

SURVIVANTS ET ZOMBIES DANS LA NUIT : UN MODÈLE CINÉMATIQUE

Alain Van Kerckhoven

RÉSUMÉ

Nous proposons un modèle cinématique d'un système complexe et pérenne de deux populations distinctes en interaction auditive (zombies et survivants). Nous présentons ensuite quelques possibilités de moduler les interactions par des paramètres externes et avançons des pistes en vue de généraliser le modèle.

1. INTRODUCTION

Nous supposons un monde orthonormé à deux dimensions où coexistent deux populations réagissant aux seuls sons provoqués par le déplacement des individus qui les composent. L'espace est délimité par un rectangle. Nous supposons que la perception auditive de chaque individu est homogène sur 360°. Les zombies sont plus lents que les survivants qu'ils poursuivent et qui tentent de leur échapper.

Cette étude est réalisée dans le cadre du *Collectif 491.5* en vue de concevoir et développer des dispositifs interactifs à finalités artistiques.

Le modèle étant en conséquence destiné à une simulation informatique à événements discrets, nous considérons chaque individu, état, population et fonction à un temps t que nous nous dispensons de faire figurer explicitement dans chaque formulation.

2. VARIABLES ET CONSTANTES

Les populations se composent d'un nombre fini d'individus évoluant dans un espace fini et borné à deux dimensions.

Chaque individu est défini à chaque instant par les variables suivantes :

- Identifiant : entier Id

- Population d'appartenance : entier {1 = Survivant ; 0 = Zombie}
- État : entier {1 = vivant ; 2 = mort}
- Vecteur position : \vec{P}_i {X, Y}
- Vecteur vitesse : \vec{V}_i {Vx, Vy}
- Fatigue : F float 0-1
- Bruit émis : BE float 0-1

Chaque individu est en outre défini par les constantes individuelles suivantes qui sont réparties aléatoirement selon une loi de distribution normale :

- cVmax (i) : vitesse maximale ;
- cFat (i) : coefficient de fatigabilité ;
- cForce (i) : force initiale ;
- cRecup (i) : coefficient de rétablissement ;
- cNoise (i) : coefficient de bruit ;
- cAudi (i) : seuil d'audibilité (en deçà duquel il n'entend pas).

La simulation est elle définie par les constantes globales suivantes :

- Z_0 : Nombre initial de zombies ;
- S_0 : Nombre initial de survivants ;
- X_{MAX} : Coordonnée horizontale maximale ;
- Y_{MAX} : Coordonnée verticale maximale ;
- C_{good} : Seuil de contact victorieux ;
- C_{bad} : Seuil de contact funeste ;
- C_{walk} : Seuil d'errance ;
- C_{random} : Degré d'aléatoire de l'errance ;
- cgVs : Vitesse maximale moyenne des survivants ;
- cgVz : Vitesse maximale moyenne des zombies (cgVz > cgVs) ;
- cgFat : Coefficient moyen de fatigabilité ;
- cgRecup : Coefficient moyen de récupérabilité ;
- cgNoise : Niveau de bruit moyen causé par les déplacements.

3. ÉTAT INITIAL DES POPULATIONS ET CONTACT

Les populations de départ se composent d'individus dont la valeur des constantes sont réparties aléatoirement selon une loi de distribution normale. Le positionnement initial des individus est aléatoire.

Afin que la simulation puisse tourner de façon pérenne tout en présentant un intérêt visuel, le ratio des populations de départ ne peut être totalement aléatoire. Nous récupérons ici les conclusions de l'étude *How Long Can We Survive?*¹ Si, pour un temps donné, α représente le taux net de disparition de survivants et β le taux net de créations de zombies, la victoire des survivants nécessite le respect de l'inégalité suivante :

$$-\beta S_0 > \alpha Z_0 \quad (1)$$

La pérennité du système implique donc de lier le nombre d'individus de chaque population de départ au résultat des contacts entre survivants et zombies. Un tel contact peut conduire à trois résultats distincts selon la force initiale des protagonistes et de leur état de fatigue :

$$Contact = (cForce_s \cdot (1 - F_s)) - (cForce_z \cdot (1 - F_z)) \quad (2)$$

- Si $Contact > C_{good}$, le survivant arrive à « tuer » le zombie et à se sauver ;
- Si $C_{good} > Contact > C_{bad}$, le parvient à s'échapper avant d'être mordu ;
- Si $Contact < C_{bad}$, le zombie mord le survivant qui change d'état et devient un zombie.

S_0 , Z_0 , C_{good} et C_{bad} doivent donc être choisis dans le domaine de pérennité du système avec un soucis esthétique. C'est pourquoi une démarche heuristique semble préférable à une approche formelle.

4. BRUIT DES DÉPLACEMENTS

Le bruit BE émis par les survivants et les zombies durant leurs déplacements est directement proportionnel à leur vitesse instantanée et à la constante $cgNoise$ (Coefficient de bruit moyen causé par les déplacements) et à leur coefficient de bruit $cNoise$:

$$BE_i = |\vec{V}_i| \cdot cNoise_i \cdot cgNoise \quad (3)$$

¹ Woolley, T.E., R.E. Baker, E.A. Gaffney, and P.K. Maini. "How Long Can We Survive?," 2014.

5. FATIGUE DES INDIVIDUS

La fatigue des individus augmente en fonction de leur vitesse et diminue lorsqu'ils sont à l'arrêt dans le cas des survivants ou, dans celui des zombies, en errance :

$$\text{Si } |\vec{V}_i| > 0 \text{ alors } F_i = F_i + |\vec{V}_i| \cdot cFat_i \quad (4a)$$

$$\text{Si } |\vec{V}_i| = 0 \text{ alors } F_i = F_i - cRecup_i \quad (4b)$$

La fatigue d'un zombie disparaît instantanément lorsqu'il mord un survivant.

6. DÉPLACEMENTS DES INDIVIDUS

6.1. Zombies

Le niveau de bruit perçu BP par un zombie est proportionnel à l'intensité de chaque bruit émis et inversement proportionnel au carré de la distance qui l'en sépare :

$$BP(Z) = \sum_{i=0}^n \frac{BE_i}{d_i^2} \quad (5)$$

BE_i étant le bruit émis par chaque autre individu (survivant ou zombie)

d_i étant la distance de cet individu

Le zombie accélère si ce niveau de bruit dépasse son seuil d'audibilité et si sa vitesse est inférieure à sa vitesse maximale, et cette accélération est entravée par son niveau de fatigue :

$$\text{Si } (BP(Z_i) > cAudi(Z_i)) \text{ et } (|\vec{V}_i| < |\vec{Vmax}_i|) \text{ alors } |\vec{V}_i| := |\vec{V}_i| + (1 - cFat_i) \quad (6a)$$

Le zombie ralentit s'il ne détecte aucun bruit et qu'il n'est pas déjà en errance, et ce ralentissement est accru par son niveau de fatigue :

$$\text{Si } (BP(Z_i) < cAudi(Z_i)) \text{ et } (|\vec{V}_i| > C_{walk}) \text{ alors } |\vec{V}_i| := |\vec{V}_i| - cFat_i \quad (6b)$$

Le zombie s'oriente vers le *barycentre sonore apparent* résultant de l'ensemble des bruits qu'il perçoit. Afin de simplifier la formulation, définissons une variable a_i représentant la composante de bruit que le zombie perçoit de chaque source :

$$a_i = \frac{BE_i}{d_i^2} \quad (7)$$

Le barycentre sonore perçu par le zombie est le point G tel que :

$$\sum_{i=1}^n a_i \overrightarrow{GP_i} = \vec{0} \quad (8)$$

et dont on déduit les composantes suivantes :

$$x_G = \frac{\sum_{i=1}^n a_i x_{P_i}}{\sum_{i=1}^n a_i} ; y_G = \frac{\sum_{i=1}^n a_i y_{P_i}}{\sum_{i=1}^n a_i} \quad (9)$$

Le zombie s'oriente donc vers G défini en (9) avec une vitesse définie en (6a) ou (6b).

6.2. Survivants

Nous supposons ici que, comme les zombies, les survivants soient seulement guidés au bruit. Leur déplacement est donc fonction du bruit perçu mais peut être entravé par le contact funeste avec un zombie. Soucieux d'économiser leur énergie, leur vitesse de déplacement est proportionnelle au bruit perçu $BP(S)$ dont la formule a déjà été présentée :

$$BP(S) = \sum_{i=0}^n \frac{BE_i}{d_i^2} \quad (5 \text{ bis})$$

À l'instar du zombie, le survivant accélère si ce niveau de bruit dépasse son seuil d'audibilité et si sa vitesse est inférieure à sa vitesse maximale, et cette accélération est entravée par son niveau de fatigue :

$$\text{Si } (BP(S_i) > cAudi(S_i)) \text{ et } (|\vec{V}_i| < |\overline{cVmax_i}|) \text{ alors } |\vec{V}_i| := |\vec{V}_i| + (1 - cFat_i) \quad (6a \text{ bis})$$

Le survivant ralentit s'il ne détecte aucun bruit et qu'il n'est pas déjà immobile, et ce ralentissement est accru par son niveau de fatigue :

$$\text{Si } (BP(S_i) < cAudi(S_i)) \text{ et } (|\vec{V}_i| > 0) \text{ alors } |\vec{V}_i| := |\vec{V}_i| - cFat_i \quad (6b \text{ bis})$$

À l'inverse du zombie, le survivant fuira ce qui lui apparaît être la zone la plus silencieuse. La détermination de sa direction instantanée suit donc la méthode que nous avons utilisée en (7), (8) et (9) à ce changement capital que la direction choisie par le survivant sera opposée.

Au cas où une limite du territoire empêcherait le survivant de suivre la direction requise, une autre stratégie devra être adoptée et maintenue suffisamment pour l'éloigner. Nous choisissons

arbitrairement un nombre de déplacements permettant au maximum de parcourir une demi-diagonale :

$$d = \frac{\sqrt{X_{MAX}^2 + Y_{MAX}^2}}{2} \quad (10)$$

Durant d déplacements, le survivant ayant touché à une limite du territoire suivra une direction non opposée mais à 90° du barycentre sonore apparent G déterminé en (9).

7. ERRANCE

Sauf cas trivial, un zombie n'est jamais à l'arrêt. En l'absence de stimuli, une fois sa vitesse passée sous le seuil C_{walk} , il entame une errance à vitesse constante et sans perte d'énergie. L'intensité du caractère aléatoire de sa marche est fixé par la constante C_{random} qui représente la probabilité que sa direction change. (Une collision avec un autre zombie ou avec un survivant ne peut se faire durant l'errance, le bruit du déplacement de l'autre individu ayant, lors du rapprochement, provoqué un déplacement dirigé.)

Au cas où une limite du territoire empêcherait le zombie de suivre la direction requise, le déplacement sera simplement annulé.

Conformément à (3), le zombie errant émettra un bruit constant évalué par :

$$BE_i = (C_{walk} - cFat_i) \cdot cNoise_i \cdot cgNoise \quad (10)$$

8. INTERACTIVITÉ MODULÉE

L'interactivité des populations du système pourra être modulée par un ou plusieurs paramètres extérieurs (température de la pièce, bruit extérieur, luminosité, données financières ou météorologiques, tendance d'un hashtag sur Twitter...) faisant varier une ou plusieurs variables ou "constantes" (coefficient de fatigabilité, force maximale, seuil de contact victorieux ou funeste, niveau de bruit moyen lors des déplacements).

Ceci peut conduire à des variations perceptibles de la dynamique du système, voire à des comportements indicels (agressivité des zombies proportionnelle à la pression barométrique, taux de

contacts favorables aux survivants proportionnels à la tendance haussière de la Bourse, direction des zombies influencée par le déplacement des personnes dans une salle...)

9. GÉNÉRALISATIONS

9.1. Autres perceptions, communication

De nombreux autres types de perception peuvent être implémentés aux individus d'une ou des deux populations en présence, éventuellement en remplacement de l'audition. la nature de ces perceptions influenceront fortement sur la détermination des trajectoires :

- La vision nécessite de déterminer un champ de vision. La probabilité de perception sera inversement proportionnelle à la distance et à l'écart angulaire par rapport à l'axe central du champ de vision ;
- L'odorat est stimulé par un sillage qui se diffuse et s'estompe avec le temps ;
- Une communication visuelle ou sonore peut aussi être implantée dans la population des survivants, leur permettant – au risque de se faire repérer – de rester groupés.

9.2. Apprentissage et stratégies

La détermination des constantes S_0 , Z_0 , C_{good} et C_{bad} – garantissant à la fois une pérennité du système en une esthétique de sa dynamique – pourrait faire l'objet d'un apprentissage neuronal. Pareil apprentissage peut aussi être implémenté chez les survivants afin de leur permettre d'adopter des stratégies d'optimisation de leurs déplacements.

Bruxelles, le 23 avril 2016