

Mikhail Malt <sup>\*1</sup>, Benny Sluchin <sup>\*\*2</sup><sup>\*</sup> IRCAM / IReMus, France<sup>\*\*</sup> IRCAM / EIC, France<sup>1</sup> mikhail.malt@ircam.fr, <sup>2</sup> benny.sluchin@ircam.fr

## Théorie des jeux et structure formelle dans *Duel* (1959) de Xenakis

### RESUMÉ

La théorie des jeux est le contexte théorique de trois compositions d'Iannis Xenakis : *Duel* (1959), *Stratégie* (1962) et *Linaia Agon* (1972). Les deux premières œuvres opposent deux orchestres, ou plus précisément deux chefs, dans un combat musical. La structure de base ne diffère que par la taille des ensembles — *Duel* est écrite pour deux orchestres de vingt-huit musiciens chacun, tandis que *Stratégie* est écrite pour deux orchestres de quarante-six musiciens chacun —, les tactiques — soit le matériau musical — et la complexité des matrices de gain. *Linaia Agon*, pour cor, trombone et tuba, est une composition plus tardive, combinant des parties complètement déterminées et une partie dont la structure est déterminée par la théorie des jeux. Les aspects généraux de *Duel*, *Stratégie* et *Linaia Agon* ayant déjà été présentés dans d'autres études, nous nous concentrerons sur les aspects formels de *Duel* et de la structure issue par l'utilisation sous-jacente du modèle de combat régi par la théorie des jeux. Cette communication, qui prend le parti d'une musicologie computationnelle et empirique, identifie la dynamique issue du modèle à la structure musicale générée. Nous avons procédé à plusieurs simulations informatiques de *Duel* pour en étudier le comportement et les structures générées, selon les manières de « jouer ». *Duel* doit être interprétée par deux chefs d'orchestre qui, selon les instructions de Xenakis, feront des choix en temps réel. Ces choix doivent suivre des instructions précises par rapport à la « matrice du jeu » fournie par le compositeur. De notre point de vue, les choix des adversaires, dans le contexte d'une performance, auront une influence significative sur la forme musicale générée. Le but principal de notre recherche est exactement de pouvoir orienter des chefs d'orchestre sur les différentes « issues du combat » selon leurs décisions.

### 1. INTRODUCTION

Le point de départ de ce travail a été la considération des problèmes pragmatiques et des questions liées à l'exécution des œuvres ouvertes. Cependant, dans ce texte, nous nous concentrerons principalement sur la question de la forme dans *Duel* de Xenakis.

### 2. HISTORIQUE

*Duel* est une œuvre pour deux orchestres et deux chefs, et est à l'origine une commande de l'ORTF. La création mondiale s'est faite le 18 octobre 1971, par l'orchestre de la radio d'Hilversum (Pays-Bas), sous la direction de Diego Masson et Fernand Terby <sup>1</sup>. L'enregistrement de cette première étant l'unique connu à ce jour.

*Stratégie*, qui est aussi une œuvre pour deux orchestres et deux chefs, est une commande de la Biennale de Venise, et a été créé le 25 avril 1963, dirigée par Bruno Maderna et Constantin Simonovitch. Contrairement à *Duel*, *Stratégie* a eu plu-

sieurs représentations. La première française de 1965 est célèbre. En plus de *Stratégie*, le programme devait inclure *Antiphonie* de Gilbert Amy, et la *Musique pour cordes, percussion et célesta* de Bartók. En raison de l'installation particulière des orchestres, pour Xenakis et Amy, la pièce de Bartók n'a pas été jouée. Le public a eu deux versions de chaque œuvre, et des explications pour *Stratégie*. *La tribune de Lausanne* (Matossian 1981, 219) signale que le public « s'est comporté comme un public de catch et l'on sait combien ces publics-là sont tumultueux ». L'unique enregistrement commercial dont nous disposons actuellement est l'interprétation d'Ozawa et Wakasugi avec le Yomiuri Nippon Symphony Orchestra <sup>2</sup>.

Pour situer la composition de ces deux œuvres, il est important de se rappeler le contexte historique, notamment la sortie en 1962 de l'œuvre d'Umberto Eco, *Opera aperta* (Eco 1962). C'est une époque où plusieurs compositeurs trouvent un intérêt à la question de la mobilité des unités musicales à l'intérieur des œuvres, comme par exemple :

- 1955-1957, *Gruppen*, K. Stockhausen ;
- 1956-1958, *Allelujah II*, L. Berio ;
- 1957-1958, *Concert for Piano and Orchestra*, J. Cage ;
- 1960, *Répons*, H. Pousseur ;
- 1961-1968, *Domaines*, P. Boulez.

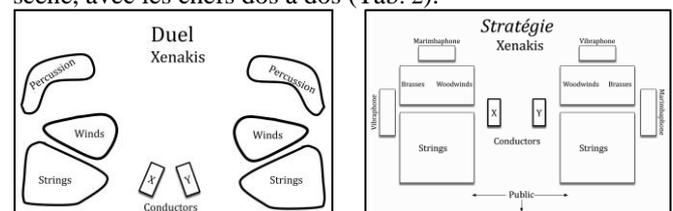
### 3. DUEL, STRATÉGIE : DESCRIPTION

Concernant *Duel* et *Stratégie*, nous pouvons remarquer que l'organisation générale des deux pièces est pratiquement identique, ne se différenciant que par l'échelle (Tab. 1).

<i>Duel</i>	<i>Stratégie</i>
Deux orchestres	Deux orchestres
Deux chefs d'orchestre	Deux chefs d'orchestre
56 musiciens	82 musiciens
Basé sur la théorie des jeux	Basé sur la théorie des jeux
6 événements sonores	6 événements sonores
6 tactiques	19 tactiques

Tab. 1 : Comparaison entre *Duel* et *Stratégie*.

Quant à la disposition scénique, les deux œuvres possèdent aussi la même disposition, les deux ensembles se partageant la scène, avec les chefs dos à dos (Tab. 2).



Tab. 2 : Comparaison entre les dispositions de *Duel* et *Stratégie*.

<sup>1</sup> <<http://brahms.ircam.fr/works/work/12797/>>, accédé le 21/07/2023.

<sup>2</sup> *Orchestral Space*, at Nissei Theatre, vol. 2. Victor SJV-15113, 1966.

#### 4. DUEL

Le matériau de *Duel* se présente sous la forme de cinq réservoirs (de I à V), trois pour les cordes (I, II et III), un pour les percussions (IV) et un pour les vents (V). Chacun de ces réservoirs correspond à une texture sonore stochastique. Xenakis nommera « Tactiques » ces textures, le sixième réservoir étant le silence (Tab. 3).

I.	Nuage de grains sonores (cordes)
II.	Tenues de cordes en parallèle avec fluctuations (cordes)
III.	Réseaux de glissandi de cordes entrecroisés (cordes)
IV.	Percussions stochastiques (percussions)
V.	Instruments à vent stochastiques (vents)
VI.	Le « silence »

Tab. 3 : les six réservoirs (tactiques).

Chaque chef a alors à sa disposition six configurations sonores, soit six tactiques, qu'il choisira pendant l'exécution de l'œuvre.

Concernant le matériau des réservoirs de *Duel*, il vient principalement de deux autres œuvres de Xenakis : *Syrmos* (1959) pour les réservoirs I à III et *Achorripsis* (1959) pour le réservoir V. Ce dernier utilise l'instrumentation d'*Achorripsis*, sans les percussions.

Comme notre objectif est la structure formelle, nous n'approfondirons pas l'aspect de « self-borrowing », déjà brillamment commenté par Benoît Gibson (Gibson 2011).

#### 5. LA THÉORIE DES JEUX

Dans *Musiques formelles*, *MF* (Xenakis 1963, 226), Xenakis donne deux références concernant la théorie des jeux : *La Stratégie dans les actions humaines* de Williams (Williams 1956), et *La théorie des jeux et programmation linéaire* de Vajda (Vajda 1959).

Il est important de remarquer que dans les années 1950 la théorie des jeux est une discipline en pleine effervescence. Quand le *Compleat Strategyst*, soit la version originale du livre de Williams (Williams 1954), la théorie des jeux n'est qu'un sujet ésotérique et mystérieux, familier seulement aux chercheurs spécialisés, en particulier dans l'armée. Cela indique que Xenakis était au courant des développements et recherches de pointe de son époque.

Dans le chapitre III de *MF* (Xenakis 1963, 140-150 ; ou chapitre IV de la version anglaise Xenakis 1971, 113-122) Xenakis décrit la méthode pour créer la matrice de *Duel*, à partir de jugements subjectifs sur des combinaisons de textures sonores, ou tactiques (Tab. 4).

Nous établissons une liste des couples x,y des événements simultanés issus des deux orchestres X et Y, avec nos appréciations subjectives :

Couple (x,y) = (y,x)	Qualification	Couple (x,y) = (y,x)	Qualification
(I, I)	passable (p)	(II,V) = (V, II)	passable* (p <sup>+</sup> )
(I, II) = (II, I)	bon (b)	(III,III)	passable (p)
(I,III) = (III, I)	bon* (b <sup>+</sup> )	(III,IV) = (IV, III)	bon* (b <sup>+</sup> )
(I,IV) = (IV, I)	passable* (p <sup>+</sup> )	(III,V) = (V, III)	bon (b)
(I, V) = (V, I)	très bon (b <sup>++</sup> )	(IV,IV)	passable (p)
(II,II)	passable (p)	(IV,V) = (V, IV)	bon (b)
(II,III) = (III, II)	passable (p)	(V,V)	passable (p)
(II,IV) = (IV, II)	bon (b)		

Tab. 4 : Jugements subjectifs (Xenakis 1963, 141).

Ces calculs l'amènent à cette matrice (Fig. 1), décrivant les points pour chaque coup.

	I	II	III	IV	V	VI
I	-1	+1	+3	-1	+1	-1
II	+1	-1	-1	-1	+1	-1
III	+3	-1	-3	+5	+1	-3
IV	-1	+3	+3	-1	-1	-1
V	+1	-1	+1	+1	-1	-1
VI	-1	-1	-3	-1	-1	+3

Fig. 1 : Matrice du jeu originale de *Duel*.

On remarquera que, contrairement à *MF* (Fig. 1) dans la partition de *Duel* (Fig. 2) les tactiques I, II et III sont remplacées par A, B et C, qui sont des combinaisons sonores. A sera : la tactique I ou II ou III. B sera une des combinaisons suivantes : A + IV, ou A + V, ou IV + V. C sera la combinaison A + IV + V (toutes les combinaisons à trois), en se rappelant que A est multiple. Cela vraisemblablement dans le but d'apporter plus de variété au jeu.

		Y					
=>		A	B	C	IV	V	VI
X	A	-1	1	3	-1	1	-1
	B	1	-1	-1	-1	1	-1
	C	3	-1	-3	5	1	-3
	IV	-1	3	3	-1	-1	-1
	V	1	-1	1	1	-1	-1
	VI	-1	-1	-3	-1	-1	3

Fig. 2 : Matrice du jeu dans la partition de *Duel*.

#### 6. DUEL : PROBLÈMES PRATIQUES D'EXÉCUTION

La performance de *Duel* n'est pas sans difficultés et nécessite une préparation complexe des deux chefs. Quelques décisions préliminaires sont nécessaires avant le jeu :

1. L'attribution de lignes et de colonnes (par pile ou face entre les deux chefs) ;
2. La détermination de la durée (en choisissant une durée en minutes, ou le nombre de coups ou le nombre maximum de points à obtenir) ;
3. La décision de qui va commencer.

D'autres éléments sont à la discrétion des chefs :

1. Les endroits dans la partition pour commencer les tactiques ;
2. La durée de chaque coup.

Concernant la manière de jouer, Xenakis est précis en signalant qu'il y a deux manières de jouer :

- La *manière dégénérée*, c'est à dire sans prendre en compte la matrice, jouant de manière musicale ou intuitive :

Un jeu dégénéré est celui dans lequel les parties jouent arbitrairement en suivant des parcours plus ou moins « improvisés », mais sans conditionnement conflictuel, donc sans valeur compositionnelle. C'est un faux jeu. (Xenakis 1963, 140.)

- Et la *vraie manière*, en utilisant la matrice et ses valeurs, bien comme en se servant des probabilités marginales utilisées pour la construction de la matrice, comme le dit Xenakis :

La seule (façon) valable, la seule qui apporte quelque chose de nouveau, dans le cas de plusieurs orchestres, est celle qui est

sanctionnée par des gains et des pertes, par des victoires et des défaites. (Xenakis 1959, 4.)

Et selon Xenakis, celui qui a gagné est celui qui a le mieux suivi les règles du jeu :

Le gagnant a gagné parce qu'il a simplement mieux suivi les règles du jeu imposées par le compositeur qui, par conséquent, revendique la responsabilité du « beau » ou du « laid » de sa musique. (Xenakis 1959, 5.)

Comme Xenakis voulait un jeu équitable, il a calculé des probabilités pour les différentes tactiques (des lignes et des colonnes). Xenakis fonde ses calculs sur le théorème du minimax de von Neumann (Von Neumann et Morgenstern 1944), qui est un cas particulier du théorème de l'équilibre de Nash, s'assurant de l'existence d'une solution stable (Fig. 3). Avec une valeur du jeu égale à -0.07, ce qui signifie que ce jeu est presque équilibré (Xenakis 1963, 144-148).

		Chef Y						
		I	II	III	IV	V	VI	
Chef X	I	-1	+1	+3	-1	+1	-1	14/56
	II	+1	-1	-1	-1	+1	-1	6/56
	III	+3	-1	-3	+5	+1	-3	6/56
	IV	-1	+3	+3	-1	-1	-1	6/56
	V	+1	-1	+1	+1	-1	-1	8/56
	VI	-1	-1	-3	-1	-1	+3	16/56
		19	7	6	1	7	16	
		56	56	56	56	56	56	

Fig. 3 : Matrice du jeu avec les probabilités marginales.

### 7. LA SIMULATION INFORMATIQUE DU JEU

Pour pouvoir étudier la dynamique (l'évolution de la structure) de *Duel*, nous avons procédé à des simulations informatiques en utilisant trois approches pour le choix des tactiques. Nous avons aussi représenté le résultat sous forme de courbes et de diagramme formel, pour nous aider à repérer la structure émergente. Cette simulation nous calculait aussi la valeur du jeu.

La Fig. 4 nous présente un exemple du *tapis*, notre diagramme des séquences jouées, et la Fig. 5 les courbes représentant l'évolution des textures, les coups de chaque joueur et l'évolution de la valeur du jeu.

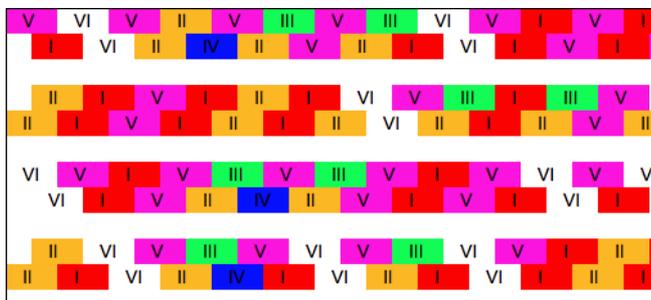


Fig. 4 : Le *tapis*, diagramme des tirages successifs.

Nous pouvons représenter ou considérer l'évolution du jeu comme une séquence de mélanges de deux tactiques, que nous nommerons des textures. Chaque combinaison de deux tactiques correspond à une texture.

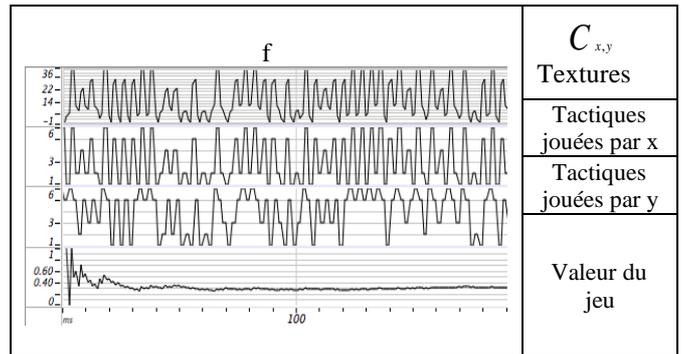


Fig. 5 : Courbes d'évolution du jeu.

Dans le cas particulier de *Duel*, nous pouvons générer 36 textures issues des 36 combinaisons des 6 tactiques (A, B, C, IV, V et VI). Par exemple, dans la

Fig. 6, la première combinaison correspond à la tactique VI jouée par X et par la tactique V jouée par Y, soit au couple  $C_{VI,V}$ , ce qui correspond à la texture 35 (Fig. 7). La deuxième combinaison, correspond à la tactique B jouée par X et par la tactique V jouée par Y, qui correspondent à la texture 11. La troisième combinaison correspond à la texture 8, et ainsi de suite. Chaque texture n'est pas un élément unique, mais une catégorie, une classe d'équivalence, telle que la texture  $i$ ,  $T_i$ , est la texture générée par une paire de coups  $x$  et  $y$ ,  $C_{x,y}$ .

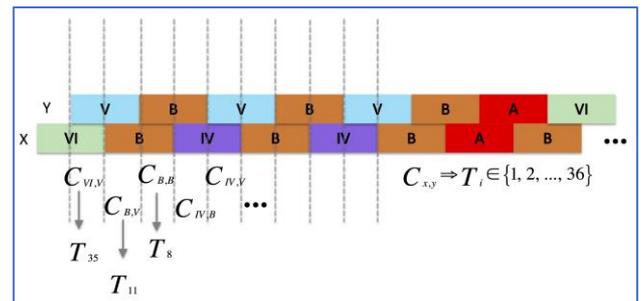


Fig. 6 : Évolution du jeu.

=>	A	B	C	IV	V	VI
A	1	2	3	4	5	6
B	7	8	9	10	11	12
C	13	14	15	16	17	18
IV	19	20	21	22	23	24
V	25	26	27	28	29	30
VI	31	32	33	34	35	36

Fig. 7 : Matrice des textures.

Par ailleurs, si nous considérons que les deux orchestres sont symétriques et qu'une texture résultante d'un coup  $(i, j)$  est identique à la texture résultante d'un coup  $(j, i)$  ( $C_{i,j} \equiv C_{j,i}$ ), notre matrice de texture devient symétrique et ne comporte que 21 textures,  $C_{x,y} \in \{1, 2, \dots, 21\}$  (Fig. 8). Cette considération est déjà prise en compte par Xenakis dans sa construction du tableau des « jugements subjectifs » (Tab. 4) où il est clairement indiqué que les couples  $(x, y)$  sont équivalents aux couples  $(y, x)$ .

=>	A	B	C	IV	V	VI
A	1	2	3	4	5	6
B	2	7	8	9	10	11
C	3	8	12	13	14	15
IV	4	9	13	16	17	18
V	5	10	14	17	19	20
VI	6	11	15	18	20	21

Fig. 8 : Matrice des textures simplifiée.

Voyons quelques résultats des simulations <sup>3</sup>.

### 7.1 Simulation utilisant des *choix aléatoires pondérés (cap)*

Dans cette simulation nous utilisons les probabilités marginales calculées par Xenakis (Fig. 3).

Dans ce cas, le jeu passe par les 21 cellules, donc à travers toutes les combinaisons de sons proposées. La morphologie des trajets dépend du rapport entre les probabilités des lignes et des colonnes, ne présentant pas des motifs particuliers (Fig. 9). Cependant, on remarque une distribution singulière dans l'histogramme des textures (Fig. 10). Quelques textures semblent être favorisées, comme la texture 6. Ce qui est attendu, vu que les probabilités des lignes et colonnes qui correspondent le (ligne A et colonne VI) pour les deux joueurs sont prépondérantes.

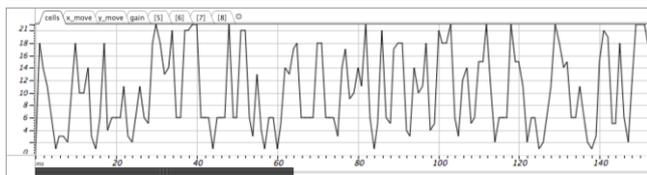


Fig. 9 : Évolution des textures (cap).

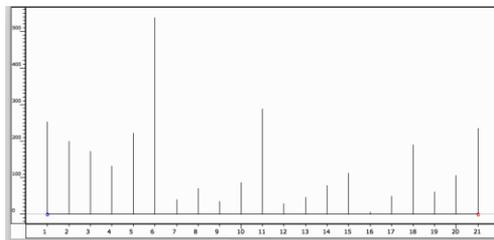


Fig. 10 : Histogramme des textures (cap).

### 7.2 Choix minimisant le gain de l'adversaire (minimax)

Dans cette simulation, chaque coup est censé minimiser le gain de l'adversaire. Nous l'avons nommé *minimax*. Dans ce cas, le jeu ne passe pas par les 21 cellules, laissant des combinaisons *tacet* (Fig. 11). La morphologie des trajets présente des cycles et des formes presque répétitives (Fig. 12).

=>	A	B	C	IV	V	VI
A	-1	1	3	-1	1	-1
B	1	-1	-1	-1	1	-1
C	3	-1	-3	5	1	-3
IV	-1	3	3	-1	-1	-1
V	1	-1	1	1	-1	-1
VI	-1	-1	-3	-1	-1	3

Fig. 11 : Recouvrement des textures (minimax).

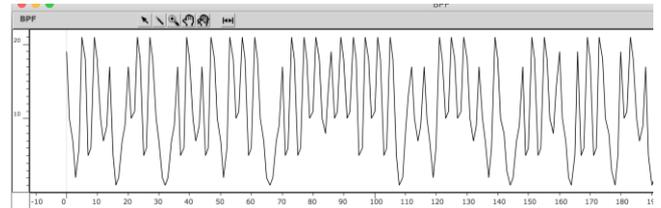


Fig. 12 : Évolution des textures (minimax).

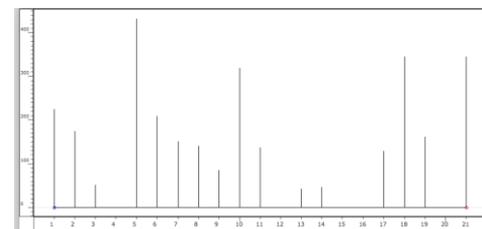


Fig. 13 : Histogramme des textures (minimax).

En observant la courbe de l'évolution des textures on peut facilement identifier des cycles (Fig. 14).

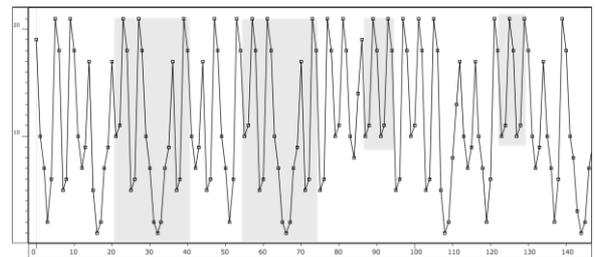


Fig. 14 : Cycles dans la courbe d'évolution des textures (minimax).

### 7.3 Choix avec une stratégie de gain maximal (gainmax)

Dans cette simulation, chaque coup est censé maximiser ses propres gains. Dans ce cas le jeu ne passe pas par les 21 cellules, laissant encore des combinaisons *tacet* (Fig. 15). La morphologie des trajets présente aussi des cycles et des formes presque répétitives (Fig. 16).

<sup>3</sup> Les simulations ont été effectuées avec des échantillons de 3000 coups.

=>	A	B	C	IV	V	VI
A	-1	1	3	-1	1	-1
B	1	-1	-1	-1	1	-1
C	3	-1	-3	5	1	-3
IV	-1	3	3	-1	-1	-1
V	1	-1	1	1	-1	-1
VI	-1	-1	-3	-1	-1	3

Fig. 15 : Recouvrement des textures (gainmax).

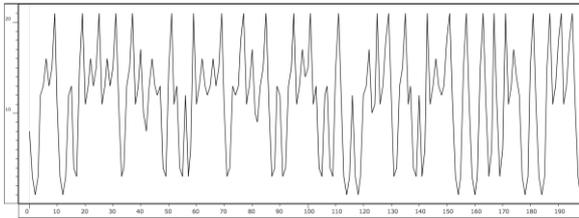


Fig. 16 : Évolution des textures (gainmax).

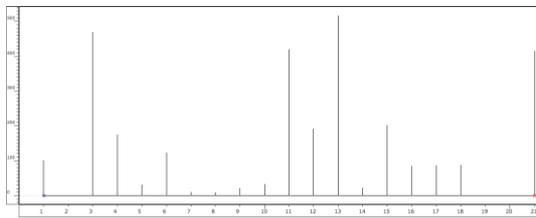


Fig. 17 : Histogramme des textures (gainmax).

En observant la courbe de l'évolution des textures on peut à nouveau identifier des cycles.

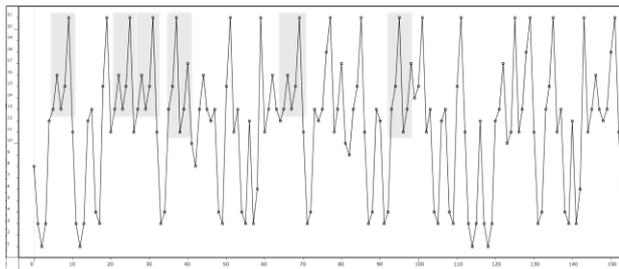


Fig. 18 : Cycles dans la courbe d'évolution des textures (gainmax).

### 8. QUELQUES OBSERVATIONS

Dans tous les cas, nous pouvons percevoir que la combinaison des tactiques VI + VI, soit la texture 21, est un silence, et qu'elle articule la séquence, en créant des blocs de motifs plus ou moins répétitifs. Les Fig. 19, Fig. 20, Fig. 21 et Fig. 22, présentent un extrait d'une simulation avec  $x$  et  $y$  utilisant le même type de choix, gainmax.

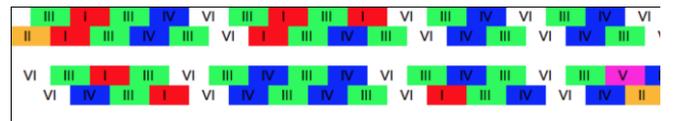


Fig. 19 : Diagramme des tirages successifs.

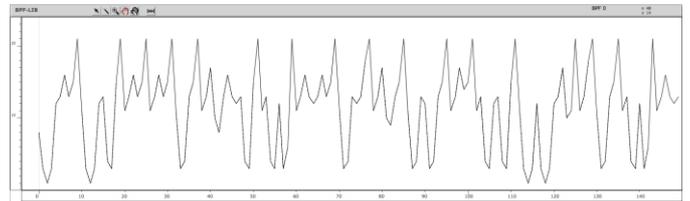


Fig. 20 : Courbe d'évolution des textures.

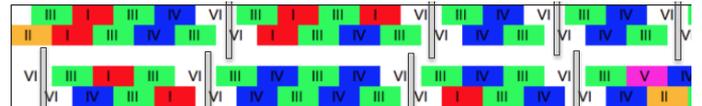


Fig. 21 : Diagramme des tirages successifs, articulé par les silences.

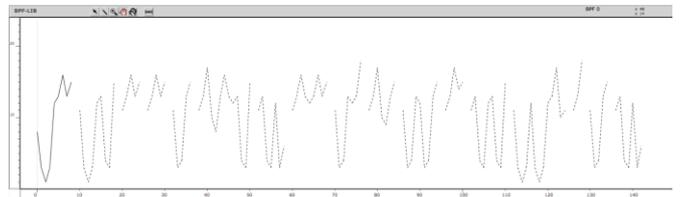


Fig. 22 : Courbe d'évolution des textures, articulée par les silences.

Nous pouvons remarquer (Fig. 22) que les silences ponctuent la séquence créant des groupements de textures.

Un autre exemple (Figures 23 et 24) avec  $x$  et  $y$  utilisant les choix minmax.

### 9. CONCLUSION

Ce travail est une première approche du problème, une simplification pour l'étude. Comme nous l'avons mentionné, chaque texture n'est pas un élément unique, mais une catégorie, une classe d'équivalence. Par exemple, la texture  $T_1$ , qui est la combinaison de deux tactiques A correspondra à 9 sous-textures. En plus, nous savons que pour jouer chaque tactique, le chef peut demander à commencer à n'importe quelle section. Chaque tactique (partition) comporte 23 sections, c'est-à-dire que chacune de ces 9 sous-textures peut être déclinée en  $23 \times 23$ , soit 529 possibilités. En plus, dans la pratique, les chefs peuvent jouer sur l'expression et la durée de chaque coup et sur les tempi.

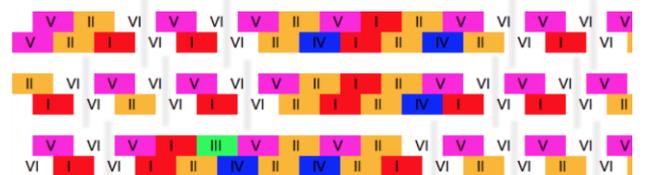


Fig. 23 : Diagramme des tirages successifs, articulé par les silences.

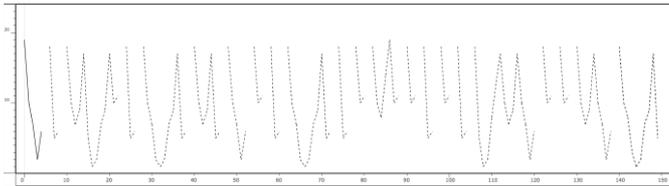


Fig. 24 : Courbe d'évolution des textures, articulée par les silences.

Au premier abord, les choix des chefs impliquent des problèmes d'ordre structurel ou formel. L'approche aléatoire conduit à une structure aléatoire, l'approche aléatoire pondérée ne produit pas de structures notables, mais des polarisations de textures. Et les approches *minimax* ou *gainmax* conduisent à un jeu générateur de cycles et de motifs plus ou moins répétitifs.

Si les chefs désirent une forme présentant des redondances, ils choisiront le fait de maintenir le plus possible la même méthode. Cependant, s'ils choisissent d'avoir une forme plus variée, changer de méthode permet de s'approcher de ce but. Varier les approches permettrait de suivre les instructions du compositeur en mélangeant la répétition et la nouveauté.

Un dernier point, considérant les choix des tactiques. Les chefs devraient faire attention à l'hésitation qui pourrait introduire des *pauses* dans l'articulation du discours, le silence ayant une fonction structurelle.

Il est important de faire une différence entre l'étude de la dynamique du système proposé par Xenakis et de l'actualisation de ce système dans le cadre d'une présentation musicale.

Pour *Duel*, Xenakis demande une durée minimale de 10 secondes pour chaque coup, un temps minimum qui peut être augmenté ou raccourci par une entente préalable entre les chefs. Pour 10 minutes (soit 600 secondes) avec un temps minimal de 10 secondes par coup, et un temps moyen de 15 secondes, nous aurons une moyenne de 80 coups par exécution. L'échelle d'étude des deux situations est très différente de la réalité. La forme dans la pratique variera sans doute de la forme théorique, notamment à cause des problèmes de réalisation.

*Duel* et *Stratégie* présentent beaucoup de problèmes d'exécution. Parmi ceux-ci nous pouvons citer : le choix des tactiques en temps réel en fonction de la méthode choisie, la communication entre les chefs et les interprètes, et la navigation dans les partitions. Le problème d'une interface pour l'exécution a déjà été traité à une autre occasion (Sluchin et Malt 2011).

Pour la suite de cette étude, nous nous proposons d'approfondir l'étude de la dynamique des textures (forme), concevoir des expériences avec des musiciens, consulter des chefs pour améliorer l'interface, compléter l'interface pour *Stratégie* et finalement faire une expérience en grandeur nature.

## MOTS CLEFS

Musicologie empirique, musicologie computationnelle, théorie des jeux, forme, structure, modélisation musicale, Xenakis.

## RÉFÉRENCES

Eco (Umberto), 1962, *Opera aperta : Forma e indeterminazione nelle poetiche contemporanee*, vol. 3. Milan, Tascabili Bompiani.

- GIBSON (Benoît), *The Instrumental Music of Iannis Xenakis : Theory, Practice, Self-borrowing*. Hillsdale (NY), Pendragon Press, 2011.
- MATOSSIAN (Nouritza), 1981, *Iannis Xenakis*. Paris, Fayard/Sacem.
- SLUCHIN (Benny), 2005, « Linaia Agon, Towards an Interpretation Based on the Theory », Actes du *International Symposium Iannis Xenakis*. Athens (Greece), p. 299-311. (<<https://cicm.univ-paris8.fr/ColloqueXenakis/index.html>>, accédé le 21/07/2023.)
- SLUCHIN (Benny) et MALT (Mikhail), 2010, « Interpretation and Computer Assistance in John Cage's Concert for Piano and Orchestra (1957-58) », dans Gómez (E.), Herrera (P.) et Ramírez (R.), dir., *Proceedings of the Sound and Music Computing Conferences – SMC 2010*. Barcelone, 21-24, <<http://smc.afim-asso.org/smc10/programme.htm>>, accédé le 21/07/2023.
- , 2011a, « Open Form and Two Combinatorial Musical Models : The cases of Domains and Duel », Actes de la *Third International Conference on Mathematics and Computation in Music – MCM'11*. Paris, p. 255-269. (<<https://dl.acm.org/doi/10.5555/2026243.2026264>>, accédé le 21/07/2023.)
- , 2011b, « L'interprétation assistée par ordinateur », *Le journal de l'Association des Anciens de Sciences et Musicologie*, hors-série n° 1 (avril), p. 17-21.
- , 2011c, « Play and Game in *Duel* and *Stratégie* », Actes du *Xenakis International Symposium*. Londres. (<[https://www.researchgate.net/publication/233389186\\_Play\\_and\\_game\\_in\\_Duel\\_and\\_Strategie](https://www.researchgate.net/publication/233389186_Play_and_game_in_Duel_and_Strategie)>, accédé le 21/07/2023.)
- VAJDA (Steven), 1959, *Théorie des jeux et programmation linéaire*. Paris, Dunod.
- VON NEUMANN (John) et MORGENSTERN (Oskar), 1944, *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton (NJ), Princeton University Press.
- WEBB (James N.), 2007, *Game Theory, Decisions, Interaction and Evolution*. Heidelberg, Springer.
- WILLIAMS (John Davis), 1954, *The Compleat Strategyst : Being a primer on the theory of games of strategy*. New York (NY), McGraw-Hill.
- WILLIAMS (John Davis), 1956, *La stratégie dans les actions humaines*. Paris, Dunod.
- XENAKIS (Iannis), 1959, *Duel*. Paris, Salabert.
- , 1963, « Musiques Formelles », *La revue musicale*, 253-254 (double numéro spécial).
- , 1971, *Formalized Music*. Bloomington (IN), Indiana University Press.