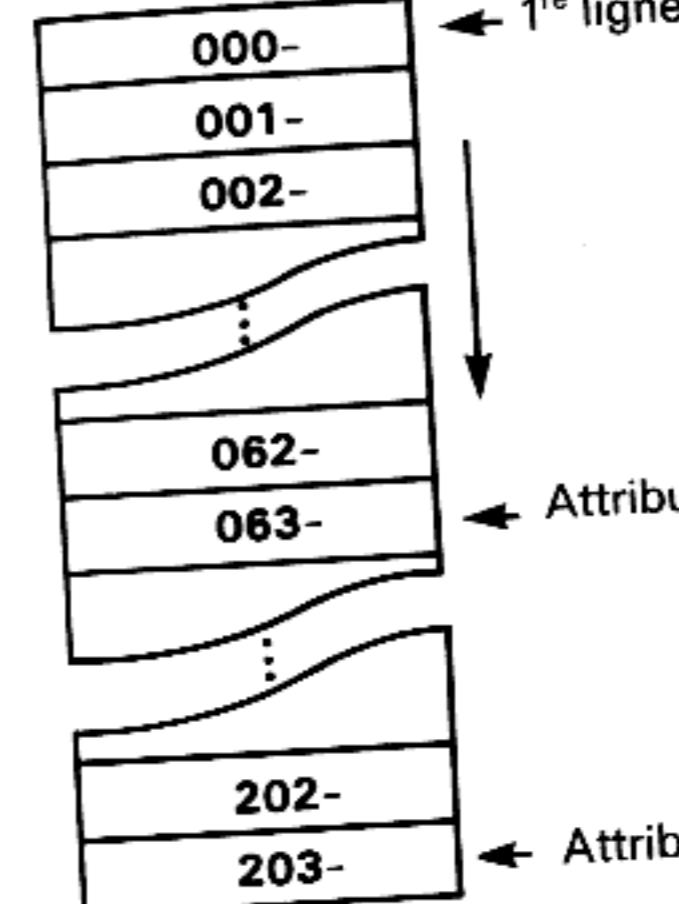
Nota: Pour éviter l'exécution ou la programmation involontaire d'une fonction erronée, le mode personnel ne doit être spécifié que lorsqu'il est vraiment utile.

Pour sortir du mode personnel, appuyez à nouveau sur **f USER**.

Mémoire programme

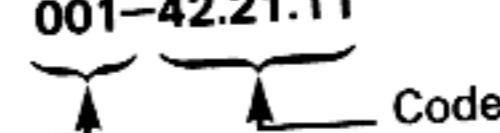
Nous avons vu au début de ce manuel, avec l'exemple de déperdition calorifique, que les séquences de touches des solutions manuelles et programmées sont similaires. En mode programme, ces séquences sont enregistrées comme instructions. Appuyez sur **GTO** • 000 pour placer le pointeur sur la ligne 000 et placez le calculateur en mode programme. L'affichage doit maintenant comporter le symbole 000— identifiant la première ligne de la mémoire et l'indicateur **PRGM**.

Mémoire programme



La mémoire programme est indépendante de la pile opérationnelle, de LASTx, de R, et des registres de stockage non attribués aux programmes.

Lorsque le calculateur est en mode programme, le nombre apparaissant à gauche de l'affichage indique le numéro de la ligne où se trouve le pointeur de programme. Appuyez sur **f CLEAR PRGM**, puis sur **f LBL** **A**, l'affichage est alors le suivant:

001-42.21.11


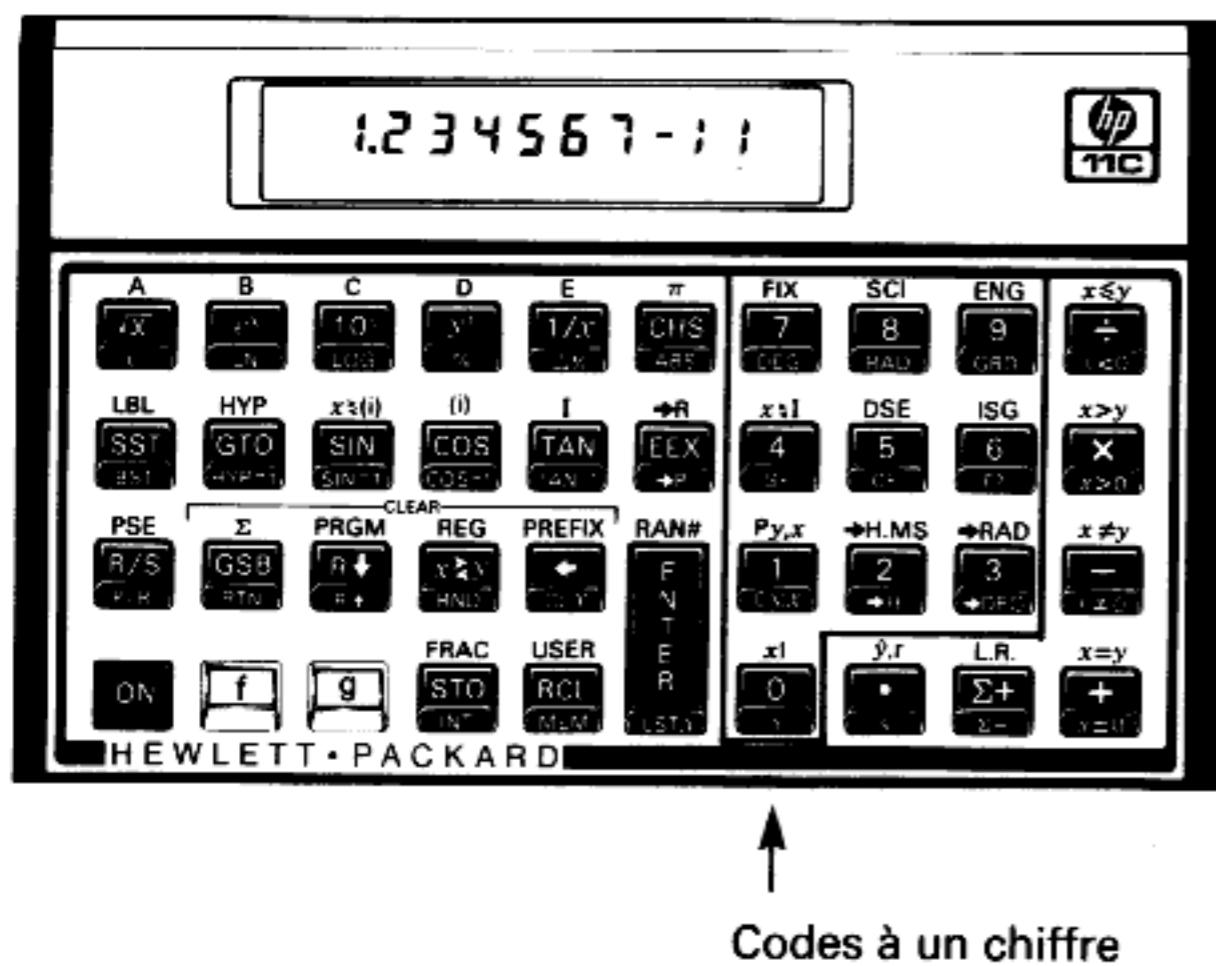
Le nombre à gauche indique la ligne sur laquelle se trouve le pointeur. Les autres nombres sont les codes des touches utilisées. Appuyez sur 3, l'affichage devient:

002-

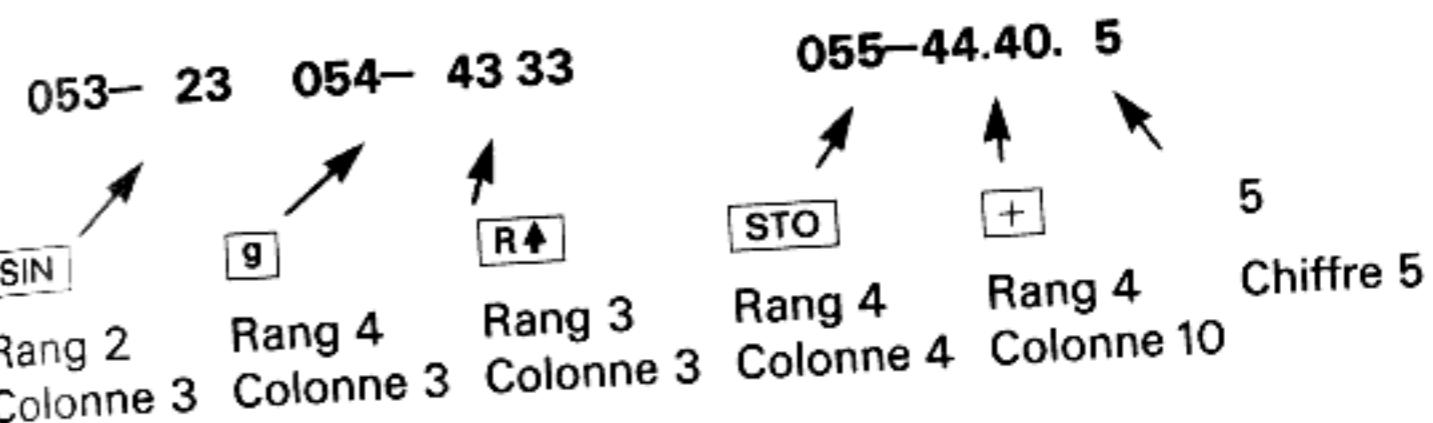

Chaque ligne de programme contient une seule instruction, que cette instruction comporte une, deux ou trois touches. Exemple **CHS**, **STO 5**, **STO + 6** sont trois lignes de programme. Chaque touche est représentée dans le calculateur par un code.

Interprétation des codes et touches

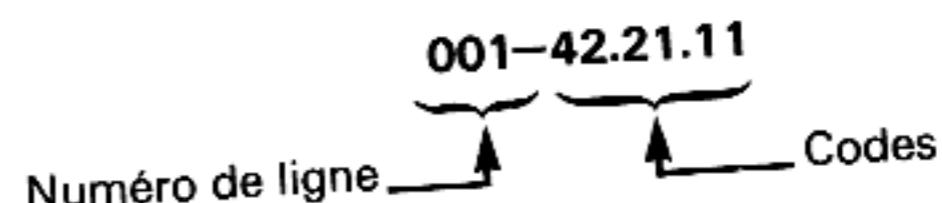
La plupart des codes des touches du HP-11C représente la position rang/colonne des touches sur le clavier. Les rangs vont de 1 à 4 et les colonnes de 1 à 10 (la dixième colonne est représentée par le chiffre zéro; ex. 20 est le rang 2 et la colonne 10, soit la touche **×**). Un groupe de touches ne se conforme pas à ce codage, ce sont les touches numériques 0 à 9. Leur code est simplement le chiffre de leur valeur numérique.



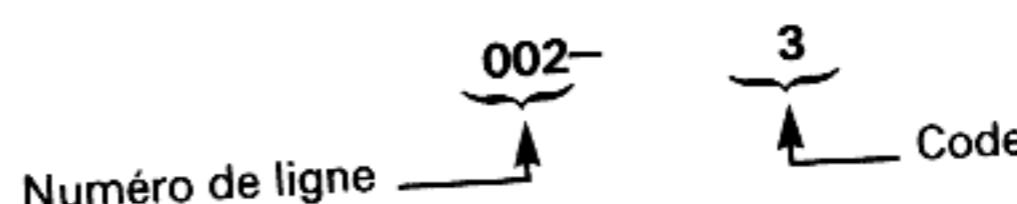
Une ligne de programme peut comporter de 1 à 3 éléments.



Revenons à l'instruction que nous venons d'introduire (page 79). Appuyez sur **9 BST**, le calculateur affiche à nouveau la première ligne de programme:



Le code **001-** désigne le numéro de la 1^{re} ligne de la mémoire programme. Le nombre suivant, **42**, représente **f** (rang 4, colonne 2); **21** représente **LBL** (rang 2, colonne 1) et **11** représente **A** (rang 1, colonne 1). De cette façon toutes les touches programmables, exceptées les touches numériques, sont représentées par un code à deux chiffres. Prenons un exemple: appuyez sur **SST**; votre HP-11C affiche maintenant la deuxième instruction du programme:



Nous savons que **002-** est le numéro de la ligne de programme; **3**, dans ce cas, représente le nombre 3. Le tableau de droite illustre certaines combinaisons dans lesquelles le chiffre 3 apparaît, avec ou sans les touches préfixes **f** et **g**.

Touches	Code
f →RAD	→ 42 3
3	→ 3
g →DEG	→ 43 3

Les séquences de touches restantes du programme de déperdition calorifique sont données ci-dessous avec l'affichage correspondant.

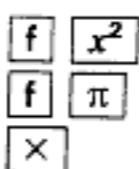
Appuyez sur Affichage

0	003– 0	Chiffre 0.
×	004– 20	2 ^e rang, 10 ^e colonne.
•	005– 48	4 ^e rang, 8 ^e colonne.
4	006– 4	Chiffre 4.
7	007– 7	Chiffre 7.
×	008– 20	2 ^e rang, 10 ^e colonne.
9	009– 43 32	Fin du programme.
9	0,0000	Mode calcul.

Programmation

Examinons maintenant les détails du processus de programmation. Le paragraphe suivant décrit un nouveau programme que vous pouvez faire pour illustrer les différentes étapes de la programmation.

Si vous voulez calculer au clavier la surface d'un cercle en utilisant la formule $A = \pi r^2$, vous introduisez tout d'abord le rayon r dont vous cherchez le carré puis vous introduisez π en appuyant sur **f** **π** et enfin vous multipliez le carré du rayon par π . Cette séquence est illustrée ci-contre.

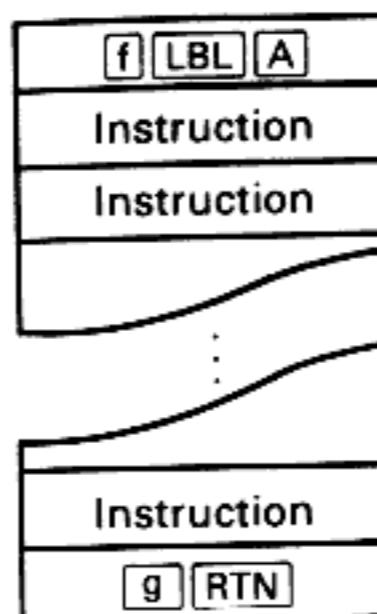


Début et fin de programme

L'instruction **f LBL** suivie d'une touche alphanumérique définit le début d'un programme par un label. L'utilisation de ces labels vous permet d'avoir simultanément différents programmes ou segments de programme dans la mémoire du calculateur et de les exécuter indépendamment.

L'instruction **g RTN** permet de définir la fin d'un programme. Au cours d'un programme une instruction **RTN** utilisée de cette façon arrête l'exécution et place le pointeur sur la ligne 000.

Mémoire programme



LBL Début du programme

RTN Fin du programme

Nota: Lorsque le pointeur rencontre la fin de la mémoire programme occupée, le calculateur réagit comme pour un **g RTN**. Cela signifie que si votre dernière instruction en mémoire programme doit être un **g RTN**, elle peut être supprimée, épargnant ainsi une ligne.

Chargement d'un programme

Vous pouvez charger un programme en mémoire avant ou après les programmes éventuellement déjà présents. Si vous chargez un nouveau programme avant le programme existant (pour cela, placer le pointeur sur la ligne 000 et introduire les nouvelles instructions), ce dernier sera décalé vers la fin de la mémoire, ligne par ligne, au fur et à mesure de l'introduction des nouvelles instructions.

Pour préparer le chargement du précédent programme:

1. Appuyez sur **g P/R** pour placer le calculateur en mode programme. L'indicateur **PRGM** apparaît à l'affichage.
2. Appuyez sur **f CLEAR PRGM** pour effacer de la mémoire les précédents programmes indésirés (si vous voulez conserver un programme déjà en mémoire, appuyez sur **GTO** **• 000** au lieu de **f CLEAR PRGM**).

Le symbole **000–** à l'affichage indique que le pointeur est bien au début de la mémoire. Pour charger le programme appuyez sur les touches suivantes:

f LBL A

Label A au début du programme.

g x²

Elève le rayon introduit au carré (pas de mouvements des contenus de la pile).

f πAffiche π (les contenus de la pile montent d'un registre).**x**Multiplie le carré du rayon par π et affiche le résultat.**g RTN**

Définit la fin du programme; le pointeur va en 000 et l'exécution s'arrête.

Appuyez sur la première touche.

Appuyez sur

fAffichage
000—

Remarquez que l'affichage est inchangé. Il le restera tant que l'instruction sera incomplète. Introduisez maintenant le reste de l'instruction.

Appuyez sur

LBL**A**

Affichage

000—

001-42.21.11

f LBL A est chargé en mémoire programme.

L'apparition d'un nouveau numéro de ligne et d'un code d'instruction indique qu'une opération complète a été introduite. Rien n'est chargé en mémoire tant que l'instruction est incomplète (une, deux ou trois touches).

Enregistrez maintenant le reste du programme.

Appuyez sur

g x²**f π****x****g RTN**

Affichage

002— 43 11

003— 42 16

004— 20

005— 43 32

Le programme de calcul de la surface d'un cercle en fonction du rayon est maintenant en mémoire.

Exécution d'un programme

Les programmes doivent être exécutés en mode calcul, uniquement. Pour exécuter le programme précédent, vous devez préalablement placer le calculateur en mode calcul en appuyant sur **g P/R**.Vous devez ensuite introduire les valeurs des variables nécessaires à son exécution puis appuyer sur **f** et la touche alphabétique **A** à **E** correspondant au label.**Exemple:** Utilisez le programme précédent pour calculer les surfaces de cercles de rayons 7,5 cm, 9 pouces et 15,3 mètres.

Appuyez sur

g P/R7.5 **f A**9 **f A**15.3 **f A**

Affichage

0,000

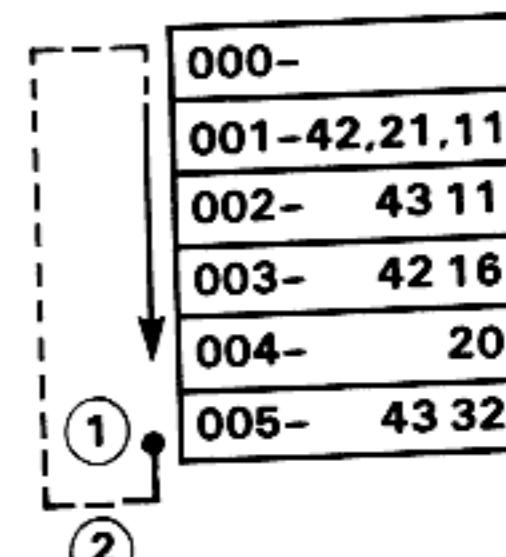
176,7146

254,4690

735,4154

cm²pouces²m²

Comment le calculateur cherche-t-il un label?

Lorsque vous avez placé le HP-11C en mode calcul, le pointeur se trouvait sur la ligne 005 (dernière ligne du programme introduit). Lorsque vous appuyez sur **f A**, le pointeur commence à chercher séquentiellement de haut en bas de la mémoire programme à partir de sa position instantanée. Dans ce cas aucune exécution n'a lieu.1. La ligne 005 ne contient pas d'instruction **LBL A**
et2. Les lignes suivantes de la mémoire programmes sont libres,
votre HP-11C va donc à la ligne 000 et recommence sa recherche. L'exécution ne commence que lorsque le pointeur a trouvé l'instruction **f LBL A**.**Exécution des instructions.** Le calculateur exécute les instructions dans leur ordre d'introduction – **g x²** à la ligne 002, **f π** en ligne 003 etc. – jusqu'à ce que le pointeur rencontre une instruction **g RTN**, **R/S** ou la fin de la mémoire occupée. Dans le cas présent, l'exécution s'arrête à l'instruction **g RTN** de la ligne 005 et le calculateur place le pointeur sur la ligne 000. Le résultat du calcul est affiché dans le registre X. Dans les programmes ayant un temps d'exécution important, le calculateur fera clignoter **running** à l'affichage pendant l'exécution.

Fonctions non-programmables.

Lorsque le calculateur est en mode programme (indicateur **PRGM** affiché) presque toutes les fonctions du clavier peuvent être enregistrées comme instruction de programme. Les exceptions sont les fonctions suivantes:

f **CLEAR** **PRGM**
f **CLEAR** **PREFIX**
GTO **nnn**
ON

g **P/R**
g **MEM**
f **USER**

SST
g **BST**
◀

Fonctionnement en mode personnel – **USER**

Placez maintenant le calculateur en mode personnel et exécutez les exemples précédents ainsi que quelques fonctions.

Appuyez sur

f **USER**

Affichage
USER

Place le calculateur en mode personnel. L'indicateur **USER** apparaît.

7.5 **A**

176,7146

En mode personnel, les labels **A** à **E** deviennent les fonctions primaires de leurs touches respectives.

9 **A**

254,4690

15.3 **A**

735,4154

4 **f** **✓x**

2,0000

1 **f** **e^x**

2,7183

1 **f** **10^x**

10,0000

2 **ENTER**

2,0000

8 **f** **y^x**

256,0000

5 f 1/x

2,0000

f **USER**

2,0000

En mode **USER**, les fonctions mathématiques de la face supérieure des cinq premières touches du 1^{er} rang deviennent les fonctions secondaires avec préfixe **f** de leurs touches respectives.

Annule le mode **USER**.

Arrêts et pauses dans un programme

Deux touches ont été prévues pour interrompre le programme: **R/S** (run/stop) et **PSE** (pause). La première permet d'arrêter l'exécution du programme pour introduire des données. La seconde permet d'effectuer une pause pour afficher les résultats, puis de reprendre automatiquement le programme.

Arrêts programmés

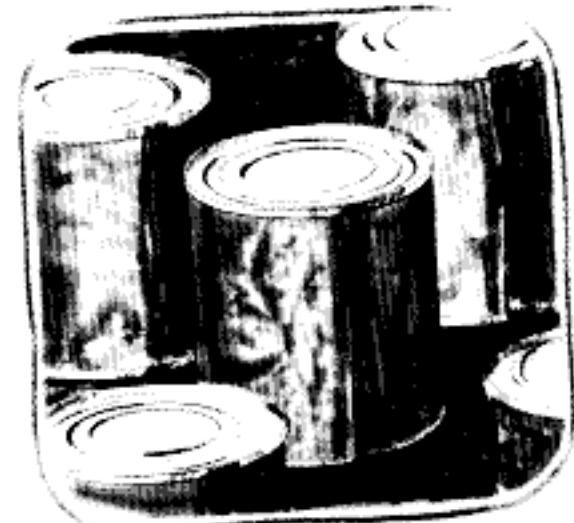
La fonction **R/S** (run/stop) peut être utilisée soit automatiquement (comme instruction dans un programme) soit manuellement, par pression d'une touche au clavier:

Si vous appuyez sur **R/S**:

1. Si un programme est en cours, il s'arrête.
2. Si un programme est arrêté ou n'a pas encore été lancé et que le calculateur est en mode calcul, l'exécution démarre. Elle commence à la première ligne de mémoire programme qui suit l'instruction **R/S**. Si vous appuyez sur **R/S** en mode calcul et que vous maintenez la touche enfoncée, l'écran affiche le numéro de ligne actuel et le code de la touche – si vous relâchez la touche, l'exécution commence à la ligne affichée.

Vous pouvez ainsi utiliser l'instruction **R/S** pour arrêter l'exécution d'un programme quand vous voulez introduire des données. La touche **R/S** vous sert ensuite à relancer le programme.

Exemple: Universal Tins, une fabrique de conserves, utilise des boîtes cylindriques de différentes tailles. Calculons le volume des différentes boîtes en notant d'abord la surface de la base de chacune d'elle.



Le programme ci-dessous calcule la surface de la base de chaque boîte, puis s'arrête. Une fois que vous avez noté les résultats, le programme repart pour calculer le volume, d'après la formule:

$$\text{Volume} = \text{surface de la base} \times \text{hauteur} = \pi r^2 \times h$$

Le rayon (r) et la hauteur (h) de la boîte doivent être introduits dans les registres X et Y , respectivement, avant l'exécution du programme.

Pour enregistrer ce programme, placez le HP-11C en mode programme puis entrez les instructions suivantes du programme:

Appuyez sur **Affichage**

g P/R
f CLEAR PRGM **000—**

Affichage

000—
000—

Effacement de la mémoire programme et affichage de la ligne 000.

f LBL A	001—42.21.11	
g x²	002— 43 11	Elévation du rayon au carré.
f π	003— 42 16	Introduction de π dans X .
x	004— 20	Calcul de la surface de la base.
R/S	005— 31	Arrêt pour noter la surface.
x	006— 20	Calcul du volume final.
g RTN	007— 43 32	

Placez le HP-11C en mode calcul. A l'aide du programme, complétez le tableau ci-dessous:

Hauteur	Rayon	Surface de base	Volume
25	10	?	?
8	4,5	?	?

Appuyez sur **Affichage**

g P/R
25 ENTER↑ **0,0000**

Affichage

25,0000

Introduction de la hauteur dans Y . Introduction du rayon dans X et calcul de la surface.

10 f A **314,1593**

Arrêt du programme pour affichage de la surface. Calcul du volume de la première boîte.

8 ENTER↑

8,000

Introduction de la hauteur dans Y . Introduction du rayon dans X et calcul de la surface.

4,5 f A

63,6173

Arrêt du programme pour affichage de la surface.

R/S

508,9380

Calcul du volume de la deuxième boîte.

La hauteur étant introduite dans le registre Y et le rayon dans le registre X , vous pouvez calculer la surface de la base de la boîte en appuyant sur **A** en mode calcul. Le programme s'arrête dès qu'il rencontre une instruction **R/S**. Vous devez alors appuyer sur **R/S** pour calculer le volume de la boîte. Après ce calcul, le programme se repositionne sur 000 et s'arrête. Pour l'introduction de données en cours de programme voir pages 205 et 210 dans la troisième partie de ce manuel.

Pause durant l'exécution

L'instruction **f PSE** au milieu d'un programme interrompt momentanément l'exécution du programme pour afficher les résultats obtenus. La reprise du programme est automatique. La pause dure environ 1 seconde mais elle peut être prolongée par plusieurs instructions **f PSE** successives.

Pour montrer l'utilisation de **f PSE** dans un programme, nous allons modifier le programme du volume des cylindres de l'exemple précédent. Dans le nouveau programme, nous afficherons rapidement la surface de la base avant de calculer le volume. Cet exemple va également montrer qu'en programmation il peut exister différentes solutions pour résoudre le même problème.

Pour entrer le programme, positionnez le HP-11C en mode programme et appuyez sur **f CLEAR PRGM** afin d'effacer la mémoire programme et d'afficher la ligne 000. Entrez ensuite les instructions du programme.

R/S **7,853,9816**

Appuyez sur

g P/R
f CLEAR PRGM
f LBL A
g x²
f π

Affichage

000—

000—

001—42.21.11

002— 43 11

Elévation au carré du rayon placé dans le registre X . Introduction de π dans X .

003— 42 16

<input type="checkbox"/>	004—	20	Calcul de la surface de la base.
<input checked="" type="checkbox"/> PSE	005—	42 31	Pause d'une seconde pour afficher la surface de la base.
<input type="checkbox"/>	006—	20	Calcul du volume de la boîte.
<input checked="" type="checkbox"/> RTN	007—	43 32	

Comme dans l'exemple précédent, la hauteur et le rayon doivent avoir été introduits au préalable dans les registres **Y** et **X** respectivement. Les instructions ayant été chargées en mémoire, positionnez le HP-11C en mode programme et remplissez le tableau suivant à l'aide du nouveau programme:

Hauteur	Rayon	Surface de la base	Volume
20	15	?	?
10	5	?	?

Appuyez sur Affichage

9 P/R	20.0000	Introduction de la hauteur dans Y .
20 ENTER		Introduction du rayon dans X et calcul.
15 f A	706,8583	Affichage de la surface de la base pendant une seconde.
	14.137,1669	Arrêt du programme, affichage du volume.
10 ENTER	10.0000	Introduction de la 2 ^e hauteur dans Y et du rayon dans X . Calcul.
5 f A	78,5398	Affichage de la surface de la base pendant une seconde.
	785,3982	Arrêt du programme, affichage du volume.

Arrêts imprévus

Il se peut qu'une erreur se soit glissée dans votre programme et arrête son exécution. Votre calculateur peut par ailleurs s'arrêter au milieu d'un programme pour plusieurs raisons:

Exécution de 9 RTN

Chaque fois qu'il exécute 9 RTN dans un programme, le calculateur retourne à la ligne 000 et s'arrête. À la rencontre d'une instruction RTN à la fin d'un sous-programme, le calculateur retourne au point de branchement original de la mémoire programme.

Si la dernière instruction présente en mémoire programme n'est pas une instruction GTO, GSB, RTN ou R/S, et n'est pas dans un sous-programme, le programme exécuté va rencontrer la fin de la mémoire programme occupée. Il retourne alors immédiatement à la ligne 000 et s'arrête.

Pression d'une touche quelconque

La pression d'une touche quelconque arrête l'exécution du programme.

Par contre, au milieu d'une séquence de chiffres, le calculateur ne s'arrête jamais. Si vous appuyez sur une touche pendant qu'un programme introduit un nombre dans le registre **X**, tout le nombre est écrit et le programme exécute la ligne suivante avant de s'arrêter.

Vous pouvez relancer un programme à l'aide de la touche R/S en mode calcul. Quand vous appuyez sur R/S, le programme reprend à l'endroit où il s'est arrêté comme si rien ne s'était passé.

Arrêts dûs à une erreur

Si le calculateur tente d'exécuter une opération qui est source d'erreur (voir «Messages d'erreurs», Annexe A) pendant l'exécution d'un programme, le programme s'arrête immédiatement et le calculateur affiche le mot **Error** accompagné d'un chiffre. Pour connaître le numéro de ligne et le code de touche de l'instruction en erreur, vous pouvez passer en mode programme en appuyant sur une touche quelconque puis sur 9 P/R.

Calculs avec dépassement de capacité

L'affichage vous renseigne à tout instant sur les raisons d'un arrêt éventuel du programme. Si le programme s'arrête parce que le résultat d'un calcul effectué dans le registre **X** est un nombre supérieur à

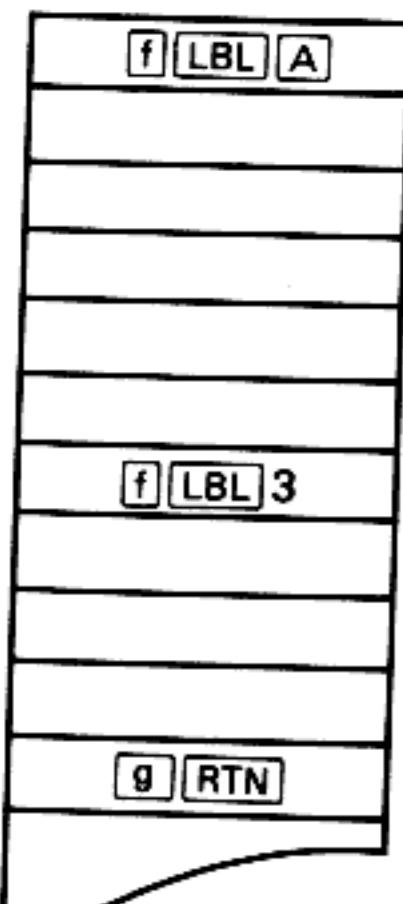
$9.999999999 \times 10^{99}$, l'écran n'affiche que des 9 et un signe. Pour connaître la raison de l'arrêt, il suffit alors de passer en mode programme et de regarder le code de touche affiché sur l'écran.

Si l'opération arithmétique lancée dans un registre mémoire dépasse la capacité du registre, le calculateur s'arrête et affiche **Error 1**. Le nombre présent dans le registre concerné reste inchangé. Quand vous effacez le message d'erreur, l'écran affiche le nombre précédent.

Si le résultat d'un calcul est un nombre inférieur à $1.000000000 \times 10^{-99}$, le nombre est remplacé par un zéro et le programme en cours se poursuit normalement. On appelle cela un dépassement inférieur de capacité.

Labels

Les labels utilisés dans votre programme servent d'adresses. Ils indiquent le début ou le point de reprise de l'exécution du programme. A l'intérieur d'un programme, le label est ignoré et le programme se poursuit normalement. Par exemple, dans le segment de programme ci-dessous, si vous appuyez sur **f LBL A**, l'exécution commence à **f LBL A** et continue en descendant dans la mémoire programme, saute l'instruction **f LBL 3**, poursuit jusqu'à **RTN** et, après exécution de **RTN**, retourne à la ligne 000 et s'arrête.



Début du programme... si vous appuyez sur **f A**.

Déroulement du programme...

avec saut de **f LBL 3** qui est «passante»...

jusqu'à **RTN** qui provoque un retour à la ligne 000 et arrêt.

Mise au point des programmes

Même les programmeurs les plus expérimentés font quelques erreurs dans leurs programmes: formules initiales erronées, fautes de frappe, etc., qu'il faut donc identifier et corriger. La conception du HP-11C facilitera votre travail dans ce domaine.

Un programme utilisant des registres de stockage (indicateurs binaires ou modes trigonométriques) risque de générer des erreurs si certaines de ces informations, lors de l'exécution du programme, sont incorrectes. Toutefois, vous pouvez éliminer ce risque d'erreur grâce à la procédure d'«initialisation»: effacement et remise à l'état initial. Une méthode d'initialisation d'un programme consiste à effacer puis à remettre à zéro les instructions à partir du clavier, avant le début de l'exécution du programme. Une autre méthode consiste à créer un programme incluant une séquence d'initialisation, c'est-à-dire comprenant toutes les instructions nécessaires au début du programme.

Recherche d'erreur

L'une des techniques les plus faciles pour tester un programme consiste à l'exécuter avec des données connues pour lesquelles vous pouvez aisément déterminer la réponse par d'autres méthodes. Vous pouvez aussi tester ses réponses près des limites d'applications et en vérifier la précision. Pour certains types de calculs, vous pouvez même tester les réponses du programme pour des données illicites. Pour vérifier la séquence d'initialisation, exécutez le programme plusieurs fois en ayant chargé les registres de données avec des valeurs non significatives, avec différentes unités d'angle, avec les indicateurs armés puis désarmés.

La conception des techniques de mise au point de votre HP-11C permet l'accès rapide et aisément à tout segment du programme pour modification, recherche d'erreur ou documentation. Si l'exécution s'arrête à cause d'une erreur ou d'un dépassement de capacité, vous pouvez simplement effacer le message d'erreur et placer le HP-11C en mode programme pour voir le numéro de ligne et le code de l'instruction ayant provoqué l'erreur. Si vous suspectez une erreur dans un segment de programme vous pouvez vérifier l'exécution pas à pas puis utiliser les autres caractéristiques de mise au point pour effectuer les modifications nécessaires.

Fonctions de mise au point

Le HP-11C comporte les quatre fonctions non programmables suivantes pour la mise au point et la manipulation de programmes:

SST **BST** **GTO** **• nnn** **◀**

Exécution pas à pas

En mode programme:

Lorsque vous appuyez et relâchez la touche **SST**, le pointeur se déplace à la ligne suivante et le calculateur affiche son contenu. Si vous maintenez **SST** enfoncée, le calculateur affiche successivement chaque ligne jusqu'à ce que vous relâchiez la touche. Les instructions ne sont pas exécutées.

000—
001—**SST**
001—42.21.11

En mode calcul:

Lorsque vous appuyez sur la touche **SST**, le calculateur affiche la ligne suivante et l'exécute lorsque vous relâchez la touche.

Retour à la ligne précédente

La séquence **g BST** permet au calculateur d'afficher pas à pas ou successivement les lignes de programme en remontant dans la mémoire à l'inverse de **SST** (les instructions ne sont pas exécutées).

002— 43 13
g BST
001—42.21.11

Positionnement sur une ligne

La séquence **GTO** **• nnn** en mode calcul ou programme, positionne le pointeur sur la ligne de numéro nnn, ce qui est beaucoup plus rapide que le positionnement par **SST** dans les longs programmes lorsque vous connaissez l'emplacement de l'instruction à modifier, supprimer ou ajouter. En mode calcul uniquement, l'instruction **GTO** suivie d'un label positionne le pointeur sur le label spécifié.

Touche correction

En mode programme, la touche **◀** supprime de la mémoire la ligne affichée. Les instructions suivantes sont automatiquement décalées d'une ligne vers le haut. En mode calcul, la touche **◀** n'affecte pas la mémoire programme mais le contenu du registre **X** à l'affichage (cf. page 20).

Exemple de mémoire programme

	Avant pression de ◀ :	Après pression de ◀ :
(Affichage)	001—42.21.11	001—42.21.11 (Affichage)
	002— 43 13	002— 23
	003— 23	003— 45 0
	004— 45 0	004— 45 1
	005— 45 1	

Exemple de mise au point

Commencez par charger le programme suivant qui utilise le théorème de Pythagore pour calculer la longueur de l'hypoténuse d'un triangle rectangle en fonction de celle de ses côtés. La formule est la suivante: $c = \sqrt{a^2 + b^2}$. On suppose la valeur a dans le registre **Y** et la valeur b dans **X**.



Tout d'abord, placez le HP-11C en mode programme.

Appuyez sur	Affichage	
f CLEAR PRGM	000—	Efface la mémoire programme.
f LBL E	001—42.21.15	Label du programme.
g x²	002— 43 11	Carré du côté b .
x[≥]y	003— 34	Intervertit a et b^2 .
g x²	004— 43 11	Carré du côté a .
+	005— 40	Somme des carrés ($a^2 + b^2$).
√x	006— 11	Racine carrée de la somme.
g RTN	007— 43 32	

Placez le calculateur en mode calcul.

Pour tester le programme, calculer l'hypoténuse d'un triangle rectangle de côtés 22 unités et 9 unités.

Appuyez sur Affichage

9 [P/R]	
22 [ENTER]	22,0000
9	9
f [E]	23,7697

Exécution pas à pas

Dans les grands programmes, un résultat erroné mettra rarement en valeur l'erreur. Il vous faudra, dans ces cas-là, exécuter le programme pas à pas en mode calcul.

L'exécution pas à pas commence à la ligne sur laquelle se trouve le pointeur. L'instruction **RTN** à la fin du programme ayant positionné le pointeur sur la ligne 000 lors de la dernière exécution, il suffit maintenant d'introduire les valeurs des variables et de commencer l'exécution en appuyant sur **SST**. L'exécution d'une instruction a lieu dès que vous relâchez la touche **SST**; il faut donc maintenir celle-ci enfoncée le temps de voir ce que chaque ligne de programme contient.

Appuyez sur Affichage

22 [ENTER]	22,0000	Introduction de <i>a</i> dans le registre Y .
9	9	Introduction de <i>b</i> dans le registre X .
SST	001–42.21.15	Ligne 001, code de l'instruction f [LBL] [E] .
	9,0000	L'instruction est exécutée lorsque vous relâchez SST .
SST	002– 43 11	Code de g [x²] .
	81,0000	Exécution.
SST	003– 34	Code de x ≈ y .
	22,0000	
SST	004– 43 11	Code de g [x²] .
	484,0000	
SST	005– 40	Code de + .
	565,0000	
SST	006– 11	Code de √x .

SST

23,7697
007– 43 32

Code de **g [RTN]**.

Le programme est fini; le pointeur va à la ligne 000.

23,7697

Nota: La touche **SST** ne déplace pas le pointeur dans les lignes inoccupées de la mémoire. Si la dernière ligne occupée n'est pas un **GTO** ou **GSB** et que vous y effectuez un **SST**, le calculateur positionnera le pointeur à la ligne 000. Dans le cas d'un **GTO** ou d'un **GSB**, le branchement sera effectué.

Utilisation de **SST** et **BST** en mode programme

En mode programme, lorsque vous appuyez puis relâchez la touche **SST**, le calculateur affiche la ligne de programme suivante. Aucune exécution n'a lieu. Il en est de même pour **BST** avec la ligne de programme précédente.

Appuyez sur

9 [P/R]

Affichage

000–

Place le HP-11C en mode programme.

SST

001–42.21.15

SST

002– 43.11

SST

003– 34

SST

004– 43.11

SST

005– 40

SST

006– 11

SST

007– 43 32

9 [P/R]

23,7697

Remet le HP-11C en mode calcul.

Visualisation rapide. En mode programme, si vous maintenez la touche **SST** ou **BST** enfoncée, le calculateur affiche successivement chaque ligne de programme (la première pendant environ 2 secondes, puis une demi-seconde pour les suivantes).

Modification d'un programme

Pour illustrer l'utilisation des possibilités de mise au point du HP-11C, modifiez le programme précédent de façon qu'il affiche automatiquement le contenu du registre X à certains moments. Pour cela, insérez une instruction **f PSE** aux endroits indiqués ci-dessous.

Appuyez sur Affichage

g P/R	001- 42.21.15
f CLEAR PRGM	002- 43 11
f LBL E	003- 34
g x²	004- 43 11
x ≥ y	005- 40
g x²	006- 11
+	007- 43 32
√x	
g RTN	

Insérez une instruction **f PSE** après chacune de ces trois instructions.

Insertion d'instruction. Vous pouvez insérer de nouvelles instructions à n'importe quel endroit de la mémoire programme occupée.

Procédure:

1. Placez le calculateur en mode programme.
2. Positionnez le pointeur sur la ligne précédent celle où vous voulez effectuer l'insertion.
3. Introduisez la nouvelle instruction. Cette instruction sera chargée dans la ligne suivant celle du pointeur. Toutes les instructions suivantes seront automatiquement décalées d'une ligne vers le bas.

Chaque nouvelle instruction provoquant une renumérotation des lignes suivantes, vous simplifierez vos modifications en commençant par la ligne la plus proche de la fin du programme.

Exemple: Pour insérer une instruction **f PSE** après l'instruction **+**:

Appuyez sur Affichage

GTO • 005	005- 40
f PSE	006- 42 31

Place le pointeur sur la ligne 005 précédent celle où doit apparaître **PSE**.

Le contenu de la mémoire programme est passé

de à

001- f LBL E	001- f LBL E
002- g x²	002- g x²
003- x ≥ y	003- x ≥ y
004- g x²	004- g x²
005- +	005- +
006- √x	006- f PSE
007- g RTN	007- √x
	008- g RTN

Instruction **f PSE** insérée. Toutes les instructions suivantes sont décalées d'une ligne vers le bas.

L'insertion suivante ayant lieu à la ligne précédente, il est plus rapide d'utiliser **BST** que **GTO** pour positionner le pointeur.

Appuyez sur

g BST
g BST
f PSE

Affichage

005- 40
004- 43 11
005- 42 31

Insère une instruction PAUSE après la ligne 004.

Le contenu de la mémoire programme est passé

de à

001- f LBL E	001- f LBL E
002- g x²	002- g x²
003- x ≥ y	003- x ≥ y
004- g x²	004- g x²
005- +	005- f PSE
006- f PSE	006- +
007- √x	007- f PSE
008- g RTN	008- √x
	009- g RTN

Instruction **f PSE** insérée. Toutes les instructions suivantes sont décalées d'une ligne vers le bas.

Utilisez à nouveau **GTO** pour la dernière insertion.

Appuyez sur

GTO • 002
f PSE

Affichage

005— 42 31
002— 43 11
003— 42 31

Insère une instruction
PAUSE après la ligne 002.

Le programme modifié est maintenant celui de droite. Vous pouvez utiliser la fonction **SST** en mode programme pour vérifier que votre programme correspond bien à celui ci-contre. Réexécutez le programme avec les mêmes valeurs de variables.

Appuyez sur

f LBL E
g x²
f PSE
x ≥ y
g x²
f PSE
+
f PSE
√x
g RTN

Affichage

001—42,21,15
002— 43 11
003— 42 31
004— 34
005— 43 11
006— 42 31
007— 40
008— 42 31
009— 11
010— 43 32

Appuyez sur**g P/R****Affichage**

Place le calculateur en mode calcul.

22 **ENTER**

9

f E

22,0000

9

81,0000

484,0000

565,0000

23,7697

Pause pour afficher b^2 .
Pause pour afficher a^2 .
Pause pour afficher $a^2 + b^2$.
Résultat final, c .

Insertion d'instructions dans les grands programmes. Si les 203 lignes de programme sont déjà occupées, le calculateur n'acceptera pas de nouvelles instructions. En cas de tentative de votre part, il affichera **Error 4** et ne modifiera pas la mémoire (cf. Attribution automatique de la mémoire, page 73).

Suppression d'instructions. Bien souvent, au cours de la modification d'un programme, vous devez supprimer une ou plusieurs instructions. Pour cela vous pouvez utiliser les fonctions **GTO**, **SST** et **BST** pour placer le pointeur sur l'instruction à supprimer, puis **←** en mode programme pour supprimer l'instruction. Dans ce cas toutes les instructions suivantes sont décalées d'une ligne vers le haut. Le calculateur affiche ensuite la ligne précédent celle supprimée.

Exemple: Pour modifier le programme précédent de façon à ne laisser que la pause permettant de visualiser la somme des carrés, vous devez supprimer les instructions **f PSE** des lignes 003 et 006.

Appuyez sur**g P/R****GTO** • 006**←****GTO** • 003**←****Affichage**

000—

006— 42 31

005— 43 11

003— 42 31

002— 43 11

Calculateur en mode programme.
Positionne le pointeur en ligne 006.

Supprime l'instruction **f PSE**; le calculateur affiche la ligne précédente.

Positionne le pointeur en ligne 003.

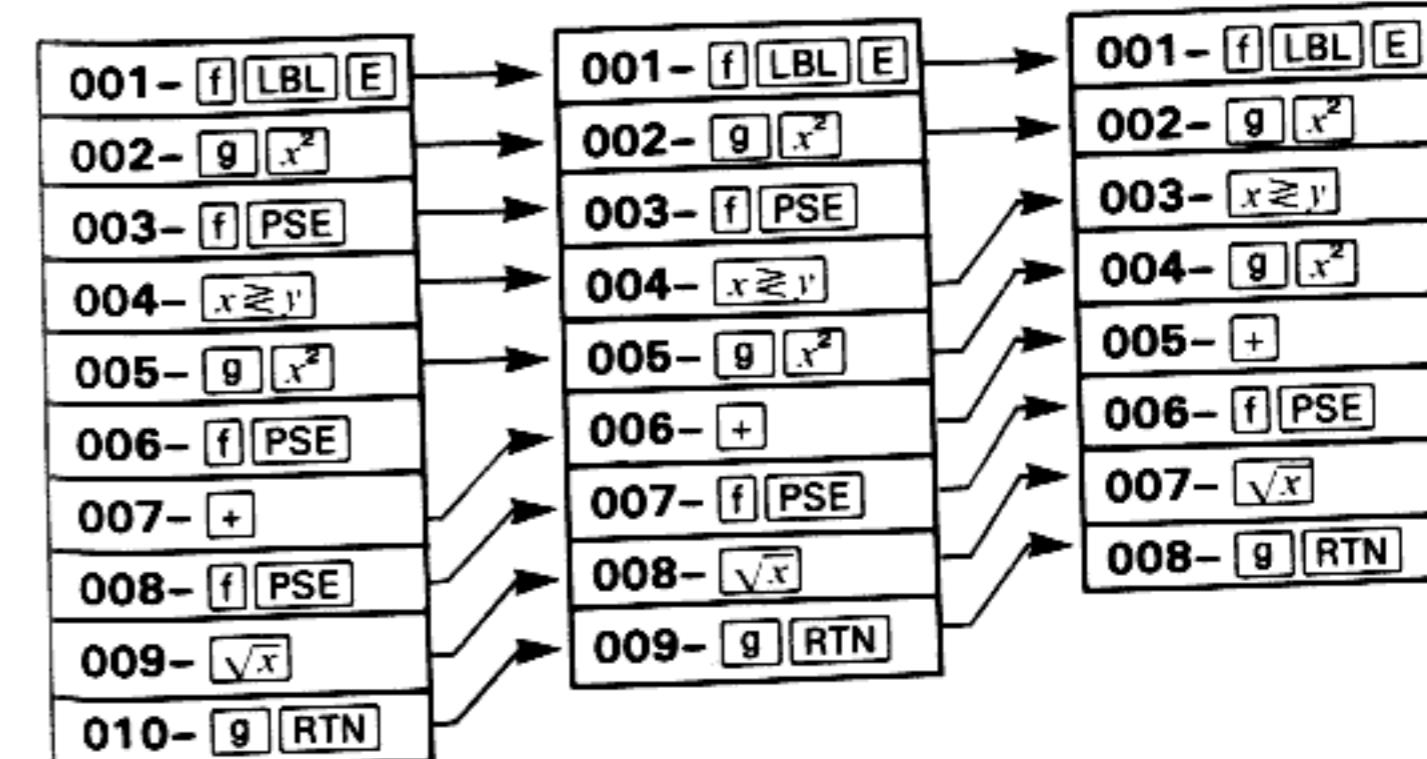
Supprime l'instruction **f PSE**; le calculateur affiche la ligne précédente (002).

Le contenu de la mémoire programme est passé

de

à

puis à



Le programme n'effectue plus qu'une pause pour afficher la somme des carrés puis il calcule l'hypoténuse et l'affiche.

Exécutez le programme pour un triangle dont les deux petits côtés ont pour valeur 17 et 34.

Appuyez sur	Affichage
9 P/R	
17 ENTER 34	34
f E	1.445,0000
	38,0132

HP-11C en mode calcul.

Somme des carrés.

Hypoténuse.

Lors de la suppression d'instructions de programme de plus de 63 lignes, le processus de réattribution automatique de la mémoire fonctionne à rebours. Par exemple, la suppression d'une instruction d'un programme de 71 lignes provoque la réattribution des lignes 71 à 77 au stockage des données (registre R_8) – cf. Réattribution automatique de la mémoire, page 73.

Problèmes

1. Le programme suivant calcule la valeur acquise par des placements, suivant la formule: $FV = PV(1 + i)^n$ où PV représente la valeur initiale du capital, FV sa valeur acquise, n le nombre de périodes et i le taux d'intérêt. En supposant que PV soit placé dans le registre Y et n dans le registre X , nous aurions le programme suivant pour un taux d'intérêt constant de 7,5% par an (0,075 pour 1):

T \rightarrow	
Z \rightarrow	
Y \rightarrow	PV
X \rightarrow	n

Appuyez sur	Affichage
g P/R	
f LBL A	001-42.21.11
f FIX 2	002-42. 7. 2
1	003- 1
.	004- 48
0	005- 0
7	006- 7
5	007- 5
x \geq y	008- 34
y ^x	009- 14
x	010- 20
g RTN	011- 43 32

Intérêts

$$(1 + i)^n$$

$$PV(1 + i)^n$$

- Chargez le programme dans le calculateur.
 - Calculez la valeur acquise pour 1000 F placés pendant 5 ans (réponse: 1.435,63 F) et pour 2300 F placés pendant 4 ans (réponse: 3.071,58 F).
 - Modifiez le programme en faisant varier le taux d'intérêt de 7,5 à 8% par an.
 - Calculez avec le nouveau programme la valeur acquise pour 500 F placés pendant 4 ans et pour 2000 F placés pendant 10 ans. (Réponses: 680,24 et 4.317,85 F.)
2. Le programme suivant calcule la durée de chute d'un objet tombant d'une hauteur donnée (la résistance de l'air est considérée comme négligeable).

Après avoir introduit la hauteur h dans le registre X , on appuie sur la touche **B** et le calculateur affiche le temps de chute t en secondes. La formule employée est la suivante:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{9.8 \text{ m/s}^2}}$$

- Annulez tous les anciens programmes, remettez le calculateur en mode d'affichage **FIX 4** et chargez le programme suivant:

Appuyez sur	Affichage
f CLEAR PRGM	000-
f LBL B	001-42.21.12
2	002- 2
x	003- 20
9	004- 9
.	005- 48
8	006- 8
+	007- 10
\sqrt{x}	008- 11
g RTN	009- 43 32

- Calculez la durée de chute d'une pierre tombant du haut de la Tour Eiffel, (300,51 m) et d'un dirigeable évoluant à une hauteur de 1000 m. (réponses: 7,8313 secondes; 14,2857 secondes).

- c. Modifiez le programme pour qu'il convienne à des hauteurs exprimées en pieds. La formule devient:

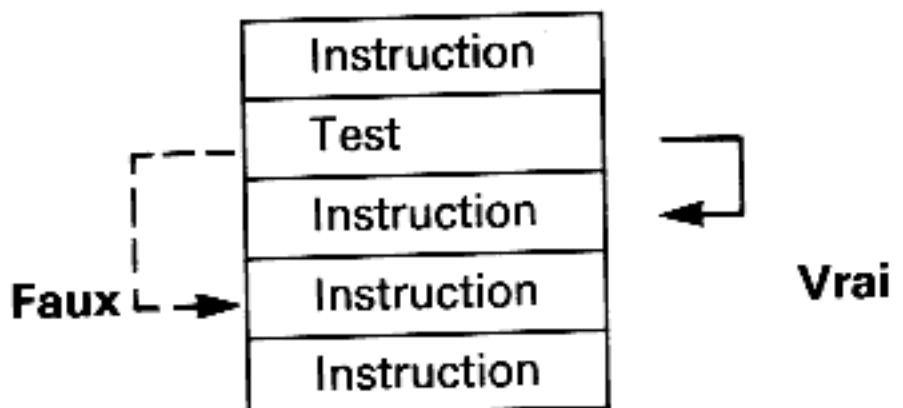
$$t = \sqrt{\frac{2h}{32,1740 \text{ ft/s}^2}}$$

- d. Utilisez ce programme pour connaître la durée de chute d'une pierre depuis un barrage haut de 550 pieds et depuis le gratte-ciel du World Trade Center de New York, haut de 1350 pieds. (Réponses: 5,8471 secondes t 9,1607 secondes.)

Contrôle et décisions

Tests conditionnels

Les huit tests conditionnels du HP-11C sont des tests binaires utilisés dans un programme par le HP-11C pour prendre une décision. Lorsque le résultat du test est vrai, l'exécution continue avec l'instruction suivante. Si le résultat est faux, le pointeur saute l'instruction suivante et l'exécution reprend ensuite.



Les tests du HP-11C comparent le contenu du registre **X** à celui de **Y** ou à zéro:

f **x** ≤ **y**

la valeur du registre **X** est-elle égale ou inférieure à celle du registre **Y**?

f **x** > **y**

la valeur du registre **X** est-elle supérieure à celle du registre **Y**?

f **x** ≠ **y**

la valeur du registre **X** est-elle différente de celle du registre **Y**?

f **x** = **y**

la valeur du registre **X** est-elle égale à celle du registre **Y**?

g **x** < 0

la valeur du registre **X** est-elle inférieure à 0?

g **x** > 0

la valeur du registre **X** est-elle supérieure à 0?

g **x** = 0

la valeur du registre **X** est-elle égale à 0?

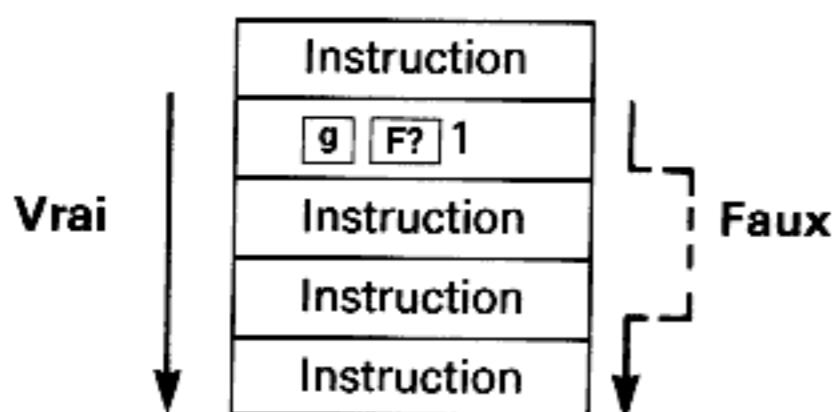
g **x** ≠ 0

la valeur du registre **X** est-elle différente de 0?

Indicateurs binaires

Les indicateurs binaires constituent un autre type de test décisif dans un programme. Un indicateur est à tout moment soit armé (faux) soit désarmé (vrai); un programme peut en tester l'état et prendre une décision en fonction du résultat du test de la même façon qu'avec les autres tests.

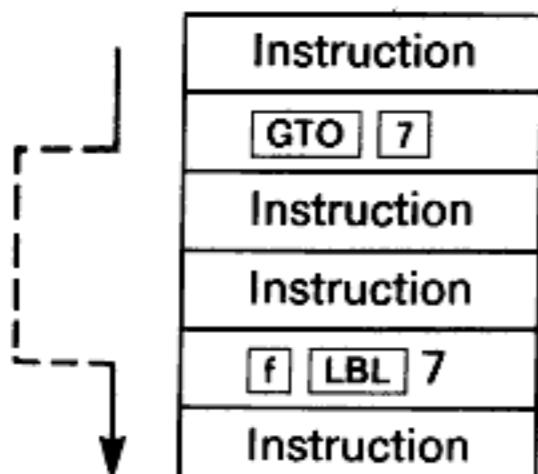
Votre HP-11C dispose de deux indicateurs (0 et 1). La pression de **g SF** suivie du chiffre adéquat permet d'armer un indicateur, la séquence **g CF** n de le désarmer et **g F?** n de le tester.



Un indicateur armé par un ordre **g SF** n, le reste jusqu'à effacement par un ordre **g CF** n ou réinitialisation de la mémoire permanente.

Contrôle de l'exécution

L'instruction **GTO** utilisée précédemment pour positionner le pointeur à une ligne spécifique du programme en vue d'une modification sert aussi à transférer l'exécution à un label dans la mémoire. Dans un programme, **GTO** est suivi d'un label numérique ou alphabétique.



Lorsque le pointeur rencontre une instruction **GTO** label au cours d'un programme, le calculateur arrête momentanément l'exécution et cherche le label dans la mémoire (la recherche est conduite de la même façon que pour un positionnement manuel). L'exécution reprend à la première ligne rencontrée contenant ce label.

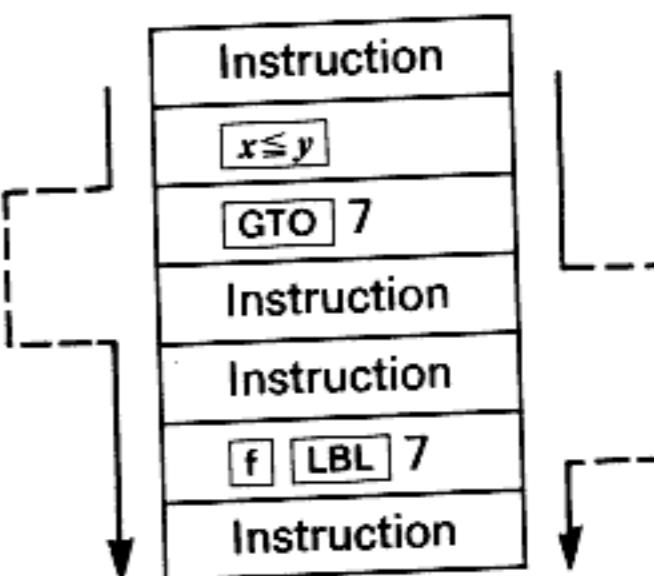
Branchements et boucles

Un **branchement inconditionnel** est simplement une instruction **GTO** toujours exécutée dans un programme pour transférer l'exécution à une autre partie de la mémoire quelles que soient les conditions. L'illustration précédente est typique d'un branchement inconditionnel par **GTO**.

Branchement conditionnel. Lorsque l'instruction **GTO** label est utilisée conjointement à un test comme dans l'illustration ci-dessous. Le branchement devient conditionnel, c'est-à-dire qu'il n'a lieu que si le test conditionnel précédent est vrai.

Branchement conditionnel

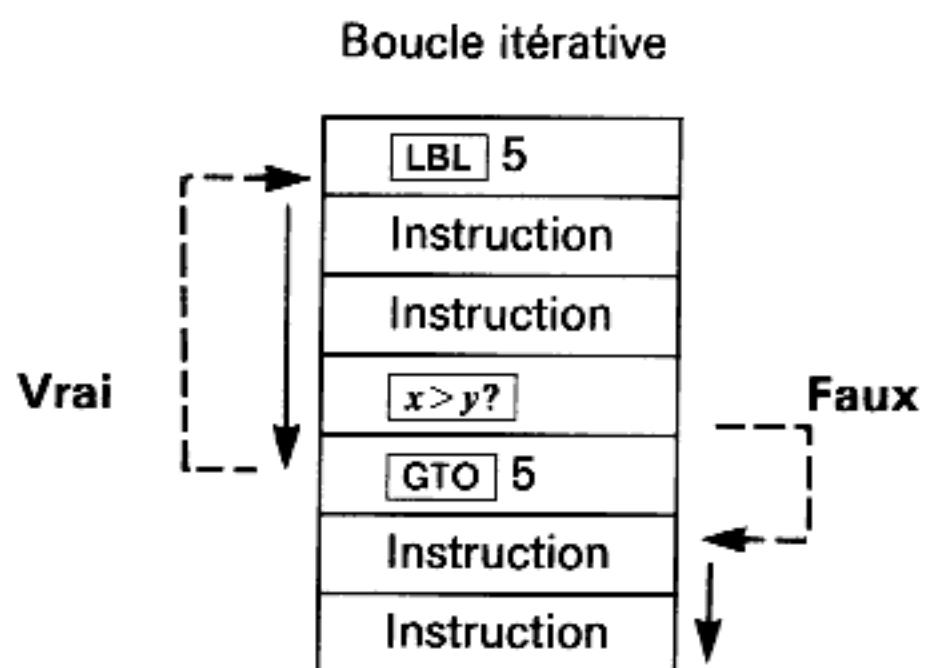
$(x \leq y)$ Faux $(x \leq y)$ Vrai



Lorsque le calculateur est en mode calcul, l'exécution de **GTO** label positionne le pointeur sur le label spécifié – il n'y a pas d'exécution. Cette caractéristique est particulièrement pratique lorsque vous désirez visualiser ou modifier les lignes qui suivent un certain label.

Une **boucle** est un cas particulier des branchements dans lequel une instruction **GTO** sert à exécuter successivement plusieurs fois la même séquence d'instructions. Ces boucles servent fréquemment pour des compteurs ou pour le calcul d'une série de résultats avec la même séquence d'instructions. La sortie de la boucle après un certain nombre d'exécutions est contrôlée par un branchement conditionnel.

Dans l'exemple ci-dessous, l'itération se poursuit tant que le résultat du test précédent le **GTO** est vrai. Lorsque le résultat devient faux, le pointeur saute l'instruction **GTO** et l'exécution reprend à l'instruction suivante. L'utilisation d'un branchement inconditionnel donne une boucle infinie.



Exemple: Le programme suivant calcule et affiche les racines carrées des nombres entiers de 1 à 10. Après le calcul et l'affichage de la racine carrée d'un nombre, un test **x>y** détermine si ce nombre était ou non inférieur à 10. Si oui, le HP-11C exécute une instruction **GTO 0** et la boucle se répète avec l'entier immédiatement supérieur. Si l'entier est supérieur ou égal à 10, le pointeur de programme saute l'instruction **GTO 0** et sort de la boucle. La boucle du programme suivant est comprise entre les lignes 004 et 015.

Appuyez sur

9 **P/R**
f **CLEAR PRGM**
f **LBL C**
0
STO 1

Affichage

000—
000—
001—42.21.13
002— 0
003— 44 1

Mode programme.
Efface la mémoire.

Label c.
Initialisation du registre 1.

004—42.21. 0	Début de la boucle.
005— 1	Incrémente le compteur.
006—44.40. 1	
007— 45 1	
008— 42 31	Affiche l'entier.
009— 11	Calcule la racine carrée.
010— 42 31	Affiche la racine carrée.
011— 43 36	Rappelle l'entier du registre LASTx.
012— 1	
013— 0	
014— 42 20	Compare l'entier à 10.
015— 22 0	Branchement à LBL 0 si entier < 10.
016— 43 35	Sinon, efface l'affichage et arrête l'exécution.
017— 43 32	Mode calcul.

Pour exécuter le programme, appuyez sur **f C**. Le calculateur affiche la suite des entiers de 1 à 10 avec leur racine carrée. A la fin du programme il affiche 0,0000.

Que se passe-t-il? Lorsque vous appuyez sur **f C**, le calculateur cherche l'instruction **f LBL C** dans la mémoire; dès que le pointeur se trouve sur cette instruction le HP-11C commence l'exécution jusqu'à la ligne 014, le test **x>y**. Si le résultat est vrai – c'est-à-dire si le dernier entier est inférieur à 10 – le HP-11C exécute le branchement **GTO 0** et le pointeur va à l'instruction **f LBL 0** en ligne 004 où l'exécution reprend pour une nouvelle boucle. Lorsque l'entier devient égal à 10, le test est faux, le pointeur saute l'instruction **GTO 0** et l'exécution s'arrête.

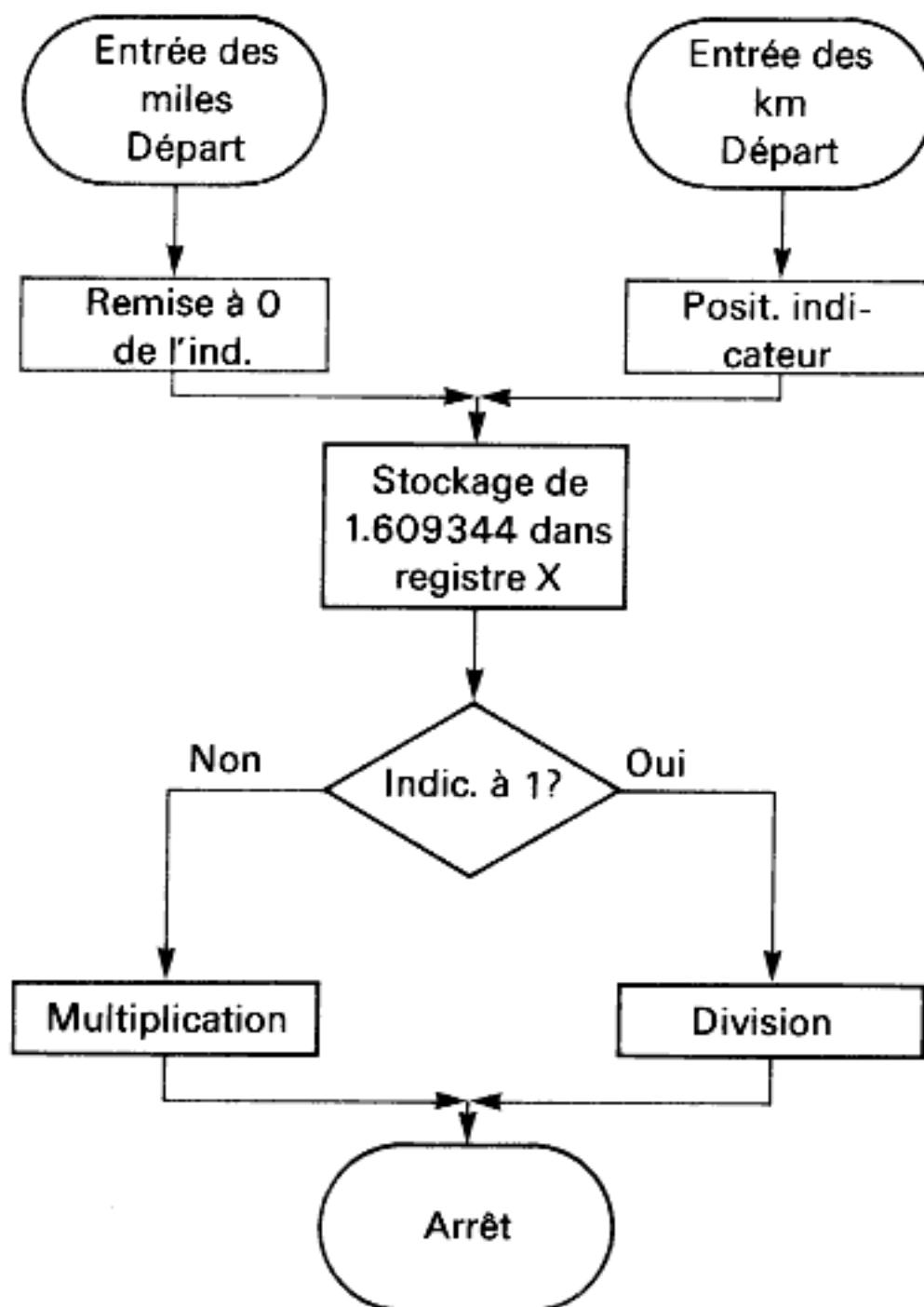
La troisième partie de ce manuel traite les boucles et les techniques de contrôle plus en détail, cf. page 206.

Problème: Rédigez un programme calculant et affichant les commissions sur ventes. Pour un montant inférieur à 500 F la commission est de 10%, au-dessus elle est de 15%. Utilisez un branchement conditionnel dans votre solution.

Utilisation des indicateurs binaires

De même que les tests $x:y$ et $x:0$, les indicateurs vous offrent la possibilité d'exécuter ou non une ligne de programme. Cependant, alors que les tests $x:y$ et $x:0$ comparent des valeurs, les indicateurs indiquent simplement un état. Si une instruction $\text{g } [\text{SF}] n$ est placée dans une branche d'un programme pour armer un indicateur, un test de celui-ci ($\text{g } [\text{F?}] n$) à tout autre endroit du programme indiquera au calculateur si cette branche du programme a déjà été exécutée.

Exemple: Le programme suivant convertit des distances de miles en kilomètres et réciproquement selon le label d'entrée. Le calculateur utilise l'état de l'indicateur 0 pour décider de la conversion à effectuer.



Appuyez sur	Affichage	
$\text{g } [\text{P/R}]$	000—	Mode programme.
$\text{f } [\text{CLEAR}]$	000—	Efface la mémoire.
$\text{f } [\text{LBL}]$ A	001—42.21.11	Label A pour une conversion miles \rightarrow km.
$\text{g } [\text{CF}]$ 0	002—43. 5. 0	Indique l'introduction en miles.
GTO 1	003— 22 1	Branchement inconditionnel à LBL 1.
$\text{f } [\text{LBL}]$ B	004—42.21.12	Label B pour une conversion km \rightarrow miles.
$\text{g } [\text{SF}]$ 0	005—43. 4. 0	Indique l'introduction en km.
$\text{f } [\text{LBL}]$ 1	006—42.21. 1	Partie de programme commune aux deux conversions.
1	007— 1	
+	008— 48	
6	009— 6	
0	010— 0	
9	011— 9	
3	012— 3	
4	013— 4	
4	014— 4	
$\text{g } [\text{F?}]$ 0	015—43. 6. 0	Test de l'indicateur 0.
GTO 2	016— 22 2	Si vrai \rightarrow LBL 2.
\times	017— 20	Si faux, conversion en km.
$\text{g } [\text{RTN}]$	018— 43 32	
$\text{f } [\text{LBL}]$ 2	019—42.21. 2	Conversion en miles.
+	020— 10	
$\text{g } [\text{RTN}]$	021— 43 32	
$\text{g } [\text{P/R}]$		Mode calcul.
Exécutez le programme pour convertir 26 miles en kilomètres et 1,5 km en miles.		
Appuyez sur	Affichage	
26	26	Introduction en miles.
$\text{f } [\text{A}]$	41,8429	Equivalent en km.
1.5	1,5	Introduction en km.
$\text{f } [\text{B}]$	0,9321	Equivalent en miles.

112 Contrôle et décisions

Que se passe-t-il? Lorsque vous introduisez une valeur et identifiez le type de conversion en appuyant sur **f A** ou **f B**, le calculateur arme ou désarme l'indicateur 0 puis exécute la partie commune du programme (commençant à **LBL 1**). Le calculateur teste ensuite l'indicateur 0; si celui-ci est armé, le pointeur va au **LBL 2**, le calculateur convertit la valeur de km en miles et l'exécution s'arrête. Si l'indicateur est désarmé, le pointeur saute le branchement à **LBL 2** et le calculateur convertit la valeur de miles en km puis arrête l'exécution. La fonction de l'indicateur est de dire au calculateur quel label a été utilisé et quel type de conversion doit être effectué.

L'utilisation des indicateurs est détaillée dans la troisième partie de ce manuel, page 208.

Chapitre 8

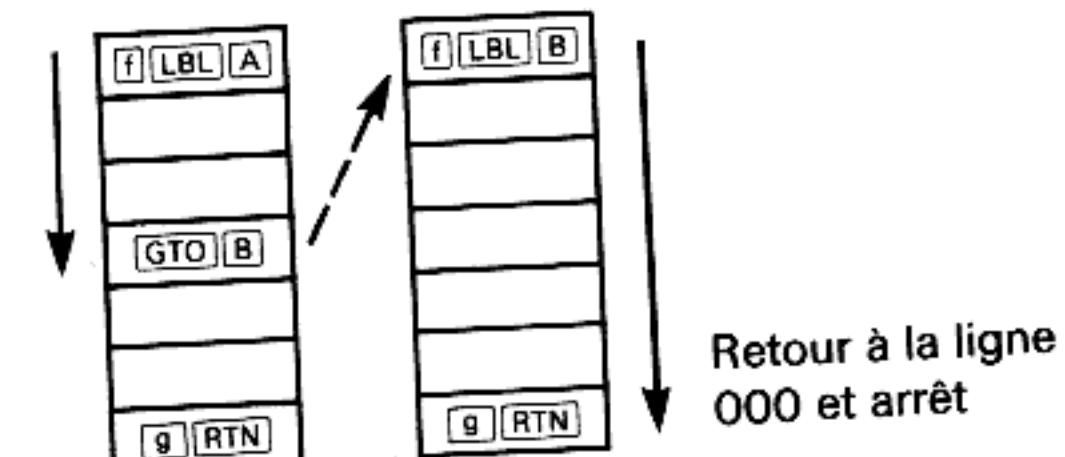
Sous-programmes

Les programmes contiennent souvent des séries d'instructions qui doivent être exécutées plusieurs fois au cours du même programme. Il est donc souvent judicieux de transformer ces séquences en sous-programmes et d'économiser ainsi la mémoire.

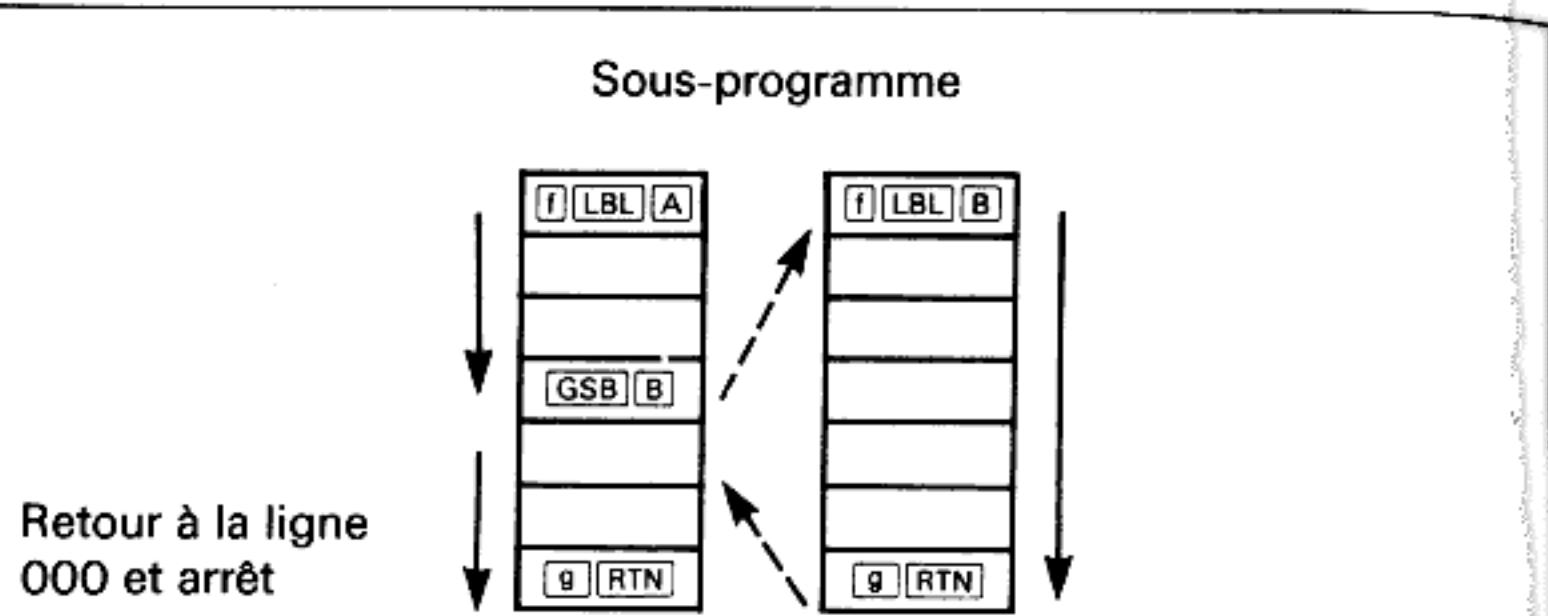
Branchement à un sous-programme

Le calculateur sait qu'une séquence d'instructions est un sous-programme lorsqu'elle est adressée par une instruction **GSB** suivi d'un label*. Le transfert d'exécution au label spécifié a lieu de la même façon qu'avec un **GTO**. Cependant, lors de l'exécution d'une instruction **GSB** dans un programme, le calculateur conserve une adresse de retour. L'instruction **RTN** suivante continue alors une fin de sous-programme et le calculateur transfère l'exécution à l'adresse de retour (numéro de la ligne où se trouve le **GSB** + 1). L'exécution reprend alors séquentiellement. Lors de l'exécution de l'instruction **RTN**, le calculateur efface l'adresse de retour. Comparez les illustrations suivantes.

Branchement



* Une instruction **GSB** suivie d'un label est une séquence abrégée, voir page 76.



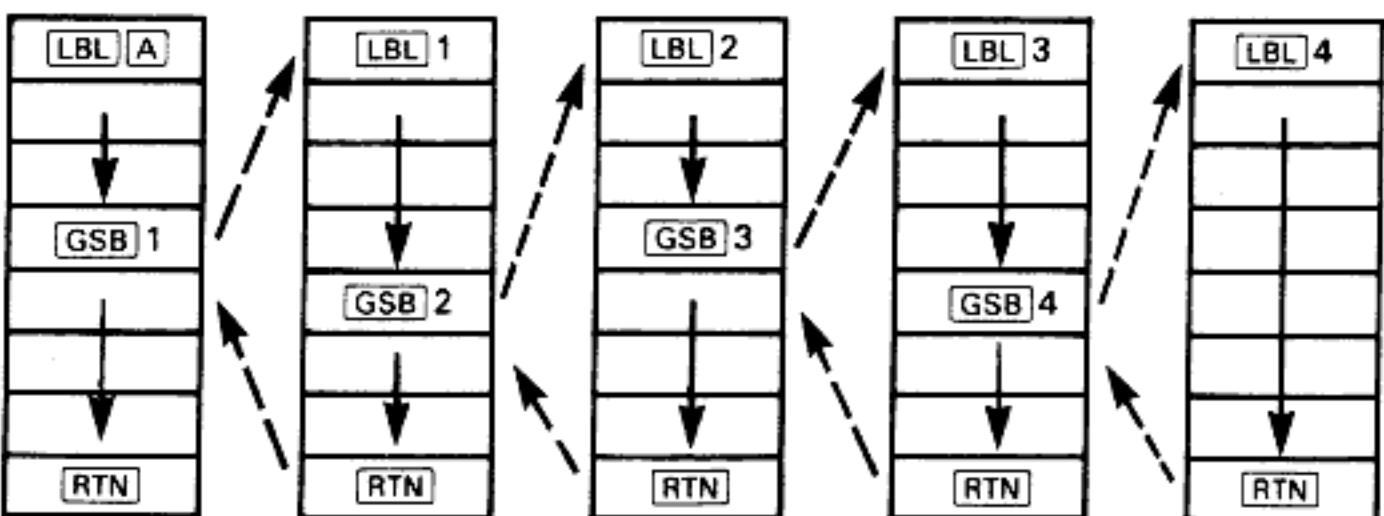
La seule différence, de grande importance, est le transfert de l'exécution à l'adresse de retour après l'instruction **RTN** dans le cas d'un sous-programme.

Après un **GTO**, une instruction **RTN** positionne le pointeur à la ligne 000 et arrête l'exécution. Après un **GSB**, une instruction **RTN** transfère le pointeur à l'instruction suivant le **GSB** et l'exécution continue.

Limites aux sous-programmes

Un sous-programme peut en appeler un autre. Cette imbrication de sous-programmes n'est limitée que par le nombre d'adresses de retour **RTN** que peut conserver le HP-11C à un instant donné – 4 –.

Programme principal

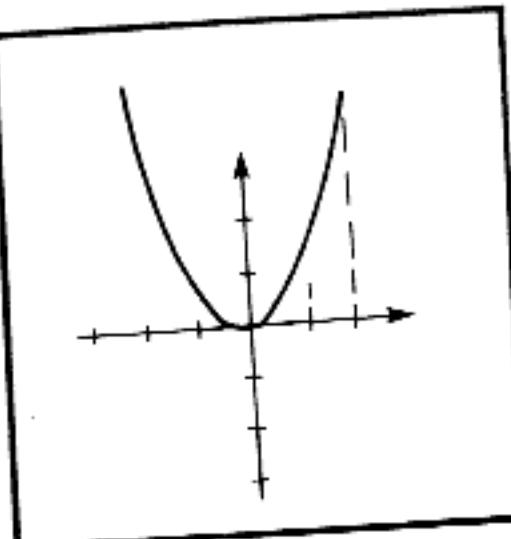


Le HP-11C peut traiter quatre niveaux d'imbrication. Si vous tentez de lui en faire accepter un cinquième, il s'arrête et affiche **Error 5**.

Nota: Le nombre de niveaux d'imbrication est limité à 4; néanmoins le nombre de sous-programmes non imbriqués ou de groupes de sous-programmes imbriqués n'est pas limité.

Utilisation des sous-programmes

Exemple: Rédigez un programme calculant la pente moyenne entre x_1 et x_2 sur la courbe ci-contre dont l'équation est $y = x^2 - \sin x$.



Solution: La pente moyenne est donnée par la formule

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{(x_2^2 - \sin x_2) - (x_1^2 - \sin x_1)}{x_2 - x_1}$$

Remarquez que la résolution demande deux fois le calcul de l'expression $x^2 - \sin x$ (pour x_1 et pour x_2). De ce fait, vous pouvez inclure dans votre programme un sous-programme utilisable pour les deux valeurs et qui économisera des lignes de mémoire.

Programme principal

```

001- f LBL C
002- STO 0
003- x ≥ 0
004- STO -0
005- GSB 0
006- CHS
007- x ≥ 0
008- GSB 0
009- +
010- RCL 0
011- ÷
012- g RTN

```

Sous-programme

```

013- f LBL 0
014- g x^2
015- g LSTx
016- SIN
017- -
018- g RTN

```

Le programme suppose le calculateur en mode **DEG**.

Lorsque vous appuyez sur **f C** avec x_1 dans le registre **Y** et x_2 dans le registre **X**, l'exécution commence en ligne 001. Lorsqu'à la ligne 005, le pointeur rencontre l'instruction **GSB 0**, il se positionne sur le label 0 en ligne 13 et l'exécution continue pour calculer y_1 . Si x_1 vaut 2 et x_2 vaut 3 l'illustration ci-dessous montre le calcul.

	001	002	003	004
T \rightarrow				
Z \rightarrow				
Y \rightarrow	2	2	3	3
X \rightarrow	3	3	2	2

Touches \rightarrow **f LBL C** **STO 0** **x₂** **STO - 0**
 x_1 dans **Y** x_2 dans **Echange** $x_2 - x_1$ dans **R₀**
 x_2 dans **X** **R₀**

	005	013	014	015
T \rightarrow				
Z \rightarrow				3
Y \rightarrow	3	3	3	4
X \rightarrow	2	2	4	2

Touches \rightarrow **GSB 0** **f LBL 0** **g x₁²** **g LSTx**
 x_1 dans **Y** x_1^2 dans **X**
 x_1 dans **X** au label 0

	016	017	018	006
T \rightarrow				
Z \rightarrow	3			
Y \rightarrow	4	3	3	3
X \rightarrow	0.0349	3.9651	3.9651	-3.9651

Touches \rightarrow **SIN** **g RTN** **CHS**
 $\sin x_1$ $x_1^2 -$ $\sin x_1$ $-(x_1^2 -$
 $\sin x_1)$
 $= y_1$

	007	008	013	014
T \rightarrow				
Z \rightarrow				
Y \rightarrow	-3.9651	-3.9651	-3.9651	-3.9651
X \rightarrow	3	3	3	9

Touches \rightarrow **x₂** **GSB 0** **f LBL 0** **g x₂²**
Echange **Branch.** **Label 0** **x₂²**
au label 0

A la ligne 018 le pointeur trouve une instruction **RTN** et retourne donc à l'instruction suivant le **GSB** ayant provoqué le branchement. L'exécution se poursuit et, à la ligne 008, le pointeur rencontre une deuxième instruction **GSB 0**; il se positionne à nouveau en ligne 013 sur le **LBL 0** et exécute une deuxième fois le sous-programme:

	015	016	017	018
T \rightarrow				
Z \rightarrow	-3.9651	-3.9651		
Y \rightarrow	9	9	-3.9651	-3.9651
X \rightarrow	3	0.0523	8.9477	8.9477

Touches \rightarrow **g LSTx** **SIN** **g RTN**
 x_2 $\sin x_2$ $x_2^2 -$ $\sin x_2$
 $= y_2$ $= y_2$ **Retour**

La valeur de y_2 étant calculée, le pointeur trouve une deuxième fois l'instruction **RTN** de la ligne 018 et retourne donc à la ligne suivant le deuxième **GSB 0**. A ce moment du programme, la valeur y_2 est dans le registre **Y** et y_1 dans **X**, les instructions restantes complètent le calcul:

	009	010	011	012
T \rightarrow				
Z \rightarrow				
Y \rightarrow		4.9826		
X \rightarrow	4.9826	1	4.9826	4.9826

Touches \rightarrow $\begin{matrix} + \\ (y_2 - y_1) \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{RCL} \\ 0 \end{matrix}$ $\begin{matrix} + \\ (x_2 - x_1) \end{matrix}$ Résultat $\begin{matrix} \text{g} \\ \text{RTN} \end{matrix}$ Fin

Lorsque l'exécution s'arrête, le calculateur affiche la pente moyenne de la courbe entre x_1 et x_2 .

Après avoir introduit les instructions du programme, calculez la pente moyenne pour les valeurs suivantes de x_1 et de x_2 .

x_1	0,5	2,52	5
x_2	1,25	3,72	7

Réponses: 1,7325; 6,2226; 11,9826.

La troisième partie du manuel décrit l'utilisation des sous-programmes plus en détail, cf. page 203.

Exemple: Soit à calculer la valeur de l'expression $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2 + t^2}$ avec un programme identifié par $\begin{matrix} \text{LBL} \\ A \end{matrix}$. Le même label marque le début d'un sous-programme à l'intérieur du programme. Avant d'exécuter le programme, on introduit x, y, z et t dans la pile, puis on appuie sur $\begin{matrix} A \\ \text{.} \end{matrix}$.*

Mettez le HP-11C en mode programme.

Appuyez sur	Affichage
$\begin{matrix} f \\ \text{CLEAR} \end{matrix}$ $\begin{matrix} \text{PRGM} \end{matrix}$	000-
$\begin{matrix} f \\ \text{LBL} \end{matrix}$ $\begin{matrix} A \\ \text{.} \end{matrix}$	001-42.21.11
$\begin{matrix} g \\ x^2 \end{matrix}$	002- 43.11 x^2

* Bien qu'il soit prudent d'éviter l'utilisation de labels identiques pour réduire les possibilités d'erreur, le programme suivant illustre un cas où des labels identiques peuvent être utilisés.

$\begin{matrix} \text{GSB} \\ A \end{matrix}$
 $\begin{matrix} \text{GSB} \\ A \end{matrix}$
 $\begin{matrix} \text{GSB} \\ A \end{matrix}$

$\begin{matrix} \sqrt{x} \\ \text{g} \\ \text{RTN} \end{matrix}$
 $\begin{matrix} f \\ \text{LBL} \\ A \end{matrix}$
 $\begin{matrix} x^2 \\ y \end{matrix}$
 $\begin{matrix} g \\ x^2 \end{matrix}$
 $\begin{matrix} + \\ \text{g} \\ \text{RTN} \end{matrix}$

003-	32 11	calcule y^2 et $x^2 + y^2$
004-	32 11	calcule z^2 et $x^2 + y^2 + z^2$
005-	32 11	calcule t^2 et $x^2 + y^2 + z^2 + t^2$
006-	11	
007-	43 32	calcule $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2 + t^2}$
008-	42.21.11	
009-	34	
010-	43 11	
011-	40	
012-	43 32	

Mettez le HP-11C en mode calcul et entrez l'ensemble de variables suivant:

$$x = 4,3; y = 7,9; z = 1,3; t = 8$$

Appuyez sur	Affichage
$\begin{matrix} g \\ \text{P/R} \end{matrix}$	8.000
$8 \begin{matrix} \text{ENTER} \\ \uparrow \end{matrix}$	1.3000
$1.3 \begin{matrix} \text{ENTER} \\ \uparrow \end{matrix}$	12.1074
$7.9 \begin{matrix} \text{ENTER} \\ \uparrow \end{matrix}$	
$4.3 \begin{matrix} f \\ A \end{matrix}$	

Chapitre 9

Le registre I

Le registre I est un des outils de programmation les plus puissants de votre HP-11C. En plus du simple stockage des données, le registre I peut aussi servir pour:

- Compteur de boucle et fonctions de contrôle;
- Adressage indirect des registres de stockage, des branchements et des sous-programmes.

Ces fonctions utilisent un nombre de contrôle placé dans le registre I lui-même. La partie entière de ce nombre est la valeur instantanée du compteur et sa partie décimale contient les paramètres nécessaires à l'incrémentation et à la limitation du compteur.

Séquences abrégées pour **I** et **(i)**. La conception du calculateur vous permet d'omettre la touche préfixe **f** dans les séquences avec **I** ou **(i)**. Si vous utilisez quand même **f**, le calculateur l'excluera des codes enregistrés en mémoire programme.

Fonctions directes sur le registre I

Ces fonctions agissent sur le contenu du registre I.

Stockage et rappel du contenu de R_I. **STO I** et **RCL I** fonctionnent de la même façon qu'avec les autres registres R₀ à R₉ et R₀₀ à R₉₉.

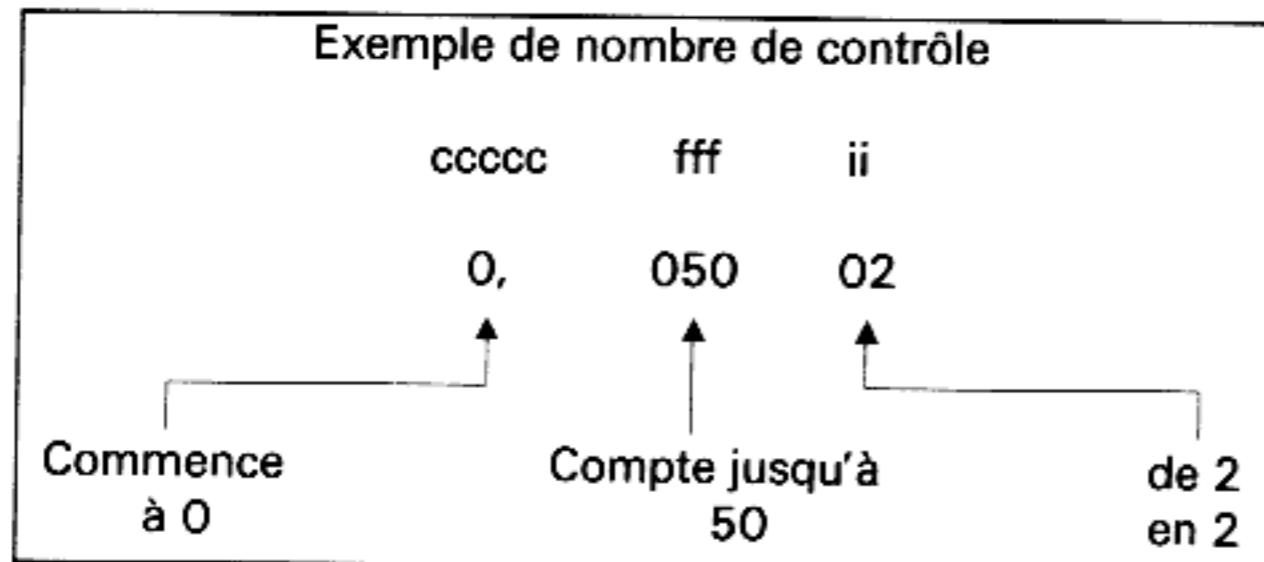
Echange de X et de I. La séquence **f x \geq I** échange les contenus des registres X et I de la même façon que **x \geq y** échange ceux des registres X et Y.

Incrémentation et décrémentation du registre I. Les fonctions **ISG** (Incrémentation et Saut si plus Grand) et **DSE** (Décrémentation et Saut si Egal ou inférieur) utilisent le nombre de contrôle dans R_I.

Les instructions **ISG** et **DSE** interprètent et comparent les composantes du nombre de contrôle selon le format suivant:

ccccc,fffii où \pm ccccc est la valeur instantanée du compteur
 fff est la valeur finale du compteur
 ii est l'incrément (ou décrément)

ccccc, partie entière du nombre de contrôle sert à compter le nombre d'exécution d'une boucle ou à adresser indirectement un registre, un branchement, un sous-programme. Elle peut avoir de 1 à 5 chiffres et vaut zéro par défaut. Elle est incrémentée ou décrémentée à chaque exécution de **ISG** ou **DSE**.

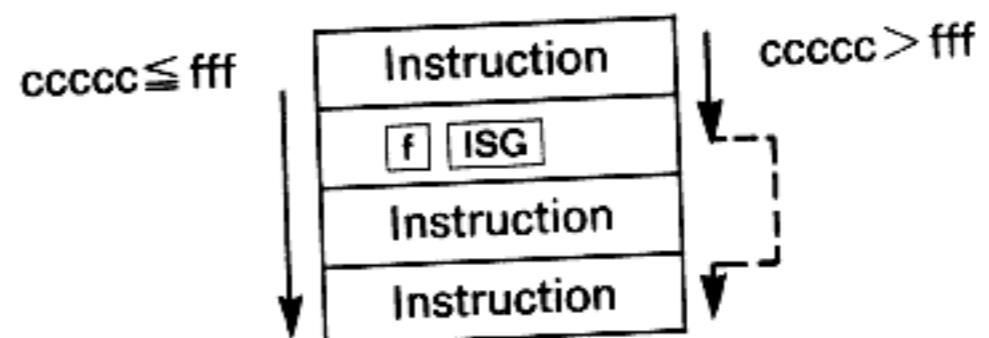


fff, les trois premiers chiffres de la partie décimale, constituent la valeur finale du compteur à laquelle est comparée la partie entière lors de chaque exécution de **ISG** ou **DSE**. Cette valeur doit avoir trois chiffres; 10 par exemple doit être spécifié dans le format 010 (fff est une valeur de référence et n'est pas modifiée par l'exécution de **ISG** ou de **DSE**).

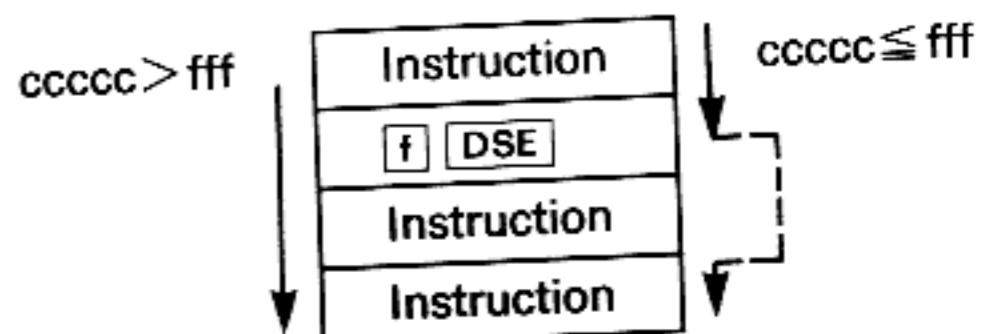
ii, 4^e et 5^e chiffres de la partie décimale, indique de quelle quantité le calculateur doit augmenter ou diminuer la valeur du compteur. Cette valeur doit avoir deux chiffres (ex.: 02, 03, 55) et vaut par défaut 01 (ii est une valeur de référence et n'est pas modifiée par l'exécution de **ISG** ou **DSE**).

Fonctionnement de ISG et de DSE. Les fonctions d'incrémentation et de décrémentation utilisent les comparaisons ccccc/fff pour contrôler le déroulement d'un programme de la même façon que les tests décrits au chapitre 7.

Chaque exécution de **f ISG** ajoute ii à ccccc et compare le résultat à fff. Si le résultat est supérieur à fff, le pointeur saute la ligne suivante et l'exécution continue.



Chaque exécution de **f DSE** soustrait ii de ccccc et, si le résultat est inférieur ou égal à fff, le pointeur saute la ligne suivante et l'exécution continue.



Exemple	Si contenu initial de R _i est	Sa valeur sera la suivante pour les exécutions successives de ISG et DSE					
Itérations	0	1	2	3	4	5	
	ISG DSE	0,00903 9,00003	3,00903 6,00003	6,00903 3,00003	9,00903 0,00003	12,00903 saut	saut

Fonctions indirectes sur le registre I

Les fonctions indirectes n'affectent pas le contenu de R_I , mais en utilisent la partie entière comme adresse. Ces fonctions sont fréquemment utilisées conjointement aux instructions **ISG** et **DSE** lorsque la même séquence doit être répétée pour adresser séquentiellement des registres, des branchements ou des sous-programmes.

Manipulation indirecte de données.

Stockage et rappel indirects. Les séquences **STO** (i) et **RCL** (i)* stockent et rappellent des nombres dans le registre adressé par la valeur absolue de la partie entière du contenu de R_I . Pour adresser R_0 à R_9 , $cccc = 0$ à 9. Pour adresser R_{10} à R_{19} , $cccc = 10$ à 19. Pour adresser R_I , $cccc = 20$ (voir tableau d'adressage indirect en page 126).

Exemple

Si 5,01202 est dans R_I
 $cccc = 5$, $fff = 012$, $ii = 02$

STO (i) = **STO** 5

f **x≥(i)** = échange des contenus de X et de R_5

STO (+) (i) = **STO** (+) 5

Echange indirect de X et d'un registre quelconque. La séquence **f** **x≥(i)** échange le contenu du registre X et celui du registre adressé par la valeur absolue de la partie entière du contenu de R_I .

Arithmétique indirecte dans les registres. La séquence **STO** (+), (-), (\times ou \div) (i) effectue une opération arithmétique avec les contenus de X et du registre adressé par la valeur absolue de la partie entière du contenu de R_I .

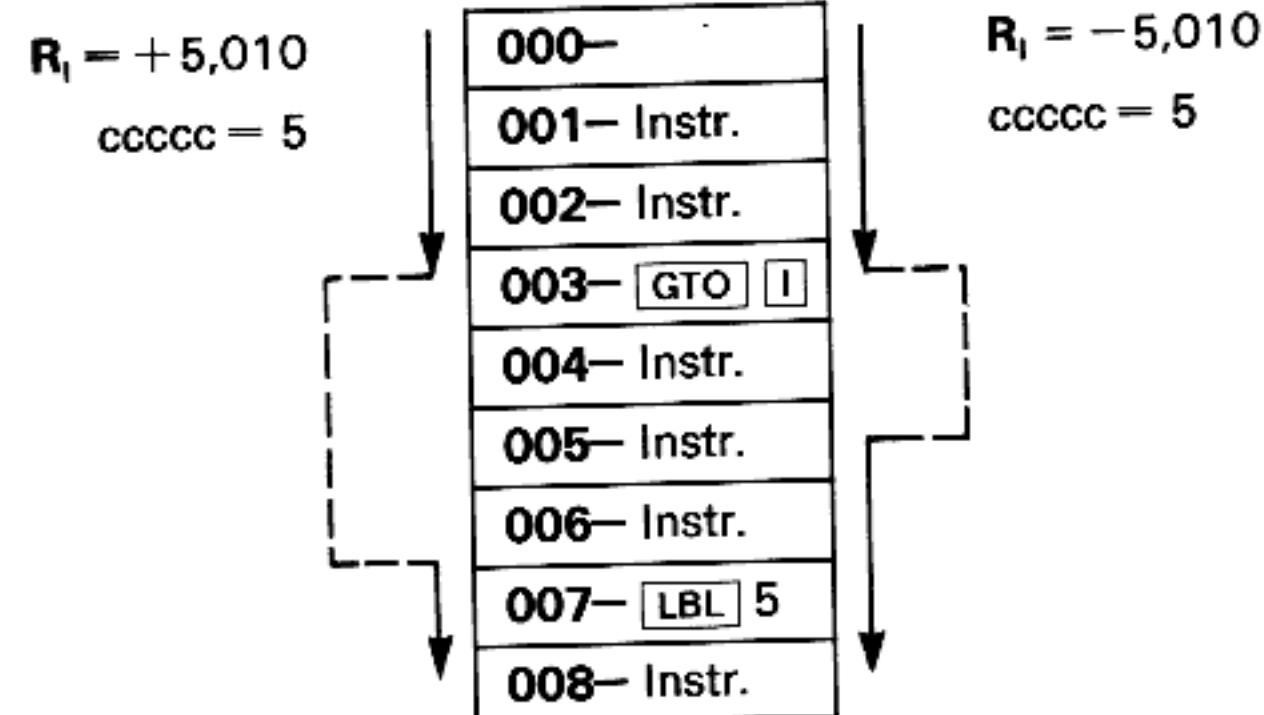
Contrôle indirect de programme

Vous pouvez spécifier une adresse indirecte d'un label ou d'une ligne de programme de la même façon que pour un registre de stockage. Si la partie entière du contenu de R_I est positive, le transfert aura lieu au label spécifié par le nombre; si elle est négative, le transfert aura lieu au numéro de ligne spécifié par la valeur absolue de ce nombre.

* Cf. page 76, séquences abrégées.

1. Si $cccc \geq 0$, l'instruction **GTO** (I) ou **GSB** (I) transfère l'exécution au prochain label spécifié par $cccc$.
2. Si $cccc < 0$, l'instruction **GTO** (I) ou **GSB** (I) transfère l'exécution à la ligne (si occupée) de numéro spécifié par la valeur absolue de $cccc$.

Exemple



Remarque: Si vous ajoutez ou supprimez des instructions dans un programme comprenant un adressage indirect à une ligne, le calculateur n'effectue pas de lui-même la renumérotation pour que le contenu de R_I et le numéro de ligne de l'instruction à adresser correspondent.

Tableau d'adressage indirect

Si cccc vaut	GTO ou GSB I transfère l'exécution à	STO (i) ou RCL (i) adresse le registre
0	f LBL 0	R ₀
:	:	:
:	:	:
9	9	R ₉
10	A	R ₀
11	B	R ₁
12	C	R ₂
13	D	R ₃
14	E	R ₄
15	—	R ₅
16	—	R ₆
17	—	R ₇
18	—	R ₈
19	—	R ₉
20	—	R _I

RCL I	011— 45 25	Rappel du nombre placé dans R _I .
g INT	012— 43 44	Extraction de la partie entière.
f PSE	013— 42 31	Pause pour affichage de l'entier.
g x ²	014— 43 11	Carré du nombre.
f PSE	015— 42 31	Affichage du carré du nombre.
f ISG	016— 42 6	Incrémantation de R _I par 2 et vérification du compte pour voir s'il n'est pas supérieur au nombre final (50). Dans l'affirmative, saut de la ligne suivante du programme.
GTO 1	017— 22 1	Rebouclage sur le label 1.
g RTN	018— 43 32	Arrêt du programme.
g P/R		Mode calcul.

Exécutez le programme en appuyant sur f A.

Appuyez sur	Affichage	
f A	2,00000	Dès le début de l'exécution, le calculateur fait une pause pour afficher le nombre à éléver au carré, puis une autre pour afficher le carré du nombre. Quand le compteur de boucle atteint 50, le programme s'arrête.
	4,00000	
	4,00000	
	16,00000	
	50,00000	
	2,500,00000	

Exemple de contrôle de boucle par ISG

Le programme suivant illustre le fonctionnement de ISG. Il contient une boucle permettant l'affichage de la valeur instantanée de R_I et de son carré. Il utilise ISG pour contrôler le nombre d'exécutions de la boucle et l'arrêter lorsque le compteur vaut 50.

Appuyez sur	Affichage	Mode programme
9 P/R	000—	
f CLEAR PRGM	001—42.21.11	Label du programme.
f LBL A	002— 2 }	Valeur actuelle du
2	003— 48 }	compteur (nnnnn).
.	004— 0 }	
0	005— 5 }	Valeur de référence du
5	006— 0 }	compteur (xxx).
0	007— 0 }	
0	008— 2 }	Valeur de l'incrément.
2	009— 44 25	Stockage du nombre de
STO I		contrôle de boucle dans R _I .
f LBL 1	010—42.21. 1	Début de la boucle.

Déroulement du programme

1. Sous le label A, le nombre 2.05002 est stocké dans le registre I comme nombre de contrôle de boucle. Il a le format conventionnel nnnnnn xxx yy.

nnnnn	xxx	yy
(0000)2 Compte actuel	050 Référence	02 Incrément

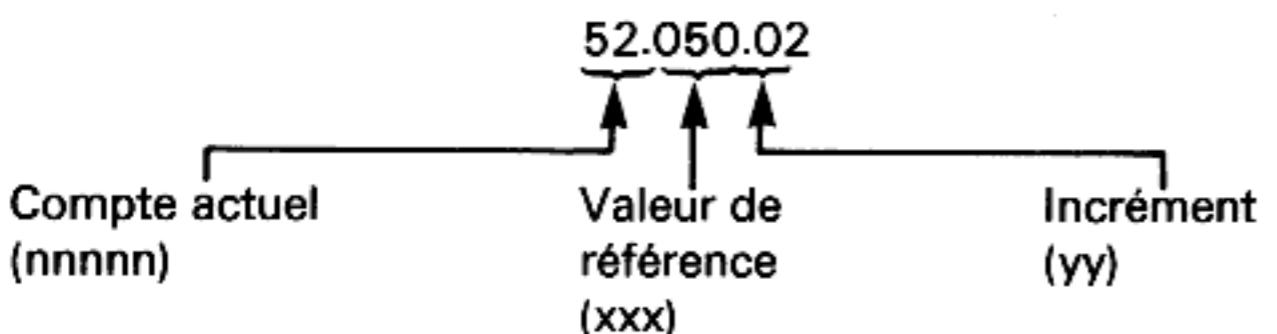
2. Sous le label **I**, le déroulement est le suivant: après affichage de 2 et 4 (carré de 2), le compte actuel du registre **R_I**, 00002 (nnnnn) est incrémenté de 02 (yy). Le nouveau contenu du registre **R_I** est:

nnnnn	xxx	yy
(0000)4	050	02
Compte actuel	Référence	Incrément

Ce nouveau contenu est comparé à la valeur de référence (xxx). Comme le compte ne dépasse pas la valeur de référence, le calculateur passe à la ligne suivante, **GTO 1** et reprend le même processus pour le nombre suivant.

3. Au bout du 25^e nombre pair (2 à 50), le compte du registre **I** dépasse 50. Le calculateur saute alors une ligne après **[f] [ISG]** à la ligne 16. Il saute donc l'instruction **GTO 1** à la ligne 17 et exécute l'instruction **RTN** à la ligne 18, puis retourne à la ligne 000 et s'arrête.

A la fin du programme, appuyez sur **[f] [FIX] 5** puis sur **[RCL] [I]**. Le registre **I** affiche le contenu suivant:



Limites pour ISG et DSE. Les instructions **ISG** et **DSE** permettent d'incrémenter et de décrémenter tous les nombres affichables par le calculateur. Cependant la partie décimale du nombre de contrôle de boucle est affectée par la partie qui dépasse les cinq chiffres du compte actuel nnnnn du registre **I**. Prenons, par exemple, le nombre 99.950,50055. Incrémenté par **ISG**, il devient 100.005,5006. L'incrément est égal à 55. Le nouveau nombre (100.005,50055) ne pouvant pas être entièrement affiché, la partie décimale du nombre a été arrondie. Comme le calculateur prend un incrément de deux chiffres (yy), l'incrément suivant sera 60 et non pas 55, et quand le nombre devient 999.945,5006, le nombre suivant est 1.000.005,501 en arrondissant la partie décimale. Puisque l'incrément yy n'est pas spécifié, le calculateur prend ensuite par défaut la valeur 01 au lieu de rester à 60.

Opérations directes **R_I**

Exemple
Stockage dans **R_I**

Appuyez sur
12345
STO **I**
←
RCL **I**
←
f **x≥1**

Affichage
12345
12345,0000
0,0000
12345,0000
0,0000
12345,0000

(Efface l'affichage)
Rappel du contenu de **R_I**
(Efface l'affichage)
Echange des registres **X** et **I**

Opérations indirectes **R_I**

Exemple
(Stockez 3 dans **R_I** comme
adresse – ccccc = 3).
Stockage et rappel indirect
de $\sqrt{7}$ dans **R₃**.

Appuyez sur
3 **STO** **I**
7 **√x**
STO **(i)**
←
RCL **(i)**
←

Affichage
3,0000
R_I = 3,0000

2,6458
R₃ = 2,6458

2,6458
0,0000
2,6458
0,0000

Echange indirect du contenu
de **X** (0,0000) et de celui de
R₃ (2,6458). L'adresse est
dans **R_I**.

f **x≥(i)**
f **x≥(i)**
f **π**

2,6458
0,0000
3,1416
R₃ = 0,0000
R₃ = 2,6458
R₃ = 2,6458

Arithmétique indirecte
dans le registre **R₃**.

STO **+** **(i)**
RCL **(i)**
3,1416
0,8422

R₃ = 0,8422

La troisième partie de ce manuel donne une étude approfondie des
techniques d'adressage indirect, cf. page 204.

Troisième partie

Applications

Chapitre 10

Programmes d'application**Calculs matriciels**

Ce programme calcule le déterminant et l'inverse d'une matrice 3×3 – s'il existe (c'est-à-dire si le déterminant est non nul) – et, avec une petite manipulation, calcule la solution d'un système d'équations linéaires représenté par la matrice.

Équations:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$$

Inverse

$$C = \frac{1}{\det A} \begin{bmatrix} \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} \\ a_{22} & a_{23} \end{vmatrix} \\ - \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} - \begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{21} & a_{23} \end{vmatrix} \\ \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} \end{bmatrix}$$

où $\det A = a_{11}(a_{22}a_{23} - a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{21}a_{33} - a_{23}a_{31}) + a_{13}(a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31})$

et $\begin{vmatrix} a & b \\ c & d \end{vmatrix} = ad - bc.$

$AX = B$ est résolu par $X = IB$.

Système linéaire $AX = B$

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \frac{1}{\det A} \begin{bmatrix} b_1 \begin{vmatrix} a_{22} & a_{23} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} - b_2 \begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} \\ a_{32} & a_{33} \end{vmatrix} + b_3 \begin{vmatrix} a_{12} & a_{13} \\ a_{22} & a_{23} \end{vmatrix} \\ - b_1 \begin{vmatrix} a_{21} & a_{23} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} + b_2 \begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{31} & a_{33} \end{vmatrix} - b_3 \begin{vmatrix} a_{11} & a_{13} \\ a_{21} & a_{23} \end{vmatrix} \\ b_1 \begin{vmatrix} a_{21} & a_{22} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix} - b_2 \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{31} & a_{32} \end{vmatrix} + b_3 \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{vmatrix} \end{bmatrix}$$

Nota:

- Les opérations matricielles sont particulièrement sujettes aux arrondis qui, dans certains cas, peuvent affecter le résultat d'une façon significative.
- Si vous devez introduire plusieurs jeux d'équations simultanées, introduisez la routine de déterminant pour calculer les déterminants de chaque matrice 3×3 , puis remplacez-la par celle d'équations simultanées et stockez le déterminant respectif dans R_0 pour chaque calcul.
- Une matrice 2×2 doit être stockée sous la forme:

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

- L'affichage **Error 0** est le fait d'une matrice singulière.

Programme principal

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
f CLEAR PRGM	000-	RCL . 1	027- 45 .1
f LBL 9	001-42,21, 9	RCL . 0	028- 45 .0
f ISG	002- 42 6	RCL 8	029- 45 8
f PSE	003- 42 31	RCL . 3	030- 45 .3
RCL (i)	004- 45 24	GSB 8	031- 32 8
x	005- 20	RCL 5	032- 45 5
x	006- 20	RCL . 3	033- 45 .3
+	007- 40	RCL . 1	034- 45 .1
STO 0	008- 44 0	RCL 7	035- 45 7
g RTN	009- 43 32	GSB 8	036- 32 8
f LBL B	010-42,21,12	RCL 8	037- 45 8
RCL 9	011- 45 9	RCL 7	038- 45 7
RCL . 3	012- 45 .3	RCL 5	039- 45 5
RCL . 2	013- 45 .2	RCL . 0	040- 45 .0
RCL . 0	014- 45 .0	GSB 8	041- 32 8
GSB 8	015- 32 8	GSB 2	042- 32 2
RCL . 2	016- 45 .2	RCL 8	043- 45 8
RCL 7	017- 45 7	RCL . 2	044- 45 .2
RCL 6	018- 45 6	RCL . 1	045- 45 .1
RCL . 3	019- 45 .3	RCL 9	046- 45 9
GSB 8	020- 32 8	GSB 8	047- 32 8
RCL 6	021- 45 6	RCL . 1	048- 45 .1
RCL . 0	022- 45 .0	RCL 6	049- 45 6
RCL 9	023- 45 9	RCL 5	050- 45 5
RCL 7	024- 45 7	RCL . 2	051- 45 .2
GSB 8	025- 32 8	GSB 8	052- 32 8
GSB 2	026- 32 2	RCL 5	053- 45 5

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
RCL 9	054- 45 9	R/S	067- 31
RCL 8	055- 45 8	g RTN	068- 43 32
RCL 6	056- 45 6	f LBL 2	069-42,21, 2
f LBL 8	057-42,21, 8	RCL 4	070- 45 4
x	058- 20	g F? 0	071-43, 6, 0
R↓	059- 33	R/S	072- 31
x	060- 20	f LBL 3	073-42,21, 3
g R↑	061- 43 33	1	074- 1
-	062- 30	STO I	075- 44 25
RCL 0	063- 45 0	0	076- 0
+	064- 10	STO 4	077- 44 4
g F? 0	065-43, 6, 0	g RTN	078- 43 32
GTO 1	066- 22 1		

Registres			R _I : Index
R ₀ : DetA	R ₁ : b ₁	R ₂ : b ₂	R ₃ : b ₃
R ₄ : x ₁ , x ₂ , x ₃	R ₅ : a ₁₁	R ₆ : a ₁₂	R ₇ : a ₁₃
R ₈ : a ₂₁	R ₉ : a ₂₂	R ₁₀ : a ₂₃	R ₁₁ : a ₃₁
R ₁₂ : a ₃₂	R ₁₃ : a ₃₃		

Routine de déterminant

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
f LBL A	079-42,21,11	0	083- 0
g CF 0	080-43, 5, 0	RCL · 0	084- 45 .0
4	081- 4	RCL · 2	085- 45 .2
STO I	082- 44 25	GSB 9	086- 32 9

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
RCL 8	087- 45 8	RCL · 2	095- 45 .2
RCL · 3	088- 45 .3	GSB 9	096- 32 9
GSB 9	089- 32 9	RCL 5	097- 45 5
RCL 9	090- 45 9	RCL · 3	098- 45 .3
RCL · 1	091- 45 .1	g 9	099- 32 9
GSB 9	092- 32 9	RCL 6	100- 45 6
CHS	093- 16	RCL ·	101- 45 .1
RCL 7	094- 45 7	GSB 9	102- 32 9

Routine des équations simultanées

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
f LBL 1	079-42,21, 1	STO 3	088- 44 3
RCL (i)	080- 45 24	R↓	089- 33
x	081- 20	STO 2	090- 44 2
STO + 4	082-44,40, 4	R↓	091- 33
f ISG	083- 42 6	STO 1	092- 44 1
f PSE	084- 42 31	GSB 3	093- 32 3
g RTN	085- 43 32	GSB B	094- 32 12
f LBL C	086-42,21,13	g CF 0	095-43, 5, 0
g SF 0	087-43, 4, 0	RCL 4	096- 45 4

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
1	Introduisez le programme principal (lignes 000 à 078).			
2	Déterminant			
	Introduisez la routine			
	LBL A		GTO · 078	
	(lignes 079-102)		g P/R ... g P/R	

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
3	Mode personnel (USER)			
4	Stockez les éléments de la matrice.			
		a_{11}	STO 5	
		a_{12}	STO 6	
		a_{13}	STO 7	
		a_{21}	STO 8	
		a_{22}	STO 9	
		a_{23}	STO • 0	
		a_{31}	STO • 1	
		a_{32}	STO • 2	
		a_{33}	STO • 3	
5	Calcul du déterminant.	A		Det A
6	Inverse (option).			
	Calcul de l'inverse.	B		C_{11}
		R/S		C_{12}
		R/S		C_{13}
		R/S		C_{21}
		R/S		C_{22}
		R/S		C_{23}
		R/S		C_{31}
		R/S		C_{32}
		R/S		C_{33}
7	Equations simultanées (option).			
	Supprimez les lignes			
	079 à 102.		g RTN g BST	
			g P/R	102- 32 9
			← ... ←	078- 43 32

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
8	Introduisez la sous-routine		f LBL 1	079-42.21. 1
	LBL 1 (lignes 079 à 096).		... g P/R	
9	Introduisez le vecteur et trouvez x.	b_1	ENTER	
		b_2	ENTER	
		b_3	C	x_1
			R/S	x_2
			R/S	x_3
10	Pour un nouveau vecteur, allez en 9.			
11	Pour un autre déterminant ou inverse, supprimez les lignes 079 à 096.		g RTN g BST	
			g P/R	096- 45 4
			← ...	078- 43 32
	et allez en 2.			

Exemple 1: Calculez l'inverse de $\begin{bmatrix} 14 & -8 \\ -8 & 12 \end{bmatrix}$ puis

réolvez $\begin{bmatrix} 14 & -8 \\ -8 & 12 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 20 \\ 5 \end{bmatrix}$.

Appuyez sur
Mode personnel

f FIX 4

Introduisez la routine de déterminant.

14 STO 5

8 CHS STO 6

0 STO 7

8 CHS STO 8

Affichage

```

12 [STO] 9
0 [STO] • 0
[STO] • 1 [STO] • 2
1 [STO] • 3
A 104,0000 (Det. A)
B 0,1154 (C11)
R/S 0,0769 (C12)
R/S 0,0000 (C13)
R/S 0,0769 (C21)
R/S 0,1346 (C22)
R/S 0,0000 (C23)
R/S 0,0000 (C31)
R/S 0,0000 (C32)
R/S 1,0000 (C33)
9 [RTN] 9 [BST]
9 [P/R]
← ← ... ←
102- 32 9
078- 43 32

```

Introduisez la routine d'équations simultanées.

Appuyez sur **Affichage**

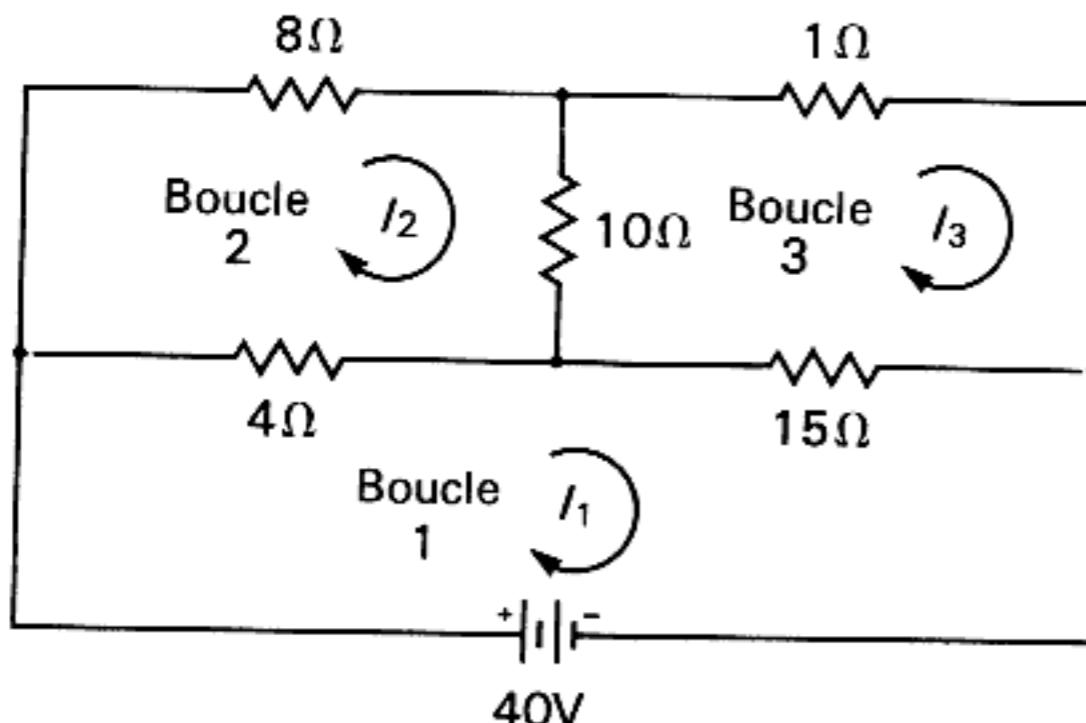
```

9 [P/R]
20 [ENTER] 5 [ENTER] 0 [C] 2,6923
R/S
R/S
2,2115
0,0000

```

(x₁)
(x₂)
(x₃)

Exemple 2: Résolvez les boucles de courants dans le circuit suivant:



Les trois équations de boucle sont:

$$\begin{aligned}
 \text{Boucle 1} \quad & 4I_1 - 4I_2 + 15I_1 - 15I_3 - 40 = 0 \\
 \text{Boucle 2} \quad & 4I_2 - 4I_1 + 8I_2 + 10I_2 - 10I_3 = 0 \\
 \text{Boucle 3} \quad & 10I_3 - 10I_2 + 1I_3 + 15I_3 - 15I_1 = 0 \\
 \text{ou} \quad & 19I_1 - 4I_2 - 15I_3 = 40 \\
 & -4I_1 + 22I_2 - 10I_3 = 0 \\
 & -15I_1 - 10I_2 + 26I_3 = 0
 \end{aligned}$$

ou sous forme de matrice:

$$\begin{bmatrix} 19 & -4 & -15 \\ -4 & 22 & -10 \\ -15 & -10 & 26 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 40 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Appuyez sur **Affichage**

```

19 [STO] 5
4 [CHS] [STO] 6
15 [CHS] [STO] 7
4 [CHS] [STO] 8
22 [STO] 9
10 [CHS] [STO] • 0
15 [CHS] [STO] • 1
10 [CHS] [STO] • 2
26 [STO] • 3

```

Supprimez la routine d'équations simultanées si nécessaire et insérez la routine de déterminant.

A 2,402,0000

Supprimez la routine de déterminant et insérez la routine d'équations simultanées.

```

40 [ENTER] 0 [ENTER] [C] 7,8601
R/S
R/S
4,2298
6,1615

```

Systèmes d'équations linéaires à trois inconnues

Ce programme utilise la règle de Cramer pour résoudre des systèmes d'équations linéaires à trois inconnues.

Il est sensiblement plus pratique à utiliser que le programme de calculs matriciels lorsque vous cherchez à résoudre un système d'équations linéaire.

Équations:

$$AX = B$$

Pour trois inconnues $A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} \quad B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix}$$

Déterminant du système

$$\det A = a_{11}(a_{22}a_{33} - a_{23}a_{32}) - a_{12}(a_{21}a_{33} - a_{23}a_{31}) \\ + a_{13}(a_{21}a_{32} - a_{22}a_{31})$$

$$x_i = \frac{\det(i)}{\det A} \text{ pour } \det A \neq 0$$

où $\det(i)$ est le déterminant de A lorsque la $i^{\text{ème}}$ colonne est remplacée par B .

Remarque: Si $\det A = 0$, le système est linéairement dépendant et ce programme ne convient pas; il affichera **Error 0**. Si $\det A$ est très proche de zéro, la représentation du nombre par le calculateur contient des arrondis importants et le rapport $\frac{\det(i)}{\det A}$ est erroné.

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
f CLEAR PRGM	000-	GSB 9	028- 32 9
f LBL A	001-42,21,11	RCL 5	029- 45 5
1	002- 1	RCL 7	030- 45 7
.	003- 48	GSB 9	031- 32 9
0	004- 0	CHS	032- 16
0	005- 0	RCL 3	033- 45 3
9	006- 9	RCL 8	034- 45 8
STO I	007- 44 25	GSB 9	035- 32 9
f LBL 2	008-42,21, 2	RCL 1	036- 45 1
RCL I	009- 45 25	RCL 9	037- 45 9
g INT	010- 43 44	GSB 9	038- 32 9
f PSE	011- 42 31	RCL 2	039- 45 2
RCL (i)	012- 45 24	RCL 7	040- 45 7
R/S	013- 31	f LBL 9	041-42,21, 9
STO (i)	014- 44 24	f DSE	042- 42 5
f ISG	015- 42 6	f PSE	043- 42 31
GTO 2	016- 22 2	RCL (i)	044- 45 24
GSB 0	017- 32 0	x	045- 20
STO 0	018- 44 0	x	046- 20
R/S	019- 31	+	047- 40
f LBL 0	020-42,21, 0	g RTN	048- 43 32
0	021- 0	f LBL B	049-42,21,12
STO I	022- 44 25	STO . 3	050- 44 .3
RCL 6	023- 45 6	R↓	051- 33
RCL 8	024- 45 8	STO . 2	052- 44 .2
GSB 9	025- 32 9	R↓	053- 33
RCL 4	026- 45 4	STO . 1	054- 44 .1
RCL 9	027- 45 9	1	055- 1

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
GSB 7	056- 32 7	GSB 8	074- 32 8
R/S	057- 31	RCL 0	75- 45 .0
4	058- 4	9 RTN	76- 43 32
GSB 7	059- 32 7	f LBL 8	77-42,21, 8
R/S	060- 31	RCL 1	78- 45 .1
7	061- 7	f x \geq (i)	79- 42 23
GSB 7	062- 32 7	STO 1	80- 44 .1
R/S	063- 31	f ISG	81- 42 6
f LBL 7	064-42,21, 7	f PSE	82- 42 31
STO 4	065- 44 .4	RCL 2	83- 45 .2
STO I	066- 44 25	f x \geq (i)	84- 42 23
GSB 8	067- 32 8	STO 2	85- 44 .2
GSB 0	068- 32 0	f ISG	86- 42 6
RCL 0	069- 45 0	f PSE	87- 42 31
+	070- 10	RCL 3	88- 45 .3
STO 0	071- 44 .0	f x \geq (i)	89- 42 23
RCL 4	072- 45 .4	STO 3	90- 44 .3
STO I	073- 44 25	9 RTN	91- 43 32

Registres			R _i : Index
R ₀ : Det	R ₁ : a ₁₁	R ₂ : a ₂₁	R ₃ : a ₃₁
R ₄ : a ₁₂	R ₅ : a ₂₂	R ₆ : a ₃₂	R ₇ : a ₁₃
R ₈ : a ₂₃	R ₉ : a ₃₃	R ₀ : det(i)	R ₁ : b ₁
R ₂ : b ₂	R ₃ : b ₃	R ₄ : Index	

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
1	Introduisez le programme.			
2	Mode USER.			

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
3	Introduisez la matrice 3 × 3 (Nota: Pour laisser la valeur affichée dans un registre, appuyez sur R/S.)		A	1, R ₁
		a ₁₁	R/S	2, R ₂
		a ₂₁	R/S	3, R ₃
		a ₃₁	R/S	4, R ₄
		a ₁₂	R/S	5, R ₅
		a ₂₂	R/S	6, R ₆
		a ₃₂	R/S	7, R ₇
		a ₁₃	R/S	8, R ₈
		a ₂₃	R/S	9, R ₉
		a ₃₃	R/S	Det.
	Pour voir la matrice, appuyez sur A.			
4	Introduisez le vecteur B.	b ₁	ENTER	b ₁
		b ₂	ENTER	b ₂
		b ₃	B	x ₁
			R/S	x ₂
			R/S	x ₃
5	Pour un nouveau vecteur, allez en 4.			
6	Pour une nouvelle matrice 3 × 3, allez en 3.			

Exemple 1: Trouvez la solution du système suivant:

$$\begin{bmatrix} 19 & -4 & -15 \\ -4 & 22 & -10 \\ -15 & -10 & 26 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 40 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Appuyez sur	Affichage
f CLEAR REG	
mode USER	
f FIX 4	
A	1,0000
19 R/S	2,0000
4 CHS R/S	3,0000
15 CHS R/S	4,0000
4 CHS R/S	5,0000
22 R/S	6,0000
10 CHS R/S	7,0000
15 CHS R/S	8,0000
10 CHS R/S	9,0000
26 R/S	2.402,0000
40 ENTER	
0 ENTER B	7,8601
R/S	4,2298
R/S	6,1615

Exemple 2: Trouvez la solution du système suivant:

$$\begin{bmatrix} 19 & -4 & 4 \\ 5 & -12 & -10 \\ -15 & 8 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ -3 \\ 4 \end{bmatrix}$$

Appuyez sur	Affichage
A	1,0000
R/S	19,0000
5 R/S	2,0000
R/S	-4,0000
4 CHS R/S	3,0000
8 R/S	4,0000
4 R/S	5,0000
R/S	22,0000
12 CHS R/S	6,0000
3 R/S	-10,0000
5 ENTER	7,0000
3 CHS ENTER	-15,0000
4 B	8,0000
	-10,0000
	9,0000
	26,0000
	-264,0000
	(Det)
	-1,6667
	(x₁)

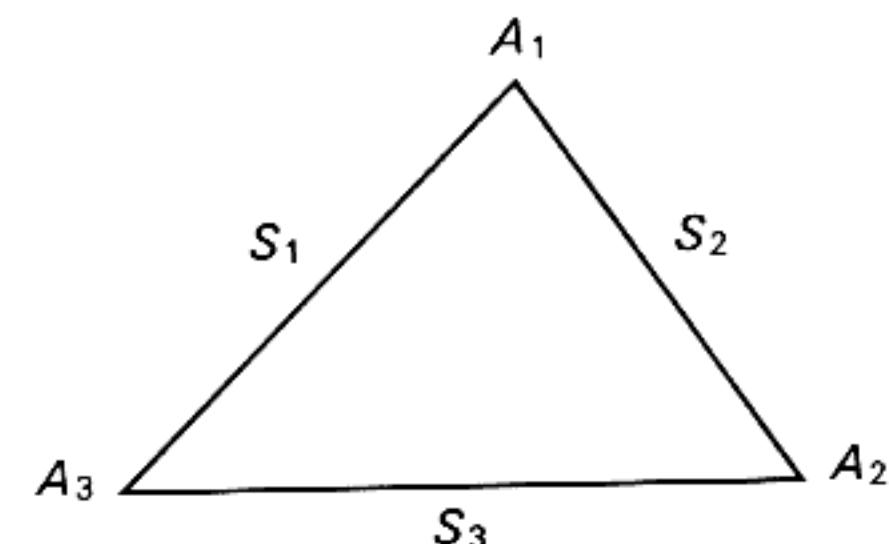
R/S
R/S

-4,4091
4,7576

(x₂)
(x₃)

Résolutions de triangle

Ce programme permet de calculer la longueur des côtés, les angles et la surface d'un triangle.



En général, la spécification d'un groupe de trois paramètres quelconques parmi les six (trois côtés, trois angles) suffit à définir un triangle. L'exception est le cas de trois angles. Ce programme traite les cinq autres cas: deux côtés et l'angle inclus (CAC), deux angles et le côté inclus (ACA), deux côtés et un angle adjacents (CCA – cas ambigu), deux angles et un côté adjacents (AAC) et trois côtés (CCC).

Si les trois inconnues sont introduites dans l'ordre des aiguilles d'une montre, les résultats le seront aussi en rappelant les contenus des registres dans l'ordre suivant:

Surface	Registre 0
Côté 1	Registre 1
Angle 1	Registre 2
Côté 2	Registre 3
Angle 2	Registre 4
Côté 3	Registre 5
Angle 3	Registre 6

Remarques:

- Les angles peuvent être spécifiés dans une unité quelconque (**DEG**, **RAD**, **GRAD**). Veillez à ce que l'unité utilisée par votre calculateur corresponde à vos données.
- Remarquez que la notation utilisée par le programme ne correspond pas à la notation standard; c'est-à-dire que le côté C_1 n'est pas à l'opposé de l'angle A_1 .
- Les angles doivent être spécifiés en valeurs décimales ou convertis par la fonction $\text{g } \rightarrow H$.
- La précision des résultats décroît pour des angles très petits.

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
f CLEAR PRGM	000-	$\text{g } \cos^{-1}$	019- 43 24
f LBL A	001-42,21,11	STO 2	020- 44 2
STO 5	002- 44 5	GTO 0	021- 22 0
$R \downarrow$	003- 33	f LBL B	022-42,21,12
STO 3	004- 44 3	STO 2	023- 44 2
$R \downarrow$	005- 33	$R \downarrow$	024- 33
STO 1	006- 44 1	STO 1	025- 44 1
RCL 3	007- 45 3	$R \downarrow$	026- 33
$\text{g } \rightarrow P$	008- 43 26	STO 6	027- 44 6
$\text{g } x^2$	009- 43 11	SIN	028- 23
RCL 5	010- 45 5	RCL 2	029- 49 2
$\text{g } x^2$	011- 43 11	RCL 6	030- 45 6
$-$	012- 30	$+$	031- 40
RCL 1	013- 45 1	SIN	032- 23
RCL 3	014- 45 3	$+$	033- 10
\times	015- 20	RCL 1	034- 45 1
2	016- 2	\times	035- 20
\times	017- 20	STO 3	036- 44 3
$+$	018- 10	GTO 0	037- 22 0

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
f LBL C	038-42,21,13	\times	066- 20
STO 4	039- 44 4	$\text{g } \sin^{-1}$	067- 43 23
$R \downarrow$	040- 33	RCL 4	068- 45 4
STO 2	041- 44 2	$+$	069- 40
$R \downarrow$	042- 33	GSB 9	070- 32 9
STO 1	043- 44 1	STO 2	071- 44 2
RCL 4	044- 45 4	GSB 0	072- 32 0
RCL 2	045- 45 2	RCL 1	073- 45 1
$+$	046- 40	RCL 3	074- 45 3
SIN	047- 23	$f x \leq y$	075- 42 10
RCL 4	048- 45 4	GTO 8	076- 22 8
SIN	049- 23	2	077- 2
$+$	050- 10	R/S	078- 31
RCL 1	051- 45 1	RCL 6	079- 45 6
\times	052- 20	GSB 9	080- 32 9
STO 3	053- 44 3	STO 6	081- 44 6
GTO 0	054- 22 0	RCL 4	082- 45 4
f LBL E	055-42,21,15	$+$	083- 40
STO 4	056- 44 4	GSB 9	084- 32 9
$R \downarrow$	057- 33	STO 2	085- 44 2
STO 3	058- 44 3	GTO 0	086- 22 0
$R \downarrow$	059- 33	f LBL D	087-42,21,14
STO 1	060- 44 1	STO 3	088- 44 3
RCL 3	061- 45 3	$R \downarrow$	089- 33
RCL 4	062- 45 4	STO 2	090- 44 2
SIN	063- 23	$R \downarrow$	091- 33
RCL 1	064- 45 1	STO 1	092- 44 1
$+$	065- 10	f LBL 0	093-42,21, 0

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
RCL 2	094- 45 2	+	113- 10
RCL 1	095- 45 1	STO 0	114- 44 0
f \rightarrow R	096- 42 26	-	115- 48
RCL 3	097- 45 3	0	116- 0
x \geq y	098- 34	0	117- 0
-	099- 30	6	118- 6
g \rightarrow P	100- 43 26	STO 1	119- 44 25
STO 5	101- 44 5	f LBL 2	120-42,21, 2
x \geq y	102- 34	RCL (i)	121- 45 24
STO 4	103- 44 4	R/S	122- 31
RCL 2	104- 45 2	f ISG	123- 42 6
+	105- 40	GTO 2	124- 22 2
GSB 9	106- 32 9	f LBL	125-42,21, 8
STO 6	107- 44 6	g CLx	126- 43 35
SIN	108- 23	g RTN	127- 43 32
\times	109- 20	f LBL 9	128-42,21, 9
RCL	110- 45 1	COS	129- 24
\times	111- 20	CHS	130- 16
2	112- 2	g COS ⁻¹	131- 43 24

Registres		R _i : Index
R ₀ : Surface	R ₁ : S ₁	R ₂ : A ₁
R ₄ : A ₂	R ₅ : S ₃	R ₆ : A ₃

R₃: S₂
R₇—R₈: Inutilisé

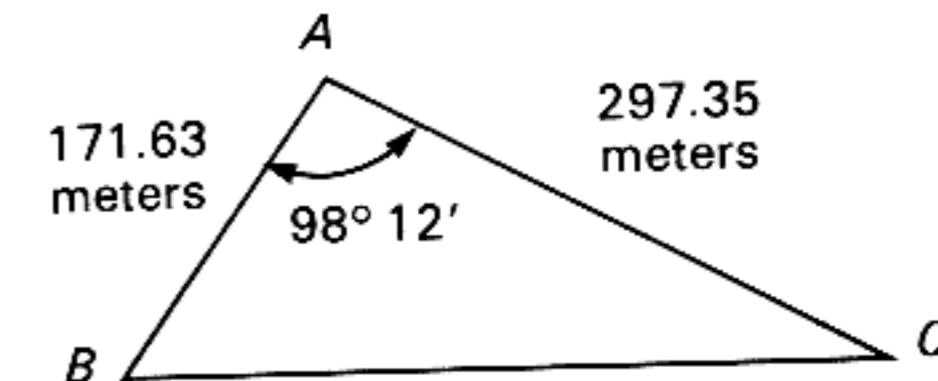
Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
1	Introduisez le programme.			
2	Mode USER.			
3	Unités d'angle (DEG, RAD, GRAD).			
4	CCC (trois côtés)			
	Introduisez:			
	côté 1	S ₁	ENTER	
	côté 2	S ₂	ENTER	
	côté 3	S ₃	A	Surface
	Allez en 9.			
5	ACA (deux angles et côté inclus).			
	Introduisez:			
	angle 3	A ₃	ENTER	
	côté 1	S ₁	ENTER	
	angle 1	A ₁	B	Surface
	Allez en 9.			
6	CAA (deux angles et côté adjacents)			
	Introduisez:			
	côté 1	S ₁	ENTER	
	angle 1	A ₁	ENTER	
	angle 2	S ₂	C	Surface
	Allez en 9.			
7	CAC (deux côtés et angle inclus)			
	Introduisez:			
	côté 1	S ₁	ENTER	

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
	angle 1	A_1	D	Surface
	côté 2	S_2	D	Surface
	Allez en 9.			
8	CCA (deux côtés et angle adjacents)			
	Introduisez:			
	côté 1	S_1	ENTER	
	côté 2	S_2	ENTER	
	angle 2	A_2	E	Surface
9	Dimensions:			
	Pour connaître les valeurs des angles et des côtés		R/S	S_1
			R/S	A_1
			R/S	S_2
			R/S	A_2
			R/S	S_3
			R/S	A_3
9a	S'il n'y a pas de deuxième triangle possible		R/S	0
9b	S'il y a un deuxième triangle possible		R/S	2
			R/S	Surface
			R/S	S_1
			R/S	A_1
			R/S	S_2
			R/S	A_2
			R/S	S_3
			R/S	A_3

Exemple 1: Un géomètre veut calculer la surface et les dimensions d'un terrain triangulaire. Il mesure les côtés AB et BC ainsi que l'angle A comme indiqué sur la figure. Quelle est la surface de terrain et quelles sont les autres dimensions?

171,63 mètres

297,35 mètres



C'est un problème du type CAC où

$$S_1 = 171,63; A_1 = 98^\circ 12' \text{ et } S_2 = 297,35.$$

Appuyez sur

9 **DEG**
f **FIX** 2
Mode USER
171.63 **ENTER**
98.12 **g** **→ H**
297.35 **D**

R/S
R/S
R/S
R/S
R/S
R/S

Affichage

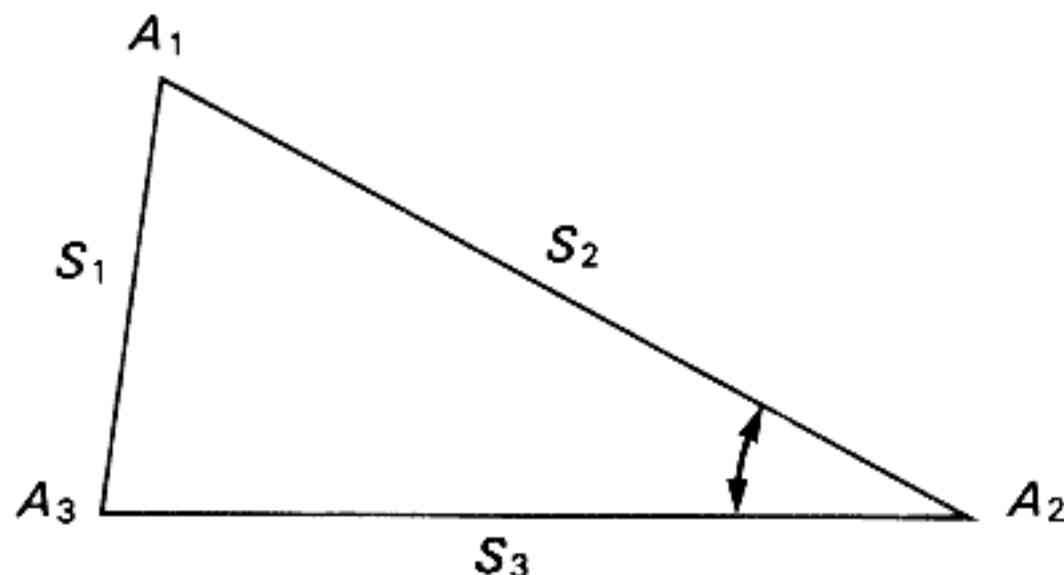
171,63	171,63	(Surface)
98,20	98,20	(S_1)
25.256,2	25.256,2	(A_1)
171,63	171,63	(S_2)
98,20	98,20	(A_2)
297,35	297,35	(S_3)
27,83	27,83	(A_3)
363,91	363,91	
53,97	53,97	

Exemple 2: Etant donné les deux côtés et l'angle adjacent suivants, calculez les dimensions du triangle.

$$S_1 = 25,6$$

$$S_2 = 32,8$$

$$A_2 = 42,3^\circ$$



Appuyez sur

25.6 **ENTER**

32.8 **ENTER**

42.3 **E**

R/S

Affichage

25,60

32,80

410,85

(Surface)

25,60

(S₁)

78,12

(A₁)

32,80

(S₂)

42,30

(A₂)

37,22

(S₃)

59,58

(A₃)

2,00

(2^e solution)

124,68

(Surface)

25,60

(S₁)

17,28

(A₁)

32,80

(S₂)

42,30

(A₂)

11,30

(S₃)

120,42

(A₃)

Ajustement de courbes

Votre calculateur HP-11C possède une puissante fonction, la régression linéaire (L.R.) qui permet d'ajuster rapidement et facilement des données à une droite (cf. page 60).

Cette fonction est utilisée dans ce programme pour ajuster des données à d'autres types de courbes.

1. Exponentielle: $y = ae^{bx}$ ($a > 0$)

2. Logarithmique: $y = a + b \ln x$

3. Puissance: $y = ax^b$ ($a > 0$)

qui peuvent être transformées à la forme linéaire générale

$$Y = A + bX.$$

Les coefficients de régression A et b sont calculés en résolvant le système d'équations linéaires suivant:

$$\begin{bmatrix} n & \Sigma X_i \\ \Sigma X_i & \Sigma X_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A \\ b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Sigma Y_i \\ \Sigma (Y_i X_i) \end{bmatrix}$$

Les variables sont définies comme suit:

Régression	A	X _i	Y _i	Code
exponentielle	$\ln a$	x_i	$\ln y_i$	1
logarithmique	a	$\ln x_i$	y_i	2
puissance	$\ln a$	$\ln x_i$	$\ln y_i$	3

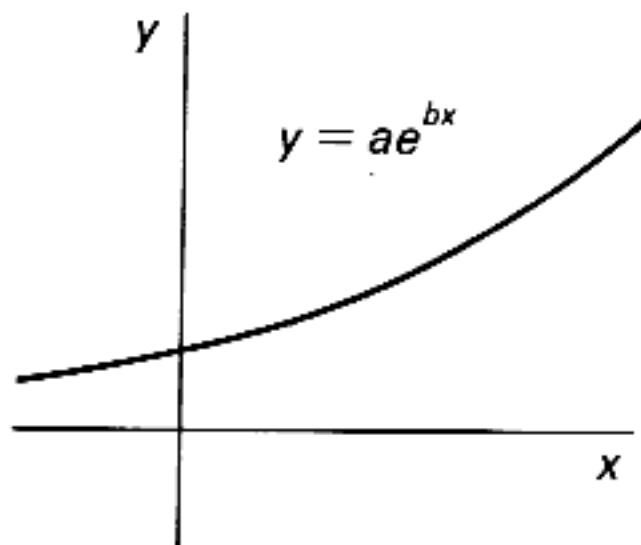
Le coefficient de détermination est:

$$r^2 = \frac{A\Sigma Y_i + b\Sigma X_i Y_i - \frac{1}{n}(\Sigma Y_i)^2}{\Sigma (Y_i^2) - \frac{1}{n}(\Sigma Y_i)^2}$$

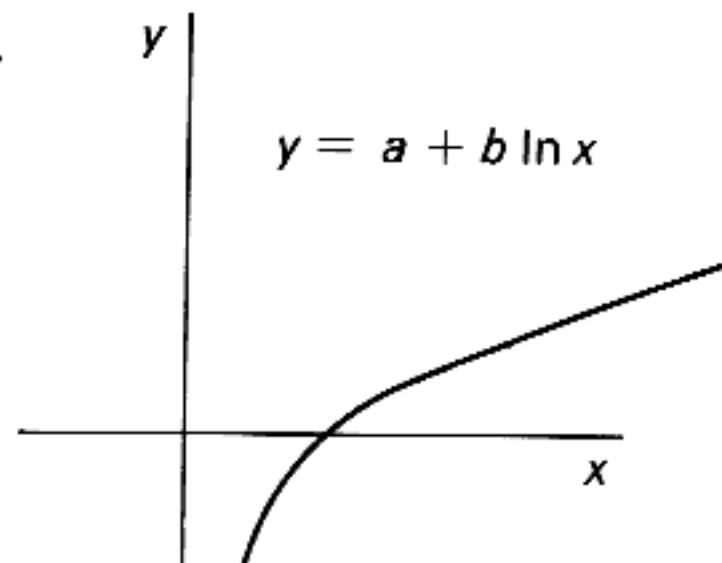
Le type d'ajustement est indiqué au calculateur par le code introduit avant les données.

Le coefficient de détermination indique la qualité de l'ajustement effectué. Les valeurs de r_2 proches de 1 indiquent un bon ajustement et celles proches de 0 un mauvais. Les coefficients de régression a et b définissent la courbe selon les équations données au début.

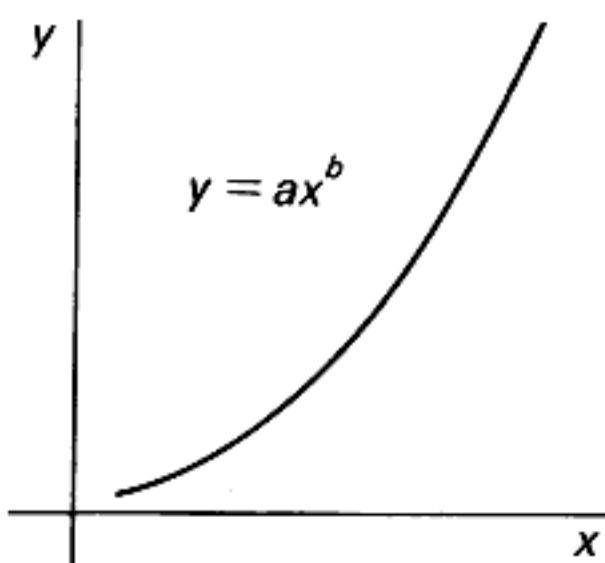
Ajustement à une exponentielle; code 1



Ajustement à une courbe logarithmique; code 2



Ajustement à une courbe puissance; code 3



Remarques:

- Le programme applique la méthode des moindres carrés soit aux équations d'origine (courbes logarithmiques) soit aux équations transformées (courbes exponentielles et puissances).
- Les valeurs négatives ou nulles de x_1 donneront une erreur pour un ajustement à une courbe logarithmique. Les valeurs négatives ou nulles de y_1 donneront une erreur pour un ajustement à une courbe exponentielle. Pour un ajustement à une courbe puissance, x_1 et y_1 doivent être des valeurs positives non nulles.

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
f CLEAR PRGM	000-	g F? 0	020-43, 6, 0
f LBL A	001-42,21,11	g LN	021- 43 12
f CLEAR REG	002- 42 34	x ≥ y	022- 34
f FIX 2	003-42, 7, 2	g F? 1	023-43, 6, 1
ENTER	004- 36	g LN	024- 43 12
ENTER	005- 36	RCL 6	025- 45 6
6	006- 6	g x ≠ 0	026- 43 30
+	007- 40	GTO 6	027- 22 6
STO I	008- 44 25	R ↓	028- 33
R ↓	009- 33	Σ +	029- 49
g SF 0	010-43, 4, 0	GTO 9	030- 22 9
g SF 1	011-43, 4, 1	f LBL 6	031-42,21, 6
GTO I	012- 22 25	R ↓	032- 33
f LBL 7	013-42,21, 7	0	033- 0
g CF 1	014-43, 5, 1	STO 6	034- 44 6
GTO 9	015- 22 9	R ↓	035- 33
f LBL 8	016-42,21, 8	g Σ -	036- 43 49
g CF 0	017-43, 5, 0	GTO 9	037- 22 9
f LBL 9	018-42,21, 9	f LBL B	038-42,21,12
R/S	019- 31	f L.R.	039- 42 49

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
$g \boxed{F?} 9$	040-43, 6, 0	1	050- 1
e^x	041- 12	$STO 6$	051- 44 6
R/S	042- 31	$GTO 9$	052- 22 9
$x \geq y$	043- 34	$f \boxed{LBL} C$	053-42,21,13
R/S	044- 31	$g \boxed{F?} 1$	054-43, 6, 1
$f \boxed{j,r}$	045- 42 48	$g \boxed{LN}$	055- 43 12
$x \geq y$	046- 34	$f \boxed{j,r}$	056- 42 48
$g \boxed{x^2}$	047- 43 11	$g \boxed{F?} 0$	057-43, 6, 0
$g \boxed{RTN}$	048- 43 32	e^x	058- 12
$f \boxed{LBL} D$	049-42,21,14		

Registres			R_i : Code
$R_0: i$	$R_1: \sum x_i$	$R_2: \sum x_i^2$	$R_3: \sum y_i$
$R_4: \sum y_i^2$	$R_5: \sum x_i y_i$	$R_6: 1$ or 0	R_7-R_9 : Inutilisé

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
1	Introduisez le programme.			
2	Mode USER.			
3	Choisissez le type de courbe.			
	Exponentielle	1	\boxed{A}	1,00
	Logarithmique	2	\boxed{A}	2,00
	Puissance	3	\boxed{A}	3,00
4	Introduisez la valeur de x_i	x_i	\boxed{ENTER}	
	et de y_i	y_i	$\boxed{R/S}$	i

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
	(Répétez l'étape 4 pour tous les points.)			
5	Calculez les coefficients de régression et le coefficient de détermination.		\boxed{B} $\boxed{R/S}$ $\boxed{R/S}$	a b r^2
6	Faites une projection du nouveau \hat{y} pour a tout en connaissant la valeur de x .	x	\boxed{C}	\hat{y}
	(Répétez l'étape 6 pour toutes les valeurs de x .)			
7	Suppression d'erreur: L'introduction erronée de l'étape 4 peut être corrigée en appuyant sur \boxed{D} et en réintroduisant la donnée erronée.	x_i err	\boxed{ENTER} $\boxed{R/S}$	\boxed{ENTER} $i-1$
	Retournez ensuite en 4 et introduisez la donnée correcte.			

Exemple 1:

(Exponentielle, Code 1)

x_i	0,72	1,31	1,95	2,58	3,14
y_i	2,16	1,61	1,16	0,85	0,5

Solution: $a = 3,45, b = -0,58$

$$y = 3,45 e^{-0,58x}$$

$$r^2 = 0,98$$

Appuyez sur **Affichage**

Mode USER

1 **A** 1,00.72 **ENTER** 2.16 **R/S**1.31 **ENTER** 1.61 **R/S**1.95 **ENTER** 1.16 **R/S**2.58 **ENTER** .85 **R/S**3.14 **ENTER** .5 **R/S****B** 3.45**R/S** -0.58**R/S** 0.981.5 **C** 1.44*a**b**r*²*y*²**Exemple 2:**

(Logarithmique, Code 2)

<i>x_i</i>	3	4	6	10	12
<i>y_i</i>	1.5	9.3	23.4	45.8	60.1

Solution:

$$a = -47,02, b = 41,39$$

$$y = 47,02 + 41,39 \ln x$$

$$r^2 = 0,98$$

$$\text{Si } x = 8, y = 39,06$$

$$\text{Si } x = 14,5, y = 63,67$$

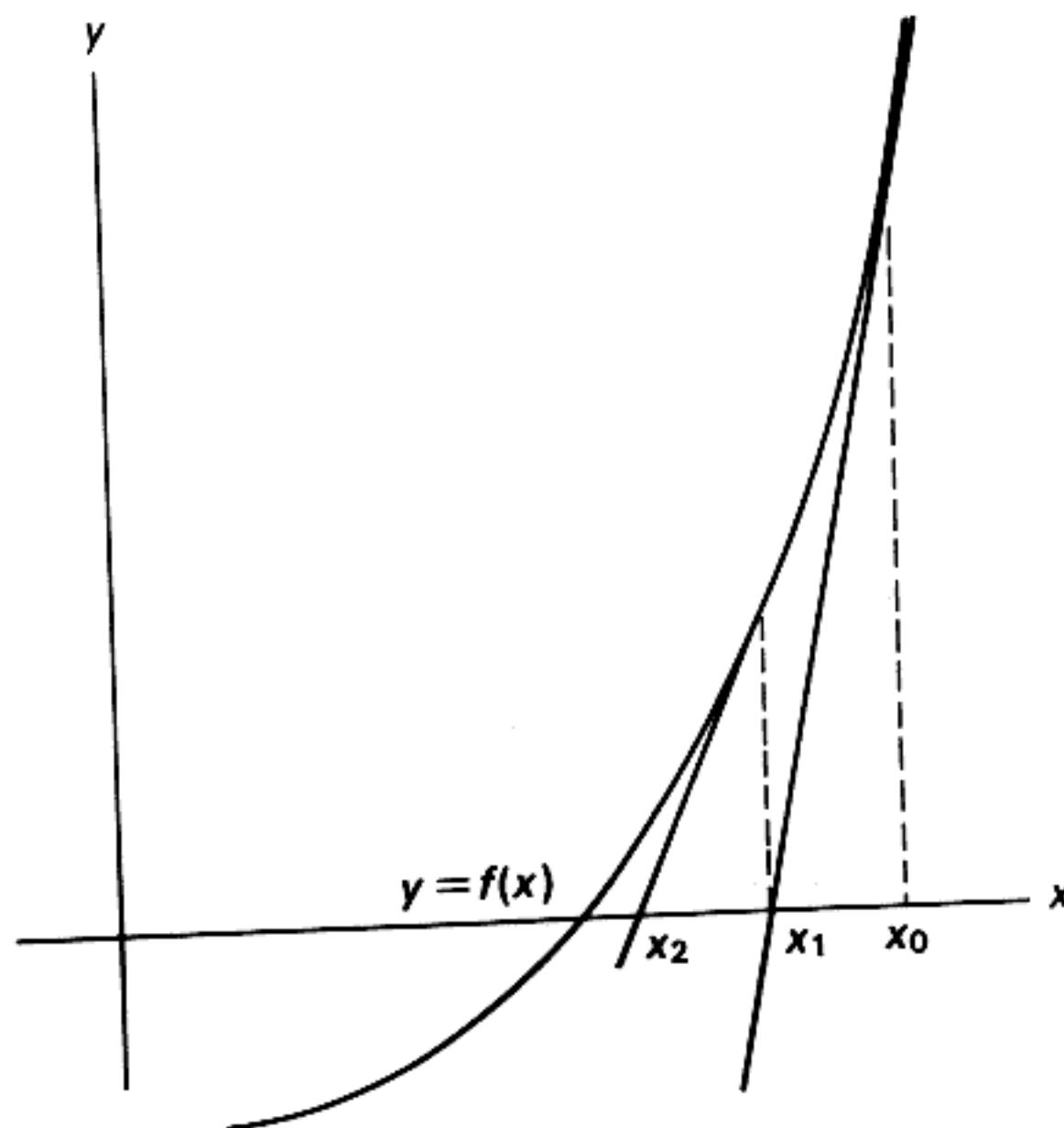
Appuyez sur **Affichage**2 **A** 2,003 **ENTER** 1.5 **R/S**4 **ENTER** 9.3 **R/S**6 **ENTER** 23.4 **R/S**10 **ENTER** 45.8 **R/S**12 **ENTER** 60.1 **R/S****B** -47,02**R/S** 41,39**R/S** 0,988 **C** 39,0614,5 **C** 63,67*a**b**r*²*y**ŷ***Solution de $f(x) = 0$ par la méthode de Newton**

L'un des problèmes d'algèbre les plus courants est la solution d'une équation du type:

$$\ln x + Bx = A$$

pour laquelle il n'y a pas de solution algébrique simple. Le programme suivant utilise la méthode de Newton pour calculer une solution à $f(x) = 0$ où $f(x)$ est spécifiée par l'utilisateur.

Vous devez définir la fonction en introduisant en mémoire les touches nécessaires au calcul de $f(x)$ en supposant x dans le registre X. Le programme principal comporte 68 lignes et utilise les registres 0 à 4. Le reste de la mémoire (données et programme) est disponible pour la définition de $f(x)$. De plus, vous devez fournir au programme une estimation initiale, x_0 , de la solution. Plus cette estimation est proche de la solution réelle, plus vite le programme atteindra cette dernière.



Le programme s'arrêtera quand les conditions suivantes seront satisfaites:

1. compteur de boucle \leq limite

2. $|f(x)| \leq$ tolérance (ϵ)

3. $|x_{\text{nouveau}} - x_{\text{ancien}}| \leq \Delta x$ limite

Vous pouvez spécifier les valeurs de ϵ et de Δx ou laisser le programme utiliser les valeurs par défaut.

Equations:

$$x_{i+1} = x_i - \frac{f(x_i)}{f'(x_i)}$$

Ce programme utilise une approximation numérique de la dérivée $f'(x)$ pour donner l'équation suivante:

$$x_{i+1} = x_i - \delta_i \frac{f(x_i)}{f(x_i + \delta_i) - f(x_i)}$$

où $\delta_0 = 10^{-5}x_0$, $\delta_i = x_i - (x_{i-1})$

Remarques:

- A la fin du programme, le calculateur affiche la solution x pour $f(x) = 0$ et la stocke dans R_2 .
- Le calculateur affiche **Error 0** s'il doit effectuer une division par 0 en cherchant x_{i+1} . Si cela a lieu, essayez une nouvelle estimation proche de l'ancienne.
- Ce programme garde une trace du nombre d'itérations nécessaires pour trouver la racine. Le registre I est initialisé à 50 (lignes 020 à 022) et **Error 4** apparaît si le calculateur exécute ce nombre d'itérations. Vous pouvez changer le nombre maximum d'itérations en supprimant les lignes 020 et 021 et en introduisant le nombre souhaité.
- Pour visualiser chaque x_{i+1} calculé, introduisez une instruction **f PSE** après le **STO 2** (ligne 047 si vous n'avez pas modifié le programme).
- Si la tolérance est trop faible, les erreurs d'arrondis du calculateur deviennent significatives et les racines sont fausses.

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
f CLEAR PRGM	000-	STO 1	028- 44 1
f LBL A	001-42,21,11	GSB C	029- 32 13
EEX	002- 26	STO 2	030- 44 2
CHS	003- 16	RCL 0	031- 45 0
5	004- 5	RCL 1	032- 45 1
STO 0	005- 44 0	+	033- 40
EEX	006- 26	GSB C	034- 32 13
CHS	007- 16	RCL 2	035- 45 2
8	008- 8	-	036- 30
STO 3	009- 44 3	g x-0	037- 43 40
STO 4	010- 44 4	STO . 9	038- 44 .9
R/S	011- 31	RCL 2	039- 45 2
STO 3	012- 44 3	x \geq y	040- 34
R/S	013- 31	+	041- 10
STO 4	014- 44 4	RCL 0	042- 45 0
g CLx	015- 43 35	x	043- 20
g RTN	016- 43 32	CHS	044- 16
f LBL B	017-42,21,12	RCL 1	045- 45 1
STO 2	018- 44 2	+	046- 40
STO x 0	019-44,20, 0	STO 2	047- 44 2
5	020- 5	g LSTx	048- 43 36
0	021- 0	-	049- 30
STO I	022- 44 25	STO 0	050- 44 0
GSB 1	023- 32 1	f DSE	051- 42 5
RCL 2	024- 45 2	GTO 2	052- 22 2
g RTN	025- 43 32	GSB 9	053- 32 9
f LBL 1	026-42,21, 1	f LBL 2	054-42,21, 2
RCL 2	027- 45 2	RCL 2	055- 45 2

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
GSB C	056- 32 13	RCL 0	063- 45 0
g ABS	057- 43 16	g ABS	064- 43 16
RCL 3	058- 45 3	f x≤y	065- 42 10
x≥y	059- 34	g RTN	066- 43 32
f x>y	060- 42 20	GTO 1	067- 22 1
GTO 1	061- 22 1	f LBL C	068-42,21,13
RCL 4	062- 45 4		

	Registres		
R ₀ : δ _i	R ₁ : Temporaire	R ₂ : Temporaire	R ₃ : ε
R ₄ : Limite Δx	R ₅ -R ₈ : Inutilisé		

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
1	Introduisez le programme.			
2	Branchemet à LBL C		GTO C	
3	Mode programme.		g P/R	068-42.21.13
4	Introduisez la fonction à résoudre.	f(x)		
5	Mode calcul.		g P/R	
6	Mode USER.			
7	Initialisez les tolérances.	A		10 ⁻⁸
8	(Optionnel) Introduisez ε.			
	valeur par défaut 10 ⁻⁸	ε	R/S	ε
			R/S	10 ⁻⁸
9	(Optionnel) Introduisez Δx.	limite Δx	R/S	Δx limite
10	Introduisez l'estimation et calculez la racine.	x ₀	B	x _i

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
11	Pour une autre estimation, allez en 10.			
12	Pour de nouvelles tolérances, allez en 8.			
13	Pour une nouvelle fonction f(x), allez en fin de programme, placez le calculateur en mode PRGM, et supprimez les lignes de LBL C à la fin et allez en 4.		g RTN g BST g P/R	068-42.21.13

Exemple: Quelle est la racine de l'équation

$$f(x) = x^6 - x - 1 = 0$$

avec estimation $x_0 = 2$.

Appuyez sur	Affichage
GTO C	068-42.21.13
g P/R	075- 30
STO 5 6 y ^x	
RCL 5 - 1 -	
g P/R	
f FIX 9	
f USER	
A	
2 B	
C	
	0.000000010
	1.134724138
	-0.000000004

(défaut ε et Δx)
(x_i)
($f(x_i)$)

Bataille navale

Vous êtes le commandant d'un torpilleur et avez l'ordre de trouver et de détruire un sous-marin ennemi. Celui-ci est situé quelque part dans les limites 10×10 lieues.

Introduisez un nombre entre 0 et 1 et le calculateur positionne le sous-marin dans l'une des 10 cases (10×10) identifiée par les valeurs R (rang) et C (colonne).

Afin de trouver votre ennemi, introduisez la position de votre navire (R, C) et appuyez sur **B**. Si le sous-marin est dans l'une des huit cases adjacentes ou directement sous votre navire, le calculateur affiche 1, sinon il affiche 0.

Lorsque vous pensez avoir localisé le sous-marin, déplacez votre mine au-dessus de lui et appuyez sur **A** pour larguer une mine. Le calculateur affiche une série de 1 si vous avez réussi, et 0 dans le cas contraire. Dans ce cas, le sous-marin se déplace dans l'une des quatre cases adjacentes (même rang ou même colonne).

Une mine est efficace dans un rayon de 0,9 case. Lorsque vous positionnez votre navire pour larguer une mine, vous pouvez le faire sur le bord d'une case et pas seulement au centre. Exemple: une mine larguée du point (2,5, 6,5) peut détruire un sous-marin dans les cases (2,6) (2,7) (3,6) et (3,7).

Essayez de détruire le sous-marin en moins de 10 positionnements et avec une seule mine. Vous pouvez vérifier le nombre de déplacements et de mines à tout moment en appuyant sur **D**. Le calculateur affiche un nombre du format XX, YY où

XX = Nombre de mines larguées

YY = Nombre de déplacements.

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
f CLEAR PRGM	000-	g RTN	005- 43 32
f LBL C	001-42,21,13	f LBL E	006-42,21,15
1	002- 1	f CLEAR REG	007- 42 34
STO 0	003- 44 0	g CF 0	008-43, 5, 0
g SF 0	004-43, 4, 0	STO RAN#	009- 44 36

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
GSB 9	010- 32 9	f FIX 9	038-42, 7, 9
STO 1	011- 44 1	f PSE	039- 42 31
GSB 9	012- 32 9	g RTN	040- 43 32
STO 2	013- 44 2	f LBL B	041-42,21,12
f FIX 0	014-42, 7, 0	1	042- 1
g CLx	015- 43 35	STO + 8	043-44,40, 8
g RTN	016- 43 32	R ▼	044- 33
f LBL A	017-42,21,11	f FIX 0	045-42, 7, 0
1	018- 1	g CF 1	046-43, 5, 1
STO + 7	019-44,40, 7	GSB 6	047- 32 6
R ▼	020- 33	RCL 0	048- 45 0
g SF 1	021-43, 4, 1	STO 5	049- 44 5
GSB 6	022- 32 6	g F? 0	050-43, 6, 0
g x ≠ 0	023- 43 30	GSB 5	051- 32 5
GTO 0	024- 22 0	RCL 3	052- 45 3
1	025- 1	g RTN	053- 43 32
STO 5	026- 44 5	f LBL 5	054-42,21, 5
GSB 5	027- 32 5	GSB 9	055- 32 9
g RTN	028- 43 32	4	056- 4
f LBL 0	029-42,21, 0	x ≥ y	057- 34
9	030- 9	f x > y	058- 42 20
1/x	031- 15	GTO 0	059- 22 0
f FIX 3	032-42, 7, 3	RCL 5	060- 45 5
f PSE	033- 42 31	CHS	061- 16
f FIX 5	034-42, 7, 5	GTO 1	062- 22 1
f PSE	035- 42 31	f LBL 0	063-42,21, 0
f FIX 7	036-42, 7, 7	RCL 5	064- 45 5
f PSE	037- 42 31	f LBL 1	065-42,21, 1

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
STO 6	066- 44 6	g RTN	094- 43 32
GSB 9	067- 32 9	f LBL 2	095-42,21, 2
5	068- 5	RCL 3	096- 45 3
f x>y	069- 42 20	f FIX 0	097-42, 7, 0
GTO 0	070- 22 0	g RTN	098- 43 32
RCL 1	071- 45 1	f LBL 6	099-42,21, 6
GSB 1	072- 32 1	RCL 2	100- 45 2
STO 1	073- 44 1	-	101- 20
GTO 2	074- 22 2	x≤y	102- 34
f LBL 0	075-42,21, 0	RCL 1	103- 45 1
RCL 2	076- 45 2	-	104- 30
GSB 1	077- 32 1	g →P	105- 43 26
STO 2	078- 44 2	STO 4	106- 44 4
GTO 2	079- 22 2	g F? 1	107-43, 6, 1
f LBL 1	080-42,21, 1	GTO 0	108- 22 0
RCL 6	081- 45 6	1	109- 1
+	082- 40	-	110- 30
g x<0	083- 43 10	f LBL 0	111-42,21, 0
GTO 0	084- 22 0	-	112- 48
9	085- 9 9	-	113- 9
x≥y	086- 34	-	114- 30
f x≤y	087- 42 10	g x<0	115- 43 10
g RTN	088- 43 32	GTO 0	116- 22 0
f LBL 0	089-42,21, 0	0	117- 0
RCL 6	090- 45 6	GTO 1	118- 22 1
2	091-	f LBL 0	119-42,21, 0
×	092- 20	1	120- 1
-	093- 30	f LBL 1	121-42,21, 1

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
STO 3	122- 44 3	+	131- 40
g RTN	123- 43 32	g RTN	132- 43 32
f LBL D	124-42,21,14	f LBL 9	133-42,21, 9
f FIX 2	125-42, 7, 2	f RAN#	134- 42 36
RCL 7	126- 45 7	1	135- 1
RCL 8	127- 45 8	0	136- 0
EEX	128- 26	×	137- 20
2	129- 2	g INT	138- 43 44
+	130- 10	g RTN	139- 43 32

	Registres		R ₁ : Inutilisé
R ₀ : 0, 1	R ₁ : P ₁	R ₂ : P ₂	R ₃ : Réponse
R ₄ : d	R ₅ : Utilisé	R ₆ : Utilisé	R ₇ : Utilisé
R ₈ : Utilisé			

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
1	Introduisez le programme.			
2	Mode USER.			
3	Introduisez un nombre entre 0 et 1.	n	E	0
4	Pour le 1 ^{er} niveau, allez en 6.			
5	Pour changer de jeu (le sous-marin se déplace toujours).		C	1
6	Déplacement.	rang	ENTER	
		colonne	B	0 ou 1
ou				
	Largage d'une mine.	rang	ENTER	
		colonne	A	0 ou 1

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
				clignotant
7	Répétez l'étape 6 jusqu'à réussite.			
8	Pour connaître le nombre de déplacements et de mines		D	XX.YY.
	XX = nombre de mines			
	YY = nombre de déplacements			
9	Pour recommencer, allez en 3.			

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9										9									
8										8									
7										7									
6										6									
5										5									
4										4									
3										3									
2										2									
1										1									
0										0									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9										9									
8										8									
7										7									
6										6									
5										5									
4										4									
3										3									
2										2									
1										1									
0										0									
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9										9									
8										8									
7										7									
6										6									
5										5									
4										4									
3										3									
2										2									
1										1									
0										0									

Grille de jeu. Vous pouvez dupliquer cette page pour vos jeux.

Exemple 1:

Appuyez sur
Mode USER

.58 [E]
3 [ENTER] 8 [B]

Affichage

0,
1,

1^{er} déplacement – écho

Vous savez que votre ennemi est dans l'une des cases marquées «x».

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
9										9	
8										8	
7										7	
6										6	
5										5	
4					X	X	X	4			
3					X	X	X	3			
2					X	X	X	2			
1										1	
0										0	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Grille du 1^{er} déplacement

4 [ENTER] 7 [B]

0,

2^e déplacement, pas d'écho

Le sous-marin ne peut pas être dans les cases marquées «x».

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
9										9	
8										8	
7										7	
6										6	
5										5	
4				X	X	X	4				
3				X	X	X	3				
2				X	X	X	2				
1										1	
0										0	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Grille du 2^e déplacement

2 [ENTER] 9 [B]

0,

3^e déplacement, pas d'écho

Il ne nous reste plus que deux possibilités marquées «x».

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
9										9	
8										8	
7										7	
6										6	
5										5	
4									X	X	4
3								X	X	X	3
2								X	X	X	2
1											1
0										0	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Grille du 3^e déplacement

4 [ENTER] 9 [B]

1,

4^e déplacement, un écho

Vous l'avez trouvé!

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
9										9	
8										8	
7										7	
6										6	
5										5	
4									X	X	4
3								X	X	X	3
2								X	X	X	2
1											1
0										0	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Grille du 4^e déplacement

4 [ENTER] 9 [A]

0,111
0,11111

0,1111111
0,111111111
0,1111111111

Coulé!

Exemple 2:

Appuyez sur
.60 **E**
C

Affichage
0,
1,

Le sous-marin se déplace maintenant à chacun de vos déplacements.

7 **ENTER** 4 **B** 1, 1^{er} déplacement, un écho.

Le sous-marin était dans l'une des cases marquées «x» à gauche, mais il s'est déplacé et peut donc être dans l'une des cases marquées «x» entourées à droite.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9								9				X	X	X							
8			X	X	X			8			X	X	X	X	X						
7			X	X	X			7			X	X	X	X	X						
6			X	X	X			6			X	X	X	X	X						
5								5			X	X	X								
4								4													
3								3													
2								2													
1								1													
0								0													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Grille du 1^{er} déplacement

6 **ENTER** 4 **B** 0, 2^e déplacement, pas d'écho.

Vous avez éliminé certaines positions («x» de gauche), mais le sous-marin s'est déplacé et peut se trouver dans de nouvelles cases.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9				X	X	X								X	X	X	X				
8			X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X			
7			X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X			
6			X	X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X			
5							X	X	X	X											
4																					
3																					
2																					
1																					
0																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Grille du 2^e déplacement

7 **ENTER** 3 **B** 1, 3^e déplacement, un écho.

Ceci élimine de nombreuses possibilités (à gauche) et à nouveau en crée d'autres.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
9			X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X						
8		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X				
7		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X				
6		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X	X				
5		X																			
4																					
3																					
2																					
1																					
0																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Grille du 3^e déplacement

8 [ENTER] 3 [A] 0,111
0,11111
0,1111111
0,111111111
0,1111111111 Coulé!

Vous êtes chanceux!

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
9										9	
8			X							8	
7										7	
6										6	
5										5	
4										4	
3										3	
2										2	
1										1	
0										0	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Finance: Annuités et intérêts composés

Ce programme permet de résoudre divers problèmes impliquant le temps et l'argent. Les variables suivantes sauf *i* (le taux d'intérêts) peuvent être des données ou des résultats.

- *n* – nombre de périodes de composition (pour un prêt sur 30 ans avec remboursement mensuel, $n = 12 \times 30 = 360$).
- *i* – taux d'intérêt périodique en pourcentage (pour des compositions autres qu'annuelles, divisez le taux nominal – taux annuel – par le nombre de périodes par an; ex. 10% annuel composés mensuellement donnent $10/12$ ou 0,83% périodique).
- *PV* – valeur actuelle.
- *PMT* – annuités.
- *FV* – valeur future.

Ce programme calcule en outre les intérêts cumulés et le solde à amortir.

Le programme accepte les paiements en début ou en fin de période. Les premiers sont courants dans les crédits-bail et les derniers pour les prêts et hypothèques. Pour les paiements en début de période, appuyez sur [A] [R/S] jusqu'à ce que le calculateur affiche 1. Pour les paiements en fin de période, appuyez sur [A] [R/S] jusqu'à ce que le calculateur affiche 0.

Ce programme utilise la convention de signe de flux suivante: argent versé négatif, argent reçu positif.

La séquence [f] CLEAR [REG] est une méthode pratique et exempte de surprises pour préparer le calculateur en vue d'un nouveau problème. Il n'est cependant pas nécessaire d'appuyer sur [f] CLEAR [REG] entre deux problèmes utilisant les mêmes variables. Seules les valeurs modifiées entre deux problèmes similaires doivent être réintroduites ou annulées. Le tableau suivant indique les possibilités de calcul.

Possibilités de calcul, le taux d'intérêts étant connu

Combinaison de variables	Applications		Procédure initiale
	Fin de période	Début de période	
<i>n</i> , <i>PV</i> , <i>PMT</i> (introduisez 2 données, calculez la 3 ^e)	Prêt à réduction directe Effets escomptés Hypothèques	Crédit-bail	[f] CLEAR [REG] ou <i>FV</i> = 0
<i>n</i> , <i>PV</i> , <i>PMT</i> , <i>FV</i> (introduisez 3 données, calculez la 4 ^e)	Prêt avec paiements libératoires Effets escomptés	Crédit-bail avec rachat	Aucune
<i>n</i> , <i>PMT</i> , <i>FV</i> (introduisez 2 données, calculez la 3 ^e)	Fonds d'amortissement	Epargne	[f] CLEAR [REG] ou <i>FV</i> = 0
<i>n</i> , <i>PV</i> , <i>FV</i> (introduisez 2 données, calculez la 3 ^e)	Composition Placements (le mode de paiement n'est pas applicable)		[f] CLEAR [REG] ou <i>PMT</i> = 0

Equations:

$$-PV = \frac{PMT}{i} A [1 - (1 + i)^{-n}] + (FV) (1 + i)^{-n}$$

où

$$A = \begin{cases} 1 & \text{fin de période} \\ 1 + i & \text{début de période} \end{cases}$$

Nota:

- Si $i = 0$ le calculateur affiche **Error 0**.
- Le calculateur peut donner des résultats non significatifs si n ou i sont très grands (10^6) ou très petits (10^{-6}).

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
f CLEAR PRGM	000-		019- 30
f LBL A	001-42,21,11	RCL 3	020- 45 3
f FIX 2	002-42, 7, 2	g LSTx	021- 43 36
STO 2	003- 44 2	+	022- 40
f LBL 4	004-42,21, 4	+	023- 10
R/S	005- 31	CHS	024- 16
0	006- 0	g LN	025- 43 12
g F? 0	007-43, 6, 0	RCL 6	026- 45 6
1	008- 1	g LN	027- 43 12
g CF 0	009-43, 5, 0	+	028- 10
g x=0	010- 43 40	STO 1	029- 44 1
g SF 0	011-43, 4, 0	g RTN	030- 43 32
GTO 4	012- 22 4	f LBL C	031-42,21,13
f LBL B	013-42,21,12	STO 3	032- 44 3
STO 1	014- 44 1	R/S	033- 31
R/S	015- 31	GSB 1	034- 32 1
GSB 1	016- 32 1	GSB 2	035- 32 2
RCL 5	017- 45 5	CHS	036- 16
g LSTx	018- 43 36	STO 3	037- 44 3

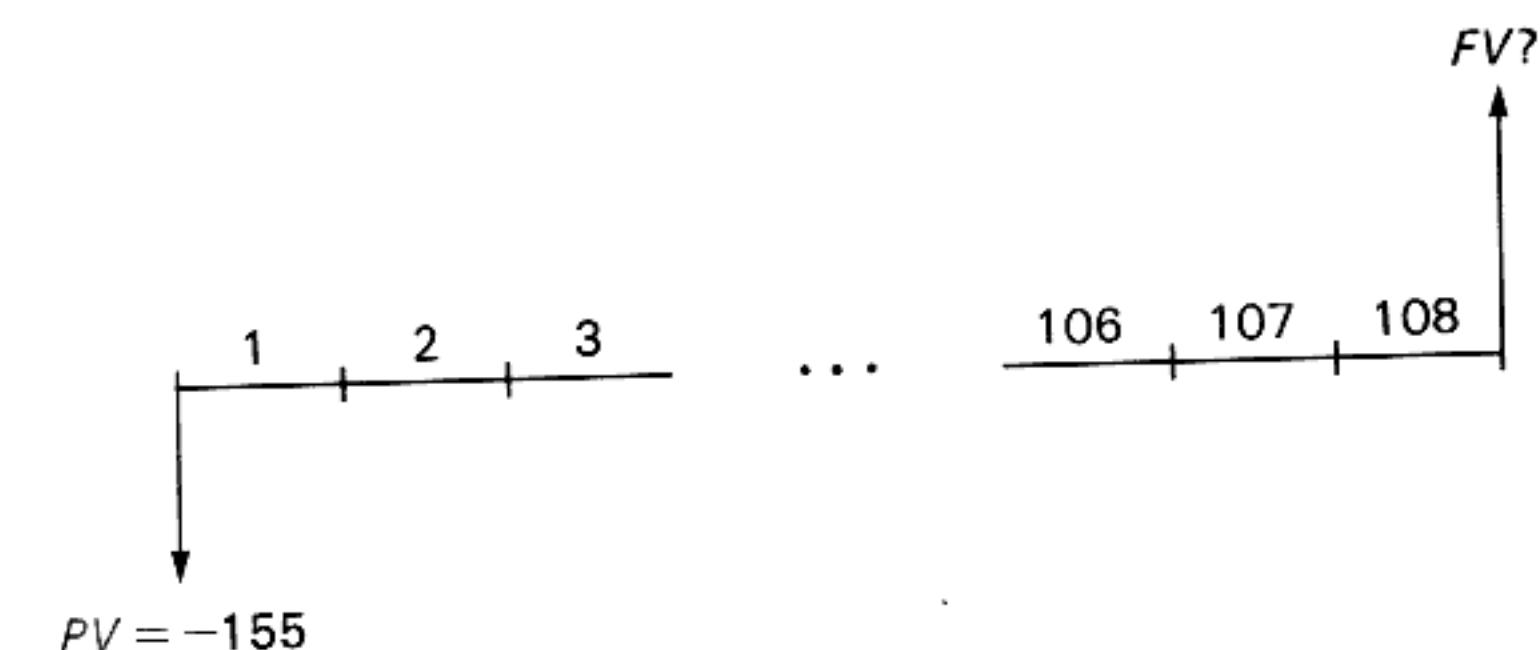
Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
g RTN	038- 43 32	g %	066- 43 14
f LBL D	039-42,21,14	STO 8	067- 44 8
STO 4	040- 44 4	'1	068- 1
R/S	041- 31	STO 0	069- 44 0
1	042- 1	+	070- 40
STO 4	043- 44 4	STO 6	071- 44 6
GSB 1	044- 32 1	g F? 0	072-43, 6, 0
1/x	045- 15	STO 0	073- 44 0
RCL 3	046- 45 3	RCL 1	074- 45 1
GSB 2	047- 32 2	CHS	075- 16
×	048- 20	y ^x	076- 14
CHS	049- 16	STO 7	077- 44 7
STO 4	050- 44 4	1	078- 1
g RTN	051- 43 32	x ≥ y	079- 34
f LBL E	052-42,21,15	-	080- 30
STO 5	053- 44 5	RCL 4	081- 45 4
R/S	054- 31	RCL 8	082- 45 8
GSB 1	055- 32 1	+	083- 10
RCL 3	056- 45 3	RCL 0	084- 45 0
+	057- 40	×	085- 20
RCL 7	058- 45 7	×	086- 20
+	059- 10	g RTN	087- 43 32
CHS	060- 16	f LBL 2	088-42,21, 2
STO 5	061- 44 5	RCL 5	089- 45 5
g RTN	062- 43 32	RCL 7	090- 45 7
f LBL 1	063-42,21, 1	×	091- 20
1	064- 1	+	092- 40
RCL 2	065- 45 2		

Registres			R ₁ : Inutilisé
R ₀ : 1 ou 1 + i	R ₁ : n	R ₂ : i/(%)	R ₃ : PV
R ₄ : PMT	R ₅ : FV	R ₆ : 1 + i	R ₇ : (1 + i) ⁻ⁿ
R ₈ : i/100	R ₉ –R ₄ : Inutilisés		

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
1	Introduisez le programme.			
2	Mode USER.			
3	Initialisation.		f CLEAR REG	
4	Introduisez le taux périodique.	i (%)	A	i (%)
5	Mode de paiement* (cette étape bascule d'un mode vers l'autre).		R/S	1,00
			R/S	0,00
6	Introduisez les données			
	• nombre de périodes	n	B	n
	• valeur actuelle	PV	C	PV
	• annuités	PMT	D	PMT
	• valeur future	FV	E	FV
7	Calculez l'inconnue			
	• nombre de périodes		B R/S	n
	• valeur actuelle		C R/S	PV
	• annuités		D R/S	PMT
	• valeur future		E R/S	FV
8	Pour modifier un problème, allez en 4 et changez la valeur désirée. Introduisez zéro le cas échéant.			
9	Nouveau problème: allez en 3.			

* 1 = fin de période; 0 = début de période.

Exemple 1: Vous placez 155 F sur un compte rapportant 5,75% par an avec composition mensuelle. De quelle somme disposerez-vous dans 9 ans?



Appuyez sur

f CLEAR REG

Mode USER.

5.75 ENTER 12 + A

R/S

9 ENTER 12 × B

155 CHS C

E R/S

Affichage

0,48

0,00

108,00

-155,00

259,74

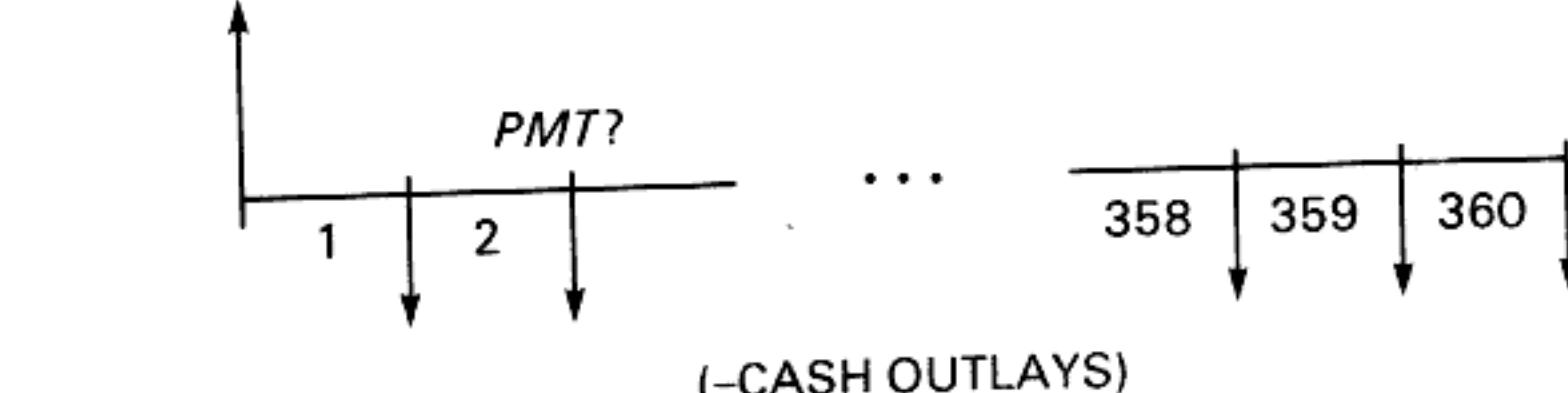
Taux d'intérêts périodique (%). Nombre de périodes.

Dépôt initial.

Valeur future.

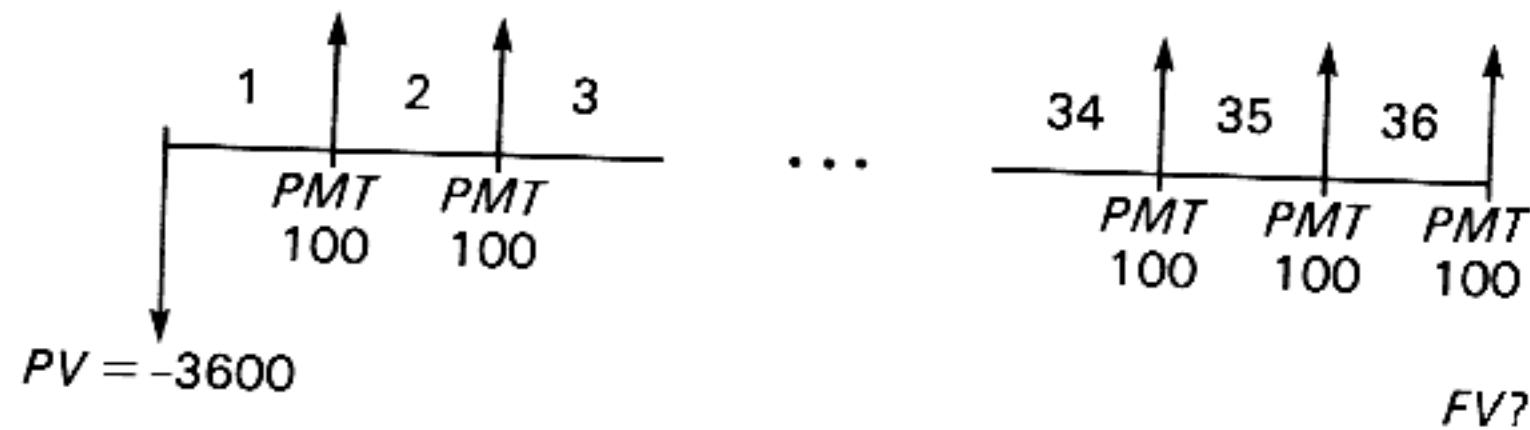
Exemple 2: Vous recevez 30.000 F de votre banque pour un prêt à 13% sur 30 ans. Quel est le montant des annuités pour amortir le prêt?

PV = 30,000



Appuyez sur	Affichage
f CLEAR REG	
13 ENTER 12 + A	1,08
R/S	
30 ENTER 12 x B	1,00
30000 C	360,00
D R/S	30.000,00
	-331,86
	PMT

Exemple 3: Considérez un prêt de 3600 F à 10% avec paiement libératoire remboursable par 36 mensualités de 100 F. Quel doit être le montant du paiement libératoire s'il coïncide avec le 36^e paiement?



Appuyez sur	Affichage
f CLEAR REG	
10 ENTER 12 + A	0,83
R/S	
36 B	1,00
3600 CHS C	36,00
100 D E R/S	-3.600,00
	675,27
	FV

(Nota: le dernier paiement est de 675,27 F + 100,00 F = 775,27 F car il coïncide avec la fin de la dernière période.)

Exemple 4: Le programme sert en outre à calculer les intérêts cumulés et le solde à amortir pour un prêt. Les intérêts cumulés entre deux périodes n_1 et n_2 correspondent à la somme des paiements pour cette période moins la part de capital amortie. L'amortissement du capital est la différence entre les soldes à amortir des deux périodes.

Calculez pour un prêt de 50.000 F à 14% sur 360 mensualités, le solde à amortir après le 24^e paiement et les intérêts cumulés entre les paiements 12 et 24.

Il faut d'abord calculer le montant des annuités:

Appuyez sur	Affichage
f CLEAR REG	
360 B	360,00
14 ENTER 12 +	n
R/S	
A	1,00
50000 CHS C	1,17
D R/S	-50.000,00
	592,44
	PMT

Le solde à amortir après 24 mois est:

24 B E R/S	49.749,56	Solde 24 ^e mois.
---------------------------------	-----------	-----------------------------

Stockez ce solde et calculez le solde à amortir après le 12^e mois:

STO 9 12 B	
E R/S	49.883,48

Solde 12^e mois.

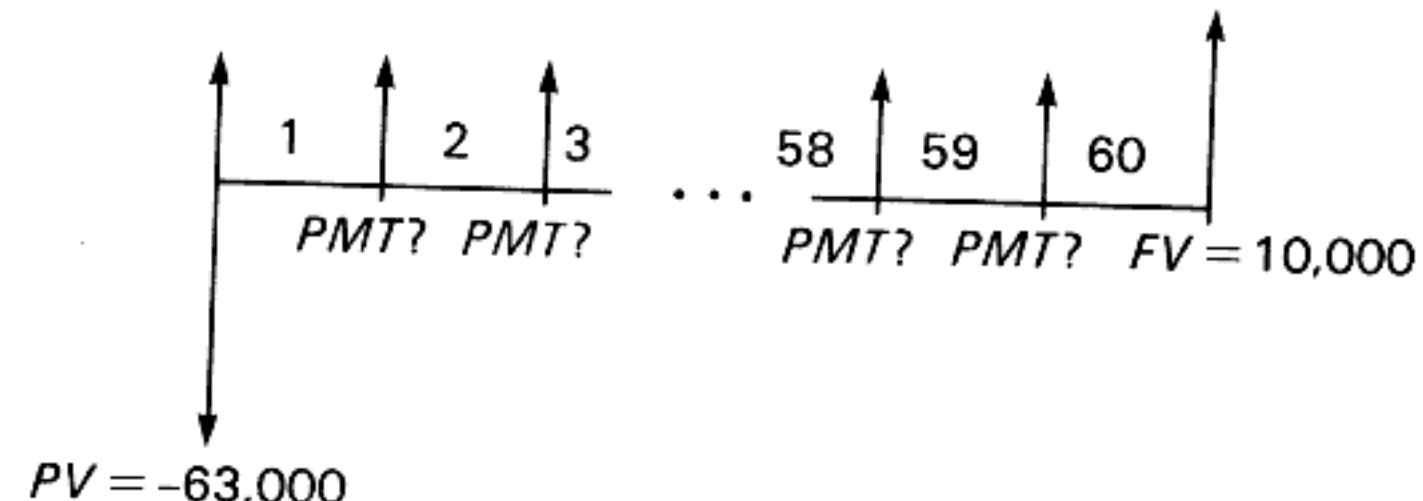
Le capital amorti entre les paiements 12 et 24 est:

RCL 9 -	133,92
-----------------------	--------

Le montant des intérêts cumulés pour cette période:

RCL 4 12 x	7.109,23	Total versé.
x²y -	6.975,31	Cumul des intérêts.

Exemple 5: Une société veut acheter un mini-ordinateur 63.000 F pour le louer et veut atteindre un rendement de 13% sur 5 ans. La société pense le revendre 10.000 F à la fin de cette période. Comme pour beaucoup de ces locations à terme, on considère que les paiements sont effectués en début de période. Quel doit être le montant de la location pour atteindre le rendement de 13%?



Appuyez sur

f CLEAR REG

13 ENTER 12 ÷ A

R/S

5 ENTER 12 × B

63000 CHS C

10000 E D R/S

Affichage

1,08

i

0,00

50,00

n

-63.000,00

FV

-63.000,00

PMT

1.300,16

$$D_i = x_i - y_i$$

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n D_i$$

Si le prix est de 70.000 F que devient la location?

70000 CHS C

-70.000,00

D R/S

1.457,73

PMT

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum D_i^2 - \frac{1}{n} (\sum D_i)^2}{n-1}}$$

le test t

$$t = \frac{\bar{D}}{S_D} \sqrt{n}$$

avec $n - 1$ degrés de liberté (df) permet de tester l'hypothèse nulle

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

Test t pour deux moyennes

Supposons x_1, x_2, \dots, x_{n_1} et y_1, y_2, \dots, y_{n_2} deux échantillons aléatoires indépendants de deux populations normales de moyenne μ_1 et μ_2 (inconnues) et la même variance inconnue σ^2 .

Nous voulons tester l'hypothèse nulle $H_0: \mu_1 - \mu_2 = d$.

Equation:

$$\bar{x} = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n_2} \sum_{i=1}^{n_2} y_i$$

$$t = \frac{\bar{x} - \bar{y} - d}{\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}} \sqrt{\frac{\sum x_i^2 - n_1 \bar{x}^2 + \sum y_i^2 - n_2 \bar{y}^2}{n_1 + n_2 - 2}}}$$

Vous pouvez utiliser ce test t de distribution t avec $n_1 + n_2 - 2$ degrés de liberté (df) pour tester l'hypothèse nulle.

Références:

- *Statistics in Research*, B. Ostle, Iowa State University Press, 1963.
- *Statistical Theory and Methodology in Science and Engineering*, K. A. Brownlee, John Wiley and Sons, 1965.

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
f CLEAR PRGM	000-	g s	009- 43 48
f LBL A	001-42,21,11	R/S	010- 31
-	002- 30	RCL 6	011- 45 6
$\Sigma+$	003- 49	RCL 0	012- 45 0
R/S	004- 31	\sqrt{x}	013- 11
f LBL C	005-42,21,13	x	014- 20
g \bar{x}	006- 43 0	x̄y	015- 34
STO 6	007- 44 6	+	016- 10
R/S	008- 31	R/S	017- 31

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
RCL 0	018- 45 0	x	046- 20
1	019-	RCL . 0	047- 45 .0
-	020- 30	+	048- 10
R/S	021- 31	STO 7	049- 44 7
GTO C	022- 22 13	x̄y	050- 34
f LBL A	023-42,21,12	-	051- 30
$\Sigma+$	024- 49	RCL 6	052- 45 6
R/S	025- 31	-	053- 30
RCL 1	026- 45 01	RCL 4	054- 45 4
STO . 1	027- 44 .1	RCL 3	055- 45 3
RCL 2	028- 45 2	RCL 7	056- 45 7
STO . 2	029- 44 .2	x	057- 20
RCL 0	030- 45 0	-	058- 30
STO . 0	031- 44 .0	RCL 2	059- 45 2
0	032- 0	+	060- 40
f CLEAR Σ	033- 42 32	RCL 1	061- 45 1
R/S	034- 31	RCL 8	062- 45 8
f LBL D	035-42,21,14	x	063- 20
STO 6	036- 44 6	-	064- 30
RCL . 1	037- 45 .1	RCL 0	065- 45 0
RCL . 2	038- 45 .2	RCL . 0	066- 45 .0
STO 4	039- 44 4	+	067- 40
x̄y	040- 34 2		068- 2
STO 3	041- 44 3	-	069- 30
g \bar{x}	042- 43 0	STO 9	070- 44 9
STO 8	043- 44 8	+	071- 10
x̄y	044- 34	\sqrt{x}	072- 11
RCL 0	045- 45 0	RCL 0	073- 45 0

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
$1/x$	074- 15	$+$	080- 10
RCL <input type="checkbox"/> 0	075- 45 .0	R/S	081- 31
$1/x$	076- 15	RCL 9	082- 45 9
$+$	077- 40	R/S	083- 31
\sqrt{x}	078- 11	RCL 6	084- 45 6
\times	079- 20	GTO D	085- 22 14

Registres			R_1 : Inutilisé
$R_0: n, n_1, n_2$	$R_1: \Sigma D, \Sigma x, \Sigma y$	$R_2: \Sigma D^2, \Sigma x^2, \Sigma y^2$	$R_3: \Sigma x$
$R_4: \Sigma x^2$	R_5 : Inutilisé	$R_6: \bar{D}, d$	$R_7: \bar{x}$
$R_8: \bar{y}$	$R_9: df$	$R_{10}: n_1$	$R_{11}: \Sigma x$
$R_{12}: \Sigma x^2$	$R_{13}-R_{14}$: Inutilisés		

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
	Test t sur couples de données.			
1	Introduisez le programme.			
2	Initialisez le programme.		f CLEAR REG	
3	Mode USER.			
	Répétez les étapes 4 et 5 pour			
	$i = 1, 2, \dots n$			
4	Introduisez	x_i	ENTER	
		y_i	A	i
5	(Optionnel) pour corriger un			
	x_k ou y_k erroné	x_k	ENTER	
		y_k	$-$ g $\Sigma -$	$k-1$
6	Pour calculer:			
	\bar{D}		C	\bar{D}
	S_D		R/S	S_D

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
	t		R/S	t
	df		R/S	df
7	Répétez l'étape 6 pour revoir les résultats.			
	Test t pour deux moyennes.			
1	Introduisez les lignes 023-085			
2	Initialisez le programme.		f CLEAR REG	
3	Mode USER.			
	Répétez les étapes 3 et 4 pour			
	$i = 1, 2, \dots n_1$			
4	Introduisez x_i	x_i	B	i
5	Pour corriger un x_k erroné.	x_k	g $\Sigma -$	$k-1$
6	Initialisez le deuxième tableau de données.		R/S	
	Répétez les étapes 7 et 8 pour $i = 1, 2, \dots n_2$.			
7	Introduisez y_i .	y_i	B	i
8	Pour corriger un y_k erroné.	y_k	g $\Sigma -$	$k-1$
9	Introduisez d pour calculer	d	D	t
			R/S	df
10	Répétez l'étape 9 pour revoir les résultats.			

Exemple 1:

x_i	14	17,5	17	17,5	15,4
y_i	17	20,7	21,6	20,9	17,2

Calculez \bar{D} , S_D , t et df .

Appuyez sur**f** **FIX** 4**Mode** **USER****f** **CLEAR** **REG**14 **ENTER** 17 **A**17 **ENTER** 15 **A**17 **ENTER** 15 **g** **Σ-**17.5 **ENTER** 20.7 **A**17 **ENTER** 21.6 **A**17.5 **ENTER** 20.9 **A**15.4 **ENTER** 17.2 **A****C****R/S****R/S****R/S**

1,0000

2,0000

Erreur

1,0000

Correction

2,0000

3,0000

4,0000

5,0000

-3,2000

D

1,0000

S_D

-7,1554

t

4,0000

df

Exemple 2:

x	79	84	108	114	120	103	122	120		
y	91	103	90	113	108	87	100	80	99	54

Si $d = 0$ (c'est-à-dire $H_0: \mu_1 = \mu_2$) calculez t et df .**Appuyez sur****f** **CLEAR** **REG**79 **B** 84 **B** 99**B** 99 **g** **Σ-****Affichage**

2,0000

108 **B** 114 **B**120 **B** 103 **B**122 **B** 120 **B****R/S**

8,0000

91 **B** 103 **B**90 **B** 113 **B**108 **B** 87 **B**100 **B** 80 **B**99 **B** 54 **B**

0,0000

10,0000

O **D**

1,7316

R/S

16,0000

t

df

Evaluation du Chi-carréCe programme calcule la valeur du χ^2 par l'équation

$$\chi_i^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (df = n-1)$$

où O_i = fréquence observée E_i = fréquence attendue.

Si les valeurs attendues sont égales

$$E = E_i = \frac{\sum O_i}{n} \text{ pour tout } i$$

alors

$$\chi_2^2 = \frac{n \sum O_i^2}{O_i} - \sum O_i$$

Nota: De façon à utiliser ce test d'ajustement à un jeu de données, il peut s'avérer nécessaire de combiner certaines classes pour s'assurer qu'aucune fréquence attendue n'est trop petite (< 5).

Référence:

- Mathematical Statistics, J. E. Freund, Prentice Hall, 1962.

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
f CLEAR PRGM	000-	GTO C	022- 22 33
f LBL A	001-42,21,11	f LBL B	023-42,21,12
g CF 0	002-43, 5, 0	$\Sigma+$	024- 49
f LBL 0	003-42,21, 0	R/S	025- 31
ENTER	004- 36	f LBL D	026-42,21,14
R↓	005- 33	RCL 0	027- 45 0
-	006- 30	RCL 2	028- 45 2
g x ²	007- 43 11	\times	029- 20
g R↑	008- 43 33	RCL 1	030- 45 1
+	009- 10	\div	031- 10
g F? 0	010-43, 6, 0	RCL 1	032- 45 1
CHS	011- 16	-	033- 30
STO + 1	012-44,40, 1	R/S	034- 31
1	013- 1	RCL 1	035- 45 1
g F? 0	014-43, 6, 0	RCL 0	036- 45 0
CHS	015- 16	\div	037- 10
STO + 0	016-44,40, 0	R/S	038- 31
RCL 0	017- 45 0	GTO D	039- 22 14
R/S 0	018- 31	f LBL E	040-42,21,15
f LBL C	019-42,21,13	g SF 0	041-43, 4, 0
RCL 1	020- 45 1	GTO 0	042- 22 0
R/S	021- 31		

Registres			R _i : Inutilisé
R ₀ : Index	R ₁ : x ₂ ² , ΣO_i	R ₂ : ΣO_i^2	R ₃ : Utilisé
R ₄ : Utilisé	R ₅ : Utilisé	R ₆ —R ₉ : Inutilisés	

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
	Fréquences attendues			
	inégales.			
1	Introduisez le programme.			
2	Initialisez le programme.		f CLEAR REG	
			g CF 0	
3	Mode USER.			
	Répétez les étapes 4 et 5 pour			
	$i = 1, 2, \dots n$			
4	Introduisez O_i	O_i	ENTER	
	E_i	E_i	A	i
5	Pour corriger un O_k ou E_k erroné.	O_k	ENTER	
		E_k	E	$k-1$
6	Calculez χ_1^2		C	χ_1^2
7	Répétez l'étape 6 pour revoir			
	le résultat.			
	Fréquences attendues			
	égales.			
1	Initialisez le programme.		f CLEAR REG	
2	Mode USER.			
	Répétez les étapes 3 et 4 pour			
	$i = 1, 2, \dots n$			
3	Introduisez O_i .	O_i	B	i
4	Pour corriger un O_h erroné.	O_h	g Σ	$h-1$
5	Calculez χ_2^2		D	χ_2^2
	E		R/S	E
6	Répétez l'étape 5 pour revoir			
	les résultats.			

Exemple 1: Calculez la valeur du χ^2 pour le jeu de données suivant:

O_i	8	50	47	56	5	14
E_i	9,6	46,75	51,85	54,4	8,25	9,15

Appuyez sur

f **CLEAR** **REG**

f **FIX** 4

g **CF** 0

Mode USER

8 ENTER	9.6 A	1,0000
50 ENTER	46.75 A	2,0000
47 ENTER	51.85 A	3,0000
56 ENTER	54.4 A	4,0000
100 ENTER	A	5,0000
100 ENTER	E	4,0000
5 ENTER	8.25 A	5,0000
14 ENTER	9.15 A	6,0000
C		4,8444

Affichage

Erreur

Correction

χ_1^2

Exemple 2: Le tableau suivant montre les fréquences observées pour 120 jetés de dés. Le χ^2 permet de déterminer si le dé n'est pas pipé. $df = 5$.

Nota: On suppose les fréquences attendues égales.

Face	1	2	3	4	5	6
Fréquence O_i	25	17	15	23	24	16

Appuyez sur

f **CLEAR** **REG**

25 **B** 17 **B** 19 **B**

19 **g** **Σ -**

15 **B** 23 **B** 24 **B** 16 **B**

D

R/S

Affichage

3,0000

2,0000

6,0000

5,0000

20,0000

Erreur

Correction

χ_2^2

E

La valeur de χ^2 pour $df = 5$ est une signification de 5% (p. 438 de *Mathematical Statistics* de Freund, 2^e édition) est 11,070. Le degré de liberté 5 étant inférieur à 11,070, il n'y a pas de différence réelle entre les fréquences attendues et observées.

Intégration numérique par points discrets

Ce programme effectuera une intégration numérique pour des fonctions connues par un nombre fini de points équidistants. Le calcul est effectué selon la règle de trapèze ou la règle de Simpson.

Equations:

Soit $\{x_0, x_1, \dots, x_n\}$, $n + 1$ points équidistants ($x_j = x_0 + jh$, $j = 0, 1, 2, \dots, n$) auxquels correspondent les valeurs $f(x_0), f(x_1), \dots, f(x_n)$ connues de la fonction $f(x)$.

L'intégrale $\int_{x_0}^{x_n} f(x)dx$ peut être approchée par:

1. La règle du trapèze:

$$\int_{x_0}^{x_n} f(x)dx \sim \frac{h}{2} \left[f(x_0) + 2 \left(\sum_{j=1}^{n-1} f(x_j) \right) + f(x_n) \right]$$

2. La règle de Simpson:

$$\int_{x_0}^{x_n} f(x)dx \sim \frac{h}{3} [f(x_0) + 4f(x_1) + 2f(x_2) + \dots + 4f(x_{n-3}) + 2f(x_{n-2}) + 4f(x_{n-1}) + f(x_n)]$$

Pour la règle de Simpson, n doit être pair, sinon le calculateur affiche Error 0.

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
f CLEAR PRGM	000-	STO 5	006- 44 5
f LBL A	001-42,21,11	0	007- 0
STO 4	002- 44 4	STO 3	008- 44 3
R/S	003- 31	f LBL 1	009-42,21, 1
f LBL B	004-42,21,12	R/S	010- 31
STO 0	005- 44 0	f LBL B	011-42,21,12

Appuyez sur	Affichage	Appuyez sur	Affichage
STO 1	012- 44 1	3	036- 3
GSB 2	013- 32 2	RCL 5	037- 45 5
ENTER	014- 36	f LBL 0	038-42,21, 0
+	015- 40	RCL 1	039- 45 1
STO + 5	016-44,40, 5	-	040- 30
1	017- 1	RCL 4	041- 45 4
STO + 3	018-44,40, 3	x	042- 20
RCL 3	019- 45 3	x≥y	043- 34
R/S	020- 31	÷	044- 10
f LBL B	021-42,21,12	R/S	045- 31
STO 1	022- 44 1	f LBL 2	046-42,21, 2
GSB 2	023- 32 2	ENTER	047- 36
STO + 5	024-44,40, 5	+	048- 40
1	025- 1	STO + 0	049-44,40, 0
STO + 3	026-44,40, 3	g RTN	050- 43 32
RCL 3	027- 45 3	f LBL 3	051-42,21, 3
GTO 1	028- 22 1	2	052- 2
f LBL C	029-42,21,13	+	053- 10
2	030- 2	f FRAC	054- 42 44
RCL 0	031- 45 0	g x=0	055- 43 40
GTO 0	032- 22 0	g RTN	056- 43 32
f LBL D	033-42,21,14	0	057- 0
RCL 3	034- 45 3	+	058- 10
GSB 3	035- 32 3	g RTN	059- 43 32

Registres			R ₁ : Inutilisé
R ₀ : Utilisé	R ₁ : f(x _j), a	R ₂ : Inutilisé	R ₃ : j
R ₄ : h	R ₅ : Utilisé	R ₆ –R ₉ : Inutilisés	

Etape	Instructions	Données	Appuyez sur	Affichage
1	Introduisez le programme.			
2	Mode USER.			
3	Introduisez l'intervalle entre les x.	h	A	h
4	Introduisez la valeur de la fonction à x _j pour j = 0, 1, 2, ..., n.	f(x _j)	B	j
5	Calculez l'intégrale par la règle du trapèze.		C	TRAP ∫
	OU			
	par la règle de Simpson (n pair).		D	SIMP ∫
6	Pour un nouveau cas, allez en 3.			

Exemple: Etant données les valeurs ci-dessous de f(x_j) pour j = 0, 1, ..., 8, calculez l'approximation de l'intégrale

$$\int_0^2 f(x)dx$$

par la règle du trapèze et par la règle de Simpson. La valeur pour h est 0,25.

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8
x _i	0	0,25	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2
f(x _i)	2	2,8	3,8	5,2	7	9,2	12,1	15,6	20

Appuyez sur	Affichage
<input type="checkbox"/> FIX 2	
Mode USER	
.25 <input type="checkbox"/> A	0,25
2 <input type="checkbox"/> B	0,00
2.8 <input type="checkbox"/> B	1,00
3.8 <input type="checkbox"/> B	2,00
5.2 <input type="checkbox"/> B	3,00
7 <input type="checkbox"/> B	4,00
9.2 <input type="checkbox"/> B	5,00
12.1 <input type="checkbox"/> B	6,00
15.6 <input type="checkbox"/> B	7,00
20 <input type="checkbox"/> B	8,00
<input type="checkbox"/> C	16,68
<input type="checkbox"/> D	16,56
	Trapèze \int
	Simpson \int

Techniques de programmation

Structure

Le mot **structure** signifie que même dans un langage comme celui du HP-11C existe une **organisation**. Les programmes que vous réalisez sur le HP-11C peuvent être à la fois efficaces et pratiques. Mais c'est à vous, programmeur, de les rendre tels par une étude préalable de l'application et une structure favorisant l'efficacité, la documentation et la mise au point. Ce chapitre regroupe des techniques et des exemples qui pourront vous aider à rédiger de tels programmes.

Problème

La première étape dans la rédaction d'un programme est la **description** du problème à résoudre. Cela peut sembler évident mais sombre bien souvent dans l'oubli. Le programmeur réalise ensuite que le programme ne fournit pas les résultats attendus car l'énoncé du problème n'était pas clair. Cette première étape s'avère toujours fondamentale car elle clarifie le problème et donne une direction pour rechercher la solution. Alors, vous pouvez commencer le développement du programme.

Exemple: Supposons que vous désirez trouver les racines de l'équation $ax^2 + bx + c = 0$ où a , b et c sont des constantes. L'énoncé du problème peut alors être le suivant: «Etant données les constantes a , b et c , trouvez les racines de l'équation $ax^2 + bx + c = 0$.»

Cet énoncé peut sembler évident mais il souligne les deux quantités fondamentales: les **données** à introduire et le **résultat** désiré.

Dorénavant, vous pouvez songer à la deuxième étape, la conception de l'algorithme.

Algorithme

Un algorithme n'est pas un programme mais un schéma des étapes logiques nécessaires à la solution d'un problème. Il doit se résumer à la stricte logique de calcul et laisser les détails pour la phase de programmation. Le but est de déterminer les étapes élémentaires. Dans notre cas, la solution la plus simple est donnée par les formules des équations quadratiques:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

A partir de cette équation l'algorithme peut être le suivant:

- Calcul de $b^2 - 4ac$
- Si la différence est positive, calcul de $\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$
- Si la différence est négative, calcul de $\frac{-b}{2a}$ et $\frac{\pm \sqrt{|b^2 - 4ac|}}{2a}$

Lorsque $b^2 - 4ac$ est positive, l'équation possède deux racines réelles. Lorsque la différence est négative, les deux racines sont des nombres complexes. Remarquez que les calculs indiqués ne constituent pas un programme mais uniquement la séquence nécessaire pour atteindre la solution.

L'étude de cet algorithme révélera des calculs répétitifs et des séquences compressibles donnant une idée des instructions de programme qui seront utilisées. Ceci vous permettra en outre de garder à l'esprit les objectifs du programme. L'étude de notre application peut nous mener aux considérations suivantes:

En utilisant les registres hypothétiques R_A , R_B et R_C :

1. Divisez l'opposé de b par le double de a .
2. Stockez le résultat dans R_A .
3. Prenez le carré de b , soustrayez-lui quatre ($a \times c$) et stockez le résultat dans R_B .
4. Prenez la racine carrée de la valeur absolue du contenu de R_B et divisez-la par deux fois a .

5. Stockez le résultat dans R_C .
6. Si le contenu de R_B est positif ou nul, affichez la somme des contenus de R_A et de R_C .
7. Si le contenu de R_B est négatif, affichez séparément les contenus de R_A et de R_C .
8. Changez le signe du contenu de R_C et répétez les deux précédentes étapes.

Il apparaît donc important d'utiliser des registres de stockage pour les résultats intermédiaires – les opérations sont maintenant bien définies et nous savons quels résultats afficher.

Jusqu'où aller dans le détail est une question de préférence personnelle mais il est certain qu'un algorithme détaillé facilitera la rédaction d'un programme comportant un minimum d'erreur.

En utilisant les registres hypothétiques R_A , R_B , R_C , R_D et R_E , exécutez la séquence suivante:

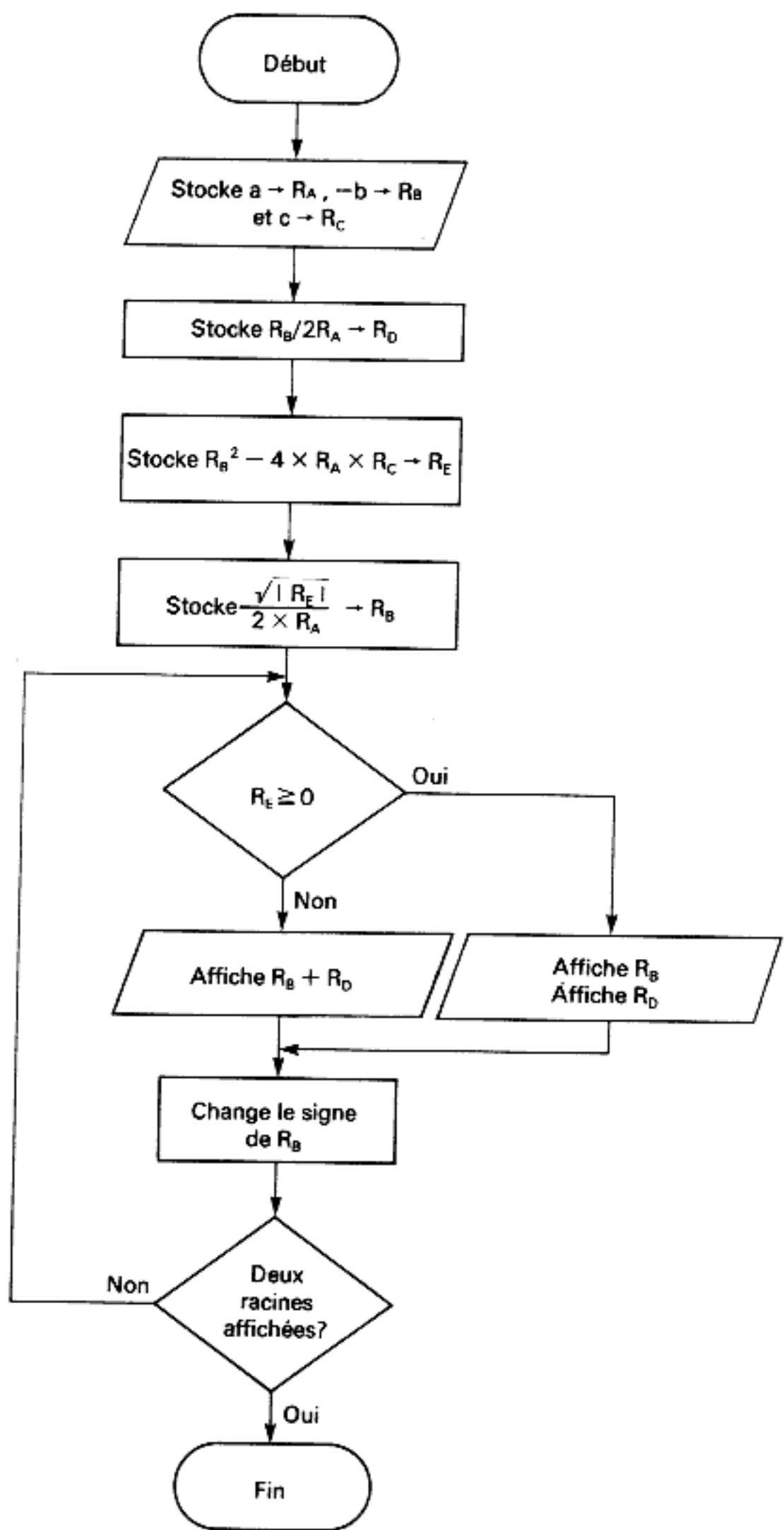
1. Stockez a dans R_A , l'opposé de b dans R_B et c dans R_C .
2. Divisez R_B par deux fois R_A et stockez le résultat dans R_D .
3. Soustrayez quatre fois le produit $R_A \times R_C$ du carré de R_B et stockez le résultat dans R_E .
4. Calculez la racine carrée de la valeur absolue de R_E et divisez-la par deux fois R_A . Stockez cette valeur dans R_B .
5. Si R_E est positif ou nul, affichez la somme $R_B + R_D$.
6. Si R_E est négatif affichez séparément R_B et R_D .
7. Changez le signe de R_B et répétez les deux précédentes étapes.

Cet algorithme prend en compte le stockage initial des données et réutilise R_B , pour réduire le nombre de registres nécessaires.

Organigramme

Une des techniques les plus utilisées pour le développement d'algorithme est l'organigramme, c'est-à-dire un diagramme matérialisant la structure.

Voici un exemple d'organigramme pour notre application:



A première vue cela peut paraître compliqué mais l'utilisation révèle une logique simple. Pour lire l'organigramme, commencez en haut et suivez les flèches. Chaque boîte est connectée à la suivante par une flèche unidirectionnelle.

Les **cercles** représentent le début et la fin du programme. Les **trapèzes** représentent les entrées de données ou les sorties de résultats. Les **rectangles** représentent des calculs et les **losanges** des tests permettant au calculateur de prendre des décisions.

Comme vous le voyez, un organigramme peut être très utile pour éliminer les éventuels problèmes, spécialement dans les branchements et les boucles.

Sous-programmes

La première chose que vous avez remarqué au sujet du programme d'algèbre matriciel est sa longueur surprenante. Cette longueur est telle que le programme ne tient pas entièrement dans la mémoire du calculateur. Ce qui n'est, par contre, pas immédiatement évident c'est que ce programme est très dense car il profite de l'identité de nombreuses structures de calcul pour résoudre le problème. En fait, même le calcul de l'inverse d'une matrice apparaît plusieurs fois; cette fonction ainsi que quelques autres ont donc été incorporées dans le programme en tant que sous-programmes.

Techniquement, dans le langage du calculateur, un sous-programme est une série quelconque d'instructions commençant par un label (**LBL**n) et finissant par un retour (**RTN**) ou l'arrêt de l'exécution. Ces limites autorisent l'entrée et la sortie du sous-programme (l'entrée dans le sous-programme peut avoir lieu à un numéro de ligne quelconque, cf. page 113.).

Le calculateur a accès à un sous-programme par l'instruction **GSB** n.

Remarque: Dans la partie principale du programme d'algèbre matricielle, le calculateur rencontre huit fois **GSB** 8. A chaque fois il transfère l'exécution de **GSB** 8 à **LBL** 8, poursuit jusqu'au **RTN** suivant et retourne à l'instruction suivant le **GSB** 8.

L'utilité des sous-programmes prend toute son importance dans le gain d'espace. Il est plus court d'appeler un sous-programme que de le réécrire chaque fois qu'il doit apparaître. Cela permet en outre de clarifier l'organisation du programme. Un programme organisé en courtes séquences est plus facile à lire et à comprendre qu'un programme d'un seul tenant. Une

fois chaque segment compris, l'étude de l'ensemble du programme est plus simple. Le découpage facilite en outre la correction des erreurs et évite qu'une modification locale ait des conséquences désastreuses en d'autres endroits du programme.

ISG et RCL (i)

Lorsque vous cherchez à isoler les motifs répétitifs dans vos programmes, il peut être intéressant aussi de chercher les séquences de rappel de groupe de registres (STO 1 ... STO 2 ... STO 3, etc.) qui peuvent souvent se réduire à un sous-programme grâce aux fonctions STO (i) et RCL (i) du HP-11C. En fait, cette technique est utilisée dans notre programme.

Le sous-programme A (lignes 079 à 101) calcule le déterminant de la matrice 3×3 stockée dans les registres R_5 à R_{12} . L'équation de départ est:

$$\begin{vmatrix} R_5 & R_6 & R_7 \\ R_8 & R_9 & R_{10} \\ R_{11} & R_{12} & R_{13} \end{vmatrix} = R_5(R_9 \times R_{13} - R_{10} \times R_{12}) - R_6(R_8 \times R_{13} - R_{10} \times R_{11}) + R_7(R_8 \times R_{12} - R_9 \times R_{11})$$

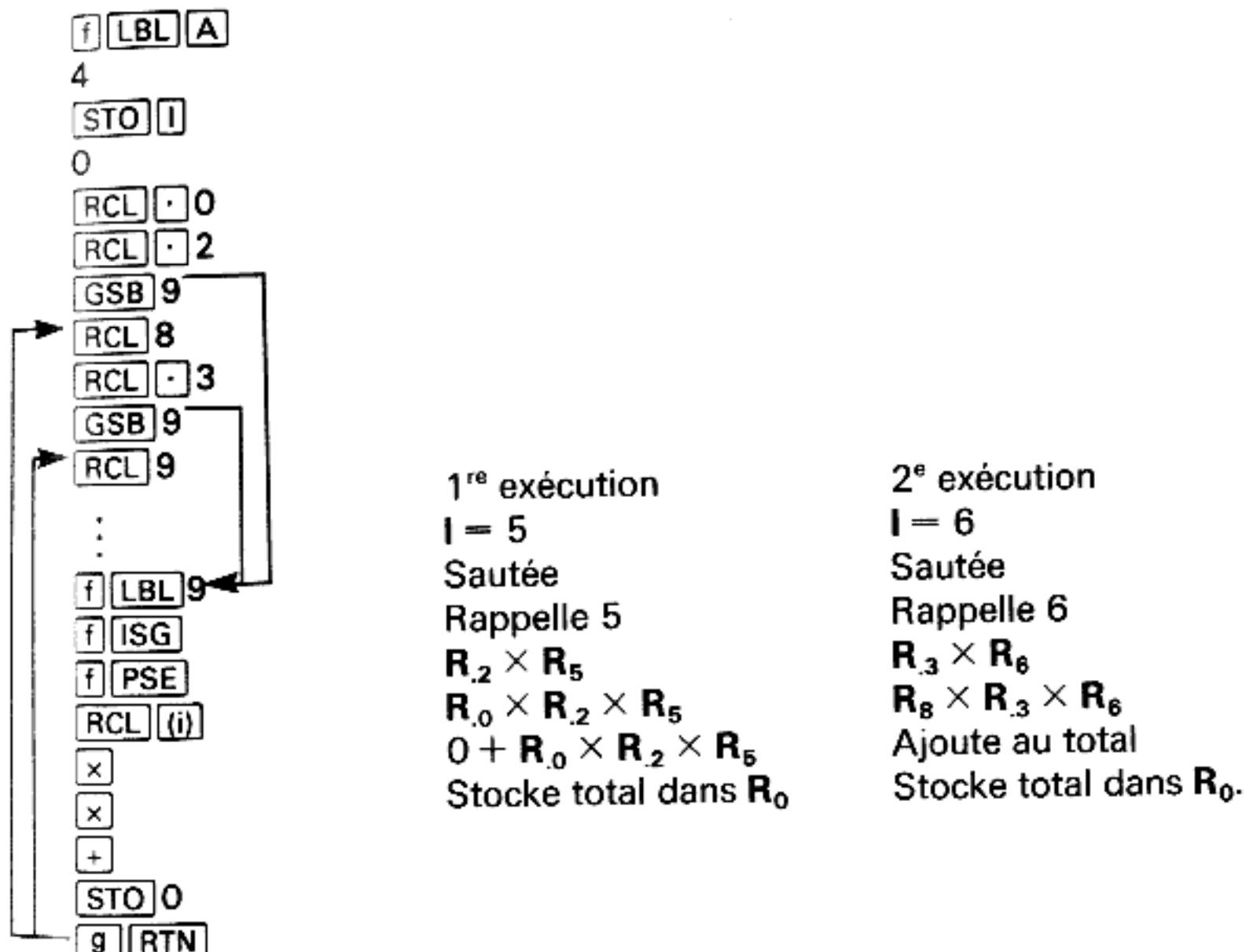
que nous avons réarrangé sous la forme:

$$-(R_{10} \times R_{12} \times R_5 + R_8 \times R_{13} \times R_6 + R_{11} \times R_9 \times R_7) + R_7 \times R_{12} \times R_8 + R_5 \times R_{13} \times R_9 + R_6 \times R_{11} \times R_{10}$$

Il en résulte non seulement le motif $\times \times +$ mais aussi le rappel séquentiel de R_5 à R_{10} . Ces deux motifs sont combinés dans le sous-programme 9 (lignes 001 à 009).

Dans ce sous-programme la fonction ISG sert à incrémenter le registre I (cf. page 121). Chaque appel du sous-programme augmente le contenu du registre I de 1 et rappelle le contenu du registre adressé par cette nouvelle valeur (RCL (i)). La fonction ISG ne sert pas de test, le compteur n'a pas de limite (la partie entière est toujours supérieure à la valeur de référence – les trois premiers chiffres de la partie décimale – zéro); l'instruction qui suit ISG n'est donc jamais exécutée (cf. page 121). Pour cette raison, nous avons placé une instruction fictive (PSE) dans cette ligne.

Que se passe-t-il lors de l'exécution?



Le gain d'espace est évident. Sans le sous-programme, il aurait fallu répéter six fois quatre instructions, soit un total de 24 lignes. Le sous-programme a ramené ce nombre à 10 (y compris 4 STO I et non compris STO 0 qui aurait été exécuté de toute façon).

Introduction des données

Au cours du développement d'un programme, une fois décidées les données dont vous avez besoin, il reste à savoir comment les stocker. Plusieurs options se présentent selon la place disponible et le nombre de données à stocker.

Dans le programme de Solution de triangles, il faut introduire trois données pour chacun des cinq cas suivants: CCC, ACA, CAA, CAC et CCA. Il apparaît donc qu'il faut cinq séquences similaires mais différentes pour la saisie. Dans ce cas, le HP-11C possédant cinq touches de fonction à définir, on peut affecter à chacune la saisie d'un groupe de variables. Plusieurs méthodes se présentent alors à nouveau pour la saisie des variables par les touches à définir. La première est le **stockage manuel** des trois variables dans leurs registres respectifs («S₁» STO 1, «A₁» STO 2 etc.) puis l'adressage de la routine adéquate par une touche à définir. Bien que cette méthode soit satisfaisante lorsque les variables sont peu nombreuses ou qu'il n'y a pas assez de place pour un sous-

programme de saisie, elle est ennuyeuse et n'utilise pas les qualités de rapidité et de facilité du HP-11C.

Autre méthode, plus commune: l'**arrêt-stockage**. La sélection du calcul par touche de fonction à définir a lieu en premier. L'exécution s'arrête immédiatement pour vous laisser introduire la première variable. Il faut ensuite relancer l'exécution avec **R/S**. Le programme stocke la donnée dans le registre adéquat et s'arrête pour la variable suivante et ainsi de suite jusqu'à ce que toutes les variables soient introduites. Des versions plus performantes de cette méthode comprennent des boucles de saisie et des messages. Elles vous permettent même de vérifier et de modifier les données introduites (cf. **LBL A** dans le programme de résolution d'un système d'équations linéaires à trois inconnues).

La méthode choisie pour notre programme est le **chargement de la pile** avec les variables et le choix de la touche de fonction appropriée ensuite. La première fonction de chacune de ces touches est de stocker les trois valeurs dans les registres appropriés via la séquence **STO R_A R↓ STO R_B R↓ STO R_C**. Cette méthode, bien que limitée aux programmes ne nécessitant que peu de données, est rapide, aisée et utilise peu de lignes de programme.

Boucle

Le programme d'intégration par la méthode de Newton demande l'approximation d'une solution car le calcul d'une racine exacte est pour certaines fonctions souvent difficile et parfois impossible.

Dans la méthode de Newton, nous choisissons un point x par lequel la fonction $f(x)$ existe et qui, nous l'espérons, est proche d'une racine de la fonction (l'utilisation de quelques calculs algébriques élémentaires permettra de réduire l'intervalle de choix). Le programme doit ensuite ajuster l'estimation en calculant une meilleure approximation de la racine à partir de l'estimation initiale. La valeur calculée sert ensuite de nouvelle estimation.

Le processus se répète jusqu'à l'obtention d'une solution exacte dans les limites d'un nombre fini d'itérations. Une séquence du programme doit donc être répétée un grand nombre de fois avant l'obtention d'un résultat correct. Cette séquence porte alors le nom de **boucle** (dans le programme d'intégration, la boucle principale se trouve entre les lignes 026 et 052). L'obtention d'une solution exacte pouvant requérir un nombre infini d'exécutions de la boucle, la durée d'exécution du programme peut être

elle aussi infinie. De ce fait, nous devons fixer une limite d'itérations.

Une des méthodes pour cela, est l'insertion d'un compteur dans la boucle pour connaître le nombre d'exécutions de la boucle et le comparer à un maximum. Lorsque les deux valeurs sont égales, le pointeur de programme sort de la boucle (dans le programme d'intégration, le compteur est décrémenté et la boucle se termine lorsqu'il vaut zéro – cf. ligne 051). Remarquez que cette méthode n'assure pas la précision du résultat. Selon la fonction et l'estimation initiale, l'obtention d'un résultat raisonnable peut demander un nombre non-raisonnable d'itérations. En d'autres mots, l'arrêt du processus après même cent itérations peut fournir un résultat inexploitable car trop loin de la racine réelle.

Il est préférable de tester les deux dernières valeurs calculées pour savoir si la différence est ou non significative. Cette différence, appelée limite Δx , est à déterminer par l'utilisateur et est introduite lors de l'initialisation du programme.

La procédure typique pour une telle boucle est la suivante:

1. Stockez la limite Δx et l'estimation initiale.
2. Calculez la première approximation et stockez-la.
3. Calculez l'approximation suivante et stockez-la.
4. Rappelez l'approximation précédente et soustrayez-la de la dernière.
5. Rappelez la limite Δx et comparez-lui la différence des deux dernières approximations.
6. Si la différence est supérieure à la limite Δx , réitérez la boucle en 3.
7. Si la différence est inférieure ou égale à la limite Δx , sortez de la boucle.

Remarquez que cette méthode ne garantit pas que l'exécution sortira de la boucle si par exemple l'estimation est trop éloignée de la racine réelle ou bien s'il n'existe pas de racine réelle. La méthode la plus performante apparaît donc être une combinaison des deux comme celle utilisée dans le programme d'intégration.

Remarque importante: Pour certaines fonctions, vous pouvez voir apparaître des racines fantômes lorsque la pente de la fonction est si grande que la différence entre deux approximations consécutives est inférieure à la limite Δx . Le programme offre une protection contre ce type de racines en testant non seulement le compteur d'itération et la différence entre deux approximations consécutives mais aussi la valeur de la fonction au point calculé. Le calculateur compare la partie fractionnaire à zéro avec une tolérance définie par l'utilisateur.

Indicateurs binaires

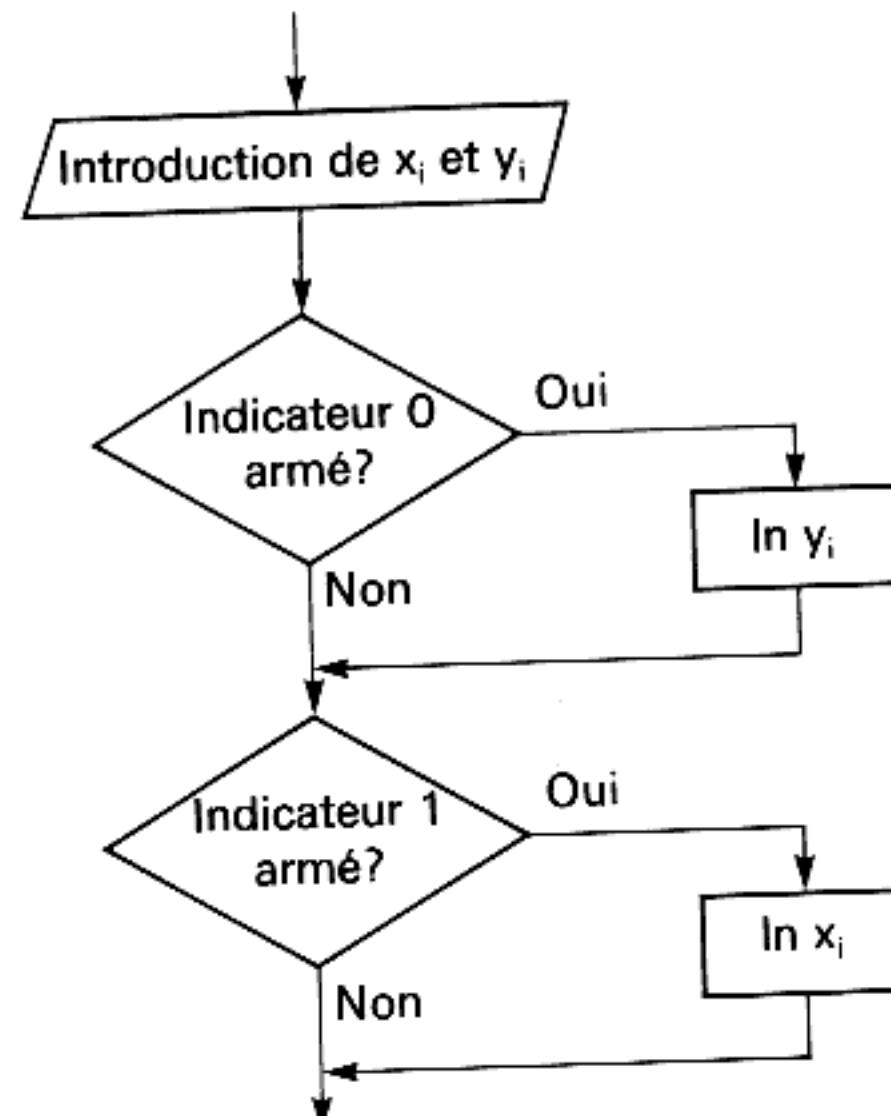
Lors de la rédaction de programmes qui traitent différents problèmes de façons similaires mais non identiques, les indicateurs binaires peuvent servir à contrôler les différences de traitement et à mémoriser un état.

Lorsqu'un programme effectue par exemple un calcul initial optionnel, il peut armer un indicateur. Lorsque, plus tard dans l'exécution, le calculateur aura besoin de savoir si l'opération initiale a été effectuée ou non, il pourra tester l'indicateur. Les indicateurs font donc partie de la puissance de décision du HP-11C.

Dans le programme d'ajustement de courbes, le calculateur effectue trois types de calcul très similaires selon la courbe à ajuster. Pour illustrer le rôle des indicateurs nous pouvons ajouter deux colonnes au tableau de la page 155.

Régression	A	X_i	Y_i	Code	Indicateur 0	Indicateur 1
exponentielle	$\ln a$	X_i	$\ln Y_i$	1	Armé	Désarmé
logarithmique	a	$\ln X_i$	Y_i	2	Désarmé	Armé
puissance	$\ln a$	$\ln X_i$	$\ln Y_i$	3	Armé	Armé

Les deux indicateurs sont armés initialement par le programme et selon l'ajustement désiré, l'un ou l'autre doit être désarmé conformément au tableau ci-dessus. L'état des deux indicateurs détermine le traitement des données (x_i et y_i) comme suit:



Le traitement du résultat (A) est similaire.

Dans ce cas, l'utilisation des indicateurs est très pratique. Un problème qui sans eux aurait nécessité trois programmes différents, est aisément résolu par un seul. Les indicateurs peuvent devenir un outil extrêmement puissant et améliorer vos programmes.

Nombres aléatoires

Le HP-11C possède une fonction **RAN#** intégrée très pratique qui génère des nombres pseudo-aléatoires. Pseudo-aléatoire signifie qu'un calculateur ou ordinateur, quelle que soit sa puissance, ne peut générer un nombre parfaitement aléatoire. La nature de la machine est telle qu'elle exécute une séquence d'opérations connues sur une donnée et produit un résultat prévisible. Ainsi, le générateur de nombres pseudo-aléatoires du HP-11C utilise une racine, stockée par l'utilisateur et lui fait subir une série d'opérations pour donner un résultat quasiment imprévisible (par l'utilisateur).

Ce résultat est toujours dans l'intervalle 0–1, 1 non compris.

Ces nombres ont de nombreuses applications, particulièrement dans les programmes de jeu car personne n'aime jouer contre un adversaire prévisible ou redondant. Le combat sous-marin est un bon exemple de ces jeux car il nécessite le positionnement initial aléatoire du sous-marin et des déplacements aléatoires.

Remarquez que le programme nécessite deux entiers aléatoires, les coordonnées x et y , dans l'intervalle 0 à 9 compris. Or le générateur ne fournit que des nombres entre 0 et 1 (1 non compris). En fait, cela n'est pas un problème; il suffit de multiplier le nombre par dix pour obtenir un nombre aléatoire dans l'intervalle 0–10 (10 non compris) et d'en prendre la partie entière comme le fait le sous-programme **LBL 9**.

Pour illustrer la facilité de génération de nombres aléatoires dans des intervalles divers, supposons que vous désirez un nombre réel aléatoire supérieur ou égal à 34,5 et strictement inférieur à 98,36. Le sous-programme doit donc générer des valeurs entre 0 et 63,86 (98,36 – 34,50) auxquelles elle ajoute 34,5. Cet intervalle est obtenu en multipliant le résultat de **RAN#** par 63,86.

Touches de fonction à définir

Parmi les fonctions les plus utiles du HP-11C se trouvent les cinq touches de fonction à définir: **A**, **B**, **C**, **D** et **E** très souvent employées pour les applications suivantes:

1. Stockage de données dans des registres (cf. page 175).
2. Sélection de l'exécution de différents sous-programmes.
3. Sélection de l'exécution de différents programmes.

Les deux premiers types d'applications apparaissent dans le programme financier.

Stockage de données

Le programme financier traite cinq données potentielles: le taux d'intérêts périodique (**i**), le nombre de périodes (**n**), la valeur actuelle (**PV**), le montant des annuités (**PMT**) et la valeur future (**FV**). Nous pouvons donc affecter à chaque touche un programme qui stocke la donnée introduite dans le registre adéquat. Le programme associé à la touche **C** par exemple commence par **f LBL C, STO 3, R/S**. Chaque pression de

la touche **C** stocke le contenu de l'affichage dans le registre **R₃**. Vous pouvez donc stocker de cette façon jusqu'à cinq valeurs, une par touche. De plus l'introduction peut alors avoir lieu dans un ordre quelconque.

Sélection de divers sous-programmes

Vous pouvez écrire un programme pour calculer plusieurs valeurs et choisir la valeur à calculer par une touche de fonction à définir. Dans le programme financier par exemple, la valeur **PMT** est calculée si vous appuyez sur les touches suivantes: **D** (choix de **PMT**), **R/S** (calcul). Lorsque vous appuyez sur **D**, l'utilisateur indique au calculateur qu'il doit exécuter le sous-programme commençant par **LBL D**. Le programme stocke une valeur quelconque dans **R₄** puis calcule la valeur de **PMT** et la stocke dans **R₄** (remplace l'ancienne valeur).

Ces touches sont, vous le voyez, très pratiques et peuvent répondre à beaucoup de situations.

Annexe A

Messages d'erreurs

En cas d'exécution d'opérations illicites – par exemple division par zéro – l'écran affiche **Error** suivi d'un chiffre. Pour effacer, appuyez sur une des touches. Les opérations illicites sont les suivantes:

Error 0:	opérations mathématiques
$\frac{1}{x}$	lorsque $x = 0$
y^x	lorsque $y = 0$ et $x \leq 0$ ou $y < 0$ et x non entier
\sqrt{x}	lorsque $x < 0$
\log	lorsque $x = 0$
\ln	lorsque $x \leq 0$
\sin^{-1}	lorsque $ x > 1$
\cos^{-1}	lorsque $ x > 1$
$\text{STO } +$	lorsque $x = 0$
$\wedge \%$	lorsque $y = 0$
$\text{HYP } 1$ COS	lorsque $ x < 1$
HYP ^{-1} TAN	lorsque $ x > 1$
$\text{C}_{y,x}$	x ou y non entier
$\text{P}_{y,x}$	x ou $y < 0$
	$x > y$
	$x \geq 10^{10}$

Error 1: Dépassement de capacité dans un registre. Valeur absolue du contenu d'un registre supérieure à $9,999999999 \times 10^{99}$ (sauf pour $\Sigma+$ et $\Sigma-$).

Error 2: Mauvais fonctionnement statistique

\bar{x}	lorsque $n = 0$
s	lorsque $n \leq 1$
\hat{y}_r	lorsque $n \leq 1$
$L.R.$	lorsque $n \leq 1$

Remarque: Le calculateur affiche aussi **Error 2** dans le cas d'une division par zéro ou d'un calcul d'une racine carrée d'un nombre négatif dans l'une des formules suivantes:

$$S_x = \sqrt{\frac{M}{n(n-1)}} \quad S_y = \sqrt{\frac{N}{n(n-1)}} \quad r = \frac{P}{\sqrt{M \cdot N}}$$

$$A = \frac{P}{M} \quad B = \frac{M\Sigma y - P\Sigma x}{n \cdot M}$$

(A et B sont les valeurs calculées par **L.R.** où $y = Ax + B$).

$$\hat{y} = \frac{M\Sigma y + P(n \cdot x - \Sigma x)}{n \cdot M}$$

où

$$M = n \sum x^2 - (\sum x)^2$$

$$N = n \sum y^2 - (\sum y)^2$$

$$P = n \sum xy - \sum y \sum x$$

Error 3: Numéro de registre illicite.

Registre appelé inexistant ou converti en mémoire programme.

Error 4: Numéro de ligne ou label illicite.

Le numéro de ligne appelé n'est pas utilisé ou est inexistant (> 203), tentative pour charger plus de 203 lignes de programme ou label inexistant.

Error 5: Niveau d'imbrication trop élevé.

Plus de 4 sous-programmes imbriqués.

Error 6: Numéro d'indicateur illicite.

Numéro d'indicateur > 1 .

Error 9: Maintenance (voir p. 230).

Pr Error

Mémoire permanente effacée à cause d'une panne d'alimentation.

Mouvements de la pile et registre LAST X

Votre calculateur a été conçu pour fonctionner de la façon la plus naturelle. Comme vous avez pu le remarquer tout au long de ce manuel, il vous suffit d'effectuer les calculs comme vous les feriez à la main, une seule opération à la fois, presque sans vous préoccuper de ce qui se passe dans la pile opérationnelle. Dans certains cas, particulièrement en programmation, lorsque vous voulez effectuer une opération spéciale dans la pile, les explications et le tableau ci-après vous aideront.

Fin d'introduction de données

La plupart des opérations, qu'elles soient exécutées comme instructions de programme ou à partir du clavier sont des fins d'introduction de données. Ceci signifie que le calculateur sait que tout chiffre introduit après ces opérations fait partie d'un nouveau nombre (sauf les opérations **CHS**, **•**, **EEX** et **←**).

Mouvements dans la pile opérationnelle

On peut considérer trois types d'opérations selon la façon dont elles affectent le contenu de la pile:

- les opérations qui interdisent les mouvements;
- les opérations qui autorisent les mouvements;
- les opérations neutres.

Opérations qui interdisent les mouvements

Il y en a quatre. Tout nombre, introduit après pression de l'une d'entre elles, est écrit dans le registre d'affichage **X** sans affecter le reste de la pile. Ces quatre opérations sont:

ENTER, **CLx**, **Σ+** et **Σ-**.

Opérations qui autorisent les mouvements

Ce sont la plupart des opérations disponibles sur le calculateur, y compris les fonctions mathématiques à un ou deux nombres telles que x^2 ou \times . Tout nombre introduit après pression d'une de ces touches déplace les contenus des registres de la pile opérationnelle d'un rang vers le haut. Le passage de mode programme en mode calcul fait partie de ces opérations ainsi que la mise sous tension.

T →				
Z →				
Y →	4.0000	4.0000	53.1301	
X →	4	4.0000	3	5.0000

Touches ➔ 4 **ENTER** 3 **g ➔ P**

T →			
Z →			
Y →	53.1301	53.1301	53.1301
X →	0.0000	7	1.0000

Touches →	9	CLx	7	$\Sigma +$	9
Mouvement de la pile interdit	Pas de mouvement	Mouvement autorisé	Pas de mouvement		

Opérations neutres

Certaines opérations telles que **CHS** et **FIX** sont neutres, c'est-à-dire qu'elles n'altèrent pas l'état des mouvements de la pile. Si ceux-ci ont été interdits par une pression de **ENTER**, appuyez sur **f** **FIX** n et introduisez un nombre; le contenu de la pile ne sera pas déplacé. De même, si les mouvements ont été autorisés par l'exécution de **x^2** , appuyez sur **f** **FIX** n et introduisez un nombre; le contenu de la pile se trouve décalé vers le haut.

Les opérations neutres sont les suivantes:

BST (en mode calcul, **SST** peut exécuter une instruction autorisant les mouvements de la pile)

MEM **PREFIX**
CLEAR **REG**
CLEAR

GTO * nnn

Opérations conservant x dans le registre LAST x

$-$	$\Sigma +$	SIN^{-1}	$1/x$	RND
$+$	$\Sigma -$	$x!$	y^x	HYP
\times	$\%$	COS	e^x	SIN
$:$	$\Delta \%$	COS^{-1}	10^x	HYP
$\rightarrow \text{H.MS}$	β, r	TAN	$\rightarrow \text{R}$	COS
$\rightarrow \text{H}$	FRAC	TAN^{-1}	$\rightarrow \text{P}$	TAN
ABS	INT	\sqrt{x}	Py, x	HYP^{-1}
$\rightarrow \text{R}$	LN	x^2	Cy, x	SIN^{-1}
$\rightarrow \text{D}$	LOG			HYP^{-1}
	SIN			COS^{-1}

- **CHS** est neutre pendant l'introduction d'un nombre (ex. 123 **CHS** **EEX**); par contre, elle valide les mouvements de la pile dans tous les autres cas.

Annexe C

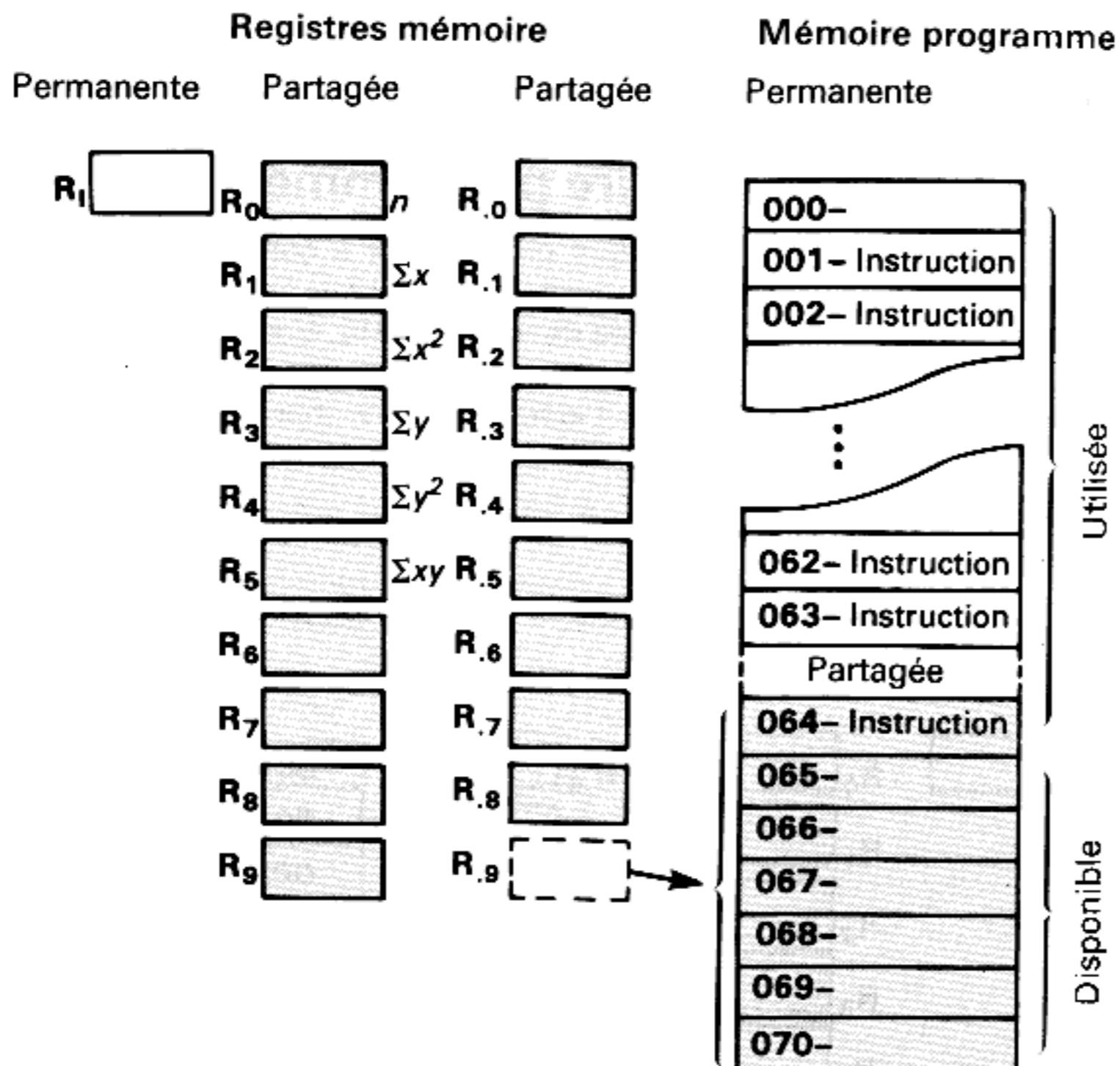
Réattribution automatique de la mémoire

Conversion des registres de données en mémoire programme

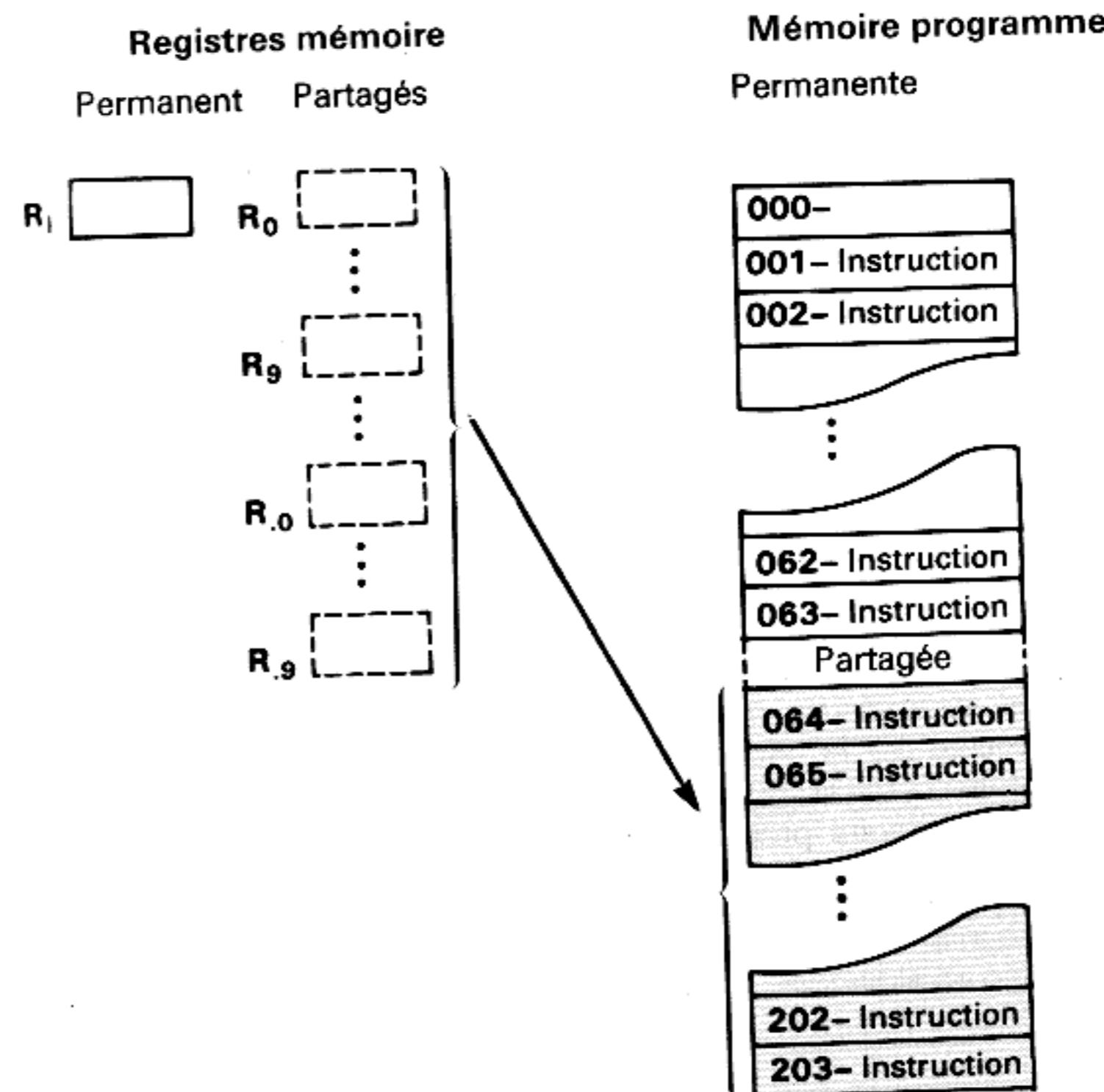
L'allocation mémoire automatique qui consiste à convertir automatiquement, en cas de besoin, des registres mémoire en lignes de mémoire programme étend les possibilités de votre HP-11C. Vous commencez à programmer avec 63 lignes de mémoire programme et 20 registres mémoire (ainsi que le registre **I** décrit dans le chapitre 9). Pour les programmes inférieurs ou égaux à 63 lignes, l'allocation mémoire est la suivante:

Registres mémoire		Mémoire programme	
Permanente	Partagée	Partagée	Permanente
R_1	R_0	R_0	000-
	n		001-
	Σx	R_1	002-
	Σx^2	R_2	
	Σy	R_3	
	Σy^2	R_4	
	Σxy	R_5	
		R_6	
		R_7	
		R_8	
		R_9	
			062-
			063-
			Partagée — aucune —

Quand vous entrez la 64^e ligne de votre programme, le registre mémoire R_9 est converti en 7 lignes de mémoire programme supplémentaires. Vous avez alors l'affectation mémoire suivante:



Quand vous enregistrez les 203 lignes de mémoire programme, les registres mémoire du calculateur se présentent comme suit:



Notez qu'à la place des 21 registres mémoire originaux (R_0 à R_9 , R_0 à R_9 et R_1) nous n'avons plus que le registre non convertible.

Que s'est-il passé avec les registres mémoire R_0 à R_9 et R_0 à R_9 ? Ils ont été convertis chacun en sept lignes de mémoire programme. Le tableau suivant montre l'affectation des lignes de mémoire programme à leurs registres mémoire respectifs.

R₉	063-070	R₉	134-140
R₈	071-077	R₈	141-147
R₇	078-084	R₇	148-154
R₆	085-091	R₆	155-161
R₅	092-098	R₅	162-168
R₄	099-105	R₄	169-175
R₃	106-112	R₃	176-182
R₂	113-119	R₂	183-189
R₁	120-126	R₁	190-196
R₀	127-133	R₀	197-203

Ainsi, chaque fois que l'espace disponible en mémoire programme est rempli, toute nouvelle instruction entraîne la conversion automatique du registre mémoire inférieur en 7 lignes de mémoire programme. Par exemple, si les 70 premières lignes sont remplies et que l'on introduit une instruction dans la 71^e, le registre **R₈** est converti en 7 lignes de mémoire programme supplémentaires (lignes 71 à 78) et ainsi de suite.

Remarque: La conversion des registres mémoire en lignes de mémoire programme s'effectue dans l'ordre de **R₉** à **R₀**, puis de **R₉** à **R₀**. Pour programmer les opérations **STO** et **RCL**, il est donc recommandé d'utiliser les registres mémoire dans l'ordre inverse, c'est-à-dire en commençant par le registre **R₀**. On évite ainsi de commettre l'erreur d'acheminer **STO** et **RCL** vers des registres mémoire déjà convertis en lignes de mémoire programme. Notons aussi que le calculateur ne conserve pas les données stockées dans les registres lorsque ceux-ci sont convertis en lignes de mémoire programme.

Conversion de la mémoire programme en registres de données

Si vous appuyez sur les touches **f** **CLEAR** **PRGM** en mode PRGM, toute la mémoire programme partagée (lignes 063 à 203) est convertie en registres mémoire (**R₀** à **R₉**). La conversion mémoire programme – registres mémoire est également possible ligne par ligne, sans effacement de toute la mémoire programme. (Voir détails sur l'effacement des lignes de mémoire page 98).

Utilisation de **MEM**

La fonction **MEM** (mémoire) intégrée à votre calculateur décrit l'affectation actuelle de la mémoire en mode programme ou non.

Admettons qu'il y ait 44 lignes de mémoire programme occupées. Si vous appuyez sur **g** **MEM**, vous aurez à l'affichage:

→ p-19 r-9 ←

Lignes à occuper avant conversion Prochain registre-mémoire automatique d'un registre-mémoire à convertir.
en 7 lignes de programme supplémentaires.

Si vous appuyez sur **g** **MEM** et que vous avez 173 lignes de mémoire programme occupées, vous obtiendrez l'affichage suivant:

→ p-02 r-3 ←

Lignes à occuper avant conversion Prochain registre-mémoire à automatique d'un registre-mémoire convertir (c'est-à-dire registre-mémoire disponible de plus haut rang).

Si vous appuyez sur **g** **MEM** et que vous avez 198 lignes de mémoire programme occupées, l'affichage sera le suivant:

→ p-05 r- ←

Lignes encore disponibles avant occupation complète de la mémoire programme.

Il ne reste plus de registres à convertir.

Le registre **I** étant un registre mémoire permanent qui possède des fonctions spéciales, il n'est pas concerné par la fonction MEM.

Remarque: Rappelons que les fonctions statistiques font appel aux registres **R₀** à **R₅**. Si l'un ou plusieurs de ces six registres sont convertis en lignes de mémoire programme, toute tentative d'exécution de fonctions statistiques aboutira à l'affichage de **Error 3**.

Annexe D

Piles, garantie et maintenance

Piles

L'alimentation de votre HP-11C s'effectue par trois piles. Celles fournies sont du type alkaline mais les piles à oxyde d'argent conviennent également.

Un jeu de trois piles alkaline bien chargées fournira au moins 80 heures d'utilisation continue ou 6 mois d'utilisation «normale». Si le calculateur reste éteint, les piles conserveront la mémoire permanente pendant au moins un an et demi.

Un jeu de trois piles à oxyde d'argent bien chargées fournira au moins 180 heures d'utilisation continue. Si le calculateur reste éteint, les piles conserveront la mémoire permanente pendant au moins deux ans.

La durée de vie réelle des piles dépend du taux d'utilisation du calculateur; elle se situe dans les fourchettes données ci-dessus*.

Les piles fournies avec le calculateur, ainsi que celles listées ci-dessous ne sont *pas* rechargeables.

Attention: N'essayez pas de recharger les piles; ne les stockez pas près d'une source de chaleur; ne les jetez pas au feu. Ces gestes peuvent les faire fondre ou exploser.

Piles recommandées pour HP-11C; (ne sont pas disponibles dans certains pays):

Alkaline

Eveready A76

UCAR A76

RAY-O-VAC RW82

National ou Panasonic LR44

Oxyde d'argent

Eveready 357

UCAR 357

RAY-O-VAC RS76 ou RW42

Duracell MS76

* La consommation de votre HP-11C dépend de l'utilisation que vous en faites: calculateur éteint ou allumé, avec ou sans exécution de calculs dans ce dernier cas.

Indication de baisse de charge

Si un astérisque (*) clignote en bas à gauche de l'écran lorsque le calculateur est allumé, cela veut dire que les piles sont quasiment épuisées.

Avec les piles alkaline:

- Le calculateur peut exécuter un programme pendant au moins 2 h. après que le premier astérisque clignote.
- Si le calculateur reste éteint, le contenu de sa mémoire est préservé pendant au moins 1 mois après que le premier astérisque clignote.

Avec les piles oxyde d'argent:

- Le calculateur peut exécuter un programme pendant au moins 15 min. après que le premier astérisque clignote.
- Si le calculateur reste éteint, le contenu de sa mémoire est préservé pendant au moins 1 semaine après que le premier astérisque clignote.

Mise en place de nouvelles piles

Le contenu de la mémoire permanente est préservé pendant quelques secondes lorsque vous retirez les piles (si vous avez bien éteint votre calculateur). Ce temps suffit normalement à la mise en place des piles neuves. Si les piles sont retirées pour une durée supérieure, le contenu de la mémoire permanente est perdu.

Procédure de remplacement des piles:

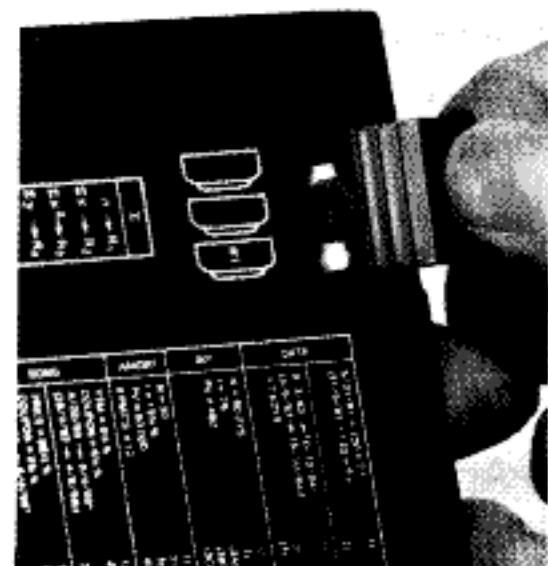
1. Assurez-vous que le calculateur est éteint.
2. En tenant le calculateur comme indiqué, appuyez sur la porte du compartiment des piles et faites-la glisser.



3. Tirez sur la porte pour la libérer du compartiment.

Attention:

Au cours des étapes 4 et 5, n'appuyez sur aucune touche tant que les piles ne sont pas remises en place; vous risqueriez de perdre la mémoire permanente, et le contrôle du clavier.



4. Retournez le calculateur et faites tomber les piles dans votre paume.

Attention:

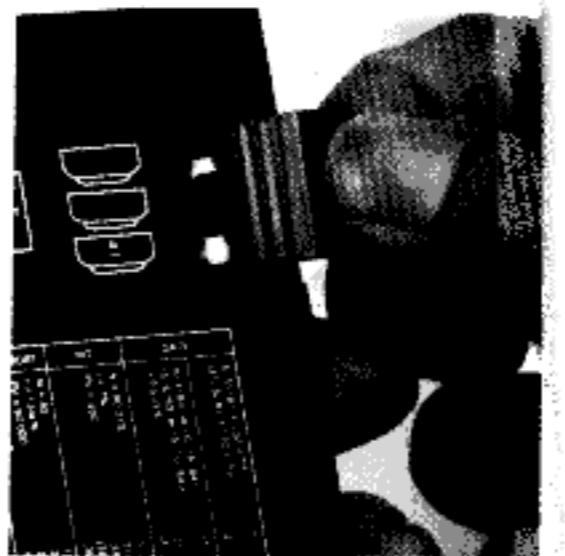
- Au cours de l'étape 5, les 3 piles sont à changer et non une ou deux seulement;
- Ne pas mettre la pile à l'envers: cela risquerait d'entraîner la perte de la mémoire permanente et d'endommager les piles.



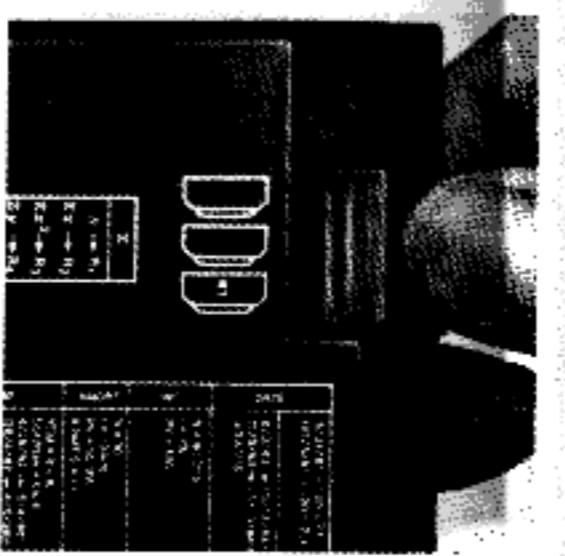
5. Insérez trois nouvelles piles dans le compartiment, le côté *plat* (marqué +) vers le patin caoutchouc le plus proche, la pile à l'opposé de ce patin (voir figure ci-contre).



6. Insérez la languette de la porte dans la fente du boîtier du calculateur.



7. Abaissez la porte jusqu'à ce qu'elle soit de niveau avec le boîtier et poussez-la vers l'intérieur pour la fermer.



8. Appuyez sur **ON** pour allumer le calculateur. S'il affiche **Pr Error**, la mémoire permanente a été réinitialisée; appuyez sur une touche quelconque pour effacer ce message.

Vérification du fonctionnement

Si vous n'arrivez pas à allumer le calculateur, ou s'il ne fonctionne pas correctement, exécutez l'un des tests ci-dessous:

1. Si vous ne pouvez pas allumer le calculateur ou si les pressions de touches ne donnent rien à l'affichage, remettez les piles en place. Vérifiez que les piles sont bien positionnées dans le compartiment: côtés marqués + vers le patin caoutchouc le plus proche. Si le calculateur ne s'allume pas mettez des piles neuves; s'il ne marche toujours pas, il doit être réparé.
2. Le calculateur étant éteint, maintenez la touche **ON** enfoncée, appuyez sur **X**.
3. Relâchez la touche **ON** puis la touche **X**. Cette séquence exécute un test complet des circuits électroniques du calculateur. Si tout fonctionne bien, le calculateur affiche **-8,8,8,8,8,8,8,8,8** et tous les indicateurs* s'allument (sauf *) au bout d'environ 15 secondes (pendant lesquelles il affiche le mot **running**). Si le calculateur affiche **Error 9**, un autre résultat ou n'affiche rien, il doit être réparé**.

* Certains des indicateurs affichés à la fin de ce test ne sont normalement jamais affichés par le HP-11C.

** Si le calculateur affiche **Error 9** comme résultat du test **ON** / **X** ou **ON** / **+** mais que vous voulez continuer à l'utiliser, vous devez réinitialiser la mémoire permanente.

Nota: Le calculateur effectue aussi des tests des circuits électroniques si vous maintenez la touche **+** ou **-** enfoncée lorsque vous appuyez sur **ON** *. Ces tests sont inclus dans le calculateur pour faciliter la vérification du fonctionnement lors de la fabrication et de la maintenance.

La séquence **+** / **ON** lance un test du clavier et de l'affichage. Lorsque vous relâchez la touche **ON**, le calculateur affiche certains segments de caractères. Pour exécuter le test, vous devez appuyer sur chaque touche de gauche à droite, du premier rang (haut) au dernier (bas). A chaque pression de touche correspondent des segments différents. Si le calculateur fonctionne correctement (et que vous appuyez sur les touches dans l'ordre correct – touche **ENTER** utilisée pour les rangs 3 et 4) le calculateur affiche **11** à la fin du test. Sinon, il affiche **Error 9**.

Nota: Si cet affichage résulte d'une pression de touche incorrecte, il n'indique alors pas que votre calculateur doit être réparé. Vous pouvez mettre fin à ce test en appuyant sur une touche quelconque (ce qui provoque l'affichage de **Error 9**). **Error 9** et **12** peuvent être effacés en appuyant sur une touche quelconque.

Si vous suspectez un mauvais fonctionnement mais que le calculateur passe les tests avec succès, il est alors probable que vous ayez fait une erreur de manipulation. Nous vous conseillons, dans ce cas, de relire le chapitre de ce manuel concernant votre calcul. Si vos difficultés persistent écrivez à Hewlett-Packard à l'adresse indiquée au dos de ce manuel.

* La séquence **+** / **ON** lance un test similaire à celui décrit ci-dessus mais infini. Vous pouvez terminer ce test en appuyant sur une touche quelconque, le test prend fin au bout de 15 secondes.

Garantie

Le HP-11C est garanti par Hewlett-Packard contre tout vice de matières et de fabrication pour une durée d'un an à partir de la date de livraison. Hewlett-Packard s'engage à réparer ou, éventuellement, à remplacer les pièces qui se révéleraient défectueuses pendant la période de garantie. Cette garantie couvre les pièces et la main-d'œuvre*. Elle disparaît en cas d'utilisation en dehors des spécifications ou de modification ou maintenance par un centre non reconnu par Hewlett-Packard.

Seuls les essais effectués à partir des programmes Hewlett-Packard seront considérés comme faisant foi lors de litiges concernant le fonctionnement du matériel. Aucune autre garantie explicite ou implicite n'est accordée. La responsabilité de Hewlett-Packard ne peut être engagée dans le cas d'une application particulière. La Société ne peut être tenue pour responsable des dommages indirects.

Si vous revendez ou offrez ce matériel, la garantie est automatiquement transférée pour la durée initiale d'un an.

Modifications

Les appareils vous sont livrés selon les spécifications en vigueur au moment de la fabrication. Hewlett-Packard n'est pas tenu de modifier les appareils déjà vendus.

Informations

Pour toute question concernant les termes de cette garantie, veuillez contacter:

- Europe: un bureau de vente HP.
- Autres: Hewlett-Packard Intercontinental
3495 Deer Creek Road
Palo Alto, California 94304
U.S.A.
Tél.: (415) 8571501

*Valable pour la France seulement.

Lorsque l'acheteur est non professionnel ou consommateur au sens de la loi 78-23 du 10 janvier 1978, les obligations de HP, définies ci-dessus, ne sont pas exclusives de la garantie légale en matière de vices cachés (article 1641 et suivants du Code Civil).

Maintenance

Les appareils sont généralement réparés et réexpédiés dans un délai de cinq jours ouvrables à dater de leur réception. Il s'agit d'un délai moyen pouvant varier selon l'époque de l'année et la charge de travail du service après-vente.

Aucun contrat de maintenance n'est prévu. Les schémas et circuits sont la propriété de Hewlett-Packard et ne peuvent être ni diffusés ni commercialisés.

Maintenance en Europe

Si votre calculateur doit être réparé, adressez-vous à un revendeur officiel Hewlett-Packard qui nous le fera parvenir ou envoyez-le à l'une des adresses suivantes:

Allemagne
Hewlett-Packard GmbH
Kleinrechner Service
Vertriebszentrale
Berner Strasse 117
Postfach 560140
D – 6000 Frankfurt 56
Tél.: (611) 50041

Angleterre
Hewlett-Packard Ltd
King Street Lane
GB – Winnersh, Wokingham
Berkshire RG11 5AR
Tél.: (734) 61022

Autriche et pays de l'Est
Hewlett-Packard GmbH
Kleinrechner Service
Wagramerstr. – Lieblgasse
A – 1220 Vienna
Tél.: (222) 23 65 11

Belgique
Hewlett-Packard Belgium SA/NV
Boulevard de la Woluwe, 100
Woluwelaan
B – 1200 Brussels
Tél.: (2) 762 32 00

Danemark
Hewlett-Packard A/S
Datavej 52
DK – 3460 Birkerod
(Copenhagen)
Tél.: (02) 81 66 40

Espagne
Hewlett-Packard Española S.A.
Calle Jerez 3
Madrid 16
Tél.: (1) 458 2600

Finlande

Hewlett-Packard OY
Revontulentie 7
SF-02100 Espoo 10 (Helsinki)
Tél.: (90) 455 02 11

France

Hewlett-Packard France
Distribution Informatique
Personnelle
S.A.V. Calculateurs de Poche
91947 Les Ulis Cedex
Tél.: (1) 907 78 25

Hollande

Hewlett-Packard Nederland B.V.
Van Heuven Goedhartlaan 121
1181 KK Amstelveen
(Amsterdam)
P.O. Box 667
Tél.: (020) 472021

Italie

Hewlett-Packard Italiana S.p.A.
Casella postale 3645 (Milano)
Via G. Di Vittorio 9
I - 20063 Cernusco sul
Naviglio (Milan)
Tél.: (2) 30 36 91

Dans les autres pays

Tous les centres de maintenance Hewlett-Packard ne sont pas équipés pour assurer la maintenance des calculateurs. Cependant, si vous avez acheté votre calculateur chez un revendeur officiel Hewlett-Packard, vous pouvez être sûr que HP dispose d'un centre de maintenance dans ce pays.

En dehors de ces pays, vous pouvez contacter le bureau Hewlett-Packard le plus proche pour plus d'informations et, si l'appareil ne peut y être réparé, veuillez l'envoyer au centre de maintenance le plus proche.

Norvège

Hewlett-Packard Norge A/S
P.O. Box 34
Oesterndalen 18
N - 1345 Oesteraas (Oslo)
Tél.: (2) 17 11 80

Suède

Hewlett-Packard Sverige AB
Enighetsvagen 3
Box 205 02
S - 161 Bromma 20
(Stockholm)
Tél.: (8) 730 05 50

Suisse

Hewlett-Packard (Schweiz) AG
Kleinrechner Service
Allmend 2
CH - 8967 Widen
Tél.: (057) 50111

Les frais d'expédition et éventuellement de douane sont dans tous les cas à votre charge.

Coût de la maintenance

Les réparations hors garantie sont effectuées pour un prix forfaitaire incluant pièces et main d'œuvre. Ce forfait est sujet à la T.V.A. en France ou taxes similaires dans les autres pays. Ces taxes apparaissent en détail sur les factures.

Les calculateurs endommagés par accident ou utilisation hors des spécifications ne sont pas couverts par le coût forfaitaire. Le prix de la réparation est alors fonction des pièces changées et du temps passé.

**Garantie des réparations effectuées
après la période de garantie**

Tout appareil réparé par Hewlett-Packard est garanti, pièces et main d'œuvre, pendant 90 jours à compter de la date de réparation.

Instructions d'expédition

Si vous devez renvoyer votre calculateur pour réparation, conformez-vous aux indications suivantes:

- Joignez au calculateur la carte de maintenance portant la description de la panne.
- Si l'appareil est sous garantie, joignez une copie de la facture ou une preuve d'achat.
- Expédiez le calculateur et les différents documents dans la boîte d'origine ou, éventuellement, dans un autre emballage de protection pour éviter toute détérioration en cours de transport qui ne serait pas couverte par la garantie. Nous vous conseillons d'assurer le colis. Celui-ci doit être expédié au centre de maintenance Hewlett-Packard le plus proche.
- Que le calculateur soit sous garantie ou non, les frais d'expédition et, éventuellement, de douane sont à votre charge. Le retour est effectué port payé.

Programmation et applications

Pour tout problème de programmation veuillez consulter un de nos revendeurs ou nous écrire.

De nombreux utilisateurs nous soumettent des programmes d'applications ou des astuces de programmation. Néanmoins, nous ne pouvons accepter que les informations soumises à titre gratuit et sans restriction. A cet effet, veuillez ajouter la formule suivante à votre document:

«Je soumets volontairement ces informations à la Société Hewlett-Packard. Ces informations ne sont pas confidentielles et Hewlett-Packard peut en avoir l'usage de son choix sans obligation envers moi ou toute autre personne.»

Conditions d'utilisation:

- Température de fonctionnement: 0 à 55 °C
- Température de stockage: -40 à 65 °C.

Index des touches

ON Allume ou éteint le calculateur.

Introduction de nombres

ENTER Copie le contenu du registre **X** dans le registre **Y**, sert à séparer des nombres (pages 11 et 29).

CHS Change le signe du nombre affiché ou de l'exposant de 10 affiché (pages 43 et 68).

EEX Introduction des exposants de 10 (page 68).

0 à 9 Chiffres 0 à 9.

. Point décimal (virgule).

Contrôle de l'affichage

FIX Notation décimale fixe (page 65).

SCI Notation scientifique (page 66).

ENG Notation ingénieur (page 67).

M Mantisse. La séquence **f** **CLEAR** **PREFIX** affiche les 10 chiffres de la mantisse d'un nombre (page 69).

Touches préfixes

f Sélectionne la fonction secondaire imprimée en jaune au-dessus de la touche à suivre (page 23).

g Sélectionne la fonction secondaire imprimée en bleu sur la face inclinée de la touche à suivre (page 23).

CLEAR **PREFIX** Annule l'effet d'une touche préfixe ou d'une séquence partielle (page 24).

Manipulation de la pile opérationnelle

x \geq y Echange les contenus des registres **X** et **Y** de la pile (page 27).

- R↓** Effectue une permutation circulaire vers le bas sur les registres de la pile (page 27).
- R↑** Effectue une permutation circulaire vers le haut sur les registres de la pile (page 27).
- CLx** Efface le registre X affiché (page 20).

Mathématiques

- , +, ×, ÷** Opérateurs arithmétiques (page 29).
- √x** Calcule la racine carrée du nombre affiché (page 44).
- x²** Calcule le carré du nombre affiché (page 44).
- x!** Calcule la factorielle (x!) ou la fonction Gamma ($\Gamma(1+x)$) du nombre affiché (page 44).
- 1/x** Calcule l'inverse du nombre affiché (page 44).
- π** Affiche la valeur de Pi (3,141592654) (page 43).

Logarithmes et exponentielles

- LN** Calcule le logarithme népérien du nombre affiché (page 45).
- LOG** Calcule le logarithme base 10 du nombre affiché (page 45).
- e^x** Calcule l'exponentielle népérienne du nombre affiché (page 45).
- 10^x** Calcule l'exponentielle base 10 du nombre affiché (page 45).
- y^x** Elève y à la puissance x (page 45).

Trigonométrie

- DEG** Spécifie le degré comme unité d'angle (page 46).
- RAD** Spécifie le radian comme unité d'angle (page 46).
- GRAD** Spécifie le grade comme unité d'angle (page 46).
- SIN**, **COS**, **TAN** Calcule le sinus, cosinus ou tangente du nombre affiché (page 46).

SIN⁻¹, **COS⁻¹**, **TAN⁻¹** Calcule l'arc-sinus, arc-cosinus ou arc-tangente du nombre affiché (page 46).

Fonctions hyperboliques

HYP, **SIN**, **HYP**, **COS**, **HYP**, **TAN** Calcule le sinus hyperbolique, cosinus hyperbolique ou tangente hyperbolique du nombre affiché (page 48).

HYP⁻¹, **SIN**, **HYP⁻¹**, **COS**, **HYP⁻¹**, **TAN** Calcule l'arc-sinus hyperbolique, l'arc-cosinus hyperbolique ou l'arc-tangente hyperbolique du nombre affiché (page 48).

Altération des nombres

- RND** Arrondit la mantisse de 10 chiffres du contenu du registre X au nombre de décimales affichées (page 43).
- ABS** Retourne la valeur absolue du nombre affiché (page 43).
- INT** Retourne la partie entière du nombre affiché (page 43).
- FRAC** Retourne la partie fractionnaire du nombre affiché (page 43).

Pourcentages

- %** Calcule x% de y (page 50).
- △%** Calcule la différence en pourcentage entre les contenus des registres Y et X (page 50).

Probabilités

- Py,x** Permutation. Calcule le nombre d'arrangements de y éléments parmi x (page 51).
- Cy,x** Combinaison. Calcule le nombre de combinaisons de y éléments parmi x (page 51).

Statistiques

- CLEAR** **Σ** Efface les registres statistiques (R_0 à R_5) et ceux de la pile (page 54).

$\Sigma+$	Somme les données statistiques des registres X et Y dans les registres R₀ à R₅ (page 53).
$\Sigma-$	Corrige les sommes dans les registres R₀ à R₅ (page 56).
\bar{x}	Calcule la moyenne des valeurs x et y données par $\Sigma+$ (page 57).
s	Calcule l'écart type des valeurs x et y sommées par $\Sigma+$ (page 59).
β, r	Calcule l'estimation linéaire de y pour un x donné et le coefficient de corrélation à partir des valeurs sommées par $\Sigma+$ (page 61).
L.R.	Calcule la régression linéaire selon la méthode des moindres carrés sur les valeurs sommées par $\Sigma+$. Affiche l'ordonnée à l'origine et la pente de la droite $y = Ax + B$ (page 60).
RAN#	Génère un nombre pseudo-aléatoire à partir d'une racine stockée par STO RAN# (pages 53 et 209).

Conversions

$\rightarrow R$	Convertit un vecteur de représentation polaire en rectangulaire (page 48).
$\rightarrow P$	Convertit un vecteur de représentation rectangulaire en polaire (page 48).
$\rightarrow H.MS$	Convertit des heures (ou degrés) décimaux en heures (ou degrés), minutes secondes (page 47).
$\rightarrow H$	Convertit des heures (ou degrés), minutes secondes en heures (ou degrés) décimaux (page 47).
$\rightarrow RAD$	Convertit un angle de degrés en radians (page 47).
$\rightarrow DEG$	Convertit un angle de radians en degrés (page 47).

Stockage

STO	Stocke le contenu de l'affichage dans le registre adressé (page 38).
RCL	Rappel à l'affichage le contenu du registre adressé (page 39).

CLEAR REG	Efface les registres de stockage (page 39).
LSTx	Rappelle à l'affichage le contenu du registre LASTx (pages 27 et 33).
STO +, STO -, STO ×, STO ÷	Effectue l'opération arithmétique indiquée sur le contenu du registre adressé (page 40).

Contrôle du registre I

I	Registre Index. Sert à stocker le nombre de contrôle pour les opérations indirectes ou de boucle (page 121).
$x \geq I$	Echange les contenus des registres X et I (page 121).
(i)	Spécifie le contenu du registre I comme adresse indirecte (pages 124 et 204).
$x \geq (i)$	Echange les contenus du registre X et du registre adressé par le contenu de I (page 124).
ISG	Incrémente et saut si plus grand. Ajoute un incrément à la partie entière de I et compare le résultat à une référence. Saute une ligne si le résultat est plus grand (pages 122 et 204).
DSE	Décrémente et saut si inférieur ou égal. Soustrait un incrément à la partie entière de I et compare la valeur à une référence. Saute une ligne si le résultat est inférieur ou égal (page 122).

Programmation

P/R	Place le HP-11C en mode programme ou calcul selon le mode antérieur (page 77).
MEM	Affiche la répartition instantanée de la mémoire entre les données et les programmes (page 75).
A, B, C, D, E	Touches de fonctions à définir comme labels de programme (pages 77 et 210).
USER	Place le calculateur en mode personnel ou calcul selon le mode antérieur (page 78).
LBL	Définit le début d'un programme ou d'un sous-programme (page 77).

GTO	Suivi de A à E , 0 à 9 ou I . Positionne le pointeur à l'adresse indiquée (page 106).
GSB	Suivi de A à E , 0 à 9 ou I , positionne le pointeur au sous-programme indiqué. L'exécution revient à la ligne suivant le GSB lorsque le calculateur rencontre un RTN (page 113).
GTO • nnn	Positionne le calculateur à la ligne nnn (page 94).
BST	Recule le pointeur d'une ligne (page 94).
SST	Avance le pointeur d'une ligne (page 94).
←	Supprime une instruction, un nombre ou un chiffre de l'affichage (pages 7 et 95).
CLEAR PRGM	En mode programme, efface la mémoire programme; en mode calcul, place le pointeur sur la ligne 000 (page 77).
PSE	Interrompt l'exécution pendant environ une seconde et affiche le registre X (page 87).
R/S	Relance ou arrête l'exécution à la position instantanée du pointeur (page 87).
RTN	Met fin à un sous-programme, renvoie l'exécution au programme principal (pages 91 et 113).

Tests et indicateurs

x≤y	x>y	x≠y	x=y
x<0	x>0	x≠0	x=0
Test conditionnel de la valeur de x par rapport à celle de y ou à zéro. Saute l'instruction suivante si le test est négatif (page 105).			
SF			Suivi de 0 ou 1 arme l'indicateur spécifié (page 110).
CF			Suivi de 0 ou 1 désarme l'indicateur spécifié (page 111).
F?			Suivi de 0 ou 1 teste l'état de l'indicateur spécifié. Si désarmé saute l'instruction suivante (pages 110 et 208).

Index alphabétique

Les chiffres en gras renvoient aux pages principales.

A

Adresse

label **77**, **92**
indirecte **124**
registre de stockage **37**

Affichage

arrondi **69**
effacement **20**
indicateurs **19**
modes **65**
registre **X** **25**
vierge **230**

Algorithmes **199**

Alimentation **227**
Arrêt de programme **77**
Attribution mémoire **74**
Auto-test **230**

B

Batterie **227**
Boucles **107**, **206**
branchement conditionnel **107**
limite Δx **207**
nombre de contrôle **122**
sortie **108**, **121**, **207**

Branchement

indirect **124**
label **107**
ligne **94**, **97**
sous-programme **113**, **203**

BST **94**

C

Calculs en chaînes **31**
 avec constante **35**
 Changement de signe **43**
 Chargement de programme **83**
 Codes et touches **76, 80**
 Coefficient de détermination **156**
 Compteur de boucle **121, 207**
 Conditions **105**
 Conversion de mémoire **75**

D

Début de programme **82**
 Décrémentation **121, 207**
 Dépassement de capacité **21, 213**
Σ+ 54
 Déterminant **133**
 Durée d'exécution **52**

E

Effacement
 affichage **20**
 mémoire permanente **22, 46, 53, 74, 220**
 mémoire programme **77**
 messages d'erreurs **21**
 pile opérationnelle **40, 54**
 registres de données **39**
 registres statistiques **53, 56**

Entrée de données
 mode calcul **20, 25, 216**
 mode programme **20, 216**

Equations quadratiques **199**

Equations simultanées **134**

Erreurs
 arrondi **69**
 effacement **21**
 mémoire permanente **22, 220**

messages **21, 91, 213**
 sous-programmes **114, 214**
 statistiques **213**
 Evaluations du χ^2 **191**
 Exécution de labels **77**
 Exécution pas à pas **94**
 Expédition **235**
 Exposant **68**

F

Finance **176**
 Fin d'introduction de données **215, 20**
 Fin de programme **82**
 Fonctions d'altération des nombres **43**
 Fonctions diadiques **29**
 Fonctions des touches **23, 77**
 Fonctions monadiques **28**
 Fonctions non programmables **86**

G

Garantie **227**

I

Incrémentation **121, 204**
 avec adressage indirect **124**
 limites **206**
 Indicateurs affichés **19**
f 23
g 23
PRGM 77, 22
USER 86, 78
 Indicateurs binaires **106, 110, 208**
 Initialisation **93**
 Intégration numérique **194**

L

Label 77, 82, 92
 adresse 77, 92
 recherche 85
 LAST x 27, 33, 217
 constante 37
 effacement 39
 pourcentage 50
 statistiques 52
 Ligne 000 78
 Limites à **ISG** et **DSE** 122
 Limites Δx 207

M

Maintenance 227
 Mantisse 24, 65, 69
 Mémoire
 attribution 73
 conversion 75, 219
 fonction **MEM** 75, 223
 Mémoire permanente 22, 74
 effacement 22, 73, 222
 erreur 22, 214
 indicateur 21, 106
 modes trigonométriques 46
 perte 214
 racines nombres aléatoires 53
 remplacement de batterie 22, 228
 Mémoire programme 73, 79
 début 82
 effacement 77
 fin 82
 occupée 79, 100, 101
 suppression d'instructions 100
 Mise sous tension 11, 19
 Mode d'affichage 65
 Mode calcul 22
 Modes trigonométriques 46

Mode USER 78, 86
 Moindres carrés 157
 Mouvements dans la pile 27, 215

N

Nombres pseudo-aléatoires 52, 209
 Nombres de contrôle 121
 Nombres négatifs 20
 Numéro de lignes 76

O

Opérations illicites 213
 Ordre d'introduction 29
 Organigramme 201

P

Pile opérationnelle 25
 effacement 39, 54
 mouvements 27, 228
L.R. 60
 Précision 69, 162, 148
 Préfixes 24, 76, 121
 Programme
 arrêts 77, 87, 91
 erreurs 97
 exécution 85, 109
 insertion d'instructions 98
 label 92
 pause 87
 structure 199
 suppression d'instruction 100

R

Racines de nombres aléatoires **53**, 209

Rappels de nombres **39**

$\Sigma+$ **54**

Registre de stockage **37**

adresse **38**

arithmétique **40**

conversion **75**

effacement **39**

indirect **121**

statistiques **53**

Règle de Simpson **195**

Régressions **155**

Réinitialisation de la mémoire permanente **22**

Renumérotation des instructions **98**

Représentation interne des nombres **65**

Résultat intermédiaire **31**

Retour de sous-programme **114**

S

Séparateur décimal **11**, **19**

Séparation de nombres **26**

Séquences abrégées **76**, 121

Signe

de l'exposant **66**, **68**

du nombre **66**

Solution de $f(x) = 0$ (méthode de Newton) **161**

Sous-programme **113**, 203

Spécifications **236**

Statistiques **52**

corrections **56**

effacement **53**, 56

erreurs **213**

indicateurs **230**

précision **55**

registres **55**, 213

sommations **53**

Stockage de nombres **38**

Suppression d'instructions **100**

Système d'équations linéaires **142**

T

Tests conditionnels **105**

Test de programmes **97**

Tests + **184**

Triangles **147**

Trigonométrie **46**

Hewlett-Packard France:

Société Anonyme au capital de 82 700 000 F, régie par les articles 118 à 150 de la loi sur les sociétés commerciales. RCS, Corbeil Essonne B709 805 030

Siège social Division commerciale d'Orsay: ZI de Courtabœuf
91947 Les Ulis Cedex, tél. (6) 907 78 25

Bureau commercial d'Aix-en-Provence: ZI Mercure B, rue Berthelot,
13763 Les Milles Cedex, tél. (42) 59 41 02

Bureau commercial de Besançon: 28, rue de la République,
2500 Besançon, tél. (81) 83 16 2

Bureau commercial Blanc-Mesnil: rue de la Commune de Paris, BP 300,
93153 Le Blanc-Mesnil, tél. (1) 865 44 52

Bureau commercial de Bordeaux: Avenue du Président-Kennedy,
33700 Mérignac, tél. (56) 34 00 84

Bureau commercial d'Evry: Tour Lorraine, boulevard de France,
91035 Evry Cedex, tél. (6) 077 96 60

Bureau commercial de Lille: Rue Van Gogh, Immeuble Péricentre,
59650 Villeneuve-d'Ascq, tél. (20) 91 41 25

Bureau commercial de Lyon: Chemin des Mouilles, boîte postale n° 162,
69130 Ecully Cedex, tél. (7) 833 81 25

Bureau commercial de Metz: 2, rue Lothaire, 57000 Metz, tél. (87) 65 53 50

Bureau commercial de Nantes: 3, rue Julien-Videment,
44200 Nantes, tél. (40) 89 33 38

Bureau commercial de Rennes: 2, allée de la Bourgondrette,
35100 Rennes, tél. (99) 51 42 44

Bureau commercial de Strasbourg: 4, rue Thomas-Mann, boîte postale 56,
67033 Strasbourg Cedex, tél. (88) 28 56 46

Bureau commercial de Toulouse: Péricentre de la Cépière, 20, chemin de la Cépière,
31081 Toulouse Cedex, tél. (61) 40 11 12

Hewlett-Packard Belgium S.A./N.V.:

100, boulevard de la Woluwe, B-1200 Brussels, tél. (02) 762 32 00

Hewlett-Packard (Schweiz) AG:
Château Bloc 19, CH-1219 Le Lignon-Genève, tél. (022) 96 03 22

**Hewlett-Packard S.A., pour les pays du bassin méditerranéen, Afrique du Nord
et Moyen-Orient:**

Atrina Center 32 Kifissias Avenue Paradisos Amaroussion,
Athènes, Grèce, tél. 8080 337/429/359/1741

Hewlett-Packard (Canada) Ltd.:
17500 Trans Canada Highway South Service Road Kirkland,
Québec H9J 2MS Canada, tél. (514) 697-4232

Hewlett-Packard S.A., direction pour l'Europe:
7, rue du Bois-du-Lan, boîte postale, CH-1217 Meyrin 2, Genève



Scan Copyright ©
The Museum of HP Calculators
www.hpmuseum.org

Original content used with permission.

Thank you for supporting the Museum of HP
Calculators by purchasing this Scan!

Please do not make copies of this scan or
make it available on file sharing services.