

Lire Beethoven : une étude exploratoire des mouvements des yeux

ISABELLE SERVANT* ET THIERRY BACCINO**

* Institut Universitaire de Formation des Maîtres, Nice

** Laboratoire de Psychologie Expérimentale, Université de Nice Sophia-Antipolis, Nice

• RÉSUMÉ

Cet article présente des données expérimentales issues de l'analyse des mouvements des yeux de musiciens qui lisaient de courts fragments de partitions de Beethoven qui, soit contenaient un certain nombre d'événements rythmiques, mélodiques et harmoniques (versions originales), soit en étaient relativement dépourvus (les mêmes fragments ayant été alors modifiés de manière à supprimer une partie de la complexité). L'objectif était de noter si la richesse d'écriture d'un compositeur tel que Beethoven pouvait se traduire au niveau oculomoteur et cognitif par des similarités comportementales à la lecture de textes littéraires. Les événements musicaux dans les partitions originales étaient censés induire des processus cognitifs généralement observés dans la compréhension textuelle (saccades régressives et durées de fixation plus longues aux endroits particulièrement significatifs). Les résultats montrent à la fois l'utilisation chez le sujet de mécanismes oculomoteurs habituels en lecture textuelle, mais font également apparaître des comportements typiques de lecture musicale. On observe dans les fragments originaux un accroissement des contrôles locaux (fixations régressives intra-mesures) et globaux (réinspections) qui témoignent des difficultés d'intégration de l'information. Cet effet est plus important lors de la lecture des versions originales de Beethoven comparée aux versions simplifiées. Cette intégration informationnelle est réalisée immédiatement, dès que le sujet rencontre l'événement musical dans la partition. De manière générale, il semble que les sujets soient très rapidement informés de la richesse ou non du fragment, et que l'originalité d'écriture musicale, même localisée, affecte la lecture du fragment dans son ensemble.

INTRODUCTION

L'analyse des mouvements des yeux lors de lecture de textes a été l'objet de nombreuses investigations depuis les premières mesures effectuées par Erdman et Dodges en 1898, et le comportement oculaire des lecteurs est dans l'ensemble bien connu (Rayner & Pollatsek, 1989). D'un point de vue oculomoteur, lire

consiste à déplacer progressivement les yeux le long de la ligne au moyen de rapides sauts d'un mot à l'autre (les saccades) entrecoupées de temps d'arrêt (les fixations d'une durée moyenne de 200 à 250ms) au cours desquels la prise d'information a lieu¹. La lecture (et donc la compréhension) consiste ainsi à lier continuellement l'information extraite lors de la fixation avec les informations précédentes afin de former une *représentation mentale cohérente* de ce qui est décrit dans le texte (i.e., Modèle de situation : Van Dijk & Kintsch, 1983; Modèle mental : Johnson-Laird, 1983). Il est clair néanmoins que cette liaison des informations ne prend pas seulement appui sur la structure linguistique du texte, mais elle nécessite également l'adjonction d'autres informations déjà mémorisées qui sont puisées dans une base de connaissances appropriée, spécifique à chaque lecteur et activée dès le début de la lecture. C'est cette interaction incessante entre les informations linguistiques et les connaissances propres du lecteur qui constitue le processus d'intégration (Garnham & Oakhill, 1993). Les opérations intégratives entraînent des modifications continues de la représentation mentale (par enrichissement, extension, inhibition d'information.....) qui en retour fournit une partie du contexte d'interprétation des phrases suivantes. Une des caractéristiques de cette représentation est qu'elle est construite en mémoire de travail² (Garnham, 1985) et ne contient donc qu'un nombre limité d'informations. Dans la lecture de textes littéraires, comportant par exemple des événements linguistiques (du type ambiguïtés syntaxiques et/ou référentielles, changement de thème, de perspective narrative), l'intégration des informations a lieu essentiellement au moyen d'*inférences* qui peuvent dans certains cas s'accompagner de retours en arrière de l'œil. Ces régressions qui lient l'information courante à un mot précédemment rencontré servent à contrôler la cohérence de la représentation mentale déjà élaborée ou tout simplement pour récupérer une information oubliée (Just & Carpenter, 1980; Shebilske & Fisher, 1983). Mais ce processus général d'intégration de l'information observé pour les textes littéraires est-il le même lorsque le système d'écriture change ? En particulier, l'écriture musicale qui contient une forte composante spatiale implique-t-elle un comportement oculaire différent lors de la lecture de partitions chargées d'événements musicaux rythmiques, mélodiques et harmoniques ? Ces

(1) L'analyse des fixations revêt un intérêt particulier car elle témoigne des difficultés rencontrées par le lecteur. En particulier, leur nombre et leur durée augmentent en fonction de la complexité linguistique (syntaxique, sémantique et/ou référentielle). De même, le fréquent recours à des retours en arrière de l'oeil (saccades régressives), est un indicateur des tentatives d'intégration de l'information.

(2) La mémoire de travail fait référence aux informations que le sujet mémoriserait juste le temps que dure leur traitement. La mémoire de travail est donc plus qu'un simple lieu de stockage, elle est le lieu où s'exécutent des opérations de transformation de l'information (enrichissement, liaison aux informations précédentes...) préalables aux processus de compréhension.

événements musicaux souvent typiques d'un compositeur peuvent à bien des égards être comparés aux événements linguistiques surgissant dans les textes dans le sens où ceux-ci enfreignent quelquefois les règles linguistiques d'usage.

Comparativement à la lecture textuelle, la manière avec laquelle un musicien lit une partition, de clavier par exemple, a donné lieu à peu de travaux expérimentaux utilisant la technique d'enregistrement des mouvements des yeux. Les quelques travaux existants en psychologie se sont intéressés aux mécanismes oculomoteurs primaires impliqués dans la lecture musicale (Land & Furneaux, 1997; Kinsler & Carpenter, 1995) ou bien ont tenté de mesurer la quantité de mémoire que le musicien mobilise pour stocker les informations musicales avant de les jouer que l'on désigne par *empan œil-main* (Ecart entre la prise d'information visuelle et la réalisation motrice; Weaver, 1943; Truitt, Clifton & Pollatsek, 1997; Rayner & Pollatsek, 1997). Rayner *et al.* (1997) montrent que les yeux précèdent d'assez près le mouvement des mains (environ 1 à 2 temps) car la difficulté de la tâche déterminerait la quantité d'informations qui pourrait être traitée en mémoire de travail. Utilisant une tâche d'appariement de formes sur du matériel musical simple, Waters, Underwood et Findlay (1997) indiquent que les musiciens expérimentés se caractérisent par une prise d'information plus rapide des notes et des groupes de notes (voir également Waters & Underwood, 1998; Waters, Townsend & Underwood, 1998). L'intérêt des travaux précédents a été de mettre en évidence le rôle des processus de bas niveau dans la lecture à vue et la manière avec laquelle les informations visuelles sont transcrites en une suite d'actions motrices mais très peu se sont occupés du processus de compréhension dans la lecture musicale (à noter cependant Sloboda, 1977; Goolsby, 1994). Les partitions que les sujets lisaient étaient de simples mélodies dépourvues de difficultés. Or, l'observation du comportement oculaire est également d'un grand recours pour étudier la compréhension et peut donner une idée plus précise de la manière avec laquelle les musiciens perçoivent les faits pertinents d'une partition et donc saisissent les traits caractéristiques du compositeur de l'œuvre. L'analyse du parcours oculaire associée à un chronométrage précis des fixations sur ces faits pertinents peut nous renseigner sur le mode et le moment d'intervention des mécanismes intégratifs. La pertinence du fait musical est souvent mesurée par la distance qui le sépare des règles ou des usages, bien connus et codifiés, du système dans lequel l'œuvre est composée. Ce phénomène de liberté par rapport à un code est particulièrement visible à l'intérieur du système tonal qui fonctionne bien comme un ensemble de règles définies a priori, préexistant et extérieur à l'œuvre³ : les compositeurs de l'époque de Beethoven utilisent les règles du système

(3) Suivant en cela le mouvement d'idées scientifiques qui, après Newton (1685), posera les fondements de la civilisation industrielle, et son corollaire méthodologique l'expérimentation (Voir le traité de Rameau, 1722, la modélisation du système tonal que réalise Bharucha, 1987, et aussi Servant, 1995).

tonal, mais s'en éloignent fréquemment, et les enfreignent parfois⁴. Beethoven lui-même présente à l'époque de la composition des Bagatelles et des premières sonates, dont nous avons tiré nos fragments pour l'expérience, des caractéristiques d'écriture tout à fait intéressantes (les deux corpus des Bagatelles et des sonates sont intimement liés et donnent lieu à de nombreux échanges, certains extraits de l'un étant utilisés dans l'autre et inversement). Son écriture pianistique, jusqu'en 1802, est celle d'un compositeur fortement marqué par sa pratique de l'improvisation, utilisant largement les techniques de fantaisies musicales (voir par exemple *Bagatelle op. 33*, mesures 21-23, ou *op. 126 n° 3*, mesures 24-26). Ces techniques intègrent imprévisibilité et ruptures : suppression de modulations prévisibles, décalages rythmiques, nombreux emprunts, étirements et raccourcissements des durées... (voir également les textes du manuscrit Fischhof, 1804 et 1818, reproduits dans Schmidt-Görg & Schmidt, 1969, et les interprétations de Beethoven que donne Alfred Cortot, 1934). Les œuvres de piano composées après le testament d'Heiligenstadt (1802) conservent ces qualités d'originalité et d'imprévisibilité, et les approfondissent encore par une recherche de la rigueur, de la concision, et des effets avec peu de moyens (par exemple avec la volonté de Beethoven de réduire le nombre de mesures dans les menuets de sonates).

Notre objectif dans cet article est :

- 1) de décrire le comportement oculaire pendant la lecture de fragments extraits des Bagatelles originales de Beethoven conservant les faits musicaux importants (repérés par des techniques de fantaisie, ou par d'autres traits d'écriture spécifiques du compositeur) avec les mêmes fragments dénués de toute originalité,
- 2) de comprendre le mode d'action des mécanismes d'intégration des faits musicaux dans la représentation globale de l'œuvre.

Pour cela, il nous a été nécessaire d'établir un deuxième corpus parallèle au premier qui se devait de proposer, au même endroit que le fait musical significatif choisi, une version simplifiée annulant toute ambiguïté. La comparaison entre la lecture des deux versions devrait alors donner une idée de la manière dont les lecteurs appréhendent les traits stylistiques du compositeur, ou plus modestement sa manière de ménager constamment l'intérêt musical. Les mouvements des yeux des musiciens étaient enregistrés sur les deux versions et nous nous attendions à repérer au niveau du comportement oculomoteur (nombre

(4) En dehors de ces manifestations créatives, il demeure possible à un bon harmoniste qui maîtrise les règles du système de produire des œuvres peu originales et dépourvues d'intérêt, qui ont parfois un but simplement pédagogique.

et durées des fixations progressives et régressives) des traces de l'activité cognitive (opérations intégratives) spécifiques au traitement des faits musicaux importants. Le choix de partitions de piano plutôt qu'une monodie résulte de notre intérêt d'étudier

- 1) le traitement des événements harmoniques dans un contexte tonal (événements nettement plus riches que dans une simple ligne mélodique),
- 2) les mécanismes intégratifs spécifiques à la lecture d'une double portée (lorsque l'événement musical est réparti spatialement à la fois sur la portée inférieure et supérieure et non pas comme dans la lecture textuelle organisé en un seul lieu).

MÉTHODE

• **Sujets.** Huit sujets musiciens expérimentés (tous pianistes et âgés de 20 à 28 ans : m = 22; 6), étudiants de second cycle du Département de Musicologie de l'Université de Nice, passent l'expérience. Aucun n'a une vision corrigée (port de lunettes).

• **Corpus musical.** L'expérience est fondée sur des extraits des *Bagatelles* de Beethoven (*op. 33*, *op. 119*, *op. 126*, dans l'édition de G. Henle, en Urtext, München) ainsi que de la *Sonate op. 2 n° 1* (Schott, Mainz et Leipzig). Le choix de fragments plutôt que de pièces entières résulte d'une double contrainte méthodologique : en premier lieu, le champ vertical du système oculométrique (environ 15° d'angle visuel) ne permettait que l'enregistrement des mouvements oculaires d'une double portée; d'autre part nous souhaitions limiter notre description à la lecture des faits musicaux pertinents et des mesures adjacentes. Six fragments sont tirés des pages suivantes :

Fragment 1 : *op. 33 n° 2*, mesures 1-8.

Fragment 2 : *op. 33 n° 6*, deuxième section, mesures 9-13.

Fragment 3 : *op. 33 n° 7*, mesures 1-8.

Fragment 4 : *op. 119 n° 4*, mesures 1-5.

Fragment 5 : *op. 119, n° 10*, mesures 1-8.

Fragment 6 : *Sonate op 2 n° 1*, p 10, mesures 1-7.

(voir Figures 1, 2 et 3, pages suivantes).

SCHERZO ALLEGRO

Musical score for Scherzo Allegro, measures 1-8, original version. The score is in 3/4 time and G major. The right hand features a melodic line with eighth and sixteenth notes, while the left hand provides a rhythmic accompaniment with chords and single notes.

SCHERZO ALLEGRO

Musical score for Scherzo Allegro, measures 1-8, modified version. The score is in 3/4 time and G major. The right hand features a melodic line with eighth and sixteenth notes, while the left hand provides a rhythmic accompaniment with chords and single notes. The modification in the left hand is visible in the lower register.

Fragment 1 : *Bagatelles op. 33 n° 2*, mesures 1-8
En haut : version originale; en bas : version modifiée

Musical score for Scherzo Allegro, measures 9-13, original version. The score is in 3/4 time and G major. The right hand features a melodic line with eighth and sixteenth notes, while the left hand provides a rhythmic accompaniment with chords and single notes. Handwritten annotations include *mp*, *cresc*, *sf*, *p*, and *ru*.

Musical score for Scherzo Allegro, measures 9-13, modified version. The score is in 3/4 time and G major. The right hand features a melodic line with eighth and sixteenth notes, while the left hand provides a rhythmic accompaniment with chords and single notes. Handwritten annotations include *mp*, *cresc*, *sf*, *p*, and *ru*. The modification in the left hand is visible in the lower register.

Fragment 2 : *Bagatelles op. 33 n° 6*, mesures 9-13
En haut : version originale; en bas : version modifiée

Figure 1

PRESTO



PRESTO



Fragment 3 : *Bagatelles op. 33 n° 7*, mesures 1-8
En haut : version originale; en bas : version modifiée

ANDANTE CANTABILE



ANDANTE CANTABILE



Fragment 4 : *Bagatelles op. 119 n° 4*, mesures 1-5
En haut : version originale; en bas : version modifiée

Figure 2

ALLEGRAENTE

Musical score for Fragment 5, original version. It consists of two staves: a treble clef staff and a bass clef staff. The key signature is two sharps (F# and C#), and the time signature is 2/4. The music features a series of chords in the right hand and a rhythmic accompaniment in the left hand.

ALLEGRAENTE

Musical score for Fragment 5, modified version. It consists of two staves: a treble clef staff and a bass clef staff. The key signature is two sharps (F# and C#), and the time signature is 2/4. The music features a series of chords in the right hand and a rhythmic accompaniment in the left hand, similar to the original but with some modifications in the bass line.

Fragment 5 : *Bagatelles op. 119 n° 10*, mesures 1-8
En haut : version originale; en bas : version modifiée

Musical score for Fragment 6, original version. It consists of two staves: a treble clef staff and a bass clef staff. The key signature is three flats (Bb, Eb, and Ab), and the time signature is 3/4. The music features a series of chords in the right hand and a rhythmic accompaniment in the left hand.

Musical score for Fragment 6, modified version. It consists of two staves: a treble clef staff and a bass clef staff. The key signature is three flats (Bb, Eb, and Ab), and the time signature is 3/4. The music features a series of chords in the right hand and a rhythmic accompaniment in the left hand, similar to the original but with some modifications in the bass line.

Fragment 6 : *Bagatelles op. 2 n° 1*, mesures 1-7
En haut : version originale; en bas : version modifiée

Figure 3

✓ Figures 1, 2 et 3 : Fragments originaux et modifiés des Bagatelles de Beethoven.
Les zones cibles correspondant aux cellules modifiées sont soulignées. Les figures
représentent les partitions manuscrites préalablement scannées telles qu'elles ont
été réellement présentées aux sujets.

Les *Bagatelles* nous semblent des pièces exemplaires pour une telle expérience. Elles sont remarquablement concises et pas très difficiles à lire dans un contexte de lecture à vue. Pour autant, elles ne présentent aucune ressemblance avec un exercice traditionnel et prévisible pour piano. Nous avons choisi cinq fragments de ces *Bagatelles*, et le début du Minuetto de l'*op. 2, n° 1*, que nous avons présentés à l'écran en écriture manuscrite, de manière à éviter la différence de calligraphie entre fragments originaux et fragments modifiés.

Les modifications que nous avons apportées pour l'expérience aux endroits que nous nommons *zones-cibles* (voir Figures 1 et 2) concernent un fait musical de type rythmique, ou de type mélodico-harmonique. Tous les fragments originaux ont été modifiés dans un esprit de tentative de suppression de l'originalité d'écriture du compositeur (suppression de la technique de *fantaisie*). Les fragments sont découpés pour l'analyse en zones homogènes, correspondant aux mesures de la partition sauf dans le cas des anacrouses.

Dans le **fragment 1** la zone-cible remplace l'intervention des quatre accords de *la* majeur par un ton plus attendu dans ce contexte, celui de *do*. Le **fragment 2**, plutôt *cantabile* et assez prévisible dans sa première section, contient un *sol* ambigu (naturel ou dièse ?), à un endroit où la mélodie pourrait se développer, temporairement bien sûr, dans deux tons différents, *la* majeur ou *ré* majeur. Le système tonal traditionnel aurait pu favoriser un emprunt à *la* majeur, et donc un *sol #*, avant de revenir au ton de *ré* majeur. Beethoven supprime les modulations prévisibles, et les remplace par une cadence en *ré* majeur, qui n'est donc pas sans effet de surprise. La version modifiée banalise le passage par l'emprunt au ton de *la* majeur. Le **fragment 3** débute par une formule répétitive, très longue à la main gauche (près de quatre mesures), qui donne un caractère dynamique et suspensif au fragment. La version modifiée réduit le fragment à deux mesures seulement. Le **fragment 4** comporte dans la zone-cible un emprunt en *ré* majeur, lequel a été supprimé dans la version modifiée, la basse est remplacée par un passage qui se poursuit en *la* majeur. Dans le **fragment 5** la basse est décalée rythmiquement, à la manière de l'ancien style brisé régularisé (voir par exemple *Les Barricades mystérieuses* du sixième ordre de François Couperin, ou les formules pré-classiques comme la *basse d'Alberti*). Ce décalage a été supprimé dans la version modifiée. Le **fragment 6** comporte à la main gauche un *fa*, tonique du morceau, alors que la main droite vient de développer un accord du cinquième degré. La version modifiée fait entendre une cadence *do-fa* et le même changement est réalisé plus loin lorsque la même situation se présente, cette fois en *la b* majeur.

- **Dispositif technique.** L'expérience est contrôlée par deux ordinateurs IBM 386DX interconnectés. Un ordinateur affiche les partitions préalablement scannérisées (format PCX 800 x 600 x 256) alors que le second ordinateur enregistre les données oculaires. L'affichage des partitions respecte la présentation papier

(fond blanc, caractères noirs) et a lieu au moyen d'un écran haute résolution Sony GDM-21 Pouces. Les mouvements des yeux sont enregistrés par la technique du reflet cornéen au moyen du système oculométrique Dr Bouis⁵ et échantillonnés toutes les millisecondes par une carte Analogique/Digitale (National Instruments). La résolution spatiale du système est inférieure à un degré d'angle visuel (environ un caractère). Afin d'éviter le parasitage des données oculaires par des mouvements de tête impromptus, les sujets lisaient en posant la tête sur une mentonnière et chaque nouvelle présentation d'un fragment était précédée d'une phase de calibrage bi-dimensionnel⁶. Lors de la lecture, les données représentant les coordonnées x et y du déplacement de l'œil sont stockées automatiquement sur l'ordinateur pour les traitements ultérieurs qui détermineront à la fois le parcours spatial du regard (position des fixations, trajectoire de lecture) et le décours temporel (durée des fixations). Ce traitement permet ainsi de réduire l'ensemble des données en une collection de saccades (mouvements de l'œil) et fixations (pauses) sur lesquels portera l'analyse statistique.

• **Procédure.** Chaque sujet est informé de la procédure de passation de l'expérience et testé individuellement. La tâche consiste à lire les six fragments de manière attentive afin de répondre dans un second temps à des questions sur le thème musical présenté. Ces questions n'ont d'autre objectif que de maintenir constante l'attention du sujet afin de pister par des indicateurs Temps Réel (Mouvements des yeux), l'élaboration ou la modification de la représentation mentale. D'autre part, les questions relatives à chaque fragment permettent de réduire l'écart entre une simple lecture et une réelle lecture à vue au sens musical, c'est-à-dire avec interprétation sur un clavier. Pour chaque question, le sujet devait choisir entre deux réponses possibles. Après calibrage, les six fragments sont lus successivement (trois pour la version originale, trois pour la version modifiée) avec un ordre de présentation randomisé pour chaque sujet. Tous les fragments comportaient deux portées.

(5) A l'aide de cet appareil, les mouvements des yeux sont repérés par les déviations d'un faisceau lumineux infrarouge envoyé sur la cornée de l'œil. La cornée joue le rôle d'un miroir et une cellule photoélectrique placée de l'autre côté de l'œil détecte le reflet de ce rayon. En fonction des mouvements de l'œil, le reflet lumineux est plus ou moins intense car il atteint des zones de réflexion différente (sclère, iris, pupille) ce qui permet de calculer précisément la position du centre de gravité lumineux. C'est le calcul en temps réel des positions de ce centre de gravité lumineux qui définissent la position des yeux.

(6) La procédure consiste pour le sujet à fixer successivement 9 points apparaissant à égale distance sur l'écran et l'on enregistre les coordonnées spatiales de ces points. Ces 9 coordonnées définissent le plan dans lequel s'effectue l'enregistrement des mouvements de yeux et elles servent lors du traitement des données à projeter géométriquement les positions de l'œil dans le plan des stimuli.

ANALYSE DES RÉSULTATS

Les huit sujets ont effectivement focalisé leur attention lors de la lecture à vue. Sur l'ensemble des réponses, 90 % de réponses correctes ont été obtenus qui ne diffère significativement du nombre théorique total de bonnes réponses (100 %; $\chi^2(48) < 1, p > .10$). L'analyse des mouvements des yeux subséquente a été réalisée uniquement sur les données qui correspondaient à une réponse correcte du sujet. ✓ p 24

Les données oculaires ont été analysées selon deux points de vue nécessairement complémentaires dans ce type d'étude, celui du psychologue et du musicologue.

1) Par des analyses statistiques de l'activité oculaire, nous avons voulu déterminer le profil global des processus cognitifs mobilisés lors de la lecture à vue. L'idée était de comparer cette activité aux opérations cognitives mises en œuvre lors de la lecture de textes littéraires.

2) Par une vision musicologique des fragments du corpus, notre objectif était de confronter ces données oculaires aux principes d'interprétation empiriques développés lors d'une situation de lecture proche de la réelle lecture à vue, et de valider ou non, par des faits observables, l'originalité des principes d'écriture du compositeur.

• **Description du comportement oculaire général de la lecture à vue.** L'analyse des mouvements des yeux distingue les premières fixations du lecteur sur la portée (premier passage) des réinspections ultérieures (relecture). Cette analyse porte sur l'ensemble de la partition mais également sur toutes les mesures du fragment musical prises individuellement. Par premières fixations, nous entendons l'ensemble des fixations d'une zone donnée que l'œil inspecte avant que celui-ci ne sorte de la zone soit vers la droite (Progression), soit vers la gauche (Régression). Les premières fixations englobent donc à la fois les fixations progressives (consécutives à une saccade de gauche à droite) et régressives (droite-gauche) qui sont déclenchées sur une même mesure du fragment musical. Les autres fixations qui correspondent à des retours de l'œil sur la mesure, soit à partir des mesures suivantes, soit à partir de la ligne suivante, sont considérées comme des relectures. Ce découpage de l'activité oculaire en fonction de la localisation sur le texte musical, par ailleurs classiquement employé en psycholinguistique (Rayner & Duffy, 1986; Rayner & Frazier, 1987), permet de déterminer l'importance des traitements perceptifs et cognitifs initiaux rencontrée sur une mesure donnée ainsi que les éventuelles relectures de cette même mesure qui ont pour but de compléter et intégrer l'information ou réaliser des contrôles. Le nombre et la durée des fixations ont été analysés en fonction du type de fragment musical (version originale *vs* modifiée) et par mesures (voir Figure 4, page suivante).

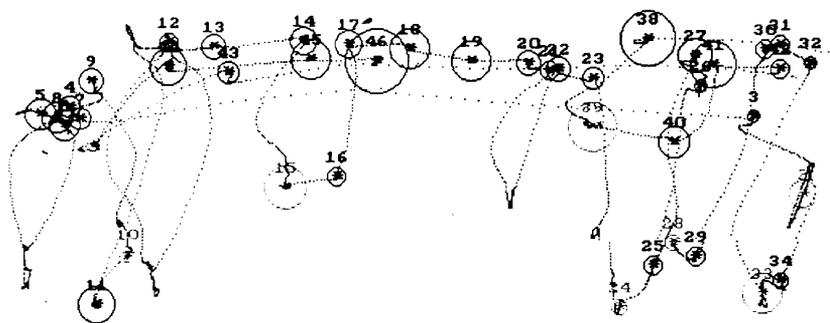


Figure 4. Représentation schématique des mouvements des yeux déclenchés lors de la lecture du fragment 2 (Bagatelle op. 33 n° 6). Le graphisme du bas illustre le parcours en créneaux de l'œil pendant la lecture à vue en notant les points de fixation et la trajectoire (les fixations sont numérotées dans leur ordre d'apparition). Les cercles représentent les durées relatives des fixations oculaires.

D'un point de vue oculomoteur, la lecture de partitions de piano est très différente de la lecture de textes littéraires. Alors que pour les textes, le regard suit une direction assez stricte de gauche à droite déclenchant parfois des régressions pour retrouver une information (10 à 15 % du temps de lecture), le profil des mouvements des yeux, lors de la lecture à vue de partitions de piano, montre un constant mouvement de haut en bas entre les deux portées avec un nombre important de relectures et de saccades régressives. Ce mouvement en *créneaux* (voir Figure 3), typique de la lecture pianistique, indique que la prise d'informations (la reconnaissance des notes) a lieu séquentiellement nécessitant dans un second temps leur mise en correspondance et leur intégration au déroulement général du passage. Pour les premières fixations, près d'une fixation sur quatre est une fixation régressive (26 %) à l'intérieur de la même mesure et presque tous les fragments ont été relus deux fois. La durée moyenne d'une fixation (242 ms) est comparable à la durée d'une fixation lors de la lecture d'un texte littéraire.

Le Tableau 1 donne l'ensemble des statistiques descriptives par fragments et pour les huit sujets.

Tableau 1
Ensemble des indices descriptifs obtenus sur les premières fixations
et les réinspections en fonction du type de fragment (Original vs Modifié).

	O/M	Première fixation				Réinspections	
		Nombre	Durée Moyenne	Nbre Fix. Prog.	Nbre Fix. Reg.	Nombre	Durée Moyenne
Fragment 6	O	63	234,4	47	16	75	232,8
	M	63	255,8	53	10	80	298,9
Fragment 5	O	60	212,4	41	19	69	228,8
	M	49	238,9	40	9	45	282,9
Fragment 4	O	83	247,7	61	22	61	183,7
	M	35	206,5	25	10	63	209,6
Fragment 3	O	94	269	64	30	69	245,7
	M	78	231	54	24	116	235,8
Fragment 2	O	55	231,2	38	17	43	217,6
	M	49	255,7	39	10	84	225,1
Fragment 1	O	72	259,7	52	20	108	275
	M	49	258,7	39	10	68	2447

Une première analyse du Tableau 1 montre que les sujets lors de leur découverte du fragment (premières fixations) effectuent significativement plus de fixations sur les fragments originaux de Beethoven que pour les versions simplifiées (t de Student (168) = 2,70 $p < .01$). Cette différence est surtout due à un accroissement du nombre des fixations régressives ($t(60) = 2,23$ $p < .01$) plutôt que progressives ($t(60) = 1,43$ ns). Notons bien qu'il s'agit ici de saccades régressives intra-mesures et non d'une relecture du fragment qui enverrait le regard d'une mesure vers une précédente. Cet effet qui est à relier au nombre plus important de fixations régressives dans la lecture de partitions que dans la lecture textuelle (voir plus haut) correspond au temps nécessaire pour associer les notes des deux portées ensemble mais également à des processus de haut niveau comme l'intégration à la représentation générale de l'œuvre. Ce temps est d'autant plus long que les fragments sont plus complexes (version originale de Beethoven). Le lecteur reste plus longtemps sur certaines mesures (en provoquant des boucles d'attente par le biais de saccades régressives), les informations rencontrées étant plus longues à intégrer dans la représentation mentale courante du fragment. Le regard attend que le sens général du passage soit intégré avant de poursuivre la lecture ce qui souligne l'aspect immédiat et incrémental du traitement. Etant donné le caractère dynamique de l'activité oculaire, cette attente a lieu par un redoublement des fixations plutôt que par un accroissement temporel de la première fixation comme peut l'indiquer l'absence de différence sur la durée moyenne des premières fixations. Par ailleurs, le nombre et la durée des fixations résultant de relectures (réinspections) ne différaient pas entre les deux versions.

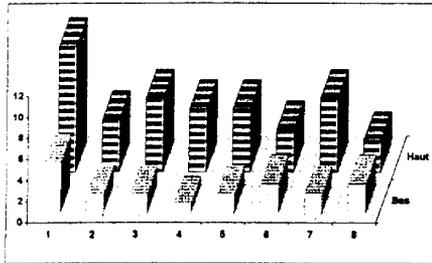
L'analyse des premières fixations sur les zones-cibles confirme ce nombre plus important de premières fixations pour les fragments originaux ($t(42) = 2.00$ $p < .05$) et plus particulièrement de fixations régressives intra-mesures ($t(42) = 4.159$ $p < .001$). Contrairement à l'analyse sur l'ensemble du fragment, le nombre des réinspections (refixations) sur les zones-cibles est significativement plus important pour les versions originales ($t(42) = 3.076$ $p < .01$) que pour les versions modifiées. Cela s'explique si l'on considère que les relectures s'appliquent prioritairement aux endroits du fragment qui posent difficulté, conduisant à un accroissement des refixations sur ces endroits. Si l'on considère comme précédemment que le sens de l'œuvre est intégré immédiatement au cours de la lecture, c'est-à-dire dès les premières fixations, ces refixations peuvent servir à des fins de vérification de la structure mise en place mais également à des compléments d'informations qui viendraient modifier ou enrichir la représentation existante.

Souhaitant spécifier cette lecture plus attentive des versions originales dès les premières fixations, il a fallu déterminer si celle-ci était liée au nombre de notes apparaissant dans la zone. L'analyse de corrélation (Test de Bravais Pearson) montre que la durée moyenne des fixations par zone augmente en fonction du nombre de notes contenues dans la mesure pour les versions originales, ($r(196) = 0.164$ $p < .02$). Dans tous les autres cas (relecture, version modifiée), il n'y a aucune corrélation. Les fragments originaux étaient lus de manière plus détaillée et chaque note faisait l'objet d'une inspection oculaire du sujet.

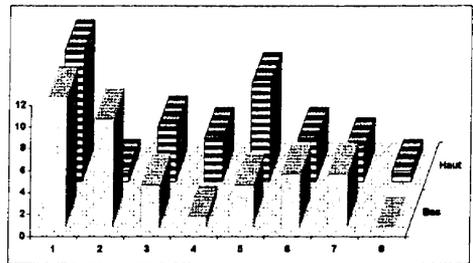
• **Activité oculaire (v/s) contenu musical des fragments.** Afin d'établir le détail exhaustif de l'analyse musicologique des fragments étudiés, les distributions par mesures des premières fixations, puis des réinspections apparaissant à la main droite (ligne du haut) et à la main gauche (bas), pour la version originale et pour la version modifiée (voir Figures 5, 6, 7, 8, 9, 10) seront introduites.

Fragment 1 (voir Figure 5, page suivante) : outre la tonalité qui a été modifiée dans les mesures 7 et 8, le fragment présente une complexité relative de lecture rythmique. De nombreuses fixations et saccades régressives sont donc observées qui tendent à intégrer ce schéma (croche, silence, double croche, liaison). Une fois la difficulté intégrée, les fixations sont plus espacées, même lorsqu'un schéma identique apparaît. Comme dans les fragments ultérieurs, il semble se dessiner une primauté de lecture pour la main droite en ce qui concerne les premières fixations : primauté explicable par l'écriture relativement simple de la main gauche de ces fragments musicaux. Cependant, les réinspections semblent montrer, elles, une importante prise en compte de la totalité du champ musical, aussi bien dans la version originale que dans la version modifiée, et surtout pour l'intégration du schéma rythmique principal.

SCHERZO ALLEGRO

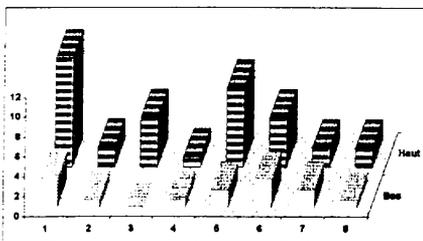


Premières Fixations

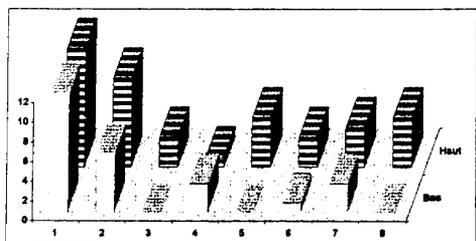


Réinspections

SCHERZO ALLEGRO



Premières Fixations



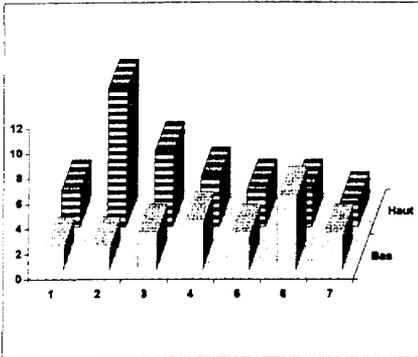
Réinspections

Figure 5 : Distribution des premières fixations (histogramme de gauche) et des réinspections (histogramme de droite) par mesures en fonction de la version originale et modifiée de la Bagatelle op. 33 n° 2 de Beethoven.

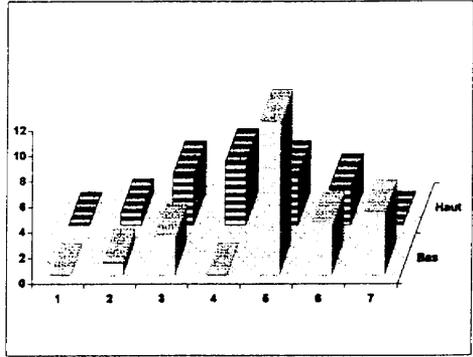
Fragment 2 (voir Figure 6, page suivante) : Beethoven a ici éludé un emprunt rapide à la majeur, particulièrement attendu dans le contexte mélodico-harmonique, pour amener un retour en ré majeur dès la mesure 5. Le graphique (Figure 6) montre que l'attention des sujets se concentre rapidement sur la difficulté à résoudre (*sol* naturel ou *sol* # dans la mesure 4), et que cette difficulté d'apparence mélodique va être résolue par des réinspections à la basse, donc par une attention à l'harmonie. Sommes-nous en *la* majeur ou en *ré* majeur ? Logiquement, c'est la main gauche qui peut aider le lecteur à répondre à cette question : or, la main gauche fait entendre une cadence en *ré*, donc le *sol* est naturel à la main droite. Par contre, le fragment modifié ne laisse pas apparaître d'événement particulier, surtout à la main gauche, visiblement considérée comme moins active que dans la version originale. Dans les deux versions apparaissent cependant les habituels groupes de fixations sur l'armure pour prise d'information; elles sont particulièrement importantes en premières fixations dans le fragment original, et en réinspections dans la version modifiée.

Fragment 3 (voir Figure 7, p. 84) : Le fragment modifié montre une certaine régularité dans la distribution des premières fixations et des réinspections, alors que lorsque la cellule de main gauche, longue, rapide et dynamique, débute le fragment original, la distribution des premières fixations est nettement plus irrégulière. Outre la très large réinspection de la mesure 7 à la main droite, l'élément le plus marquant est sans doute la propension de l'œil du lecteur à intégrer très rapidement l'information rythmique, de manière à quasiment survoler la formule de main gauche lorsqu'il a compris comment celle-ci fonctionne, et sa répétition. On devine ici une perception large, en vision para-fovéale peut-être, de plusieurs notes vers la droite, faculté que l'on rencontre aussi en lecture de textes (i.e, pour une revue sur la question de l'empan visuel – voir Rayner & Pollatsek, 1987), et une capacité d'analyse particulièrement rapide, pour décider ainsi que la formule se répète et qu'il n'y a pas lieu de la fixer de nouveau de manière intense. On pourrait également interpréter cette faculté étonnante qu'a le sujet d'intégrer cette information par des capacités de catégorisation telles que celles décrites dans le modèle de prise d'indices de Deliége (1996), ces capacités de catégorisation seraient également visibles, à notre avis, dans le traitement du fragment 5 (voir supra).

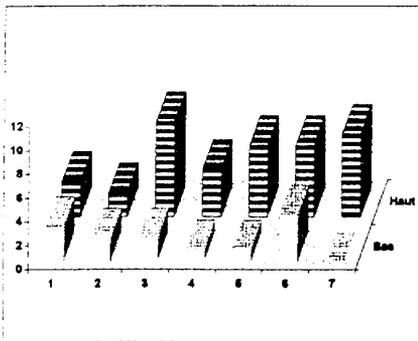
Fragment 4 (voir Figure 8, p. 85) : La version originale contient à la mesure 2 un emprunt assez remarquable à *ré* majeur, délaissé presque immédiatement à la mesure suivante, où le ton de *la* majeur est de nouveau énoncé; ce passage, très court, contribue pourtant fortement à la couleur du fragment tout entier. L'emprunt, signalé par un *sol* **V** à la main droite, est largement couvert par les premières fixations (mesures 2 et 3), tandis que le fragment modifié n'offre à cet endroit qu'un graphique relativement plat.



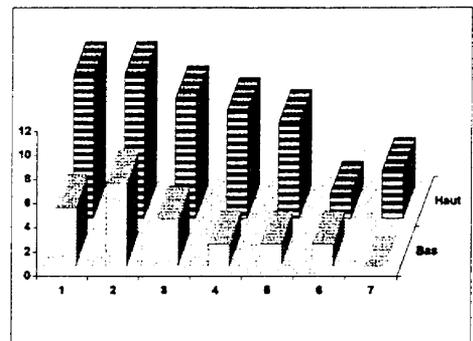
Premières Fixations



Réinspections

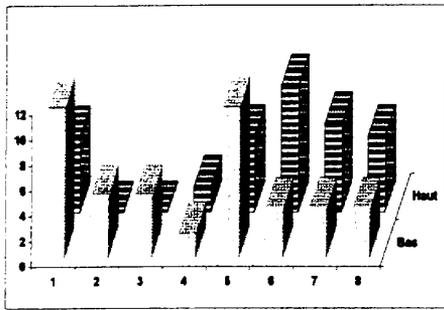


Premières Fixations

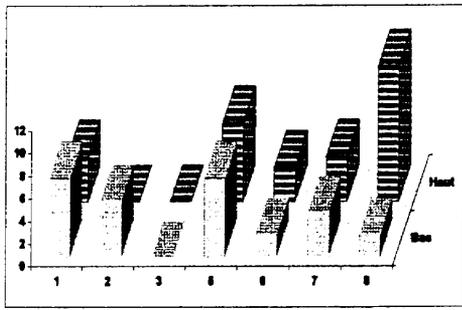


Réinspections

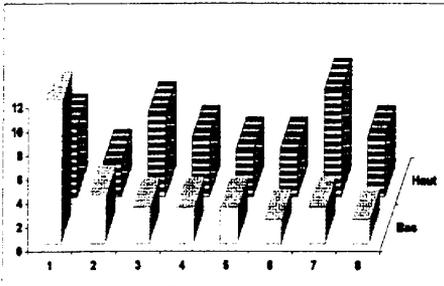
Figure 6 : Distribution des premières fixations (histogramme de gauche) et des réinspections (histogramme de droite) par mesures en fonction de la version originale et modifiée de la Bagatelle op. 33 n° 6 de Beethoven.



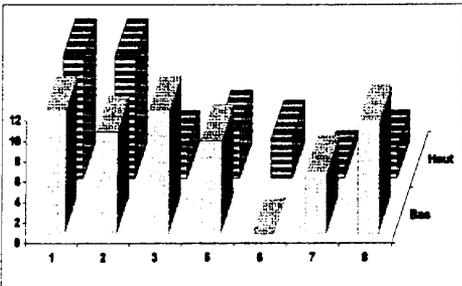
Premières Fixations



Réinspections



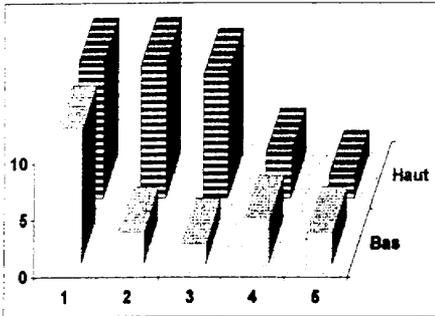
Premières Fixations



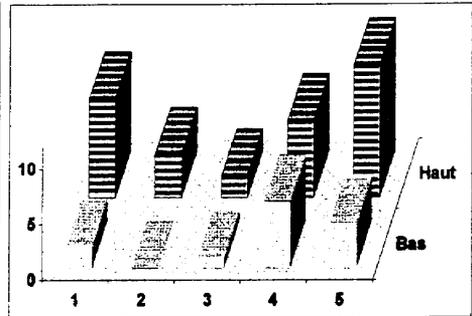
Réinspections

Figure 7 : Distribution des premières fixations (histogramme de gauche) et des réinspections (histogramme de droite) par mesures en fonction de la version originale et modifiée de la Bagatelle op. 33 n° 7 de Beethoven

ANDANTE CANTABILE

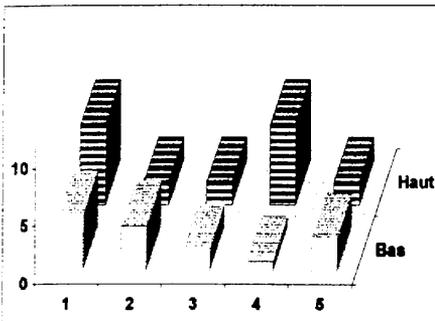


Premières Fixations

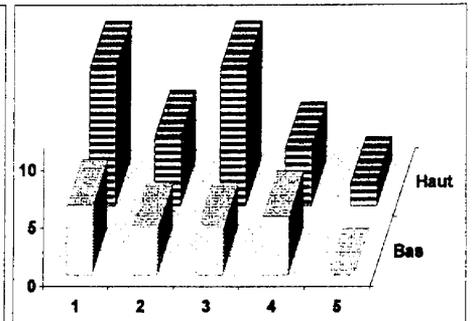


Réinspections

ANDANTE CANTABILE



Premières Fixations



Réinspections

Figure 8 : Distribution des premières fixations (histogramme de gauche) et des réinspections (histogramme de droite) par mesures en fonction de la version originale et modifiée de la Bagatelle op. 119 n° 4 de Beethoven.

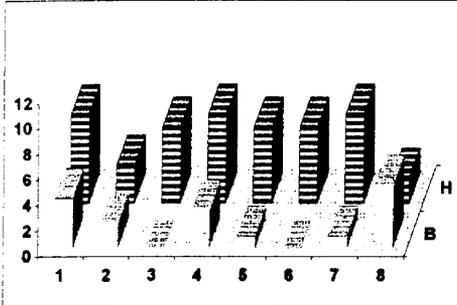
Fragment 5 (voir Figure 9, page suivante) : L'intérêt du fragment est essentiellement rythmique, avec un rythme légèrement décalé entre la main droite et la main gauche, cette dernière effectuant un accompagnement régulier tout au long du fragment, sauf à la double barre, mais intervenant systématiquement un demi-temps plus tard. Les conventions d'écriture, déjà en usage à l'époque de Beethoven rendent cette main gauche difficile à lire, avec un demi-soupir au début de la mesure 1, et un dessin chargé (liaison et croche muette) en début de chaque mesure ultérieure. Pourtant, l'écriture est plus complexe que la réalité musicale, puisqu'il s'agit en fait pour le pianiste de décaler son accompagnement, performance plus facile au niveau technique qu'au niveau de la lecture. La version modifiée fait apparaître le même accompagnement, cette fois en phase avec la main droite. Cette *différence de phase*, ou régularisation du style brisé demande en général au pianiste une bonne gestion générale du rythme, qu'il peut trouver grâce à un appui sur les temps non décalés (ici à la main droite), appui plus mental d'ailleurs que réel, pour ne pas augmenter exagérément l'intensité sur les temps forts et ainsi perdre la fluidité de l'écriture.

Comme pour les autres fragments, on constate une grande concentration de premières fixations dans la mesure 1, ainsi que des réinspections, aussi bien dans la version modifiée qu'originale. Mais alors que le lecteur, dans la version modifiée, intègre rapidement l'information de l'armure et l'établissement du décalage rythmique, et continue ensuite sans difficulté notable (même s'il réinspecte un peu plus la mesure 3, plus chargée), les premières fixations dans la version de Beethoven marquent une difficulté plus grande tout au long de la main droite. Celle-ci contrôle probablement, comme nous l'avons suggéré plus haut, la gestion équilibrée du rythme.

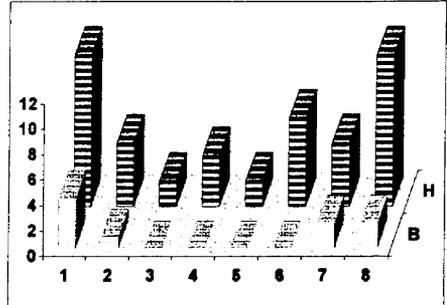
Il est également intéressant d'examiner la manière dont les lecteurs envisagent de terminer le fragment original, l'appui virtuel sur la main droite qui a permis la réalisation technique du décalage, crée aussi un léger déséquilibre lorsque la main gauche doit revenir à une position de simultanéité avec la main droite (mesure 8). Le pianiste a alors besoin de toute son attention pour réaliser ce passage, et les refixations sur la portée de la main droite y sont extrêmement nombreuses. Le fragment modifié, par contre, se termine par un simple accord de tonique surmonté d'une appoggiature, trait faisant éminemment partie de l'arsenal technique du pianiste rompu au travail des sonates classiques: il n'y a donc pratiquement pas de fixations au niveau de la dernière mesure.

Fragment 6 (voir Figure 10, p. 88) : l'armure du fragment (quatre bémols à la clef) est importante. Une part non négligeable des fixations y est donc consacrée. D'autre part, les mesures comportant un accident et une main gauche plus conséquente, sont également bien couvertes par un nombre important de fixations et saccades régressives. Il en est de même pour la modulation dans le ton relatif, surtout en début de phrase, le reste étant traité plus facilement, de par la répétition du motif. Dans le cas où le sujet ne fixe que très peu la difficulté repérée en

ALLEGRAMENTE

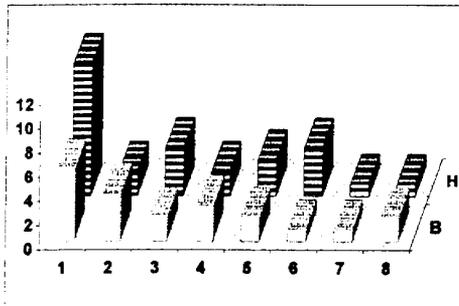


Premières Fixations

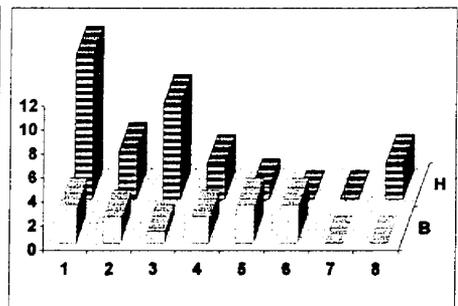


Réinspections

ALLEGRAMENTE

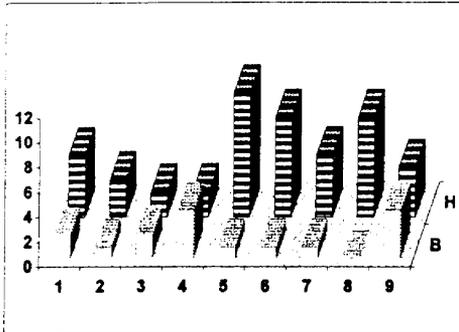


Premières Fixations

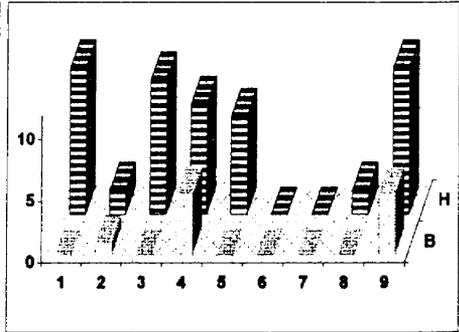


Réinspections

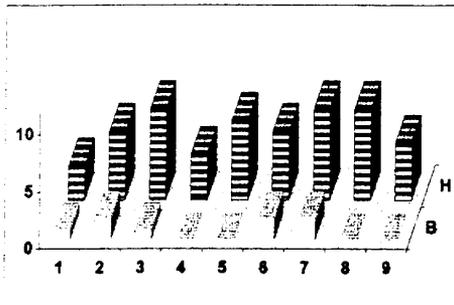
Figure 9 : Distribution des premières fixations (histogramme de gauche) et des réinspections (histogramme de droite) par mesures en fonction de la version originale et modifiée de la Bagatelle op. 119 n° 10 de Beethoven.



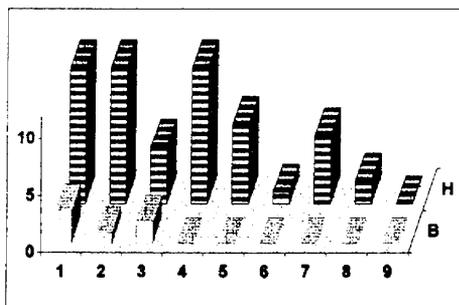
Premières Fixations



Réinspections



Premières Fixations



Réinspections

Figure 10 : Distribution des premières fixations (histogramme de gauche) et des réinspections (histogramme de droite) par mesures en fonction de la version originale et modifiée de la Sonate Op. 2 n° 1.

mesure 1 (la note *fa* énoncée sans la préparation imaginée en version modifiée), il serait intéressant de vérifier si le sujet a réellement perçu cette difficulté (musicale et non de lecture), ou bien si elle est passée inaperçue. Une expérience ultérieure pourrait prévoir cette vérification à l'aide par exemple d'un clavier où le sujet jouerait effectivement le fragment après la lecture.

DISCUSSION GÉNÉRALE

L'ensemble des résultats présentés ci-dessus laisse apparaître à la fois des différences et des similarités entre la lecture de fragments musicaux et la lecture de textes. La lecture musicale implique en général un plus grand nombre de saccades régressives, c'est-à-dire de retours sur des parties déjà traitées de la partition, et de relectures. Ces retours sont de deux sortes: d'une part, il y a un très grand nombre de saccades régressives *locales* qui ont lieu à l'intérieur de la mesure en train d'être traitée. Ces retours locaux sont nécessaires pour lier les notes des deux portées entre elles et établir la cohésion entre les différentes informations de la mesure. En outre, le nombre de ces contrôles locaux témoigne, en particulier lorsque le fragment montre des faits musicaux typiques, d'une lecture détaillée pour laquelle le regard scrute chaque note (ce même effet a été trouvé par Sloboda (1977) concernant les différences entre niveaux d'expertise musicale). D'autre part, la plupart des mesures sont réinspectées plusieurs fois. Ce mécanisme, que l'on peut qualifier de *global*, est un témoin de l'activité des processus d'intégration mis en œuvre dans les phases de compréhension. Traitements local et global sont typiques des processus cognitifs de lecture car ils déterminent le maintien de la cohérence, propriété essentielle de la compréhension (pour une revue voir Baccino & Colé, 1995). Localement, le lecteur tente de relier la note qu'il fixe avec les notes adjacentes de la même mesure quelle que soit la portée. Ce processus qui a lieu principalement en mémoire de travail dans le cas de textes littéraires est accompagnée, pour la musique, d'un grand nombre de mouvements des yeux dont la spécificité est peut-être le caractère spatial de son écriture. Globalement, il s'agit d'ajuster les informations issues du traitement local au schéma musical du fragment, c'est à dire à la représentation mentale déjà élaborée. La cohérence globale implique d'établir des connexions entre les informations courantes et celles qui ne sont plus disponibles en mémoire de travail (i.e, sur des mesures précédentes) mais restent néanmoins pertinentes par rapport au thème général (Albrecht & O'Brien, 1993; McKoon & Ratcliff, 1992). Là encore, le nombre plus important de réinspections souligne le caractère essentiel de cette phase dans la lecture musicale en décrivant une multiplication des contrôles de cohérence et/ou des liaisons sémantiques inter-mesures.

Le point important de cette étude exploratoire est de montrer que ces traitements locaux et globaux sont accentués dans la lecture d'œuvres musicales originales comparées aux versions simplifiées.

Le fait que les fragments originaux affectent davantage le nombre de saccades régressives que celles des versions simplifiées (dénuées de tout intérêt musical) peut s'expliquer par analogie avec la lecture de textes littéraires. Dans ce cas, la progression normale des yeux est surtout gouvernée par des processus élémentaires de reconnaissance des mots. Lire la musique nécessite plus que simplement décoder la partition. Il s'agit également de mettre en place un schéma musical plus élaboré faisant appel à des mécanismes d'intégration à la fois locaux et globaux. Ce mécanisme d'intégration globale, noté par le nombre plus important de refixations sur les mesures-cibles, apparaît largement plus nécessaire dans les fragments originaux, la structure musicale y étant plus complexe (effets ménagés par le compositeur). L'œil retourne à des endroits critiques du fragment car c'est là que se trouvent les idées-clés permettant le maintien de la cohérence de l'ensemble. Il est admis en effet que les retours oculaires (i.e, saccades régressives) sont largement dirigées par des processus de haut niveau tel que l'intégration sémantique ou référentielle (Bouma & DeVoogd, 1974; Hyona, 1995).

Enfin, les résultats montrent que le traitement cognitif des particularités musicales (zones-cibles) n'est pas repoussé en fin de portée afin de réaliser l'intégration finale comme c'est souvent le cas dans la lecture de textes. Dès que l'originalité musicale est repérée, le mécanisme d'intégration est enclenché comme l'indique la quantité plus importante de premières fixations sur les zones-cibles. Souvent, les retours du regard arrivés en fin de portée correspondent à des retours sur l'armure, c'est-à-dire à *une vérification des propriétés tonales du passage*. Cette propriété d'immédiateté des processus d'intégration dans la lecture de partitions est intéressante car elle souligne la mobilisation de tous les processus perceptifs et de haut niveau cognitif dès l'arrivée du regard sur la mesure ce qui est compatible avec la théorie *oeil-esprit* défendue par Just et Carpenter (1980). Selon ces auteurs, le sujet ne prendrait la décision de déplacer son regard qu'après avoir achevé tous les traitements intervenant sur le mot fixé. La seule différence dans le cas de partitions, c'est que la fixation (ou plutôt la somme des fixations) englobe la totalité de la mesure (sur les deux portées) expliquant ainsi le recours aux saccades régressives intra-mesures⁷.

(7) Nous souhaiterions remercier le professeur Irène Deliège pour ses conseils et ses commentaires pertinents lors de l'écriture des premières épreuves de ce manuscrit.

Pour toute correspondance :

Isabelle Servant

Institut Universitaire de Formation des Maîtres

43, Avenue Stephen Liegeard

F - 06000 Nice

tél . (33) 04 92 00 12 04; fax : (33) 04 92 00 12 97

e-mail : servant@unice.fr

internet : <http://www.unice.fr/>

• RÉFÉRENCES

- Albrecht, J. E., & O'Brien, E. J. (1993). Updating a mental model : maintaining both local and global coherence. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 19(5), 1061-1070.
- Baccino, T., & Colé, P. (1995). *La lecture experte*. Paris: Presses Universitaires de France, Collection « Que sais-je ? » n° 3005.
- Bouma, H., & DeVoogd, A. H. (1974). On the control of eye saccades in reading. *Vision Research*, 14, 273-284.
- Bharucha, J. (1987). Music Cognition and Perceptual Facilitation: a Connectionist Framework. *Music Perception*, 5(1), 1-30.
- Cortot, A. (1934). *Cours d'interprétation*. Paris: Slatkine.
- Deliege, I. (1996). Cue Abstraction as a Component of Categorisation Processes in Music Listening. *Psychology of Music*, 24, 131-156.
- Garnham, A. (1985). *Psycholinguistics: central topics*. Cambridge: University Press.
- Garnham, A., & Oakhill, J. (1993). Modèles mentaux et compréhension du langage. In M. F. Ehrlich, H. Tardieu et M. Cavazza (eds), *Les modèles mentaux : Approche cognitive des représentations* (pp. 23-46). Paris: Masson.
- Goolsby, T. W. (1994). Eye movements in Music Reading: Effects of reading Ability, Notational Complexity, and Encounters. *Music Perception*, 12(1), 77-96.
- Hyona, J. (1995). An Eye Movement analysis of topic-shift effect during repeated reading. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21(5), 1-9.
- Just, M., & Carpenter, M. (1980). A theory of reading: from eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 87, 329-354.
- Kinsler, V., & Carpenter, R. H. S. (1995). Saccadic eye movements while reading music. *Vision Research*, 35, 1447-1458.
- Kippen, J. (1996). A la recherche du temps musical. *Temporalistes*, 34, 11-22.
- Land, M. F., & Furneaux, S. (1997). The knowledge base of the oculomotor system. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences*, 352, 1231-1239.
- Lerdahl, F., & Jackendoff, R. (1983). *A Generative Theory of Tonal Music*. Cambridge: MIT Press.
- McKoon, G., & Ratcliff, R. (1992). Inference during reading. *Psychological Review*, 99(3), 440-466.
- Padilla, A. (1996). Vers une conception pluraliste de l'analyse musicale. In E. Tarasti (ed.), *Musical Semiotics in Growth* (pp. 38-67). Bloomington: Indiana University Press.
- Rameau, J. P. (1722 - rééd.1986). *Traité de l'harmonie*. Paris: Méridiens Klincksieck.
- Rayner, K., & Duffy, S. (1986). Lexical complexity and fixation times in reading. *Memory and Cognition*, 14, 191-201.
- Rayner, K., & Frazier, L. (1987). Parsing temporarily ambiguous complements. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 39A, 657-673.
- Rayner, K., & Pollatsek, A. (1987). *The Psychology of reading*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Rayner, K., & Pollatsek, A. (1997). Eye movements, the Eye-Hand Span, and the Perceptual Span during Sight-Reading of Music. *Current Directions in Psychological Science*, 6(2), 49-53.
- Schmidt-Gorg, J., & Schmidt, H. (1969). *Ludwig Van Beethoven*. Hambourg: Polydor International.

- Servant, I. (1995). How was time represented. In R. Monelle and C. Gray (eds), *Song and signification* (pp. 120-145). Edimbourg: University Press.
- Shebilske, W. L., & Fisher, D. F. (1983). Eye Movements and context effects during reading of extended discourse. In K. Rayner (ed.), *Eye movements in Reading: Perceptual and Language processes* (pp. 25-37). New York: New York Academic Press.
- Sloboda, J. A. (1977). Phrase units as determinants of visual processing in music reading. *British Journal of Psychology*, *68*, 117-124.
- Truitt, F. E., Clifton, C., Pollatsek, A., & Rayner, K. (1997). The perceptual span and the eye-hand span in sight reading music. *Visual Cognition*, *4*, 143-161.
- Van Dijk, T. A., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York: Academic Press.
- Waters, A., & Underwood, G. (1998). Eye movements in a simple Music-Reading Task: A Study of Expert and Novice Musicians. *Psychology of Music*, *26*(1), 46-57.
- Waters, A., Townsend, E., & Underwood, G. (1998). Expertise in musical sight reading: A Study of Pianists. *British Journal of Psychology*, *89*(1), 123-130.
- Waters, A., Underwood, G., & Findlay, J. M. (1998). Studying expertise in music reading: use of a pattern-matching paradigm. *Perception & Psychophysics*, *59*(4), 477-488.
- Weaver, H. A. (1943). A survey of visual processes in reading differently constructed musical collections. *Psychological Monographs*, *55*, 1-30.

• Leer a Beethoven: un estudio-exploración de los movimientos oculares

Este artículo presenta datos de movimientos oculares de músicos dedicados a leer fragmentos breves de partituras de piano de Beethoven sin manipular, es decir manteniendo su ritmo, armonía y melodías originales, o bien con pasajes alterados para suprimir su complejidad original. El objetivo era investigar cómo la riqueza de escritura de un compositor como Beethoven podía ser expresada a nivel oculomotor y cognitivo, de forma similar a la lectura de un texto literario. Los eventos musicales de las partituras originales fueron diseñados para provocar procesos cognitivos observados habitualmente durante un test de comprensión (ojeadas retrospectivas y duraciones más largas de fijación en la lectura de las complejidades). Los resultados demostraron la utilización de procesos similares de movimiento ocular a los desarrollados en un test de lectura, y elementos típicos de lectura a primera vista. Observamos un aumento del control local (fijaciones regresivas dentro del compás) y control global (reinspecciones), mostrando la dificultad para integrar la información. Este efecto fue más importante durante la lectura de las versiones originales que durante la de las modificadas. La integración de la información fue realizada inmediatamente, tan pronto como el músico localizó el evento musical en la partitura. De forma más general, parece que los sujetos se informaron muy rápidamente de la riqueza o no de la partitura, y que la originalidad de la escritura musical afectaba la lectura de la partitura en su totalidad.

• Leggere Beethoven: uno studio esplorativo dei movimenti degli occhi

Quest'articolo presenta i dati sperimentali ottenuti attraverso l'analisi dei movimenti degli occhi di musicisti che leggevano brevi frammenti di partiture di Beethoven, in versione originale (contenenti un certo numero di avvenimenti ritmici, melodici e armonici), o in versione meno complessa. L'obiettivo era di osservare se a livello oculomotore e cognitivo esistono similarità di comportamento tra la lettura di testi letterari e la ricchezza di scrittura di un compositore come Beethoven. Gli avvenimenti musicali nelle partiture originali erano stati scelti in modo da indurre quei processi cognitivi generalmente osservati nella comprensione testuale (scatti regressivi e durate di fissazione più lunghe in punti particolarmente significativi). I risultati mostrano l'uso nel soggetto di meccanismi oculomotori abituali della lettura testuale, ma fanno ugualmente apparire dei comportamenti tipici di lettura musicale. Nei frammenti originali si osserva un aumento dei controlli locali (fissazioni regressive intra-battute) e globali (re-ispezione) che testimoniano le difficoltà d'integrazione dell'informazione. Quest'effetto è maggiore durante la lettura delle versioni originali di Beethoven. Questa integrazione informazionale è realizzata immediatamente, fin da quando il soggetto incontra l'avvenimento musicale nella partitura. In maniera generale, sembra che il soggetto sia informato rapidissimamente della ricchezza o meno del frammento, e che l'originalità della scrittura musicale, anche localizzata, riguardi la lettura del frammento nel suo insieme.

- **Beethoven lesen: eine explorative Studie von Augenbewegungen**

Dieser Artikel präsentiert Daten aus Untersuchungen der Augenbewegungen beim Lesen von kurzen unveränderten und veränderten, die originale Komplexität unterdrückenden Ausschnitten aus Klavierwerken von L. v. Beethoven. Es sollte untersucht werden, ob die Fülle des Satzes von Komponisten wie Beethoven auf der okulomotorischen und kognitiven Ebene durch Verhaltensähnlichkeiten beim Lesen literarischer Texte ausgedrückt werden kann. Es wurde angenommen, daß das Lesen von originalen Notentexten kognitive Prozesse verlangt, wie sie allgemein auch beim Textverstehen beobachtet wurden, nämlich regressive Saccaden und längere Fixierungsdauern beim Lesen der komplexen Texturen. Die Resultate zeigen die Anwendung sowohl okulomotorischer Prozesse ähnlich jenen beim Textlesen als auch einige für das Blattspiel typische Merkmale. Es wurde ein Anstieg der lokalen (regressive Fixierung innerhalb eines Taktes) und der globalen (Re-Inspektionen) Kontrolle als Anzeichen der Schwierigkeit Information zu integrieren beobachtet. Dieser Effekt war beim Lesen der originalen Versionen stärker als beim Lesen der modifizierten. Die Informationsintegration geschah sofort, wenn der Musiker auf das musikalische Ereignis im Notentext stieß; allgemeiner ausgedrückt: Es scheint, daß die Musiker sehr rasch merken, ob das Notenbild reichhaltig ist oder nicht, und daß die Originalität des Satzes sich insgesamt beim Partiturlesen auswirkt.

- **Reading Beethoven: an exploratory study of eye-movements**

This article presents eye-movement data from musicians engaged in reading brief fragments of scores from Beethoven's piano works which were either left intact so as to present the composer's original rhythmic, harmonic, and melodic events, or had had passages altered so as to suppress their original complexity. The objective was to investigate whether the richness of writing of a composer such as Beethoven might be expressed at the oculomotor and cognitive level by behavioral similarities to literary text reading. Musical events in the original scores were hypothesised to involve cognitive processes of the types generally observed during text comprehension (regressive saccades and longer fixation durations during reading of the complexities). Results showed both the use of oculomotor processes similar to those engaged in text reading, and some typical features in sight reading. We observed an increase in local control (intra-bar regressive fixations) and global control (reinspections), showing the difficulty of integrating information. This effect was more important during the reading of the original versions than during the reading of the modified versions. Integration of information was done immediately as soon as the musician encountered the musical event in the score. More generally, it seems that subjects very rapidly became aware of the richness or not of the score and that the originality of the musical writing affected the score reading on the whole.