

Quand on fait rebondir les mémoires...

Sur les calculatrices fonctionnant en Langage Machine Spécialisé, l'adressage indirect est souvent un outil de programmation très puissant. Examinons quelques-uns des tours de passe-passe qu'il rend possibles sur les TI-58/59 et les HP-41 C.

■ Commençons par rappeler le principe de l'adressage indirect : vous utilisez un registre, non pas pour exploiter l'information qu'il contient, mais pour savoir où se trouve l'information recherchée. L'adressage indirect intéresse le stockage, le rappel, l'échange de nombres en mémoire et

les opérations d'arithmétique directe sur ces nombres, mais aussi l'incrémentement, la décrémentation de registres, les branchements du type GOTO ou GOSUB et la liste ne s'arrête pas là !

Ce mois-ci, nous nous intéresserons plus particulièrement à la TI-58/59 et à la HP-41 C.

Regardons d'abord du côté des TI-58 et 59 en décrivant la façon dont fonctionne le programme reproduit ci-dessous.

Sur les TI-58/59, la pression des touches 2nd Ind consomme dans certains cas un pas supplémentaire, sauf pour certains codes dits « combinés », mais ce n'est pas la règle générale ; des instructions telles que STO Ind, RCL Ind, SUM Ind et Op Ind n'occupent chacune qu'un seul pas. L'imprimante PC-100 liste alors ces combinaisons sous forme de deux lettres suivies d'une étoile, comme on peut le voir au pas 121.

Dans l'exemple donné, l'utilisateur

est supposé avoir utilisé les touches A ou B, qui provoquent le stockage de nombres différents dans les mémoires 9 et 11, avant d'appuyer sur C. La première partie de cette séquence, qui se termine au pas 113, abaisse indirectement, grâce à l'instruction INV St fig les drapeaux 7 à 1 inclus. Ce résultat est obtenu avec le 7 (pas 102) placé en mémoire 00, laquelle sert de registre d'adressage indirect, le Dsz 00 du pas 111 contrôlant la boucle. Dans la suite de cet article, nous désignerons les mémoires sous une forme abrégée : M09 pour mémoire 09, M10 pour mémoire 10, etc.

—————Un exemple—————
 —————compliqué—————
 —————à plaisir—————

Le label CE (pas 118) marque le début de la deuxième séquence dont la commande Op Ind remplit indirectement les quatre registres d'impression Op 01 à Op 04. Cette fois-ci, la boucle est contrôlée par la valeur 4 stockée préalablement (pas 114) en M00 et le Dsz du pas 123. Au pas 126, Op 05 déclenche l'impression de la ligne que l'utilisateur a constituée en introduisant les codes numériques des caractères quelques pas plus haut.

Les choses se compliquent un peu avec les pas 128 et 129 qui testent si le drapeau 8 est levé. Si c'est bien le cas, les deux pas suivants renvoient indirectement (par l'intermédiaire de M11) aux pas 300 et 240, selon que l'utilisateur a pressé en premier la touche A ou B. Le Fix Ind 09 du pas 132 n'est donc effectif que si le drapeau 8 est abaissé. La valeur contenue en M09 détermine alors si l'affichage s'effectue en Fix 4 ou en Fix 8. Enfin, le pas 135 (on est toujours dans le cas où le drapeau 8 est à l'état 0) décrémente M09. Tant que la valeur contenue dans cette mémoire n'est pas égale à zéro, l'exécution du programme se poursuit aux pas 200

Exemple n° 1 sur TI 58/59

						118	76	LBL
						119	24	CE
078	76	LBL	098	11	11	120	91	R/S
079	11	A	099	91	R/S	121	84	DP*
080	08	8	100	76	LBL	122	00	00
081	42	STO	101	13	C	123	97	DSZ
082	09	09	102	07	7	124	00	00
083	03	3	103	42	STO	125	24	CE
084	00	0	104	00	00	126	69	DP
085	00	0	105	76	LBL	127	05	05
086	42	STO	106	25	CLR	128	87	IFF
087	11	11	107	22	INV	129	08	08
088	91	R/S	108	86	STF	130	40	IND
089	76	LBL	109	40	IND	131	11	11
090	12	B	110	00	00	132	58	FIX
091	04	4	111	97	DSZ	133	40	IND
092	42	STO	112	00	00	134	09	09
093	09	09	113	25	CLR	135	97	DSZ
094	02	2	114	04	4	136	09	09
095	04	4	115	42	STO	137	40	IND
096	00	0	116	00	00	138	11	11
097	42	STO	117	25	CLR	139	91	R/S

Quand on fait rebondir les mémoires

ou 300 : branchement indirect via M11. Dès que le contenu de M09 est nul, le programme s'arrête.

Parmi les autres formes d'adressage indirect à « argument unique », on trouve des expressions du type Pgm Ind (assez rare) mais aussi des variantes de formes classiques telles que If Flg Ind xx, N ou nnn (où N représente un label et nnn un numéro de pas) ; Dsz Ind xx, N ou nnn ; etc...

— Quand on jongle — avec les drapeaux —

Sur les TI-58 et 59, une dernière forme d'adressage indirect est très puissante, mais aussi plus délicate à manier. Elle agit en quelque sorte à « double détente » et s'utilise avec Dsz ou les drapeaux. Mais consul-

tons plutôt le deuxième exemple dont la seule utilité est d'illustrer mon propos.

A première vue, le programme est incompréhensible : regardons de plus près. L'utilisateur entre en A un nombre compris entre 0 et 9 inclus, lequel nombre est stocké en M10. On ajoute alors 127 à ce nombre et la somme est stockée en M11. Ensuite, au pas 111, la séquence INV If flg Ind 10 questionne indirectement par l'intermédiaire de M10 (qui contient le numéro du drapeau) si le drapeau correspondant est abaissé. Dans l'affirmative, il s'opère un branchement indirect à un pas pouvant varier de 127 à 136 suivant la valeur contenue en M11. Comme on le voit, à partir du pas 127 se trouve une suite de chiffres qui, par un adressage indirect adéquat, donnera des nombres entiers formés par les x derniers chiffres de 123456789, x variant de 1 à 9.

Exemple n° 2 sur TI 58/59

100	76	LBL
101	11	A
102	42	STO
103	10	10
104	85	+
105	01	1
106	02	2
107	07	7
108	95	=
109	42	STO
110	11	11
111	22	INV
112	87	IFF
113	40	IND
114	10	10
115	40	IND
116	11	11
117	01	1
118	00	0
119	44	SUM
120	11	11
121	97	DSZ
122	40	IND
123	10	10
124	40	IND
125	11	11
126	91	R/S
127	01	1
128	02	2
129	03	3
130	04	4
131	05	5
132	06	6
133	07	7
134	08	8
135	09	9
136	91	R/S



Au contraire, si le drapeau interrogé indirectement est levé, le programme ajoute 10 en M11, et, à partir du pas 121, décrémente indirectement (par l'intermédiaire de M10) une mémoire dont le numéro aura été introduit en A (et qui peut varier entre 0 et 9). Ce Dsz produit un transfert indirect du type GOTO à un numéro de pas variant donc de 137 à 146, à condition bien entendu que le

test soit vérifié, car autrement, le programme s'arrête au pas 126.

Citons enfin deux autres variantes d'adressage indirect à « double détente » : If flg Ind xx Ind yy et INV Dsz Ind xx Ind yy. Dans les deux cas, le contenu de Mxx est toujours un numéro de registre et yy une mémoire contenant un numéro de pas. Quand on découvre tout cela (la pratique y aide beaucoup), on considère sa TI-58 ou 59 d'un autre œil...

Passons à la HP-41 C

De toutes les calculatrices de poche programmables en LMS (langage machine spécialisé), la HP-41 C est très probablement celle qui offre, au regard de l'adressage indirect, le plus de possibilités. Toutes les instructions évoquées dans l'article du n° 20 de *l'Op* sont bien entendu présentes : STO Ind, RCL, STO+, ... GOTO, XEQ (équivalent de GOSUB). Comme chez TI, le nombre de registres d'adressage indirect (nn) n'est limité que par la partition.

A cela s'ajoutent des fonctions spécifiques dont Fix Ind nn, SCI, ENG, DSE, ISG, ASTO, ARCL, VIEW, TONE, Σ REG, SF, CF, FS?, FC?, FS?C, FC?C, x <>. Les possibilités sont donc très larges. Au fait, comment stocker un nombre dans une mémoire supérieure à 99 ? La petite séquence programmée suivante est une des solutions possibles :

```
◆ LBL 01
  STO 00
  STOP
  STO IND 00
  END
```

En introduisant le numéro du registre voulu en X et en effectuant XEQ 01, l'utilisateur peut, après l'arrêt du programme sur le STOP, introduire la valeur à stocker. Reste à presser sur R/S et le tour est joué. Autre solution :

```
◆ LBL 01
  STO IND Y
  END
```

L'utilisateur introduit le numéro du registre, il appuie sur ENTER et lance le programme par XEQ 01. Cette deuxième séquence illustre une particularité de la HP-41 : l'adressage indirect peut aussi s'exercer (au même titre que STO, RCL, VIEW) sur les registres de la pile opérationnelle. On peut ainsi obtenir avec un

peu d'habitude de petits chefs-d'œuvre ; tous les mordus de HP-41 vous le confirmeront.

La HP-41 ne peut pas adresser directement un numéro de pas, mais seulement une étiquette alphabétique ou numérique (entre 0 et 99). Prenons par exemple la séquence :

```
◆ LBL 01
  18
  STO 10
  STOP
◆ LBL 02
  « SUITE »
  ASTO 10
  STOP
◆ LBL « DEPART »
  GTO IND 10
  STOP
◆ LBL « SUITE »
  END
```

L'utilisateur fait tout d'abord soit XEQ 01, soit XEQ 02. Ensuite, XEQ DEPART conduit à un branchement à l'étiquette 18 ou à l'étiquette alphabétique SUITE.

Voici maintenant un petit utilitaire concernant drapeaux et adressage indirect :

```
LBL « FLAG »
56
◆ LBL 00
  1
  -
◆ FC ? IND X
  GTO 01
  PSE
◆ LBL 01
  X > 0 ?
  GTO 00
  CLD
  END
```

Ce programme indique par pauses successives le numéro de chaque drapeau à l'état 1. Ici, pour l'adressage indirect des drapeaux, on a mis à profit la possibilité d'adresser les registres de la pile opérationnelle. On trouvera en encadré un programme similaire pour TI-58/59 : une pression sur A déclenche l'affichage des drapeaux levés (attention, RST remet tous les drapeaux à zéro).

Bien entendu, il est aussi possible sur la 41 C d'utiliser des adressages indirects à « double détente » après l'une des formes : DSE Ind, ISG Ind, FS ? Ind, FC ? Ind, FS ? C Ind, FC ? C Ind. L'expression utilisée sera du type : FS ? C Ind xx XEQ Ind yy (sous-programme dont le numéro est contenu dans yy, lancé indirectement si le drapeau dont le numéro est contenu en xx est levé). Dans le cas présent, xx et yy représentent un regis-

Test des drapeaux, version pour TI 58/59

```
000 76 LBL
001 11 A
002 29 CF
003 09 9
004 42 STO
005 00 00
006 76 LBL
007 25 CLR
008 22 INV
009 87 IFF
010 40 IND
011 00 00
012 24 CE
013 43 RCL
014 00 00
015 66 PAU
016 66 PAU
017 76 LBL
018 24 CE
019 69 OP
020 30 30
021 43 RCL
022 00 00
023 77 GE
024 25 CLR
025 91 R/S
```

tre numérique (ou alphanumérique pour yy), soit un registre de la pile (X, Y, Z, T) ou encore le registre Last x (L). Cela permet de programmer des séquences telles que :

```
FS ? Ind L
DSE Ind 01
PI
```

```
XEQ Ind Y
```

où PI ne sera pris en compte que dans deux cas de figure : si le drapeau dont le numéro est contenu dans L (Last x) est abaissé ou si le registre dont le numéro est contenu dans la mémoire 01 est strictement supérieur à sa valeur de référence. Dans ce dernier cas, le drapeau interrogé indirectement au premier pas est levé. On peut évidemment programmer des combinaisons encore plus alambiquées, et bien des passionnés de la 41 C sont passés maîtres dans cet art subtil. L'adressage indirect n'est donc pas d'un emploi évident de prime abord, mais quand il est bien maîtrisé, il permet des acrobaties très raffinées.

□ Jean-Charles Lemasson