



HAL
open science

Stabilité structurelle et morphogenèse musicales : La théorie des catastrophes et la recherche mathémusicale (chapitre 13)

Moreno Andreatta

► **To cite this version:**

Moreno Andreatta. Stabilité structurelle et morphogenèse musicales : La théorie des catastrophes et la recherche mathémusicale (chapitre 13). René Thom. Portrait mathématique et philosophique, CNRS Editions, 2018. hal-02021953

HAL Id: hal-02021953

<https://hal.science/hal-02021953>

Submitted on 10 Dec 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**Stabilité structurelle et morphogénèse musicales :
la théorie des catastrophes et la recherche
mathémusicale**

Moreno Andreatta^{1 2}

À la mémoire de Jean-Claude Risset (1938-2016),
acteur infatigable du dialogue entre art et science.

Introduction

Dans le paysage très diversifié de la recherche « mathémusicale » contemporaine³, la théorie des catastrophes de René Thom occupe une place, aurait-on envie de dire, assez singulière. En effet, si l'utilisation des modèles mathématiques issus du calcul algébrique et combinatoire, de la géométrie discrète, de la théorie des graphes et des catégories s'est progressivement imposée dans la communauté des chercheurs travaillant sur les rapports entre musique et mathématique, la voie ouverte dans les années soixante-dix par Thom n'a trouvé, jusqu'à présent, que de rares applications dans le domaine de la musique et de la musicologie.

Comment expliquer ce caractère problématique du rapport entre la théorie des catastrophes et la musique ? Une des raisons tient sans doute à l'importance que la démarche axiomatique a joué dans la constitution

1. IRCAM-CNRS-UPMC, 1 place I. Stravinsky, 75004 Paris et Institut de recherche mathématique avancée, CNRS et Université de Strasbourg, 7 rue René Descartes - 67084 Strasbourg Cedex, France, moreno.andreatta@ircam.fr.

2. Je remercie Athanase Papadopoulos pour m'avoir proposé de rédiger cet article en me permettant ainsi de prendre conscience de l'importance des idées de René Thom pour la musique. Je tiens à remercier Jean Petitot pour sa relecture critique d'une version préliminaire de cet article, ainsi que ses conseils et ses suggestions pour en améliorer le contenu. Un remerciement également à Fani Kosona, Leontios Hadjileontiadis et Sever Tipei pour la mise à disposition du manuscrit inédit *Morphogenetic Music* d'A. Stroe, C. Georgescu et M. Georgescu ainsi que pour leurs suggestions autour de l'application de la théorie des catastrophes en musique.

3. Voir [2] et [4] pour une double introduction théorique à l'utilisation des modèles mathématiques en musicologie à destination, respectivement, des mathématiciens et des musicologues.

même d'une théorie musicale en tant que discipline scientifique, à la fois dans la tradition analytique américaine – de la *set theory* d'Allen Forte [13] aux théories transformationnelles de David Lewin [19] – mais aussi dans une tradition « continentale », en particulier autour des travaux de celle que nous avons proposé de qualifier comme l'« école formelle française » en théorie, analyse et composition musicales [6].

La position critique de Thom face aux mathématiques modernes, qualifiées d'erreur des points de vue à la fois pédagogique et philosophique [34], peut du moins partiellement expliquer les difficultés à concilier la théorie des catastrophes et les démarches théoriques en musique, en particulier celles qui – à partir d'une analyse de l'importance des axiomes dans la pensée musicale – ont permis l'établissement de véritables « passerelles conceptuelles » entre les mathématiques modernes et la formalisation des structures musicales⁴. En réalité, comme on peut aisément le montrer, les liens profonds que les approches ensemblistes en musique ont tissé avec la philosophie d'orientation analytique ne sont que l'une des possibles lectures philosophiques de la tradition américaine, la théorie transformationnelle ayant une composante phénoménologique qui la rapproche davantage de celle que Jean Petitot a qualifié comme la « seconde voie » de la théorie des catastrophes et dont les deux pôles concernent la constitution de l'objectivité morphologique-structurale et le programme philosophique d'orientation critico-phénoménologique⁵.

4. Cette orientation hautement formelle, voire formaliste, de la recherche théorique en musique, qui a commencé dans les années soixante, a eu des implications non seulement en pédagogie mais aussi en philosophie, comme j'ai pu le montrer en analysant les liens profonds avec la tradition analytique issue du Cercle de Vienne. Voir en particulier [3] pour les implications philosophiques d'une démarche axiomatique en musique au sein, plus spécifiquement, de la tradition américaine. La conclusion de Thom quant à la nécessité, en mathématique, de dépasser un cadre purement ensembliste, s'applique également à la musique car en musique, comme dans les mathématiques, « la qualité subsiste et résiste à toute réduction ensembliste » et « nul ne peut raisonnablement échapper à l'impression que les structures mathématiques importantes (structures algébriques, structures topologiques) apparaissent comme des données fondamentales imposées par le monde extérieur, et que leur irrationnelle diversité trouve sa seule justification dans la réalité » ([34], p. 14). Le lecteur intéressé par l'approfondissement de l'importance des structures topologiques et algébriques dans la recherche « mathémusicale » contemporaine pourra se référer à notre article de synthèse [7] sur le projet de recherche SMIR (Structural Music Information Research : introducing algebra, topology and category theory into computational musicology).

5. Voir [25] pour les premiers éléments d'une réflexion plus large sur les implications philosophiques de la recherche « mathémusicale » contemporaine, à la lumière des rapports entre démarche structurale et approches phénoménologiques,

Pourtant, depuis la publication de l'ouvrage *Modèles mathématiques de la morphogénèse* [36], plusieurs compositeurs ont souligné les liens tout à fait naturels entre la démarche de René Thom et l'activité compositionnelle. Comme Jean-Claude Risset le signalait déjà au milieu des années 70, « la théorie des catastrophes paraît mieux que toute autre apte à rendre compte de phénomènes d'évolution, de conflit, de flux : elle fait espérer des modèles peut-être schématiques et qualitatifs, mais pouvant se réduire à l'essentiel, ce qui leur donnerait une véritable "portée ontologique". Ce champ fertile, qui paraît assez à part dans les mathématiques actuelles, promet des éclairages nouveaux sur l'évolution des syntaxes et des formes musicales⁶ ».

Le caractère programmatique des propos tenus par Jean-Claude Risset fait écho, de façon remarquable, aux préoccupations de ceux qui, comme Petitot, ont essayé de partir précisément de la composante « schématique » et « qualitative » de l'entreprise de Thom pour tirer toutes les implications sémiotiques et philosophiques de la théorie des catastrophes. Comme Petitot l'affirme avec force dans la riche présentation de l'un des premiers ouvrages collectifs consacrés à « la signification rationnelle et la portée ontologique de la théorie des catastrophes », parallèlement à la première voie, ancrée essentiellement dans un pôle mathématique (théorie des bifurcations des systèmes dynamiques) et dans un pôle physique (s'appuyant sur la géométrisation des phénomènes critiques en général), la théorie des catastrophes admet une seconde voie, dont la composante herméneutique permet de partir « des caractères phénoménologiques les plus saillants et les plus qualitatifs de l'apparaître morphologique [pour chercher] à "remonter" à des *contraintes* sur la dynamique interne *implicite* susceptible de l'engendrer. » ([22], p. 46)

Bien qu'absentes de la liste des disciplines concernées par la seconde voie, les deux grosses orientations de celle-ci étant partagées entre l'entreprise de Christopher Zeeman (touchant à la psychologie, psychopathologie, éthologie et sociologie) et la démarche de Thom (qui, à partir de la biologie, s'étend à la linguistique et à la sémiotique), la musique nous semble avoir une place tout à fait naturelle au sein de ce dispositif conceptuel. Pour cela, nous allons analyser brièvement deux applications de la théorie des catastrophes proposées par deux compositeurs ayant clairement montré la pertinence de la démarche

dont Petitot a clairement exposé, dans plusieurs de ses écrits, les racines communes avec la théorie des catastrophes de René Thom ([22], [24]).

6. L'extrait est tiré du célèbre article « Musique, calcul secret ? » [28], repris sous le titre « Limites des mathématiques en musique » dans le premier volume des écrits du compositeur [29].

ouverte par René Thom dans le domaine musical⁷ : Hugues Dufourt et Aurel Stroe. Nous concluons ensuite en indiquant quelques pistes pour une réactivation d'un axe épistémologique issu d'une interprétation critico-phénoménologique de la théorie des catastrophes dans la recherche « mathémusicale » contemporaine.

Paraboles et catastrophes musicales chez Hugues Dufourt

La théorie des catastrophes de René Thom a joué un rôle important dans la réflexion du compositeur Hugues Dufourt sur les bases théoriques et philosophiques de la musique spectrale [11]. En effet, si la musique spectrale a constitué une « révolution épistémologique », pour reprendre le sous-titre d'un ouvrage récent du compositeur [12], cela a été rendu possible grâce au regard nouveau que celle-ci a porté sur le son, désormais conçu comme « une forme quasi statique animée de vibrations infinitésimales », les micro-variations des conditions initiales pouvant « induire des changements de phase et un régime transitionnel » ([12], p. 416). L'appellation « musique spectrale », dont on doit à Hugues Dufourt l'introduction en tant que courant de la musique du XX^e siècle, indique le changement de perspective par rapport à une tradition musicale ayant privilégié la composante « grammaticale » et notationnelle de la musique, par rapport à la dimension physique à la base du phénomène vibratoire.

À partir des définitions de « forme » ainsi que de « résonance », données par Thom dans son ouvrage *Stabilité structurelle et morphogénèse*, à savoir le fait que « le propre de toute forme est de s'exprimer par une discontinuité des propriétés du milieu » ([35], p. 25) ou encore que « le phénomène de résonance explique [...] pourquoi les changements de phase dans un milieu s'accompagnent de discontinuités des propriétés de ce milieu » (p. 150-151), Hugues Dufourt postule la nécessité de s'appuyer sur la théorie des catastrophes pour une définition rigoureuse de la « musique spectrale ». Elle devient ainsi « l'art qui consiste à composer des fréquences, des amplitudes et des phases

7. D'autres compositeurs, tels Iannis Xenakis, Costin Miereanu, François Bayle ou Pascal Dusapin, ont proposé des démarches théoriques ayant de nombreux points de contact avec les idées de Thom. En particulier, la « morphologie sonore » chez Xenakis est étroitement liée au paradigme de la théorie des catastrophes, comme l'avait bien remarqué Michel Serres dans la séance des questions posées au compositeur lors de son doctorat d'État [40]. Ce point est développé par Mihai Iliescu qui parle de « morphodynamique sonore » à propos des procédés compositionnels à l'œuvre dans des pièces telles que *Pithoprakta* (1955-1956), pour 49 musiciens, véritable anticipation orchestrale des principes à la base de la théorie des catastrophes chez Thom [15].

avec les seules opérations primordiales de l'addition et de la dérivation » et où « l'ordre, le temps musical, les rapports du timbre et de l'harmonie naissent de la distension fonctionnelle et de la rupture de la symétrie des conditions initiales » ([12], p. 417). Cela explique l'importance donnée par les compositeurs de l'école spectrale aux phénomènes acoustiques évolutifs, qu'on appelle « transitoires » et, plus généralement, au timbre en tant que phénomène complexe et irréductible aux paramètres traditionnels de la théorie musicale, tels que la hauteur, la durée et l'intensité.

La pièce qui témoigne de l'intérêt du compositeur pour la théorie des catastrophes, non seulement d'un point de vue épistémologique, mais en tant que « théorie générale des modèles » au service de l'acte compositionnel, est sans doute *Saturne* (1978-1979). Comme l'a bien montré Pierre-Albert Castanet dans son étude analytique consacrée aux rapports entre théorie des catastrophes et traitement du temps chez François Bayle et Hugues Dufourt, à partir du travail de Thom sur la notion de « forme », les deux compositeurs « ont transmuté la spéculation scientifique en un geste artistique donnant lieu à une poétique du temps [...] dans l'ordre d'un nouveau système de gestion des formes musicales et des forces sonores, référentielles, attractives ou déformantes. » ([10], p. 102)

Dans le cas de la pièce *Saturne*, on assiste – pour reprendre les mots utilisés par le compositeur dans son texte de présentation de l'œuvre – à une véritable « nouvelle organologie » où l'écriture musicale doit tenir compte de « l'allure essentiellement évolutive du nouveau matériau » ([9], p. 87). Il s'agit d'une discipline d'écriture qui demande un changement de mentalité, car, comme l'affirme toujours le compositeur, « au lieu d'avoir prise sur des configurations stables, il faut s'aventurer dans les franges obscures du son » ([9], p. 87). Ces caractéristiques sonores, qui rapprochent l'acte compositionnel de l'un des postulats de base de la théorie des catastrophes, à savoir celui de la stabilité structurelle, sont également présents *in nuce* dans des œuvres antérieures à la conception de *Saturne*, en particulier *Brisants* (1968) pour piano et 16 instruments, *Erewhon* (1972-1976) pour six percussionnistes⁸ et *Antiphysis* (1978)

8. Pour une analyse détaillée d'*Erewhon*, nous renvoyons le lecteur au travail de thèse de Florent Jedrzejewski, *Le son dans le son : Les percussions dans la musique spectrale* [16]. Comme le souligne Jedrzejewski, « les processus mathématiques qu'emploie le compositeur pour créer les objets, mais surtout leurs évolutions et leurs interactions, sont inspirées de découvertes extrêmement récentes à l'époque de la pièce. La topologie différentielle de René Thom et l'automate cellulaire de John Conway contribuent aux créations cellulaires, aux évolutions génétiques, ainsi qu'aux courbes transformationnelles qui opèrent dans *Erewhon* » ([16], p. 204).

pour flûte et orchestre de chambre, ainsi qu'une pièce postérieure, *Surgir* (1980-1984) pour grand orchestre⁹. Toutes ces pièces, ainsi que d'autres compositions de l'école spectrale, pourraient être considérées comme des exemples prototypiques de celles que le compositeur Aurel Stroe propose de qualifier comme des « musiques morphogénétiques », le terme ayant été choisi en référence explicite à la théorie des catastrophes de Thom.

Théorie des catastrophes et musique morphogénétique chez Aurel Stroe

Le point de départ de la réflexion théorique du compositeur roumain Aurel Stroe réside dans le constat qu'il existe des musiques basées sur des processus dans lesquels « les transformations qualitatives des structures jouent, à côté de (et parfois, en opposition avec) leur stabilité, un rôle essentiel » ([30], p. 44). Contrairement à ce que les compositeurs de l'école spectrale ont affirmé, la notion de « musique morphogénétique », à laquelle peuvent effectivement, comme nous l'avons vu précédemment, être reconduites plusieurs expériences esthétiques de Hugues Dufourt, Tristan Murail, Michaël Levinas ou Gérard Grisey, ne s'applique pas exclusivement à la musique contemporaine. Le terme « morphogénétique » s'applique, en réalité, à toute composition qui « implique, par son caractère ontologique et gnoséologique propre, le problème abstrait de la naissance, de l'évolution et de la mort des structures (musicales) en général » ([30], p. 45). Parmi les pièces qui relèvent de la catégorie de « musique morphogénétique », Stroe cite, par exemple, les *Madrigaux* de Carlo Gesualdo da Venosa (dont le processus compositionnel est analysé à l'aide de la notion de bifurcation¹⁰), la

Dans cette véritable « Symphonie pour percussions en quatre mouvements », il y a en effet une subordination totale du temps métrique au phénomène de la résonance et, en particulier, à la durée interne de ses phases. En reprenant le descriptif donné par le compositeur dans sa note de présentation de l'œuvre, « la résonance d'un instrument métallique produit une forme dont le modèle s'anime d'un mouvement interne d'expansion. Elle donne à l'espace sonore une loi de croissance, de courbure, elle lui imprime une nature évolutive » ([10], p. 117). D'où la conclusion d'une « géométrie expressive » qui serait dessinée par les propriétés physiques de la résonance.

9. Comme le compositeur l'indique à propos de *Surgir*, « écrire pour l'orchestre, c'est faire prévaloir le point de vue de la dynamique, de la totalité et de la synthèse. [...] J'ai veillé à réduire les facteurs d'inertie en jouant sur les constantes interactions du dispositif instrumental. J'ai recherché une grammaire adaptée à ce matériau explosif, instable et évolutif ». Cité par Pierre-Albert Castanet dans *Hugues Dufourt. 25 ans de musique contemporaine* ([9], p. 101).

10. Voir, en particulier, [32].

Sonate pour piano en do majeur K. W. 309 de Mozart (dont le processus musical de stabilisation structurale est décrit à l'aide d'une « boîte morphologique¹¹ »), les derniers quatuors de Beethoven, la *Deuxième* et la *Quatrième Symphonie* de Mahler ainsi que la *Septième Symphonie* de Chostakovitch, dont « le processus musical morphogénétique de déstabilisation par choc structural¹² » est représentée en Fig. 1.

En s'appuyant sur le concept de « paradigme » chez Thomas Kuhn [18], Stroe propose de considérer l'avènement de la catégorie de « musiques morphologiques » (parfois également appelées « catastrophiques », dans une référence encore plus explicite aux théories de René Thom) comme un véritable « changement de paradigme » par rapport aux compositions dites « normales »¹³. Ces dernières sont caractérisées par le fait de fonder leur statut ontologique sur un principe d'invariance structurale. Non seulement il existe des compositions qui mettent en cause la nécessité intrinsèque de ce postulat dans l'acte compositionnel, mais le statut même de composition morphogénétique soulève des doutes sur des approches théoriques dominantes en analyse musicale.

On peut faire un parallèle entre la critique que René Thom adresse aux mathématiques modernes, que nous avons mentionnée au tout début de cet article, et « le problème de la pertinence et des limites d'applicabilité de certaines perspectives théoriques sur la création musicale », en particulier celles issues des démarches axiomatiques ([30], p. 45). Stroe se réfère explicitement à l'ouvrage *Musiques Formelles* [39] de Xenakis, en tant qu'exemple emblématique d'une « ontologie musicale définie d'une façon axiomatique » ([30], p. 45). Même une composition telle qu'*Achorripsis*, dont la nature stochastique l'éloigne de la catégorie des musiques symboliques, qui est pour Xenakis synonyme de démarche axiomatique en composition musicale, représente un exemple de « musique normale », dont l'état stationnaire (i.e. à structure invariante en temps) contraste avec les caractéristiques des compositions morphogénétique, dans lesquelles les anomalies « se métamorphosent en “ruptures structurales”, messagères de sens majeurs explicitement dénotatifs » ([31], p. 40)¹⁴.

11. Voir [31], p. 43.

12. Voir [31], p. 45.

13. Le terme renvoie naturellement au concept de « science normale » en tant que paradigme dominant au sein d'une communauté scientifique dans un moment déterminé de l'histoire des disciplines scientifiques.

14. En réalité, le cas de Xenakis est emblématique des difficultés sous-jacentes à la catégorisation proposée par Stroe. Loin d'être reductibles à la catégorie de « musique normale », les compositions de Xenakis ont, en effet, plusieurs points de

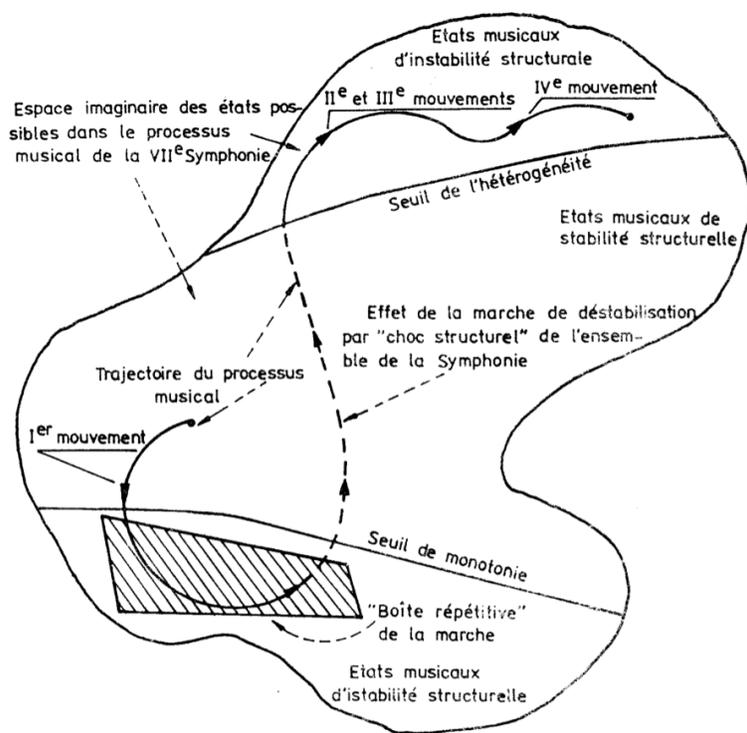


FIGURE 1. Schéma tiré de [31] (p. 45) décrivant les zones de stabilité ou d'instabilité structurales au sein de la Septième Symphonie op. 60 de Chostakovitch. Ce schéma décrit les différents états du processus compositionnel dont la trajectoire passe à travers deux zones d'instabilité structurale (l'une, concernant le premier mouvement, caractérisée par des phénomènes de redondance représentés par une « boîte répétitive » et l'autre concernant en revanche les deuxième, troisième et quatrième mouvements). Entre ces deux états musicaux d'instabilité structurale se déploie une zone de stabilité structurale qui est délimitée par deux frontières représentant respectivement le seuil de monotonie et le seuil d'hétérogénéité de l'œuvre. Il s'agit, nous semble-t-il, d'une lecture métaphorique de la structure de la pièce, comme le suggère l'absence d'une indication précise de la temporalité prise en compte par le schéma.

Ce sont précisément ces « ruptures structurales » qui échappent, selon Stroe, à toute approche axiomatique en musique. En effet, ces démarches, qualifiées par le compositeur de façon assez grossière de

contact avec la démarche de Thom, comme l'a souligné Mihai Iliescu dans son étude consacrée aux morphodynamiques sonores chez Xenakis et Thom [15].

« sémiotiques », peuvent « apporter des contributions utiles au déchiffrement de tel ou tel aspect local d'une musique [...]; néanmoins [...] ces techniques fournissent à la recherche musicologique un “portrait-robot” de la composition, notamment dû aux schématisations *de principe* qu'elles sont obligées de faire », ce qui « appauvrit, parfois même finit par déformer, les sens majeurs du concept de musique » ([31], p. 40).

Cette critique concerne également « certaines directions logistiques, algébriques, topologiques et linguistiques » ([31], p. 40), ce qui permet de mesurer le fossé qui sépare la réflexion épistémologique sur l'application de la théorie des catastrophes en musique et la recherche « mathémusicale » contemporaine, qui a pu se constituer en tant que discipline académique précisément grâce à l'utilisation systématique de ces approches structurales en mathématiques. Dans un texte qui est resté inédit¹⁵, Stroe rentre plus dans les détails de ces critiques qui visent à mettre en évidence les limites de l'analyse structurale en musique. Il faut cependant noter que le structuralisme auquel Stroe se réfère ne se limite pas à la sémiotique ou à la linguistique, mais qu'il est vu avant tout comme une tendance dominante de la pensée musicale des années soixante et soixante-dix, réifiant l'idée de « structure », à la fois dans ce que Jean-Jacques Nattiez, auquel Stroe se réfère explicitement, appelait le « niveau neutre », mais aussi dans le processus compositionnel (niveau poétique) et l'acte perceptif (niveau esthétique). La catégorie de « musique morphogénétique » s'oppose, ainsi, « au sérialisme intégral des années 1950, à la musique stochastique, minimale, répétitive, environnementale, cybernétique, néomodale [...] »¹⁶.

Démarche structurale et approche phénoménologique sont-elles incompatibles ?

Comme nous l'avons vu, les positions des compositeurs issus de l'école spectrale – comme Hugues Dufourt – ainsi que d'autres théoriciens ayant tenté de définir explicitement une typologie qui serait

15. Il s'agit du manuscrit *Morphogenetic Music* [33], cosigné avec C. Georgescu et M. Georgescu.

16. Dans sa critique à la musique néomodale, en particulier celle du compositeur roumain Anatol Vieru, basée sur l'étude algébrique du système tempéré égal [38], on peut comprendre les limites épistémologiques de la catégorie de « musique morphologique » qui ne parvient pas, du moins dans l'entreprise menée par Stroe, à acquérir un véritable caractère computationnel, à la différence de la lecture phénoménologique proposée par Jean Petitot dans son essai de réactivation du structuralisme à partir d'une généalogie morphologique, point de départ de notre réflexion épistémologique conclusive.

propre à toute musique morphogénétique, tel le compositeur Aurel Stroe, offrent quelques éléments critiques pour envisager une réflexion épistémologique sur l'application de la théorie des catastrophes en musique. D'autres compositeurs et théoriciens de la musique ont souligné l'importance du paradigme morphogénétique dans la modélisation du processus compositionnel en s'appuyant sur des concepts qui appartiennent à la théorie des catastrophes, à savoir la discontinuité, la bifurcation et la multi-dimensionnalité. Cela permet de passer d'un espace musical structuré (à l'aide des paramètres tels les hauteurs, les rythmes, les timbres, les dynamiques, ...) et ontologique (où la forme et la structure de l'œuvre sont fixées de façon déterministe) à des espaces structurels et ontologiques « renforcés » [*enhanced*], à l'aide de notions « catastrophiques », telles que la hauteur « réfractée », le rythme complexifié, le timbre organisé de façon topologique, la bifurcation au niveau de la forme musicale, etc. Le schéma suivant (Fig. 2), extrait d'un article de Kosona et Hadjileontiadis [17] montre le rôle de la théorie des catastrophes dans la constitution d'un espace structuré « renforcé » et d'un espace ontologique « renforcé » à partir d'un espace structuré (avec ses paramètres traditionnels tels que la hauteur, le rythme, les durées, les dynamiques...) et d'un espace ontologique (contenant des catégories abstraites telles que l'autocorrélation, la cohérence, ou encore le déterminisme, la construction rationnelle, la forme et la structure d'une composition musicale).

Quelles conséquences épistémologiques peut-on tirer de l'application de la théorie des catastrophes à la musique? Une façon de répondre à cette question est de laisser de côté les applications directes des théories de René Thom pour explorer davantage quelques éléments ayant trait au structuralisme et à la phénoménologie, un aspect qui relève de la théorie des catastrophes dans sa seconde voie. Il s'agit, rappelons-le, d'une voie essentiellement structurale et herméneutique, dans laquelle « l'objectivité mathématisée peut "rejoindre" la manifestation phénoménologique et la description linguistique » ([23], p. 347). Cela passe nécessairement par la mise en place d'un « structuralisme dynamique », où la partie relationnelle (et « opératoire », pour reprendre la célèbre dualité postulée par Gilles-Gaston Granger¹⁷) prime sur la partie « objectale », ce qui exige, comme le suggère Jean Petitot dans sa perspective phénoménologico-structurale, « l'élaboration d'une *théorie* des formes et de leurs transformations » ([23], p. 348).

17. Nous avons discuté ailleurs de la pertinence musicale de la dualité objectal/opératoire que l'épistémologue français Gilles-Gaston Granger introduit comme constituante de tout concept philosophique déjà à partir des années quarante [14]. Voir, en particulier, [1] et [5].

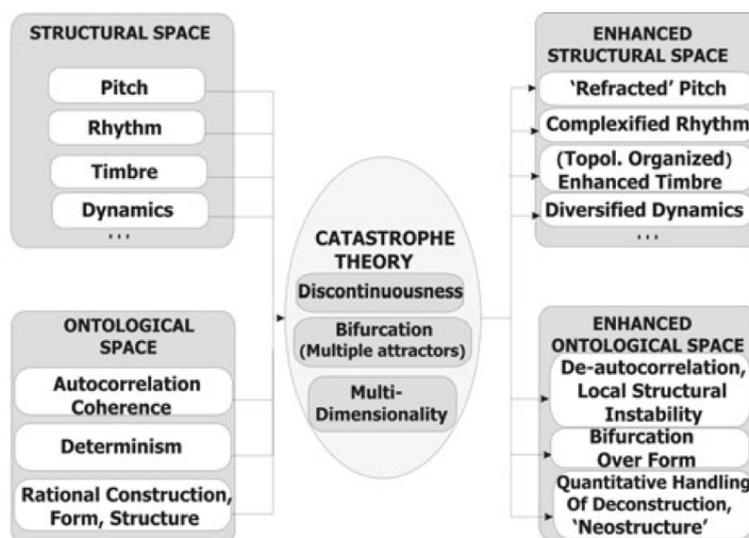


FIGURE 2. Passage d'un espace musical structuré et ontologique à un espace musical ontologico-structuré « renforcé » *via* l'application de la théorie des catastrophes et de ses concepts paradigmatiques tels la discontinuité, la bifurcation ou la multidimensionnalité. La théorie des catastrophes permet ainsi de « renforcer » les paramètres traditionnels (hauteur, rythme, timbre, dynamique) en complexifiant leur nature. Ce processus est particulièrement intéressant par rapport au paramètre timbre dont la nature structurelle est déjà complexe et qui acquiert, à la suite de ce renforcement, une composante topologique qui n'était pas présente dans l'espace structural d'origine. Le schéma est tiré de [17].

Une telle théorie existe déjà en musique, grâce au « tournant transformationnel » inauguré par David Lewin dans les années 1980 à la suite des approches ensemblistes de la tradition américaine ouverte quelques décennies auparavant par les recherches de Milton Babbitt¹⁸. La théorie transformationnelle, y compris les développements plus récents autour d'une formalisation catégorielle des K-réseaux¹⁹, représente à nos yeux une démarche grâce à laquelle on pourrait effectivement arriver à concilier certaines instances du structuralisme avec d'autres orientations philosophiques, en particulier la phénoménologie husserlienne. Car, si l'un

18. Voir [3] pour une analyse philosophique de la filiation Babbitt/Lewin.

19. Cette recherche fait actuellement l'objet d'une collaboration avec Andrée Ehresmann, Alexandre Popoff et Carlos Agon. Voir, en particulier, [26] et [27].

des aspects qui caractérisent la pensée phénoménologique est l'attention envers la dynamique de l'intuition conceptuelle, comme le philosophe Jocelyn Benoist le souligne dans son étude sur la pertinence phénoménologique de la théorie des catégories²⁰, l'importance que David Lewin accorde au processus de construction au sein d'une analyse transformationnelle suggère la possibilité d'une articulation nouvelle entre démarche phénoménologique et approche structurale en analyse musicale.

De même que « la phénoménologie husserlienne des mathématiques est structurale en ce qu'elle se fixe sur les invariances [...] dont elle fait le cœur de l'objectivité mathématique en tant qu'objectivité formelle » ([8], p. 349), l'analyse transformationnelle est phénoménologique tout en étant structurale, le groupe de transformation qui opère sur l'espace musical étant confronté systématiquement au processus perceptif propre à la subjectivité de l'analyste. À partir des réflexions de mathématiciens sur la portée phénoménologique de l'activité mathématique contemporaine [20] et en les comparant avec d'autres orientations plus épistémologiques sur la portée cognitive de la réflexion phénoménologique, comme la démarche de Jean Petitot à partir de l'œuvre de René Thom, on pourrait arriver à saisir le véritable héritage épistémologique de la théorie des catastrophes lorsqu'elle est appliquée à une recherche « mathémusicale » susceptible d'ouvrir des nouvelles perspectives dans l'histoire de la pensée musicale et mathématique.

20. Voir [8].

Bibliographie

- [1] M. Andreatta, *Méthodes algébriques en musique et musicologie du XX^e siècle : aspects théoriques, analytiques et compositionnels*, thèse de doctorat, EHESS-Ircam, 2003.
- [2] M. Andreatta, *Mathematica est exercitium musicae. La recherche “mathémusicale” et ses interactions avec les autres disciplines*, texte d’habilitation à diriger les recherches, Institut de recherche mathématique avancée, université de Strasbourg, 2010.
- [3] M. Andreatta, Mathématiques, « Musique et Philosophie dans la tradition américaine : la filiation Babbitt/Lewin », in M. Andreatta, F. Nicolas et Ch. Alunni (dir.), *À la lumière des mathématiques et à l’ombre de la philosophie. Dix ans de séminaire mamuphi*, Sampzon, Ircam-Delatour France, collection « Musique/Sciences », 2012.
- [4] M. Andreatta, « Une introduction musicologique à la recherche mathémusicale », *Circuit*, vol. 24, n° 2, 2014 p. 51-66.
- [5] M. Andreatta, « Autour de la Set Theory et de l’analyse de la musique atonale : démarche structurale et approche phénoménologique à partir des écrits de Célestin Deliège », in V. Dufour et R. Wangermée (dir.), *Modernité musicale au XX^e siècle et musicologie critique. Hommage à Célestin Deliège*, Bruxelles, collection de l’Académie, 2015.
- [6] M. Andreatta, « Approches mathématiques en théorie musicale : l’“école formelle” française et son héritage », *Musurgia* (à paraître).
- [7] M. Andreatta, « From music to mathematics and backwards : introducing algebra, topology and category theory into computational musicology », in M. Emmer et M. Abate, (dir.), *Imagine Math 6. Between Culture and Mathematics*, Berlin-Heidelberg, Springer (à paraître).
- [8] J. Benoist, « Mettre les structures en mouvement : la phénoménologie et la dynamique de l’intuition conceptuelle. Sur la pertinence phénoménologique de la théorie des catégories », in L. Boi, P. Kerszberg et F. Patras (dir.), *Rediscovering phenomenology : Phenomenological essays on mathematical beings, physical reality, perception and consciousness*, Berlin-Heidelberg, Springer, 2007.
- [9] P.-A. Castanet, *Hugues Dufourt. 25 ans de musique contemporaine*, Paris, Éditions Michel de Maule, 1995.
- [10] P.-A. Castanet, « La théorie des catastrophes de René Thom et l’avènement du temporel dans les œuvres musicales de François Bayle et de Hugues Dufourt », in *Analyse et création musicales : actes du troisième congrès européen d’analyse musicale*, Paris, l’Harmattan, collection « Musique et musicologie », 2001, p. 101-118.

- [11] H. Dufourt, « Les bases théoriques et philosophiques de la musique spectrale », in B. Piette (dir.), *Philosophie et musique*, Kairos, 21, Toulouse, Presses universitaires du Mirail, 2003, p. 225-279.
- [12] H. Dufourt, *La musique spectrale. Une révolution épistémologique*, Sampzon, Delatour France, collection « Musique & Philosophie », 2014.
- [13] A. Forte, *The Structure of Atonal Music*, New Haven, Yale University Press, 1973.
- [14] G.-G. Granger, « "Pygmalion". Réflexions sur la pensée formelle », *Revue Philosophique de la France et de l'Étranger*, t. CXXXVII, 1947, p. 282-300. Repris dans *Formes, opérations, objets*, Paris, Vrin, 1994.
- [15] M. Iliescu, « Xenakis et Thom : une morphodynamique sonore », *Les Cahiers Arts et Sciences de l'Art*, n° 1, Paris, 2000, p. 183-204.
- [16] F. Jedrzejewski, *Le son dans le son : les percussions dans la musique spectrale*, thèse de doctorat en musicologie, université de Strasbourg, 2014.
- [17] F. Kosona et L. Hadjileontiadis, « Catastrophe theory : An enhanced structural and ontological space in music composition », in C. Agon, M. Andreatta, G. Assayag, E. Amiot, J. Bresson et J. Mandereau (dir.), *Mathematics and computation in music*, Third international conference, Berlin-Heidelberg, Springer, 2011, p. 358-361.
- [18] Th. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press, 1962.
- [19] D. Lewin, *Generalized Musical Intervals and Transformations*, New Haven, Yale University Press, 1987, reprint Oxford University Press, 2007.
- [20] F. Patras, « Phénoménologie et théorie des catégories », in *New Interactions of Mathematics with Natural Sciences and the Humanities*, L. Boi (dir.), Berlin-Heidelberg, Springer, 2003, p. 401-419.
- [21] J. Petitot, *Morphogenèse du sens, I (pour un schématisme de la structure)*, Paris, Presses universitaires de France, 1985.
- [22] J. Petitot, (dir.), *Logos et Théorie des Catastrophes. À partir de l'œuvre de René Thom*, Actes du colloque international de Cerisy de 1982, Genève, Patiño, 1988.
- [23] J. Petitot, « Structuralisme et phénoménologie : la théorie des catastrophes et la part maudite de la raison », in *Logos et Théorie des Catastrophes. À partir de l'œuvre de René Thom*, J. Petitot (dir.), Actes du colloque international de Cerisy de 1982, Genève, Patiño, 1988, p. 345-376.
- [24] J. Petitot, « La Généalogie morphologique du structuralisme », in M. Augé (dir.), *Critique*, Numéro spécial sur Claude Lévi-Strauss, 620-621, 1999, p. 97-122.
- [25] J. Petitot et M. Andreatta, « Démarche structurale et approche phénoménologique sont-elles incompatibles? », intervention dans le cadre du séminaire mamuphi, Paris, ENS, 4 février 2012.
- [26] A. Popoff, C. Agon, M. Andreatta et A. Ehresmann, « From K-Nets to PK-Nets : A categorical approach », *Perspectives of New Music*, 54, 2, 2016, p. 5-63.
- [27] A. Popoff, M. Andreatta et A. Ehresmann, « Relational PK-Nets for transformational music analysis », *Journal of Mathematics and Music* (sous presse).

- [28] J.-C. Risset, « Musique, calcul secret ? », *Critique*, n° 359, 1977, p. 414-429.
- [29] J.-C. Risset, *Composer le son. Repères d'une exploration du monde sonore numérique, Écrits*, vol. 1, Paris, Hermann, collection GREAM/Création contemporaine, 2014.
- [30] A. Stroe, C. Georgescu et M. Georgescu, « Musiques morphogénétiques. Un abord catastrophico-thermodynamique sur la composition musicale. Première partie : Une perspective informelle », *Muzika*, n° 12, 1986, p. 44-48.
- [31] A. Stroe, C. Georgescu et M. Georgescu, « Musiques morphogénétiques. Un abord catastrophico-thermodynamique sur la composition musicale, II », *Muzica*, n° 1, 1987, p. 38-46.
- [32] A. Stroe, « Bifurcations chez Gesualdo », dans *Quadrivium musiques et sciences*, Paris, éditions IPMC, 1992, p. 67-75.
- [33] A. Stroe, C. Georgescu et M. Georgescu, *Morphogenetic Music*, manuscrit inédit.
- [34] R. Thom, « Les mathématiques modernes : une erreur pédagogique et philosophique ? », in *L'Âge de la Science*, III, 3, Paris, Dunod, 1971, p. 225-242.
- [35] R. Thom, *Stabilité structurelle et morphogénèse. Essai d'une théorie générale des modèles*, Paris, Mathematical Physics Monograph Series, W. A. Benjamin Inc., Reading, Mass., USA, Ediscience, 1972.
- [36] R. Thom, *Modèles mathématiques de la morphogénèse*, Paris, 10-18 UGE, 1974.
- [37] R. Thom, *Paraboles et catastrophes*, Paris, Flammarion, 1983.
- [38] A. Vieru, *Cartea modurilor, 1 (Le livre des modes, 1)*, Bucarest, éd. Muzicala, 1980 (édition anglaise révisée et augmentée, *The book of modes*, Bucarest, éd. Muzicala, 1993).
- [39] I. Xenakis, *Musiques formelles : nouveaux principes formels de composition musicale*, Paris, La Revue Musicale, n° 253-254, éditions Richard-Masse, 1963.
- [40] I. Xenakis, *Art/Science : Alliages*, Tournai, Casterman, 1979.