**(\*Modules: ouverture des modules nécessaires\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*)**

#open "graphics";;

#open "random";;

**(\*Variables: déclaration des constantes et des types\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*)**

**(\*Type des cases\*)**

type case = Noir | Blanc | Vide;;

**(\*Couleurs du plateau\*)**

**(\*couleur des cadres des cases du tableau\*)(\*noir\*)**

let coul\_cadre=rgb 0 0 0;;

**(\*couleur du fond des cases du tableau\*)(\*vert foncé\*)**

let coul\_fond=rgb 0 128 0;;

**(\*couleur du fond des cases en erreur\*)(\*rouge foncé\*)**

let coul\_erreur=rgb 128 0 0;;

**(\*couleur des reflets des pions\*)(\*blanc\*)**

let coul\_reflet= rgb 255 255 255;;

**(\*couleur du sur lignage des cases\*)(\*vert clair\*)**

let coul\_surlignage= rgb 0 170 0;;   
**(\*couleur de sélection des cases\*)(\*vert clair+\*)**

let coul\_select= rgb 0 210 0;;

**(\*couleur de prévisualisation des coups\*)(\*vert clair+\*)**

let coul\_coup= rgb 0 0 128;;

**(\*couleur des pions\*) (\*blanc-gris\*)(\*noir\*)**

let coul\_blanc=rgb 223 218 207;;

let coul\_noir=rgb 0 0 0;;

**(\*Coordonnées de référence\*)**

let x0,y0=30,30;;

**(\*Dimension de référence\*)**

let dim\_cote=60;;

let dim\_rayon=(4\*dim\_cote)/(2\*5) ;;

let dim\_nbcase=8;;

**(\*Plateau de jeu\*)**

let Plateau = make\_matrix dim\_nbcase dim\_nbcase Vide;;

Plateau.(3).(3)<-Noir ;;  
Plateau.(4).(4)<-Noir ;;

Plateau.(3).(4)<-Blanc ;;

Plateau.(4).(3)<-Blanc ;;

let temps=ref 0;;

**(\*Fonctions de représentations du plateau\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*)**

**(\*Dessin des cases du plateau\*)**

let fait\_case x y coul\_cadre coul\_fond=

set\_color coul\_cadre;

moveto x y;

lineto (x+dim\_cote) y;

lineto (x+dim\_cote) (y+dim\_cote);

lineto x (y+dim\_cote);

lineto x y;

set\_color coul\_fond;

fill\_rect (x+1) (y+1) (dim\_cote-2) (dim\_cote-2);;

**(\*Dessin des pions\*)**

let fait\_pion x y coul\_cadre coul\_fond coul\_pion =

fait\_case x y coul\_cadre coul\_fond ;

set\_color coul\_pion ;

fill\_circle (x+ dim\_cote/2) (y+dim\_cote/2) dim\_rayon ;  
set\_color coul\_reflet ;

draw\_arc (x+ dim\_cote/2) (y+dim\_cote/2) (dim\_rayon-3) (dim\_rayon-3) 90 180 ;;

**(\*Affichage de la case (i,j) \*)**

let affiche\_case plateau i j=

let x,y=((i\*dim\_cote+x0),(j\*dim\_cote+y0)) in

if plateau.(i).(j)=Vide then fait\_case x y coul\_cadre coul\_fond

else if plateau.(i).(j)=Noir then fait\_pion x y coul\_cadre coul\_fond coul\_noir

else if plateau.(i).(j)=Blanc then fait\_pion x y coul\_cadre coul\_fond coul\_blanc ;;

**(\*Affichage du plateau entier\*)**

let affiche\_plateau plateau=

for i=0 to (vect\_length plateau-1) do

for j=0 to (vect\_length plateau.(0)-1) do

affiche\_case plateau i j;

done;

done;;

**(\*Affichage des coups possibles\*)**

let rec affiche\_coup = function

|[]->()

|(i,j) ::l->fait\_case (x0+dim\_cote\*i) (y0+dim\_cote\*j) coul\_cadre coul\_coup ;

affiche\_coup l ;;

**(\*Effacement des coups possibles\*)**

let rec affiche\_pas\_coup = function

|[]->()

|(i,j) ::l->fait\_case (x0+dim\_cote\*i) (y0+dim\_cote\*j) coul\_cadre coul\_fond ;

affiche\_pas\_coup l ;;

**(\*Fonctions de manipulation du plateau\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*)**

**(\*Elément dans une liste\*)**let rec dans = fun

|a []-> false

|a (b::l)->a=b || (dans a l) ;;

**(\*Mélange d’une liste\*)**let melange l =

let rec aux = fun

|[] l2-> l2

|[a] l2->a::l2

|(a::b::lf) l2->if (random\_\_int 2)=0 then b::a::(aux lf l2) else a::b::(aux lf l2) in

aux l [];;

**(\*Possibilité d’une ligne\*)**let ligne plateau coul1 i j k l=

let coul2=ref Noir in if coul1=Noir then coul2:=Blanc;

let bool=ref true in

if k>7 || l>7 || k<0 || l<0 then bool:=false else

if plateau.(k).(l) <> !coul2 then bool:=false else

begin

let rec aux = fun

|8 j2-> false

|i2 8->false

|(-1) j2-> false

|i2 (-1)->false

|i2 j2->if plateau.(i2).(j2)=coul1 then true else

if plateau.(i2).(j2)=Vide then false else

aux (i2+k-i) (j2+l-j) in

bool:= aux k l;

end;

!bool;;

**(\*Possibilité d’un coup en (i,j)\*)**let possible plateau coul1 i j=

let bool = ref false in

if plateau.(i).(j)=Vide then

begin

for k= -1 to 1 do

for l= -1 to 1 do

bool:= !bool || (ligne plateau coul1 i j (i+k) (j+l));

done; done;end ; !bool;;

**(\*Evaluation des coups possibles\*)**let coup plateau coul1=

let rec aux = fun

|7 7-> if (possible plateau coul1 7 7) then [(7,7)] else []

|i 7-> if (possible plateau coul1 i 7) then (i,7)::(aux (i+1) 0) else (aux (i+1) 0)

|i j -> if (possible plateau coul1 i j) then (i,j)::(aux i (j+1)) else (aux i (j+1)) in

melange (aux 0 0);;

**(\*Calcul du score\*)**let score plateau=

let b,n=ref 0,ref 0 in

for i=0 to 7 do

for j=0 to 7 do

if plateau.(i).(j)=Noir then incr n else if plateau.(i).(j)=Blanc then incr b;

done; done;

(!b,!n);;

**(\*Affichage du score\*)**

let affiche\_score plateau=

let b,n=score plateau in

set\_color coul\_blanc;

fill\_rect (x0+dim\_nbcase\*dim\_cote+3) (y0+dim\_nbcase\*dim\_cote-20) 100 20;

set\_color coul\_noir;

fill\_rect (x0+dim\_nbcase\*dim\_cote+3) (y0+dim\_nbcase\*dim\_cote -45) 100 20;

set\_color coul\_noir;

moveto (x0+dim\_nbcase\*dim\_cote+10) (y0+dim\_nbcase\*dim\_cote- 20);

draw\_string ((string\_of\_int b)^“ blanc(s)”);

moveto (x0+dim\_nbcase\*dim\_cote+10) (y0+dim\_nbcase\*dim\_cote-45);

draw\_string ((string\_of\_int n)^“ noir(s) ”);;

**(\*Affichage du tour\*)**

let affiche\_tour coul=

let couleur=ref coul\_blanc in

if coul=Noir then couleur :=  coul\_noir ;

set\_color coul\_noir;

moveto (x0+dim\_nbcase\*dim\_cote+10) (y0+dim\_nbcase\*dim\_cote- 70);

draw\_string (“C’est aux »);

set\_color !couleur;

fill\_rect (x0+dim\_nbcase\*dim\_cote+90) (y0+dim\_nbcase\*dim\_cote- 69) 15 15;;

**(\*Application d’une ligne \*)**

let fait\_ligne coul1 coul2 i j k l=

if (ligne Plateau coul1 i j k l) then begin

let i2,j2=ref k, ref l in

Plateau.(i).(j)<-coul1;

affiche\_plateau Plateau;

sound 0 (!temps\*200);

while Plateau.(!i2).(!j2)=coul2 do

Plateau.(!i2).(!j2)<-coul1;

affiche\_plateau Plateau;

sound 6000 20;

sound 0 (!temps\*150);

i2:= !i2 +k-i; j2:= !j2 +l-j;

done; end;;

**(\*Application d’un coup\*)**

let fait\_coup plateau coul1 i j=

let coul2=ref Noir in if coul1=Noir then coul2:=Blanc;

for k= -1 to 1 do

for l= -1 to 1 do

fait\_ligne coul1 (!coul2) i j (i+k) (j+l);

done; done;;

**(\*Vérification de victoire\*)**

let victoire plateau =

let gagnant=ref (false,Vide) in

let b,n=score plateau in

if ((coup plateau Noir),(coup plateau Blanc))=([],[]) then begin

if b>n then gagnant:=(true,Blanc)

else if b<n then gagnant:=(true,Noir)

else gagnant:=(true,Vide);

end ;

!gagnant ;;

**(\*Clique d’une case du plateau\*)**

let cliquer plateau coul1 list=

let case=ref (0,0) in

let mauvais\_clique=ref true in

while !mauvais\_clique do

let attend=ref (wait\_next\_event[Button\_down;Mouse\_motion;Key\_pressed]) in

let x,y=(!attend.mouse\_x -x0),(!attend.mouse\_y -y0) in

**(\*Si le curseur est dans le plateau\*)**

if x<(dim\_cote\*(vect\_length plateau))

&& y<(dim\_cote\*(vect\_length plateau.(0)))

&& x>=0 && y>=0

then

begin

**(\*On repeint la case précédente\*)**

if plateau.(fst !case).(snd !case)=Vide then

fait\_case ((fst !case)\*dim\_cote+x0) ((snd !case)\*dim\_cote+y0) coul\_cadre coul\_fond

else if plateau.(fst !case).(snd !case)=Noir then

fait\_pion ((fst !case)\*dim\_cote+x0) ((snd !case)\*dim\_cote+y0) coul\_cadre coul\_fond coul\_noir

else if plateau.(fst !case).(snd !case)=Blanc then

fait\_pion ((fst !case)\*dim\_cote+x0) ((snd !case)\*dim\_cote+y0) coul\_cadre coul\_fond coul\_blanc;  
 **(\*On récupère la case que l’on pointe\*)**

case:=((x quo dim\_cote), (y quo dim\_cote));  
 if plateau.(fst !case).(snd !case)=Vide then

fait\_case ((fst !case)\*dim\_cote+x0) ((snd !case)\*dim\_cote+y0) coul\_cadre coul\_surlignage

else if plateau.(fst !case).(snd !case)=Noir then

fait\_pion ((fst !case)\*dim\_cote+x0) ((snd !case)\*dim\_cote+y0) coul\_cadre coul\_surlignage coul\_noir

else if plateau.(fst !case).(snd !case)=Blanc then

fait\_pion ((fst !case)\*dim\_cote+x0) ((snd !case)\*dim\_cote+y0) coul\_cadre coul\_surlignage coul\_blanc;

begin

**(\*Si on appuie sur une touche\*)**

if !attend.keypressed then begin

if !attend.key <> `\027` then begin

affiche\_case plateau (fst !case) (snd !case);

(affiche\_coup list);

let a=wait\_next\_event[Key\_pressed] in

(affiche\_pas\_coup list);

end

else begin

close\_graph();

failwith « Merci d’avoir joué » ;

end;

end

**(\*Si on clique sur une valide\*)**

else if !attend.button && plateau.(fst !case).(snd !case)=Vide then

begin

fait\_case ((fst !case)\*dim\_cote+x0) ((snd !case)\*dim\_cote+y0) coul\_cadre coul\_select;

let attend2=ref (wait\_next\_event[Button\_up;]) in

let x2,y2=(!attend2.mouse\_x -x0),(!attend2.mouse\_y -y0) in

let case2=((x2 quo dim\_cote), (y2 quo dim\_cote)) in

if case2 = !case then

begin

if (dans !case list) then begin

sound 6000 20;

fait\_coup plateau coul1 (fst !case) (snd !case) ;

mauvais\_clique:=false;

end

else begin fait\_case (dim\_cote\*(fst !case)+x0) (dim\_cote\* (snd !case)+y0) coul\_cadre coul\_erreur ; sound 160 40; fait\_case (dim\_cote\*(fst !case)+x0) (dim\_cote\* (snd !case)+y0) coul\_cadre coul\_fond;  end;

end;

end;

end;

end else affiche\_case plateau (fst !case) (snd !case);

done;;

**(\*Fonctions de manipulation du plateau\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*)**

**(\*Animation du cpu\*)**

let clignote i j coul=

for k=0 to 2 do

fait\_case (dim\_cote\*i+x0) (dim\_cote\* j+y0) coul\_cadre coul\_coup ;

sound 0 ( !temps\*150);

fait\_case (dim\_cote\*i+x0) (dim\_cote\* j+y0) coul\_cadre coul\_fond;

sound 0 (!temps\*150);

done ;

if coul=Blanc then (fait\_pion (dim\_cote\*i+x0) (dim\_cote\* j+y0) coul\_cadre coul\_fond coul\_blanc)

else (fait\_pion (dim\_cote\*i+x0) (dim\_cote\* j+y0) coul\_cadre coul\_fond coul\_noir) ;

sound 6000 20;

sound 0 ( !temps\*150);;

**(\*IA de niveau 1\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*)**

**(\*Compte des points d’une ligne\*)**

let compte\_ligne coul1 coul2 i j k l=

let pt=ref 0 in

if (ligne Plateau coul1 i j k l) then begin

incr pt;

let i2,j2=ref k, ref l in

while Plateau.(!i2).(!j2)=coul2 do

incr pt;

i2:= !i2 +k-i; j2:= !j2 +l-j;

done; end; !pt ;;

**(\*Compte des points d’un coup \*)**

let compte\_coup plateau coul1 i j=

let coul2=ref Noir in if coul1=Noir then coul2:=Blanc;

let pt=ref 0 in

for k= -1 to 1 do

for l= -1 to 1 do

pt:= !pt + (compte\_ligne coul1 (!coul2) i j (i+k) (j+l));

done; done; !pt;;

**(\*Choix du coup\*)**

let case\_IA1 plateau coul1=

let coul2=ref Noir in if coul1=Noir then coul2:=Blanc;

let rec aux = fun

|a (k,l) []->(k,l)

|a (k,l) ((i,j)::lf)->let b=(compte\_coup plateau coul1 i j) in

if a<b then (aux b (i,j) lf) else (aux a (k,l) lf) in

let (i,j)=(aux 0 (-1,-1) (coup plateau coul1)) in

clignote i j coul1 ;

fait\_coup plateau coul1 i j ;;

**(\*IA de niveau 2\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*)**

**(\*Choix du coup\*)**

let case\_IA2 plateau coul1=

let coul2=ref Noir in if coul1=Noir then coul2:=Blanc;

let coups=(coup plateau coul1) in

let rec aux2 = fun

|\_ \_ ((0,0)::lf)->(true,0,0)

|\_ \_ ((7,7)::lf)->(true,7,7)

|\_ \_ ((0,7)::lf)-> (true,0,7)

|\_ \_ ((7,0)::lf)-> (true,7,0)

|a (i,j) []->((i=0 || i=7 || j=0 || j=7),i,j)

|a (i,j) ((k,l)::lf)->if (k=0 || k=7 || l=0 || l=7) then begin

let b=(compte\_coup plateau coul1 i j) in

if a<b then (aux2 b (k,l) lf) else (aux2 a (i,j) lf) end

else (aux2 a (i,j) lf) in

let (bien,k,l)= (aux2 1 (hd coups) coups) in

clignote k l coul1 ;

fait\_coup plateau coul1 k l ;;

**(\*IA de niveau 3\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*)**

**(\*Choix du coup\*)**

let case\_IA3 plateau coul1=

let coul2=ref Noir in if coul1=Noir then coul2:=Blanc;

let rec aux = fun

|l []->l

|l ((i,j)::lf)->let a=(compte\_coup plateau coul1 i j) in

aux ((a,i,j)::l) lf in

let coups2=(aux [] (coup plateau coul1)) in

let rec aux2 = fun

|l []->l

|l ((a,i,j)::lf)->if ((i=0 || i=7 )&&(j=0 || j=7)) then aux2 ((a+99,i,j)::l) lf

else if (i=0 || i=7 || j=0 || j=7) then aux2 ((a+3,i,j)::l) lf

else aux2 ((a,i,j)::l) lf in

let coups3=(aux2 [] coups2) in

let rec aux3= fun

|(a,i,j) []->(i,j)

|(a,i,j) ((b,k,l)::lf)-> if a<b then aux3 (b,k,l) lf else aux3 (a,i,j) lf in

let (a,i,j)=aux3 coups3 in

clignote i j coul1 ;

fait\_coup plateau coul1 i j ;;

**(\*Fonctions de manipulation du plateau\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*)**

**(\*Réinisialisation du plateau\*)**

let init ()=

for i=0 to (dim\_nbcase-1) do

for j=0 to (dim\_nbcase-1) do

Plateau.(i).(j)<-Vide

done; done;

Plateau.(3).(3)<-Noir ;

Plateau.(4).(4)<-Noir ;

Plateau.(3).(4)<-Blanc ;

Plateau.(4).(3)<-Blanc ;;

**(\*Fonction du jeu\*)**

type joueur= H | IA1 | IA2 ;;

let Joe= IA1 ;

let Moi= H ;

let Henry= IA2;

let othello joueur1 joueur2=

open\_graph "";

close\_graph ();

open\_graph "800x600+200+100";

let tour=ref Noir in

while not (fst (victoire Plateau)) do

if !tour=Noir then tour:=Blanc else tour:=Noir;

if (coup Plateau !tour)=[] then if !tour=Noir then tour:=Blanc else tour:=Noir;

affiche\_tour !tour ;

affiche\_plateau Plateau ;

affiche\_score Plateau;

if !tour=Blanc then begin

if joueur1=H then cliquer Plateau !tour (coup Plateau !tour) else

if joueur1=IA1 then case\_IA1 Plateau !tour else

if joueur1=IA2 then case\_IA2 Plateau !tour ;

end

else begin

if joueur2=H then cliquer Plateau !tour (coup Plateau !tour) else

if joueur2=IA1 then case\_IA1 Plateau !tour  else

if joueur2=IA2 then case\_IA2 Plateau !tour ;

end;

done ;

affiche\_plateau Plateau ;

affiche\_score Plateau;

if (snd (victoire Plateau))<>Vide then begin

set\_color black;

moveto (x0+dim\_nbcase\*dim\_cote+10) (y0+dim\_nbcase\*dim\_cote- 100);

draw\_string («Victoire aux   !!!»);

if (snd (victoire Plateau))=Noir then

begin

set\_color coul\_noir;

fill\_rect (x0+dim\_nbcase\*dim\_cote+120) (y0+dim\_nbcase\*dim\_cote- 100) 15 15; end

else begin

set\_color coul\_blanc;

fill\_rect (x0+dim\_nbcase\*dim\_cote+120) (y0+dim\_nbcase\*dim\_cote- 100) 15 15; end;

end

else begin

set\_color black;

moveto (x0+dim\_nbcase\*dim\_cote+10) (y0+dim\_nbcase\*dim\_cote- 40);

draw\_string (« Il y a égalité !!!  »)

end;

let a=wait\_next\_event[Key\_pressed] in

close\_graph();;

othello H IA1;;