



**HAL**  
open science

## Benefits of musical experience on speech categorization: an analysis of the cognitive transfer processes

Anais Tran Ngoc, Julien Meyer, Fanny Meunier

### ► To cite this version:

Anais Tran Ngoc, Julien Meyer, Fanny Meunier. Benefits of musical experience on speech categorization: an analysis of the cognitive transfer processes. JEP 2022 - 34e Journées d'Études sur la Parole, Jun 2022, Noirmoutier, France. pp.405-413, 10.21437/JEP.2022-43 . hal-03922251

**HAL Id: hal-03922251**

**<https://hal.science/hal-03922251>**

Submitted on 4 Jan 2023

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

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



## Bénéfices de la pratique musicale sur la catégorisation de la parole sifflée : analyse des processus de transferts

Anaïs Tran Ngoc<sup>1,2</sup>, Julien Meyer<sup>2</sup>, Fanny Meunier<sup>1</sup>

(1) Université Côte d'Azur, CNRS, BCL, France

(2) Université Grenoble Alpes, CNRS, GIPSA-Lab, Grenoble

anaïs.tran-ngoc@etu.univ-cotedazur.fr

### RÉSUMÉ

---

Dans cette étude nous avons cherché à comprendre l'effet de la pratique instrumentale sur la perception et la catégorisation de la parole sifflée. Nous nous sommes intéressés à la spécificité instrumentale avec une focalisation sur 4 instruments : la voix, le violon, le piano et la flûte. Bien que le bénéfice de la pratique musicale sur la perception de la parole modifiée soit vérifié dans nos résultats, il apparaît clairement que l'instrument pratiqué ainsi que le niveau de pratique ont un effet sur la perception de la parole sifflée. Ces résultats suggèrent que, lors de ce processus de catégorisation, les effets observés s'expliquent plus par un traitement modifié du signal sonore, grâce à une familiarisation acoustique spécifique chez les musiciens expérimentés, plutôt que par des fonctions générales (fonctions exécutives, mémoire ou attention) plus performantes.

### ABSTRACT

---

#### **Benefits of musical experience on speech categorization: an analysis of the cognitive transfer processes**

In this study, we took an interest in the influence of musical expertise and instrument specialization on the perception and categorization of whistled speech. We explored instrumental specificity by focusing on four instruments: voice, violin, piano and flute. Though our results verify the presence of a musical advantage compared to non-musicians, it is clear that the instrument played as well as the level achieved have an effect on whistled speech perception. These results suggest that the effects observed during the consonant categorization task can be attributed to a modification in signal processing due to specific acoustic familiarization in high-level musicians rather than enhanced general cognitive functions (executive functions, memory or attention).

---

**MOTS-CLÉS :** catégorisation, musiciens, perception, parole sifflée

**KEYWORDS:** categorisation, musicians, perception, whistled speech

---

# 1 Introduction

## 1.1 La pratique musicale et la perception phonologique

L'influence de la pratique musicale sur la perception de la parole se démontre de multiples manières et sur différents niveaux du traitement du langage : sur la conscience phonologique (Bhide et al., 2013), l'apprentissage de nouveaux mots (Barbaroux, 2019) ou encore la perception de la parole dans le bruit (Straight, Kraus 2011). Cette influence peut s'expliquer d'une part par la similarité des signaux sonores (tous deux complexes, comportant une mélodie, un rythme, des unités etc.), mais aussi par l'engagement de divers processus cognitifs tels que l'attention, la mémoire ou les fonctions exécutives, soit des processus impliqués autant dans la pratique musicale que lors de la perception de la parole.

Pour analyser plus précisément les différences de perception entre les musiciens et les non-musiciens, nous nous sommes tournés vers une forme naturelle de parole modifiée : la parole sifflée, utilisée par des populations habitant dans des régions montagneuses ou de forêt dense autour du monde pour communiquer à distance. Celle-ci se caractérise par un changement de modalité de la parole qui réduit la complexité du signal parlé en une forme sifflée modulée en fréquence et en amplitude. Cette ligne mélodique, située entre 0,8 et 4 kHz, couvre une bande de fréquences bien plus élevée que celle portée par la hauteur de la voix et s'adapte à la structure de chaque langue : pour les langues non-tonales comme le français ou l'espagnol, la parole sifflée code le timbre des voyelles en différentes hauteurs et transpose donc des indices acoustiques issus des formants du spectre modal (typiquement, /i/ est sifflé le plus aigu, /o/ le plus grave, et /e/ et /a/ sont intermédiaires (Meyer, 2015)). Comme en parole modale, les consonnes modifient/modulent les fréquences plus stables des voyelles par l'effet des mouvements articulatoires (cf. Figure 1 et Tran Ngoc, Meyer, Meunier, 2020a).

Malgré ces différences sonores, la parole sifflée, en tant que modalité ou type de parole, est largement similaire à la parole modale non-modifiée car elle s'appuie sur des caractéristiques phonologiques lors de sa production, permet l'articulation d'un vocabulaire illimité, et existe dans une grande diversité de langues, notamment dans des dialectes différents (comme sur les îles Canaries, Meyer 2015). Ces similarités permettent d'utiliser cette forme de parole pour comprendre certains processus de la perception de la parole non-modifiée. Nous l'exploiterons ici pour explorer la capacité de catégorisation, composante primordiale dans les processus de perception de la parole.

Plusieurs expériences précédentes ont montré que des participants tous venants et naïfs quant à la parole sifflée arrivent à catégoriser les voyelles et les consonnes sifflés bien mieux que le hasard (e.g. Tran Ngoc, Meyer, Meunier, 2020a et Tran Ngoc, Meyer, Meunier, 2020b). Ces résultats montrent que bien qu'ils n'aient jamais été confrontés à ce registre auparavant, les participants sont capables de catégoriser le signal en s'appuyant sur les traitements appliqués à la parole modale. Les résultats reflètent par exemple des oppositions importantes entre certaines voyelles au niveau de l'ouverture et du placement avant ou arrière. L'utilisation de la parole sifflée a également permis de mettre en évidence les bénéfices de l'expérience individuelle comme la langue maternelle (Meyer, Dentel, Meunier, 2017) : les participants ayant pour langue maternelle le français, l'espagnol et le mandarin présentent des profils de catégorisation différents et hiérarchisés en fonction de la proximité avec la langue qui est sifflée. Dans le présent article, nous nous intéressons à l'impact de la pratique musicale sur ce type de parole qui, à premier abord, présente des similarités acoustiques avec certains éléments musicaux portés par le timbre et la ligne mélodique. Les hauteurs sifflées des voyelles évoquent un parallèle avec les notes de musique, et les modulations consonantiques rappellent les modulations

mélodiques et articulatoires en musique. Ces similarités justifient l'hypothèse supposant que les musiciens auront de meilleures performances que les personnes ayant moins d'expérience musicale. Nous nous sommes ainsi demandés si le bénéfice de la pratique musicale est observable lors d'une tâche de catégorisation de consonnes sifflées, soit : *'Quel est l'effet de la pratique musicale en général sur la catégorisation des consonnes sifflées ?'*

## 1.2 La qualification du musicien

Malgré la diversité des études portant sur l'influence de la pratique musicale, nous trouvons un manque de consensus en ce qui concerne la caractérisation des participants musiciens. La définition du « musicien » peut correspondre au nombre d'années de pratique, à l'âge du début d'apprentissage, à l'instrument joué, au niveau d'étude, ou encore au score à des « tests » musicaux comme l'AMMA (Advanced Measures of Music Audiation), le Wing test, ou le Goldsmith Musicality Index. Ces critères d'analyse reflètent différentes étapes ou composantes permettant au musicien de maîtriser son instrument lors de la performance musicale. De plus, les tâches auditives, motrices et cognitives que requiert la performance doivent être entraînées pendant d'innombrables heures sur l'instrument de spécialisation. Ainsi, un musicien est souvent en réalité un instrumentiste, et le temps passé à s'entraîner sur l'instrument de spécialisation dépasse le temps dévolu à l'apprentissage général (l'entraînement auditif, rythmique, la lecture des notes). Cette spécialisation instrumentale est observable au niveau neuro-fonctionnel : les musiciens ont des activations cérébrales spécifiques lors de l'écoute de leur instrument de spécialisation (Pantev & Herholz 2011)<sup>1</sup>. Néanmoins, les études comparant les réponses des musiciens et des non-musiciens dans le traitement de la parole portent rarement sur la spécialisation instrumentale, en favorisant des critères tel que l'âge à partir duquel la pratique a commencé et la durée de celle-ci (dans Bidelman et al., 2013 par exemple). Nous proposons de prendre en compte ce facteur, ainsi que le niveau d'étude pour qualifier les participants musiciens, en posant la question suivante : *comment la catégorisation consonantique diffère-t-elle selon l'instrument joué et la durée de la pratique?*

## 1.3 Transfert de connaissances perceptives et cognitives

Il existe plusieurs niveaux de transfert entre pratique musicale et perception de la parole. Au niveau perceptif, il existe une modification du seuil auditif des musiciens comparés aux non-musiciens (Tervaniemi et al., 2005). Au niveau cognitif général, le transfert de capacités apprises par la pratique musicale s'observe sur la mémoire à court-terme (Tierney, Bergeson-Dana, Pisoni, 2008), les capacités attentionnelles (Straight, Kraus 2011), et les fonctions exécutives, qui peuvent même, selon certaines études, avoir un impact sur les performances aux tests d'intelligence (Degé, Kubicek, Schwarzer, 2011). La perception de la parole implique aussi l'utilisation de ces deux composantes : une perception auditive à la réception du signal, et l'implication de fonctions cognitives pour comprendre les éléments perçus. L'impact de la pratique musicale sur ces deux types de processus est observé, mais quel élément pourrait expliquer l'avantage de la pratique musicale dans la perception de la parole ? Nous reprenons ici le questionnement de Barbaroux (2019), qui oppose deux hypothèses pour expliquer les bénéfices de la pratique musicale sur le traitement du langage (dans son cas un meilleur apprentissage de nouveaux mots) : d'une part l'approche « multidimensionnelle », selon laquelle les

---

1. Il est à noter que le choix de l'instrument lors qu'un élève commence son apprentissage musical est souvent dicté par des phénomènes sociaux (Montandon 2018) plutôt qu'un biais instrumental.

bénéfices observés sont dus à un ensemble de fonctions cognitives améliorées par la pratique musicale, d'autre part l'approche « en cascade » dans laquelle les bénéfices observés découleraient essentiellement d'une meilleure perception auditive. Les résultats de Barbaroux, obtenus dans une expérience portant sur la catégorisation et l'apprentissage de nouveaux mots, soutiennent le modèle « en cascade ». Nous nous sommes ainsi demandés si cette hypothèse sera vérifiée ici : *Quelle hypothèse perceptivo-cognitive (« en cascade » ou « multidimensionnelle ») est en jeux lors de la catégorisation de la parole sifflée ?*

Pour répondre à ces questions, nous avons construit une analyse à plusieurs niveaux se basant sur les résultats d'une expérience de catégorisation de consonnes sifflées. Les résultats présentés ici sont une prolongation des premiers résultats obtenus avec une vingtaine de participants dont la langue maternelle est le français, tout venant et pas forcément musiciens (présentés dans Tran Ngoc, Meyer, Meunier, 2020a). Elle prend en compte les résultats de 49 participants supplémentaires qui ont été sélectionnés afin d'avoir dans l'échantillon une dizaine de musiciens classiques semi-professionnels ou professionnels pour 4 instruments cibles : le violon, le piano, la flûte et la voix. Le fait de choisir des musiciens formés dans un cursus classique (conservatoire) permet une homogénéité des connaissances musicales entre participants et une différenciation claire entre pratiques instrumentales. En outre, les 4 instruments cibles permettent dans cette étude de s'intéresser aux différentes familles d'instruments (cordes, percussion, vent et chant) ayant des types de productions sonores spécifiques. Nous pouvons donc nous intéresser non seulement à la différence de perception liée au niveau de pratique musicale, mais aussi à la spécification instrumentale. Cette dernière peut nous aider à explorer certains processus pouvant sous tendre les effets bénéfiques de la pratique musicale : si les effets de la pratique musicale découlent essentiellement de l'entraînement de fonctions cognitives générales (modèle « multidimensionnel »), les instrumentistes devraient obtenir des résultats comparables. En revanche si les instrumentistes obtiennent des résultats significativement différents les uns des autres, on peut penser qu'il existe en plus des modifications spécifiques au niveau de la perception du signal (le modèle « en cascade ») apportant des effets bénéfiques.

## 2 Expérience

### 2.1 Méthode

#### 2.1.1 Stimuli

Lors de cette expérience, nous avons étudié quatre consonnes sifflées [p], [t], [s], [k], soit trois occlusives ([p]-bilabial), [t]-dental/alvéolaire, [k]-vélaire) et une fricative ([s]-alvéolaire). Ces consonnes sont présentées sous la forme VCV, [apa], [ata], [asa] et [aka], pour réduire les variations dues aux coarticulations voyelles-consonnes (voir Figure 1). Les segments sifflés ont été enregistrés par le second auteur auprès d'un siffleur du Silbo (la langue sifflée espagnol des îles Canaries). Malgré la différence de langue, ces consonnes espagnoles ont été choisies pour leur ressemblance à celles du français, et permettent une bonne catégorisation (bien au-dessus de la chance comme l'ont montré nos premiers résultats). Les fréquences des voyelles entendues avant et après la consonne varient

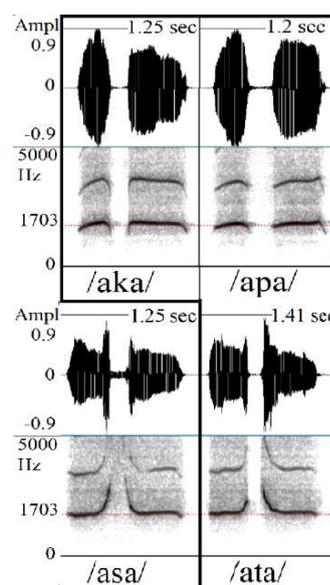


FIGURE 1 : Spectrogramme et signal des formes VCV

entre 1141,9 et 2628,7 Hz, avec une moyenne de 1715,86 Hz. Nous suivons la même procédure que l'expérience présentée dans Tran Ngoc, Meyer, Meunier (2020a).

### 2.1.2 Procédure

Lors de cette expérience, nous avons demandé aux participants de remplir un questionnaire indiquant leur âge et leur expérience musicale notée de 0 à 6 (avec 0 - pas d'expérience, 1 - débutant, 2 - amateur, 3 - confirmé, 4 - diplôme DEM, 5 - diplôme supérieur et 6 - professionnel). Avant de commencer l'expérience, une écoute des 4 consonnes sifflées est présentée, sans indication des consonnes entendues, pour habituer le participant à l'écoute de la parole sifflée.

L'expérience est ensuite construite en 3 parties : Une première partie (P1) d'exposition sans entraînement où un enregistrement de chaque consonne est entendu 10 fois (soit 40 stimuli) ; une deuxième partie avec feedback (soit "*Bravo*" ou "*Non ce n'était pas la bonne réponse*") où chaque consonne est entendue 4 fois (soit 16 stimuli) et finalement une troisième partie (P3) avec une variabilité plus importante des enregistrements soit 4 versions de chaque consonne, chacune entendue 3 fois donnant donc 12 enregistrement de chaque consonne (soit 48 stimuli au total). Lors de chaque section, les participants devaient répondre avec les flèches du clavier, en voyant à l'écran une image associant les flèches aux consonnes.

Cette tâche de catégorisation simple demande aux participants d'utiliser plusieurs capacités perceptives et cognitives. Dans un premier temps, les capacités perceptives sont primordiales pour coder les différences entre les consonnes et pouvoir associer les caractéristiques entendues avec la conscience consonantique déjà présente. Cette expérience fait également appel à la mémoire pour se souvenir de la forme sonore du stimulus précédent et la réponse donnée (notamment lors de la deuxième partie avec feedback), ainsi que des capacités attentionnelles car l'exercice est assez répétitif et demande de se focaliser. Ces éléments vont nous permettre de comprendre plus clairement l'impact du transfert perceptif et cognitif de la pratique musicale sur cette tâche de catégorisation.

### 2.1.3 Participants

Cette expérience s'organise dans la continuité de celle décrite dans l'article de Tran Ngoc, Meyer, Meunier (2020a) et inclut 49 participants de plus (23 femmes et 26 hommes, âge moyen 26,4 and SD : 5,58, dont la langue maternelle est le français). La majorité de ces nouveaux participants ont une expérience musicale importante, nous permettant d'avoir des flûtistes, des pianistes, des violonistes et des chanteurs ayant un niveau DEM minimum (niveau 4), mais ce n'est pas le cas de tous : environ 10 participants ont déclaré avoir un niveau entre 0 et 3, et 39 entre 4 et 6. Cette expérience inclut donc au total 69 participants (38 femmes, 31 hommes, âge moyen 27,2 et SD : 7,03), avec 12 participants n'ayant pas d'expérience musicale (niveau 0), 4 débutants (niveau 1), 6 amateurs (niveau 2), 8 confirmés (niveau 3), 19 participants au niveau DEM (niveau 4), 8 au niveau du diplôme supérieur (niveau 5) et 12 professionnels (niveau 6).

## 2.2 Résultats

### 2.2.1 Différences Musiciens/Non-musiciens

Nous avons analysé les données uniquement des parties 1 et 3, sans prendre en compte les données de la partie 2 (avec le feedback) qui contenait trop peu de réponses. Cela nous donne un total de 88

réponses par participant pour les 69 participants, soit 6072 données. Les participants dans leur globalité obtiennent 69 % de bonnes réponses (avec la chance à 25 %) ce qui montre une bonne catégorisation des consonnes sifflés. Nous avons ensuite analysé les différents facteurs en appliquant un Generalized Linear Mixed Model (GLMM) suivi par une analyse des effets avec des tests post-hocs en appliquant une correction de Bonferroni.

En nous interrogeant sur les modalités d'influence de la pratique musicale sur la perception des consonnes, nous nous sommes, dans un premier temps, intéressés au facteur Expérience (avec les 7 niveaux musicaux répondus). L'analyse de ce facteur indique un effet significatif ( $p < .001$ ) et l'analyse post-hoc révèle que des différences significatives existent entre le niveau 0 et les niveaux 4, 5 et 6 ( $p < .01$ ). Nous avons sur cette base séparé les participants en deux groupes : 30 participants « non-musiciens » (niveaux 0, 1, 2 et 3) et 39 participants « musiciens » (niveaux 4, 5 et 6). Les participants de l'expérience Tran Ngoc, Meyer, Meunier (2020a) représentent ainsi 2/3 des participants non-musiciens de cette étude. En comparant les pourcentages de bonnes réponses, les participants musiciens s'avèrent avoir un bénéfice de 17.2% : les musiciens obtiennent en moyenne 77,4% de bonnes réponses par rapport à 60,2% pour les non-musiciens.

Nous avons ensuite cherché à savoir comment le facteur Partie (P1 et P3) et Musicien (musicien, non-musicien) interagissent. Des effets significatifs sont observés pour les deux facteurs principaux : Musicien ( $p < .001$ ) et Partie ( $p < .001$ ). En appliquant des analyses post hoc, nous observons que les Musiciens obtiennent de meilleurs résultats que les Non-musiciens et que les performances en P3 sont meilleures qu'en P1.

Nous obtenons également une interaction significative des deux facteurs Musicien\*Partie ( $p < .001$ ), avec un bénéfice de la pratique musicale plus important dans la Partie 3 que dans la Partie 1. L'analyse post-hoc souligne cependant qu'une meilleure catégorisation des participants musiciens par rapport aux non-musiciens est significative dans chacune des parties : P1 mus > P1 non-mus ( $p < .05$ ) et P3 mus > P3 non-mus ( $p < .001$ ) (voir Figure 2). Il est intéressant de noter que la différence P3 > P1 est seulement présente pour les participants musiciens.

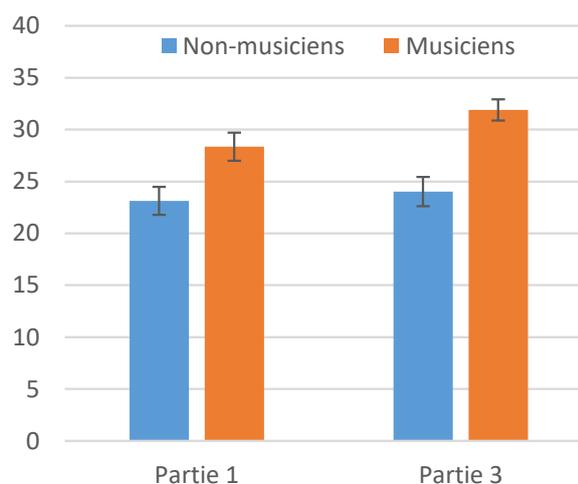


FIGURE 2 : Nombre de bonnes réponses sur 40 en fonction des Parties et entre Musiciens et Non-musiciens

### 2.2.2 Spécialisation Instrumentale

Afin de voir dans quelle mesure le bénéfice de la pratique musicale diffère selon l'instrument pratiqué, nous nous sommes intéressés aux 4 instruments cibles : le violon (9 participants), le piano (9 participants), la flûte (8 participants) et la voix (7 participants). Nous avons exclu les autres instrumentistes de haut niveau pour garder seulement les 33 participants mentionnés, ainsi que les non-musiciens définis précédemment (30 participants) pour un total de 63 participants, soit 5544 données. En appliquant un GLMM avec les facteurs Instrument et Partie nous obtenons un effet significatif de l'Instrument ( $p < .001$ ) ainsi que du facteur Partie. Nous nous intéresserons surtout à l'Instrument dans cette analyse.

Les analyses descriptives montrent une hiérarchisation des résultats en fonction de l'instrument joué : en moyenne, les flûtistes obtiennent 87,35% de bonnes réponses, les chanteurs 76,6%, les violonistes 75%, et les pianistes obtiennent 71,96% de bonnes réponses. Nous observons également une certaine variabilité entre participants qui reflète la hiérarchie proposée, soit des moyennes entre 69,3% et 97,7% pour les flûtistes, entre 59% et 96,5% pour les chanteurs, entre 45,5% et 94,3% pour les violonistes et entre 52,2% et 89,7% pour les pianistes.

Les comparaisons post-hoc de ces taux révèlent que les résultats des flûtistes sont significativement différents de ceux des non-musiciens ( $p < .001$ ) et des pianistes ( $p < .05$ ). Les résultats des violonistes aussi sont significativement différents de ceux des non-musiciens ( $p < .05$ ) et les résultats des chanteurs (voix) montrent une tendance de différence avec ceux des non-musiciens ( $p < .06$ ). Les flûtistes ont ainsi la meilleure catégorisation de consonnes, suivis par les violonistes et les chanteurs. Nous observons également des effets significatifs dans l'interaction Instrument\*Partie ( $p < .01$ ). L'analyse post-hoc de cette interaction souligne d'autant plus l'avantage des flûtistes.

L'interaction Instrument\*Partie révèle une différence significative dans la P1 entre les flûtistes et les non-musiciens ( $p < .001$ ) et entre les flûtistes et les pianistes ( $p < .01$ ). Dans la Partie 3 cette différence est présente entre les flûtistes et les non-musiciens ( $p < .001$ ), et les chanteurs et les non-musiciens ( $p < .01$ ). Nous notons également une différence significative entre les parties P3 et P1 pour le piano, où  $P3 > P1$  ( $p < .001$ ) et pour la voix ( $p < .05$ ). Cela suppose un effet d'apprentissage présent pour ces deux groupes d'instrumentistes.

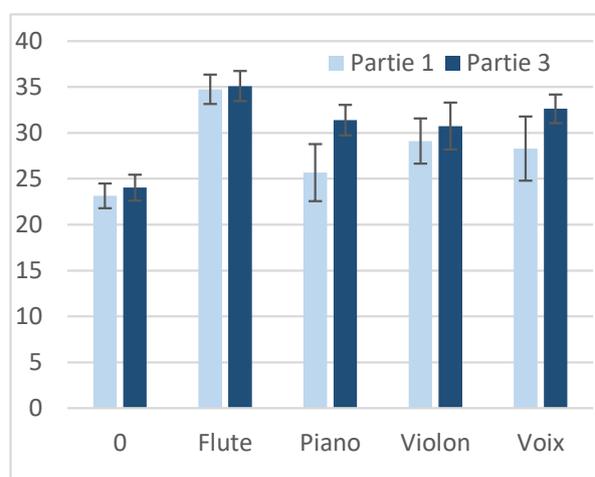


FIGURE 3 : Nombre de bonnes réponses par Partie et par Instrument sur 40

### 3 Discussion

#### 3.1 L'avantage du musicien

Dans cette étude nous nous intéressons au rôle de la pratique musicale sur la perception de la parole sifflée. Dans un premier temps il apparaît clairement qu'il existe un effet bénéfique de la pratique musicale : les non-musiciens ont des résultats significativement moins bons que les musiciens de plus hauts niveaux (4,5,6), impliquant une meilleure réussite chez les musiciens. Nos résultats révèlent également que, bien que le nombre d'années de pratique peut avoir un effet sur les résultats de participants musiciens (Gordon, 2017), le niveau atteint par les musiciens serait plus pertinent que le nombre d'années de pratique. Néanmoins, les performances globales (mesurées en pourcentages de bonnes réponses) observées par niveau montrent bien une augmentation croissante (sauf pour le niveau le plus élevé): 0 – 47,4% , 1 – 62,8%, 2 – 66,7%, 3 – 68,9%, 4 – 77,9%, 5 – 78,4%, 6 – 76%. Il faut noter que le lien entre le nombre d'années de pratique et le niveau atteint n'est pas direct : 10 ans de pratique correspondent chez certains à un niveau amateur (2) ou confirmé (3) mais pour d'autres à un diplôme DEM préprofessionnel (4). Cette nuance s'applique même dans le cadre professionnel de la musique : peu importe le nombre d'années de pratique, le niveau atteint et présenté lors des concours est celui qui compte. Cependant, il est à noter que la division par niveau présentée ici n'est pas particulièrement représentative de chaque étape de pratique, et ce serait intéressant

d'avoir des échelons de niveaux plus équilibrés pour confirmer ces résultats. Nous remarquons également que seuls les participants musiciens montrent une capacité d'apprentissage au cours de l'expérience (une différence  $P3 > P1$ ), ce qui n'est pas le cas pour les participants non-musiciens.

### **3.2 La spécificité instrumentale et ses implications sur les hypothèses de transfert**

Le bénéfice de la pratique musicale se décompose encore plus lorsque nous nous intéressons aux instruments de spécialisation, car nous relevons une différence importante entre les résultats de chaque groupe d'instrumentistes, notamment concernant les flûtistes. En effet, les facilités des flûtistes par rapport aux autres participants (dans les taux de réussite globale mais aussi dans chaque partie) pourraient s'expliquer de plusieurs manières : premièrement par la ressemblance entre le timbre de la parole sifflée et la flûte ainsi que des similarités de production (notamment l'emploi de l'articulation consonantique par des instrumentistes à vent). Il serait ainsi intéressant d'explorer si cette capacité perceptive est présente pour d'autres instruments à vent où le timbre de l'instrument s'éloigne du sifflement.

S'ajoutent à ces résultats les profils de reconnaissance des autres instruments, caractérisés par une différence significative entre violonistes et non-musiciens et un apprentissage chez les pianistes et les chanteurs entre le début de l'expérience et la fin ( $P1-P3$ ). Ces résultats suggèrent une distinction instrumentale au niveau de la production sonore (le piano étant un instrument percussif, le mode de production est éloigné de l'articulation modale d'une consonne parlée), tout en soulignant une capacité d'adaptation générale permettant au pianistes et au chanteurs de se rapprocher du seuil de réussite des flûtistes. Ces profils suggèrent des changements spécifiques du mode de perception en lien avec l'instrument. Cette modification au niveau de la perception soutient ainsi l'hypothèse en cascade, impliquant que, chez les musiciens, ce sont les changements perceptivo-cognitifs de bas niveau qui permettent les meilleures performances. Bien que les fonctions exécutives, la mémoire et l'attention pourraient être plus efficaces chez les musiciens, elles ne seraient toutefois pas à l'origine de nos résultats. Il est également important de souligner que ces résultats, portant sur la parole sifflée, semblent difficilement reproductibles avec la parole modale (notamment car les musiciens n'ayant pas besoin de faire recours à leur oreille musicale). Nous pourrions cependant penser à une application plus généralisée de cette expérience à d'autres formes de parole modifiée, s'appuyant sur diverses catégories d'indices acoustiques, pour mieux comprendre l'effet de la pratique musicale en général.

## **4 Conclusions**

Cette étude sur la catégorisation des consonnes sifflées permet de comprendre et préciser l'influence de la pratique musicale sur la perception de la parole tout en testant deux hypothèses de transfert, l'une plutôt perceptive et l'autre cognitive. Les résultats obtenus confirment les bénéfices de la pratique musicale en ajoutant une nuance particulière à la qualification du musicien, c'est-à-dire à l'importance de l'instrument joué et du niveau d'expertise musicale des participants. Ces résultats confirment l'implication de l'hypothèse en cascade, où le transfert entre musique et parole s'appliquerait premièrement au niveau de la perception, avant de remonter vers les niveaux supérieurs des processus cognitifs généraux.

## **Remerciements**

Merci à David pour les enregistrements sifflés et au nombreux bénévoles pour leur participation.

## Références

- BARBAROUX M. (2019). Pratique Musicale et Effets de Transfert : De la Perception à la Cognition. *Thèse*.
- PANTEV, C., HERHOLZ, S. (2011). Plasticity of the Human Auditory Cortex Related to Musical Training. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 35(10), 2140-2154.
- BHIDE A., POWER A., GOSWAMI U. (2013). A rhythmic musical intervention for poor Readers: A Comparison of efficacy with a letter-based intervention. *Mind, Brain, and Education* 7 (2), 113–123.
- BIDELMAN G., HUTKA S., MORENO S. (2013). Tone Language Speakers and Musicians Share Enhanced Perceptual and Cognitive Abilities for Musical Pitch: Evidence for Bidirectionality between the Domains of Language and Music. *Plos One* 8(4), 1-11.
- DEGÉ F., KUBICEK C., SCHWARZER G. (2011). Music lessons and intelligence: A relation mediated by executive functions. *Music Perception* 29(2), 195–201.
- GORDON R., MAGNE C. (2017). Music and Cognitive Abilities (Music in the Brain). *The Routledge Companion to Music Cognition*. New York: Routledge.
- MEYER J. (2015). *Whistled Languages, A Worldwide Inquiry on Human Speech*. Paris: Springer.
- MEYER J., DENTEL L., MEUNIER, F. (2017) Categorization of Natural Whistled Vowels by Naïve listeners of Different Language Backgrounds. *Frontiers in Psychology* 8(25), 1-12.
- MONTANDON F. (2018). Les représentations sociales de l'instrument de musique, objet sonore et espace de création identitaire. *Spécificités* 1(11), 48-61.
- STRAIT D. L., KRAUS N. (2011). Can you hear me now? Musical training shapes functional brain networks for selective auditory attention and hearing speech in noise. *Frontiers in Psychology* 2(113), 1-10.
- TERVANIEMI M., JUST V., KOELSCH S., WIDMAN A., SCHRÖGER E. (2005). Pitch discrimination accuracy in musicians vs nonmusicians: an event-related potential and behavioral study. *Experimental Brain Research* 161, 1-10.
- TIERNEY A., BERGESON-DANA T., PISONI D. (2008). Effects of Early Musical Experience on Auditory Sequence Memory. *Empir Musicol Rev* 3(4),178-186.
- TRAN NGOC A., MEYER J., ET MEUNIER F. (2020a). Categorization of Whistled Consonants by Native French Speakers, *INTERSPEECH 2020 – 21th Annual Conference of the International Speech Communication Association*, 1600-1604.
- TRAN NGOC A., MEYER J., ET MEUNIER F. (2020b). Whistled Vowel Identification by French Listeners, *INTERSPEECH 2020 – 21th Annual Conference of the International Speech Communication Association*, 1605-1609.