

# Othello pour HP-67 & HP-97 (authentiques)

Bon anniversaire à ces calculatrices programmables mythiques qui fêtent leurs 40 ans en cette année 2016.

## Avant-propos

Aucune calculatrice n'a été maltraitée pour la conception, la réalisation et la mise au point de ce programme :-)

Blague d'époque: «Comment faire tenir 5 éléphants dans une 2CV ? Réponse: deux devant, deux derrière, un dans le coffre».

Maintenant, sans plaisanter, comment faire tenir un programme qui joue à Othello dans une calculatrice de poche de 1976 ? La réponse est un peu plus longue, un peu moins farfelue et un peu plus compliquée. Elle se trouve dans le programme en page suivante.

Ce programme gère, dans un espace mémoire de 21 registres et moins de 200 pas de programme (instructions «élémentaires»), un othellier (nom du plateau de jeu) de 8 par 8 cases et joue contre vous. Il ne gagnera jamais un championnat, mais l'objectif n'est pas là. La gageure est de faire tenir le programme dans les ressources très limitées de ces calculatrices plusieurs millions de fois moins puissantes que nos téléphones 40 ans plus tard. 224 pas de programme, 26 registres et 4+1 de pile opérationnelle, 4 drapeaux et 3 niveaux de sous-programme, le tout fonctionnant à une trentaine de pas par seconde. Pour l'époque, c'était Byzance! Si seulement j'en avais eu une...

|                 |   |
|-----------------|---|
| page 0          | Règles du jeu Othello et mode d'emploi de la HP-67. En fait... oui, vous avez bien vu, il n'y a pas de page 0 :-)             |
| pages 1 et 2    | Introduction (cette page) et code complet, brut, non commenté.  |
| pages 3 à 5     | « The big picture », terminologie et mode d'emploi: quelques éléments essentiels pour comprendre le code et le plateau de jeu |
| page 6          | Avertissement, si vous lisez plus loin...   |
| page 7 à la fin | Affectation des mémoires, drapeaux, points d'entrée principaux et code commenté   |

Si vous voulez procéder à une ingénierie à rebours « à froid » du code pour vous amuser, vous le trouverez en page 2, sans rien avoir vu d'autre.

Si vous souhaitez le faire en disposant tout de même d'une présentation générale du programme, lisez les pages 3 à 5 avant.

En résumé, plus vous lisez loin, plus c'est facile.

Alors, à chacun(e) selon son goût et bonne lecture!

...et surtout n'oubliez pas, vous pouvez écrire votre propre fonction d'évaluation. Il reste une flopée de pas de programme disponible : -)

Copyright 2016 Jean-Marc Verniajou

Sous licence Apache, Version 2.0 (la "Licence") ; vous ne pouvez pas utiliser ce fichier, sauf conformément avec la licence.  
Vous pouvez obtenir une copie de la Licence sur

<http://www.apache.org/licenses/LICENSE-2.0>

Sauf si requis par la loi en vigueur ou par accord écrit, le logiciel distribué sous la licence est distribué "TEL QUEL", SANS GARANTIE NI CONDITION DE QUELQUE NATURE QUE CE SOIT, implicite ou explicite.

Consultez la Licence pour connaître la terminologie spécifique régissant les autorisations et les limites prévues par la licence.

## Le code

...c'est tout de même pour ça que nous sommes là!

Nous utilisons aujourd'hui des langages de programmation évolués qui génèrent l'équivalent de plusieurs «pas», voire plusieurs dizaines ou centaines, pour chaque ligne de code.

Alors forcément, là, on passe dans un autre monde. Un pur bonheur, en ce qui me concerne!

Ici, nous avons moins de 200 octets de programme. Ajoutez 21 registres mémoire à 7 octets par registre. Cela donne une empreinte mémoire très raisonnable.

Certains «émulateurs» de HP-67 et 97 permettent d'ajouter une centaine de registres mémoire et quelques milliers de pas de programme. C'est un choix qui annihilerait l'intérêt de l'exercice. Ce programme fonctionne sur une vraie 67/97 et sur les émulateurs qui respectent scrupuleusement les caractéristiques originelles de ces calculatrices, limitations comprises.

Il reste 25 pas et 10 registres disponibles pour des améliorations. Plus encore si vous trouvez de nouvelles optimisations. Donc si vous voulez bichonner plus particulièrement *vo*tre 67/97, vous en avez les moyens!

### Remarque:

Les instructions Roll down sont notées RDN et non pas R suivi d'une flèche vers le bas (j'ai eu la flemme)

| Mnémonique instruction | Code HP-97 | X=0?   | 16-43    | .      | -62      | GTO A   | 22 11    | STx 0   | 35-35 00 |
|------------------------|------------|--------|----------|--------|----------|---------|----------|---------|----------|
|                        |            | SF2    | 16 21 02 | 2      | 02       | STO B   | 35 12    | x       | -35      |
|                        |            | RCL I  | 36 46    | X>Y?   | 16-34    | SF1     | 16 21 01 | x<0?    | 16-45    |
| *LBL A                 | 21 11      | +      | -55      | GTO c  | 22 16 13 | SF0     | 16 21 00 | RTN     | 24       |
| 1                      | 01         | GSB 9  | 23 09    | LSTX   | 16-63    | 1       | 01       | F1?     | 16 23 01 |
| STO E                  | 35 15      | F3?    | 16 23 03 | INT    | 16 34    | CHS     | -22      | F0?     | 16 23 00 |
| 8                      | 08         | CLX    | -51      | +      | -55      | STO E   | 35 15    | RTN     | 24       |
| .                      | -62        | X=0?   | 16-43    | STO A  | 35 11    | GTO a   | 22 16 11 | F2?     | 16 23 02 |
| 8                      | 08         | GTO 0  | 22 00    | GTO c  | 22 16 13 | *LBL 9  | 21 09    | GTO 9   | 22 09    |
| STO B                  | 35 12      | X<0?   | 16-45    | *LBL 2 | 21 02    | STO I   | 35 46    | X=0?    | 16-43    |
| CLX                    | -51        | GTO 1  | 22 01    | F1?    | 16 23 01 | SF3     | 16 21 03 | RTN     | 24       |
| STO C                  | 35 13      | .      | -62      | GTO 3  | 22 03    | INT     | 16 34    | SF2     | 16 21 02 |
| STO D                  | 35 14      | 1      | 01       | RCL B  | 36 12    | X=0?    | 16-43    | *LBL 9  | 21 09    |
| *LBL a                 | 21 16 11   | ST+ 9  | 35-55 09 | +      | -55      | RTN     | 24       | RCL 0   | 36 00    |
| CLX                    | -51        | GTO e  | 22 16 15 | STO B  | 35 12    | 9       | 09       | ST- (i) | 35-45 45 |
| STO 9                  | 35 09      | *LBL 1 | 21 01    | RCL C  | 36 13    | X=Y?    | 16-33    | F2?     | 16 23 02 |
| STO A                  | 35 11      | F1?    | 16 23 01 | RCL 9  | 36 09    | RTN     | 24       | ST- (i) | 35-45 45 |
| RCL B                  | 36 12      | X>0?   | 16-44    | X<Y?   | 16-35    | LSTX    | 16-63    | RDN     | -31      |
| CF2                    | 16 22 02   | GTO 0  | 22 00    | GTO 2  | 22 02    | FRC     | 16 44    | RTN     | 24       |
| GSB 9                  | 23 09      | F0?    | 16 23 00 | STO C  | 35 13    | 1       | 01       | *LBL E  | 21 15    |
| X=0?                   | 16-43      | X>0?   | 16-44    | LSTX   | 16-63    | 0       | 00       | 8       | 08       |
| F3?                    | 16 23 03   | GTO 0  | 22 00    | STO D  | 35 14    | x       | -35      | STO I   | 35 46    |
| GTO 0                  | 22 00      | CF0    | 16 22 00 | *LBL 2 | 21 02    | X#0?    | 16-42    | 2       | 02       |
| *LBL b                 | 21 16 12   | GTO d  | 22 16 14 | RCL B  | 36 12    | X=Y?    | 16-33    | 1       | 01       |
| 2                      | 02         | *LBL 0 | 21 00    | X>0?   | 16-44    | RTN     | 24       | 8       | 08       |
| .                      | -62        | RCL 9  | 36 09    | GTO a  | 22 16 11 | CF3     | 16 22 03 | 4       | 04       |
| 2                      | 02         | FRC    | 16 44    | RCL D  | 36 14    | RCL (i) | 36 45    | 5       | 05       |
| STO A                  | 35 11      | ST- 9  | 35-45 09 | X=0?   | 16-43    | X<>Y    | -41      | *LBL 4  | 21 04    |
| *LBL c                 | 21 16 13   | 1      | 01       | GTO 3  | 22 03    | 4       | 04       | STO (i) | 35 45    |
| SF0                    | 16 21 00   | 0      | 00       | STO B  | 35 12    | X<>Y    | -41      | DSZ I   | 16 25 46 |
| *LBL d                 | 21 16 14   | x      | -35      | R/S    | 51       | Y*      | 31       | GTO 4   | 22 04    |
| RCL B                  | 36 12      | x      | -35      | SF1    | 16 21 01 | STO 0   | 35 00    | 1       | 01       |
| STO I                  | 35 46      | ST- 9  | 35-45 09 | GTO b  | 22 16 12 | ÷       | -24      | 9       | 09       |
| *LBL e                 | 21 16 15   | RCL A  | 36 11    | *LBL 3 | 21 03    | FRC     | 16 44    | 2       | 02       |
| RCL A                  | 36 11      | .      | -62      | RCL E  | 36 15    | 4       | 04       | R/S     | 51       |
| 1                      | 01         | 1      | 01       | 0      | 00       | ST÷ 0   | 35-24 00 | ST+ 4   | 35-55 04 |
| .                      | -62        | -      | -45      | X≤y?   | 16-36    | x       | -35      | ST- 5   | 35-45 05 |
| 1                      | 01         | STO A  | 35 11    | R/S    | 51       | INT     | 16 34    | CLX     | -51      |
| -                      | -45        | X<0?   | 16-45    | *LBL B | 21 12    | 1       | 01       |         |          |
| X=0?                   | 16-43      | GTO 2  | 22 02    | CF1    | 16 22 01 | -       | -45      |         |          |
| CF0                    | 16 22 00   | FRC    | 16 44    | X=0?   | 16-43    | RCL E   | 36 15    |         |          |

...Taht's all Folks!

## « THE BIG PICTURE », TERMINOLOGIE ET MODE D'EMPLOI

### Aux attentifs, aux exigeants et aux puristes, avec toute ma considération

Après avoir réalisé et commenté ce programme, j'ai souhaité recoller aux conventions officielles du jeu avec une notation colonne-rangée et non rangée-colonne, etc. Après avoir procédé à l'essentiel des modifications nécessaires pour cela, j'ai estimé en relisant le code et les commentaires, que la présentation résultante rendait le code moins intuitif encore, s'il est possible. J'ai choisi de faire marche arrière. Faire figurer la case A1 en haut à gauche ne change cependant rien, même si les illustrations la situent en bas, cf. plus loin feuille de calcul pour l'affichage de l'othellier.

L'appartenance à un camp est codée en dur. 1 pour la calculatrice, -1 pour son adversaire, mais deux calculatrices peuvent jouer l'une contre l'autre (cf. mode d'emploi).

**Pour moi, l'exercice de programmation visant à faire tenir un programme décent qui joue à Othello dans 224 pas de programme était la motivation initiale. Un pur bonheur. Ensuite, son optimisation pour descendre à 180 pas seulement pour le jeu proprement dit, c'est à dire hors initialisation de l'othellier, était la cerise sur le gâteau!**

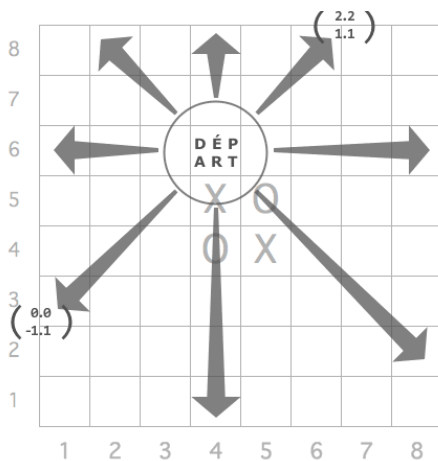
**Pour le reste, je passe la main avec plaisir.**

Il est difficile pour moi de dire à quel point je me suis régalé, du début à la fin de cette aventure en deux temps. J'ai une pensée émue pour toutes les personnes chez Hewlett-Packard qui ont contribué à la naissance de ces calculatrices. Je leur adresse mes plus chaleureux remerciements.

### En résumé

- Le plateau de jeu (othellier) est encodé en base 4 dans les registres mémoire: la valeur 0 représente un pion de la calculatrice, 1 une case vide et 2 un pion de l'adversaire
- La fonction d'évaluation est simplissime (plus je gagne de pions, mieux c'est)
- Calculatrices et émulateurs: je n'ai rencontré aucun problème avec une vraie 67, une vraie 97 ou avec l'émulateur d'Olivier de Smet ([http://sites.google.com/site/olivier2smet2/hp\\_projects/hp97](http://sites.google.com/site/olivier2smet2/hp_projects/hp97)) à qui j'adresse, au passage, un grand merci.

### Terminologie



Plateau

Othellier 8 x 8.

n°rangée.n°colonne

Coordonnées d'une case, séparées par le point décimal, sous la forme rangée.colonne  
Les colonnes sont indiquées sous forme numérique du fait de l'impossibilité de rentrer et d'afficher des lettres sur ces calculatrices (les touches A à E servent à autre chose).  
Exemple: B6 est représenté 6.2

Dans ce document, les pions sont représentés par des O (ronds) et des X (croix) pour des raisons pratiques, en remplacement des pions noirs et des pions blancs et vice-versa.

Bord

Case hors plateau de jeu. Les coordonnées d'une case étant entre 1.1 et 8.8, toute coordonnée contenant un 0 ou un 9 est sur le bord du plateau.

case *départ*

Désigne la case pour laquelle est actuellement menée une exploration. Que cette exploration ait lieu dans le but d'analyser les coups possibles en vue de choisir le meilleur ou qu'elle ait pour but d'ajouter et de «retourner» des pions sur l'othellier (changer les X en O ou vice-versa) lorsqu'un coup est joué par la calculatrice ou par son adversaire.

case *traversée*

Désigne tour à tour chacune des cases explorées successivement en partant de la case départ et dans chacune des directions possibles

- direction* Désigne tour à tour chacune des directions dans lesquelles doit se faire l'exploration des possibilités ou la recherche des pions à retourner. La valeur est sous la forme  $\text{delta\_rangée}.\text{delta\_colonne}$ , notée dr.dc, comprise entre 2.2 et 0.0. Pour être utilisée, la constante 1.1 doit lui être retranchée, ramenant l'intervalle de valeurs entre 1.1 et -1.1
- point central* Désigne la combinaison entre la case départ et une direction d'exploration nulle

## Mode d'emploi

- Seul le programme est à entrer en mémoire. L'initialisation des données se fait dans le LBL E. Anecdote: lors de mon test sur une 67, j'ai entré un  $X \neq 0?$  au lieu du  $X=0?$  voulu. Le résultat étant subtilement différent et subtilement faux, j'ai cru être tombé sur un bug restant...
- Si vous voulez récupérer l'espace occupé par le LBL E pour faire votre version du programme, vous devrez entrer les mémoires 1 à 8 à la main ou les enregistrer une bonne fois pour toutes sur deux cartes magnétiques (l'une pour jouer avec les blancs, l'autre pour jouer avec les noirs) avant de supprimer le LBL E.

Commencer une partie:

- DSP** **1** Forcer l'affichage d'une décimale et une seule (ce n'est pas obligatoire, c'est juste plus pratique)
- E** 192 [**CHS**] **R/S** Initialise le plateau de jeu pour commencer une partie. Lorsque 192 s'affiche, la calculatrice attend que vous choisissiez votre camp. Vous pouvez appuyer sur R/S directement, la calculatrice jouera avec les noirs, ou appuyer sur les touches CHS puis R/S pour inverser la position des pions de début de partie et lui faire jouer les blancs. Cela permet aussi de faire jouer deux calculatrices l'une contre l'autre. Pour les règles du jeu et la disposition initiale de l'othellier, voir <http://www.ffothello.org/othello/regles-du-jeu/>. La calculatrice affiche 0.0 lorsqu'elle est prête.
- n°rangée.n°colonne **B** Pour jouer le(la) premier(e).
- ou bien **B** Pour laisser la calculatrice commencer la partie. Attention: si vous faites d'autres choses entre temps, appuyez sur CLX avant d'appuyer sur B

Continuer la partie:

- Lorsque la calculatrice joue, elle s'arrête en affichant le coup sous la forme  $n^{\circ}\text{rangée}.n^{\circ}\text{colonne}$  (tels quels, avec le point décimal au milieu)
- Si elle joue un coup normal, notez-le puis appuyez sur **R/S** pour qu'elle mette à jour son plateau de jeu en mémoire. Elle s'arrête ensuite en affichant 0.0. Attention: lorsque vous avez relancé le programme, la durée nécessaire à la mise à jour du plateau peut excéder une minute!
- Si elle passe, elle affiche directement 0.0 (et vous ne devez PAS appuyer sur **R/S**)
- C'est à vous, entrez votre coup  $n^{\circ}\text{rangée}.n^{\circ}\text{colonne}$  puis appuyez sur **R/S**. Si vous passez, laissez 0.0 et appuyez directement sur **R/S**.  
*Remarque: vous êtes supposé respecter les règles du jeu et la calculatrice ne vérifie donc pas la validité du coup que vous jouez.*

## Vérifier la copie en mémoire du contenu du plateau:

- RCL** **1** à **RCL** **8** (un registre mémoire par rangée)

### Exemple de feuille de calcul pour l'affichage en clair du plateau codé en base 4 dans les registres mémoire:

- Cases M3 à T10

| Row | Col 1 | Col 2 | Col 3 | Col 4 | Col 5 | Col 6 | Col 7 | Col 8 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 6   |       |       |       | X     | O     |       |       |       |
| 7   |       |       |       | O     | X     |       |       |       |
| 8   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 9   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 10  |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 11  |       |       |       |       |       |       |       |       |

| Register | Value | Col 1 | Col 2 | Col 3 | Col 4 | Col 5 | Col 6 | Col 7 | Col 8 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| RCL 8 à  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| RCL 1    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 21845    | 1     | 1,25  | 1,31  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  |
| 21845    | 1     | 1,25  | 1,31  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  |
| 21845    | 1     | 1,25  | 1,31  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  |
| 21653    | 1     | 1,25  | 1,31  | 2,33  | 0,58  | 1,15  | 1,29  | 1,32  |       |
| 22037    | 1     | 1,25  | 1,31  | 0,33  | 2,08  | 1,52  | 1,38  | 1,35  |       |
| 21845    | 1     | 1,25  | 1,31  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  |
| 21845    | 1     | 1,25  | 1,31  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  |
| 21845    | 1     | 1,25  | 1,31  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  |

T10     $=ABS(\$L10/(4^8)-TRONQUE(\$L10/(4^8)))*4$

- Cases B3 à I10

| Row | Col 1 | Col 2 | Col 3 | Col 4 | Col 5 | Col 6 | Col 7 | Col 8 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 6   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 8   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 9   |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 10  |       |       |       |       |       |       |       |       |

| Register | Value | Col 1 | Col 2 | Col 3 | Col 4 | Col 5 | Col 6 | Col 7 | Col 8 |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| RCL 8 à  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| RCL 1    |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 21845    | 1     | 1,25  | 1,31  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  |
| 21845    | 1     | 1,25  | 1,31  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  | 1,33  |

Remarque: Les formules données ici afficheront toujours des O pour la calculatrice et des X pour son adversaire. Tout cela n'étant que conventions de notation, vous trouverez certainement avantage à adapter ces éléments à votre guise.

***Avertissement...***

***...si vous lisez plus loin, c'est  
tout de même plus facile :-)***

## Affectation des registres mémoire

- 0 calculs temporaires
- 1 à 8 plateau de jeu, codé en base 4
- 9 Score pour le coup en cours d'évaluation (case Départ) sous l'une de ces deux formes:
  - p : entier représentant le cumul du nombre de pions gagnés dans les directions déjà explorées
  - p.h ou h représente le gain hypothétique supplémentaire en nombre de pions pour la direction en cours d'exploration.
- 10 à 19 inutilisés
- A Direction courante: entre 2.2 et 0.0 c.a.d. delta\_x+\_1.delta\_y+\_1 pour le parcours des rangées, colonnes et diagonales partant de la case Départ
- B Coordonnées de la case Départ
  - Soit prend successivement les valeurs entre 8.8 et 1.1 (en fait 0.0) sous la forme n°rangée.n°colonne pour la recherche des coups possibles
  - Soit contient les coordonnées du coup joué (par la calculatrice ou par l'adversaire) pour effectuer l'ajout et les retournements de pions
- C et D Meilleur score obtenu dans la recherche des coups possibles, et coup correspondant
- E 1 c'est la calculatrice qui joue, -1 c'est son adversaire

## Affectation des drapeaux fo à f3 par ordre d'importance

Drapeaux de type «baissés par commande uniquement»:

- f1 baissé=ÉVALUATION (analyse des coups possibles par exemple), levé=AGIR (sur le plateau en ajoutant et en retournant des pions)
- fo Complément au drapeau 1 pour effectuer les actions sur le plateau en deux passes. baissé=MAINTENANT, levé= PLUS\_TARD (reporter les modifications)

Drapeaux de type «baissés par test et par commande»:

- f2 indicateur de point central ou sélecteur ajout/retournement
- f3 indicateur de coordonnées hors plateau sur détection d'un bord

## Quelques points essentiels concernant les particularités de fonctionnement des HP-67 et 97

- Branchements** Un branchement (exemple GTO 9) transfère à la prochaine occurrence de l'étiquette (exemple LBL 9) en partant du pas suivant le pas de programme courant et repart du début (pas 001) s'il n'a trouvé aucune occurrence avant le dernier pas (le 224).  
C'est grâce à ce mécanisme qu'il est possible d'utiliser **plusieurs fois le même numéro d'étiquette** (Label)  
Dans le code commenté, ces étiquettes multiples sont différenciées pour faciliter la lecture. Exemple: LBL 9, LBL 9 bis, etc.  
Attention cependant, les majuscules et minuscules sont différenciées: LBL A et LBL a sont deux étiquettes totalement distinctes
- Drapeaux** Non seulement les drapeaux 2 et 3 sont particuliers (ils sont baissés automatiquement lorsqu'ils sont testés), mais de plus, il n'y a pas d'instruction «si drapeau baissé», pour aucun des drapeaux. La seule instruction de test sur les drapeaux étant «si drapeau levé», cela oblige à quelques acrobaties dans l'écriture du programme.
- Pile RPN** Les noms des registres de la pile opérationnelle utilisée en notation polonaise inversée sont X, Y, Z et T (pour Top). «Last X» est à part.
- Adressage indirect** Le registre dédié à l'adressage indirect, le seul «pointeur» disponible, est le registre I (I comme... Indirect).  
- noté I dans le code, par exemple STO I, c'est le registre I lui-même qui est concerné (on manipule le pointeur)  
- noté (i), c'est le registre pointé qui est concerné, celui dont le numéro figure dans I. Dans ce programme, l'adressage indirect n'est pas utilisé pour les branchements, mais seulement pour la manipulation des registres mémoire.

## CODE COMMENTÉ

### L'essence et le charme de l'exercice

Le code comprend de nombreuses optimisations imposées par la nécessité de gagner chaque pas de programme possible pour rentrer dans l'espace mémoire disponible. L'organisation du jeu d'instruction et de la mémoire de la calculatrice sont appropriés pour le calcul, non pour d'autres domaines comme le jeu. Des artifices sont nécessaires pour contourner les restrictions induites.

Ces optimisations et artifices s'expriment sous la forme de nombreuses entorses aux bonnes manières de rédiger du code.

- Dans cet esprit, la partie LBL 9 fait la part belle à la gestion en parallèle de deux fils:  
L'un pour extraire le contenu d'une case par calculs successifs (8 cases sont encodées dans chacun des 8 registres stockant chacun l'une des 8 rangées du plateau), l'autre pour préparer en simultané la donnée nécessaire pour ajouter ou retourner un pion du camp voulu dans cette même case le cas échéant. C'est la loi du genre: lorsqu'on a une donnée sous la main, on en tire un maximum parti pour économiser des pas de programme. Les lignes de commentaires appartenant au 2e fil sont en caractères gris pour un suivi plus facile des deux fils entrelacés.
- La quasi-totalité des mentions « fin de si » sont omises. L'utilisation de conditions combinées non commentées est anecdotique dans ce programme et les mentions fin de si sont naturellement induites et perceptibles au travers de l'indentation des commentaires, du moins je l'espère.
- Les codes de touches sont ceux d'une HP-97, version imprimante de la HP-67
- Les instructions Roll down sont notées RDN et non pas R suivi d'une flèche vers le bas (j'ai eu la flemme)

Enfin, la rédaction des commentaires n'est pas la partie la plus passionnante de l'aventure. Lorsque le code est alambiqué, il est également difficile de rendre compréhensibles certaines de ses portions.

Je vous remercie par avance pour votre indulgence.

| Mnémonique<br>instruction | code<br>HP-97 | Commentaire  |
|---------------------------|---------------|--|
| *LBL A                    | 21 11         | Niveau plateau (c'est à la calculatrice de jouer)  |
| 1                         | 01            | E <- à la calculatrice   |
| STO E                     | 35 15         |  |
| 8                         | 08            | case Départ <- commencer l'examen des coups possibles en case 8.8 pour descendre ensuite vers la 1.1 |
| .                         | -62           |  |
| 8                         | 08            |  |
| STO B                     | 35 12         |  |
| CLX                       | -51           | RAZ meilleur coup  |
| STO C                     | 35 13         | score  |
| STO D                     | 35 14         | et coordonnées   |



```

*LBL a  21 16 11  --- Niveau case Départ
  CLX    -51      RAZ de
  STO 9   35 09      score obtenu par cumul progressif des pions gagnés en jouant dans la case Départ
  STO A   35 11      la direction d'exploration courante
  RCL B   36 12      case Départ (ou coup joué en vue de la mise à jour du plateau)
  CF2 16 22 02      indicateur point central <- faux (Direction - 1.1 = -1.1 et non 0)
  GSB 9   23 09      Pré-examen (coordonnées ne sont pas hors plateau ? case non occupée ?)
                        avec une direction d'exploration à 0 pour:
                        - le cas échéant, provoquer artificiellement le saut à la case Départ suivante lors du
                          passage à la Direction suivante
                        - et du coup, remplacer GTO 2 plus bas par GTO 0, la partie LBL 0 dans cette condition
                          devient «transparente» à l'exception de la valeur -0.1 laissée sur la pile, ce qui
                          permet d'économiser des pas (signe, point décimal et chiffre 1 non dupliqués)

  X=0?   16-43      code optimisé en remplacement de « X≠0? GTO 0 F3? GTO 0 » c'est à dire:
  F3? 16 23 03      si la case est déjà occupée OU si dépassement sur un bord du plateau
  GTO 0   22 00      fin d'exploration pour cette case Départ (GTO 0 et pas GTO 2 directement, cf. plus haut)
Attention: en fait ce n'est pas équivalent au code initial qui était F3? GTO 0 x≠0? GTO 0, qui
baissait le drapeau f3 dans tous les cas au passage et garantissait la cohérence du test x≠0?.
Explication du maintient (pour gagner un pas de programme) :
- L'optimisation sans cette inversion des tests n'est pas possible parce qu'il n'est pas possible
d'inverser le test F3? (pas d'instruction if flag clear).
- dans le cas d'un bord de plateau, X ne représente pas le contenu de la case (la case n'existant
pas) et le test X=0? est soit adéquat par chance, soit transparent sauf pour f3 qui reste levé.
- dans le cas où la case est bien dans le plateau, X représente bien le contenu de la case. S'il est
différent de 0 parce que la case est occupée, on fait bien GTO 0, sinon, le drapeau f3 n'étant pas
levé, on ignore bien le GTO 0 et le code se poursuit LBL b

*LBL b  21 16 12      Il est à priori possible de jouer dans la case Départ
  2      02      Initialiser la Direction d'exploration à 2.2
  .      -62      (qui prendra ensuite les valeurs 2.1 puis 2.0, 1.2, 1.1, 1.0, 0.2, 0.1 et 0.0 auxquelles,
  2      02      en soustrayant 1.1, on obtient le couple «delta_x.delta_y» compris entre 1.1 et -1.1
  STO A   35 11      qui sera additionné répétitivement pour obtenir les coordonnées de chaque case traversée en
                        parcourant chaque direction: ligne, colonne et diagonale

*LBL c  21 16 13  --- Niveau Direction
  SF0 16 21 00      f0 <- PLUS_TARD (le cas échéant, l'action sur le plateau commence par la première passe)

*LBL d  21 16 14      toujours explorer la direction en partant de la case Départ
  RCL B   36 12      Recopie des coordonnées de la case Départ dans
  STO I   35 46      le registre pour adressage indirect qui pointerà les cases traversées successivement

```

```

*LBL e 21 16 15 --- Niveau case Traversée (poursuivre l'exploration de la direction avec la case traversée suivante)
RCL A 36 11 Direction entre 2.2 et 0.0
1 01 1.1 = point central
. -62
1 01
- -45 dr.dc <- Direction - 1.1 (donc entre 1.1 et -1.1)
X=0? 16-43 si la Direction dr.dc est 0.0, ce n'est pas une vraie direction, c'est le point central
CF0 16 22 00 agir MAINTENANT
X=0? 16-43 avec
SF2 16 21 02 indicateur point central <- vrai
RCL I 36 46 coordonnées case Traversée <- coordonnées case Traversée précédente + dr.dc
+ -55
GSB 9 23 09 examen des coordonnées de la case Traversée et de son contenu
F3? 16 23 03 si la case traversée est hors plateau
CLX -51 simuler la rencontre d'une case vide
X=0? 16-43 si la case Traversée est vide
GTO 0 22 00 fin d'examen pour cette Direction avec annulation des pions hypothétiquement gagnés etc.
X<0? 16-45 si la case est occupée par un pion de celui qui joue
GTO 1 22 01 bascule sur 2e passe ou simple fin d'examen pour cette Direction (etc.) selon le cas
. -62 sinon c'est un pion de l'adversaire
1 01 ajoute 0.1 au score (c'est à dire 1 pion hypothétiquement gagné dans cette direction)
ST+ 9 35-55 09 la fonction d'évaluation est rudimentaire: «plus je gagne de pions adverses, mieux c'est»
GTO e 22 16 15 Continuer l'examen de cette Direction en enchainant sur la case Traversée suivante

*LBL 1 21 01 Que faire en fin d'examen de Direction ? (artifices lignes suivantes: il n'y a pas de if flag clear...)
F1? 16 23 01 si AGIR
X>0? 16-44 test dont le résultat est forcément faux pour combler l'absence de if flag clear
GTO 0 22 00 équivaut donc à si ÉVALUATION alors amalgamer le score et programmer la Direction suivante
F0? 16 23 00 si PLUS_TARD (fin de 1ère passe)
X>0? 16-44 test dont le résultat est forcément faux pour combler l'absence de if flag clear
GTO 0 22 00 équivaut donc à si MAINTENANT (fin de 2e passe) alors amalgame score etc.
CF0 16 22 00 sinon MAINTENANT (fin de 1ère passe, activer la 2e passe)
GTO d 22 16 14 et reparcourir la même Direction depuis Départ pour le retournement effectif des pions

*LBL 0 21 00 Amalgame du score et programmation du passage à la Direction suivante
RCL 9 36 09 Le décompte des pions susceptibles d'être gagnés dans la Direction courante est enregistré
FRC 16 44 dans la partie décimale du registre stockant le score
ST- 9 35-45 09 on le récupère et on ramène le registre de score à sa valeur entière d'avant la Direction courante
1 01 on donne à ce décompte une consistance normale en
0 00 le transformant
x -35 en un entier

```

```

x          -35      et on le multiplie par la valeur en entrée (contenu de la case ou équivalent), qui est:
                  soit 0 (pas de prise de pions possible)
                  - si l'examen de la Direction se termine par un bord de plateau
                  - si l'examen se termine par une case vide
                  soit 9 dans le cas d'un pré-examen seulement, donc avec un gain hypothétique nul
                  - si l'examen de la Direction se termine par un bord de plateau 9
                  soit -1 (prise de pions possible)
                  - si l'examen de la Direction se termine par un pion de celui qui joue
ST- 9   35-45 09    ... pour obtenir le supplément de pions effectivement «gagnés» (on soustrait le nombre négatif obtenu)
RCL A   36 11      Programmation de la Direction suivante
.       -62        2.2 -> 2.1 -> 2.0 -> 1.2 etc.
1       01         dr.dc est utilisé conjointement à n°rangée.n_colonne
-       -45        par simple addition et compensation du décalage de 1.1
STO A   35 11      prochaine direction
X<0?   16-45      si la prochaine Direction est inférieure à 0 (toutes les Directions ont été explorées pour Départ),
GTO 2   22 02      l'examen pour cette case Départ est terminé, on laisse -0.1 dans X
FRC     16 44      sinon l'examen pour cette case Départ peut continuer,
.       -62        à condition d'ajuster, le cas échéant, la nouvelle Direction pour rester dans la liste
2       02         des valeurs conformes (2.2 à 2.0 ou 1.2 à 1.0 ou 0.2 à 0.0)
X>Y?   16-34      si la partie décimale est inférieure à 0.2, la Direction obtenue est conforme
GTO c   22 16 13   passe à l'exploration de cette nouvelle Direction (cours 67, cours!)
LSTX    16-63      sinon
INT     16 34      on recrée une Direction appropriée en ajoutant à la partie entière (0 ou 1)
+       -55        la valeur 0.2
STO A   35 11      prochaine direction avec une valeur conforme
GTO c   22 16 13   passe à l'exploration de cette nouvelle Direction

*LBL 2   21 02      Fin d'exploration pour cette case Départ (toutes les directions ont été parcourues)
F1?    16 23 01    si AGIR
GTO 3   22 03      on vient de faire ajout et retournements de pions sur le plateau, à qui est-ce de jouer ?
RCL B   36 12      sinon
+       -55        ajouter le -0.1 laissé sur la pile aux coordonnées de la case Départ
STO B   35 12      pour obtenir les coordonnées de la nouvelle case Départ (8.8 -> 8.7 -> ... -> 0.0 -> -0.1)
RCL C   36 13      Comparer le score obtenu pour le meilleur coup noté jusqu'à présent
RCL 9   36 09      avec le score obtenu pour la case Départ terminée
X≤Y?   16-35      si on ne fait pas mieux
GTO 2 bis 22 02    passer outre les pas suivants notant le meilleur coup
STO C   35 13      sinon noter le nouveau meilleur score
LSTX    16-63      et les coordonnées de la case Départ (pour laquelle on vient de terminer l'évaluation)
STO D   35 14      comme nouveau meilleur coup
*LBL 2 bis 21 02   Case Départ suivante ou fin d'exploration du plateau ?

```

```

RCL B      36 12      si les coordonnées de la nouvelle case Départ
X>0?      16-44      sont supérieures à 0.0, on à pas encore examiné toutes les possibilités depuis 8.8
GTO a     22 16 11      On lance l'examen pour la nouvelle case Départ (la vie, c'est comme une boîte de chocolats)
RCL D      36 14      sinon on affiche le meilleur coup
X=0?      16-43      Si la calculatrice passe
GTO 3      22 03      il n'y a pas de mise à jour du plateau nécessaire
STO B      35 12      sinon 1) on stocke ce meilleur coup dans « case Départ » pour pouvoir mettre à jour le plateau de jeu
R/S        51          2) on s'arrête pour que l'adversaire puisse noter le coup joué par la calculatrice
SF1 16 21 01          3) on bascule sur AGIR
GTO b     22 16 12      4) on retranscrit le coup sur le plateau

*LBL 3      21 03      Bascule entre calculatrice et adversaire - partie 1 - stopper pour laisser l'adversaire jouer ?
RCL E      36 15      Qui joue actuellement (-1 = adversaire, 1 = calculatrice) ?
0          00          affiche 0 dans tous les cas (signale à l'adversaire que c'est à son tour, etc.)
X≤y?      16-36      si c'est la calculatrice
R/S        51          on stoppe en affichant le 0 pour attendre que l'adversaire entre son coup et appuie sur R/S
*LBL B      21 12      Bascule entre calculatrice et adversaire - partie 2 - si l'adversaire passe, la calculatrice joue
CF1 16 22 01      ÉVALUATION (au cas où l'adversaire passe)
X=0?      16-43      si l'adversaire passe
GTO A      22 11      A la calculatrice de jouer
STO B      35 12      Bascule entre calculatrice et adversaire - partie 3 - Départ <- le coup joué par l'adversaire
SF1 16 21 01      AGIR pour ajouter et retourner les pions sur le plateau
SF0 16 21 00      PLUS_TARD (1ère passe) contribue, en pré-examen, à détecter un coup dans une case déjà occupée
1          01
CHS        -22
STO E      35 15      E <- -1 (agir pour le compte de l'adversaire)
GTO a     22 16 11      ajouter et retourner les pions sur le plateau (puis enchainera automatiquement)

*LBL 9      21 09      Quelles possibilités pour ces coordonnées ?
STO I      35 46      pointeur <- n°rangée.n°colonne
SF3 16 21 03      Commencer par la détection des bords de plateau
INT 16 34          n°rangée
X=0?      16-43      si n°rangée = 0
RTN        24          retour, c'est en dehors (bord bas)
9          09
X=Y?      16-33      si n°rangée = 9
RTN        24          retour, c'est en dehors (bord haut)
LSTX      16-63      n°rangée.n°colonne
FRC 16 44          n°colonne en partie décimale
1          01
0          00

```

|   |          |   |
|---|----------|---|
| x   | -35      | n°colonne   |
| X≠0?  | 16-42    | optimisation: si non bord gauche (le code initial était x=0? RTN x=y? RTN)                                    |
| X=Y?  | 16-33    | tester bord droit   |
| RTN   | 24       | retour si c'est en dehors du plateau (bord gauche ou bord droit) sinon on continue                            |
| CF3   | 16 22 03 | n°rangée et n°colonne sont bien dans le plateau   |
| RCL (i)   | 36 45    | contenu de la rangée n°rangée (pile XYZT: rangée n°rangée, n°colonne...)                                      |
| X<>Y  | -41      | isolation de la case n°colonne (pile XYZT: n°colonne, rangée n°rangée...)                                     |
| 4   | 04       | le plateau est codé en base 4 (pile XYZT: 4, n°colonne, rangée n°rangée)                                      |
| X<>Y  | -41      | (pile XYZT: n°colonne, 4, rangée n°rangée...)   |
| Y <sup>x</sup>  | 31       | (pile XYZT: 4 <sup>n°colonne</sup> , rangée n°rangée...)  |
| STO 0   | 35 00    | r0 <- 4 <sup>n°colonne</sup> = construction de la valeur à utiliser ultérieurement pour un ajout/retournement |
| ÷   | -24      | rangée n°rangée / 4 <sup>n°colonne</sup>  |
| FRC   | 16 44    | enlève les cases plus à gauche, le contenu de la case n°colonne est juste après le point décimal              |
| 4   | 04       |   |
| ST÷ 0   | 35-24 00 | r0 <- 4 <sup>(n°colonne-1)</sup> = valeur non signée à utiliser pour ajout/retournement de pion               |
| x   | -35      | le contenu de la case n°colonne passe devant le point, dans l'intervalle 0 à 2 (1 = case vide)                |
| INT   | 16 34    | enlève les cases plus à droite -> X = contenu de la case n°rangée.n°colonne extrait                           |
| 1   | 01       |   |
| -   | -45      | contenu de la case n°rangée.n°colonne dans l'intervalle -1 à +1 (0 = case vide)                               |
| RCL E   | 36 15    | ajustement en fonction de qui joue, la calculatrice ou l'adversaire   |
| STx 0   | 35-35 00 | r0 <- 4 <sup>(n°colonne-1)</sup> signée = valeur définitive à utiliser pour ajout/retournement de pion        |
| x   | -35      | pour déterminer si le pion dans la case appartient au camp qui joue   |
| x<0?  | 16-45    | si le pion est du camp de celui qui joue  |
| RTN   | 24       | retour  |
| F1?   | 16 23 01 | sinon code optimisé équivalent à:   |
| F0?   | 16 23 00 | si ÉVALUATION OU PLUS_TARD (1ère passe)   |
| RTN   | 24       | retour  |
| Il faut agir sur le plateau   |          |   |
| En résumé:  |          |   |
| S'il s'agit du point central, il faut ajouter le pion de celui qui joue                                 |          |   |
| Sinon, si la case est vide, on a atteint la fin de la Direction courante                                |          |   |
| Sinon, le pion doit être retourné (pris)  |          |   |
| Attention:  |          |   |
| lors d'un appel de pré-examen (depuis LBL a), l'indicateur point central n'est pas positionné comme tel |          |   |
| F2?   | 16 23 02 | si indicateur point central   |
| GTO 9 bis   | 22 09    | va agir directement sur le plateau pour ajouter un pion   |
|   |          | et baisse le drapeau 2 au passage,  |
|   |          | donc f2 est réutilisable et initialisé, j'adore   |
| X=0?  | 16-43    | sinon, si la case est vide  |

```

RTN      24          retour (fin de parcours de direction)
SF2 16 21 02      sinon la prochaine action sur le plateau sera un retournement de pion
*LBL 9 bis 21 09   Ajout ou retournement d'un pion en case n°rangée.n°colonne
RCL 0 36 00      valeur signée d'un pion en colonne n°colonne ( x 1 pour un ajout, x 2 pour un retournement)
ST- (i) 35-45 45  modifier le contenu de la case (ajout d'un pion) dans la rangée
F2? 16 23 02     si c'est un retournement
ST- (i) 35-45 45  terminer la modification du contenu de la case
RDN      -31      rappel du contenu de la case avant ajout ou retournement
RTN      24          retour

*LBL E 21 15      Initialisation du plateau de jeu pour une nouvelle partie
8 08           Il y a 8 rangées à initialiser
STO I 35 46
2 02           Une rangée vide est codée 21845
1 01           ((((((1x4+1)x4+1)x4+1)x4+1)x4+1)x4+1)x4+1
8 08           clin-d'œil à la notation concurrente de la Notation Polonaise Inversée :-))
4 04
5 05

*LBL 4 21 04      Pour chaque mémoire de la 8 à la 1
STO (i) 35 45     Initialiser avec la valeur d'une rangée vide codée
DSZ I 16 25 46    i <- i - 1 et Tant que i > 0..
GTO 4 22 04      ...passer à la rangée suivante
1 01           Ajoute les pions de début de partie X et O
9 09
2 02
R/S 51          Attends que le joueur choisisse son camp:
                - appuyer directement sur R/S pour laisser les noirs à la calculatrice
                - appuyer sur CHS puis sur R/S pour laisser les blancs à la calculatrice

ST+ 4 35-55 04   OX ou XO dans la rangée 4
ST- 5 35-45 05   XO ou OX dans la rangée 5
CLX      -51      Prête!

```