



**HAL**  
open science

# Différences acoustiques inter-genres chez des bilingues Anglais/Français : une étude des formants vocaliques et de la qualité de voix

Erwan Pépiot, Aron Arnold

## ► To cite this version:

Erwan Pépiot, Aron Arnold. Différences acoustiques inter-genres chez des bilingues Anglais/Français : une étude des formants vocaliques et de la qualité de voix. 6e conférence conjointe Journées d'Études sur la Parole (JEP, 33e édition), Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN, 27e édition), Rencontre des Étudiants Chercheurs en Informatique pour le Traitement Automatique des Langues (RÉCITAL, 22e édition). Volume 1: Journées d'Études sur la Parole, Jun 2020, Nancy, France. pp.480-488. hal-02798575v3

**HAL Id: hal-02798575**

**<https://hal.science/hal-02798575v3>**

Submitted on 23 Jun 2020

**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.

## Différences acoustiques inter-genres chez des bilingues Anglais/Français : une étude des formants vocaliques et de la qualité de voix.

Erwan Pépiot<sup>1</sup>, Aron Arnold<sup>2</sup>

(1) TransCrit (groupe LeCSeL), 2 rue de la liberté, 93526 Saint-Denis, France

(2) VALIBEL – Université catholique de Louvain, Place Blaise Pascal 1, 1348 Louvain-la-  
Neuve, Belgique

erwan.pepiot@free.fr, aron.arnold@uclouvain.be

### RÉSUMÉ

---

Cette étude porte sur les productions de locutrices et locuteurs bilingues anglais/français lors d'une tâche de lecture. La fréquence des formants vocaliques (F1, F2, F3) et la différence d'intensité H1-H2 ont été mesurées dans les deux langues. Les résultats indiquent un effet significatif des facteurs *langue* et *genre* sur l'ensemble de ces paramètres. L'analyse des formants montre que les locutrices présentent globalement des valeurs plus élevées que les locuteurs, avec néanmoins des variations inter-langues. Aucune différence inter-genres significative n'a été trouvée sur le F2 du [u] en français, contrairement au [u:] anglais. La différence H1-H2 est significativement plus élevée chez les femmes dans les deux langues, indiquant l'utilisation d'une voix plus *breathy*. Les locutrices présentent une différence H1-H2 moins importante lors de l'emploi du français, quand l'inverse est observé chez les hommes. Ces données suggèrent l'existence de normes vocales dépendantes du genre et de la langue parlée, auxquelles les locuteurs·rices bilingues semblent s'adapter.

### ABSTRACT

---

#### **A study of fundamental frequency in female and male English/French bilingual speakers.**

The present study deals with the productions of English/French bilingual speakers in a reading task. Vowel formant frequencies (F1, F2 and F3) and H1-H2 difference were investigated in both languages. Results show a significant effect of gender and language on all these parameters. The analysis of vowel formants showed that overall, female speakers exhibited higher values than males. However, a significant cross-gender difference was found on the F2 of the back vowel [u:] in English, but not on the vowel [u] in French. H1-H2 was higher in female speakers in both languages, indicating a more breathy phonation type. Furthermore, female speakers tended to exhibit smaller H1-H2 in French, while the opposite was true in males. This resulted in a smaller cross-gender difference in French for this parameter. These data support the idea of language- and gender-specific vocal norms, to which bilingual speakers seem to adapt.

---

**MOTS-CLÉS :** voix et genre, différences inter-genres, formants vocaliques, qualité de voix, H1-H2, bilinguisme, variations inter-langues.

**KEYWORDS:** voice and gender, cross-gender differences, vowel formants, voice quality, H1-H2, bilingualism, cross-language variation.

---

# 1 Introduction

Les différences vocales entre femmes et hommes ont fait l'objet d'un nombre important d'études au cours des dernières décennies. Ces recherches portent majoritairement sur la fréquence fondamentale (F0) et les fréquences de résonance (en particulier les formants vocaliques), souvent considérées comme les deux paramètres décisifs. Les fréquences de résonance des voyelles (formants vocaliques) sont généralement plus élevées chez les femmes (Pépiot, 2015) et la F0 des voix d'hommes se situe généralement dans des fréquences plus basses que celles des voix de femmes (Boë et al., 1975). Ces différences acoustiques seraient en partie liées aux différences sexuées qui émergent lors de la puberté sur les appareils phonatoires, (Kahane, 1978 ; Abitbol et al., 1999). En effet, les conduits vocaux sont en moyenne plus longs chez les hommes que chez les femmes adultes et des plis vocaux en moyenne plus longs et plus épais chez les sujets masculins (Kahane, 1978). Cela se traduirait par une F0 et des fréquences de résonance globalement plus élevées dans les productions vocales féminines.

Dans la voix, les facteurs anatomiques et sociaux sont cependant inextricables. Il est en effet établi que les pratiques vocales participent à la construction sociale des identités de genre (Arnold, 2015 ; Pépiot, 2014). Chaque locuteur·ice a un appareil phonatoire d'une forme donnée (qui influence la F0 et les fréquences de résonance produites), mais fait un usage spécifique de cet appareil en fonction de son genre. Une voix n'est ainsi jamais uniquement le reflet d'une anatomie, mais aussi le résultat d'une performance genrée : les femmes mobilisent certaines pratiques articulatoires afin de produire des voix relativement aiguës et claires, et les hommes en utilisent d'autres afin de produire des voix relativement graves et sombres (Arnold, 2016).

D'autres paramètres acoustiques, tels que la qualité de voix (ou *type de phonation*) pourraient également être corrélés au genre des locuteur·ice·s. Les voix féminines sont généralement considérées comme plus *breathy* (i.e. ayant un plus grand quotient d'ouverture glottique ou *GOQ*) que les voix masculines (Klatt & Klatt, 1990; Henton & Bladon, 1985). Les voix d'hommes, du moins en anglais américain, ont longtemps été considérées plus *creaky* (i.e. ayant un très faible *GOQ*) que celles des femmes (Henton, 1989a). Cependant, ces résultats varient d'une étude à l'autre, d'une langue à l'autre (Pépiot, 2014), et dépendent du paramètre acoustique utilisé pour estimer la qualité de voix. Selon Gordon & Ladefoged (2001), la différence d'intensité entre le premier et le deuxième harmonique (H1-H2) peut être une mesure fiable, si elle est utilisée de manière adéquate (voir 2.4).

Qu'en est-il alors des locuteur·ice·s bilingues ? Comment s'adaptent-elles/ils aux normes genrées des différentes langues parlées ? Ces questions n'ont pour l'instant fait l'objet que de peu d'attention. S'il existe quelques études qui comparent les productions de locuteur·ice·s de différentes langues (Traunmüller, Eriksson 1995, Pépiot 2014), peu de chercheur·euse·s se sont penché·e·s sur les variations intra-individuelles des productions vocales des bilingues lors du passage d'une langue à l'autre et ont investigué l'influence éventuelle du facteur « genre » dans ces différences. Nous suggérons que l'étude de ces variations inter-langues dans les productions des bilingues permet non seulement de s'éloigner d'une vision statique des voix de femmes et d'hommes, dans laquelle celles-ci sont présentées comme une caractéristique essentielle des locuteur·ice·s et comme principalement due à leur anatomie, pour en adopter une vision dynamique qui permet d'intégrer des questions de différences culturelles, de normes de genre, et de performances du genre.

Quelques études menées sur des locuteur·ice·s bilingues ont montré qu'en fonction de la langue parlée, ces dernier·e·s allaient varier leur F0 moyenne (Altenberg, Ferrand, 2006 ; Lee, Van Lanker Sidtis, 2017). Par exemple, l'étude d'Altenberg et Ferrand (2006) montre que des locutrices bilingues

russes L1 / anglais L2 tendent à parler avec une F0 plus basse en anglais. Cette analyse a cependant été conduite uniquement sur des productions de locutrices – il est donc impossible de savoir si les variations observées relèvent d’une adaptation aux normes genrées des différentes langues, ou tout simplement de pratiques liées aux langues elles-mêmes, sans considération de genre. De plus, ces études ont été uniquement conduites sur la F0, les autres paramètres ayant pour l’heure été complètement négligés. Nous avons donc souhaité investiguer les pratiques de locutrices et de locuteurs bilingues anglais L1 / français L2, en mesurant leurs formants vocaliques et leur qualité de voix, avec l’hypothèse de départ suivante : *les locutrices et les locuteurs bilingues adaptent leurs pratiques vocales aux normes genrées de la langue employée.*

## 2 Méthode

### 2.1 Corpus

La présente étude se fonde sur l’analyse d’un corpus de mots dissyllabiques en français et en anglais collectés lors d’une tâche de lecture :

- Combinaisons /C (occlusive) – V – p – i/: /pipi/, /papi/, /pupi/, /bipi/, /bapi/, /bupi/, /tipi/, /tapi/, /tupi/, /dipi/, /dapi/, /dupi/, /kipi/, /kapi/, /kupi/, /gipi/, /gapi/, /gupi/ pour le corpus français, /pi:pi/, /pæpi/, /pu:pi/, /bi:pi/, /bæpi/, /bu:pi/, /ti:pi/, /tæpi/, /tu:pi/, /di:pi/, /dæpi/, /du:pi/, /ki:pi/, /kæpi/, /ku:pi/, /gi:pi/, /gæpi/, /gu:pi/ pour le corpus anglais.
- Combinaisons /C (fricative) – V – p – i/: /sipi/, /sapi/, /supi/, /zipi/, /zapi/, /zupi/, /ʃipi/, /ʃapi/, /ʃupi/, /ʒipi/, /ʒapi/, /ʒupi/ pour le corpus français, /si:pi/, /sæpi/, /su:pi/, /zi:pi/, /zæpi/, /zu:pi/, /i:pi/, /æpi/, /u:pi/, /i:pi/, /æpi/, /u:pi/ pour le corpus anglais.
- Combinaisons /V – p – i /: /ipi/, /api/, /upi/ pour le corpus français, /i:pi/, /æpi/, /u:pi/ pour le corpus anglais.

Il n’existe pas d’accent lexical en Français d’un point de vue phonologique (Hirst & al., 2001), mais au sein de la phrase porteuse utilisée ici (voir 2.3) les locuteur·ice·s ont naturellement accentué la première syllabe des mots du corpus.

### 2.2 Participant·e·s

Six locutrices et six locuteurs bilingues anglais L1 / français L2 ont pris part à cette étude. Les participant·e·s sont originaires du nord-est des États-Unis et vivent en région parisienne depuis plusieurs années. Tou·te·s font état d’une pratique quotidienne de la langue française et d’un niveau d’aisance dans cette langue supérieur ou égal à 3, sur une échelle allant de 0 à 5, via un questionnaire inspiré par celui de Grosjean (Grosjean & Li, 2013). Nous reprenons également à notre compte la définition du bilinguisme proposée par cet auteur.

Les participant·e·s étaient âgé·e·s de 29 à 54 ans ( $SD=7,6$  ans) au moment des enregistrements, pour une moyenne d’âge de 41,8 ans chez les femmes et de 40 ans chez les hommes. Aucun·e n’était fumeur·euse ou ne présentait de troubles de la parole. Une clé USB a été offerte en échange de la participation à la présente étude.

### 2.3 Procédure d’enregistrement

Les enregistrements se sont déroulés dans une chambre anéchoïque, en utilisant un enregistreur numérique *Edirol R09-HR* de marque *Roland*. Les participant·e·s ont été invité·e·s à lire les mots

dissyllabiques listés dans la section 2.1. Ces derniers étaient présentés sous forme orthographique et placés dans une phrase porteuse afin d'obtenir des paramètres prosodiques constants : "He said 'WORD' twice" pour le corpus anglais et "Il a dit 'MOT' deux fois" pour le corpus français. Les locuteur·ice·s ont lu chaque phrase deux fois. Afin de neutraliser de possibles biais liés à l'ordre d'emploi des deux langues (voir Altenberg, Ferrand, 2006), la moitié des participant·e·s a commencé par effectuer ces tâches en langue française, et l'autre moitié en langue anglaise.

## 2.4 Analyse des données

L'analyse acoustique a été effectuée à l'aide du logiciel *Praat* (Boersma, 2018). Les mesures suivantes ont été réalisées sur les mots dissyllabiques (33 mots \* 2 répétitions par locuteur·ice) :

- La fréquence de F1, F2 et F3 (en Hz) sur les voyelles en syllabe initiale. Ces valeurs ont été collectées manuellement en se basant sur l'onde sonore et le spectrogramme des voyelles. Les relevés ont été effectués sur une portion centrale et stable de chaque item.
- La différence d'intensité H1-H2 (en dB) sur les voyelles ouvertes.

Ce dernier paramètre donne une indication de la qualité de voix. L'intensité relative de H1 est corrélée au quotient d'ouverture glottique (QOG) : plus H1 présente une intensité élevée par rapport à H2, plus le QOG est élevé (Klatt & Klatt, 1990). Cependant, la mesure H1-H2 peut uniquement s'effectuer sur les voyelles ouvertes : sur les voyelles moyennes ou fermées, le premier formant (F1) viendrait en effet fausser les résultats (Klatt & Klatt, 1990). Ainsi, seules les voyelles [a] pour le corpus français et [æ] pour le corpus anglais ont été prises en compte. Une sélection d'environ cinq cycles a été effectuée sur une portion centrale de chaque voyelle ouverte. Le spectre correspondant était ensuite affiché et la différence d'intensité H1-H2 calculée manuellement. Les données ainsi recueillies ont ensuite fait l'objet de tests statistiques de type ANOVA, dans le but de tester l'influence des facteurs « *langue parlée* » et « *genre des locuteur·rice·s* ».

## 3 Résultats

### 3.1 Formants vocaliques

Les fréquences moyennes des formants des voyelles françaises (F1, F2, F3) produites par les locutrices et les locuteurs sont présentées dans le Tableau 1 ci-après (22 mesures par formant et par voyelle pour chaque locuteur·ice). Sans surprise, les valeurs formantiques sont en moyenne plus élevées chez les locutrices. Cependant, l'ampleur de cette différence inter-genre varie fortement en fonction de la voyelle et du formant considéré. Le ratio femme/homme est maximal sur le F1 de la voyelle [a] (+39% par rapport aux locuteurs), et sur le F2 de la voyelle [i] (+31%). A l'inverse, le deuxième formant de la voyelle [u] présente des valeurs très similaires dans les deux groupes (+5% chez les femmes).

Une ANOVA à deux facteurs (« *voyelle* » et « *genre des locuteur·ice·s* ») a été conduite sur le F1 des voyelles françaises. Il en ressort un effet global important et significatif du facteur *genre* :  $F(1,786)=459,064$  ;  $p<0,0001$ . L'analyse détecte également une interaction significative entre les deux facteurs, montrant ainsi que l'influence du facteur *genre* dépend de la *voyelle* prise en considération :  $F(2,786)=208,663$  ;  $p<0,0001$ . Pour chaque voyelle prise individuellement, l'effet du *genre* est significatif ( $p<0,0001$  dans tous les cas). Des tests similaires ont été effectués pour F2. Un effet global important et significatif a également été observé pour le facteur *genre* ( $F(1,786)=794,071$  ;  $p<0,0001$ ) ainsi qu'une interaction avec le facteur *voyelle* ( $F(2,786)=240,866$  ;  $p<0,0001$ ). Dans le

détail, on constate que la différence inter-genres est significative sur [i] et [a] ( $p < 0,0001$ ) mais pas sur le F2 de la voyelle arrière [u] ( $F(1,262)=3,333$  ;  $p=0,069$ ).

FREQUENCE DES FORMANTS VOCALIQUES SUR LES VOYELLES FRANÇAISES (HZ)

	Loc.	F1	F2	F3	F4	F5	F6	Moy. F	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Moy. H	Ratio F/H
	F1	1027	721	696	733	768	791	<b>789</b>	602	571	592	563	551	529	<b>568</b>	<b>1.39</b>
	<i>σ</i>	<i>47</i>	<i>52</i>	<i>77</i>	<i>36</i>	<i>62</i>	<i>53</i>	<i>124</i>	<i>48</i>	<i>51</i>	<i>72</i>	<i>40</i>	<i>43</i>	<i>36</i>	<i>55</i>	
[a]	F2	1885	1913	1797	1713	1814	1704	<b>1804</b>	1547	1584	1606	1569	1453	1581	<b>1557</b>	<b>1.16</b>
	<i>σ</i>	<i>134</i>	<i>109</i>	<i>78</i>	<i>91</i>	<i>127</i>	<i>89</i>	<i>131</i>	<i>62</i>	<i>84</i>	<i>71</i>	<i>89</i>	<i>56</i>	<i>97</i>	<i>91</i>	
	F3	2847	2684	2690	2865	2879	2781	<b>2791</b>	2248	2479	2521	2445	2563	2615	<b>2478</b>	<b>1.13</b>
	<i>σ</i>	<i>66</i>	<i>128</i>	<i>135</i>	<i>53</i>	<i>92</i>	<i>72</i>	<i>124</i>	<i>46</i>	<i>82</i>	<i>124</i>	<i>100</i>	<i>54</i>	<i>84</i>	<i>144</i>	
	F1	278	354	299	326	261	272	<b>298</b>	298	248	318	256	267	260	<b>274</b>	<b>1.09</b>
	<i>σ</i>	<i>8</i>	<i>37</i>	<i>16</i>	<i>15</i>	<i>9</i>	<i>16</i>	<i>38</i>	<i>18</i>	<i>6</i>	<i>20</i>	<i>12</i>	<i>14</i>	<i>7</i>	<i>29</i>	
[u]	F2	1085	997	1268	920	1250	862	<b>1064</b>	959	1021	1112	943	1074	987	<b>1016</b>	<b>1.05</b>
	<i>σ</i>	<i>139</i>	<i>136</i>	<i>361</i>	<i>49</i>	<i>231</i>	<i>71</i>	<i>246</i>	<i>135</i>	<i>172</i>	<i>159</i>	<i>117</i>	<i>218</i>	<i>158</i>	<i>171</i>	
	F3	2443	2343	2512	2638	2753	2821	<b>2585</b>	2109	2266	2137	1991	2280	2337	<b>2187</b>	<b>1.18</b>
	<i>σ</i>	<i>184</i>	<i>136</i>	<i>135</i>	<i>138</i>	<i>129</i>	<i>94</i>	<i>217</i>	<i>422</i>	<i>55</i>	<i>98</i>	<i>102</i>	<i>111</i>	<i>70</i>	<i>222</i>	
	F1	284	349	292	332	262	264	<b>297</b>	280	244	300	242	242	250	<b>260</b>	<b>1.14</b>
	<i>σ</i>	<i>18</i>	<i>48</i>	<i>12</i>	<i>15</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>40</i>	<i>11</i>	<i>5</i>	<i>19</i>	<i>8</i>	<i>24</i>	<i>13</i>	<i>27</i>	
[i]	F2	2783	2504	2572	2677	2619	2752	<b>2651</b>	2092	2117	1962	1960	2020	2021	<b>2029</b>	<b>1.31</b>
	<i>σ</i>	<i>45</i>	<i>127</i>	<i>110</i>	<i>109</i>	<i>46</i>	<i>65</i>	<i>132</i>	<i>53</i>	<i>75</i>	<i>49</i>	<i>57</i>	<i>77</i>	<i>73</i>	<i>87</i>	
	F3	3815	3733	3395	3593	3446	3537	<b>3587</b>	3176	3037	2940	3023	2836	2971	<b>2997</b>	<b>1.20</b>
	<i>σ</i>	<i>140</i>	<i>183</i>	<i>193</i>	<i>186</i>	<i>140</i>	<i>194</i>	<i>227</i>	<i>57</i>	<i>137</i>	<i>140</i>	<i>131</i>	<i>120</i>	<i>108</i>	<i>156</i>	

TABLE 1: *Fréquences formantiques (Hz) de F1, F2 et F3 sur les voyelles françaises [i] [a] et [u] produites par les locutrices (F) et les locuteurs (M). L'écart-type (SD) est mentionné en italique.*

Une analyse identique a été menée sur les valeurs de F3. Elle indique là encore un effet global très significatif du facteur *genre* ( $F(1,786)=1072,078$  ;  $p < 0,0001$ ) et une interaction significative avec le facteur *voyelle* ( $F(2,786)=38,164$  ;  $p < 0,0001$ ). La différence inter-genres est significative pour chaque voyelle prise séparément ( $p < 0,0001$ ). A l'instar des résultats obtenus sur le français, les valeurs formantiques sur les voyelles anglaises sont globalement plus élevées chez les locutrices, avec des variations notables en fonction la voyelle et du formant pris en considération (voir Tableau 2, ci-après). Le ratio femme/homme est maximal sur le F2 de la voyelle [æ] (fréquence 37% plus élevée chez les femmes) et sur le deuxième formant de la voyelle [i:] (+30%). Mais cette fois-ci, contrairement au français, on observe également une très large différence inter-genres sur le F2 de la voyelle arrière [u:] (+26% chez les femmes).

Une ANOVA à deux facteurs (« *genre des locuteur·ice·s* » et « *voyelle* ») a été conduite sur les valeurs de F1 pour ces voyelles anglaises. Globalement, l'effet du facteur *genre* est très significatif :  $F(1,786)=451,643$  ;  $p < 0,0001$ . Ce test met également en évidence une interaction entre les facteurs *genre* et *voyelle* :  $F(2,786)=227,075$  ;  $p < 0,0001$ . La différence inter-genres sur F1 est significative pour chaque voyelle prise individuellement (avec  $p < 0,0001$ ). La même analyse a été menée sur les valeurs de F2. Ici encore, un effet très fort et très significatif du facteur *genre* a été observé ( $F(1,786)=942,947$  ;  $p < 0,0001$ ), ainsi qu'une interaction avec le facteur *voyelle* ( $F(2,786)=240,866$  ;  $p < 0,0001$ ). Contrairement au français, la différence inter-genre est ici significative sur chaque voyelle prise séparément, y compris la voyelle arrière [u:] ( $p < 0,0001$ ). L'ANOVA à deux facteurs a également été conduite sur les valeurs de F3. L'effet du facteur *genre* est là encore très significatif ( $F(1,786)=1406,561$  ;  $p < 0,0001$ ), et il existe également une interaction avec le facteur *voyelle* ( $F(2,786)=39,889$  ;  $p < 0,0001$ ). En considérant individuellement chaque voyelle, on constate que la différence inter-genres est significative dans tous les cas ( $p < 0,0001$ ).

FREQUENCE DES FORMANTS VOCALIQUES SUR LES VOYELLES ANGLAISES (HZ)

	Loc.	F1	F2	F3	F4	F5	F6	Moy. F	H1	H2	H3	H4	H5	H6	Moy. H	Ratio F/H
[æ:]	F1	1076	774	721	881	851	861	<b>861</b>	627	635	608	724	574	606	<b>629</b>	<b>1.37</b>
	<i>σ</i>	<i>51</i>	<i>61</i>	<i>75</i>	<i>66</i>	<i>43</i>	<i>78</i>	<b><i>128</i></b>	<i>23</i>	<i>41</i>	<i>47</i>	<i>38</i>	<i>70</i>	<i>33</i>	<b><i>64</i></b>	
	F2	1899	1924	1876	1690	1872	1725	<b>1831</b>	1561	1575	1538	1546	1554	1617	<b>1565</b>	<b>1.17</b>
	<i>σ</i>	<i>134</i>	<i>88</i>	<i>73</i>	<i>66</i>	<i>74</i>	<i>82</i>	<b><i>126</i></b>	<i>53</i>	<i>62</i>	<i>35</i>	<i>44</i>	<i>80</i>	<i>50</i>	<b><i>60</i></b>	
	F3	2841	2727	2686	2651	2944	2807	<b>2776</b>	2302	2388	2530	2471	2515	2547	<b>2459</b>	<b>1.13</b>
	<i>σ</i>	<i>80</i>	<i>96</i>	<i>146</i>	<i>121</i>	<i>97</i>	<i>85</i>	<b><i>145</i></b>	<i>58</i>	<i>68</i>	<i>67</i>	<i>93</i>	<i>57</i>	<i>69</i>	<b><i>111</i></b>	
[u:]	F1	313	334	314	343	291	307	<b>317</b>	302	257	347	276	279	293	<b>292</b>	<b>1.08</b>
	<i>σ</i>	<i>46</i>	<i>21</i>	<i>18</i>	<i>8</i>	<i>8</i>	<i>20</i>	<b><i>29</i></b>	<i>15</i>	<i>12</i>	<i>21</i>	<i>13</i>	<i>17</i>	<i>16</i>	<b><i>32</i></b>	
	F2	1218	1598	1495	1638	1601	1281	<b>1472</b>	995	1171	1391	987	1249	1234	<b>1171</b>	<b>1.26</b>
	<i>σ</i>	<i>187</i>	<i>252</i>	<i>330</i>	<i>279</i>	<i>265</i>	<i>230</i>	<b><i>304</i></b>	<i>191</i>	<i>215</i>	<i>208</i>	<i>134</i>	<i>227</i>	<i>228</i>	<b><i>246</i></b>	
	F3	2645	2576	2622	2737	2810	2779	<b>2695</b>	2280	2227	2198	2104	2259	2339	<b>2235</b>	<b>1.21</b>
	<i>σ</i>	<i>80</i>	<i>77</i>	<i>116</i>	<i>114</i>	<i>95</i>	<i>116</i>	<b><i>131</i></b>	<i>59</i>	<i>53</i>	<i>79</i>	<i>95</i>	<i>92</i>	<i>73</i>	<b><i>105</i></b>	
[i:]	F1	309	317	311	324	290	291	<b>307</b>	274	252	341	256	255	276	<b>276</b>	<b>1.11</b>
	<i>σ</i>	<i>23</i>	<i>35</i>	<i>21</i>	<i>7</i>	<i>10</i>	<i>15</i>	<b><i>24</i></b>	<i>11</i>	<i>23</i>	<i>22</i>	<i>26</i>	<i>16</i>	<i>10</i>	<b><i>36</i></b>	
	F2	2792	2675	2592	2873	2633	2804	<b>2728</b>	2165	2147	2029	2110	2048	2100	<b>2100</b>	<b>1.30</b>
	<i>σ</i>	<i>95</i>	<i>138</i>	<i>107</i>	<i>75</i>	<i>80</i>	<i>101</i>	<b><i>142</i></b>	<i>50</i>	<i>57</i>	<i>93</i>	<i>61</i>	<i>97</i>	<i>63</i>	<b><i>86</i></b>	
	F3	3704	3818	3256	3394	3245	3386	<b>3467</b>	3074	2998	2760	3028	2703	2757	<b>2887</b>	<b>1.20</b>
	<i>σ</i>	<i>164</i>	<i>225</i>	<i>103</i>	<i>116</i>	<i>96</i>	<i>251</i>	<b><i>275</i></b>	<i>84</i>	<i>146</i>	<i>123</i>	<i>135</i>	<i>111</i>	<i>95</i>	<b><i>189</i></b>	

TABLE 2 : Fréquences formantiques (Hz) de F1, F2 et F3 sur les voyelles anglaise [i:] [æ] et [u:] produites par les locutrices (F) et les locuteurs (M). L'écart-type (SD) est mentionné en italique.

Afin de rendre ces résultats plus lisibles, les valeurs de F1 et de F2 sont présentées sous la forme de triangles vocaliques (Figure 2) obtenus à l'aide du logiciel SaRP (Nikolov et al. 2011).

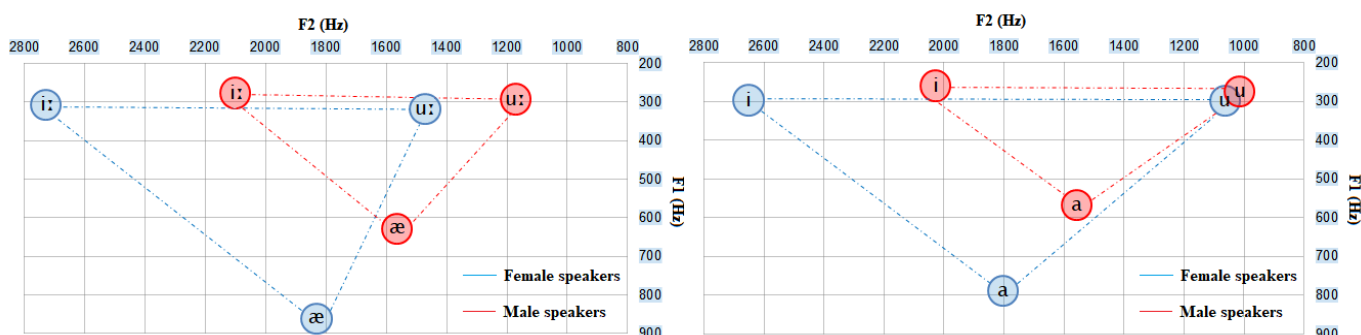


FIGURE 2 : Triangles vocaliques représentant les valeurs formantiques (Hz) des voyelles anglaise [i:] [æ] et [u:] (à gauche) et françaises [i], [a], [u] (à droite) chez les locutrices (en bleu) et les locuteurs bilingues (en rouge).

### 3.2 Qualité de voix

La différence d'intensité moyenne (dB) entre le premier (H1) et le deuxième harmonique (H2) en fonction du genre des locuteur·rice·s et de la langue parlée est présentée dans le Tableau 10. Elle a été mesurée sur les voyelles ouvertes, pour un total de 22 occurrences par locuteur·rice dans chaque langue (11 mots avec [a] pour le français et 11 mots contenant la voyelle [æ] pour l'anglais, chaque mot étant prononcé deux fois). L'intensité relative de H1 est corrélée au Quotient d'Ouverture Glottique (QOG) : plus H1 est intense, plus le QOG est élevé. Ainsi, une valeur de H1-H2 élevée indique une voix *breathy*, alors qu'une valeur fortement négative est associée à une voix *creaky*.

H1-H2 MOYEN SUR VOYELLES OUVERTES (dB)			
Loc.	Anglais	Français	Diff. FR-AN
F1	7,60	7,77	0,16
F2	2,75	1,58	-1,17
F3	7,48	5,62	-1,86
F4	4,50	4,30	-0,20
F5	10,13	9,66	-0,47
F6	4,71	4,66	-0,05
Moy. F.	6,20	5,60	-0,60
H1	-3,96	-2,52	+1,45
H2	-1,59	-0,08	+1,51
H3	1,52	2,42	+0,90
H4	1,54	2,07	+0,54
H5	6,85	9,09	+2,25
H6	0,53	0,75	+0,22
Moy. H.	0,81	1,96	+1,14

TABLE 3 : Valeur moyenne de H1-H2 (dB) chez les locutrices (F) et les locuteurs (H) sur les voyelles ouvertes (11 x 2 occurrences) en fonction de la langue parlée. La différence entre les valeurs obtenues en français et en anglais est indiquée dans la colonne de droite.

La différence d'intensité H1-H2 est plus élevée chez les locutrices dans les deux langues. On observe également que toutes les locutrices sauf une présentent une valeur H1-H2 plus faible en français, alors que l'inverse est vrai pour les locuteurs masculins. Ainsi, la différence inter-genres atteint 5,39 dB en anglais, mais n'est que de 3,64 dB en français. Une ANOVA à un facteur (« genre ») a été réalisée sur les données obtenues en français. L'analyse révèle un effet significatif de ce facteur :  $F(1,262)=129,133$  ;  $p<0,0001$ . La même analyse conduite sur l'anglais met également en évidence un effet significatif du facteur genre :  $F(1,262)=61,273$  ;  $p<0,0001$ . Ces résultats confirment que, dans les deux langues, la différence H1-H2 est significativement plus élevée chez les locutrices et suggèrent que les ces dernières ont utilisé un type de phonation plus *breathy* que les locuteurs.

Afin de vérifier si la variation inter-langues est significative, une ANOVA à deux facteurs (« langue parlée » et « genre ») a été menée sur l'ensemble des données (français et anglais). Cette analyse révèle bien une interaction significative entre les deux facteurs :  $F(1,524)=6,871$  ;  $p<0,01$ . Cela confirme que l'adaptation de la qualité de voix lors du changement de langue parlée varie en fonction du genre des locuteur·rice·s. D'où l'abaissement des valeurs de H1-H2 en français chez les locutrices et leur augmentation chez les locuteurs, faisant apparaître une différence inter-genres moins prononcée en français sur ce paramètre.

## 4 Conclusion / discussion

Cette analyse multiparamétrique et inter-langues a permis d'obtenir de nombreux résultats intéressants, qu'il convient de mettre en perspective.

L'analyse des formants vocaliques (F1, F2, F3) a sans surprise mis en évidence des fréquences plus élevées chez les locutrices dans les deux langues. Sur l'anglais, cette différence inter-genres est maximale pour le F1 de la voyelle [æ] (+37%) et sur le F2 du [i:] (+30%). En français, les différences les plus marquées apparaissent sur le F1 de la voyelle [a] et sur le F2 du [i] (+31%). Cela pourrait laisser penser que les différences inter-genres sur ce paramètre acoustique sont relativement similaires dans les deux langues.



Cependant, pour ce qui concerne les voyelles arrières [u] (en français) et [u:] (en anglais), un phénomène particulièrement remarquable a été observé. Alors qu'en anglais, une très large différence inter-genres a été mesurée sur le F2 de [u:] (+26% chez les femmes), aucune différence significative n'est apparue sur le F2 de [u] (seulement +5% chez les femmes). Cela semble parfaitement cohérent avec les résultats obtenus par Pépiot (2015) sur des monolingues francophones et anglophones américain·e·s. L'explication physiologique traditionnellement avancée pour rendre compte des différences inter-genres sur les formants vocaliques (reposant sur la taille des conduits vocaux) s'avère donc inopérante. À l'inverse, des pratiques vocales genrées sont vraisemblablement à l'origine des différences observées ici. Les locutrices ont pu par exemple accentuer la protrusion des lèvres lors de la production de la voyelle [u] en français afin d'abaisser la valeur du F2 (Fant 1966), et ont probablement utilisé une position de la langue relativement centrale lors de l'articulation de la voyelle anglaise [u:], obtenant ainsi un F2 particulièrement élevé.

La mesure H1-H2 sur les voyelles ouvertes a fourni des indications précieuses sur le type de phonation utilisé par les locuteur·rice·s. Des différences inter-genres significatives ont été trouvées dans les deux langues : les locutrices présentent des valeurs plus élevées que les locuteurs, ce qui suggère qu'elles utilisent une qualité de voix plus *breathy*. Cependant, une interaction significative entre les facteurs « *langue parlée* » et « *genre des locuteur·rice·s* » a été observée, montrant ainsi que l'adaptation du type de phonation lors du passage d'une langue à l'autre est dépendante du genre. Les locuteurs présentent tous des valeurs de H1-H2 plus faibles en anglais, quand, à l'inverse, les locutrices ont eu tendance à présenter des valeurs plus élevées dans cette langue. La différence inter-genres est donc nettement plus prononcée en anglais qu'en français.

Ces résultats vont dans le sens des études de Henton (1989a) et Pépiot (2014) qui présentent les différences inter-genres sur le type de phonation comme un phénomène socio-phonétique et dépendant de la langue. Ils sont également cohérents avec les données recueillies dans des expériences perceptives : dans une étude inter-langues menée sur des auditeur·rice·s francophones et anglophones, Pépiot (2017) a montré que le type de phonation (mesuré via H1-H2) était un indice acoustique important pour l'identification du genre par la voix chez les anglophones, alors que ce paramètre n'était pas pertinent pour catégoriser les voix chez les auditeur·rice·s francophones.

L'analyse de ces différents paramètres acoustiques, ainsi que l'étude simultanée des facteurs *langue* et *genre* sur les productions de bilingues apporte ainsi de nouveaux éléments qui n'avaient pas pu être dégagés des études précédentes, comme celles d'Altenberg et Ferrand (2006), Mennen et al. (2012) ou Lee et Van Lanker Sidtis (2017). En effet, la présente étude montre clairement que la production d'une voix de femme ou d'homme mobilise des pratiques vocales différentes en fonction de la langue parlée. Elle confirme également que les fréquences de résonance des voyelles et la qualité de voix ne sont pas des caractéristiques essentielles et figées des locuteur·ice·s, liées uniquement à l'anatomie de leur appareil phonatoire, mais qu'elles résultent, pour une part importante, d'un apprentissage et d'une socialisation en tant que membre d'une catégorie de genre donnée. Plus largement, cela constitue un argument supplémentaire pour s'éloigner des conceptions simplistes sur les liens entre voix et anatomie, et pour une plus grande considération des facteurs sociaux dans les études phonétiques.

Parmi les limites de cette étude, on citera notamment le nombre relativement réduit de participant·e·s. Afin de confirmer nos résultats, cette expérience pourrait être répliquée avec un nombre plus important de locuteur·ice·s. D'autre part, nous avons ici uniquement analysé de la parole produite par des bilingues anglais L1 / français L2. Il serait intéressant de recouper ces résultats en étudiant également la parole de bilingues français L1 / anglais L2.

## Références

- ABITBOL J., ABITBOL P., ABITBOL B. (1999). Sex hormones and the female voice. *Journal of Voice*, 13, 424-446.
- ALTENBERG E. P., FERRAND C. T. (2006). Fundamental frequency in monolingual English, bilingual English/Russian, and bilingual English/Cantonese young adult women. *Journal of Voice*, 20, 89-96.
- ARNOLD A. (2015). Voix et transidentité : changer de voix pour changer de genre ?. *Langage et société* 151(1), 87-105.
- ARNOLD A. (2016). Voix. *Encyclopédie critique du genre*, 713-721. Paris : La Découverte.
- BOERSMA P., WEENINK D. (2018). Praat: doing phonetics by computer [Logiciel]. Version 6.0.40, publiée le 11 mai 2018 sur le site [www.praat.org](http://www.praat.org)
- BOË L.-J., CONTINI M., RAKOTOFIRINGA H. (1975). Etude statistique de la fréquence laryngienne. *Phonetica*, 32(1), 1-23.
- FANT, G. (1966). A note on vocal tract size factors and non-uniform F-pattern scaling. *Speech Transmission Laboratory, Quarterly Progress and Status Report*, 81, 21-38.
- GORDON, M. & LADEFOGED, P. (2001). Phonation types: A crosslinguistic overview. *Journal of Phonetics*, 29, 383-406.
- GROSJEAN, F. & LI, P. (2013). *The Psycholinguistics of Bilingualism*. Oxford : Wiley-Blackwell.
- HENTON, C. (1989a). Sociophonetic aspects of creaky voice, *Journal of the Acoustical Society of America*, 86, S26.
- HENTON C. (1989b). Fact and fiction in the description of female and male pitch. *Language & Communication*, 9(4), 299-311.
- HENTON, C. & BLADON, R. (1985). Breathiness in normal female speech: Inefficiency versus desirability, *Language and Communication*, 5, 221-227.
- HIRST, D., DI CRISTO, A., NISHINUMA, Y. (2001). Prosodic parameters of French: A cross-language approach. In *Contrastive Studies of Japanese and Other Languages Series*, National Institute for Japanese Language, Tokyo, 7-20.
- KAHANE J. C. (1978). A morphological study of the human prepubertal and pubertal larynx. *American Journal of Anatomy* 151, 11-19.
- KLATT, D. H. & KLATT, L. C. (1990). Analysis, synthesis and perception of voice quality variations among female and male talkers. *Journal of the Acoustical Society of America*, 87, 820-857.
- LEE B., VAN LANCKER SIDTIS D. (2017). The bilingual voice: Vocal characteristics when speaking two languages across speech tasks. *Speech, Language and Hearing* 20(3), 174-185.
- NIKOLOV, R., DOMMERGUES, J-Y. & RYST, E. (2007). SaRP : outil polyvalent de représentations multi-points et multi-séries des formants vocaliques. *Paisii Hilendarski University of Plovdiv, Bulgaria – Research Papers*, 45, 88-95.
- PÉPIOT E. (2014). Male and female speech: a study of mean F0, F0 range, phonation type and speech rate in Parisian French and American English speakers. *Proceedings of the 7th International Conference on Speech Prosody*, 305-309.
- PÉPIOT, E. (2015). Voice, speech and gender: male-female acoustic differences and cross-language variation in English and French speakers. *Corela*, HS-16.
- PÉPIOT, E. (2017). Gender identification from speech in Parisian French and American English speakers. *Paisii Hilendarski University of Plovdiv, Bulgaria – Research Papers*, 55, 60-72.
- TRAUNMÜLLER H., ERIKSSON A. (1995). The frequency range of the voice fundamental in the speech of male and female adults. Manuscrit : [http://www2.ling.su.se/staff/hartmut/f0\\_m&f.pdf](http://www2.ling.su.se/staff/hartmut/f0_m&f.pdf).