

Telos

Introduction

Telos est un logiciel d'analyse harmonique et contrapuntique mettant en application la théorie des vecteurs harmoniques de Nicolas Meeùs¹. Il vise à l'étude de la tendance directionnelle des enchaînements et des causes de ce principe téléologique qui se cristallisera dans l'harmonie tonale. Créé pour les besoins spécifiques de ma thèse en préparation², *Telos* examine systématiquement les liens entre enchaînements harmoniques et traitement des dissonances dans la musique polyphonique.

Ce logiciel, écrit en VBA pour Excel, se veut un projet ouvert pouvant être modifié et amélioré par l'utilisateur selon ses besoins analytiques spécifiques. Le logiciel est en cours de développement et subira probablement de nombreuses modifications dans les mois à venir. La version téléchargeable doit être considérée comme une version beta, comportant encore certains dysfonctionnements et nécessitant le contrôle scrupuleux des résultats obtenus. Au stade actuel, les routines développées réalisent les tâches suivantes :

- importer dans Excel des fichiers au format xml (réalisés à partir du logiciel Finale) contenant de la musique polyphonique comprenant 1 à 8 voix,
- saisir manuellement les progressions de basse fondamentale et les dissonances associées aux enchaînements à l'aide d'une interface,
- détecter et analyser les dissonances advenant entre les différentes voix,
- déterminer les basses fondamentales de l'échantillon musical importé,
- procéder aux opérations de comptage usuelles pour l'analyse vectorielle (succession des basses fondamentales, paires vectorielles, vecteurs aba),
- accomplir des analyses diachroniques,
- déterminer le nombre de dissonances corolaires aux différents vecteurs,
- représenter les données obtenues sous forme de tableaux détaillés et simplifiés,
- créer des graphes vectoriels.

Les tâches réalisables par le logiciel ne cherchent en aucun cas à remplacer l'analyse harmonique et contrapuntique sur partition³. D'une part, la détermination des basses fondamentales, dépendant d'interactions relativement complexes entre la conduite des voix et la dimension verticale à proprement parler, n'est pas encore entièrement fiable au stade actuel du développement. D'autre part, l'automatisation absolue des procédures écarte toute réflexion sur la problématique. Par conséquent, le but principal de ces routines est de faciliter les opérations de comptage et de réaliser les calculs statistiques souvent fastidieux, mais indispensables à l'analyse statistique. Si certaines opérations analytiques sont prises en charge par les macros, elles doivent être systématiquement confirmées par une analyse indépendante, ou du moins, être vérifiées par le contrôle des résultats.

Pour utiliser *Telos*, il est nécessaire de télécharger les fichiers suivants et de les copier sur le disque dur dans un classeur aisément accessible :

- *TelosDoc.pdf*, le mode d'emploi,
- *Telos1.xls*, le fichier Excel contenant le logiciel,
- *Scheidt, Hertzlich thut mich erfreuen.xml*, un exemple musical converti au format xml.

Il est indispensable de disposer d'une version récente du tableur Microsoft Excel sur son ordinateur et d'activer⁴ la bibliothèque d'objets MSXML2 utilisée pour l'importation xml.

¹ Pour une description détaillée de la théorie des vecteurs, voir <http://www.plm.paris-sorbonne.fr/VH.shtml> (page consultée le 30/10/08).

² Pour un résumé de ma thèse, *Dissonances et progressions harmoniques, Les répercussions de la seconda prattica sur l'avènement de la tonalité vers 1630*, voir <http://www.plm.paris-sorbonne.fr/doctorants/Guillotet.html> (page consultée le 30/10/08).

³ Voir le mode d'emploi du logiciel *Monika*, <http://www.crlm.paris4.sorbonne.fr/monika/Monika1.52.pdf> (page consultée le 30/10/08).

⁴ Lancer le logiciel Microsoft Visual Basic à partir de Microsoft Excel (Alt + F8, puis sélectionner 'Modifier' dans la boîte de dialogue qui s'affiche). Dans le logiciel Visual Basic, sélectionner 'Références...' dans le Menu

Afin d'illustrer le fonctionnement des différentes macros et leurs interactions, je procéderai à l'analyse d'un exemple volontairement simple, le choral *Herzlich thut mich erfreuen* extrait du *Tabulaturbuch hundert gesistlicher Lieder und Psalmen* de Samuel Scheidt (voir annexe 1)⁵. Compte tenu de la nature relativement variée des tâches analytiques proposées, reposant souvent l'une sur l'autre et se trouvant placées en rapport d'interdépendance, le logiciel a été pourvu de plusieurs petites interfaces. L'ensemble des procédures est exécutable à partir de la macro *Analyse*. Pour la lancer, ouvrir le fichier *Telos1.xls* sous Excel, afficher les Macros (Alt + F8) et sélectionner la Macro *Analyse* faisant apparaître l'interface *Procédures analytiques et statistiques* (voir figure 1). C'est à partir de cette interface qu'il convient de sélectionner le mode de saisie des données, les procédures analytiques devant être effectuées, les procédures de comptage et les représentations graphiques devant être réalisées.

1 Acquisition des données

La saisie des données, précédant les procédures analytiques et statistiques à proprement parler, peut s'effectuer de deux manières : soit par l'importation d'un fichier xml créé sous Finale⁶ soit par la saisie manuelle. C'est la première possibilité qui sera retenue ici. A partir de l'importation xml, il s'agira de demander à l'ordinateur de procéder à l'ensemble des procédures analytiques, à l'ensemble des procédures de comptage, et de fournir un graphe vectoriel et un graphe de l'analyse synchronique. Par conséquent, les cases devront être cochées comme illustré dans la figure 1. Une fois les procédures sélectionnées, il suffit de cliquer sur *Valider* pour voir s'exécuter les macros concernées. En un premier temps, l'ordinateur efface les données préexistantes se trouvant éventuellement sur les feuilles de calculs, puis lance la macro *SubImportMusicXML*.

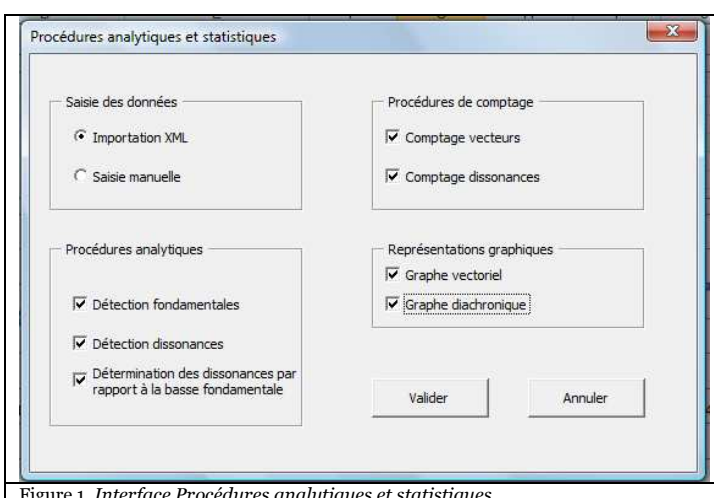


Figure 1, Interface *Procédures analytiques et statistiques*.

1.1 Importation XML

Les routines destinées à importer les données sont basées en partie sur le module développé par Benoît Pin en 2007. Plusieurs modifications ont été effectuées pour étendre le nombre de voix à importer et pour prendre en compte la dimension métrique indispensable à l'analyse des dissonances. La routine est à même d'importer entre une et huit parties⁷. Lors du lancement de la macro *SubImportMusicXML* et après la sélection du fichier désiré (sélectionner ici le fichier *Scheidt, Herzlich thut mich*

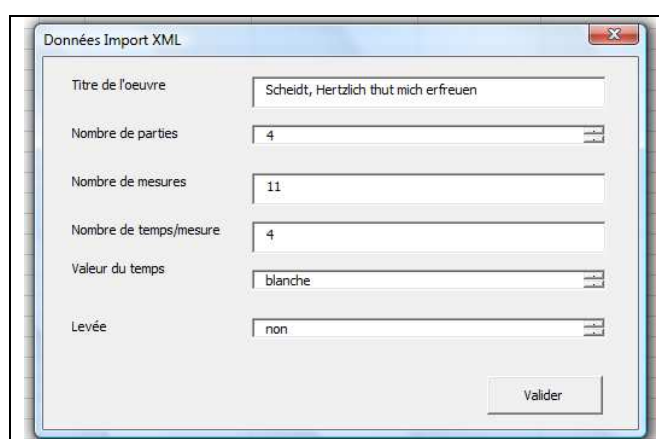


Figure 2 : Interface Saisie des données nécessaire à l'importation xml.

'Outils', puis la référence Microsoft XML, v.3.0 dans la liste défilante. Pour plus d'informations, consulter la rubrique d'aide 'Projet ou bibliothèque introuvable' de Visual Basic. Voir aussi la page du site MSDN, <http://msdn.microsoft.com/en-us/xml/bb291077.aspx> (page consultée le 30/10/08).

⁵ Scheidt, Samuel, *Tabulaturbuch hundert gesistlicher Lieder und Psalmen* [...], G. Harms éd., Hamburg: Ug-rino, 1923, Bd. 1, p.34.

⁶ L'exportation de fichiers xml se réalise sous Finale à partir du menu 'Plug-ins' où il convient de sélectionner 'MusicXML Export' et de suivre les étapes.

⁷ Chaque partie isolée doit être saisie sur une portée dans Finale.

erfreuen.xml se trouvant à l'endroit où vous l'avez copié), apparaît une interface, dans laquelle l'utilisateur doit saisir le titre de l'œuvre, le nombre de parties, le nombre de mesures, le nombre de temps par mesure, la valeur du temps et la présence éventuelle d'une levée. Les données correspondant à l'œuvre faisant l'objet de l'analyse sont répertoriées dans la figure 2 et devront être saisies de manière semblable. Une fois les données validées, apparaît une boîte de dialogue dans laquelle doivent être attribués des noms aux différentes parties. Ces noms seront utilisés par la suite pour l'analyse des dissonances (dans le cas présent, choisir par exemple S, A, T, B pour Soprano, Alto, Ténor, Basse).

Les informations concernant ces parties sont reportées dans la feuille de calcul 'Import XML' (voir figure 3) sur deux colonnes par voix : (à titre d'exemple pour le soprano (S) la colonne B donne les hauteurs et la colonne C les unités de durée – ici le 2 correspond à la

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	coefficient (mesure/temps)	S	A	T	B				
2	16 (1/1)	la4	2 fa4	2 ré4	2 ré3			2	
3	14 (1/2)	la4	2 mi4	2 do#4	2 la3			2	
4	15 (1/3)	si4	1 sol4	1 ré4	1 sol3			1	
5	7	do5	2 la4	2 fa4	2 fa3			2	
6	5	si4	1 sol4	1 ré4	1 sol3			1	
7	16 (2/1)	la4	2 mi4	2 ré4	1 la3			2	
8	8				do#4			1	
9	14 (2/2)	fa#4	3 ré4	3 ré4	1 ré3			3	

Figure 3 : Importation et mise en page de la partition au format xml.

blanche, le 1 à la noire). Après l'importation des données, la macro *durées* procède à leur mise en page selon le critère de la valeur rythmique de chaque note de manière à placer chaque événement advenant de manière simultanée dans la polyphonie sur une même ligne de la feuille de calcul. Puis le numéro de la mesure, le numéro du temps au sein de la mesure ainsi que le coefficient des notes en raison de leur position métrique⁸ sont reportés dans la colonne « A » selon le format *coefficient (mesure/temps)*. Au stade actuel du développement des macros, il a été possible d'écrire une boucle susceptible de déterminer les coefficients de n'importe quelle subdivision binaire au sein d'une mesure (par exemple huit croches dans une mesure à quatre temps : 8, 4, 6, 2, 7, 3, 5, 1). Cependant, aucune disposition n'a été prise, pour l'instant, pour les mesures ternaires⁹. Il sera nécessaire, à l'avenir, d'écrire une boucle à cet effet. Une fois les coefficients et les numéros de mesures reportés dans les cellules correspondantes, la macro supprime, pour terminer, les cellules non utilisées.

1.2 Saisie manuelle

La saisie manuelle peut avoir lieu soit directement dans la feuille « calculs » soit par l'intermédiaire de l'interface *Saisie Manuelle* développée à cette fin (voir figure 4)¹⁰. Cette

interface est inspirée en partie de l'interface *Data Entry Assistant* du logiciel *Tonalities* d'Anthony Pople¹¹ et en partie de l'interface de *Charles* développé par Philippe Cathé et Daniel Morel. Elle se singularise par la saisie des dissonances selon une méthodologie cherchant à prendre en compte autant la dimension contrapuntique linéaire que la dimension harmonique verticale. Ce mode de saisie ne présume pas le concept de dissonance d'accord, mais tient compte de plusieurs dissonances et de plusieurs types de disso-

Figure 4 : Interface de saisie manuelle.

⁸ La détermination du coefficient de chaque note est nécessaire à l'analyse des dissonances. Cf. Anne-Emmanuelle CEULEMANS, « Les dissonances dans la polyphonie des 15^e et 16^e siècles : Quelques indications en vue d'une analyse assistée par ordinateur », *Musurgia*, III/2 (1996), p. 7-21.

⁹ L'importation de partitions comportant des mesures ternaires n'a pas été testée jusqu'à présent. Par ailleurs des dispositions devront être prises pour le changement de mesure au sein d'une œuvre.

¹⁰ Dans le cas de la sélection de *saisie manuelle* dans l'interface *Procédures analytiques et statistiques*, l'application charge systématiquement l'interface.

¹¹ *The Pople Tonalities Project - Anthony Pople, The University of Nottingham*, Site Internet de l'Université de Nottingham, http://www.nottingham.ac.uk/music/research/project_tonalities.php (page consultée le 19/09/08).

nances simultanées. Par conséquent, la saisie des dissonances est très souple et s'adapte autant à la musique prétonale (dans la mesure où des basses fondamentales peuvent être déterminées) qu'à la musique tonale. En un premier temps ont lieu la saisie de la basse fondamentale et de la nature majeure/mineure de la tierce (encadré *Saisie Fondamentale et Mode*). Les silences et les fins de séquences harmoniques peuvent être pris en compte par le bouton horizontal sous le clavier. Dans le cas de son utilisation, l'ordinateur ne calculera pas le vecteur harmonique advenant entre la fin de la séquence et l'accord suivant. Puis, en un second temps, l'utilisateur procède à la saisie des dissonances éventuelles : pour chaque accord, trois dissonances peuvent être sélectionnées. Il convient de spécifier leur catégorie (*syncopatio, transitus*)¹², l'intervalle de préparation, l'intervalle d'impact et l'intervalle de résolution. Enfin, en un troisième temps, sont validées les données après vérification dans les espaces réservés. A tout moment de la saisie (même après la validation), il est possible d'entreprendre des corrections, de revenir en arrière puis de retourner en avant, d'insérer des enchaînements harmoniques et d'en supprimer. Le bouton *Fin saisie* déclenche la suite des opérations analytiques.

2. Routines analytiques

Le développement des routines visant à l'analyse des dissonances et à la détermination des basses fondamentales présuppose des choix méthodologiques importants. L'utilisateur du logiciel doit avoir conscience des conceptions théoriques qui sous-tendent les choix pris dans *Telos*, raison pour laquelle, le fonctionnement de ces macros sera décrit le plus fidèlement possible.

2.2 Analyse des dissonances

Une fois l'importation du fichier XML réussie (voir section 1.3.1.1), débutent les routines analytiques à proprement parler. L'analyse des dissonances s'effectue en deux étapes principales : la détection des intervalles dissonants et la détermination du type de dissonance. L'ensemble des macros écrites à cette fin est stocké dans le module3 du fichier *Telos1.xls*. La macro *SubDétectionDissonance* vise à cerner l'ensemble des intervalles dissonants entre les parties de l'œuvre importée, puis à filtrer les dissonances ne devant pas être prises en compte lors de l'analyse qui va suivre. Compte tenu du répertoire du 16^e au 18^e siècle faisant l'objet de l'analyse, la routine a été écrite de sorte à retenir l'ensemble des intervalles de seconde, de quinte augmentée, de quinte diminuée et de septième. En revanche, elle écarte les intervalles de quarte entre les voix intermédiaires et supérieures (*quarta non fundata*) pour ne retenir que les quartes entre la voix inférieure et les autres parties (*quarta fundata*). À un stade ultérieur de développement, il serait concevable de laisser choisir l'utilisateur quels intervalles doivent être considérés comme dissonants et lesquels doivent être exclus de l'analyse.

L'article d'Anne-Emmanuelle Ceulemans dans *Musurgia*, a permis de reconstituer en partie les routines développées par l'auteur pour l'analyse des dissonances assistée par ordinateur¹³. Dans le fonctionnement actuel des macros, il n'est plus nécessaire de procéder à la saisie manuelle de l'ensemble des parties de l'œuvre à analyser. Les routines, comprises dans *Private SubAnalyseDissonance*, s'effectuent directement à partir du fichier xml importé dans Excel et procèdent en plusieurs étapes. En un premier lieu s'effectue l'acquisition des données indispensables à l'analyse. Il s'agit, tout en tenant compte des particularités relatives à l'organisation des données sur la feuille de calcul, d'obtenir les informations nécessaires sur les coefficients des notes, sur les noms des parties et sur les intervalles impliqués. Par la suite sont effectués les tests nécessaires à la déduction du type de dissonance. Ces tests ayant été

¹² Au stade actuel du développement, seules les deux grandes familles de dissonances utilisées dans le *stilo antico* sont prises en compte. La terminologie employée est issue de la pensée théorique allemande des 16^e et 17^e siècles, notamment de la classification de Christoph Bernhard. Le *transitus*, se rapportant aux notes de passage non accentuées et le *quasi-transitus* désignant la note de passage accentuée, appartiennent à la première famille de dissonances. Le *syncopatio*, désignant le retard et le *quasi-syncopatio* se rapportant au retard réarticulé se réfèrent à la deuxième catégorie des dissonances. Cf. Christoph BERNHARD, *Die Kompositionslehre Heinrich Schützens in der Fassung seines Schülers Christoph Bernhard*, J. Müller-Blattau éd., Kassel, New York : Bärenreiter, 1999.

¹³ Anne-Emmanuelle CEULEMANS, *op. cit.*

décrits par Anne-Emmanuelle Ceulemans dans l'article cité plus haut, je n'y reviendrai pas en détail ici. Il s'agit principalement des tests suivants :

- conditions logiques pour déterminer la voix créant l'impact de la dissonance et la voix résolvant la dissonance,
- conditions logiques pour la reconnaissance des dissonances attaquées,
- conditions logiques pour la détermination de la note de passage,
- conditions logiques pour la détermination de la suspension.

Après la réalisation des tests, l'ensemble des informations recueillies est résumé dans un code à 8 caractères selon le format suivant VWXxYyZZ explicité par le tableau ci-dessous. Ainsi, à titre d'exemple le code 2MSyQuTS désignerait une syncope réarticulée de seconde majeure entre le ténor (note patiente) et le soprano (note agente) alors que le code 7MBrNqAS se rapporterait à une broderie par la septième majeure entre l'alto (note de référence) et le soprano (note dissonante de passage).

Position du signe au sein du code	Paramètre désigné	Abréviations utilisées	Signification
V	Intervalle	2	Seconde
		3	Tierce
		4	Quarte
		5	Quinte
		6	Sixte
		7	Septième
		8	Octave
W	Nature intervalle	a	Augmenté
		D	Diminué
		J	Juste
		M	Mineur
		M	Majeur
Xx	Type dissonance	An	Anticipation
		At	Dissonance attaquée
		Br	Broderie
		Sy	Suspension (<i>syncopatio</i>)
		Tr	Note de passage (<i>transitus</i>)
Yy	Spécification dissonance	Qu	Suspension réarticulée ¹⁴ (<i>quasi-syncopatio</i>)
		Nq	Note de passage accentuée (<i>quasi-transitus</i>) <i>Syncopatio</i> sans réarticulation (<i>non quasi-syncopatio</i>)
			Note de passage non-accentuée
		XX	Absence de spécification
ZZ	Rôle des voix impliquant la dissonance.	Première lettre du nom de la voix telle qu'elle a été désignée par l'utilisateur	Dans le cas de Sy, la première lettre désigne la voix à laquelle advient la note patiente et la seconde lettre la voix à laquelle advient la note agente ¹⁵ . Dans le cas de Tr et Br la première lettre désigne la voix à laquelle advient la note de référence et la seconde la voix à laquelle advient la note de passage.
		XX	Absence de spécification. Concerne les notes attaquées.
Aa ¹⁶	Direction de la résolution	As	résolution ascendante
		De	résolution descendante

Actuellement, en dépit de nombreux aspects qui devront être améliorés, voire corrigés, les routines sont aptes à analyser de manière fiable le répertoire polyphonique de style strict. En revanche, il sera nécessaire de modifier les macros afin de tenir compte des dissonances irrégulières qui apparaissent, de manière accrue, dès la seconde moitié du 16^e siècle. L'une des approches possibles consisterait à reprendre la typologie des dissonances établie par Christoph Bernhard et à construire des tests logiques à partir de sa théorisation de la *seconda pratica*¹⁷. Des routines destinées à l'analyse des dissonances irrégulières seront développées dans les semaines qui suivent et mises en ligne après vérification de leur fonctionnement.

¹⁴ La note patiente est répétée lors de l'impact de la note agente.

¹⁵ Une disposition analogue est adoptée pour les anticipations : la note anticipée advient en première position.

¹⁶ Ces deux derniers caractères s'appliquent au code à 14 caractères appliqué lors de la détermination de la dissonance par rapport à la basse (voir plus bas).

¹⁷ Cf. Christoph BERNHARD, *op. cit.*

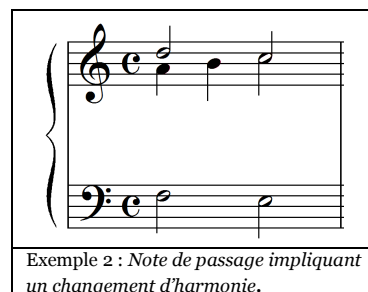
Au cours de cette phase de l'analyse, les dissonances sont déterminées, conformément à la conception théorique des 16^e et 17^e siècles, non pas par rapport à la basse fondamentale mais par rapport à l'ensemble des autres voix de la polyphonie. Ce n'est qu'après la détection des fondamentales que l'intervalle impliqué par la note dissonante sera déterminé par rapport à celle-ci. Une r supplémentaire *SubDéterDissonances* a été écrite à cette fin. Elle a pour double but de calculer l'intervalle entre la note dissonante¹⁸ et la basse fondamentale ainsi que de procéder à une série de tests afin de confirmer la validité des données. Ainsi, la macro modifie le code de huit caractères au format VWXxYyZZ mentionné plus haut en un code de 14 caractères (XxYyAaZZ VW-VW-VW) contenant des informations sur l'intervalle de préparation, l'intervalle dissonant et l'intervalle de résolution déterminés par rapport à la basse fondamentale. (TrNqDeAT 8j-7m-3M, par exemple, désigne une septième de passage entre alto et ténor se résolvant en descendant sur la tierce du nouvel accord).

Les tests entrepris ont pour but de vérifier la nature consonante de l'intervalle précédant la dissonance et lui succédant ainsi que de contrôler la nature dissonante de l'intervalle entre la note dissonante et la basse fondamentale lors de l'impact. En effet, il est possible qu'une note dissonante par rapport à l'une des voix de la polyphonie soit consonante par rapport à la basse fondamentale : dans ce cas, la note dissonante est susceptible de donner lieu à une nouvelle harmonie et d'impliquer un accord de passage, comme par exemple à la mesure 8 du choral faisant l'objet de l'analyse (voir exemple 1). La note de passage à l'alto (*mi3*) advenant après le 2^e temps de la mesure, tout en étant dissonante par rapport au sopran (*ré5*), est susceptible d'impliquer une nouvelle harmonie ((*do*)-*mi-sol-sib-ré*).



Exemple 1: Scheidt, *Hertzlich thut mich erfreuen*, mes. 8.

Il revient à l'utilisateur de décider, grâce à une boîte de dialogue, si cette harmonie, dont la fondamentale serait *do* ou *mi*, doit être prise en compte et, corrélativement, si la note dissonante doit être déterminée par rapport à cette fondamentale. Dans le cas présent, cette succession ne doit pas être prise en compte et les dissonances doivent être déterminées par rapport à la basse fondamentale précédente *sib*. Néanmoins, dans d'autres situations, il est à l'évidence justifié de prendre en compte la succession harmonique impliquée par la note de passage, comme dans l'exemple 2, où le *si* engendre un changement de basse fondamentale déterminant du point de vue fonctionnel : la note de passage contribue à intercaler une dominante ((*sol*)-*si-ré-fa*) entre la sous-dominante (*ré-fa-la*) et la tonique (*do-mi-sol*). Dans ce cas, le *si* constituerait la fondamentale (ou la tierce) de l'accord et la dissonance serait codée TrNqAsSA 5j-8j-8j.



Exemple 2 : Note de passage impliquant un changement d'harmonie.

1.3 Détection des fondamentales

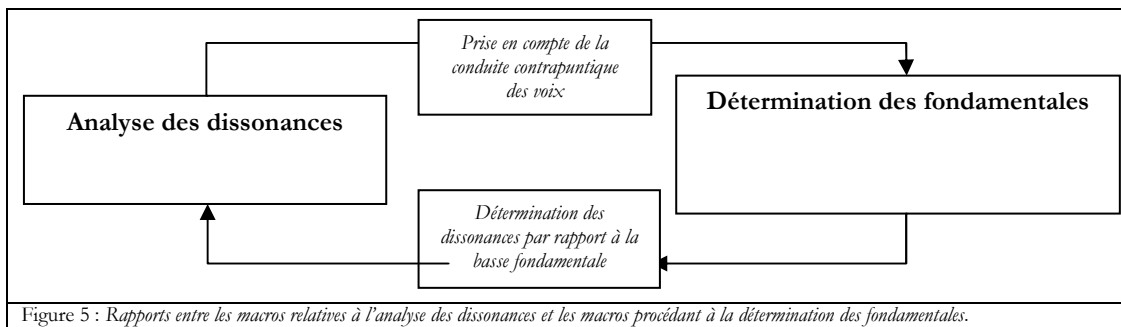
La détection des fondamentales repose sur deux procédures complémentaires distinctes :

- l'organisation des hauteurs par empilement de tierces (grâce aux macros, *SubFondamentales*, *SubTierces*, *SubRuptures*)
- la prise en compte des dissonances instaurant implicitement une distinction entre notes réelles et notes étrangères à l'accord¹⁹ (par l'intermédiaire de la macro *SubFonddis*).

Ainsi l'analyse des dissonances et la détection des basses fondamentales sont placées dans un rapport étroit de détermination réciproque : l'analyse des dissonances constitue un élément préalable indispensable à la déduction correcte des basses fondamentales alors que la détection des fondamentales est une étape nécessaire à la détermination des dissonances par rapport à celles-ci (voir figure 5).

¹⁸ Il s'agit de la note patiente dans le cas de la catégorie des *syncopatio* (Sy, An), de la note de passage dans le cas des *transitus* (Tr, Br), de la note désignée par l'utilisateur dans le cas de dissonances attaquées (At).

¹⁹ En ce sens, la prise en compte des dissonances (selon les règles du style sévère) permet indirectement d'instaurer un lien entre une conception intervallique linéaire et une conception par accords verticaux. Ce lien entre les deux dimensions s'avère être le principe de consonance déterminant pour le traitement des dissonances.



1.3.1 Organisation des hauteurs par empilement de tierces

La première étape dans la détermination des fondamentales consiste, après réorganisation des données et suppression des doublures (macro *SubFondamentales*), en une classification des hauteurs selon le cycle de tierces. L'un des aspects délicats à résoudre a été la réalisation d'une routine sélectionnant, parmi les différentes parties constituant l'accord, la note la plus grave dans le cycle des tierces. A cette fin, le logiciel transcrit deux fois les données selon leur ordre d'apparition dans le cycle grâce à deux boucles (voir macro *SubTierces*). Les cycles étant toujours commencés par la note *do*, l'on obtient, à titre d'exemple pour l'accord de *la* mineur, la séquence suivante : *do-mi-la-do-mi-la*. Afin de déduire que le *la* est la note la plus grave dans le cycle, l'ordinateur procède par la suite à une série de tests logiques sensés déterminer les ruptures dans l'organisation par tierces. Ces tests logiques diffèrent selon le nombre de notes constitutives de l'accord (voir *SubRuptures*). Pour simplifier, dans le cas d'accords de trois sons, il suffit de formuler des conditions selon lesquelles les notes successives doivent entretenir, en partant du grave, soit des rapports de tierce, soit des rapports de quinte²⁰. De cette manière, les macros sont susceptibles de retenir la succession *la-do-mi* et d'effacer, après réitération du même test, les autres éléments de la séquence *do-mi-la-do-mi-la*. Il convient alors de retenir provisoirement en tant que fondamentale, l'élément le plus grave, c'est-à-dire le premier élément en partant de la gauche dans la séquence.

1.3.2 Prise en compte des dissonances

Dans le cas de la présence de dissonances, l'organisation des hauteurs selon le cycle de tierce constitue une étape nécessaire, mais insuffisante, pour la détermination des basses fondamentales. En effet, la prise en compte de cet unique critère produirait, à titre d'exemple, la succession *fa-do-sol* (soit la basse fondamentale *fa*) pour le retard de quarte *do-fa-sol*, ou encore une triade parfaite *fa-la-do*, pour l'accord de sixte et quarte de cadence *do-fa-la*. Par conséquent, il est indispensable de conjuguer la conduite contrapuntique des voix, par l'intermédiaire du traitement des dissonances, avec l'organisation des hauteurs par empilement de tierces. La macro *SubFonddis* (module 11) a été écrite à cet effet. Elle passe l'ensemble des dissonances en revue et réalise des tests logiques pour la détermination des basses fondamentales selon la conduite contrapuntique des voix. Au stade actuel du développement, seules les dissonances de syncope sont retenues. Postulant que la note agente la plus grave dans le cycle des tierces doit être associée à la basse fondamentale, la routine :

- détermine le nombre de syncopes (et corrélativement de notes agentes) associées à un enchaînement,
- détecte quelle note agente est la plus basse dans le cycle de tierces, au cas où plusieurs notes agentes seraient présentes,
- réorganise l'accord, classé préalablement dans l'ordre du cycle de tierce, selon les critères définis dans la macro.

Pour l'instant, seuls deux cas distincts, concernant des accords de trois sons, ont été pris en compte : le cas du retard de quarte et le cas du retard de sixte et quarte cadentielle mentionnés plus haut. Suivant le type de répertoire faisant l'objet de l'analyse, il sera nécessaire, à l'avenir, de retenir d'autres tests logiques concernant les dyades et les accords de quatre sons.

²⁰ La prise en compte des successions de quinte est nécessaire puisque des configurations comme *do-mi-sib* (accord de 7^e sans quinte) sont fréquentes dans le répertoire faisant l'objet de l'analyse.

Enfin, une dernière étape optionnelle dans la détermination des fondamentales consiste en l'ajout, aux accords diminués, d'une fondamentale hypothétique à la tierce majeure inférieure (par exemple pour la triade sur le vii^e degré). La macro *SubQuintesDiminuées* a été développée dans ce but. Néanmoins, l'adjonction de fondamentales présupposant une interprétation fonctionnelle des harmonies (l'accord diminué étant considéré alors comme un accord de septième de dominante sans fondamentale), la routine n'a pas été incluse dans la procédure analytique telle qu'elle se déroule actuellement. Une fois l'ensemble des calculs réalisés, les données obtenues pour l'analyse des dissonances et la détermination des fondamentales sont transférées sur la feuille « calculs » par l'intermédiaire de la macro *SubDonnées* (module 1). Commentent alors les procédures de comptage usuelles pour l'analyse selon la théorie des vecteurs harmoniques.

3 Résultats obtenus

Les résultats des opérations analytiques sont obtenus suite aux procédures statistiques se rapportant aux comptages vectoriels et au traitement des dissonances. Dans la mesure où ces routines statistiques ne sont pas fondées sur des présupposés théoriques qui dépasseraient la théorie des vecteurs harmoniques, je ne reviendrai pas ici en détail sur leur fonctionnement technique, mais me concentrerai davantage sur la nature des résultats qu'elles produisent. La description du fonctionnement des macros sera uniquement entreprise dans les cas où elles impliqueraient des choix méthodologiques dépassant la théorie des vecteurs.

3.1 Comptages vectoriels

L'application de la théorie des vecteurs permet de considérer l'œuvre analysée non seulement d'un point de vue synchronique mais aussi d'un point de vue diachronique. Le logiciel *Telos* propose des résultats se rapportant à ces deux types de perception de l'œuvre.

3.1.1 Analyse synchronique

Ce type d'analyse, permettant de considérer l'œuvre dans sa totalité, fournit des statistiques sur le nombre d'occurrences des différents vecteurs harmoniques dans l'œuvre et sur la fréquence des différentes paires vectorielles, notamment des vecteurs a-b-a²¹. Les résultats de ces analyses statistiques sont consignés sur les deux premières feuilles de calcul. La feuille

« rapport vecteurs » renvoie le pourcentage des différents enchaînements harmoniques répartis selon les dispositions adoptées par la théorie des vecteurs. Deux tableaux sont proposés : un tableau détaillé, tenant compte de la nature (majeure, mineure, augmentée, diminuée et juste) des intervalles et un second tableau synthétique regroupant les différents intervalles parcourus (voir figure 6). Les deux tableaux renvoient systématiquement le nombre d'occurrence des vecteurs ainsi que leur pourcentage. A titre d'exemple, la pièce analysée comprend 48,89% de vecteurs dominants (22 occurrences) contre 51,11% de vecteurs sous-dominants (23 occurrences). Sous le second tableau sont résumés à des fins de vérification, le nombre de vecteurs pris en compte (45) le nombre total des vecteurs ainsi que le pourcentage des vecteurs a-b-a.

11 Pourcentage des vecteurs (par enharmonie)						
12	vecteurs dominants:	total +4	total -3	total +2	total vecteurs dominants	dont +4 aug.
13	nombre:	14	1	7	22	0
14	%	31,11%	2,22%	15,56%	48,89%	0,00%
15	vecteurs sous-dominants:	total -4	total +3	total -2	total vecteurs sous-dominants	dont -4aug.
16	nombre:	13	1	9	23	0
17	%	28,89%	2,22%	20,00%	51,11%	0,00%
18	total vecteurs par catégorie:	27	2	16	45	0
19	%	60,00%	4,44%	36%	100,00%	0,00%
20	a-b-a	13	0	3	16	0
21	%	28,89%	0,00%	6,67%	35,56%	0,00%
22						
23	vecteurs pris en compte	45,00		total a-b-a:	16	
24				%	35,56%	
25	total vecteurs:	45				

Figure 6 : Pourcentage des différents vecteurs harmoniques, tableau simplifié.

qu'elles produisent. La description du fonctionnement des macros sera uniquement entreprise dans les cas où elles impliqueraient des choix méthodologiques dépassant la théorie des vecteurs.

²¹ Philippe CATHE, « La théorie des vecteurs harmoniques de Nicolas Meeùs », *Doce notas preliminares*, 19-20 (2007), p. 274-285.

La deuxième feuille de calcul propose des statistiques sur les paires vectorielles. Comme dans la première feuille, les résultats sont représentés sous forme de deux tableaux, l'un détaillé, l'autre synthétique (voir figure 7). En revanche, seul le pourcentage (et non pas le nombre d'occurrences) des différentes paires vectorielles est proposé ici à des fins de meilleure lisibilité. Par exemple, l'on remarque que les paires vectorielles $-4/+4$ et $+4/-4$, impliquant des mouvements de va-et-vient, sont très fortement représentées dans le choral ayant fait l'objet de l'analyse (respectivement 15,91% et 13,64%) alors que la succession de deux vecteurs dominants est relativement peu fréquente. Enfin, l'ensemble des rapports vectoriels est représenté graphiquement sous forme d'histogrammes dans la feuille correspondante du fichier *Telos1.xls*. A titre d'exemple, la figure 8 renvoie le pourcentage des différents vecteurs dominants et sous-dominants détaillés, rencontrés dans le choral de Scheidt. L'ensemble des feuilles de calculs a été organisé de telle sorte que les tableaux et graphiques puissent être aisément imprimables au format A4 paysage et qu'ils puissent figurer en annexe de travaux scientifiques.

3 Succession des vecteurs (tableau simplifié) en %								
	$+4$	-3	$+2$	-1	$+3$	-2	$+Aug.$	$-Aug.$
4								
5	$+4$	4,55%			13,64%		6,82%	
6	-3				2,27%			
7	$+2$	4,55%		4,55%	4,55%		2,27%	
8	-4	15,91%		4,55%	4,55%		4,55%	
9	$+3$						2,27%	
0	-2	6,82%	2,27%	4,55%		2,27%	4,55%	
1	$+Aug.$							
2	$-Aug.$							

Figure 7 : Pourcentage des paires vectorielles, tableau simplifié.

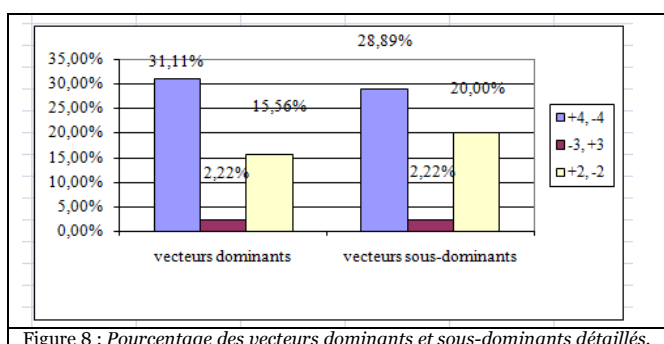


Figure 8 : Pourcentage des vecteurs dominants et sous-dominants détaillés.

3.1.2 Analyse diachronique

Une attention particulière est accordée dans *Telos* à la dimension diachronique, c'est-à-dire à la prise en compte de l'œuvre dans son déroulement temporel. L'un des paramètres pris en considération est la fluctuation de l'asymétrie des progressions au sein de l'œuvre. L'asymétrie des progressions se présente comme la différence entre vecteurs dominants et vecteurs sous-dominants. L'asymétrie est de l'ordre de $48,89\% - 51,11\%$ soit $-2,22\%$ dans le choral analysé. Plus l'asymétrie est élevée dans une œuvre, plus la tendance téléologique des enchaînements est importante dans celle-ci. Par conséquent, la prise en compte de ces fluctuations donne des renseignements sur l'évolution de la tendance directionnelle des enchaînements au fur et à mesure que l'on progresse dans l'œuvre.

L'une des routines développées permet de calculer le pourcentage de vecteurs dominants et sous-dominants pour un nombre défini d'enchaînements successifs au sein d'une œuvre (10 enchaînements par défaut) et de réitérer cette opération par incrémentation d'un enchaînement jusqu'à la fin de la pièce. A partir des données obtenues, la macro est capable de représenter l'ensemble des résultats par un graphe et de calculer la tendance linéaire et la tendance polynomiale du 4^e ordre de cette évolution. Le résultat des analyses diachroniques réalisés pour le Choral est consigné dans la feuille « graphes » du fichier Excel sous forme de trois graphes (voir figures 9-10).

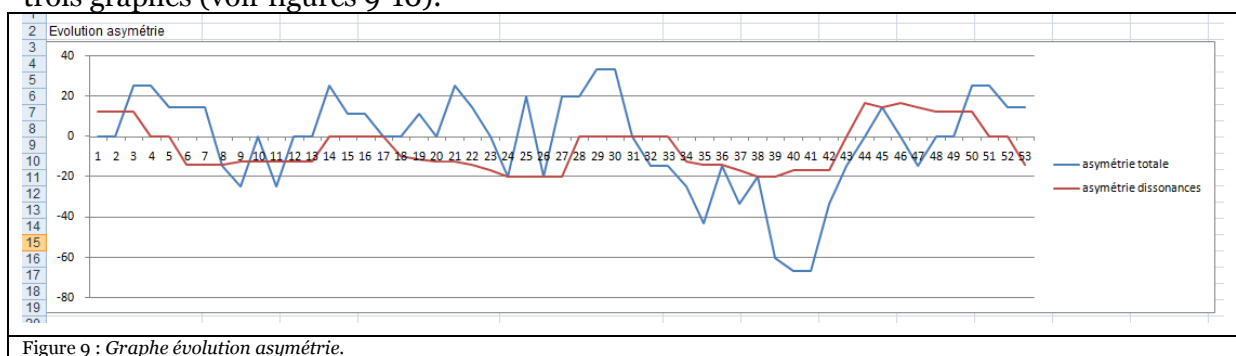


Figure 9 : Graphe évolution asymétrie.

Pour l'instant, seule la ligne bleue qui représente la fluctuation de l'asymétrie générale, devra être considérée ici, la ligne rouge se rapportant à l'asymétrie impliquée par les dissonances. Le graphe se lit de la manière suivante: l'axe vertical se rapporte à l'asymétrie des progressions, c'est-à-dire à la différence entre vecteurs dominants et vecteurs sous-dominants (0 indique par exemple une parfaite symétrie entre les deux catégories de vecteurs, 20 indique une asymétrie de l'ordre de 60% de vecteurs dominants contre 40% de vecteurs sous-dominants). L'axe horizontal se rapporte à l'échantillon à partir duquel l'asymétrie est calculée (à titre d'exemple, la première valeur se rapporte à l'asymétrie impliquée par les enchaînements 1-10, la 2^e valeur se rapporte à l'asymétrie impliquée par les enchaînements 2-11). Sans entrer dans les détails analytiques de l'œuvre, il est absolument remarquable que l'asymétrie des progressions ne soit pas constante dans le choral ayant fait l'objet de l'analyse. Au contraire, elle est soumise à des fluctuations très importantes, notamment dans le 3^e quart de l'œuvre, où l'asymétrie est complètement inversée : les vecteurs dominants totalisent 20% alors que les vecteurs sous-dominants s'élèvent à 80%.

Le deuxième graphe proposé dans la feuille de calcul, se rapporte à la tendance linéaire pouvant être déduite de cette évolution de l'asymétrie. Il montre que de manière générale, l'asymétrie a tendance à décroître sur l'ensemble de l'œuvre. Enfin le troisième graphe représente la tendance polynomiale du 4^e degré de l'évolution de l'asymétrie (voir figure 10). Il montre à quel point l'asymétrie tend à s'accroître à la fin de l'œuvre au fur et à mesure de la cadence finale. Cette propension, que l'on retrouve aussi dans d'autres œuvres, est extrêmement intéressante dans la mesure où elle peut être rattachée à l'hypothèse de Lowinsky²² selon laquelle la tonalité, et corrélativement, les enchaînements caractéristiques de la tonalité, se seraient propagés à partir des cadences et notamment à partir de la cadence finale.

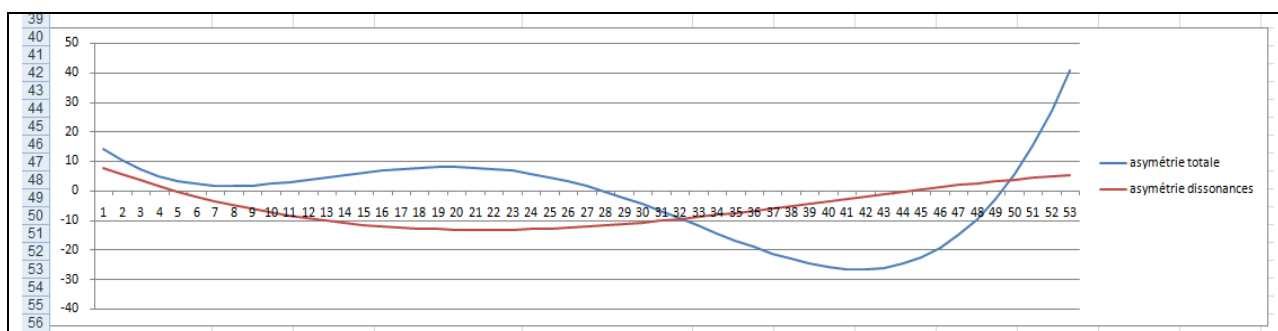


Figure 10 : Graphe évolution asymétrie, tendance polynomiale 4^e degré.

3.2 Comptages portant sur le traitement des dissonances

Les procédures statistiques se rapportant aux dissonances s'écartent de la théorie des vecteurs telle qu'elle a été conçue à l'origine par son auteur. Elles visent toutes à mettre en relation les enchaînements harmoniques et le traitement des dissonances. Plus précisément, les routines développées tentent de produire des éléments de réponse à deux questions principales :

- Quelle dissonance est associée²³ à quel vecteur harmonique dans une œuvre ?
- Y a-t-il une corrélation évidente entre l'asymétrie se rattachant aux dissonances et l'asymétrie totale ?

²² Cf. Edward LOWINSKY, *Tonality and atonality in sixteenth-century music*, Los Angeles: University of California press, 1962, p. 4.

²³ Des travaux menés dans le cadre de mon Master ont permis d'établir, d'un point de vue théorique, un lien tangible entre les règles de préparation et de résolution des dissonances et l'asymétrie des progressions rencontrée dans la tonalité harmonique. En ce sens, on peut considérer que les dissonances relevant de la *syncopatio* ont un impact sur l'asymétrie des progressions. En revanche, l'impact des dissonances relevant de l'autre catégorie, à savoir le *transitus*, est fortement limité, celles-ci n'étant ni soumises à la préparation ni à la résolution par mouvement conjoint. Cf. Christophe GUILLOTEL-NOTHMANN, *Dissonances et progressions harmoniques, Le cas du Tractatus augmentatus compositionis (c.1655-1659) de Christoph Bernhard*, Mémoire de Master II présenté sous la direction du Professeur Nicolas Meeùs, Paris IV : 2007, vol. 1, p. 55 sqq. <http://www.plm.paris-sorbonne.fr/Guillotel-Nothmann/M2Volume1a.pdf> (page consultée le 11/11/08).

Afin de répondre à ces questions, plusieurs procédures sont mises en œuvre. D'une part, le logiciel *Telos* réalise des statistiques sur le pourcentage des vecteurs impliqués par la préparation et la résolution des dissonances. D'autre part, il détermine l'évolution de l'asymétrie impliquée par les dissonances au sein de l'œuvre. Enfin, grâce aux fonctions mises à disposition par Excel, le logiciel renvoie le coefficient de corrélation entre la fluctuation de l'asymétrie totale et la fluctuation de l'asymétrie impliquée²⁴ par les dissonances. Les résultats de ces analyses statistiques sont regroupés dans la feuille « dissonances » et dans la feuille « graphes » du fichier contenant le logiciel *Telos*.

Les tableaux de la feuille « dissonances » mettent en évidence quelle dissonance (syncope ou note de passage) est corollaire à quel enchaînement d'accord. A titre d'exemple, le tableau reproduit dans la figure 11 donne des informations sur le pourcentage des vecteurs impliqués par la préparation des dissonances relevant de la syncope. On peut en déduire

	syn7 desc.	syn7 asc.	syn6 desc.	syn6 asc.	syn5desc desc.	syn5desc asc.	syn4 desc.	syn4 asc.	syn3 desc.	syn3 asc.	Total
+4											
-3											
+2							4,44%				4,44%
+4aug											
-4							6,67%				6,67%
+3											
-2							2,22%				2,22%
-4aug											
total							13,33%				13,33%
Vecteurs dominants impliqués par la préparation							4,44%				
Vecteurs sous-dominants impliqués par la préparation							8,89%				

Figure 11 : Vecteurs impliqués par la préparation des dissonances.

que seule la préparation des retards de quarte (syn4 desc.) implique des progressions harmoniques dans le choral analysé. Il s'agit principalement du vecteur sous-dominant -4 (6,67%) et du vecteur dominant +2 (4,44%). Sous le tableau est reporté le pourcentage total des vecteurs dominants et sous-dominants impliqués par la préparation. Dans le cas du choral analysé, l'on remarque que la préparation des dissonances génère davantage de vecteurs sous-dominants (8,89%) que de vecteurs dominants (4,44%). Des dispositions analogues ont été prises pour le *transitus*, à la différence près que le logiciel ne présuppose pas de causalité entre l'utilisation de ce type de dissonance et l'asymétrie des progressions. Le tableau de la figure 12 renvoie quels enchaînements sont corollaires à quelle résolution de telle ou telle note de passage. On peut en déduire que la résolution de la septième de passage

se fait exclusivement par mouvement descendant dans le choral et que cette résolution est accompagnée systématiquement par le vecteur dominant principal +4. Comme dans la figure précédente, le pourcentage total des vecteurs dominants et sous-dominants accompagnant les notes de passage est reporté sous le tableau.

	trans7 desc.	trans6 asc.	trans7 desc.	trans7 asc.	trans6 desc.	trans6 asc.	trans5desc desc.	trans5desc asc.	trans4 desc.	trans4 asc.	trans3 desc.	trans3 asc.	Total
+4			6,67%										6,67%
-3													
+2													
+4aug													
-4													
+3													
-2									2,22%				2,22%
-4aug													
total			6,67%						2,22%				2,22%
Vecteurs dominants advenant entre la dissonance et la consonance							6,67%						
Vecteurs dominants advenant entre la dissonance et la consonance							2,22%						

Figure 12 : Vecteurs advenant entre la note de passage et sa résolution.

Cependant, à la grande différence des dissonances relevant de la *syncopatio*, le logiciel ne présuppose pas de lien de cause à effet entre la dissonance et l'enchaînement harmonique. Il n'est pas question ici de vecteurs « impliqués » par les dissonances mais de vecteurs « advenant » entre la dissonance et sa résolution.

L'évolution de l'asymétrie impliquée par les dissonances est calculée selon la même manière que l'évolution de l'asymétrie totale (voir chapitre 3.1.2) à la différence que seules les progressions impliquées par la *syncopatio* sont prises en compte dans les calculs. Les résultats de ces analyses sont représentés graphiquement par la ligne rouge des figures 9 et 10. La manière selon laquelle se comportent l'asymétrie totale (ligne bleu) et l'asymétrie impliquée par les dissonances (ligne rouge) au sein de l'œuvre peut s'avérer extrêmement révélatrice de

²⁴ La notion renvoyant à une causalité entre traitement des dissonances et asymétrie des progressions est à utiliser avec beaucoup de précautions. Ici, elle tire sa légitimité du fait que seules les dissonances relevant de la *syncopatio* sont prises en compte dans les calculs.

Si ce type de représentation peut sembler inadéquat pour la musique tonale composée entre 1650 et 1850 (notamment parce qu'il ne tient pas compte de la manière adoptée initialement pour représenter les substitutions²⁵), il semble apte à la représentation graphique de certains répertoires prétonals. En effet, la théorie de substitution, prévalant aux représentations graphiques adoptées initialement, repose en partie sur la théorie des fonctions riemanniennes²⁶. Or, cette théorie de substitution perd de son opérativité dans les répertoires où les catégories fonctionnelles ne sont pas clairement établies et, corrélativement, où les centres d'attractions sont affirmés différemment que dans la tonalité harmonique. Dans ces cas précis, il semble plus approprié de renoncer à la représentation des substitutions et de prendre toute fondamentale abordée comme degré indépendant n'entretenant pas de rapports fonctionnels éventuels par rapport à des fonctions principales hypothétiques.

Le type de représentation réalisé actuellement par la macro n'est qu'une première tentative d'une création automatique de graphes vectoriels dont la réalisation par des logiciels graphiques est souvent très laborieuse et nécessite un investissement considérable de temps. Au stade actuel, la création automatisée des graphes vectoriels est relativement longue sous Excel (plusieurs minutes).

Conclusions provisoires

Les procédures analytiques et statistiques décrites plus haut ont été appliquées à l'analyse d'un corpus composé de dix différents recueils de madrigaux recouvrant la période 1530 à 1603. L'ensemble du corpus totalise environ 23000 enchaînements d'accords.

En ce qui concerne les routines analytiques (détection des dissonances, détection des fondamentales), il me semble que l'analyse des dissonances est relativement efficace bien que de nombreux aspects devront encore être améliorés. En revanche, la détermination des basses fondamentales perd en fiabilité au fur et à mesure que la composition s'éloigne des règles contrapuntiques régissant le traitement des dissonances. (C'est la raison pour laquelle, l'intégralité du corpus a été analysée sur partition, aussi bien en ce qui concerne l'analyse des dissonances que la détermination des fondamentales). Au stade actuel du développement, il est déconseillé de fonder son raisonnement analytique exclusivement sur les résultats obtenus par cette routine. Comme je l'ai mentionné dès l'introduction, l'ensemble des résultats analytiques produits par le logiciel doit être vérifié systématiquement.

Au niveau des procédures statistiques, j'ai pu vérifier que les routines se rapportant aux comptages vectoriels (pourcentage des vecteurs, pourcentage des paires vectorielles, évolution asymétrie) sont très fiables et apportent des résultats convaincants et révélateurs du point de vue du fonctionnement harmonique de l'œuvre. Il en va de même pour les procédures se rapportant au lien entre dissonances et enchaînements harmoniques. Ce sont ces routines qui constituent les points forts de ce logiciel qui se trouve encore en phase de réalisation et qui demandera à être amélioré au fur et à mesure qu'il sera mis en application.

²⁵ Cf. Nicolas MEEÛS, « Toward a Post-Schoenbergian Grammar of Tonal and Pre-tonal Harmonic Progressions ». MTO, <http://www.societymusictheory.org/mto/issues/mto.00.6.1/meeus2.gif> (page consultée le 21/09/08).

²⁶ Cf. Nicolas MEEÛS, « Vecteurs harmoniques », *Musurgia X* (2003) p. 7-34.

Hertzlich thut mich erfreuen

Samuel Scheidt

The image displays a musical score for the piece "Hertzlich thut mich erfreuen" by Samuel Scheidt. The score is organized into two systems, each containing four staves. The first system (measures 1-4) begins with a treble clef and a key signature of one sharp (F#). The first staff contains the main melody, while the second, third, and fourth staves provide harmonic accompaniment. The second system (measures 5-8) starts with a bass clef and a key signature of one sharp. The first staff continues the melody, and the second, third, and fourth staves provide accompaniment. The notation includes various note values, rests, and accidentals, with some notes beamed together. The piece concludes with a final whole note chord in the first staff of the second system.