la place des méthodes algébriques dans l'analyse musicale au XX^{e} siècle

Dans cette deuxième partie, nous abordons la question du rapport entre théorie de la musique et analyse musicale dans le cas d'une démarche algébrique. Nous allons d'abord situer l'approche algébrique à l'intérieur des grandes courantes analytiques du XX^{e} siècle. Pour qu'une telle entreprise puisse offrir des éléments significatifs de comparaison, il nous faudra d'abord restreindre la discussion des méthodes analytiques aux approches qui partagent, avec les outils algébriques, le caractère formel dans la description des concepts théoriques et dans l'utilisation des techniques analytiques. À partir d'une telle hypothèse, nous voulons proposer une typologie minimale dans l'utilisation des méthodes formelles en analyse musicale. Au-delà du caractère limitatif d'une telle typologie, qui ne prétend pas recenser toutes les approches formelles en analyse musicale, cela présente néanmoins l'avantage de dégager certaines catégories majeures de la pensée analytique au XX^{e} siècle et d'offrir quelques éléments pour comprendre la *singularité* d'une démarche analytique de type algébrique.

Une fois établies les caractéristiques principales des méthodes algébriques à l'intérieur des approches analytiques formelles au XX^{e} siècle, nous approfondirons l'étude d'une théorie qui a subi des développements considérables dans les dernières années tout en laissant apparemment la France en dehors de cet intéressant débat. Il s'agit de ce qu'on appelle, aux Etats-Unis, la *Set Theory*, dont nous avons mentionné dans la première partie quelques aspects majeurs en nous appuyant sur les propositions théoriques de Milton Babbitt. À la différence des présentations traditionnelles de la *Set Theory*, comme celle d'Allen Forte, la théorie des ensembles de classes de hauteurs se prête très bien à être intégrée dans une approche algébrique qui utilise pleinement les potentialités de la représentation circulaire du tempérament égal. Cette démarche nous permettra d'introduire également les concepts de base de l'analyse transformationnelle, telle que David Lewin l'a conçue à partir notamment d'une « algébrisation » des outils de base de la *Set Theory*. Nous suivrons ce processus qui a conduit à la définition d'une nouvelle méthodologie en analyse musicale, dont les ramifications mathématiques sont loin d'être épuisées. Nous consacrerons l'*Interludium* conclusif à une présentation de notre modélisation informatique des principes de base de la *Set Theory* américaine, démarche qui nous permettra de mieux préciser l'articulation complexe entre théorie algébrique et analyse musicale et de souligner ainsi le caractère computationnel de l'approche algébrique en musicologie.

2.1 Le rapport « réciproque » entre théorie et analyse musicale au XX^{e} siècle

Un regard rétrospectif sur les propositions théoriques majeures en matière de méthodes algébriques en musique et musicologie, montre que les démarches des trois compositeurs-théoriciens autour desquels nous avons concentré la première partie de cette étude ouvrent des problématiques qui dépassent largement le cadre de la théorie de la musique. En effet, la structure algébrique du tempérament égal, telle que Milton Babbitt, Iannis Xenakis et Anatol Vieru l'ont mise en évidence, offre un outil théorique extrêmement général et ouvert à des applications analytiques très diverses. Notre discussion sur les modes à transposition limitée de Messiaen, dont nous avons donné plusieurs formalisations algébriques, nous a permis d'offrir un exemple d'application analytique naturelle d'une proposition théorique. En particulier, la théorie des cribles de Xenakis a largement dépassé la fonction d'outil théorique et elle est devenue, à partir des recherches d'André Riotte et Marcel Mesnage, le point de départ pour une modélisation informatique en analyse musicale. Cependant, au-delà du caractère particulier des méthodes algébriques en théorie musicale, dont nous discuterons amplement l'applicabilité au domaine analytique, il est important d'envisager une discussion plus générale entre proposition théorique et démarche analytique. Nous partirons d'observations faites par Ian Bent à l'occasion de la publication d'un recueil d'écrits du musicologue allemand Ernst Kurth :

> « *Théorie et analyse sont pour certains aspects réciproques. L'analyse permet d'aborder une structure musicale ou un style à travers l'exploration [inspection], l'inventaire de ses composants et l'identification de ses forces connectives, tout en donnant une description adéquate d'une expérience vécue. La théorie permet de tirer des généralisations à partir de ces données en prévoyant ce que l'analyste trouvera dans d'autres cas à l'intérieur d'une orbite structurelle ou stylistique et en inventant [devising] des systèmes à travers lesquels d'autres œuvres, même celles qui n'ont pas encore été écrites, peuvent être générées. Inversement, si la théorie a l'intuition de comment des systèmes musicaux opèrent, alors l'analyse offre de répercussions [feedbacks] à ces intuitions imaginatives en les rendant plus pénétrants [insightful]* » [KURTH 1991, xi].

Ian Bent propose ici un double parcours entre théorie et analyse musicale. Dans un premier cas, l'analyse a une fonction exploratoire par rapport à un phénomène musical donné, serait-ce une structure, de laquelle on cherche à répertorier les composantes, ou bien un style musical, dont on essaie d'identifier les forces connectives entre les différentes structures.

Depuis cette première perspective, la théorie généralise les données analytiques tout en créant un système qui pourra aussi avoir, selon Ian Bent, un pouvoir « synthétique », dans le sens qu'il permettra d'établir une réversibilité entre proposition théorique et application compositionnelle[159]. Soulignons, au passage, l'une des caractéristiques majeures, selon le musicologue anglais, de toute démarche analytique, à savoir celle d'offrir une « description adéquate » par rapport à une « expérience vécue ». L'analyse a donc tout d'abord un caractère « descriptif », à la différence d'une théorisation, dont le caractère « prédictif » mis en évidence par Bent se mêle aussi à l'aspect « prescriptif », surtout quand elle concerne l'activité compositionnelle[160].

Au XX^e^ siècle, l'exemple paradigmatique de la réversibilité entre démarche « descriptive » en analyse musicale et caractère « prescriptif/prédictif » d'une proposition théorique est offert par Heinrich Schenker, « *le plus original et celui qui a le plus influencé la théorie analytique du XX^e^ siècle* »[161]. Sans vouloir entrer dans une analyse de la théorie schenkerienne, qui reste en marge de nos préoccupations « algébriques », nous pouvons partir de certains éléments majeurs de cette approche analytique pour offrir un premier exemple historique qui va dans le sens d'une articulation profonde entre proposition théorique, démarche analytique et application compositionnelle[162]. La réversibilité est une conséquence du caractère hiérarchique de l'approche schenkerienne, qui prend en compte plusieurs niveaux d'analyse, de l'*avant-plan* de l'œuvre [*Vordergrund*], qui représente la surface de la partition, jusqu'à la structure fondamentale ou *Ursatz*. En réalité, cet ordre, qui exprime le caractère « analytique » de l'approche schenkerienne, est « réversible » grâce à des techniques particulières dites *prolongations*, qui permettent notamment de remonter à la surface musicale à partir de la structure fondamentale. Il s'agit, donc, de la réversibilité entre approche analytique (du *Vordergrund* à l'*Ursatz*) et approche compositionnelle (de la structure fondamentale à la

[159] Nous discuterons ce deuxième type de « réversibilité » dans le prochain chapitre, qui sera donc dédié à certaines applications compositionnelles de quelques outils théoriques présentés jusqu'ici.
[160] Célestin Deliège a explicité en détail l'articulation entre le « descriptif », le « prescriptif » et le « normatif » en musique dans l'ouvrage *Invention musicale et idéologies* [DELIÈGE 1986]. Pour une discussion plus récente sur cette articulation, voir aussi l'essai du même auteur sur la « relation entre l'invention musicale et ses théories » [DELIÈGE 1995].
[161] C'est ainsi que s'exprime Ian Bent, toujours dans la section « Théorie » du *New Grove* [PALISCA et BENT 2001-2002].
[162] Les écrits de Schenker ont connu aux Etats-Unis un énorme succès à partir des années trente, à la différence de la tiède réaction de la musicologie européenne. En France, en particulier, on peut dire que l'approche schenkerienne a commencé à intéresser les musicologues vers la moitié des années quatre-vingt. L'ouvrage de référence est le livre de Célestin Déliège intitulé *Les fondements de la musique tonale : Une perspective post-schenkerienne* [DELIÈGE1984]. Pour une introduction à la théorie analytique d'Heinrich Schenker, voir aussi l'ouvrage de Nicolas Meeùs [MEEÙS 1993].

surface de l'œuvre), l'articulation étant possible grâce à la *formalisation* et *représentation* graphique des niveaux intermédiaires[163].

Nous avons, à vrai dire, employé le terme *formalisation* dans un sens bien différent de celui utilisé jusqu'ici dans le cas des méthodes algébriques. Cependant, en analysant l'influence que cette démarche théorique a eu sur l'évolution de certaines approches analytiques au XXe siècle, on peut constater que la « formalisation » est précisément le moteur qui a permis d'articuler analyse et théorie musicale comme initialement suggéré par Ian Bent[164].

Cependant, si l'on reprend la deuxième partie de la réflexion du musicologue anglais, on peut considérer que la théorie est préexistante à l'analyse, dans le sens que l'analyse offre des retours à des intuitions théoriques sur la nature et la structure des objets musicaux. Nous voulons ici développer cette deuxième perspective sur l'articulation entre théorie musicale et analyse, en essayant de dégager une typologie minimale en ce qui concerne les « intuitions théoriques » qui ont été rendues plus « pénétrantes », pour reprendre la formule d'Ian Bent, à travers leur consolidation en tant que pratique analytique. Cet essai de typologie minimale en analyse musicale relève de notre insatisfaction des catégories théoriques et analytiques qu'on retrouve dans les ouvrages de références sur l'analyse musicale au XXe siècle. Nous procéderons par étapes, en discutant d'abord deux exemples de catégorisation des démarches théoriques au XXe siècle et leur application en analyse musicale. Le premier exemple concerne la typologie « historique » proposée par Ian Bent dans son ouvrage *Analysis* [BENT et DRABKIN 1987][165]. Cette typologie est basée sur les quatre périodes suivantes :

---

[163] Le problème de la représentation en analyse musicale, explicité peut-être pour la première fois grâce aux travaux de Schenker, mérite également d'être souligné. En effet, le postulat sur lequel la méthode schenkerienne se fonde concerne la possibilité d'abstraire une structure profonde à partir d'une partition tout en gardant une trace graphique des transformations analytiques employées.

[164] Pour comprendre la place de la formalisation dans la théorie schenkerienne, il faudrait analyser les écrits des théoriciens américains des années soixante. En particulier, Michael Kassler a le premier proposé d'étudier la théorie schenkerienne comme un modèle formel qui pouvait être implémenté et servir de point de départ pour une analyse musicale assistée par ordinateur [KASSLER 1967]. Curieusement, l'ouvrage de Schenker, qui reste ancré dans l'analyse de la musique tonale, a eu une influence considérable sur la naissance et le développement de la *Set Theory,* une approche analytique consacrée, principalement, au répertoire atonal de la musique du XXe siècle. Une analyse comparée des deux traités théoriques d'Allen Forte, *The Structure of Atonal Music* [FORTE 1973] et *Introduction to Schenkerian Analysis* [FORTE 1982], montre les ramifications profondes de la pensée schenkerienne dans l'établissement des principes de base de la théorie des ensembles de classes de hauteurs.

[165] Le livre a été traduit récemment en français avec une « mise à jour » des références bibliographiques qui est extrêmement utile pour comprendre les développements très importants de certaines idées en théorie et analyse musicale dans les dix dernières années. Une partie importante de ces développements concerne directement certains théoriciens français, en particulier André Riotte et Marcel Mesnage, qui ont essayé de formuler les principes de base d'une démarche analytique formelle assistée par ordinateur.

1 1920 - 1945 : théorie de la tension et niveaux structurels (Kurth/théorie de la *Gestalt* et Heinrich Schenker)
2 1945 - 1960 : linguistique, cybernétique et unité thématique (Chomsky, Moles et Meyer, Réti)
3 1960 - 1975 : *Set Theory*, ordinateurs et d'autres développements (phénoménologie, Xenakis, sémiologie musicale)
4 Après 1975 : grammaires de la musique (Lerdahl et Jackendoff, Baroni).

Une telle démarche, ancrée dans la subdivision de la discipline musicologique en tranches historiques hétérogènes, ne permet pas, à notre avis, de comprendre les liens parfois très étroits entre des propositions théoriques appartenant à des périodes historiques différentes. Cette démarche méthodologique est également assez problématique dans un autre ouvrage de référence, publié la même année que le texte précédent. Il s'agit du guide à l'analyse musicale de Nicholas Cook [COOK 1987] selon lequel les différentes méthodes en analyse musicale peuvent se regrouper de la façon suivante :

1. Méthodes traditionnelles dans l'analyse (Donald Tovey, A. B. Marx, C. Rosen)
2. Analyse schenkerienne
3. Approches psychologiques de l'analyse (Thomas Clifton, Leonard Meyer, Rudolph Reti)
4. Approches formelles de l'analyse
5. Set Theory : Allen Forte
6. Sémiotique : Nattiez
7. Techniques d'analyse comparative (par ordinateur : Michael Kassler)
8. Analyse mélodique en ethnomusicologie : Charles Adams
9. Approche fonctionnaliste en ethnomusicologie (travail sur le terrain) : John Blacking.

Avant de discuter notre proposition de typologie minimale en analyse musicale, précisons encore une fois que cette catégorisation concerne l'articulation entre des propositions théoriques et des démarches analytiques ayant, dans les deux cas, une forte composante formelle. En outre, cette typologie permet de situer correctement la démarche algébrique par rapport à d'autres approches analytiques qui relèvent également, pour reprendre la formulation initiale d'Ian Bent, d'un même caractère formel de l'« intuition théorique » initiale. Cette typologie comprend les quatre « catégories » théoriques suivantes :

- Théories informationnelles

- Théories sémiotiques
- Théories génératives et grammaires
- Théories algébriques

Nous allons maintenant développer, de façon assez succincte, chacune de ces catégories, simplement pour dégager quelques éléments conceptuels qui nous permettrons de comprendre la place des méthodes algébriques dans les propositions théoriques et analytiques du XX^{e} siècle.

2.1.1 Théories Informationnelles

Le point de départ de cette approche théorique est une discipline mathématique qui s'est développée d'abord aux Etats-Unis et ensuite en Europe autour des années cinquante. Il s'agit d'une théorie qui est née d'abord pour résoudre un problème technique concernant la quantité d'information qui est censée être transmise par un support matériel de communication, comme le téléphone ou le télégraphe. Cependant, la dimension artistique, et musicale en particulier, est déjà présente dans l'écrit fondateur de la théorie, à savoir le livre de Claude E. Shannon et Warren Weaver intitulé *The Mathematical Theory of Communication*. Le passage suivant est tiré de la partie conclusive du livre, partie écrite par Weaver et qui concerne certaines « *contributions récentes de la théorie de l'information* » :

> « *Cette théorie est si générale, qu'on n'a pas besoin de dire quelles sortes de symboles sont considérés - que ce soient des mots ou des lettres écrites, ou des notes de musique, ou des mots parlés, ou de la musique symphonique ou des images* » [SHANNON et WEAVER 1949, 114].

C'est ainsi que la notion technique *d'information* (d'un message) devient « mesure de la structure de la musique », pour reprendre le titre de l'un des premiers articles d'analyse musicale s'aidant de la théorie de la communication[166].

Ce qui permet d'interpréter l'information d'un message en termes d'information musicale est un concept technique que le mathématicien George Birkhoff avait déjà essayé de formaliser et d'appliquer au domaine artistique, non sans des difficultés majeures[167]. Ce concept, qui s'est révélé particulièrement adapté pour une description de la structure musicale,

[166] Voir « Information as a measure of structure in Music » [COONS et KRAEHENBUEH 1958].

[167] George Birkhoff avait proposé au début des années trente une théorie mathématique de la perception esthétique ayant comme cas particulier celui de la perception musicale. L'ouvrage, qui contient les thèses de Birkhoff sur le caractère computationnel de la dimension esthétique, s'intitule *Aesthetic Measure* [BIRKHOFF 1933]. La mesure esthétique d'un objet d'art est ici définie comme le rapport entre l'« ordre » de l'objet (en tant que symétrie, harmonie de sa forme etc.) et sa « complexité ». D'où tous les efforts du mathématicien pour définir la « complexité » d'un objet artistique et adapter cette définition universelle à la musique.

est celui de *redondance*, qu'on pourrait définir de façon informelle comme le degré de répétition à l'intérieur d'un flux d'information. Le concept de *redondance*, qui est donc avant tout une notion technique, devient l'un des paramètres privilégiés permettant de caractériser le style musical. Pour résumer en une phrase la philosophie qui soutient toute approche informationnelle en musique, on pourrait dire que plus la *redondance* est grande, moins d'« information » est véhiculée par un style musical, plus le style est « répétitif »[168].

Cette philosophie anime la réflexion théorique et esthétique de Leonard Meyer, qui a proposé à partir de la fin des années cinquante une théorie de la signification musicale [*musical meaning*] comme une transposition des thèses de la théorie de l'information au domaine de l'esthétique musicale. Ce *transfert d'intuitions*, pour reprendre un concept qui a été central dans la première partie de cette étude, est bien explicité par le passage suivant :

> « *Dans l'analyse de l'expérience musicale, plusieurs concepts que j'ai proposés […] trouvent une analogie directe, et parfois une véritable équivalence, avec la théorie de l'information. En particulier, l'importance de l'incertitude [uncertainty] dans la communication musicale et la* ***nature probabiliste du style musical*** *[…]* » [MEYER 1957/1967][169].

Autrement dit, un *style musical* est un système d'atteintes [*expectations*] et la signification découle par un processus de frustration et d'accomplissement qui peut être quantifié, comme plusieurs théoriciens l'ont proposé par la suite. Parmi les modèles « computationnels » de l'approche informationnelle en analyse musicale ouverte par Leonard Meyer, nous citerons simplement celui de l'*implication-réalisation* proposé par Eugene Narmour à la fois comme un développement des idées de Meyer mais aussi comme l'une des premières constructions théoriques qui s'opposent explicitement à la démarche schenkerienne[170].

---

[168] Il serait intéressant d'analyser la panoplie d'articles qui ont vu le jour à partir des années soixante. On pourrait probablement montrer comment les analyses musicales souffrent, en général, d'un grand défaut qui est, avant tout, un défaut technique. Il y a des hypothèses sous lesquelles les formules mathématiques de la théorie de l'information peuvent s'appliquer, et ces hypothèses n'ont jamais été véritablement considérées par les analystes. Nous avons traité ce problème dans un travail académique précédent, auquel nous renvoyons pour une discussion plus approfondie de la démarche informationnelle en analyse musicale dans ses rapports avec la perception esthétique [ANDREATTA 1997b].

[169] C'est nous qui soulignons un aspect qui inaugure une démarche computationnelle dans l'analyse du style musical. D'où l'importance du concept de *redondance* qui est présent dans tout style de musique et qui peut être calculé à travers la théorie des probabilités. Notons qu'on retrouve la même approche dans le traité *Théorie de l'information et perception esthétique* du théoricien français Abraham Moles [MOLES 1958].

[170] La critique du modèle de Schenker est développée par Narmour dans l'ouvrage *Beyond Schenkerism* [NARMOUR 1977] qui ouvre le débat sur la portée cognitive d'une théorie analytique et anticipe, dans ce sens, les thèses contenues dans les deux ouvrages de référence sur le modèle de l'*implication-réalisation* en analyse musicale : *The Analysis and Cognition of Basic Melodic Structure* [NARMOUR 1989] et *The Analysis and Cognition of Melodic Complexity* [NARMOUR 1992].

2.1.2 Théories sémiotiques

Le début d'une approche sémiotique en musicologie date de la moitié des années soixante. On peut considérer l'article de Nicolas Ruwet comme le premier essai de définition de la musique en tant que système sémiotique « *partageant un certain nombre de traits communs - tels que l'existence d'une syntaxe - avec le langage et d'autres systèmes de signes* » [RUWET 1966/1972, 100]. En suivant une démarche qui est sans doute influencée par la théorie de l'information, la musique est ici conçue comme la donnée d'un *code* et d'un *message*. De plus, comme dans le cas de la théorie de l'information, l'hypothèse de la théorie sémiotique appliquée à la musique repose sur une double articulation, une première allant du message au code et une deuxième du code au message. La démarche analytique concerne la première partie de cette articulation (du message au code), tandis que partir du code pour aller vers le message est caractéristique d'une démarche synthétique. L'analyse est la décomposition et la manipulation du message de façon à « *dégager les unités, classes d'unités et règles de leurs combinaisons, qui constituent le code* » [RUWET 1966/1972, 100].

Comme dans le cas de l'approche informationnelle, la démarche sémiotique envisage le *code* sous un double aspect : un aspect « taxinomique » qui concerne l'inventaire des éléments qui le constituent et un aspect « fonctionnel » qui vise à repérer les règles de combinaison et de transformation de ces éléments. Ces deux aspects du code musical sont étroitement liés, car la procédure de segmentation s'appuie directement sur le critère de « répétition » et sur celui de « transformation »[171]. L'étude de Ruwet est fondatrice d'une démarche qui est sous-jacente à toute application analytique des méthodes algébriques. Cette démarche, qui prendra ensuite l'appellation d'analyse *paradigmatique*, vise à constituer une segmentation sur des critères paramétriques d'équivalence. Comme il l'affirme dans la partie conclusive de son étude, « *la syntaxe musicale est une syntaxe d'équivalence* » [RUWET 1966/1972, 133] et cette équivalence, qui n'est pas traitée d'un point de vue mathématique, s'appuie néanmoins sur la notion de « paramètre » et de « transformation ». Les diverses unités ne sont pas des entités statiques, comme le voudrait une conception purement taxinomique de la forme musicale, mais sont plutôt des structures variables qui se transforment tout au long de la pièce. D'où la nécessité, de la part de l'analyste, d'« *inventer*

[171] Le concept de « répétition » comme critère de base de l'application des méthodes linguistiques en analyse musicale est approfondi dans un écrit postérieur intitulé « Quelques remarques sur le rôle de la répétition dans la syntaxe musicale » (1967), republié dans *Langage, musique, poésie* [RUWET 1972, 135-148]. Pour une analyse récente du concept de répétition à la base de la technique musicale de l'*ostinato*, voir aussi l'ouvrage de Laure Schnapper intitulé *L'Ostinato, procédé musical universel* [SCHNAPPER 1998].

des procédures de découverte destinées à reconnaître, précisément, les rapports de transformation entre éléments » [RUWET 1966/1972, 133].

Notons que cette démarche « transformationnelle », qui reste une hypothèse à explorer dans l'écrit de Ruwet, a été reprise, de façon très différente, par deux des représentants majeurs de l'approche sémiologique et sémiotique en musique : Jean-Jacques Nattiez et David Osmond-Smith. Dans son écrit sur la situation de la sémiologie musicale pour le numéro spécial de la revue *Musique en jeu* consacré à la sémiologie de la musique (1971), Jean-Jacques Nattiez reprend explicitement l'articulation code/message introduite par Ruwet quand il affirme qu'il faut « *partir de l'analyse empirique des éléments constitutifs du texte pour remonter vers le "système"* » et puisque l'activité analytique consiste dans le fait « *d'inventorier toutes les récurrences de traits stylistiques et d'en établir la combinatoire, les modèles formels essentiels seront fournis par la théorie de l'information, l'informatique, les statistiques et les mathématiques* » [NATTIEZ 1971, 15]. Ces indications n'ont peut être pas été suffisamment suivies par les sémioticiens et sémiologues de la musique, ce qui explique probablement le fait qu'il n'y a pas eu, comme on peut le constater de nos jours, une « *constitution cohérente et systématique d'une sémiologie musicale* », telle que Nattiez l'avait prévue.

En effet, une des difficultés majeures de l'approche sémiotique en analyse musicale reste liée au concept de transformation, dont le caractère formel demande une formulation rigoureuse en termes mathématiques. Pourtant, un regard rétrospectif sur les écrits théoriques de l'époque montre que cette notion a été à la base de ce qu'on pourrait appeler une démarche sémiotique formelle en analyse musicale. Cette approche a été introduite par David Osmond-Smith dans un article intitulé « Iconic relations within formal transformation » [OSMOND-SMITH 1973]. Le concept de transformation est défini à travers une analyse d'opérations musicales qui sont susceptibles d'être explicitées dans un langage formel. L'intérêt de cette démarche est lié au fait qu'elle s'applique aussi bien au domaine des hauteurs qu'au domaine rythmique.

En ce qui concerne le domaine des hauteurs, à côté d'opérations classiques comme la transposition et l'inversion, D. Osmond-Smith considère d'autres transformations parmi lesquelles nous citerons l'*expansion* (c'est-à-dire l'addition de sous-unités), la *contraction* (en tant que soustraction de sous-unités), le *déplacement mélodique* (qui consiste à transposer un profil mélodique sans respecter exactement le contenu d'intervalles, mais en l'adaptant au nouveau contexte tonal), l'*augmentation* et la *diminution* (en tant que multiplication ou division par une valeur numérique constante). Les opérations précédentes, à l'exception du déplacement mélodique, s'appliquent également au domaine des rythmes, ce qui permet selon l'auteur de mettre en évidence le caractère général d'une telle approche formelle. Un aspect particulier de cette approche « transformationnelle » nous semble très proche de la démarche analytique de type algébrique, démarche que nous allons bientôt discuter. En effet, dans toutes les transformations formelles utilisées, nous dit l'auteur,

> « *il y a une tension entre le fait de préserver l'identité d'un tout et de ses composantes. Un extrême est offert par l'opération de réordonnance et de rétrogradation, dans laquelle l'identité des sous-unités est entièrement conservée mais l'unité globale est co mpromise […]. À l'autre extrême, on peut considérer les opérations d'augmentation et de diminution, dans lesquelles les sous-unités individuelles sont modifiées de façon systématique mais l'identité du tout est préservée* » [OSMOND-SMITH 1973, 49].

Les méthodes algébriques sauront formaliser cette intuition à travers le concept d'*action* d'un groupe sur un ensemble, une notion qui est centrale dans la démarche analytique transformationnelle introduite par David Lewin dans sa généralisation de la *Set Theory* d'Allen Forte. Une observation faite par D. Osmond-Smith dans un écrit postérieur à propos de la démarche de Forte nous permet d'anticiper sur un élément central de l'approche transformationnelle de David Lewin. Dans l'écrit « Introduction générale à une méthode d'analyse sémiotique formelle de la musique », le théoricien anglais discute le problème du rôle de la mémoire (à court et à long terme) dans la perception d'une structure musicale par rapport à une démarche analytique. Il cite les techniques d'imbrication développées par Allen Forte dans *The Structure of Atonal Music* pour analyser les contenus intervalliques d'une série de segments imbriqués les uns dans les autres. À partir de cette idée, D. Osmond-Smith propose de « *définir le module d'imbrication d'après une estimation […] de la quantité d'information musicale que la mémoire à court terme peut retenir, tout en notant […] la matière musicale associée avec toute unité déjà apparue* » [OSMOND-SMITH 1975, 183]. Une discussion approfondie de cette position aurait sans doute besoin de mieux préciser la notion d'« information musicale », que D. Osmond-Smith ne semble aucunement lier à l'approche informationnelle que nous avons présentée. Cependant, le fait d'établir une analyse musicale sur des bases cognitives et de prendre en compte les effets de la segmentation et de l'imbrication sur la mémoire à court terme est une démarche assez proche de celle envisagée par Narmour à partir de la lecture des thèses de la théorie de l'information par L. Meyer. Nous n'irons pas plus loin, dans cette discussion, sur l'articulation entre théorie et analyse dans l'approche sémiotique. Il nous semble cependant intéressant de souligner le fait que c'est précisément à partir de la notion d'imbrication dans le processus de segmentation et du rôle de la mémoire au sein d'une démarche analytique que David Lewin bâtira son approche transformationnelle de la *Set Theory*.

Dans les deux approches analytiques discutées jusqu'à maintenant (approche informationnelle et approche sémiotique), nous avons privilégié l'étude sur le parcours allant du *message* musical au *code*. Cependant, à partir de la théorie de l'information, ou même auparavant si l'on croit à une possibilité de formaliser de façon rigoureuse la théorie schenkerienne, l'articulation entre *message* et *code* se fait dans les deux directions. Ruwet a explicité le problème en disant que dans la démarche allant du code au message, le processus d'engendrement est mené en utilisant des « *règles de dérivation qui peuvent […] être explicitées rigoureusement* » [RUWET 1966/1972, 101]. Cela nous conduit à la troisième et dernière catégorie de notre typologie minimale en analyse musicale formalisée : l'approche générative et les grammaires musicales.

2.1.3 Théories génératives et grammaires

Bien que l'élaboration de grammaires génératives et transformationnelles puisse être considérée, selon certains musicologues, comme « *la deuxième école de la sémiologie musicale* »[172], cette approche formelle relève d'une articulation entre théorie et analyse différente des deux autres catégories analytiques. L'idée de grammaire générative remonte à Noam Chomsky qui a développé cette notion dans deux textes principaux : *Structures syntaxiques* [CHOMSKI 1956] et, une dizaine d'années plus tard, dans *Aspects de la théorie syntaxique* [CHOMSKY 1965]. L'un des premiers qui a essayé de transposer les idées de Chomsky en musique a été Christopher Longuet-Higgins, dont nous avons déjà mentionné l'aspect visionnaire en ce qui concerne l'étude de la représentation de l'espace musical.

Dans la perspective de Longuet-Higgins, le problème d'une grammaire générative pour la musique est lié, intrinsèquement, au problème de la perception musicale. Les deux écrits qui inaugurent l'application des théories chomskiennes à la musique sont « The Perception of melodies » [LONGUET-HIGGINS 1976/1987] et « The Grammar of Music » [LONGUET-HIGGINS 1978/1987]. Dans ce dernier écrit, les concepts de la théorie générative de Chomsky sont appliqués aussi bien à la perception des relations tonales qu'à la perception du

[172] Voir, par exemple, l'article de François-Bernard Mâche intitulé « Les procédures d'analyse sémiologique » [MÂCHE 1986/2000, 242]. Nous préférons cependant considérer les grammaires génératives comme une approche indépendante de toute démarche sémiotique et donc constituant une catégorie à part entière. Notons également que le concept de « grammaire transformationnelle » n'est aucunement lié à la notion de

rythme. L’écrit contient plusieurs éléments novateurs dans le discours théorique sur la musique et la prise en compte du caractère cognitif de l’expérience musicale inaugure en même temps une nouvelle discipline, la « Psychologie cognitive de la musique ». Le problème d’une grammaire générative est lié, selon C. Longuet-Higgins, aux mécanismes perceptifs, un aspect qui sera l’hypothèse de départ de Fred Lerdahl et Ray Jackendoff dans leur approche générative de la musique tonale [LERDAHL et JACKENDOFF 1983]. Cependant, à la différence de la démarche analytique des deux théoriciens américains, l’application des théories de Chomsky à la musique par C. Longuet-Higgins relève d’une perspective qui considère la *formalisation* comme une étape privilégiée du processus de théorisation.

C. Longuet-Higgins est aussi l’un des premiers théoriciens à avoir envisagé une réflexion sur l’intelligence artificielle et la cognition musicale à partir d’une étude computationnelle des grammaires génératives. Comme il l’affirme dans un article récent intitulé « Artificial intelligence and musical cognition », une étape préalable à toute représentation des structures musicales en termes computationnels réside dans la construction d’une « *théorie formelle précise de la structure musicale et pour cela des analogies peuvent être établies entre la musique et le langage naturel* » [LONGUET-HIGGINS 1994, 103-113]. Ces analogies concernent aussi bien les structures métriques, qui « *ressemblent aux structures syntaxiques en étant générées par des grammaires de structure de phrases* [phrase-structure grammars] » [LONGUET-HIGGINS 1994, 103]. En ce qui concerne le domaine des hauteurs, Longuet-Higgins met en évidence le fait que les intervalles dans la musique occidentale forment une structure de *groupe* qui est engendrée par l’octave, la quinte et la tierce. Cette structure est donc le point de départ de toute application computationnelle, pourvu qu’elle ne soit pas identifiée avec le cas particulier du groupe cyclique, valable exclusivement pour un tempérament égal.

Nous voudrions terminer cette présentation de l’application de la théorie des grammaires génératives à la musique par une discussion sur la démarche computationnelle en analyse musicale proposée par le musicologue italien Mario Baroni qui, à la différence de C. Longuet-Higgins, ne prend pas comme point de départ la nature algébrique de l’organisation des hauteurs et des rythmes. La publication récente de l’ouvrage *Le regole della musica* [BARONI *et al.* 1999] permet de suivre l’élaboration théorique du concept de grammaire

transformation formelle telle que nous l’avons esquissée à partir des deux études de David Osmond-Smith ni à celle d’analyse transformationnelle au sens de David Lewin.

transformationnelle à partir des idées de Chomsky et l'articulation entre théorie de la musique et analyse musicale. Par rapport à la typologie présentée par Ruwet, qui voyait la théorie des grammaires génératives comme des approches « compositionnelles » allant du code au message, Baroni inscrit sa démarche dans une perspective computationnelle qui est à la base analytique. Comme il affirme,

> « *la tradition de la théorie de la musique en occident […] est un essai constant de conjuguer la compétence intuitive et la connaissance rationnelle des règles. […] Le but de notre approche n'est pas de générer de la musique avec l'ordinateur ; s'il est vrai que la production musicale était nécessaire, l'objectif était simplement de vérifier si l'ensemble des règles était véritablement explicite, complet et non-contradictoire* » [BARONI *et al.* 1999, xi].

L'articulation entre théorie et analyse est développée en particulier dans le chapitre qui considère le problème du style comme l'un des champs d'application des grammaires génératives à l'analyse musicale. L'analyse est donc, avant tout, analyse d'un répertoire donné, ce qui relève d'une position épistémologique très différente de celle, par exemple, de l'approche informationnelle ou de l'approche sémiotique. Dans le cas de la théorie de l'information, comme nous avons essayé de le montrer, la théorie constitue un cadre général qui peut s'appliquer, a priori sans aucune restriction, à tout *message*. Autrement dit, le répertoire change mais cela ne met pas en cause la théorie formelle. Dans le cas des théories génératives, chaque répertoire défini un ensemble de conventions grammaticales dont l'analyse permet de tirer les *règles* spécifiques au corpus choisit. L'aspect computationnel est à la fois une conséquence du caractère formel des grammaires transformationnelles, mais aussi une condition nécessaire pour comparer des analyses sur différents *messages* appartenant au même répertoire.

On pourrait partir de cette modalité d'articulation entre théorie et analyse pour mettre en évidence deux des enjeux fondamentaux de l'approche algébrique : créer une théorie formelle suffisamment générale pour être adaptée à plusieurs répertoires sans changement de ses principes de base et rendre calculable le processus de codification des outils théoriques comme étape préliminaire d'une application analytique.

Il nous semble que ces deux caractéristiques sont présentes dans toutes les approches analytiques qu'on peut qualifier d'« algébriques ». Mis à part le cas de la *Set Theory* américaine et de ses ramifications transformationnelles, l'approche algébrique anime également les travaux d'André Riotte et Marcel Mesnage sur la modélisation informatique de partitions, les approches néo-riemanniennes, l'application de la théorie mathématique de la musique à l'analyse assistée par ordinateur et certains travaux d'ethnomusicologie de Marc Chemillier[173]. Ne pouvant pas détailler chaque approche analytique précédente, nous avons choisit de nous concentrer sur la relation entre outils théoriques et application analytique dans la *Set Theory* américaine, aussi bien dans sa forme classique que dans ses ramifications transformationnelles plus récentes. Cela nous offrira la possibilité de mettre encore plus en évidence le caractère computationnel d'une approche algébrique dans la musicologie du XX[e] siècle.

[173] Nous avons déjà mentionné à plusieurs reprises l'approche computationnelle introduit en analyse musicale par André Riotte et Marcel Mesnage. En ce qui concerne les théories néo-riemanniennes, nous renvoyons à la thèse d'Eduard Gollin intitulée *Representations of space and conceptions of distance in transformational music theories* [GOLLIN 2001], sans doute une des meilleures discussions du fondement algébrique de l'approche néo-riemannienne en analyse musicale. En ce qui concerne les applications analytiques de la théorie mathématique de la musique, en particulier par le logiciel *Rubato*, voir *The Topos of Music* [MAZZOLA 2003]. La voie algébrique en ethnomusicologie a été ouverte par Marc Chemillier avec une étude systématique des structures de hauteurs dans le répertoire de harpe de la tribu Nzakara ainsi que de certaines propriétés d'imparité rythmique de la tribu des Pygmés Aka d'Afrique centrale. Pour une étude introductive aux aspects formels dans la recherche ethnomusicologique, voir l'article « Ethnomusicology, Ethnomathematics. The Logic Underlying Orally Transmitted Artistic Practices » [CHEMILLIER 2002]. L'énumération des structures ayant les propriétés d'imparité rythmique est décrite à l'aide d'outils d'algèbre combinatoire dans l'article « Computation of words satisfying the "rhythmic oddity property" (after Simha Arom's works) » [CHEMILLIER et TRUCHET 2003].

2.2 *Une introduction analytique à la Set Theory d'Allen Forte et à la théorie transformationnelle de David Lewin*[174]

Nous avons montré, au cours du premier chapitre, comment depuis les années soixante la recherche théorique en musique s'est penchée sur des questions de formalisation des structures musicales. Les idées et les outils proposés par les compositeurs-théoriciens dont nous avons d'étudié quelques aspects théoriques ont trouvé leur véritable dimension musicologique à l'intérieur d'une démarche analytique qui a pris le nom, aux États-Unis, de *Set Theory*. Dans son expression la plus élémentaire, la *Set Theory* propose un protocole d'écriture sous forme symbolique des collections de notes (accords, agrégats, profils mélodiques, etc.) considérées par l'analyste comme formant des unités pertinentes au sein de l'œuvre étudiée. Cette écriture facilite par la suite la mise en relation de ces collections via des concepts ensemblistes (comme l'inclusion et la complémentarité) et algébriques (en particulier autour de la notion de transformation)[175]. Au-delà des similitudes de surface, essentiellement liées à la dimension formelle commune à l'approche « classique » et à l'approche « transformationnelle », certaines différences fondamentales séparent la démarche analytique d'Allen Forte de celle inaugurée par David Lewin et prolongée aujourd'hui par une communauté très active de théoriciens et d'analystes[176]. Ces différences relèvent, précisément, de la place occupée par l'algèbre dans les deux approches. Bien que la *Set Theory* d'Allen Forte puisse être interprétée à l'intérieur d'un paradigme algébrique[177], l'approche

---

[174] Cette section se veut une introduction « analytique » à quelques concepts théoriques à la base de la *Set-Theory*, aussi bien dans sa forme « classique » (Allen Forte) que dans ses versants « transformationnels » récents (David Lewin). Elle développe de façon systématique le contenu d'un article introductif à cette approche analytique, écrit avec la complicité du théoricien Stéphan Schaub [ANDREATTA et SCHAUB 2003]. L'étude avait un caractère pédagogique et était destinée à préparer le lecteur sur les sujets du Colloque International *Autour de la Set Theory* (Ircam 15-16 octobre 2003).

[175] Remarquons tout de suite que la « théorie des ensembles » (*Set Theory*) en musique, bien qu'empruntant certains éléments conceptuels et terminologiques à la théorie homonyme en mathématiques, ne doit pas être confondue avec cette dernière. De même, le terme « transformationnel » n'est, dans ce contexte, aucunement lié à la théorie proposée par Noam Chomsky en linguistique. Cependant, comme le logicien Oren Kolman l'a récemment montré [KOLMAN 2003], certaines constructions théoriques issues de l'approche transformationnelle de David Lewin, ont une interprétation naturelle à l'intérieur de la *théorie des modèles*, discipline mathématique née autour des années cinquante d'une « collision » entre la logique et l'algèbre (pour reprendre une heureuse expression du mathématicien S. MacLane). Une perspective philosophique sur le rapport entre théorie des modèles et musique a été récemment proposée par F. Nicolas à partir des thèses du philosophe A. Badiou [BADIOU 1969]. Nous renvoyons en particulier à l'article « Qu'espérer des logiques musicales mises en œuvre au XXe siècle » [NICOLAS 2000].

[176] Le dernier *Transformational Institut*, qui s'est déroulé récemment au *Mannes Institute for Advanced Studies in Music Theory* de New York (21-24 juin 2003), a contribué à définir la place de cette nouvelle discipline théorique et analytique à l'intérieur de la communauté des théoriciens de la musique et des musicologues.

[177] Cette discussion du caractère algébrique de la *Set Theory* sera envisagée dans l'*Interludium* qui conclut ce deuxième chapitre.

« classique » reste attachée à la primauté de la notion d'« ensemble » sur celle de « structure ». Ce n'est donc qu'avec la théorie transformationnelle de David Lewin qu'on peut commencer à parler du caractère algébrique de l'application analytique de la *Set Theory*. Cependant, avant de discuter la place de l'approche de Lewin dans l'analyse musicale, nous allons reprendre quelques concepts théoriques communs à la démarche de Forte et à celle de Lewin, à partir de l'écriture symbolique et la représentation d'éléments musicaux. Nous retrouvons ainsi, d'un point de vue analytique, le concept de classe de hauteurs dont nous avons montré les propriétés algébriques de base au cours de la première partie.

2.2.1 De la notion de classe de hauteurs au concept de contenu intervallique

Toute analyse appliquant les principes de la *Set Theory* se fonde sur la notion de « classe de hauteurs » (*pitch class*) telle que Milton Babbitt l'a introduite en musique à partir de la notion mathématique de « congruence ». Rappelons que les classes de hauteurs permettent de représenter les hauteurs de la gamme chromatique via une double simplification : d'une part l'identification enharmonique, qui permet de réduire à douze le nombre d'éléments distincts à l'intérieur d'une octave, et d'autre part la réduction à l'octave, permettant d'identifier des notes ayant entre elles un rapport d'octave (ou de multiple d'octaves). Comme nous l'avons montré, la notation numérique introduite par Milton Babbitt[178] permet de représenter l'espace tempéré avec les douze *entiers des classes de hauteurs*, sans établir de relation privilégiée entre la note *do* et l'entier 0. Autrement dit, le choix de l'emplacement de l'origine est tout à fait arbitraire. D'autres théoriciens que Milton Babbitt, en particulier George Perle et David Lewin, ont traité cet aspect et proposé des systèmes à origine variable [*movable-DO systems*]. David Lewin est probablement l'un de premiers théoriciens à avoir formalisé le processus de construction d'un système musical indépendant de l'origine, et à avoir analysé ses conséquences sur la notion d'*intervalle* entre classes de hauteurs[179]. Cependant, pour des raisons de commodité, les analyses basées sur la *Set Theory* identifient de façon conventionnelle le *do* avec l'entier de classe de hauteurs 0. En outre, toujours par une convention inspirée par la réflexion de Babbitt sur le dodécaphonisme, une collection de

---

[178] Ou par Camille Durutte, si l'on veut remonter aux sources de l'application du concept de congruence modulaire en théorie de la musique, comme nous l'avons vu dans la première partie (voir également notre discussion sur les séries tous-intervalles dans l'*Interludium* qui conclut la partie théorique et qui montre une utilisation consciente des méthodes algébriques en théorie de la musique à partir de années trente par le théoricien danois Thorvald Otterström).

[179] Cette analyse est développée, en particulier, dans l'article « A label-free development for 12-pitch-class systems » [LEWIN 1977]. Rappelons qu'en Europe on retrouve les mêmes préoccupations chez Iannis Xenakis,

classes de hauteurs ou *pitch-class set*, ne tient compte ni de l'ordre ni de la fréquence d'apparition de ses éléments. Ainsi, les diverses écritures {0, 4, 7}, {0, 7, 4}, {0, 4, 4, 7} etc. représentent, *de facto*, la même organisation de hauteurs, dans ce cas particulier l'accord de *do* majeur.

Il faut souligner que la notation que nous adoptons diffère quelque peu de celle utilisée dans la *Set Theory*. Selon la convention introduite par Forte dans son ouvrage de référence *The Structure of Atonal Music* [FORTE 1973], les ensembles de classes de hauteurs sont généralement notés entre crochets, notation que nous introduirons plus bas avec la notion d'ensemble de classes de hauteurs « abstrait ». Pour ce qui concerne la terminologie en général, nous nous conformerons aux traductions proposées dans les articles parus dans la revue *Analyse Musicale* et au glossaire des termes analytiques contenus dans la version française de l'ouvrage *Analysis* d'Ian Bent et Willian Drabkin [BENT et DRABKIN 1987/1998].

Une analyse appliquant les principes de la *Set Theory* commence donc typiquement par la transcription sous forme d'ensemble de classes de hauteurs des groupes de notes considérés comme formant des unités au sein de l'œuvre étudiée. À la différence d'autres approches analytiques, comme la théorie générative de la musique tonale de Fred Lerdhal et Ray Jackendoff dont nous avons souligné dans la section introductive de ce deuxième chapitre le caractère « prescriptif », la *Set Theory* n'établit pas de critères généraux de « segmentation », qui sont donc laissés au soin de l'analyste. Il s'agit d'une des difficultés majeures dans l'application d'outils formels à l'analyse musicale, un problème qui nous encourage à proposer une première distinction entre la *Set Theory* « classique » et l'approche transformationnelle. La généralité des concepts théoriques de la *Set Theory* contraste avec le caractère « contextuel » d'une démarche analytique qui vise à rendre compte des spécificités de l'œuvre.

Allen Forte discute la notion de critère « contextuel » en ce qui concerne le processus de segmentation à propos de sa courte analyse des *Cinq pièces pour Orchestre* Op. 10/4 d'Anton Webern. Dans sa démarche analytique, Forte introduit la notion de « segment composé » [*composite segment*], à savoir une partie (horizontale ou verticale) de la partition constituée de l'interaction de plusieurs unités élémentaires, c'est-à-dire de plusieurs « segments primaires » [*primary segment*], dans la terminologie de Forte. Autrement dit, « *un segment composé est*

---

dont la formalisation des échelles à travers la théorie des cribles, que nous avons discutée dans la première *un segment formé par des segments ou des sous-segments qui sont contigus ou qui sont imbriqués en quelque mesure* » [FORTE 1973, 84]. Dans le cas de l'analyse de la pièce de Webern, le processus de segmentation tient compte de la relation étroite entre les composantes horizontales et verticales des segments. En général, comme Forte le met en évidence à partir de l'exemple particulier de cette pièce, « *le processus de segmentation conduit a une stratification temporelle [layering] dans laquelle certaines composantes sont en dessous (ou au dessus) d'autres, pendant que d'autres peuvent toujours avoir des intersections dans des sous-segments communs* » [FORTE 1973, 91]. La nature plus ou moins profonde d'une stratification donne une mesure, selon Forte, de la « complexité » d'un passage analysé. En outre, la segmentation par des segments composés met en évidence le rôle « contextuel » de certaines relations qui ont une validité « locale », par rapport à un critère de segmentation choisi. Un des critères que Forte évoque le plus souvent est celui de la récurrence, c'est-à-dire de la réapparition d'un même segment élémentaire ou composite dans une analyse visant à établir le rôle structural (non simplement contextuelle) d'un segment donné. L'hypothèse sur laquelle repose le processus de segmentation de la *Set Theory* proposée par Forte est bien résumée dans le passage qui conclut la discussion sur la pièce de Webern :

> « *Si un segment particulier forme un ensemble [de classe de hauteurs] qui est représenté ailleurs dans la musique, il est probablement un candidat légitime pour être une composante structurelle. D'autre part, un segment qui forme un ensemble qui a une seule occurrence peut avoir sa raison d'être* » *[FORTE 1973, 91]*[180].

Nous reviendrons sur le caractère « contextuel » du processus de segmentation dans une analyse basée sur la *Set Theory* lorsqu'on discutera, à partir du même exemple musical, la démarche transformationnelle de David Lewin. En fait, l'analyse de l'Op. 10/4 d'Anton Webern par David Lewin [LEWIN 1993] est à la fois un hommage à Allen Forte mais aussi un exemple pédagogique des difficultés qu'on rencontre dès qu'on cherche des interactions

---

partie, permet de conserver l'indépendance du système musical par rapport à toute origine.

[180] Cette hypothèse guide Allen Forte dans sa célèbre analyse du *Sacre du Printemps* de Stravinsky [FORTE 1978]. Pour discuter l'organisation harmonique, un catalogue des « nouvelles sonorités » est établi avec une analyse détaillée des occurrences des ensembles de classes de hauteurs dans les quatorze mouvements qui constituent l'œuvre. On peut remarquer, comme le fait Forte, que *« l'œuvre utilise 35 des 50 hexacordes possibles. Tous les 38 pentacordes (ou les heptacordes complémentaires) sont présents, ainsi que tous les tétracordes et les ensembles de huit notes* » [FORTE 1978, 19]. Pour compléter la statistique de Forte, ajoutons que le seul tétracorde qui soit absent dans le *Sacre*, selon la segmentation proposée par Forte, est l'ensemble {0, 2, 4, 8}. Cette démarche a été fortement critiquée par certains analystes qui ont soulevé la question de la pertinence de la relation d'équivalence à la base de la *Set Theory* pour aborder un répertoire qui ne s'apparente pas à la musique atonale de Schoenberg et Webern, pour qui avait été bâtie la théorie à l'origine. Voir en

entre l'approche transformationnelle et l'approche classique. Nous allons donc tout d'abord présenter les éléments de base de l'approche d'Allen Forte, en nous appuyant sur la représentation circulaire que nous avons abondamment discutée dans la partie précédente. Comme nous allons le voir plus loin, cette représentation facilite l'assimilation de certaines transformations qui sont couramment appliquées aux ensembles de classes de hauteurs. Notons que cette démarche, privilégiant la représentation graphique au simple calcul numérique, est entièrement absente des ouvrages de référence de la *Set Theory* d'Allen Forte (*The Structure of Atonal Music*), John Rahn (*Basic Atonal Theory*), Robert Morris (*Composition with Pitch-Classes*) ou Joseph Straus (*Introduction to Post-Tonal Theory*), ainsi que des textes plus avancés de théorie de la musique, comme les *Class Notes for advanced Atonal Music Theory* de Robert Morris. Elle est en revanche couramment employée par les théoriciens des systèmes diatoniques [*diatonic theory*], dont nous avons mentionné dans la première partie la proximité avec les théories d'Anatol Vieru, et cela à partir de l'un des articles fondateurs de cette approche [CLOUGH et MYERSON 1985]. Remarquons également qu'en France, des théoriciens tels qu'André Riotte et Marcel Mesnage ont montré son utilité pour la formalisation des structures musicales ainsi que pour la modélisation informatique de partition [RIOTTE et MESNAGE, 2003][181].

La représentation circulaire, comme nous l'avons souvent fait remarquer, est aussi utile pour représenter les relations entre hauteurs que les relations entre intervalles. En effet, le concept de « classe d'intervalles » découle directement de la définition de « classe de hauteurs » que nous avons donnée précédemment. Les classes d'intervalles ne sont pas autre chose que les intervalles musicaux classiques représentés numériquement par le nombre de demi-tons qu'ils contiennent. Ainsi, la seconde mineure est représentée par 1, la seconde majeure par 2, la tierce mineure par 3 et ainsi de suite. Comme pour les hauteurs, les intervalles sont exprimés modulo l'octave : le 7 représente donc autant la quinte juste que ce même intervalle augmenté d'un multiple entier d'octaves. C'est pour cette raison qu'on parle de « classes » d'intervalles et non simplement d'intervalles et que ces classes sont au nombre restreint de douze, de la seconde mineure à l'octave. Dans la théorie Forte, une équivalence formelle est établie entre un intervalle et son inverse : les deux font donc partie de la même « classe ». Ainsi, l'intervalle de seconde mineure et son inverse, la septième majeure, sont

particulier l'échange très animé entre Richard Taruskin et Allen Forte publié dans le double numéro 5 (2-3) de la revue *Music Analysis* (1986, pp. 313-320 et pp. 321-337).

tous deux représentés par 1, celui de seconde majeure et de septième mineure par 2 et ainsi de suite. Nous n'entrerons pas ici dans une discussion sur la légitimité d'une telle écriture, question qui a été débattue dans nombre d'articles[182]. Cependant, l'équivalence par inversion découle directement de l'idée de réduction à l'octave et sera explicitée lorsqu'on abordera la discussion sur le concept de « vecteur d'intervalles ». Tout ensemble de hauteurs, dès lors qu'il contient au moins deux éléments, délimite un certain nombre d'intervalles auxquels la *Set Theory* s'intéresse particulièrement.

Il existe plusieurs formes de description des intervalles contenus dans un ensemble reposant sur la notion de structure intervallique telle que nous l'avons discutée dans notre présentation de la théorie modale d'Anatol Vieru. Dans la *Set Theory* américaine, deux formes de représentations intervalliques se sont imposées, l'une dans le cadre de l'approche classique, l'autre dans celui de la démarche transformationnelle : le vecteur d'intervalles de Forte et la fonction intervallique de Lewin. Paradoxalement, la fonction intervallique a été le premier concept qui a été formalisé et cela à une époque antérieure aux premières formulations de la *Set Theory* par Allen Forte. Nous allons donc commencer par ce concept qui représente une première généralisation de la structure intervallique d'Anatol Vieru.

2.2.2 La fonction intervallique IFUNC

La « fonction intervallique » IFUNC a été proposée par Lewin dans un article paru à la fin des années cinquante [LEWIN 1959]. Il s'agit donc, comme nous l'avons souligné, d'un concept antérieur à la parution de l'ouvrage *The Structure of Atonal Music* d'Allen Forte ainsi que de l'article qui fonde la théorie des ensembles (complexes) en musique [FORTE 1964][183].

La fonction intervallique peut être définie pour un ensemble de classes de hauteurs ou bien pour des ensembles différents. Dans le premier cas, les classes d'intervalles recensées sont toutes celles définies entre une classe de hauteurs donnée et les autres classes de hauteurs

---

[181] Nous avons également discuté les liens entre représentation circulaire, *Set Theory* et informatique, dans un article intitulé « Formalisation algébrique des structures musicales à l'aide de la *Set-Theory* : aspects théoriques et analytiques « [ANDREATTA et AGON 2003].

[182] Voir par exemple les critiques de Célestin Deliège [DELIEGE 1989] et la réponse d'Allen Forte [FORTE 1989] lors du premier Colloque Européen d'Analyse Musicale ainsi que l'évaluation de la *Set Theory* par le compositeur et théoricien américain George Perle [PERLE 1990].

[183] Ajoutons aussi qu'à la différence du concept de « vecteur d'intervalles », qui semble avoir été suffisamment exploré d'un point de vue théorique, l'étude de la fonction intervallique est loin d'être achevée, comme le montre l'un des derniers articles de David Lewin [LEWIN 2001]. Cette observation a été corroborée par les récents travaux du *Transformational Institut* auxquels nous avons pu participer et qui ont mis en évidence la généralité de cet outil théorique qui trouve des applications analytiques qui vont bien au-delà de la musique atonale (par exemple qui touchent des traditions de musique non-écrite, comme l'a montré Robert Morris à propos de la musique *Hindustani* et *Carnatique* respectivement du nord et du sud de l'Inde).

contenues dans l'ensemble. Ainsi, l'ensemble de classes de hauteurs {0, 4, 7}, correspondant à l'accord de *do* majeur, délimite six classes intervallque : 4, 7, 3, 8, 5 et 9 (respectivement de 0 à 4, de 0 à 7, de 4 à 7, de 4 à 0, de 7 à 0 et enfin, de 7 à 4). On remarquera que deux classes de hauteurs délimitent entre elles deux classes d'intervalles dont l'une est l'inverse de l'autre. En effet, l'intervalle allant de 0 à 4 correspond à la classe d'intervalle 4, celui entre 4 et 0 à la classe d'intervalle 8. À la différence de l'équivalence formelle introduite par Forte entre une classe d'intervalles et son inverse, la fonction IFUNC recense les deux occurrences séparément.

Le résultat de ce « recensement » est ensuite écrit sous la forme d'un vecteur contenant douze entrées. La première, notée IFUNC(0), indique le nombre de classes d'intervalles 0 (c'est-à-dire le nombre d'unissons)[184]. La seconde, IFUNC(1), indique le nombre de secondes mineures et ainsi de suite jusqu'à la dernière entrée, IFUNC(11), qui indique le nombre de classes d'intervalles 11 (septièmes majeures). Dans le cas de l'accord de *do* majeur, on aura donc le résultat suivant :

IFUNC = [3 0 0 1 1 1 0 1 1 1 0 0].

La définition précédente se généralise facilement dans le cas de deux ensemble de classes de hauteurs différentes. Soient A et B deux collections de notes. Pour tout intervalle i entre 0 et 11, IFUNC $(A, B)(i)$ détermine le nombre de couples de notes (a, b), avec a et b respectivement dans A et B, pour lesquelles l'intervalle entre a et b est égal à i. Par exemple, considérons les deux hexacordes mutuellement complémentaires H={0, 1, 2, 5, 6, 8} et H'={3, 4, 7, 9, 10, 11}. Si l'on calcule IFUNC dans le cas des deux ensembles de classes de hauteurs précédents H et H', on obtient le résultat suivant :

IFUNC (H,H') = [0 3 4 4 3 3 2 3 3 4 4 3].

Ce vecteur restitue, sous une forme compacte, les douze valeurs obtenues par IFUNC (H, H')(i) pour i = 0, 1, …11. Par exemple, IFUNC (H, H')(0) est égale à 0 car les deux hexacordes n'ont aucune note commune (il n'y a aucun « unisson » entre les éléments des ensembles). Par contre, il est possible de trouver quatre paires d'éléments, le premier élément dans H, le second dans H', qui sont à distance d'une seconde majeure. La valeur apparaissant dans la troisième entrée de la fonction IFUNC est donc de quatre, comme le montre la figure suivante :

[184] Notons que cette valeur correspond à la cardinalité de l'ensemble, c'est-à-dire au nombre de ses éléments.

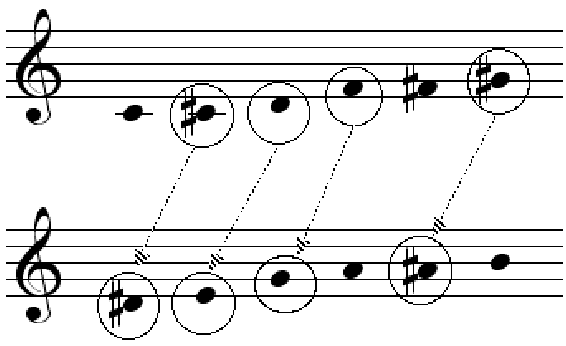

Figure 52 : Deux hexacordes mutuellement complémentaires et leur fonction intervallique IFUNC(2) = 4

2.2.3 Le vecteur d'intervalles

Le *vecteur intervallique* (*interval vector*) de Forte recense les six classes d'intervalles (à une inversion près). Il est en tout point similaire à la fonction intervallique IFUNC de Lewin, à ceci près que le vecteur utilisé n'a que six entrées allant de la classe d'intervalles 1 à la classe d'intervalles 6. En outre, dans le cas où les deux classes d'intervalles sont inverses l'une de l'autre, une seule valeur est recensée. Dans le cas de l'ensemble de classes de hauteurs correspondant à l'accord de *do* majeur, le vecteur d'intervalles sera donc [0 0 1 1 1 0]. On remarquera la correspondance entre cette représentation du contenu d'intervalles et la fonction intervallique. En effet, les six entrées du vecteur d'intervalles de Forte ne sont pas autre chose que les entrées 2 à 7 de la IFUNC de Lewin.

La figure suivante exprime le contenu intervallique dans le cas de trois pentacordes présents dans le *Klavierstück III* de Karlheinz Stockhausen. Il s'agit des ensembles de classes de hauteurs suivants :

A = {3, 8, 9, 10, 11},

B = {5, 8, 9, 10, 11}

C = {2, 3, 4, 5, 11}.

Nous avons ajouté à la fonction intervallique IFUNC et au vecteur d'intervalles VI la structure intervallique (SI) de Vieru. Ces trois représentations du contenu intervallique d'un ensemble de classes de hauteurs reflètent trois degrés d'abstraction différents. Leur « comportement » se clarifiera dès que seront abordées les transformations élémentaires d'ensembles de classes de hauteurs.

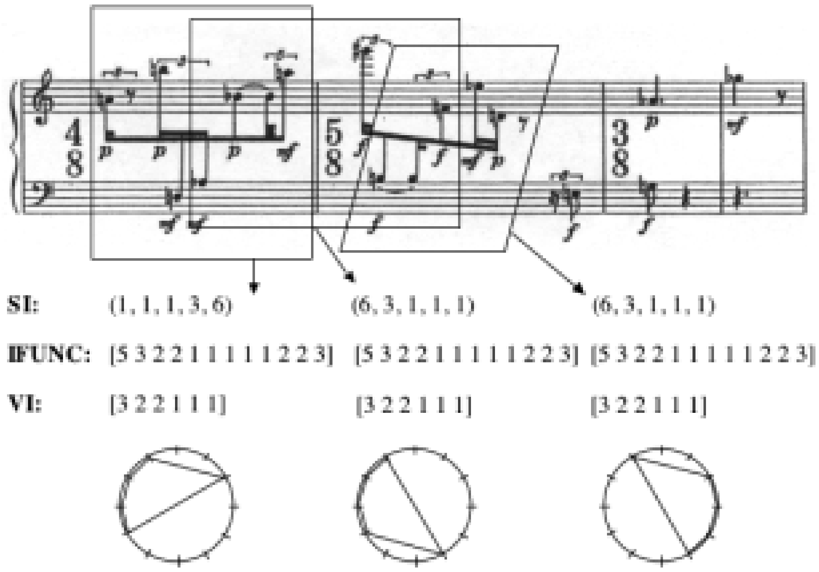

Figure 53 : Trois pentacordes, leur contenu intervallique et leur représentation circulaire

Comme l'observe Anatol Vieru dans sa (re)lecture de la *Set Theory* américaine à travers les concepts de base de la théorie modale, le vecteur d'intervalles de Forte peut être obtenu directement à partir de la structure intervallique[185]. En effet, il suffit de repérer combien d'éléments de la structure intervallique sont égaux à 1. Le résultat sera la première entrée du vecteur d'intervalles de Forte. De même, le nombre de possibilités d'obtenir la valeur 2 par addition d'éléments contigus de la structure intervallique donne la deuxième entrée du vecteur de Forte et ainsi de suite. Le processus est montré par la figure suivante dans le cas du premier des trois pentacordes de l'exemple précédent :

	1	2	3	4	5	6	(entrées du vecteur)
(1, 1, 1, 3, 6)	3						
(1, 1, 1, 3, 6)		2					
(1, 1, 1, 3, 6)			2				
(1, 1, 1, 3, 6)				1			
(1, 1, 1, 3, 6)					1		
(1, 1, 1, 3, 6)						1	

Figure 54 : Relation entre structure intervallique et vecteur d'intervalles

La technique suggérée par Vieru peut s'appliquer aussi dans le cas de la structure intervallique de David Lewin. Pour cela, il faut d'abord introduire la valeur i=0 de la structure intervallique, valeur qui correspond au nombre d'éléments de l'ensemble. Pour cela il suffit

[185] Voir la revue de l'ouvrage *Basic Atonal Theory* de John Rahn par Anatol Vieru, publié dans le « Bulletin d'Informations de l'Union des Compositeurs de la République Socialiste de Roumanie » [VIERU 1987].

de compter le nombre d’entrées de la structure intervallique (dans ce cas 5) et l’on obtient la valeur cherchée. Notons que pour les entrées de la structure intervallique supérieures à la sixième, les valeurs se disposent de façon symétrique par rapport à l’intervalle de triton. Autrement dit, la fonction intervallique (une fois enlevée sa première valeur) est toujours palindromique. Cela offre à la théorie de Forte un argument majeur pour restreindre l’étude des classes d’intervalles aux seules valeurs comprises entre 1 et 6.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
(1, 1, 1, 3, 6)	5									
(1, 1, 1, 3, 6)		3								
(1, 1, 1, 3, 6)			2							
(1, 1, 1, 3, 6)				2						2
(1, 1, 1, 3, 6)					1				1	
(1, 1, 1, 3, 6)						1		1		
(1, 1, 1, 3, 6)							1			

Figure 55 : Relation entre structure intervallique et fonction intervallique

Mis à part le cas de la fonction intervallique entre deux ensembles, nous nous sommes concentrés jusqu’à maintenant sur l’étude de la structure interne d’un ensemble de classes de hauteurs. Nous allons maintenant étudier quels sont les critères de base pour mettre en relation des ensembles de classes de hauteurs différentes.

2.2.4 Les transformations élémentaires d’un ensemble de classes de hauteurs

Le premier niveau de relation entre ensembles de classes de hauteurs différents se définit via le concept de *transformation* dont les trois formes principales sont la *transposition*, l’*inversion* et la *multiplication*[186]. Deux ensembles de classes de hauteurs sont alors considérés comme apparentés lorsque l’un est le résultat de l’autre par l’une ou plusieurs de ces transformations.

---

[186] Ou *application affine*. À la différence de la transposition et de l’inversion, la définition de la multiplication est inséparable de la représentation numérique des classes de hauteurs. En effet, la multiplication d’un ensemble de classes de hauteurs est l’ensemble résultant de la multiplication par une des constantes 1, 5, 7 ou 11 de chaque classe de hauteurs de l’ensemble, la multiplication par 1 reflétant l’identité et la multiplication par 11 l’inversion. Nous avons mentionné la signification musicale de la multiplication par 5 ou par 7 dans la théorie modale (degré de diatonicisme et de chromatisme d’un mode) ainsi que dans la théorie mathématique de la musique de Guerino Mazzola. Nous n’allons pas discuter le catalogue des ensembles de classes de hauteurs à une transformation affine près, car il s’agit d’un sujet qui n’a pas été abordé dans ses ramifications analytiques par Allen Forte et David Lewin. Cependant, une discussion sur l’opération de multiplication d’un point de vue théorique est contenue dans l’ouvrage de John Rahn *Basic Atonal Theory* [RAHN 1980] ainsi que dans le traité compositionnel de Robert Morris, *Composition with Pitch-Classes* [MORRIS 1987]. Ce dernier ouvrage contient également le catalogue exhaustif des ensembles de classes de hauteurs à une multiplication près.

Le concept de transposition utilisé par la *Set Theory* est, dans ses grandes lignes, le même que pour la plupart des techniques analytiques traditionnelles. Le transposé *A'* de *n* demi-tons d'un ensemble de classes de hauteurs *A* est en effet obtenu en ajoutant *n* demi-tons à chacune des classes de hauteurs contenues dans *A.* La transposition est généralement définie en termes de demi-tons ascendants. Cette convention est due au fait que toute transposition d'un ensemble de classes de hauteurs est exprimable, du fait de la réduction à l'octave, en termes d'intervalles ascendants. On peut vérifier aisément que la transposition de *n* demi-tons descendants d'un ensemble de classes de hauteurs est formellement équivalente à la transposition de (12-*n*) demi-tons ascendants. Nous pouvons continuer à noter la transposition d'un ensemble de classes de hauteurs avec le symbole « T_{i} », comme nous l'avons fait dans le chapitre précédent, l'indice « i » indiquant le nombre de demi-tons de l'opération.

Rappelons que, géométriquement, cette transformation s'exprime sur la représentation circulaire par une rotation dans le sens des aiguilles d'une montre (ou anti-trigonométrique) d'un nombre d'unités égal au nombre de demi-tons utilisés pour la transposition.

En reprenant l'exemple du *Klavierstück III* de Stockhausen, on vérifie que le troisième pentacorde n'est rien d'autre que le transposé de six demi-tons du deuxième. On remarque que les trois formes de contenu intervallique sont laissées invariantes sous l'effet de cette opération. Il s'agit d'une propriété générale :

> *La transposition laisse toujours le contenu intervallique d'un ensemble de classes de hauteurs inchangé.*

Ce n'est pas le cas de l'opération d'inversion, qui correspond d'un point de vue géométrique à un miroir par rapport à l'un des 12 diamètres du cercle[187]. Si l'on note toujours « *I* » l'inversion par rapport au diamètre passant par les points 0 et 6, toute inversion par rapport à un axe de symétrie quelconque sera une combinaison de cette inversion « élémentaire » avec une transposition « T_{n} » de *n* demi-tons. La figure suivante montre comment le premier pentacorde du *Klavierstück III* peut être transformé en le deuxième via la transformation T_7I :

[187] Aux six diamètres différents passant par les couples de classes de hauteurs, il faut ajouter les six diamètres qui représentent des axes de symétries « entre » deux notes.

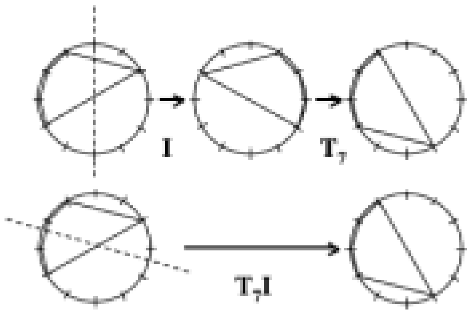

Figure 56 : Composition des deux transformations (une inversion suivie par une transposition)

En ce qui concerne le contenu intervallique, cette opération laisse inchangés aussi bien la fonction intervallique IFUNC que le vecteur d'intervalles. Cette observation est vraie en général :

Une combinaison d'inversions et de transpositions laisse toujours la fonction intervallique IFUNC et le vecteur d'intervalles d'un ensemble de classes de hauteurs inchangé.

La structure intervallique par contre est transformée dans son rétrograde, comme nous l'avons observé dans la présentation de la théorie modale. Les observations précédentes concernant le contenu intervallique des transformations d'un ensemble de classes de hauteurs ont été à la base des diverses tentatives de classification des collections de hauteurs. Une première approche, comme nous l'avons vu dans notre présentation de la théorie modale d'Anatol Vieru, a consisté à considérer exclusivement la structure intervallique, menant à une catégorisation des ensembles de classes de hauteurs par rapport à l'opération de transposition[188]. Deux ensembles appartiennent à une même « famille » lorsque l'un est la

[188] Pour reprendre une belle image poétique d'Anatol Vieru, la structure intervallique (ou structure modale, selon sa terminologie), est l'expression la plus directe, simple, laconique et complète d'un ensemble car dans une structure intervallique *« les traces du particulier s'effacent, seul le général demeure et l'idée de représentation est absente* » [VIERU 1987, 45]. Nous partageons l'avis du théoricien roumain en ce qui concerne la généralité de la notion de « structure intervallique » par rapport au cas particulier de l'« ensemble de classes de hauteurs ». Il s'agit d'un aspect sur lequel nous reviendrons dans la partie finale de ce travail, car on touche là des problèmes philosophiques concernant les méthodes algébriques en musique et musicologie. La démarche algébrique relève, en effet, d'une approche qu'on peut qualifier d'*opératoire*, à la différence du caractère *objectal* des notions de bases de la *Set Theory* classique. Cependant, le passage cité nous semble être ambigu quant à la nature de la notion de « représentation » appliquée à la structure intervallique. La notion de *représentation* est, nous semble-t-il, centrale, aussi bien pour le concept d'ensemble de classes de hauteurs que pour celui de structure intervallique. En effet, les deux notions utilisent la représentation des hauteurs (ou des intervalles) en termes de classes de congruence (modulo un nombre entier). Cependant, comme le souligne Vieru, le choix de la structure intervallique comme moyen de représentation des structure musicales n'est pas une simple convention. La théorie modale, affirme-t-il, vise à *« remplacer toutes les opérations modales […] par des structures modales [ou intervalliques]* [VIERU 1987, 45]. D'où la possibilité, que le compositeur considère comme l'une des abstractions majeures de son approche, d'établir des *« procédés permettant d'opérer la complémentarité, les inclusions, la multiplication, etc., directement sur la structure modale* » [VIERU 1987, 45-46].

transposition de l'autre. Il est alors aisé de vérifier que deux ensembles de classes de hauteurs font partie de la même « famille » en comparant leurs structures intervalliques respectives. Cette première démarche considère donc comme distincts deux ensembles liés par la transformation d'inversion. Forte va pour sa part définir des « familles « via les opérations d'inversion et de transposition. Deux ensembles de classes de hauteurs font partie de la même « famille » lorsqu'ils sont identiques à une transposition ou inversion près[189].

Dans le catalogue défini par Forte chaque famille d'ensemble de classes de hauteurs est notée par deux entiers séparés par un tiret. Le premier indique la cardinalité de l'ensemble, le second la position au sein du catalogue. À la différence de la classification basée sur la structure intervallique, ni le vecteur d'intervalles ni la fonction intervallique IFUNC ne permettent de caractériser de façon univoque un ensemble. En effet, deux ensembles de classes de hauteurs peuvent avoir le même vecteur d'intervalles sans que l'un soit une transposition ou une inversion de l'autre. La notion de *forme primaire* [*prime form*] d'un ensemble de classes de hauteurs a pour fonction de faciliter la comparaison entre ensembles et leur appartenance à l'une ou l'autre des familles définies. Tout ensemble de classes de hauteurs peut être réduit par une série d'inversions et de transpositions à une forme compacte unique commune à tous les ensembles d'une même famille. La comparaison de deux ensembles peut donc se faire en confrontant leurs formes primaires respectives, car deux ensembles de classes de hauteurs appartenant à des familles différentes ont des formes primaires distinctes.

Si le vecteur d'intervalles n'est pas suffisant pour associer un ensemble de classes de hauteurs à une entrée du catalogue, le fait que deux ensembles partagent un même vecteur n'en constitue pas moins une relation entre ces deux ensembles. Dans la terminologie de Forte, cette relation est appelée « relation Z » [*Z-relation*]. Notons que dans ses premières tentatives de classification, Forte a envisagé la possibilité d'utiliser le vecteur d'intervalles comme seul critère. Les raisons motivant son rejet de cette voie sont discutées en détail dans

[189] Formellement, le fait qu'on identifie des ensembles de classes de hauteurs à une transformation près (afin d'établir un catalogue exhaustif et cohérent) est lié à la notion de *relation d'équivalence* au sens mathématique, telle que nous l'avons discutée dans la première partie. En outre, d'un point de vue mathématique, on peut considérer les transformations musicales (transposition, inversion, multiplication) comme constituant un groupe qui *opère* sur la collection des hauteurs. On peut ainsi envisager la recherche d'un catalogue exhaustif d'accords (à une transformation musicale près) dans une perspective algébrique, comme *action* d'un groupe sur un ensemble. Les classes d'équivalences d'accords (à une transformation musicale près) sont donc les *orbites* d'un ensemble par rapport à l'action d'un groupe de transformations. On obtient les différents catalogues simplement en changeant le groupe qui opère sur l'ensemble des classes de hauteurs. Nous renvoyons à l'*Interludium* qui conclut ce deuxième chapitre pour une présentation de cette démarche à l'intérieur d'un travail d'implémentation des méthodes algébriques en musicologie computationnelle.

The Structure of Atonal Music[190]. Notons également que Forte a défini d'autres relations (Rp, R0, R1 etc.) pour établir des comparaisons entre des ensembles de classes de hauteurs différentes. Elles n'ont cependant pas eu le développement théorique d'autres concepts, et pour cette raison elles ne seront pas abordées ici.

2.2.5 Relations ensemblistes « littérales » et « abstraites » entre ensembles de classes de hauteurs

Outre la transposition, l'inversion et la multiplication, les relations entre ensembles de classes de hauteurs les plus élémentaires sont celles d'*inclusion* et de c*omplémentarité.* Ces relations sont de deux natures : *littérales* et *abstraites.* Nous avons déjà discuté le concept d'inclusion et de complémentarité littérale dans la première partie, en soulignant comment ces notions sont directement empruntées à la théorie élémentaire des ensembles.

Rappelons qu'un ensemble de classes de hauteurs *A* est dit inclus (littéralement) dans un ensemble de classes de hauteurs *B* si tous les éléments de *A* sont également éléments de *B.* Par exemple, l'intervalle de quinte, correspondant à l'ensemble {0, 7} est inclus dans l'accord parfait majeur, qui est représenté par l'ensemble de classes de hauteurs {0, 4, 7}.

De même pour le complémentaire : un ensemble *A* est le complémentaire (littéral) de l'ensemble de classes de hauteurs *B* si *A* et *B* n'ont aucun élément en commun et si tous les éléments qui ne sont pas dans *A* sont élément de *B* (et vice-versa). Par exemple, la gamme octotonique, {0, 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10}, est le complémentaire (littéral) de l'accord diminué qui est représenté par l'ensemble de classes de hauteurs {2, 5, 8, 11}. Nous retrouvons ainsi un résultat que nous avons discuté au cours du chapitre précédent, en particulier en analysant la théorie des cribles de Xenakis. Ces mêmes notions peuvent être définies au niveau plus abstrait des « classes d'équivalence » d'un accord par rapport à une transformation musicale particulière. Dans la *Set Theory* de Forte, un ensemble de classes de hauteurs *A* est alors dit inclus (de façon abstraite) dans un ensemble *B* s'il existe une relation d'inclusion littérale entre *A* et une transposition et / ou une inversion de *B.* De même pour la relation de complémentarité abstraite. Un ensemble de classes de hauteurs *A* est le complémentaire (abstrait) de *B* si cette relation est vraie dans le sens littéral entre *A* et une transposition et / ou une inversion de *B.*

Dans ce contexte abstrait, il est donc tout à fait possible que *A* soit inclus dans *B* alors que sur la partition étudiée les collections de notes représentées respectivement par *A* et par *B*

[190] Voir, en particulier, pp. 21-24.

n'ont aucun élément en commun. Il est également possible qu'un ensemble de classe de hauteurs soit inclus, au sens abstrait, dans son complémentaire[191].

Comme pour les transpositions et inversions, les relations ensemblistes qui viennent d'être définies renvoient également à des relations entre les vecteurs d'intervalles. Le cas de l'inclusion est relativement évident : lorsqu'un ensemble de classes de hauteurs *A* est inclus dans un autre ensemble *B* un certain nombre de classes d'intervalles seront nécessairement communes aux deux ensembles. La relation est moins évidente dans le cas du complémentaire. Comme nous l'avons vu dans la première partie, il existe cependant un théorème dû à Milton Babbitt stipulant qu'un hexacorde aura le même vecteur d'intervalles que son complémentaire. Une version généralisée montre qu'une relation forte existe toujours entre le vecteur d'intervalles d'un ensemble de classes de hauteurs et celui de son complémentaire[192]. Notons aussi que l'approche classique de la *Set Theory* donne un poids particulièrement important aux relations d'inclusion et de complémentarité. En effet, la combinaison de ces relations est à la base du concept de « complexe d'ensembles » [*set complex*] proposé par Forte au début des années soixante[193] et qui relie dans des réseaux relationnels toute une série d'ensembles de classes de hauteurs. L'ensemble des classes de hauteurs au « centre » de ce réseau est appelé le « nexus » du complexe. Forte définit deux formes de complexes : le complexe K et le complexe Kh.

---

[191] Certains ont cru voir là une contradiction logique au sein de la *Set Theory.* Tel n'est pas le cas puisque la relation (abstraite) d'inclusion opère entre l'ensemble considéré et une *transformation* de son complémentaire. Notons d'ailleurs que ce type de relation se rencontre fréquemment. Comme le souligne Peter Castine dans son ouvrage *Set Theory Objects*, toutes les triades, tétracordes et pentacordes (sauf un) sont inclus de façon abstraite dans leurs complémentaires [CASTINE 1994, 48]. Notons aussi que les relations abstraites d'inclusion et de complémentarité ont été également étudiées par Anatol Vieru et cela dans un paradigme théorique différent de celui de la *Set Theory* américaine. Pour une définition des concepts d'inclusion et de complémentarité à partir de la structure intervallique, voir le troisième chapitre de *The Book of Modes* [VIERU 1993, 52-81].

[192] Voir, en particulier l'article d'Howard J. Wilcox qui développe une généralisation du théorème de l'hexacorde à partir des tables de groupe [WILCOX 1983]. Nous présenterons par la suite une « version transformationnelle » du théorème de l'hexacorde de Babbitt qui généralise la formulation initiale à l'aide des outils théoriques introduits par David Lewin.

[193] La théorie des complexes d'ensembles est envisagée par Forte dans l'article «A Theory of Set-Complexes for Music » [FORTE 1964] et traitée, en détails, dans la deuxième partie de l'ouvrage *The Structure of Atonal Music* [FORTE 1973]. Selon les intentions de l'auteur, la théorie des complexes d'ensembles *« offre un modèle complet » des relations entre ensembles de classes de hauteurs en général et établit un cadre pour la description, l'interprétation, et l'explication de toute composition atonale* » [FORTE 1973, 93]. Cette approche est appliquée, de façon systématique, dans l'analyse du *Sacre du Printemps*, qui s'achève notamment avec un sommaire « statistique » des relations harmoniques dans la pièce. Nous n'entrerons pas dans une discussion épistémologique d'une telle approche. Cependant, le caractère taxinomique de la théorie des complexes d'ensembles met en évidence les différences profondes entre l'approche d'Allen Forte et la théorie transformationnelle de David Lewin. Cet élément sera plus clair une fois abordés les éléments majeurs de la démarche de David Lewin. Pour les développements plus récents autour de la théorie des complexes et sous-complexes d'ensembles, voir l'article de Robert Morris « K- Kh- and Beyond » [MORRIS 1997].

Pour le premier, un ensemble de classes de hauteurs *A* fait partie du *complexe* K autour de l'ensemble *A* (*A* est par définition le *nexus* du complexe) si *B* est en relation d'inclusion (abstraite) stricte soit avec *A* soit avec son complémentaire *A'*. Notons que « relation d'inclusion » signifie à la fois « inclure » et « être inclus ». En ce sens *A* « est en relation d'inclusion » avec *B* si *A* est inclus dans *B* ou *B* est inclus dans *A*. La notion plus restrictive de *sous-complexe* Kh stipule que la relation d'inclusion doit être vraie autant avec *A* qu'avec son complémentaire *A'*.

Une approche différente consiste à mettre en évidence des relations entre des objets en s'appuyant directement sur la notion de transformation. La place centrale que l'idée de transformation va prendre dans le processus analytique motive l'appellation de « théorie transformationnelle »[194]. À la différence de l'approche de Forte, celle-ci vise à recouvrir entièrement la partition étudiée à travers un enchaînement de transformations d'un ou d'un nombre restreint d'ensembles de classes de hauteurs. Cette forme d'analyse nécessite un outillage formel beaucoup plus abstrait et général. Cependant, le grand mérite de l'approche de Lewin est d'avoir su conjuguer le pouvoir d'abstraction des méthodes algébriques avec la prise en compte du « contexte » à travers lequel émerge la spécificité de l'œuvre analysée.

2.2.6 Les éléments de base de l'approche transformationnelle

Le point de départ adopté par Lewin consiste à définir un cadre conceptuel suffisamment large pour inclure les concepts de base de la *Set Theory* classique et proposer une généralisation à l'aide d'outils algébriques. Formellement, cette généralisation est obtenue à travers le concept de Système d'Intervalles Généralisés (*Generalized Interval System*, ci-après GIS)[195]. Formellement, un GIS est un ensemble d'objets musicaux *S*, avec un *groupe* d'intervalles généralisés (que Lewin note IVLS pour InterVaLS) et avec une fonction

---

[194] Les prémisses de cette approche peuvent être trouvées dans un article de David Lewin qui date du début des années quatre-vingt [LEWIN 1982-83].

[195] John Rahn suggère la traduction « Système Généralisé d'Intervalles », qui explicite le caractère généralisé du système théorique proposé par Lewin. Cependant, notre lecture vise à souligner l'effet de la généralisation sur le concept d'intervalle qui est, comme on l'a vu, le point de départ de la formalisation algébrique de Milton Babbitt, Iannis Xenakis et Anatol Vieru. En outre, le titre de l'ouvrage de Lewin, *Generalized Musical Intervals and Transformations*, semble aller vers la lecture que nous proposons. On pourrait montrer que les deux points de vue - système généralisé *vs* intervalles généralisés - sont équivalents du point de vue de l'approche transformationnelle car la notion de système est généralisée précisément grâce à la généralisation du concept d'intervalle.

« intervalle » *int* qui associe à deux objets a et b dans l'espace S un intervalle i*nt*(a,b) dans IVLS vérifiant les deux propriétés suivantes[196] :

1. Pour tous objets a, b, c dans S : $int(a,b) \bullet int(b,c) = int(a,c)$.
2. Pour tout objet a dans S et tout intervalle i dans IVLS, il y a un seul objet b dans S tel que $int(a,b)=i$.

Le deuxième chapitre du traité *Generalized Musical Intervals and Transformations*, offre plusieurs exemples démontrant la flexibilité du concept de GIS, aussi bien dans les domaines des hauteurs et des rythmes que dans des « espaces » musicaux plus généraux, tels que celui des profils mélodiques, des fonctions tonales ou encore des transformations néo-riemanniennes[197]. Nous aborderons uniquement quelques aspects de cette construction formelle dans le domaine de hauteurs, car il s'agit du cadre qui offre les plus de points de contacts avec la théorie de Forte.

La première partie du principal ouvrage théorique de Lewin est dédiée à l'étude systématique de la structure de GIS. La seconde développe l'analyse transformationnelle en montrant comment des réseaux de transformations construits lors du processus analytique peuvent être formellement ramenés à cette structure abstraite.

Afin de donner un aperçu du degré de généralité du volet théorique de cette approche, voyons tout d'abord comment se généralisent les notions d'inclusion et de complémentaire. Par la suite, deux exemples d'analyse seront brièvement commentés afin d'illustrer les deux principales formes de réseaux utilisées.

La relation d'inclusion, telle qu'elle a été abordée précédemment, peut être assouplie en considérant des degrés d'inclusion plus ou moins forts entre ensembles de classes de hauteurs. La fonction d'injection INJ [*injection fonction*] mesure précisément le degré d'inclusion d'un ensemble des classes de hauteurs dans un autre et généralise cette relation aussi bien dans le sens abstrait que littéral[198]. Par définition, la fonction d'injection INJ d'un ensemble de classes de hauteurs A dans un ensemble B par rapport à une transformation f calcule le nombre

---

[196] Pour rendre la notation homogène, on indiquera la loi de composition interne du groupe avec le symbole « • ».

[197] Pour une application de l'approche transformationnelle dans l'analyse des profils mélodiques, voir également l'article de John Roeder intitulé « Voice leading as transformation « [ROEDER 1994]. L'analyse transformationnelle des fonctions tonales et des opérations néo-riemanniennes est développée par Edward Gollin dans sa thèse de doctorat intitulée *Representations of Space and Conceptions of Distance in Transformational Music Theories* [GOLLIN 2000].

[198] Ce type de question est abordé traditionnellement dans la littérature américaine sous l'appellation de « théorèmes des notes communes » [*common tone theorems*]. Voir notamment le chapitre 5 de l'ouvrage théorique de John Rahn, *Basic Atonal Theory* pour un traitement détaillé de ce sujet.

d'éléments communs entre *B* et le transformé de *A* par *f*. Formellement, on note la fonction d'injection de l'ECH *A* dans *B* (par rapport à une transformation *f*) de la façon suivante : INJ(*A*,*B*)(*f*).

Dans le cas particulier où *f* est la transposition on retrouve les relations d'inclusion littérale et abstraite. En effet, un ensemble *A* de cardinalité *m* est inclus *littéralement* dans un ensemble *B* si la fonction d'injection de l'ensemble *A* dans *B*, par rapport à la transposition de zéro demi-ton est égale à *m*. On note INJ(A, B)(T_0) = m.

Une simple généralisation permet également d'exprimer la relation d'inclusion abstraite en termes de fonction d'injection. Il suffit de remplacer T_0 dans la définition précédente par une transposition T_n, une inversion *I*, ou une combinaison des deux transformations[199].

Par voie de conséquence, un ensemble *A* de cardinalité *m* est inclus de façon *abstraite* dans un ensemble *B* s'il existe une transformation *f* (transposition, inversion ou une combinaison des deux) pour laquelle la fonction INJ est égale à *m*. On note INJ(A, B)(f) = m.

La figure suivante montre un exemple d'application de la fonction d'injection dans le cas de trois hexacordes « complémentaires » de l'Op. 10 n° 4 d'Anton Webern. Trivialement, les deux premiers hexacordes H et H' étant littéralement complémentaires, la valeur de INJ(H, H')(T_0) est égale à zéro. De même, le troisième hexacorde H'' étant une transformation du premier par l'opération T_4I, H' et H'' sont complémentaires au sens abstrait. Par contre, quatre éléments sont communs à H' et à la transposition de 2 demi-tons de H. On a donc INJ(H,H')(T_2) = 4, ce qui signifie que les deux hexacordes partagent (au sens abstrait) un même tétracorde. Autrement dit, le tétracorde {4, 5, 7, 10} du premier hexacorde est inclus de façon abstraite dans le second.

199 D'autres transformations, telle que la multiplication, peuvent également être considérées, comme Lewin le montre dans le chapitre 6 de *Generalized Musical Intervals and Transformations*. Par exemple, il démontre le résultat suivant qui est valable pour toute transformation bijective *f*, donc en particulier pour les multiplications M_5 et M_7. Etant donnés deux ensembles de classes de hauteurs *A* et *B*, la fonction d'injection INJ(*A*,*B*) de la transformation *f* est égale à la fonction d'injection INJ(*B*,*A*) de la fonction inverse *f'*.

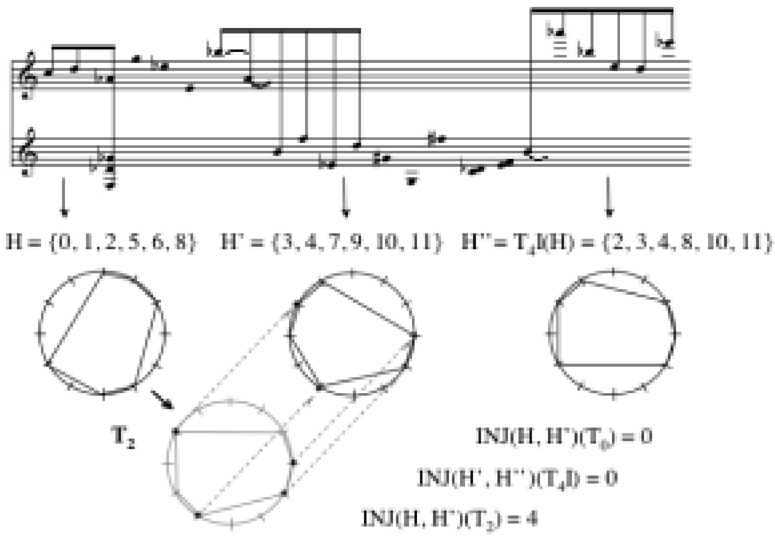

Figure 57 : La fonction d'injection INJ dans le cas des transpositions ou des combinaisons de transpositions et d'inversions

Nous avons déjà montré comment le processus de généralisation entamé avec la fonction intervallique s'applique également à la notion de contenu intervallique entre deux ensembles quelconques. Voyons maintenant quels sont les liens qu'on peut établir entre la fonction d'injection INJ défini ci-dessus et la fonction intervallique généralisée IFUNC.

Nous avions précédemment utilisé les deux hexacordes H et H' pour calculer leur fonction intervallique IFUNC, le résultat étant un vecteur [0 3 4 4 3 3 2 3 3 4 4 3] qui restituait, sous une forme compacte, les douze valeurs obtenues par IFUNC(H, H')(i) pour i = 0, 1, …11.

Par exemple, IFUNC(H, H')(2) est égale à 4 car il est possible de trouver quatre paires d'éléments, le premier élément dans H, le second dans H', qui sont à distance d'une seconde majeure (c'est-à-dire en correspondance de la valeur i=2).

On observera que la fonction INJ entre les deux hexacordes par rapport à la transposition T_2 était également de quatre. Cette observation est vraie dans le cas général. Autrement dit, la fonction d'injection de l'ensemble A dans l'ensemble B pour une transposition T_i est égale à la fonction intervallique généralisée entre A et B pour la valeur i. En suivant la notation proposée par Lewin [LEWIN 1987, 147], on pourra donc écrire :

IFUNC(A,B)(i) = INJ(A,B)(T_i).

Le résultat précédent, exprimé sous la forme d'un théorème valide pour toute forme de GIS, a des conséquences dans le processus d'abstraction conduisant de l'approche classique à l'approche transformationnelle. Comme le souligne Lewin, « *on peut remplacer entièrement le concept d'intervalle […] par celui de transposition dans un espace* »[200]. Plus généralement, on peut remplacer le concept d'intervalle par celui d'espace musical abstrait sur lequel « opèrent » certaines transformations.

Cette observation constitue le point de départ d'un véritable changement de paradigme par rapport à la démarche taxinomique de Forte, dans laquelle l'analyse déploie un réseau de relations ensemblistes entre classes de hauteurs. L'analyse acquiert un caractère « opérationnel » qui consiste à mettre en évidence des propriétés structurelles (et structurales) entre ensembles de classes de hauteurs uniquement en termes de transformation[201]. Le changement de perspective par rapport à l'analyse ensembliste de Forte sera encore plus évident une fois étudiée la manière dont les transformations musicales sont organisées dans le processus analytique. Pour cela, on peut distinguer deux stratégies qualitativement différentes. Dans une première approche, les transformations sont organisées dans un ordre qui reflète le déroulement temporel de la pièce. Cette vision « chronologique » de l'organisation des transformations est appelée « progression transformationnelle ». Dans une approche plus abstraite, les transformations constituent un réseau relationnel au sein duquel il est possible de définir plusieurs parcours distincts. On parlera alors de « réseau transformationnel ». Une analyse transformationnelle est donc une perspective « dialectique » entre la notion de progression et celle de réseau transformationnel. Précisons tout de suite qu'il ne s'agit pas de deux étapes qui se déroulent dans un ordre préétabli. Au contraire, l'intérêt de la démarche transformationnelle ouverte par Lewin réside dans les poids différents que les deux stratégies peuvent avoir dans le processus analytique. Nous allons donc étudier ces deux étapes tout d'abord séparément pour ensuite essayer de comprendre quelles formes d'interactions peuvent avoir lieu pendant l'analyse d'une pièce.

[200] *Ibid.*, p. 157.

[201] Comme l'a remarqué Umberto Eco à propos des rapports entre structuralisme et sérialisme, la langue française permet de distinguer le caractère « structural » du caractère « structurel » d'une démarche théorique. En se référant à la célèbre analyse de la pensée sérielle par Claude Lévy-Strauss dans *Le Cru et le Cuit* [LEVY-STRAUSS 1963], Eco souligne comment le terme « structural », dans l'utilisation de Lévy-Strauss, *« se réfère à la question philosophique implicite qui sous-tend la méthode de recherche structuraliste dans les sciences humaines* » [ECO 1971, 45]. On peut ainsi établir une différence entre relations ou propriétés « structurales » et « structurelles », comme Eco le propose en reprenant les propos de Jean Pouillon dans sa présentation d'un numéro spécial de la revue *Temps modernes* consacré au structuralisme : *« Une relation est "structurelle" quand on la considère dans sa fonction déterminante au sein d'une organisation donnée ; et la même relation est "structurale" quand elle est susceptible de se réaliser en plusieurs modes différents et en plusieurs organisations également déterminantes* » [POUILLON 1966].

2.2.6.1 Progressions et réseaux transformationnels

La figure suivante se réfère de nouveau à l'analyse par Lewin du *Klavierstück III* de Stockhausen.

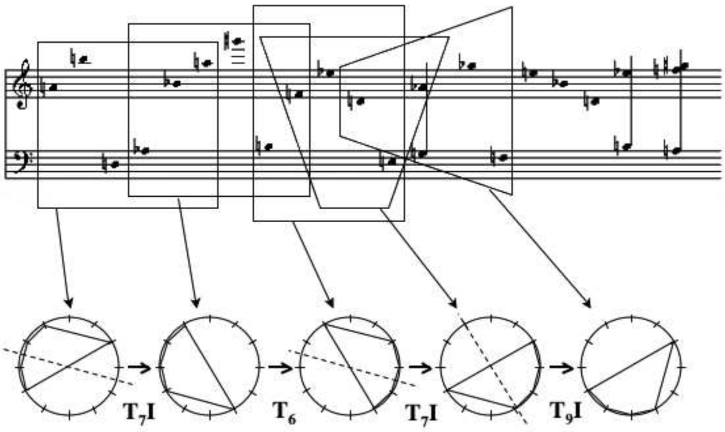

Figure 58 : Segmentation de la pièce par des transformations d'un même pentacorde

La segmentation est obtenue en considérant les différentes transformations d'un pentacorde de base. Notons que ces transformations ne changent pas la nature « ensembliste » du pentacorde, car les cinq formes sont « équivalentes » par rapport à une transposition ou une inversion (ou une combinaison des deux opérations). La segmentation suit le déroulement temporel de la pièce. On parlera donc de « progression transformationnelle ».

Une telle progression donne à chacune des transformations une position bien déterminée dans le déroulement temporel de la pièce. L'analyse reflète ainsi la progression chronologique du pentacorde au cours des premières mesures. À cause des imbrications entre les différentes formes des pentacordes, une telle structuration impose à chacune des transformations un poids (ou « présence », pour utiliser une expression de Lewin) qui semble être contredit par la réception de l'œuvre[202].

Une stratégie différente considère les transformations comme une structuration possible d'un espace abstrait des formes du pentacorde. C'est dans cet espace abstrait qu'on peut

---

[202] Pour reprendre la formulation de Lewin : *« À cause précisément de la forte temporalité narrative, chaque transformation* [arrow] *doit porter un poids énorme pour affirmer une sorte de présence phénoménologique* » [LEWIN 1993, 23]. La pris en compte d'une dimension phénoménologique dans l'analyse musicale mérite également d'être soulignée car elle montre la distance qui sépare la théorie transformationnelle d'une approche « structuraliste » au sens philosophique. Remarquons également que les concepts de base de la phénoménologie husserlienne sont abordés par Lewin dans un article qui adresse la question du lien entre théorie de la musique et perception [LEWIN 1986] Nous reviendrons dans les conclusions sur cet aspect « philosophique » de la formalisation théorique, car la question du rapport entre formalisation algébrique et phénoménologie représente un des enjeux majeurs d'une lecture des thèses de David Lewin à travers la théorie des catégories.

envisager d'analyser le déroulement atemporel de la pièce. On désignera un tel espace abstrait avec le terme de « réseau transformationnel ».

Pour prendre un cas relativement simple, considérons un réseau dans lequel on cherche à mettre en relation le premier pentacorde de la pièce, qu'on notera *P*, avec trois de ses transformations[203] : $I\,(P)$, $T_6(P)$ et $I\,(T_6(P))$. Ce réseau est représenté par le diagramme de la figure suivante :

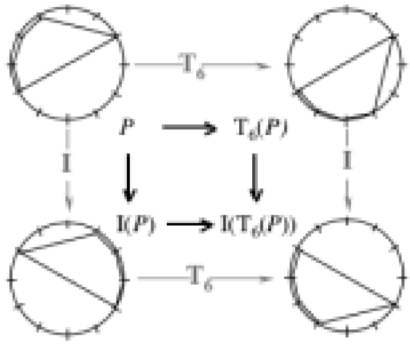

Figure 59 : Un premier réseau transformationnel entre un pentacorde et trois de ses formes

La cohérence formelle du diagramme provient du fait que les relations entre les deux formes *P* et $T_6(P)$ sont préservées entre leurs inversions respectives. Autrement dit, $T_6I\,(P)$ est à la fois la transposition au triton de l'ensemble $I\,(P)$ et l'inversion de l'ensemble $T_6(P)$. Le lien perceptible entre les différentes formes du pentacorde se reflète ainsi dans la cohérence du réseau.

Cependant, l'opération d'inversion, selon sa définition traditionnelle, ne permet pas en général de garantir cette cohérence dans tous les cas. Pour s'en persuader il suffit de considérer la transposition du pentacorde *P* de 8 demi-tons, c'est-à-dire l'ensemble $T_8(P) = \{4,\ 5, 6, 7, 10\}$ et son inversion $I\,(T_8(P)) = \{2, 5, 6, 7, 8\}$. Dans le réseau obtenu, représenté sur la figure suivante, les deux inversions $I\,(P)$ et $I\,(T_8(P))$ ne conservent pas entre elles la même relation de transposition de 8 demi-tons.

[203] Lewin propose d'utiliser une notation abrégée pour indiquer les transpositions et les inversions de *P*. Nous préférons garder la notation utilisée jusqu'à présent pour des raisons d'homogénéité.

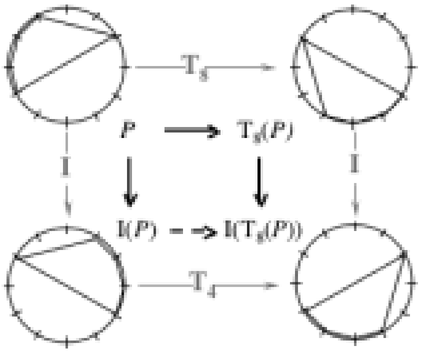

Figure 60 : Un deuxième réseau transformationnel entre le pentacorde et trois de ses différentes formes

Lewin propose donc d'élargir le concept d'inversion en considérant une famille d'opérations « sensibles » à des aspects spécifiques de l'œuvre analysée. De telles opérations sont dites *contextuelles*[204].

Un exemple d'une telle transformation est l'opération d'inversion *J* transformant un pentacorde (ou ses transpositions) en son inverse tout en gardant inchangées (au sens littéral) les quatre notes qui forment le tétracorde chromatique inclus dans le pentacorde *P*. La figure suivante montre l'effet de l'opération *J* sur le pentacorde *P*={2, 8, 9, 10, 11} qui est donc transformé en son « inverse contextuel » *p*={5, 8, 9, 10, 11}, et garde inchangé le tétracorde chromatique {8, 9, 10, 11}.

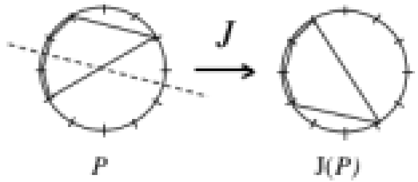

Figure 61 : L'effet de l'opération d'inversion « contextuelle » *J*

Notons qu'il est toujours possible d'exprimer une occurrence particulière de *J* en termes de transposition ou d'inversion (ou des combinaisons des deux opérations). L'indice de transposition change cependant selon la position particulière du pentacorde dans le total chromatique. Avec cette nouvelle définition de l'opération d'inversion, un réseau transformationnel du type du réseau précédent est cohérent par rapport à *toute* opération de transposition du pentacorde de départ. Autrement dit, la relation de transposition entre deux

[204] Comme nous l'avons souligné, la notion de propriété « contextuelle » est également présente dans la démarche de Forte. Cependant, la théorie transformationnelle de Lewin offre un cadre pour étudier cette notion

pentacordes P et $T_n(P)$ est conservée entre les deux formes inverses $J(P)$ et $J(T_n(P))$ pour toute transposition T_n. La figure suivante montre le cas pour la transposition de 8 demi-tons.

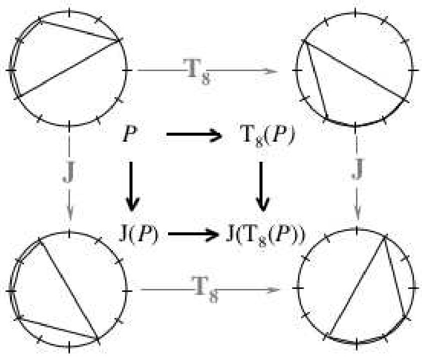

Figure 62 : Exemple de réseau transformationnel cohérent par rapport à l'opération d'inversion contextuelle *J*

C'est précisément le tétracorde chromatique qui constitue selon Lewin un point d'ancrage pour la perception, un aspect qui n'était pas pris en compte par la série d'inversions utilisée dans le cas d'une progression transformationnelle.

Grâce à cette nouvelle inversion, il est donc possible de créer des relations « formelles » entre diverses formes du pentacorde. L'ensemble de ces relations forme un espace de potentialités à l'intérieur duquel la pièce se déroule. À la différence de la « progression transformationnelle », dans un réseau l'organisation des formes du pentacorde n'a aucun lien direct avec leur apparition chronologique. Cette structuration abstraite est néanmoins suggérée et limitée par les transitions effectives dégagées dans la progression temporelle.

2.2.6.2 Construire et utiliser un réseau transformationnel

L'analyse transformationnelle du *Klavierstück III* est sans doute l'étude qui met le mieux en évidence les champs de possibilité envisagés par cette généralisation de la *Set Theory* d'Allen Forte. Comme le titre l'indique[205], l'analyse transformationnelle implique d'un côté la « construction » d'un réseau d'ensembles de classes de hauteurs mais également, d'un autre côté, l'« utilisation » de cette architecture formelle permettant de dégager de critères de pertinence pour la réception de l'œuvre et pour son interprétation. Autrement dit, l'intérêt de *construire* un réseau transformationnel réside dans la possibilité de l'*utiliser*, à la fois pour

---

par rapport à l'idée de transformation. Pour une discussion récente sur les *opérations contextuelles* on pourra se référer à l'article de Philip Lambert intitulé « On contextual transformations » [LAMBERT 2000].

« structurer » l'écoute par rapport à la singularité de l'œuvre analysée mais également pour établir des critères formels qui pourront servir pour aborder le problème de son interprétation. Dans le premier cas, on rejoint une problématique qui est centrale dans toute réflexion épistémologique sur l'analyse musicale, à savoir l'articulation entre le niveau poïétique (ou compositionnel), le niveau neutre (le niveau de la partition ou, plus généralement, de toute représentation symbolique de l'œuvre) et le niveau esthésique (au sens de la réception)[206]. À partir de cette tripartition, Jean-Jacques Nattiez a récemment proposé une analyse critique de la *Set Theory* d'Allen Forte en soulignant la difficulté qu'il y a à concilier la segmentation de l'œuvre (niveau neutre), qui reste souvent assez arbitraire, et les stratégies compositionnelles (niveau poïétique), qui sont pour la plus part indépendantes des critères de segmentation choisis. Nous avons déjà souligné le caractère « ambigu » de la segmentation dans la *Set Theory*, qui n'offre pas à l'analyste des critères prescriptifs pour en établir la pertinence par rapport aux stratégies compositionnelles ou aux retombées perceptives. La critique de Nattiez ne s'applique pas, nous semble-t-il, à l'analyse transformationnelle, et cela pour plusieurs raisons.

Comme Lewin le montre, les critères de segmentation ne reposent en général pas sur une connaissance préalable des techniques compositionnelles utilisées par le compositeur. En particulier, dans l'analyse du *Klavierstück III* on aurait pu utiliser une segmentation différente, basée sur des structures de tétracordes au lieu de pentacordes, pourvu qu'on puisse établir un réseau des transformations de ces éléments de base capable de recouvrir intégralement la pièce et d'une façon pertinente par rapport à la perception.

Soulignons tout de suite qu'il ne s'agit pas, selon Lewin, d'établir une théorie de la perception de l'œuvre à partir de laquelle déduire des critères analytiques adéquats, en ce qui concerne la segmentation et la mise en relation des segments choisis. La perception reste induite par la structure du réseau formel, pour renverser les termes d'une analyse récente du phénomène structuraliste en musique faite par F. Lévy[207]. Cependant, la construction d'un réseau transformationnel est d'autant plus riche de conséquences qu'elle s'appuie sur une

---

[205] « Making and Using a Pcset Network for Stockhausen's *Klavierstück III* » [LEWIN 1993, 16-67].

[206] Le modèle de la « tripartition », qu'on retrouve également dans l'approche informationnelle d'Abraham Moles sous la forme d'une articulation entre producteur, message et récepteur (voir [MOLES 1958]) a été repris et enrichi, dans une perspective sémiologique, par Jean Molino [MOLINO 1975] et Jean-Jacques Nattiez [NATTIEZ 1975]. Pour une réflexion récente du modèle sémiologique tripartite, voir l'étude d'Olivier Lartillot intitulé « Analyser sans réduire : un modèle cognitif d'inductions d'analogies » [LARTILLOT 2002].

[207] Voir l'article de Fabien Lévy intitulé « Le tournant des années 70 : de la perception induite par la structure aux processus déduits de la perception » [LEVY 2003a].

volonté précise de rendre « intelligible » une logique musicale sous-jacente[208]. Dans le cas du *Klavierstück III*, par exemple, la logique musicale sous-jacente au processus analytique vise à rendre intelligible le réseau relationnel entre les différentes composantes de la pièce.

Lewin discute la portée « cognitive » de cette approche analytique en se référant aux études de Jeanne Bamberger sur la définition de la notion d'*espace musical* chez l'enfant. Dans l'étude intitulée « Cognitive Issues in Development of Musically Gifted Children » [BAMBERGER 1987], les différentes stratégies employées pour arranger des cloches afin d'obtenir une mélodie donnée mettent en évidence deux logique différentes à la base de la constitution d'un espace musical chez l'enfant. Dans un premier cas, les cloches sont disposées dans l'espace dans un ordre linéaire qui respecte la séquence mélodique. Une telle disposition s'apparente à la progression transformationnelle, approche analytique qui suit le déroulement chronologique de la pièce. Une deuxième stratégie mise en évidence consiste à ne disposer dans l'espace que les cloches qui correspondent à des notes différentes en rétablissant la « logique » de la mélodie à travers un parcours bien défini à l'intérieur de l'espace. C'est une démarche qui s'apparente, évidemment, au deuxième type d'analyse transformationnelle, basée sur les réseaux abstraits. Cependant, pour rendre encore plus explicites les retombés cognitives du processus de construction d'un réseau transformationnel, nous voudrions proposer une lecture des diagrammes utilisés par Lewin à partir d'une analyse de certaines approches développementales récentes de la pensée logico-mathématique. Nous allons pour cela retrouver la théorie des catégories, dont nous avons déjà analysé quelques exemples dans le cas de l'approche théorique proposée par Guerino Mazzola.

Nous avons également souligné l'importance des travaux de Jean Piaget dans l'établissement du concept de « musique symbolique », et en particulier de la notion de dualité entre « hors-temps » et « en-temps » chez Iannis Xenakis. Parmi les trois problématiques qui, selon le psychologue Olivier Houdé, marquent le renouveau de la pensée piagétienne, la théorie mathématique des catégories occupe une place tout à fait centrale. À la différence de l'approche structurale que Piaget a développée à partir de l'*Essai de logistique opératoire* [PIAGET 1949] et qui constitu également le cadre conceptuel de ses recherches sur l'abstraction réfléchissante [PIAGET 1977] et sur la généralisation [PIAGET 1978], la

[208] Nous avons évoqué explicitement la notion de « logique musicale » car elle représente l'une des ramifications philosophiques les plus complexes de l'approche algébrique en musique et musicologie. Nous y reviendrons dans l'étude conclusive en essayant d'aborder cette question à partir d'une lecture des thèses du philosophe Alain Badiou par le compositeur et théoricien François Nicolas.

théorie des catégories introduit, selon Houdé, un élément nouveau dans la pensée opératoire[209].

Les morphismes permettent « la prise en compte d'un aspect de la cognition logico-mathématique qui ne procède pas de la transformation du réel (opérations et groupements d'opérations) mais de la simple activité de **mise en relation** » [HOUDE et MIEVILLE 1993, 116][210]. Cette lecture de l'approche catégorique éclaircit, à notre avis, un aspect fondamental de l'analyse musicale de type transformationnel, à savoir l'articulation entre la notion de progression et celle de réseau transformationnel. Dans une progression, les transformations s'enchaînent selon un ordre qui respecte le déroulement chronologique de la pièce. La logique opératoire reste ancrée dans une notion de temporalité qui, comme dans le cas du Klavierstück III, s'avère parfois insuffisante d'un point de vue de la réception de l'œuvre (plan esthésique).

Dans un réseau transformationnel, la « logique opératoire » est créée par le sujet (qui est dans ce cas l'auditeur et/ou l'analyste) à travers une mise en relation d'objets et de morphismes dans un espace abstrait de potentialités. Pour paraphraser la conclusion de Lewin, dans le cas des progressions transformationnelles, quand nous sommes à un point d'une telle progression, nous sommes à un *instant* précis du temps, de la *narration* de la pièce, tandis que dans le cas d'un réseau abstrait nous sommes plutôt à un *point* bien défini à l'intérieur d'un *espace* créé par la pièce. Dans un réseau spatial, les différents événements musicaux « *se déroulent à l'intérieur d'un univers bien défini de relations possibles tout en rendant l'espace abstrait de cet univers accessible à nos sensibilités. Autrement dit, l'histoire projette ce qu'on appelle traditionnellement la forme* » [LEWIN 1993, 41].

C'est probablement trop tôt pour évaluer les conséquences épistémologiques d'un tel changement de paradigme en analyse musicale, la théorie transformationnelle n'ayant pas encore constitué un champ d'études bien défini en musicologie du XX^e^ siècle[211]. Cependant, elle ne fait qu'articuler, à un deuxième degré, la dualité de l'*objectal* et de l'*opératoire* en tant que « *catégorie primitive de la pensée* », pour reprendre la thèse de l'épistémologue français

[209] Notons que l'approche algébrique est déjà présente chez Piaget dès la fin des années trente, dans un écrit resté peu connu et intitulé « La réversibilité des opérations et l'importance de la notion de « groupe » pour la psychologie de la pensée » [PIAGET 1938].
[210] Souligné dans le texte original.
[211] Un pas décisif dans cette direction a été fait lors des derniers travaux du *Mannes Institute* de New York dans lequel la question s'est posée de la place de l'approche transformationnelle à l'intérieur de la musicologie et de la théorie de la musique. La simple métamorphose de l'intitulé de cette rencontre, de l'appellation originale « Transformational Institute » à celle de « Transformation Institute » qui a été peut-être inconsciemment suggérée par le directeur Wayne Alpern, rappelle la lente évolution de la théorie musicale [*musical theory*] vers la théorie de la musique [*music theory*] en tant que discipline académique.