

## PRÉFACE

On a coutume de dire que si c'est gratuit, c'est vous le produit. Je trouve que c'est un gros raccourci. Fêter l'anniversaire d'un pote ne fait pas de lui un produit.

Ce projet, *Airwolf Reloaded*, et ce livre sont gratuits. Vous n'êtes pas le produit. Voyez ça comme le cadeau d'un pote.

**Alain Le Guirec**

# **AIRWOLF : AUTOPSIE D'UN JEU MAUDIT**

**Une plongée dans les entrailles du code d'un classique  
raté de l'Amstrad CPC**

# TABLE DES MATIÈRES

<b>AVANT-PROPOS</b>	<b>5</b>
<b>PREMIERE PARTIE : LE CONTEXTE</b>	<b>6</b>
Chapitre 1 : Un jeu, une légende	7
Chapitre 2 : L'enquête commence	8
<b>DEUXIEME PARTIE : L'ARCHITECTURE</b>	<b>10</b>
Chapitre 3 : La cartographie mémoire	11
Chapitre 4 : Le mode graphique	13
Chapitre 5 : La mémoire vidéo entrelacée	17
<b>TROISIEME PARTIE : L'HELICOPTERE</b>	<b>20</b>
Chapitre 6 : L'anatomie d'Airwolf	21
Chapitre 7 : Le système de rotation	22
Chapitre 8 : Les pales du rotor	24
Chapitre 9 : La gravité	25
Chapitre 10 : Le système de tir	27
<b>QUATRIEME PARTIE : LE SCROLLING</b>	<b>29</b>
Chapitre 11 : La philosophie du défilement	30
Chapitre 12 : Le scrolling horizontal	31
Chapitre 13 : Le scrolling vertical	32
Chapitre 14 : Le pre-calcul de l'écran suivant	33
<b>CINQUIEME PARTIE : LES COLLISIONS</b>	<b>35</b>
Chapitre 15 : La détection intégrée	36
Chapitre 16 : Les couleurs magiques	37
Chapitre 17 : L'optimisation par la pile	40
Chapitre 18 : L'effacement sécurisé	41
<b>SIXIEME PARTIE : LES ENNEMIS</b>	<b>43</b>
Chapitre 19 : La structure des entités	44

Chapitre 20 : Les patterns de mouvement	<b>45</b>
Chapitre 21 : L'animation graphique	<b>48</b>
<b>SEPTIEME PARTIE : LE SON</b>	<b>50</b>
Chapitre 22 : Le PSG AY-3-8912	<b>51</b>
Chapitre 23 : La musique	<b>52</b>
Chapitre 24 : Les effets sonores	<b>53</b>
Chapitre 24b : Les sprites d'explosion	<b>54</b>
<b>HUITIEME PARTIE : LES REVELATIONS</b>	<b>56</b>
Chapitre 25 : Le niveau 2 n'existe pas	<b>57</b>
Chapitre 26 : Le crash intentionnel	<b>57</b>
Chapitre 27 : Les vestiges du scrolling pixel	<b>60</b>
Chapitre 28 : Plusieurs mains	<b>60</b>
<b>NEUVIEME PARTIE : LA RENAISSANCE</b>	<b>61</b>
Chapitre 29 : Airwolf Pico	<b>62</b>
Chapitre 30 : Airwolf Reloaded CPC	<b>62</b>
<b>DIXIEME PARTIE : REFLEXIONS</b>	<b>64</b>
Chapitre 31 : Archéologie numérique	<b>65</b>
Chapitre 32 : La valeur de la curiosité	<b>65</b>
Chapitre 33 : Héritage technique	<b>66</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>67</b>
Annexe A : Palette de couleurs	<b>67</b>
Annexe B : Map mémoire complète	<b>68</b>
Annexe C : Codes de triche	<b>70</b>
Annexe D : Formules clés	<b>70</b>
Annexe E : Boucle principale du jeu	<b>71</b>
Annexe F : Index des routines	<b>72</b>
<b>EPILOGUE</b>	<b>74</b>
Index des Figures	<b>74</b>
À propos de l'auteur	<b>75</b>
À propos de ce livre	<b>76</b>



Figure 1 : Ecran titre d'Airwolf - Elite Systems, 1985

---

# AVANT-PROPOS

---

"Qu'y a-t-il au niveau 2 d'Airwolf sur Amstrad CPC ?"

Une question absurde, posée lors d'une nuit d'insomnie. Le genre de pensée qui devrait s'évaporer avec le sommeil. Sauf qu'elle ne m'a jamais quitté.

Je ne pouvais pas savoir que cette curiosité futile allait me plonger dans des milliers de lignes d'assembleur Z80, à traquer des mystères enfouis dans 64 Ko de mémoire. Ni que j'y découvrirais bien plus qu'un simple jeu vidéo.

Airwolf est un artefact. Un témoin figé de décisions prises dans l'urgence, de compromis imposés par la technique, d'ambitions sacrifiées sur l'autel des deadlines. Son code raconte une histoire humaine - celle de développeurs anonymes travaillant sous pression, dont les traces subsistent quarante ans plus tard comme les strates géologiques d'une falaise.

Ce livre est le récit de cette exploration. Une autopsie numérique qui révèle, derrière chaque octet, les intentions, les fatigues et parfois le génie de programmeurs oubliés.

---

---

## **PREMIERE PARTIE : LE CONTEXTE**

# Chapitre 1 : Un jeu, une légende

## La série télévisée

Airwolf, c'est d'abord une série américaine diffusée entre 1984 et 1987. Un hélicoptère de combat furtif, le plus avancé au monde, est piloté par Stringfellow Hawke pour le compte d'une agence gouvernementale secrète. Action, suspense, et surtout cet hélicoptère noir aux lignes élégantes : Airwolf devient une icône des années 80.

## L'adaptation vidéoludique

Comme toute licence populaire de l'époque, Airwolf est décliné en jeu vidéo. Elite Systems acquiert les droits et développe des versions pour les micro-ordinateurs dominants : ZX Spectrum, Commodore 64, et Amstrad CPC.

Sur Amstrad, le jeu sort en 1985. Le joueur incarne Stringfellow Hawke aux commandes de son hélicoptère dans un réseau de grottes labyrinthique. La mission : sauver des otages, détruire des cibles, et s'échapper avant l'écoulement du temps imparti.



Figure 2 : Le premier écran d'Airwolf sur Amstrad CPC - L'hélicoptère face aux premiers ennemis

## La réputation

Rapidement, Airwolf acquiert une réputation particulière. Non pas celle d'un chef-d'œuvre, mais celle d'un cauchemar. Les joueurs se heurtent à une difficulté extrême. La plupart n'arrivent pas à dépasser quatre écrans. Ceux qui persistent plus loin rencontrent systématiquement un plantage dans la zone finale.

Une légende urbaine se forme : personne n'a jamais terminé Airwolf. Le niveau 2 reste un mythe, une terre promise que nul n'a jamais foulée.

---

## Chapitre 2 : L'enquête commence

### Les insomnies ont parfois du bon

Quand le corps refuse le sommeil, l'esprit cherche des échappatoires. Cette nuit-là, plutôt que de compter les moutons, j'ai décidé de compter les octets. La question était simple : "À quoi ressemble le niveau 2 d'Airwolf ?" Trouver la réponse promettait d'être plus intéressant que fixer le plafond.

### Les outils du détective

L'émulateur WinAPE devient le laboratoire. Son debuggeur intégré permet de visualiser la mémoire en temps réel, de poser des breakpoints, de tracer l'exécution instruction par instruction. Le code assembleur Z80 se dévoile progressivement.

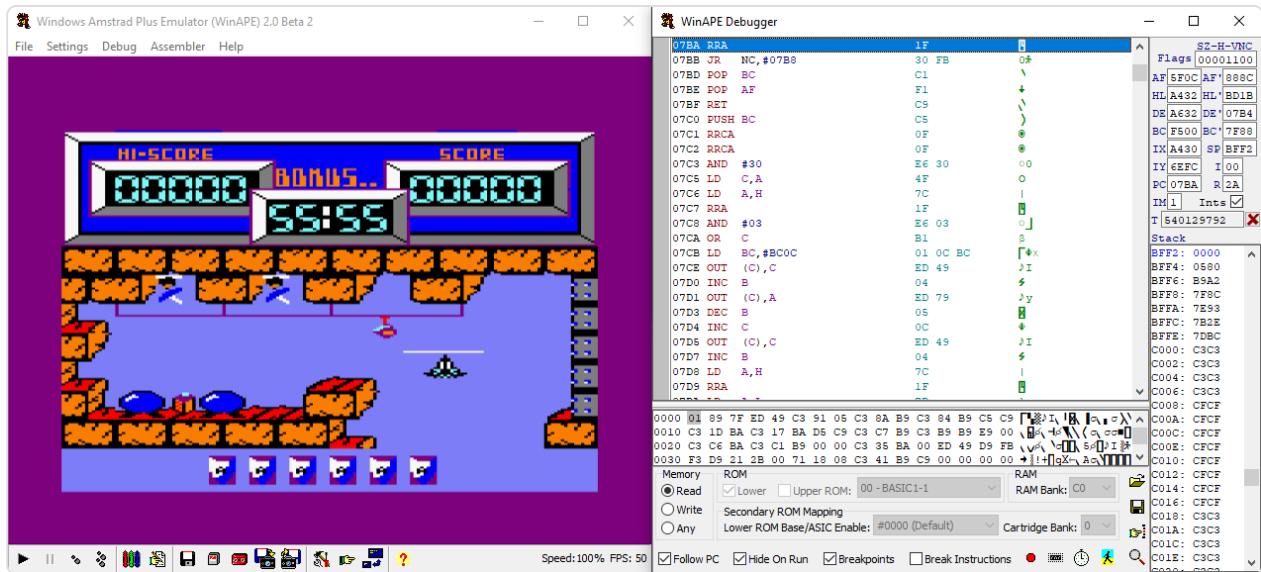


Figure 3 : L'émulateur WinAPE avec son debugger - À gauche le jeu en cours d'exécution, à droite le désassembleur montrant le code Z80, les registres, et le dump mémoire

Le debugger affiche en temps réel : - Le code assembleur désassemblé avec les adresses (#07BA, #07BB...) - Les registres du Z80 (AF, BC, DE, HL, IX, IY, PC, SP...) - Les flags (Zero, Carry, etc.) - Le dump hexadécimal de la mémoire - La pile d'exécution (Stack)

C'est avec cet outil que chaque instruction sera tracée, chaque routine analysée.

## La première découverte

Le "crash" de la zone finale n'est pas un bug. C'est une boucle infinie délibérée à l'adresse #698A :

```
CP #08          ; #6988 - Zone finale?
.infinite:
    JP Z,.infinite ; #698A - Boucle éternelle!
```

Quelqu'un a volontairement bloqué le jeu dans `EXECUTE_BUTTON_ACTION` (#6971). Pourquoi ? La réponse se trouve plus profondément dans le code.

## **DEUXIEME PARTIE : L'ARCHITECTURE**

## Chapitre 3 : La cartographie mémoire

### Organisation générale

L'Amstrad CPC dispose de 64 Ko de mémoire vive. Airwolf les utilise avec une organisation révélatrice :



Figure 4 : Organisation complète des 64 Ko de mémoire d'Airwolf

Adresse	Taille	Contenu
<hr/>		
#0000-#03E7	1000	Zone protégée (variables système)
#03E8-#14E7	4352	TILEMAP - Carte du jeu
#14E8-#4F67	15232	TILESET - Les graphismes des tiles
#4F68-#4FFF	152	Sprites des pales d'hélicoptère
#5000-#5FFF	4096	Sprites d'explosion
#6000-#64E7	1256	Buffer de scrolling
#64E8-#68A7	960	Données musicales
#68A8-#80FF	6232	CODE executable
#8100-#A3FF	8960	Buffer écran suivant (pré-calcul)
#A400-#A6FF	768	Tables d'adresses VRAM
#C000-#FFFF	16384	Mémoire vidéo

## Le monde en une seule carte

Toute la tilemap du jeu est chargée d'un bloc au démarrage. Elle occupe 4352 octets à partir de l'adresse #03E8.

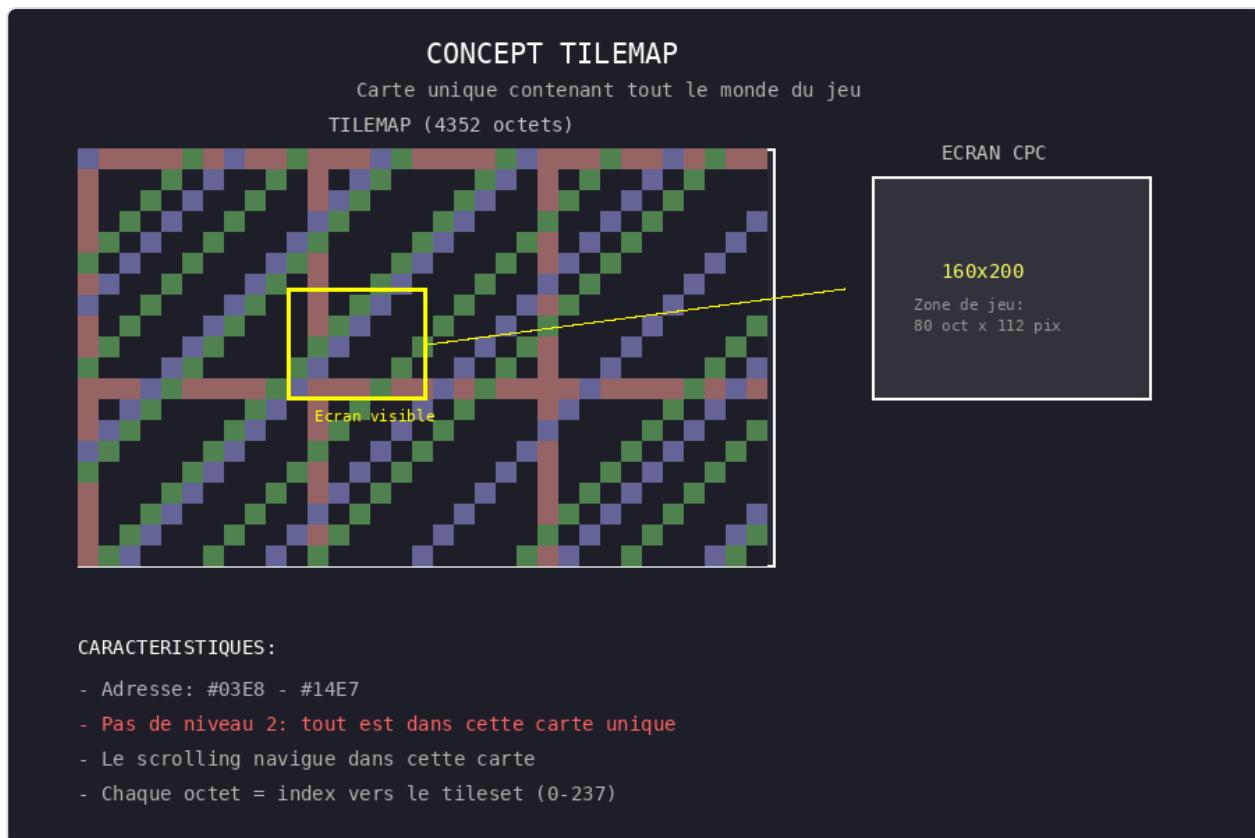


Figure 5 : Le concept de tilemap - une carte unique contenant tout le monde

La tilemap définit l'agencement des tiles (blocs graphiques de 16x16 pixels) qui composent le décor. Chaque octet est un index vers le tileset, la bibliothèque de 238 tiles différents stockée à partir de #14E8. Le joueur navigue dans cette carte en scrollant de zone en zone.

## Pas de chargement dynamique

Contrairement aux jeux plus ambitieux qui chargent les niveaux depuis la cassette ou la disquette, Airwolf garde tout en mémoire. Pas de temps de chargement entre les zones - mais cette architecture pose une question troublante que nous explorerons au chapitre 25.

## La tilemap complète



Figure 6 : La carte complète du monde d'Airwolf - Tout le jeu tient dans cette unique tilemap

Cette vue d'ensemble révèle la structure du niveau :

- **À gauche** : L'entrée, les premiers écrans avec les obstacles de base
- **Au centre** : Le labyrinthe principal avec les ennemis
- **À droite** : Les zones avancées avec les boutons et la mystérieuse zone finale
- **Zone bleue** : L'espace navigable (ciel des cavernes)

Les variables `VIEW_INDEX` (#6970), `VIEW_X` et `VIEW_Y` déterminent quelle portion de la tilemap est visible à l'écran.

## Chapitre 4 : Le mode graphique

### Mode 0 : le choix de la couleur

Airwolf utilise le Mode 0 de l'Amstrad CPC : - Resolution : 160x200 pixels - 16 couleurs simultanées parmi 27 disponibles - 1 octet = 2 pixels (4 bits par pixel)

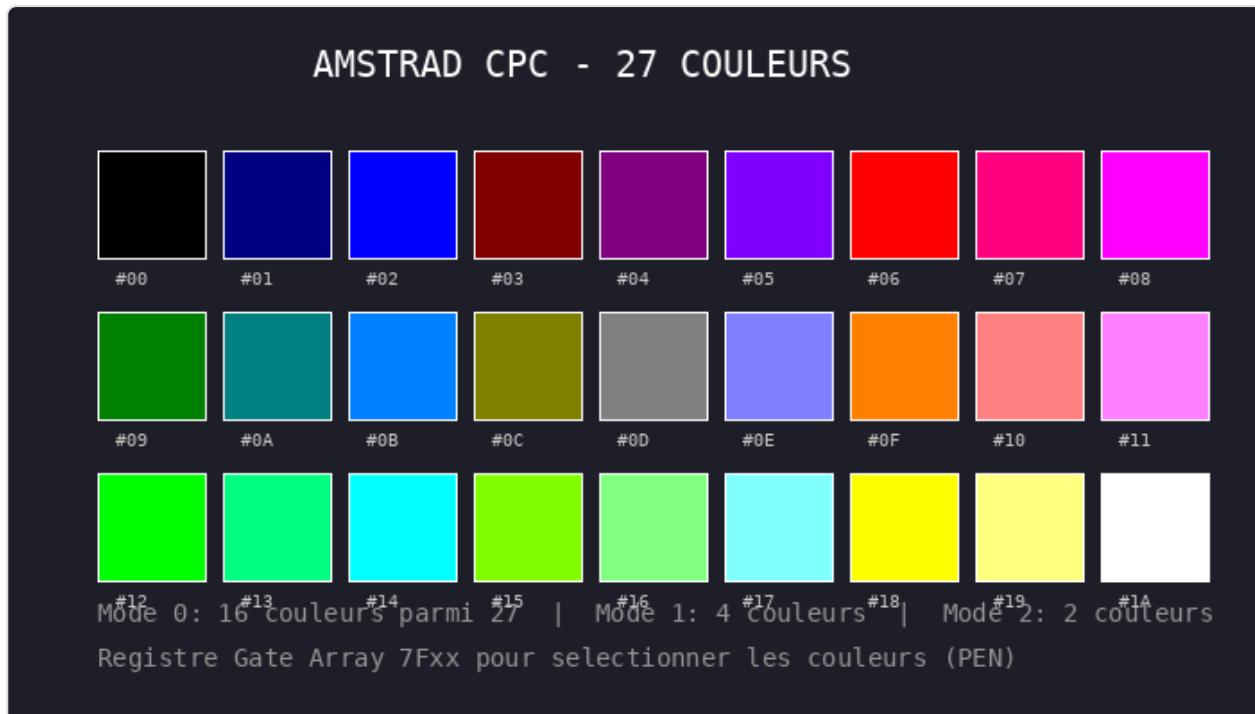


Figure 7 : Les 27 couleurs hardware de l'Amstrad CPC

## La palette d'Airwolf



Figure 8 : La palette de 16 couleurs utilisée par Airwolf

La palette raconte une histoire. Chaque couleur a un rôle précis dans la mécanique du jeu :

- **Bleu** (index 0) : L'espace libre où l'hélicoptère peut voler
- **Noir/violet** : L'atmosphère des cavernes, le décor de fond
- **Orange** : La pierre, les murs infranchissables
- **Cyan** : Les secrets - boutons, parois destructibles, éléments interactifs
- **Rouge** : Le danger - ennemis et obstacles mortels

Cette organisation n'est pas esthétique mais fonctionnelle. Comme nous le verrons au chapitre 16, certaines couleurs servent directement au système de collision.

L'encodage Mode 0 est particulier. Les bits d'un octet ne sont pas contigus :

```
Octet : |b7|b6|b5|b4|b3|b2|b1|b0|
         |   |   |   |   |   |   |
Pixel 0: b7----b5----b3----b1
Pixel 1: b6----b4----b2----b0
```

## Les tiles : briques du monde

**STRUCTURE DES TILES**

16x16 pixels = 4 octets x 16 lignes = 64 octets

Structure d'un octet (Mode 0):

b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
----	----	----	----	----	----	----	----

Pixel 0 (gauche): b7, b5, b3, b1  
 Pixel 1 (droite): b6, b4, b2, b0

En memoire:

Ligne 0: #00	#01	#02	#03
Ligne 1: #04	#05	#06	#07
Ligne 2: #08	#09	#0A	#0B
Ligne 3: #0C	#0D	#0E	#0F

Total: 64 octets par tile

**TILESET AIRWOLF:**

- Adresse: #14E8 - #4F67
- 238 tiles x 64 octets = 15232 octets
- Index tile \* 64 = offset dans tileset

Figure 9 : Structure d'un tile - 16x16 pixels, 64 octets

Chaque tile mesure 16x16 pixels, soit 4 octets de large sur 16 lignes = 64 octets par tile. Le tileset complet occupe 15232 octets pour 238 tiles.

## Le tileset complet



Figure 10 : Les 238 tiles du jeu - Murs, plateformes, ennemis, décorations

Le tileset révèle la richesse graphique du jeu malgré la contrainte des 16 couleurs :

- **Première ligne** : Briques de base, variations de murs
- **Lignes 2-4** : Plateformes, coins, éléments de décor
- **Lignes 5-8** : Ennemis animés (robots, tourelles, flammes)
- **Lignes 9-12** : Boutons, portes, éléments interactifs
- **Dernière ligne** : Tiles spéciales (fin de niveau, bonus)

L'affichage d'un tile suit la logique de la mémoire vidéo entrelacée. La routine `DRAW_TILE` (#6E06) gère cette complexité :

```

DRAW_TILE:           ; #6E06
    LD B,#10      ; 16 lignes
.loop_y:
    PUSH BC
    PUSH HL
    LD B,#04      ; 4 octets par ligne
.loop_x:
    LD A,(DE)      ; Lire octet source
    LD (HL),A      ; Ecrire en VRAM
    INC DE
    INC HL
    DJNZ .loop_x
    POP HL
    ; Passage ligne suivante VRAM
    LD BC,#0800    ; +2048
    ADD HL,BC
    JR NC,.no_overflow
    LD BC,#3FB0    ; Correction debordement
    AND A
    SBC HL,BC
.no_overflow:
    POP BC
    DJNZ .loop_y
    RET

```

## Chapitre 5 : La mémoire vidéo entrelacée

### Anatomie de la VRAM

La mémoire vidéo de l'Amstrad CPC est structurée de manière contre-intuitive. Les 16 Ko de VRAM (#C000-#FFFF) sont divisés en 8 blocs de 2048 octets :

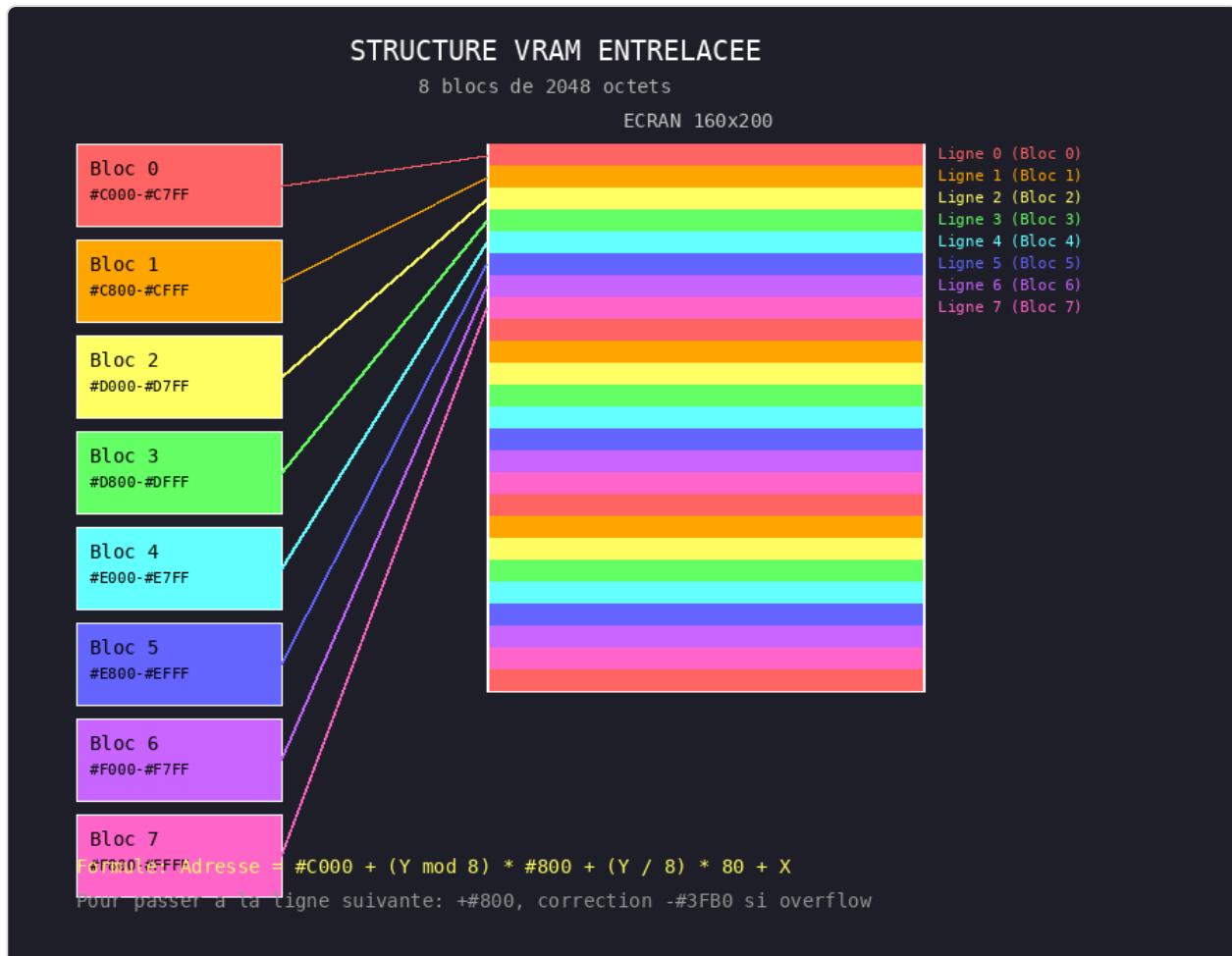


Figure 11 : L'entrelacement de la VRAM - 8 blocs pour 200 lignes

```

Bloc 0 : #C000-#C7FF (lignes 0, 8, 16, 24, 32...)
Bloc 1 : #C800-#CFFF (lignes 1, 9, 17, 25, 33...)
Bloc 2 : #D000-#D7FF (lignes 2, 10, 18, 26, 34...)
Bloc 3 : #D800-#DFFF (lignes 3, 11, 19, 27, 35...)
Bloc 4 : #E000-#E7FF (lignes 4, 12, 20, 28, 36...)
Bloc 5 : #E800-#EFFF (lignes 5, 13, 21, 29, 37...)
Bloc 6 : #F000-#F7FF (lignes 6, 14, 22, 30, 38...)
Bloc 7 : #F800-#FFFF (lignes 7, 15, 23, 31, 39...)

```

## La formule de calcul

Pour trouver l'adresse d'une ligne Y :

Si  $Y < 8$ :

$$\text{Adresse} = \#C000 + (Y * \#800) + (X / 2)$$

Sinon:

$$\text{Adresse} = \#C000 + ((Y \bmod 8) * \#800) + ((Y / 8) * 80) + (X / 2)$$

## Les tables pré-calculées

Plutôt que de calculer ces adresses en temps réel, Airwolf utilise des tables pré-calculées. La routine `BUILD_HELICO_START_LINE_ARRAY` (#8064) remplit ces tables :

```
VRAM_LINE_START_ARRAY      EQU #A400 ; Pour l'hélicoptère  
VRAM_LINE_START_ARRAY_OLD  EQU #A500 ; Position précédente  
VRAM_LINE_START_ARRAY_C    EQU #A600 ; Auxiliaire
```

Ces tables contiennent les adresses de début de chaque ligne pour la zone d'affichage de l'hélicoptère. Une optimisation cruciale pour les performances.

---

## **TROISIEME PARTIE :**

### **L'HELICOPTERE**

## Chapitre 6 : L'anatomie d'Airwolf

**SYSTEME HELICOPTERE AIRWOLF**

**7 FRAMES DE ROTATION:**

Frame 0 Frame 1 Frame 2 Frame 3 Frame 4 Frame 5 Frame 6

DROITE HAUT GAUCHE

**6 FRAMES PALES DU ROTOR:**

F0 F1 F2 F3 F4 F5

**DIMENSIONS:**

- Corps: 16 octets x 20 lignes = 320 octets/frame
- Pales: 16 octets x 3 lignes = 48 octets/frame
- Total visible: 32 pixels x 23 pixels

**VARIABLES PRINCIPALES:**

HELICO_X	Position X (0-80)
HELICO_Y	Position Y (0-112)
HELICO_DIR	Direction (0=droite, 1=haut, 2=gauche)
HELICO_ROTATION_PHASE	Frame rotation actuelle (0-6)
HELICO_ROTOR_FRAME	Frame pales (0-5)
GRAVITY_DOWN_TEMPO	Tempo gravite (acceleration)
HELICO_COLLISION_DETECTED	Flag collision

**GRAVITE:** Tempo decremente (10->4), acceleration progressive  
Reset à 10 dès qu'un input vertical est détecté

Figure 12 : Le système complet de l'hélicoptère - rotation, pales, variables

### Les variables de l'hélicoptère

L'état de l'hélicoptère est maintenu par un ensemble de variables situées dans la zone #79C0-#79F0 :

```

; Position
HELICO_X:           db ?      ; Coordonnée X (0-80 octets)
HELICO_Y:           db ?      ; Coordonnée Y (0-112 pixels)
HELICO_ADDR_VRAM:   dw ?      ; Adresse courante en VRAM

; Orientation et animation
HELICO_DIR:         db ?      ; Direction (0=droite, 1=haut, 2=gauche)
HELICO_ROTATION_PHASE: db ?      ; Phase de rotation (0-6)
HELICO_ROTOR_FRAME:  db ?      ; Frame animation pales (0-5)
HELICO_SPRITE_ADDR:  dw ?      ; Adresse sprite courant

; Physique
GRAVITY_DOWN_TEMPO: db ?      ; #79C4 - Tempo acceleration gravité
GRAVITY_DOWN_CPT:    db ?      ; #79D2 - Compteur gravité

; Etat
HELICO_COLLISION_DETECTED: db ? ; Flag collision
NB_LIFE_SHIELD:          db 6   ; #68AE - Nombre de vies

```

## Les dimensions

L'hélicoptère occupe une zone de 16 octets (32 pixels) de large sur 23 pixels de haut :

```

HELICO_WIDTH EQU 16 ; Largeur en octets
HELICO_HEIGHT EQU 23 ; Hauteur en pixels (20 corps + 3 pales)

```

## Chapitre 7 : Le système de rotation

### Sept frames, trois directions

L'hélicoptère peut pointer dans trois directions : droite, haut, ou gauche. La transition entre ces directions utilise 7 frames d'animation :



Figure 13 : Les 7 frames de rotation de l'hélicoptère - De droite (haut) à gauche (bas) en passant par la position frontale

```

Frame 0: Hélicoptère pointe à droite (====>)
Frame 1: Légère rotation vers le haut
Frame 2: Rotation intermédiaire
Frame 3: Hélicoptère pointe vers le haut (==^)
Frame 4: Rotation vers la gauche
Frame 5: Rotation intermédiaire
Frame 6: Hélicoptère pointe à gauche (<====)

```

Chaque frame est un sprite distinct stocké à partir de l'adresse #4F68 (BASE\_PALLE\_HELICO). Les sprites montrent non seulement la rotation du fuselage mais aussi l'angle du rotor principal et du rotor de queue.

## L'algorithme de rotation

La rotation fonctionne par pas de 3 sur 7 frames. Elle est gérée dans la boucle principale `GAME_LOOP` (#7ABB) :

```

; Direction 0 (droite) -> Frame cible 0
; Direction 1 (haut)    -> Frame cible 3
; Direction 2 (gauche) -> Frame cible 6

HELICO_PROCESS_ROTATION:
    LD A,(HELICO_DIR)          ; Direction souhaitée (0, 1 ou 2)
    ADD A,A                    ; x2
    ADD A,(HELICO_DIR)          ; x3 (0->0, 1->3, 2->6)
    LD B,A                    ; B = frame cible

    LD A,(HELICO_ROTATION_PHASE); Frame actuelle
    CP B                      ; Déjà à la bonne frame

    JR C,.rotate_forward       ; Frame actuelle < cible
.rotate_backward:
    DEC A                      ; Rotation arrière
    JR .store_phase
.rotate_forward:
    INC A                      ; Rotation avant
.store_phase:
    LD (HELICO_ROTATION_PHASE),A

    ; Calculer l'adresse du sprite
    ; Chaque frame fait 320 octets (16 * 20)
    LD DE,320
    ; ... multiplication et ajout à l'adresse de base

```

La rotation est progressive : si le joueur passe de droite à gauche, l'hélicoptère traverse toutes les frames intermédiaires, donnant une impression de mouvement fluide.

## Chapitre 8 : Les pales du rotor

### Animation indépendante

Les pales du rotor tournent indépendamment de l'orientation de l'hélicoptère. Six frames d'animation créent l'illusion du mouvement. Les données des pales sont stockées à l'adresse `BASE_PALLE_HELICO` (#4F68) :

```

Frame 0: ===      (pales horizontales)
Frame 1: ==      (debut rotation)
Frame 2: =       (milieu rotation)
Frame 3: =       (quasi verticales)
Frame 4: ==      (continuation)
Frame 5: ===     (retour)
[Retour Frame 0]

```

## Le code d'animation

La variable `PALLE_FRAME` (#7963) stocke la frame courante :

```

ANIMATE_HELICO_ROTOR:
; Incrementer frame
LD A,(PALLE_FRAME)          ; #7963
INC A
CP 6                         ; 6 frames
JR NZ,.no_loop
XOR A                         ; Retour à 0
.no_loop:
LD (PALLE_FRAME),A

; Calculer adresse sprite pales
; Chaque frame de pale fait 48 octets (16 * 3 lignes)
LD HL, BASE_PALLE_HELICO   ; #4F68
LD DE,48
; ... multiplication par frame

RET

```

Les pales sont dessinées séparément, au-dessus du corps de l'hélicoptère, permettant une superposition correcte avec le décor.

## Chapitre 9 : La gravité

### Un système d'accélération

Airwolf simule une gravité réaliste avec accélération. Quand le joueur ne donne pas d'input vertical, l'hélicoptère commence à tomber, de plus en plus vite. Ce système est géré dans `GAME_LOOP` (#7ABB) :

```

APPLY_GRAVITY:           ; Dans GAME_LOOP #7ABB
    ; Vérifier si input vertical
    LD A,H             ; Etat joystick
    AND #03            ; Bits haut/bas
    JR NZ,.reset_gravity ; Input -> pas de gravité

    ; Décrementer compteur
    LD A,(GRAVITY_DOWN_CPT) ; #79D2
    DEC A
    LD (GRAVITY_DOWN_CPT),A
    JR NZ,.no_fall       ; Pas encore temps de tomber

    ; Accélérer
    LD A,(GRAVITY_DOWN_TEMPO) ; #79C4
    LD (GRAVITY_DOWN_CPT),A   ; Recharger compteur
    DEC A
    LD (GRAVITY_DOWN_TEMPO),A ; Tempo plus court = chute plus rapide

    ; Vitesse maximale
    CP #01
    JR NZ,.apply_fall
    LD A,#04
    LD (GRAVITY_DOWN_TEMPO),A ; Plafonner à tempo 4

.apply_fall:
    SET 1,H             ; Forcer input DOWN
    RET

.reset_gravity:
    LD A,#0A
    LD (GRAVITY_DOWN_TEMPO),A ; Reset tempo initial
    LD (GRAVITY_DOWN_CPT),A
    RET

```

## L'effet ressenti

- Sans input : l'hélicoptère commence à tomber lentement
- Le tempo diminue : 10, 9, 8, 7... la chute accélère
- Minimum atteint à 4 : vitesse terminale
- Un seul appui vers le haut : la gravité se réinitialise

Cette mécanique crée une sensation de poids et de pilotage exigeant.

# Chapitre 10 : Le système de tir

## Trois directions de tir

L'hélicoptère peut tirer dans trois directions, correspondant à son orientation. La routine `FIRE_NEW_SHOOT` (#7898) gère l'initialisation d'un nouveau tir :

```

FIRE_NEW_SHOOT:           ; #7898
    ; Vérifier qu'aucun tir n'est actif
    LD A,(NB_SHOOT_FIRED)      ; #79EE
    CP #01
    RET Z                      ; Un seul tir à la fois

    ; Direction = direction hélicoptère
    LD A,(HELICO_DIR)
    LD (SHOOT_DIR),A

    ; Position de départ selon direction
    ; Direction 0 (droite): devant l'hélicoptère
    ; Direction 1 (haut): au-dessus
    ; Direction 2 (gauche): à l'arrière

    LD A,#32                  ; Durée de vie: 50 frames
    LD (SHOOT_LIFE_CPT),A

    LD A,#01
    LD (NB_SHOOT_FIRED),A
    RET

```

## Détection des impacts

La routine `TEST_SHOOT_COLLISION` (#7C8D) détecte les collisions avec des pixels spéciaux :

```
TEST_SHOOT_COLLISION:          ; #7C8D
    LD A,(HL)                 ; Pixel écran
    CP #0F                     ; Pixel solide
    JR Z,.hit_wall

    CP #F3                     ; Bouton destructible
    CALL Z,EXECUTE_BUTTON_ACTION ; #6971

    CP #B9                     ; Paroi gauche
    JR Z,.hit_wall

    CP #F6                     ; Paroi droite
    JR Z,.hit_wall

    CP #00                     ; Vide
    CALL NZ,SET_SHOOT_HIT_DETECTED
```

Certaines couleurs déclenchent des actions : détruire une cloison via [EXE-CUTE\\_BUTTON\\_ACTION](#) (#6971), activer un interrupteur, ou simplement être absorbées par le décor.

---

## **QUATRIÈME PARTIE : LE SCROLLING**

## Chapitre 11 : La philosophie du défilement

**SYSTEME DE SCROLLING**  
Défilement par tiles (16 pixels)

**BUFFERS:**

<code>SCROLLING_BUFFER (#6000)</code>	1256 octets - Adresses source/destination
<code>SCROLL_NEXT_SCR_BUF (#8100)</code>	8960 octets - Ecran pre-calcule

**PROCESSUS DE SCROLLING:**

1. Pre-calculer le prochain ecran dans `SCROLL_NEXT_SCR_BUF`
2. Remplir `SCROLLING_BUFFER` avec les adresses VRAM
3. Pour chaque ligne (112 fois):
  - Charger adresses source/destination
  - Executer 76 LDI (copie 76 octets)
4. Copier la nouvelle colonne depuis le buffer pre-calcule

**INSTRUCTION LDI (Load and Increment):**

- Copie (HL) vers (DE)	<code>SCROLL_LINE_LEFT: 76 x LDI deroulees</code>
- Incremente HL et DE, decremente BC	<code>SCROLL_LINE_RIGHT: 76 x LDD (sens inverse)</code>

Figure 14 : Le système de scrolling par tiles

### Un scrolling par tiles

Airwolf n'utilise pas de scrolling pixel par pixel. Le monde défile par tiles entières de 16 pixels. Cette approche simplifie énormément la gestion mais crée un effet saccadé caractéristique.

### La zone de jeu

La zone de jeu occupe : - Largeur : 80 octets (160 pixels) - Hauteur : 112 pixels (7 tiles)

Le HUD (vies, timer, score) occupe le reste de l'écran et n'est jamais scrollé.

## Les quatre directions

Le joueur peut scroller dans les quatre directions cardinales en atteignant les bords de la zone visible.

# Chapitre 12 : Le scrolling horizontal

## Le buffer de préparation

Avant de scroller, le jeu pré-calcule la nouvelle colonne de tiles dans un buffer :

```
SCROLL_NEXT_SCR_BUF EQU #8100 ; Buffer 8960 octets
```

## L'algorithme du scrolling gauche

La routine `SCROLL_LEFT` (#7360) gère le défilement vers la gauche :

```
SCROLL_LEFT:           ; #7360
; 1. Remplir le buffer avec les adresses source/destination
CALL FILL_SCROLLING_BUFFER_LEFT

; 2. Pour chaque ligne de l'écran
LD B,112               ; 112 lignes
.loop_line:
PUSH BC

; Charger les adresses depuis le buffer
LD HL,(SCROLL_SRC_ADDR)
LD DE,(SCROLL_DST_ADDR)

; Copier 76 octets vers la gauche
; (laisse 4 octets pour la nouvelle colonne)
CALL SCROLL_LINE_LEFT    ; #738F

; Mettre à jour le buffer
CALL UPDATE_SCROLLING_BUFFER

POP BC
DJNZ .loop_line

; 3. Copier la nouvelle colonne depuis le pre-calcul
CALL COPY_NEW_COLUMN_LEFT
RET
```

## La copie par LDI

Le cœur du scrolling utilise l'instruction LDI (Load and Increment) en boucle déroulée. La routine `SCROLL_LINE_LEFT` (#738F) :

```
SCROLL_LINE_LEFT:           ; #738F
; 76 instructions LDI déroulées
LDI      ; Copie (HL) vers (DE), incrémenté les deux, décrémente BC
LDI
LDI
; ... 76 fois au total
RET
```

76 octets = 80 octets de zone de jeu - 4 octets de nouvelle colonne.

## Scrolling droite : LDD

Pour le scrolling vers la droite, la routine `SCROLL_LINE_RIGHT` (#7292) utilise LDD (Load and Decrement) en partant de la fin :

```
SCROLL_LINE_RIGHT:          ; #7292
; Source et destination pointent vers la fin de la ligne
; 76 instructions LDD déroulées
LDD      ; Copie (HL) vers (DE), décrémenté les deux
LDD
LDD
; ... 76 fois
RET
```

## Chapitre 13 : Le scrolling vertical

### Copier des bandes horizontales

Le scrolling vertical fonctionne par bandes de 8 pixels (correspondant aux blocs VRAM). La routine `NEXT_VIEW_TO_SCREEN_DOWN` (#724E) gère le scrolling vers le bas :

```

NEXT_VIEW_TO_SCREEN_DOWN:      ; #724E
    LD A,#0E                  ; 14 itérations (112/8 lignes)
.loop:
    PUSH AF
    CALL COPY_VRAM_TO_NEXT_VIEW_SCROLL_DOWN ; #74B8
    CALL COPY_NEXT_VIEW_TO_BOTTOM_SCREEN     ; #70C0
    POP AF
    DEC A
    JR NZ,.loop
    RET

```

La routine équivalente pour le scrolling vers le haut est `NEXT_VIEW_TO_SCREEN_UP` (#726B).

## La gestion de l'entrelacement

Le scrolling vertical est plus complexe car il doit gérer l'entrelacement de la VRAM. Copier "une ligne vers le bas" signifie en réalité :

1. Bloc 0 -> Bloc 1 (lignes 0,8,16... -> lignes 1,9,17...)
  2. Bloc 1 -> Bloc 2
  3. ...
  4. Bloc 7 -> Bloc 0 du caractère suivant
- 

## Chapitre 14 : Le pre-calcul de l'écran suivant

### Dessiner dans l'ombre

Avant de scroller, le jeu dessine le prochain écran complet dans un buffer invisible. La routine `DRAW_SCROLLING_NEXT_SCREEN` se charge de cette préparation :

```

DRAW_SCROLLING_NEXT_SCREEN:
    LD HL,SCROLL_NEXT_SCR_BUF    ; #8100
    ; Pour chaque tile du prochain écran
    LD A,#07                      ; 7 lignes de tiles
.loop_y:
    PUSH AF
    LD A,#14                      ; 20 colonnes
.loop_x:
    PUSH AF
    ; Calculer l'index du tile dans la tilemap
    ; Chercher le graphisme dans le tilesset
    ; Copier les 64 octets du tile dans le buffer
    ; Incrementer la position
    POP AF
    DEC A
    JR NZ,.loop_x
    POP AF
    DEC A
    JR NZ,.loop_y
    RET

```

## Avantage de cette méthode

Le pré-calculation permet : 1. Un scrolling plus rapide (simple copie, pas de calculs) 2. Pas de clignotement ni d'artefacts 3. Séparation claire entre préparation et affichage

---

## **CINQUIEME PARTIE : LES COLLISIONS**

# Chapitre 15 : La détection intégrée

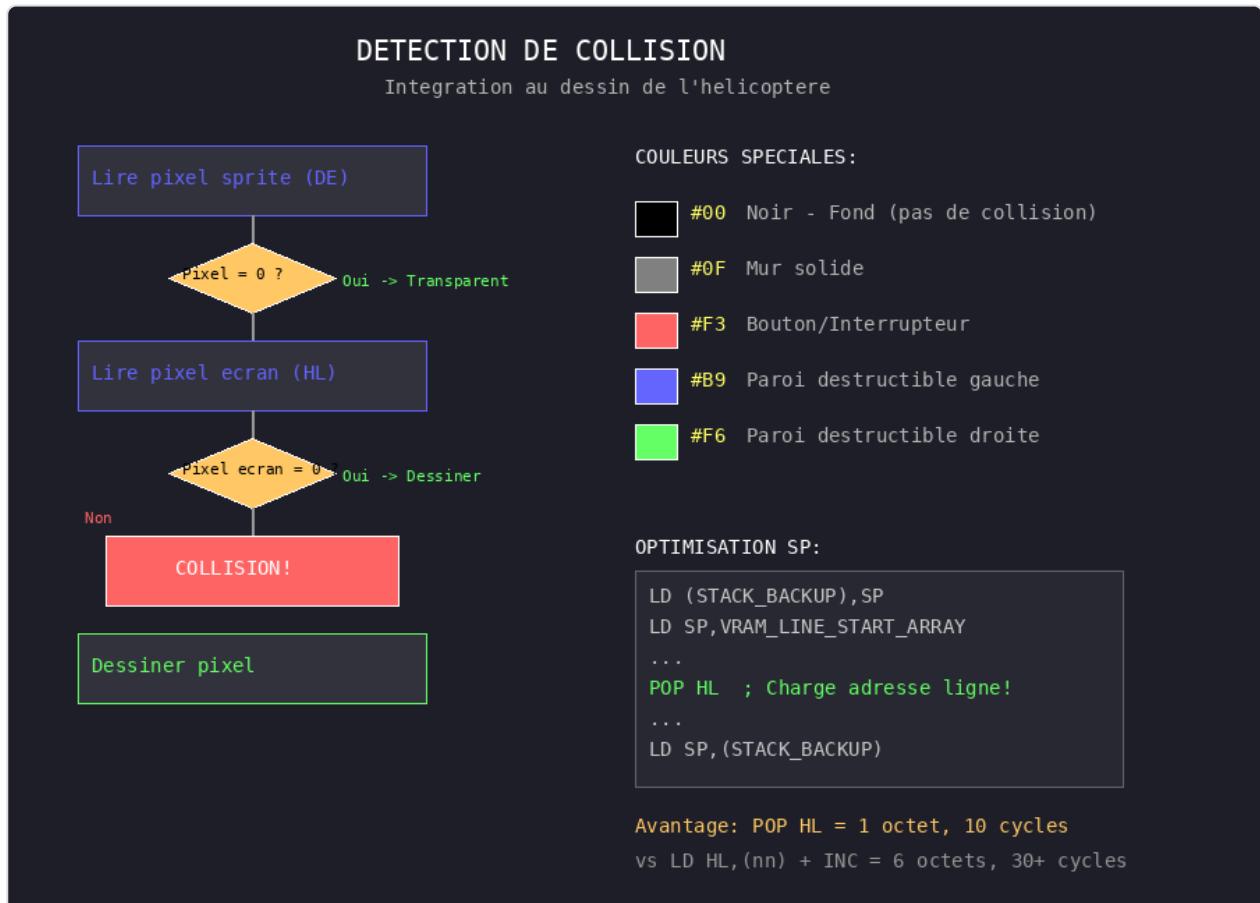


Figure 15 : Détection de collision intégrée au dessin

## Collision pendant le dessin

L'une des techniques les plus élégantes d'Airwolf : la détection des collisions est intégrée directement dans la routine d'affichage de l'hélicoptère **TEST\_AND\_DRAW\_HELICO** (#7E8A).

Plutôt que : 1. Dessiner l'hélicoptère 2. Tester les collisions

Le jeu fait les deux en un seul passage dans **DRAW\_HELICO** (#7F1C) :

```

DRAW_HELICO:           ; #7F1C
; Pour chaque pixel du sprite
LD A,(DE)             ; Pixel du sprite hélicoptère
OR A
JR Z,.transparent     ; Si 0, pixel transparent

LD A,(HL)              ; Pixel de l'écran
OR A
JR Z,.draw              ; Si 0, écran vide -> dessiner

; Pixel sprite non-nul ET pixel écran non-nul = collision!
LD A,#01
LD (HELICO_COLLISION_DETECTED),A
JR .next_pixel

.draw:
LD A,(DE)
LD (HL),A               ; Dessiner le pixel
.transparent:
.next_pixel:
INC DE
INC HL

```

## Collision pixel-parfaite

Cette méthode produit une détection au pixel près. Si un seul pixel non-transparent de l'hélicoptère chevauche un pixel non-noir du décor, une collision est détectée et la routine `HELICO_LOSE_LIFE` (#68BB) est appelée.

# Chapitre 16 : Les couleurs magiques

## La palette comme système de collision

L'astuce la plus élégante d'Airwolf réside dans sa palette. Chaque couleur possède un index unique, et le code utilise ces index pour déterminer les interactions :

```

Index #00 : Bleu - espace libre, pas de collision
Index #0F : Orange - mur solide, collision fatale
Index #F3 : Cyan clair - bouton/interrupteur activable
Index #B9 : Cyan - paroi destructible (bord gauche)
Index #F6 : Cyan - paroi destructible (bord droit)

```

## Le cyan : la couleur des secrets

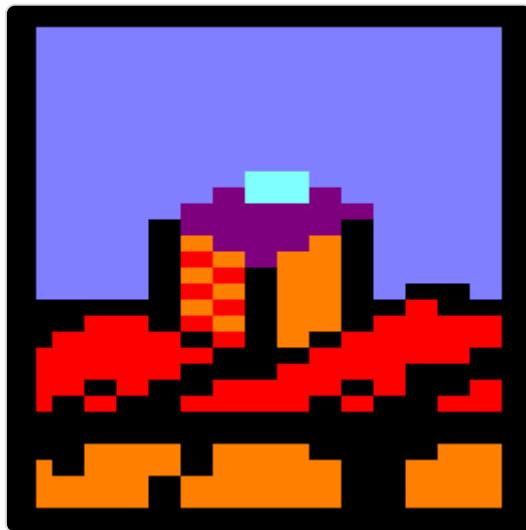


Figure 16 : Un bouton/interrupteur - Le bloc cyan en haut est le point de contact

Le cyan joue un rôle central. Il signale au joueur - et au code - ce qui peut être détruit ou activé. Observez le bouton ci-dessus : le petit bloc cyan au sommet est la zone sensible. Quand un tir touche ce pixel précis, la routine `TEST_SHOOT_COLLISION` (#7C8D) déclenche l'action correspondante.

## La destruction pixel par pixel

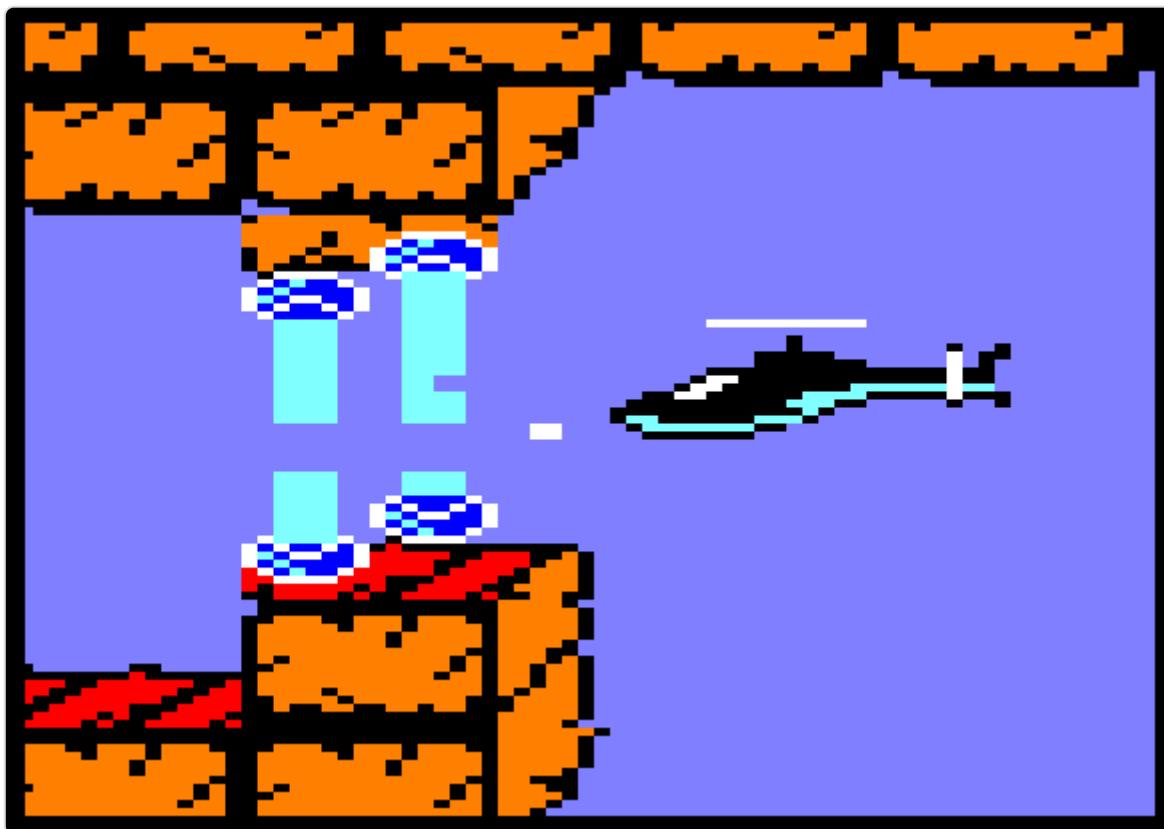


Figure 17 : Destruction progressive des parois grâce aux colonnes cyan

Les parois destructibles intègrent des colonnes de pixels cyan. Chaque tir efface progressivement ces colonnes, créant l'illusion d'une destruction réaliste. Le système est simple mais efficace : seuls les pixels de la bonne couleur réagissent aux tirs.

## Une fonctionnalité abandonnée

En examinant la palette de plus près, on découvre un détail intrigant : deux nuances d'orange presque identiques coexistent. L'une colore les briques des murs, l'autre apparaît dans certains sprites d'ennemis.

Pourquoi dupliquer une couleur ? L'hypothèse la plus probable : les développeurs avaient prévu un système similaire au cyan pour les ennemis. Toucher un pixel d'orange "ennemi" aurait pu détruire l'adversaire. Cette fonctionnalité n'a jamais vu le jour - les ennemis restent invulnérables.

## Les contraintes du système

Ce design par couleurs présente un avantage et un inconvénient. L'avantage : la simplicité. Pas besoin de hitboxes complexes, un simple test de couleur suffit. L'inconvénient : une rigidité absolue. Les graphistes doivent peindre avec des couleurs précises, et toute erreur de palette peut casser le gameplay.

## Chapitre 17 : L'optimisation par la pile

### Le détournement du Stack Pointer

Pour afficher l'hélicoptère rapidement, Airwolf détourne le registre SP (Stack Pointer) dans `DRAW_HELICO` (#7F1C) :

```

DRAW_HELICO:           ; #7F1C
    LD (STACK_BACKUP),SP      ; Sauvegarder la pile

    LD SP,VRAM_LINE_START_ARRAY ; #A400 - SP pointe vers la table d'adresses

    LD B,#14                  ; 20 lignes
.loop_y:
    POP HL                  ; Charge l'adresse de la ligne!

    ; Dessiner les 16 pixels de la ligne
    ; (boucle déroulée)

    DJNZ .loop_y

    LD SP,(STACK_BACKUP)      ; Restaurer la pile
    RET

```

### Pourquoi ça marche

`POP HL` charge HL avec les 2 octets pointés par SP, puis incrémente SP de 2. En pointant SP vers une table d'adresses pré-calculées par `BUILD_HELICO_START_LINE_ARRAY` (#8064), chaque POP charge instantanément l'adresse de la ligne suivante.

C'est plus rapide que :

```
LD HL,(TABLE_ADDR)
INC HL
INC HL
LD (TABLE_ADDR),HL
```

## Le danger

Cette technique est dangereuse : toute interruption pendant ce code corromprait la table d'adresses au lieu de la pile. Les interruptions doivent être désactivées ou le code doit être infaillible.

---

## Chapitre 18 : L'effacement sécurisé

### Ne jamais effacer ce qui ne nous appartient pas

Quand l'hélicoptère se déplace, il faut effacer son ancienne position. Mais attention : on ne doit effacer que les pixels qu'on a dessinés, pas le décor !

```
ERASE_HELICO:
    LD SP,VRAM_LINE_START_ARRAY_OLD ; #A500 - Adresses de l'ancienne position
    LD IX,VRAM_LINE_START_ARRAY      ; #A400 - Adresses de la nouvelle
    LD IY,SPRITE_DATA                ; Données du sprite

    LD B,#14                         ; 20 lignes
.loop_y:
    POP HL                           ; Ancienne adresse

    ; Pour chaque pixel
    LD A,(IY+0)                      ; Pixel du sprite
    OR A
    JR Z,.skip                        ; Transparent -> ne pas effacer

    ; Comparer ancienne et nouvelle position
    ; Si le pixel fait maintenant partie du décor, ne pas effacer

    XOR A
    LD (HL),A                         ; Effacer (mettre à noir)

.skip:
    INC HL
    INC IY
    ; ...
```



## **SIXIÈME PARTIE : LES ENNEMIS**

## Chapitre 19 : La structure des entités

STRUCTURE DES ENNEMIS			
24 octets par entité			
Offset	Description	Taille	PATTERNS:
#00-01	Adresse VRAM initiale	2	<b>ANIM_RL_45</b> D-G, 45 frames
#02-03	Pointeur pattern animation	2	<b>ANIM_RULD</b> Carre
#04-05	Adresse sprite de base	2	<b>ANIM_STATIC</b> Immobile
#06	Largeur (octets)	1	
#07	Hauteur (pixels)	1	
#08	Tempo mouvement initial	1	
#09	Compteur tempo mouvement	1	
#0A-0B	Adresse sprite courante	2	
#0C	Nombre frames total	1	
#0D	Frame courante	1	
#0E	Tempo animation	1	
#0F	Compteur tempo animation	1	
#10	Flag actif (0=inactif)	1	
#11-12	Adresse VRAM courante	2	
#13	Duree mouvement initial	1	
#14	Compteur duree mouvement	1	
#15-16	Pointeur pattern courant	2	
#17	Flag reset position	1	

**Format pattern:**

```
db DIRECTION, DUREE
db DIRECTION, DUREE
db #FF ; Fin/loop
```

**DOUBLE ANIMATION:**

Animation MOUVEMENT (pattern)	Animation GRAPHIQUE (sprites)
-------------------------------	-------------------------------

Les deux animations sont indépendantes et fonctionnent en parallèle

Figure 18 : Structure de 24 octets définissant chaque ennemi

### 24 octets par ennemi

Chaque ennemi est défini par une structure de 24 octets, gérée par la routine **ANIMATE\_ENEMY** (#6F5B) :

Offset	Taille	Role
#00-#01	2	Adresse VRAM initiale
#02-#03	2	Pointeur pattern animation
#04-#05	2	Adresse sprite de base
#06	1	Largeur en octets

Offset	Taille	Role
#07	1	Hauteur en pixels
#08	1	Tempo mouvement initial
#09	1	Compteur tempo mouvement
#0A-#0B	2	Adresse sprite courante
#0C	1	Nombre de frames total
#0D	1	Frame courante
#0E	1	Tempo animation
#0F	1	Compteur tempo animation
#10	1	Flag actif (0=inactif)
#11-#12	2	Adresse VRAM courante
#13	1	Durée mouvement initial
#14	1	Compteur durée mouvement
#15-#16	2	Pointeur pattern courant
#17	1	Flag reset position

## Le double système d'animation

Chaque ennemi a deux animations indépendantes : 1. **Animation graphique** : cycle des frames du sprite 2. **Animation de mouvement** : pattern de déplacement

---

## Chapitre 20 : Les patterns de mouvement

### Definition des patterns

Les mouvements sont définis comme des séquences de paires (direction, durée) :

```
ANIM_RL_45:                                ; Droite-Gauche, 45 frames chaque
    db INPUT_RIGHT, 45
    db INPUT_LEFT, 45
    db #FF                      ; Marqueur de fin/loop

ANIM_RULD_20302030:                         ; Carre
    db INPUT_RIGHT, 20
    db INPUT_UP, 30
    db INPUT_LEFT, 20
    db INPUT_DOWN, 30
    db #FF

ANIM_STATIC:                                 ; Immobile
    db 0, 255
    db #FF
```

## L'algorithme d'animation

La routine `ANIMATE_ENEMY` (#6F5B) gère le mouvement de chaque ennemi :

```

ANIMATE_ENEMY:           ; #6F5B
    ; Vérifier si actif
    LD A,(IX+#10)
    OR A
    RET Z

    ; Décrémenter tempo mouvement
    LD A,(IX+#09)
    DEC A
    LD (IX+#09),A
    RET NZ           ; Pas encore temps de bouger

    ; Recharger tempo
    LD A,(IX+#08)
    LD (IX+#09),A

    ; Lire direction du pattern
    LD L,(IX+#15)
    LD H,(IX+#16)
    LD A,(HL)

    CP #FF           ; Fin du pattern?
    JR Z,.loop_pattern

    ; Appliquer la direction
    CALL MOVE_SPRITE ; #6F34

    ; Décrémenter durée
    LD A,(IX+#14)
    DEC A
    LD (IX+#14),A
    RET NZ

    ; Passer à l'étape suivante du pattern
    LD L,(IX+#15)
    LD H,(IX+#16)
    INC HL
    INC HL           ; Sauter direction+durée
    LD (IX+#15),L
    LD (IX+#16),H

    ; Charger nouvelle durée
    INC HL
    LD A,(HL)
    LD (IX+#14),A
    RET

.loop_pattern:
    ; Retour au début du pattern
    LD L,(IX+#02)
    LD H,(IX+#03)

```

```
LD (IX+#15),L
LD (IX+#16),H
RET
```

La routine `ANIMATE_ALL_ENEMIES` (#6FE1) appelle `ANIMATE_ENEMY` pour chaque ennemi actif.

---

## Chapitre 21 : L'animation graphique

### Le cycle des frames

Indépendamment du mouvement, le sprite de l'ennemi change régulièrement :

```
ANIMATE_ENEMY_SPRITE:
; Décrémenter tempo animation
LD A,(IX+#0F)
DEC A
LD (IX+#0F),A
RET NZ

; Recharger tempo
LD A,(IX+#0E)
LD (IX+#0F),A

; Passer à la frame suivante
LD A,(IX+#0D)
INC A
CP (IX+#0C)           ; Dépasse nb frames?
JR NZ,.no_loop
XOR A                 ; Retour frame 0
.no_loop:
LD (IX+#0D),A

; Calculer nouvelle adresse sprite
; Nouvelle adresse = base + (frame * taille_frame)
; taille_frame = largeur * hauteur
; ...

RET
```

## Types d'ennemis

Le jeu contient plusieurs types d'ennemis avec des comportements distincts. Les sprites sont stockés dans le tileset :

- **Statiques** : tourelles fixes (T\_RADAR\_UP #3DA8, T\_RADAR\_DOWN #3EA8)
  - **Patrouilleurs** : mouvement horizontal (T\_BLUE\_BOT #17A8, T\_TANK\_BOT #3BA8)
  - **Erratiques** : patterns complexes (T\_EYE\_BOT #1C68, T\_FLAME #18E8)
-

## **SEPTIEME PARTIE : LE SON**

## Chapitre 22 : Le PSG AY-3-8912

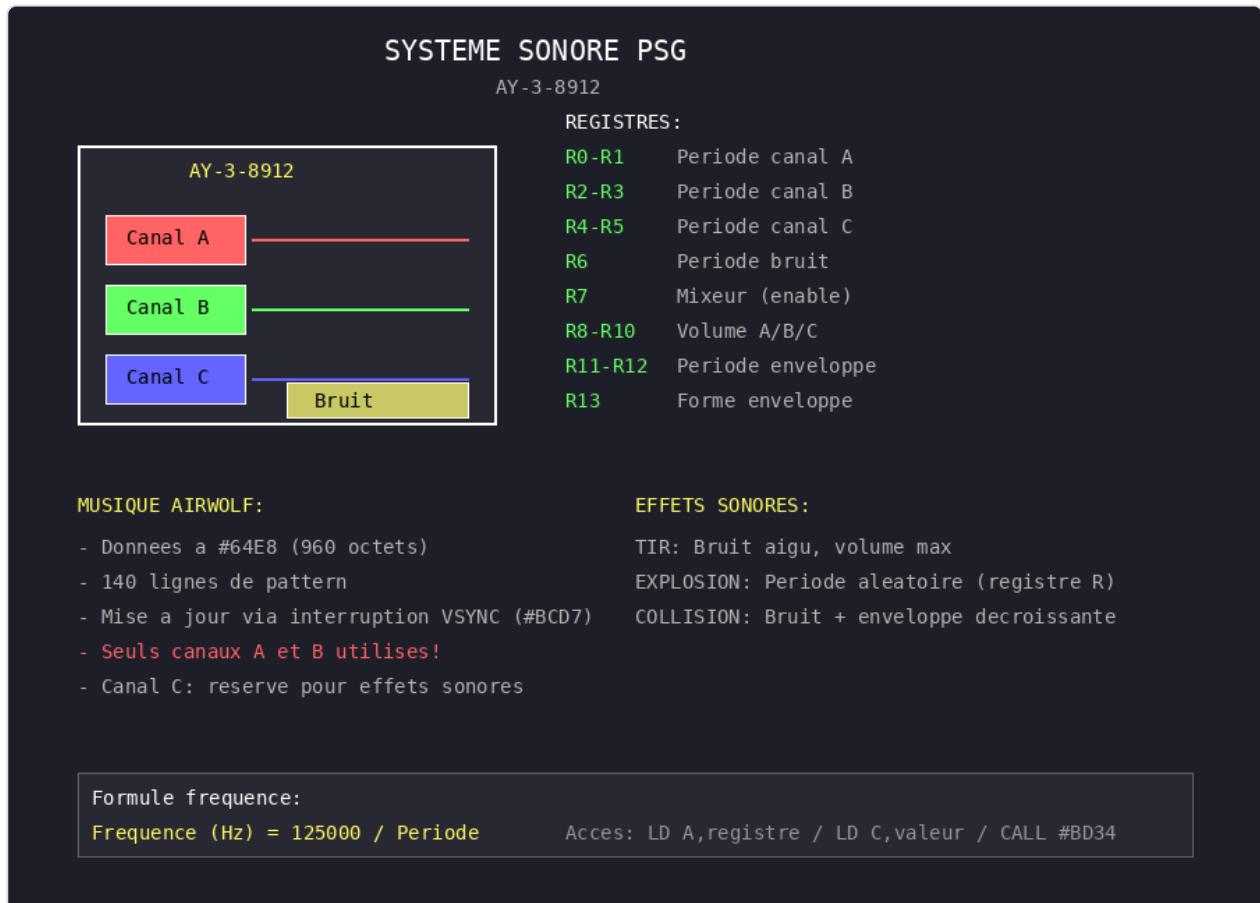


Figure 19 : Le circuit sonore PSG AY-3-8912

### Architecture sonore

L'Amstrad CPC utilise le circuit AY-3-8912, offrant : - 3 canaux mélodiques - 1 générateur de bruit partageable - Enveloppes matérielles

### Les registres

Registre	Fonction
R0-R1	Période canal A
R2-R3	Période canal B
R4-R5	Période canal C

Registre	Fonction
R6	Période bruit
R7	Mixeur (active/désactive canaux)
R8-R10	Volume canaux A/B/C
R11-R12	Période enveloppe
R13	Forme enveloppe

## Accès via firmware

```
; Ecrire valeur C dans registre A
LD A,registre
LD C,valeur
CALL #BD34          ; SOUND DIRECT REG
```

## Chapitre 23 : La musique

### Structure des données

La musique est stockée comme une séquence de valeurs de registres à partir de **MUSIC\_DATA\_BASE** (#64E8) :

```
MUSIC_DATA_BASE      EQU #64E8    ; Début des données
MUSIC_PTR:           dw 0        ; #6AB3 - Pointeur courant
MUSIC_PATTERN_LINE_CPT: db 0        ; #6AB2 - Compteur de lignes
NB_MUSIC_PATTERN_LINES EQU 140    ; #8C lignes par pattern

; Format: période_A_low, période_A_high, période_B_low, période_B_high
; 0 = pas de changement
```

### La routine de mise à jour

La routine **UPDATE\_SOUND\_REGISTERS** (#6B09) est appelée par **UPDATE\_MUSIC** (#6B5D) à chaque frame via l'interruption VSYNC :

```

UPDATE_SOUND_REGISTERS:          ; #6B09
    LD HL,(MUSIC_PTR)           ; #6AB3

    ; Canal A
    LD A,(HL)
    OR A
    JR Z,.skip_a               ; #6B1F - 0 = pas de changement

    LD C,A
    LD A,#00                    ; Registre période A low
    CALL #BD34
    INC HL

    LD C,(HL)
    LD A,#01                    ; Registre période A high
    CALL #BD34

.skip_a:                         ; #6B1F
    ; Canal B similaire...

    ; Avancer le pointeur
    ; Gérer le bouclage
    ; ...

```

L'initialisation est faite par `INIT_MUSIC` (#6ABE) qui configure aussi l'interruption via `INIT_MUSIC INTERRUPTION` (#6B4F).

## Le canal oublié

L'article original mentionne une découverte troublante : le player musical ignore complètement le troisième canal sonore. Trois canaux sont disponibles, mais seuls deux sont utilisés. Un indice supplémentaire d'un développement précipité.

---

## Chapitre 24 : Les effets sonores

### Le bruit d'explosion

La routine `HELICO_EXPLOSION_SOUND` (#7CB7) utilise le registre R du Z80 comme source de nombres pseudo-aléatoires :

```

HELICO_EXPLOSION_SOUND:           ; #7CB7
    LD A,R                 ; Valeur "aléatoire"
    LD C,A
    LD A,#06               ; Periode bruit
    CALL #BD34

    LD A,#0D               ; Forme enveloppe
    LD C,#00               ; Decroissante
    CALL #BD34

```

## Le bruit de tir et collision

La routine `PLAY_NOISE_SOUND` (#6B79) joue les effets sonores :

```

PLAY_NOISE_SOUND:          ; #6B79
    LD A,#0C               ; Volume canal C
    LD C,#0F               ; Maximum
    CALL #BD34

    LD A,#06               ; Periode bruit
    LD C,#08               ; Bruit aigu
    CALL #BD34

    LD A,#01
    LD (NOISE_SOUND_PLAYED),A ; #6AB0
    RET

```

La routine `SFX_OFF` (#6B96) désactive les effets sonores après un certain temps.

## Chapitre 24b : Les sprites d'explosion

### L'animation de la mort

Quand l'hélicoptère entre en collision avec un obstacle, une animation d'explosion se déclenche. Les sprites sont stockés à partir de l'adresse #5000 (BASE\_EXPLOSION) :



Figure 20 : Les frames d'animation de l'explosion - Du début de l'impact à la dissipation

L'animation montre une progression réaliste : 1. Impact initial (petite tache) 2. Expansion rapide 3. Debris qui s'éparpillent 4. Fumee qui se dissipe

La routine `DRAW_EXPLOSION_SPRITE` (#79F2) gère l'affichage de ces frames en séquence, tandis que `HELICO_EXPLOSION_SOUND` (#7CB7) joue le son correspondant.

---

## **HUITIEME PARTIE : LES REVELATIONS**

## Chapitre 25 : Le niveau 2 n'existe pas

### La question qui hante les joueurs

Depuis 1985, une question hante les joueurs d'Airwolf : à quoi ressemble le niveau 2 ? Après des heures de jeu frustrant, après avoir survécu aux passages les plus difficiles, que trouve-t-on ?

### La vérité dans le code

L'exploration méthodique du code apporte une réponse définitive : **il n'y a pas de niveau 2.**

Pas de routine de chargement. Pas d'adresse de tilemap secondaire. Pas de variable de numéro de niveau. La carte unique de 4352 octets à l'adresse `BASE_TILEMAP` (#03E8) contient l'intégralité du monde jouable.

### Un monde clos

Airwolf est une boucle fermée. Le joueur parcourt la carte, active des interrupteurs via `EXECUTE_BUTTON_ACTION` (#6971), détruit des cibles... et c'est tout. La légende du niveau 2 n'était qu'un mirage, entretenu par l'impossibilité de terminer le jeu.

## Chapitre 26 : Le crash intentionnel

### La zone 8 : l'écran maudit

L'écran final - Zone 8

Figure 21 : La zone 8 - L'écran que les joueurs n'atteignent jamais à cause de la boucle infinie

Voici l'écran fatidique où `VIEW_INDEX` vaut 8. C'est une zone complexe avec plusieurs ennemis et obstacles. Mais si le joueur tente d'interagir avec un bouton ici, le jeu se fige indéfiniment.

## LE MYSTERE DU CRASH

La boucle infinie a l'adresse #698A

```

EXECUTE_BUTTON_ACTION:    ; #6971
    LD A,(VIEW_INDEX)   ; #6971
    CP #01              ; Zone 1?
    JP Z,BUTTON_VIEW_1  ; #6976
    ...
    CP #08              ; #6988 Zone 8?
.infinite:
    JP Z,.infinite      ; #698A BLOQUE!
    ...
    RET

```

**CE QUE CA SIGNIFIE:**

1. VIEW\_INDEX = position du joueur dans le monde
2. Zone 8 = zone finale
3. Quand VIEW\_INDEX == 8
4. JP Z saute a lui-même
5. Le CPU boucle a #698A

=> CE N'EST PAS UN BUG  
=> C'EST INTENTIONNEL

**DUMP MEMOIRE ORIGINAL:**

#6988: FE 08 CA 8A 69 FE 0C ...	CP #08 / JP Z,#698A / CP #0C
---------------------------------	------------------------------

**DUMP MEMOIRE PATCHÉ:**

#6988: FE 08 00 00 00 FE 0C ...	CP #08 / NOP NOP NOP / CP #0C
---------------------------------	-------------------------------

**CONCLUSION:** Les développeurs ont délibérément bloqué le jeu en zone 8.  
3 octets (CA 8A 69) remplacent par 3 NOPs (00 00 00) dans Airwolf Reloaded.

Figure 22 : La boucle infinie intentionnelle

## Les interrupteurs binaires

Le jeu utilise un système d'interrupteurs liés à des écrans spécifiques via `VIEW_INDEX` (#6970). Chaque interrupteur est un bit dans un octet de flags :

```

SCREEN_FLAGS:
    db %00000000    ; 8 flags pour 8 zones

```

## La logique défaillante

La boucle infinie se trouve dans `EXECUTE_BUTTON_ACTION` (#6971), la routine qui gère les interactions avec les interrupteurs du jeu. Le code vérifie `VIEW_INDEX` (#6970) - la position du joueur dans le monde :

```

EXECUTE_BUTTON_ACTION:          ; #6971
    LD A,(VIEW_INDEX)          ; #6971 - Charge la zone actuelle
    CP #01                     ; #6974 - Zone 1?
    JP Z,BUTTON_VIEW_1         ; #6976

    CP #03                     ; #6979 - Zone 3?
    JP Z,BUTTON_VIEW_3         ; #697B

    CP #09                     ; #697E - Zone 9?
    JP Z,BUTTON_VIEW_9         ; #6980

    CP #0B                     ; #6983 - Zone 11?
    JP Z,BUTTON_VIEW_11        ; #6985

    CP #08                     ; #6988 - Zone 8? (zone finale)
.infinite:
    JP Z,.infinite             ; #698A - BOUCLE INFINIE!

    CP #0C                     ; #698D - Zone 12?
    JP Z,BUTTON_VIEW_12        ; #698F
    RET                         ; #6992

```

L'adresse **#698A** contient le tristement célèbre `JP Z,.infinite` qui crée une boucle sans fin. Quand `VIEW_INDEX` vaut 8 (la zone finale), le flag Z est activé et le processeur saute à sa propre adresse indéfiniment.

## L'aveu d'échec

Cette boucle à l'adresse **#698A** est un aveu. Les développeurs savaient que la zone 8 ne pouvait pas être gérée correctement. Plutôt que de livrer un produit qui plante de manière visible, ils ont opté pour un gel silencieux que peu de joueurs atteindraient jamais.

Dans la version corrigée (Airwolf Reloaded), ces 3 octets (**CA 8A 69**) ont été remplacés par 3 NOPs (**00 00 00**), permettant enfin au code de continuer.

## Chapitre 27 : Les vestiges du scrolling pixel

### Du code mort

Dans les entrailles du programme, des routines entières ne sont jamais appelées. Parmi elles, `UNUSED_FULL_SCROLL_LEFT` (#7382) contient du code de scrolling pixel par pixel :

```
UNUSED_FULL_SCROLL_LEFT:          ; #7382
    ; Décale l'écran d'un pixel
    ; Plus fluide mais plus lent
    CALL SCROLL_LEFT             ; #7360
    ; ...
```

### L'hypothèse du changement de design

Ces routines suggèrent un design initial différent : un scrolling fluide, pixel par pixel, comme les meilleurs jeux de l'époque. Abandonner ce système pour un scrolling par tiles indique soit des contraintes de performance, soit un changement d'équipe, soit les deux.

---

## Chapitre 28 : Plusieurs mains

### Les styles de code

L'analyse révélatrice montre des styles de programmation différents selon les sections : - Certaines routines sont élégantes, optimisées (comme `DRAW_HELICO` #7F1C) - D'autres sont verbeuses, répétitives - Les conventions de nommage varient - L'utilisation des registres est incohérente

### L'assemblage final

Airwolf n'est pas le travail d'un seul développeur. C'est un patchwork, assemblé à partir de contributions multiples, probablement sous pression temporelle pour respecter la licence.

---

## **NEUVIÈME PARTIE : LA RENAISSANCE**

## Chapitre 29 : Airwolf Pico

### Réimaginer le jeu

L'exploration du code original a inspiré une question : à quoi ressemblerait Airwolf s'il avait été correctement conçu ? La réponse prend la forme d'Airwolf Pico, une réimagination sur la plateforme PICO-8.

Le jeu est disponible à l'adresse : [https://www.lexaloffle.com/bbs/?pid=airwolf\\_pico-0](https://www.lexaloffle.com/bbs/?pid=airwolf_pico-0)

### Les corrections apportées

- Vrais niveaux multiples
  - Scrolling fluide
  - Détection de collision cohérente
  - Fin de jeu accessible
  - Équilibrage de la difficulté
- 

## Chapitre 30 : Airwolf Reloaded CPC

### Retour aux sources

En collaboration avec l'artiste Titan, une version corrigée pour Amstrad CPC voit le jour. Airwolf Reloaded n'est pas un remake : c'est le jeu original, débuggé et complété.

### Les modifications

- Correction de la boucle infinie finale
- Logique d'interrupteurs repensée
- Nouveaux graphismes par Titan
- Jeu complétable de bout en bout

## Préserver l'esprit

L'objectif n'était pas de créer un nouveau jeu, mais de révéler celui qui aurait dû exister. Les mécaniques originales sont préservées, seuls les bugs bloquants sont corrigés.

---

## **DIXIEME PARTIE : REFLEXIONS**

## Chapitre 31 : Archéologie numérique

### Lire entre les lignes

Le reverse-engineering n'est pas qu'une discipline technique. C'est une forme d'archéologie. Chaque routine raconte un choix, chaque optimisation trahit une contrainte, chaque bug révèle une urgence.

Dans Airwolf, les indices abondent. Le code mort suggère des fonctionnalités abandonnées. Les styles de programmation hétérogènes pointent vers plusieurs développeurs. La boucle infinie avoue une défaite. Ces traces ne sont pas des erreurs à corriger - ce sont des témoignages à préserver.

### Reconstruire le puzzle

À partir de ces fragments, une chronologie émerge. Un projet ambitieux, peut-être confié à une équipe expérimentée. Des délais qui se resserrent. Des fonctionnalités qui sautent. Et finalement, un produit livré en sachant qu'il est incomplet.

---

## Chapitre 32 : La valeur de la curiosité

### Pourquoi s'obstiner ?

Passer des semaines à déchiffrer un jeu de 1985 peut sembler futile. Qui se soucie encore d'Airwolf ? Qui a besoin de savoir pourquoi le niveau 2 n'existe pas ?

Personne, en réalité. Et c'est précisément ce qui rend l'exercice précieux.

### L'inutile essentiel

La curiosité gratuite - celle qui ne cherche ni profit ni reconnaissance - possède une vertu rare : elle nous reconnecte avec le plaisir pur de comprendre. Dans un monde obsédé par l'utilitaire, prendre le temps de désassembler un vieux programme représente un acte de résistance.

Et parfois, au détour d'une nuit d'insomnie, cette curiosité absurde finit par produire un livre.

---

## Chapitre 33 : Héritage technique

### Ce qu'Airwolf nous enseigne

Malgré ses défauts, Airwolf contient des techniques remarquables : - L'utilisation de SP comme pointeur rapide (`DRAW_HELICO` #7F1C) - La détection de collision intégrée au rendu (`TEST_AND_DRAW_HELICO` #7E8A) - Les tables pré-calculées pour les adresses VRAM (`BUILD_HELICO_START_LINE_ARRAY` #8064) - Le système de patterns pour l'animation (`ANIMATE_ENEMY` #6F5B)

Ces techniques restent pertinentes pour tout développeur de jeux rétro aujourd'hui.

---

# ANNEXES

## Annexe A : Palette de couleurs

Index	Couleur	Hardware
0	Noir	#00
1	Bleu	#04
2	Vert	#0B
3	Cyan	#0C
4	Rouge	#03
5	Magenta	#0D
6	Jaune	#06
7	Blanc	#0E
8-15	Variables	Selon écran

## Annexe B : Map mémoire complète

```

#0000-#003F : Variables système Z80
#0040-#005F : Zone de travail
#0060-#00FF : Code d'initialisation (BOOT)
#03E8-#14E7 : TILEMAP (BASE_TILEMAP)
#14E8-#4F67 : TILESET (BASE_TILESET - 238 tiles x 64 octets)
#4F68-#4FFF : Sprites pales (BASE_PALLE_HELICO - 6 frames x 48 octets)
#5000-#5FFF : Sprites explosion (BASE_EXPLOSION)
#6000-#64E7 : Buffer scrolling (SCROLLING_BUFFER)
#64E8-#68A7 : Données musicales (MUSIC_DATA_BASE)
#68A8       : Point d'entrée (START_POINT)
#68AB       : LOSE_LIFE_TEMPO_CPT
#68AE       : NB_LIFE_SHIELD
#68BB       : HELICO_LOSE_LIFE
#6971       : EXECUTE_BUTTON_ACTION
#6ABE       : INIT_MUSIC
#6B09       : UPDATE_SOUND_REGISTERS
#6B5D       : UPDATE_MUSIC
#6B79       : PLAY_NOISE_SOUND
#6BE4       : DRAW_SPRITE_TILE
#6D37       : DECREMENT_TIMER
#6E06       : DRAW_TILE
#6E23       : DRAW_TILE_MAP
#6F34       : MOVE_SPRITE
#6F5B       : ANIMATE_ENEMY
#6FE1       : ANIMATE_ALL_ENEMIES
#7292       : SCROLL_LINE_RIGHT
#724E       : NEXT_VIEW_TO_SCREEN_DOWN
#726B       : NEXT_VIEW_TO_SCREEN_UP
#7360       : SCROLL_LEFT
#738F       : SCROLL_LINE_LEFT
#745D       : SCROLL_RIGHT
#7898       : FIRE_NEW_SHOOT
#7ABB       : GAME_LOOP
#7C8D       : TEST_SHOOT_COLLISION
#7CB7       : HELICO_EXPLOSION_SOUND
#7D89       : GAME_START
#7DA1       : MAIN_LOOP
#7DC2       : WAIT_FIRE_BUTTON_PRESS
#7E8A       : TEST_AND_DRAW_HELICO
#7F1C       : DRAW_HELICO
#8064       : BUILD_HELICO_START_LINE_ARRAY
#80AB       : CHEAT_TIMER_KEY
#80BB       : GRAVITY_KEY
#80CB       : PASSE_MURAILLE_KEY
#8100       : SCROLL_NEXT_SCR_BUF
#A400       : VRAM_LINE_START_ARRAY
#A500       : VRAM_LINE_START_ARRAY_OLD
#A600       : VRAM_LINE_START_ARRAY_C
#C000-#FFFF : Mémoire vidéo (8 blocs x 2048 octets)

```

## Annexe C : Codes de triche

Touche	Routine	Action
T	CHEAT_TIMER_KEY (#80AB)	Désactive le timer
G	GRAVITY_KEY (#80BB)	Désactive la gravité
C	PASSE_MURAILLE_KEY (#80CB)	Mode passe-muraille
ESC	-	Redémarrer

## Annexe D : Formules clés

### Adresse VRAM d'une ligne Y

```

Si Y < 8:
    Adresse = #C000 + (Y * 2048)
Sinon:
    Adresse = #C000 + ((Y mod 8) * 2048) + ((Y / 8) * 80)

```

### Index tile vers adresse graphique

```
Adresse = BASE_TILESET (#14E8) + (index * 64)
```

### Frequence sonore PSG

```
Frequence = 125000 / Periode
```

## Annexe E : Boucle principale du jeu



Figure 23 : La boucle principale GAME\_LOOP (#7ABB)

## Annexe F : Index des routines

Adresse	Routine	Description
#68A8	START_POINT	Point d'entrée du programme
#68BB	HELICO_LOSE_LIFE	Gestion perte de vie
#6971	EXECUTE_BUTTON_ACTION	Actions des interrupteurs
#6ABE	INIT_MUSIC	Initialisation musique
#6B09	UPDATE_SOUND_REGISTERS	Mise à jour PSG
#6B5D	UPDATE_MUSIC	Routine musique frame
#6B79	PLAY_NOISE_SOUND	Jouer effet sonore
#6BE4	DRAW_SPRITE_TILE	Afficher sprite/tile
#6D37	DECREMENT_TIMER	Decrementation timer
#6E06	DRAW_TILE	Afficher un tile
#6E23	DRAW_TILE_MAP	Afficher tilemap complète
#6F34	MOVE_SPRITE	Deplacer un sprite
#6F5B	ANIMATE_ENEMY	Animer un ennemi
#6FE1	ANIMATE_ALL_ENEMIES	Animer tous les ennemis
#7292	SCROLL_LINE_RIGHT	Scroll une ligne droite
#724E	NEXT_VIEW_TO_SCREEN_DOWN	Scroll écran vers bas
#726B	NEXT_VIEW_TO_SCREEN_UP	Scroll écran vers haut
#7360	SCROLL_LEFT	Scroll vers gauche
#738F	SCROLL_LINE_LEFT	Scroll une ligne gauche
#745D	SCROLL_RIGHT	Scroll vers droite
#7898	FIRE_NEW_SHOOT	Nouveau tir
#7ABB	GAME_LOOP	Boucle principale

Adresse	Routine	Description
#7C8D	TEST_SHOOT_COLLISION	Test collision tir
#7CB7	HELICO_EXPLOSION_SOUND	Son explosion
#7D89	GAME_START	Demarrage jeu
#7DA1	MAIN_LOOP	Boucle menu
#7DC2	WAIT_FIRE_BUTTON_PRESS	Attente bouton fire
#7E8A	TEST_AND_DRAW_HELICO	Test et affiche helico
#7F1C	DRAW_HELICO	Afficher hélicoptère
#8064	BUILD_HELICO_START_LINE_ARRAY	Calcul table VRAM
#80AB	CHEAT_TIMER_KEY	Cheat timer
#80BB	GRAVITY_KEY	Cheat gravité
#80CB	PASSE_MURAILLE_KEY	Cheat collision

# EPILOGUE

---

Airwolf restera dans l'histoire comme un jeu inachevé. Un produit de son époque, victime de la course aux licences et des délais impossibles. Les critiques de 1985 n'avaient pas tort de le juger sévèrement.

Mais l'exploration de son code révèle une autre vérité : derrière ces octets imparfaits, il y a des humains. Des programmeurs qui ont travaillé des nuits entières, inventé des solutions élégantes au détournement du Stack Pointer, puis ont dû boucler le projet dans l'urgence. La boucle infinie de la zone 8 n'est pas un bug - c'est un aveu. Un message laissé par des développeurs qui savaient que leur travail ne serait jamais terminé.

Quarante ans plus tard, grâce à Airwolf Reloaded, ce jeu maudit peut enfin être complété. Non pas pour effacer le passé, mais pour lui offrir la conclusion qu'il méritait.

Et si cette autopsie numérique a un sens, c'est celui-ci : le code ne ment jamais. Il préserve, figée dans le silicium, l'histoire de ceux qui l'ont écrit.

---

**FIN**

---

Livre basé sur l'analyse technique du code source et l'article "Airwolf Reloaded" par Alain Le Guirec. Décembre 2025

---

## Index des Figures

1. Figure 1 : Écran titre d'Airwolf - Elite Systems, 1985
2. Figure 2 : Le premier écran d'Airwolf sur Amstrad CPC

3. Figure 3 : L'émulateur WinAPE avec son debugger
  4. Figure 4 : Organisation complète des 64 Ko de mémoire d'Airwolf
  5. Figure 5 : Le concept de tilemap - une carte unique contenant tout le monde
  6. Figure 6 : La carte complète du monde d'Airwolf
  7. Figure 7 : Les 27 couleurs hardware de l'Amstrad CPC
  8. Figure 8 : La palette de 16 couleurs utilisée par Airwolf
  9. Figure 9 : Structure d'un tile - 16x16 pixels, 64 octets
  10. Figure 10 : Les 238 tiles du jeu - Murs, plateformes, ennemis, décorations
  11. Figure 11 : L'entrelacement de la VRAM - 8 blocs pour 200 lignes
  12. Figure 12 : Le système complet de l'hélicoptère
  13. Figure 13 : Les 7 frames de rotation de l'hélicoptère
  14. Figure 14 : Le système de scrolling par tiles
  15. Figure 15 : Détection de collision intégrée au dessin
  16. Figure 16 : Un bouton/interrupteur - Le bloc cyan
  17. Figure 17 : Destruction des parois - Les colonnes cyan
  18. Figure 18 : Structure de 24 octets définissant chaque ennemi
  19. Figure 19 : Le circuit sonore PSG AY-3-8912
  20. Figure 20 : Les frames d'animation de l'explosion
  21. Figure 21 : La zone 8 - L'écran maudit
  22. Figure 22 : La boucle infinie intentionnelle
  23. Figure 23 : La boucle principale GAME\_LOOP (#7ABB)
- 

## À propos de l'auteur

**Alain Le Guirec** est un passionné de rétro-computing et de préservation du patrimoine vidéoludique. C'est lors d'une période de convalescence, durant des nuits d'insomnie, qu'il s'est lancé dans le reverse-engineering complet d'Airwolf sur Amstrad CPC.

Ce qui a commencé comme une simple question - "À quoi ressemble le niveau 2 d'Airwolf ?" - s'est transformé en une enquête de plusieurs semaines, plongeant dans des milliers de lignes de code assembleur Z80. Cette exploration a révélé non seulement les secrets techniques du jeu, mais aussi l'histoire humaine derrière son développement chaotique.

De cette analyse sont nés deux projets : - **Airwolf Pico** : une réimagination du jeu sur la plateforme PICO-8 - **Airwolf Reloaded by Titan** : une version corrigée et améliorée pour Amstrad CPC

L'article original relatant cette aventure a été publié sur LinkedIn en décembre 2025.

---

## À propos de ce livre

Ce livre a été rédigé avec l'aide de **Claude**, une intelligence artificielle d'Anthropic. À partir du code source reverse-engineeré par Alain Le Guirec et de son article LinkedIn, Claude a structuré, développé et mis en forme l'analyse technique complète du jeu.

Les diagrammes et schémas ont été générés programmatiquement en Python, tandis que les captures d'écran et sprites proviennent directement du jeu original analysé sous WinAPE.

Cette collaboration homme-machine illustre comment l'IA peut amplifier et diffuser le travail de préservation du patrimoine informatique, transformant des notes techniques en documentation accessible à tous.

---

"La curiosité, aussi apparemment futile soit-elle, peut devenir essentielle."

— Alain Le Guirec