



Universiteit  
Leiden  
The Netherlands

## Caractéristiques spectrales des voyelles nasales du français chez des apprenants néerlandophones: Une étude transversale de la première année de BA au Master

Beentjes, Marcel

### Citation

Beentjes, M. (2024). *Caractéristiques spectrales des voyelles nasales du français chez des apprenants néerlandophones: Une étude transversale de la première année de BA au Master*.

Version: Not Applicable (or Unknown)

License: [License to inclusion and publication of a Bachelor or Master Thesis, 2023](#)

Downloaded from: <https://hdl.handle.net/1887/3947829>

**Note:** To cite this publication please use the final published version (if applicable).

Caractéristiques spectrales des voyelles nasales du français chez des apprenants  
néerlandophones

*Une étude transversale de la première année de BA au Master*

Étudiant : Marcel Beentjes

Sous supervision de : Benjamin Storme

Date : 20 juin 2024

Mémoire de Master

Master en Linguistique : Langues modernes : Le français

Université de Leyde, Pays-Bas

Mots-clefs : réalisation acoustique, FLE, voyelles nasales, sujets néerlandophones,  
noms

*À papy, Kees ter Beek, qui est malheureusement décédé à l'âge de 81 ans avant la publication de ce travail. Je pense à toi !*

## Remerciements

Pendant le déroulement de l'expérience et la rédaction de mon mémoire de Master, plusieurs personnes m'ont encouragé sous différentes formes de finaliser ce travail final de mon Master.

Dans un premier temps, j'aimerais remercier Benjamin Storme, le directeur de mémoire, pour la direction de mon mémoire. Ensemble, nous avons eu différentes discussions productives et qualitatives afin que mon mémoire ait pu obtenir sa forme et sa qualité. Je vous remercie également pour votre temps et votre motivation.

Dans un deuxième temps, j'aimerais remercier Joyce van Zwet, une amie proche et le directeur de stage, pour mon développement professionnel en sciences du langage. Grâce à elle, j'ai pu acquérir notamment plus de compétences en statistique et en rédaction, ce qui m'a aidé à formaliser et compléter ce travail.

Dans un troisième temps, je remercie Andy Houwer, mon meilleur ami, pour tout le soutien pendant mon Master et les ondes positives qui m'ont motivé de compléter et finir ce travail.

Dans un quatrième temps, je remercie Melanie van Wensveen et Renate Roskam, mes meilleures amies, également pour le soutien pendant l'expérience et la rédaction ainsi que pour la motivation, la lecture et les commentaires sur le contenu de ce travail.

Dans un cinquième temps, j'apprécie la motivation et les ondes positives de la part de mes chers amis du conseil Laissez-Faire, de papa, de mes grands-parents, de mes oncles et mes tantes et de ceux qui étaient là aussi pour moi pendant cette période.

Je pense à vous pendant la suite de ce qui m'arrivera et vos noms seront enregistrés à vie dans mon mémoire.

# Table des matières

I. Liste des figures .....	iv
II. Liste des tableaux.....	v
III. Liste des abréviations .....	vii
1. Introduction.....	1
2. L'état de l'art .....	3
2.1 Les voyelles nasales et leurs équivalents oraux en français septentrional .....	4
2.2 Les voyelles nasales du français : un défi pour les apprenants du FLE.....	6
2.3 Les équivalents oraux des voyelles nasales en néerlandais du nord.....	8
2.4 Les difficultés des voyelles nasales rencontrées par des apprenants du FLE néerlandophones .....	10
3. L'expérience actuelle .....	10
3.1 Le projet de recherche .....	11
3.2 L'inspiration qui a mené à notre expérience.....	11
4. La conception de notre expérience.....	12
4.1 Les questions de recherche et les hypothèses .....	12
4.2 La préparation des items à lire à voix haute.....	13
4.3 La préparation de notre expérience .....	15
4.4 L'installation de notre expérience .....	15
5. Le déroulement de l'expérience.....	17
5.1 Les participants .....	17
5.2 L'exécution de notre expérience .....	18
6. Les préparations de l'analyse des données.....	20
6.1 L'alignement automatique .....	20
6.2 Les corrections nécessaires dans les alignements automatiques.....	21
6.3 L'extraction des voyelles .....	22
6.4 Analyse spectrale des voyelles .....	23

6.5 Visualisation et comparaison des formants .....	24
7. Les résultats de notre expérience.....	26
7.1 Comparaison des formants dans les deux langues.....	26
7.2 Une description des réalisations acoustiques par les locuteurs natifs d'une part et par des apprenants du FLE néerlandophones d'autre part .....	27
7.2.1 Une description générale des formants .....	27
7.2.2 Une description des valeurs moyennes .....	29
7.2.3 Une description de F1 et F2 séparément .....	31
7.2.4 Une distinction par syllabes finales et non finales .....	33
7.3 Une comparaison statistique des réalisations acoustiques par les locuteurs natifs et par les apprenants néerlandophones .....	35
7.3.1 Le meilleur modèle mixte.....	35
7.3.2 Les valeurs théoriques de F1 .....	37
7.3.3 Les valeurs théoriques de F2 .....	40
7.3.4 Conclusion partielle .....	42
7.4 Une description des réalisations acoustiques par des apprenants du FLE en français et en néerlandais .....	43
7.5 Trois cas dans lesquels la réalisation acoustique des voyelles nasales / $\tilde{\epsilon}$ , $\tilde{\sigma}$ / serait plus proche d'une autre voyelle.....	48
8. Conclusion et discussion .....	50
9. Bibliographie.....	53
10. Annexe.....	58

## I. Liste des figures

p. 5 : 2.1 : Le trapèze vocalique des voyelles orales et nasales en français (Guilbault, s.d.)

- p. 16 : 4.1 : L'installation technique à l'intérieur et à l'extérieur de la chambre anéchoïque
- p. 21 : 6.1 : un exemple d'un alignement sous format TextGrid créé par WebMAUS Basic (Schiel, 2015)
- p. 28 : 7.1 : Les réalisations acoustiques des voyelles nasales par des apprenants du FLE néerlandophones et par des locuteurs natifs
- p. 29 : 7.2 : Les valeurs moyennes des formants visualisées
- p. 31 : 7.3 : Les valeurs moyennes de F1
- p. 32 : 7.4 : Les valeurs moyennes de F2
- p. 33 : 7.5 : Les valeurs moyennes des formants des voyelles nasales en position finale
- p. 34 : 7.6 : Les valeurs moyennes des formants des voyelles nasales en position non finale
- p. 35 : 7.7 : Valeurs théoriques de F1
- p. 36 : 7.8 : Valeurs théoriques de F2
- p. 44 : 7.9 : Les réalisations acoustiques par voyelle et par langue
- p. 45 : 7.10 : Les formants moyens par voyelle et par langue
- p. 46 : 7.11 : Les prédictions des valeurs de F1 pour les deux langues
- p. 47 : 7.12 : Les prédictions des valeurs de F2 pour les deux langues

## II. Liste des tableaux

- p. 5 : 2.1 : Les voyelles /a, ã, ɔ, õ, ε, ë/ (adaptation de Spa, 1978 : 13)
- p. 6 : 2.2 : Les valeurs moyennes F1 et F2 de six voyelles orales et nasales en français (adaptation de Delvaux et al., 2002)
- p. 9 : 2.3 : Les valeurs moyennes F1 et F2 des équivalents oraux dans l'inventaire néerlandais (adaptation d'Adank et al., 2004)
- p. 13 : 4.1 : Les noms lus à voix haute par les participants

- p. 27 : 7.1 : Valeurs moyennes des formants des voyelles orales du néerlandais et des voyelles nasales du français en Hz
- p. 30 : 7.2 : Les valeurs moyennes des formants en Hz et la distance euclidienne entre des locuteurs natifs et des apprenants du FLE néerlandophones
- p. 37 : 7.3 : Le contraste de F1 de la voyelle nasale de la catégorie < AN > entre des apprenants en licence 1 et d'autres locuteurs
- p. 38 : 7.4 : Le contraste de F1 de la voyelle nasale de la catégorie < EN > entre des apprenants en licence 1 et d'autres locuteurs
- p. 38 : 7.5 : Le mouvement formantique de F1 de la voyelle nasale de la catégorie < EN > depuis les apprenants en licence 1 aux locuteurs natifs
- p. 39 : 7.6 : Le contraste de F1 de la voyelle nasale de la catégorie < ON > entre des apprenants en licence 1 et d'autres locuteurs
- p. 40 : 7.7 : Le mouvement formantique de F1 de la voyelle nasale de la catégorie < ON > depuis les apprenants en licence 1 aux locuteurs natifs
- p. 40 : 7.8 : Le contraste de F2 de la voyelle nasale de la catégorie < AN > entre des apprenants en licence 1 et d'autres locuteurs
- p. 41 : 7.9 : Le contraste de F2 de la voyelle nasale de la catégorie < EN > entre des apprenants en licence 1 et d'autres locuteurs
- p. 41 : 7.10 : Le mouvement formantique de F2 de la voyelle nasale de la catégorie < EN > depuis les apprenants en licence 1 aux locuteurs natifs
- p. 42 : 7.11 : Le contraste de F2 de la voyelle nasale de la catégorie < ON > entre des apprenants en licence 1 et d'autres locuteurs
- p. 48 : 7.12 : Le contraste de la réalisation acoustique de la voyelle nasale /ẽ/ entre des apprenants en licence 1 et des locuteurs natifs
- p. 49 : 7.13 : Le contraste de la réalisation acoustique de la voyelle nasale /õ/ entre des apprenants en licence 1 et des locuteurs natifs
- p. 50 : 7.14 : Le contraste de la réalisation acoustique de la voyelle nasale /ẽ/ entre des apprenants en licence 2 et des locuteurs natifs



### III. Liste des abréviations

L1 : langue maternelle

L2 : seconde langue

FLE : français langue étrangère

F1 : formant 1

F2 : formant 2

CECR : le cadre européen commun de référence pour les langues

# 1. Introduction

La production des voyelles nasales en français L1 (langue maternelle) a fait l'objet de nombreuses recherches dans le passé (Delvaux et al., 2002 ; Delvaux, 2002 ; Delvaux, 2006a ; Delvaux, 2006b ; Carignan, 2013 ; Carignan, 2014 ; Montagu, 2004). D'autres recherches ont été faites dans un contexte de français langue étrangère (FLE) (Arango, 2021 ; Calaque, 1992 ; Charlton, 2012 ; De Jong, 2013 ; Detey et al., 2014 ; Floquet, 2017 ; Lazarević, 2021 ; Li et al., 2019 ; Martin, 2023 ; Otroshi et al., 2019). À partir de la littérature du contexte du FLE, il paraît que l'apprentissage de la production des voyelles nasales est un défi, surtout quand il n'existe pas de voyelles nasales dans la langue maternelle de l'apprenant de FLE. Selon Arango (2021 : 1), un locuteur d'une langue étrangère adapte la prononciation d'un mot étranger à la phonologie de sa propre langue maternelle. Ce point nous inspire pour faire une recherche sur la réalisation acoustique des voyelles nasales par des apprenants du français langue seconde (L2).

Nous avons choisi de mener une recherche dans le contexte éducatif du français aux Pays-Bas. La réalisation acoustique chez des néerlandophones n'a pas encore été un sujet important dans l'état de l'art sur la production des voyelles nasales en FLE. On a montré que les néerlandophones ont également des difficultés à acquérir les voyelles nasales parce que le néerlandais ne connaît pas de voyelles nasales dans son inventaire phonologique (Berns & Nouveau, 2017 ; Debrock & Mertens, 1990 (cité dans De Haes, 2023 : 34)). C'est pour cette raison que néerlandophones font différentes erreurs de production des voyelles nasales en français (De Jong, 2013). Cependant, les néerlandophones arrivent à distinguer les voyelles nasales dans des contextes non manipulés (De Jong, 2014).

Cette étude se concentre sur le français septentrional et le néerlandais du nord. Le français septentrional est un des trois grandes variétés du français (Delvaux, 2002 : 13) vers laquelle des sujets néerlandophones se dirigeraient pendant l'apprentissage du français parce que la variante parlée à Paris fait partie du français septentrional. Le néerlandais du nord, parlé aux Pays-Bas, est l'une des deux principales variétés du néerlandais. Les concepts français standard et néerlandais standard seraient plus difficiles à déterminer. En français septentrional, les voyelles nasales forment un ensemble de phonèmes distincts alors qu'en néerlandais du nord il y a uniquement

une nasalisation allophonique. Le néerlandais du nord ne connaît pas de voyelles nasales phonémiques et il y a toujours une consonne nasale après la voyelle nasalisée. C'est pour cette raison que l'apprentissage des voyelles nasales par les néerlandophones implique l'apprentissage d'une nouvelle catégorie de phonèmes absente dans la langue maternelle, même si la L1 a des sons proches.

Le but de notre recherche est d'observer la qualité de la réalisation acoustique des voyelles nasales et le développement de la qualité de la réalisation acoustique de ces voyelles parmi différents apprenants du FLE néerlandophones. Ce choix vient du fait que le néerlandais n'a pas été un sujet de recherche important dans ce domaine, ce qui devient plus clair dans l'état de l'art. Dans cet état de l'art, nous discutons différentes études d'apprentissage du FLE (citées au début de l'introduction) à partir d'autres langues maternelles que le néerlandais du nord. Cet état de l'art est également le point de départ de notre recherche. Nous aimerions également comparer les réalisations acoustiques des voyelles nasales en FLE aux équivalents oraux en néerlandais du nord L1 pour voir s'il y a une influence de la L1 dans la production de la L2. Notre recherche prolonge le travail de De Jong (2013) qui a étudié la production des voyelles nasales par des apprenants néerlandophones du FLE. En même temps, elle a fait une expérience de jugement sans tenir compte de la qualité de la réalisation acoustique. De plus, cette étude ne porte pas sur la distinction des voyelles nasales entre elles, non plus sur une distinction qui s'appuie sur une différence de timbre. Nous aimerions nous concentrer cette fois sur la qualité de la réalisation acoustique de ces voyelles nasales en FLE au lieu de faire des jugements. Nous voudrions également comparer les réalisations acoustiques des voyelles nasales en FLE et des sons proches du néerlandais du nord L1.

Notre choix d'analyser la réalisation acoustique des voyelles nasales vient de l'intérêt personnel pour la difficulté d'acquisition rencontrée par les apprenants du FLE. Carignan (2014) fournit des données sur la réalisation acoustique chez des locuteurs natifs du français que nous pouvons utiliser comme étant la cible vers laquelle les apprenants du FLE essaient de converger. Carignan (2014) a examiné la réalisation acoustique et articulatoire orale des voyelles nasales pour comparer les deux façons de réalisations. À partir d'un groupe de 12 locuteurs du français métropolitain du nord, il a constaté que la réalisation acoustique se fait de manière similaire et que la réalisation articulatoire se fait de façon polyvalente par ces locuteurs.

Pour la méthode d'analyse des données acoustiques, nous avons utilisé un plug-in Praat (Boersma & Weenink, 2023) développé par Barreda (2021). Ce plug-in sert à analyser les formants des voyelles en comparant différents modèles pour que le plug-in choisisse le meilleur modèle contenant les meilleures données des formants. Grâce à ce plug-in, nous pouvons mener une recherche sur la qualité de la réalisation acoustique des voyelles nasales en comparant des locuteurs natifs du français aux apprenants du FLE néerlandophones.

En outre, nous comparons les apprenants du FLE néerlandophones de différents niveaux aux locuteurs natifs du français septentrional L1. Nous faisons l'hypothèse que des apprenants plus avancés seront plus proches de la cible française que des apprenants moins avancés qui seront plus proches des voyelles nasalisées en néerlandais. Les participants ont été invités au laboratoire phonétique pour lire différentes phrases à voix haute. Les apprenants du FLE ont lu à voix haute des phrases dans les deux langues tandis que les locuteurs natifs du français L1 ont lu à voix haute des phrases en français uniquement. De suite, nous avons aligné les enregistrements automatiquement avec WebMAUS (Schiel, 2015) et nous avons vérifié et corrigé ces alignements pour qu'ils soient prêts pour l'extraction et l'analyse des voyelles par Fast Track (Barreda, 2021). Les formants des voyelles analysées ont été comparés et visualisés avec un script R (R Core Team, 2024).

Dans ce qui suit, nous présenterons l'état de l'art dans la section 2 et notre recherche dans la section 3. De suite, nous développerons la conception de notre expérience dans la section 4 et le déroulement de l'expérience dans la section 5. Puis, nous discuterons la méthodologie de préparation de nos analyses dans la section 6 et nous présenterons les résultats dans la section 7. Nous terminerons avec une conclusion et une discussion dans la section 8.

## 2. L'état de l'art

La production des voyelles nasales par des apprenants du français langue étrangère (FLE) a été un sujet important dans la littérature (Arango, 2021 ; Calaque, 1992 ; Charlton, 2012 ; De Jong, 2013 ; Detey et al., 2014 ; Floquet, 2017 ; Lazarević, 2021 ; Li et al., 2019 ; Martin, 2023 ; Otroshi et al., 2019). Selon Maddieson & Precoda (1990) (cité dans De Haes, 2023 : 34), 22,6 % des langues du monde contiennent des

voyelles nasales dans l'inventaire phonologique tandis que les consonnes nasales existent dans presque toutes les langues du monde. Vu le fait que beaucoup des langues du monde ne connaissent aucune voyelle nasale dans leur inventaire phonologique, la production des voyelles nasales pourrait être problématique pour les apprenants d'une L2 avec des voyelles nasales dont la L1 n'a pas de voyelles nasales, ce qui est discuté dans la littérature citée ci-dessus. De plus, un apprenant d'une langue étrangère interprète initialement un mot étranger phonologiquement comme il l'interpréterait dans sa langue maternelle (Arango, 2021 : 1). Avant que nous nous concentrons sur la problématique de production des voyelles nasales par des apprenants du FLE, nous continuons d'abord sur les voyelles nasales en français septentrional. Finalement, nous discutons le cas des apprenants néerlandophones en détaillant les équivalents oraux des voyelles nasales en néerlandais du nord.

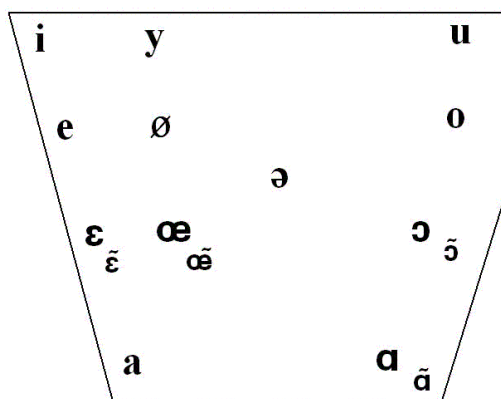
Nous avons choisi de nous concentrer sur la variante septentrionale du français en raison du fait que cette variante est plus proche géographiquement des Pays-Bas d'une part et que le français parisien, qui appartient à la variante septentrionale du français, serait le français enseigné aux apprenants du FLE aux Pays-Bas. De plus, nous n'utilisons pas l'expression *français standard* car c'est un concept qui est plus difficile à définir (voir : Rebourcet, 2008).

## 2.1 Les voyelles nasales et leurs équivalents oraux en français septentrional

L'inventaire phonologique du français septentrional, une des trois grandes variétés du français (Delvaux, 2002 : 13), contient quatre voyelles nasales et quatre équivalents oraux, visualisés dans le trapèze vocalique que nous retrouvons dans la figure 2.1. Ces voyelles se distinguent sur plusieurs caractéristiques l'une de l'autre et nous pourrions parler de deux ensembles de phonèmes distincts. Selon Spa (1978 : 13), la distinction des voyelles se fait sur quatre points. Dans un premier temps, les voyelles en français (toujours voisée) se séparent en voyelles orales et nasales. Pendant la production d'une voyelle nasale, les cavités du pharynx, de la bouche et du nez sont en même temps utilisées (voir : Johnson, 2011 : 199-200). Dans le cas d'une voyelle orale, la cavité du nez n'est pas utilisée. Dans un deuxième temps, l'aperture de la voyelle distingue les voyelles sur la hauteur de la production (Ladefoged, 1972 : 9-10). Dans un troisième temps, la distinction des voyelles se fait aussi sur l'antériorité du

point d'articulation (Ladefoged, 1972 : 9-10). Finalement, les voyelles se distinguent par la position des lèvres, tendues ou arrondies (Ladefoged, 1972 : 9-10).

**Figure 2.1 : Le trapèze vocalique des voyelles orales et nasales en français (Guilbault, s.d.)**



Parmi les quatre voyelles nasales en français, la voyelle nasale arrondie d'avant disparaît du français (voir : Laufer, 1959). C'est pour cette raison que nous nous concentrons uniquement sur les voyelles nasales /*ã*, /*ɔ̃*, /*ɛ̃*/ comme Styler (2017). Une autre discussion porte sur la fusion des voyelles /*a*, /*ɑ*/ vers /*a*/ (voir notamment : Carignan, 2014 ; Delvaux, 2002 : 12 ; Meunier, 2007 ; Spa, 1978). En raison de la fusion, nous considérons la voyelle orale /*a*/ comme l'équivalent de la voyelle nasale /*ã*/ et nous excluons la voyelle /*ɑ*/ comme Delvaux et al. (2002), Delvaux (2002 : 12), Carignan (2013), Carignan (2014) et Styler (2017). Le tableau 2.1 présente les trois voyelles nasales et leurs équivalents oraux avec leurs caractéristiques distinctives.

**Tableau 2.1 : Les voyelles /*a*, /*ã*, /*ɔ̃*, /*ɔ̃*, /*ε̃*, /*ε̃*/ (adaptation de Spa, 1978 : 13)**

	Oral				Nasal			
	palatal		vélaire		palatal		vélaire	
	non arrondi	arrondi	non arrondi	arrondi	non arrondi	arrondi	non arrondi	arrondi
mi-ouvert	ε			ɔ	ε̃			ɔ̃
ouvert	a						ã	

Les caractéristiques distinctives des voyelles se présentent également par les formants de la réalisation acoustique. Il existe différents formants dont les formants 1 et 2 sont les plus pertinents dans notre recherche. Chaque formant est une valeur de fréquence en Hz de la production. Dans un premier temps, l'aperture de la production est mesurée par F1 (formant 1). Quand la langue est en position plus basse, la valeur de F1 est plus élevée. Dans un deuxième temps, F2 (formant 2) permet de distinguer

les voyelles palatales et vélaires. Quand la fréquence est plus élevée, le point d'articulation est plus palatal. Delvaux et al. (2002) ont publié un article dans laquelle les valeurs moyennes des formants F1 et F2 des six voyelles /a,  $\bar{a}$ ,  $\text{ɔ}$ ,  $\bar{\text{ɔ}}$ ,  $\text{ɛ}$ ,  $\bar{\text{ɛ}}$ / sont présentées. Nous retrouvons ces valeurs moyennes également dans le tableau 2.2.

**Tableau 2.2 : Les valeurs moyennes F1 et F2 de six voyelles orales et nasales en français (adaptation de Delvaux et al., 2002)**

Voyelle	Oral ou nasal	Genre des locuteurs	F1 (Hz)	F2 (Hz)
/ɔ̃/	oral	féminin	650	1158
		masculin	483	895
	nasal	féminin	547	1079
		masculin	499	1082
/ɛ̃/	oral	féminin	618	2186
		masculin	483	1728
	nasal	féminin	809	1625
		masculin	583	1477
/ɑ̃/	oral	féminin	896	1458
		masculin	678	1200
	nasal	féminin	820	1025
		masculin	692	987

Les formants sont issus d'une recherche sur les propriétés acoustiques et articulatoires chez des locuteurs natifs du français en Belgique. Ces locuteurs parlent le français septentrional (voir : Delvaux, 2002 : 13). Quand nous comparons les formants du tableau 2.2 ci-dessus et l'écart des voyelles nasales et leurs équivalents oraux présentés dans la figure 2.1, nous constatons qu'une voyelle nasale en français septentrional est plus ouverte et postérieure que son équivalent oral.

## 2.2 Les voyelles nasales du français : un défi pour les apprenants du FLE

La littérature sur laquelle notre recherche se base décrit la difficulté de la production des voyelles nasales chez différents apprenants du FLE. Cette difficulté s'explique par l'absence des voyelles nasales phonémiques dans les langues maternelles des nombreux apprenants du FLE. Dans cette partie, nous résumons plusieurs études qui montrent la difficulté d'acquisition des voyelles nasales.

Premièrement, Arango (2021 : 272-273) a montré que les apprenants hispanophones, d'origine espagnole ou colombienne, ont des difficultés à faire le contraste entre /o,  $\bar{\text{o}}$ /, / $\bar{\text{e}}$ ,  $\bar{\text{a}}$ / et / $\bar{\text{a}}$ ,  $\bar{\text{j}}$ /. Ils ont également des difficultés à produire les trois voyelles nasales qui sont souvent assimilées à une voyelle orale. Il a montré

également que les voyelles nasales /ɛ̃, ɑ̃/ sont les plus difficiles à produire pour des sujets hispanophones. La production de ces deux voyelles connaît une « variabilité importante » qui est aussi plus proche des équivalents oraux (Arango, 2021 : 273). En même temps, la dénasalisation est également constatée par Calaque (1992 : 50) qui a analysé un locuteur syrien et un locuteur égyptien. De plus, il a constaté une confusion de la réalisation de la voyelle /ɛ̃/ qui a été réalisée comme /ɑ̃/.

Deuxièmement, Charlton (2012) a mené une recherche avec des sujets anglophones qui produisaient la voyelle /ɔ̃/ la plus précisément et la voyelle /ɛ̃/ la moins précisément, avec une assimilation à la voyelle /ɑ̃/. Selon Charlton (2012), les résultats s'accordent à une autre recherche de Neveu et al. (2010) (cité dans Charlton, 2012). La qualité de la production semble également être problématique pour la voyelle /ɛ̃/, produite par des sujets japonophones (Detey et al., 2014 : 541). En même temps, la voyelle /ɑ̃/ était la voyelle nasale la mieux produite par ces mêmes apprenants. Lazarević (2021 : 483) a montré aussi que la voyelle /ɛ̃/ est la voyelle la plus difficile, dans ce cas pour des sujets serbophones.

Pour l'instant, nous avons cité plusieurs études portant sur le problème de la réalisation des voyelles nasales en FLE sans nous prononcer sur l'origine de ces difficultés. Commençons par Floquet (2017) qui montre la complexité de la voyelle /ɛ̃/. Selon lui, certains graphèmes, « *en linguistique, unité d'écriture, caractère distinctif du code écrit : Les lettres de l'alphabet sont des graphèmes* » (Guilbert et al., 1973), posent des problèmes. Floquet (2017) s'est concentré sur les graphèmes *UN* et *IN* qui réfèrent au même phonème /ɛ̃/ mais il paraît que la voyelle /ɛ̃/ dans le graphème *UN* est produit moins précisément que le même phonème dans le graphème *IN*. Une autre origine des problèmes se trouverait dans les syllabes non finales. Otroshi et al. (2019 : 15) montrent que ce type de syllabe provoque un écart de la réalisation des voyelles nasales d'une part et une conversion des voyelles nasales en consonne d'autre part. Cependant, ceci ne semble pas être le cas quand la voyelle se trouve dans une syllabe finale.

Avant de nous concentrer sur des sujets néerlandophones et leur langue maternelle, nous discutons finalement une recherche de Martin (2023) qui a analysé la production des voyelles nasales par des apprenants germanophones. Les germanophones sont géographiquement et historiquement proches des néerlandophones et les deux langues, étant germaniques, sont également proches



l'une de l'autre. Il est possible que nous trouvions des difficultés similaires. Martin (2023 : 38) a montré que les apprenants germanophones ne maîtrisent pas la nasalisation comme les locuteurs natifs du français. De plus, le point d'articulation de la voyelle nasale /ã/ chez des sujets germanophones est plus palatal que chez les locuteurs natifs. Cependant, Martin (2023) n'a pas comparé d'apprenants du FLE des différents niveaux, ce qui est un point de départ de notre recherche dans laquelle nous comparons plusieurs niveaux d'études entre eux d'une part et aux locuteurs natifs du français d'autre part.

### 2.3 Les équivalents oraux des voyelles nasales en néerlandais du nord

Le néerlandais est présenté en général par deux variantes : la variante du nord parlée aux Pays-Bas et la variante du sud parlée en Belgique (Adank et al., 2004 ; Schuurman et al., 2003). Vu le fait que notre recherche a lieu aux Pays-Bas, nous nous limitons à la variante du nord, appelée le néerlandais du nord. L'inventaire phonologique du néerlandais du nord ne connaît que des voyelles orales, ce qui veut dire que les apprenants du FLE néerlandophones apprennent une nouvelle catégorie de phonèmes. Initialement, les néerlandophones interpréteraient les mots étrangers phonologiquement comme ils existeraient dans leur langue maternelle (Arango, 2021 :1). C'est pour cette raison que nous nous concentrons maintenant sur les valeurs moyennes de F1 et de F2 du néerlandais du nord, ce que nous avons également fait dans la section 2.1 pour le français septentrional. Comme il n'y a pas de voyelles nasales en néerlandais, nous ne nous concentrons que sur les équivalents oraux. Il s'agit ici des équivalents oraux dans un contexte nasal (c'est-à-dire suivis d'une consonne nasale).

Une différence par rapport à l'inventaire phonologique du français est que la distinction /a, a/ existe encore en néerlandais. Les deux voyelles orales diffèrent en point d'articulation dont la voyelle /a/ est plus antérieure. Comme nous avons discuté dans la section 2.1, l'équivalent oral de la voyelle nasale /ã/ est normalement la voyelle orale /a/ mais en raison de la fusion des voyelles /a, a/, nous avons déclaré la voyelle /a/ comme l'équivalent oral en français septentrional. Cependant, il n'y a pas de fusion en néerlandais et on distingue ces deux voyelles orales l'une de l'autre dans l'inventaire phonologique du néerlandais. C'est pour cette raison que nous nous concentrons sur la voyelle orale /a/ considérée comme l'équivalent oral dans l'inventaire néerlandais de la voyelle nasale /ã/ dans l'inventaire français. Le

tableau 2.3 présente les valeurs moyennes des équivalents oraux issues d'Adank et al. (2004 : 1732).

Dans le contexte éducatif sur lequel nous nous concentrons pendant notre recherche, nous nous intéressons à la différence des réalisations des voyelles nasales en français septentrional et celles des équivalents oraux en néerlandais du nord. Dans la section 2.1, nous avons comparé les réalisations acoustiques des voyelles orales et nasales en français septentrional L1. Dans ce qui suit, nous comparons les réalisations acoustiques des voyelles nasales en français septentrional L1 à leurs équivalents oraux en néerlandais du nord L1. En comparant les valeurs moyennes des voyelles nasales en français septentrional aux équivalents oraux en néerlandais du nord, nous constatons que la réalisation acoustique de la voyelle /ɔ/ est plus fermée et postérieure en néerlandais du nord que la voyelle /õ/ en français septentrional. La réalisation acoustique de la voyelle /ɛ/ en néerlandais du nord est plus fermée que la voyelle /ē/ en français septentrional. Le point d'articulation de la voyelle nasale en français septentrional est plus postérieur que le point d'articulation de son équivalent oral en néerlandais du nord. Finalement, la réalisation acoustique de la voyelle /ɑ/ en néerlandais du nord est plus fermée et palatale que la voyelle nasale /ã/ en français septentrional.

**Tableau 2.3 : Les valeurs moyennes F1 et F2 des équivalents oraux dans l'inventaire néerlandais (adaptation d'Adank et al., 2004 : 1732)**

Voyelle	Genre des locuteurs	F1 (Hz)	F2 (Hz)
ɔ	féminin	419	918
	masculin	402	821
ɛ	féminin	535	1990
	masculin	475	1739
ɑ	féminin	758	1280
	masculin	578	1172

Cette comparaison sera également faite pendant la discussion des résultats de notre recherche dans la section 7. Nous comparerons les réalisations acoustiques de ces voyelles réalisées en néerlandais du nord L1 et en FLE. Avant que nous nous continuions sur notre expérience, nous résumons quelques études sur la production des voyelles nasales en FLE dans le cadre du néerlandais du nord L1.

## 2.4 Les difficultés des voyelles nasales rencontrées par des apprenants du FLE néerlandophones

La production des voyelles nasales en français FLE par des néerlandophones a été étudiée différentes fois (Berns & Nouveau, 2016 ; Debrock & Mertens, 1990 ; De Jong, 2013 ; De Haes, 2023). Selon Berns & Nouveau (2016) d'une part et Debrock & Mertens (1990) d'autre part (cités par De Haes, 2023 : 34), les néerlandophones ont des difficultés de production des voyelles nasales en français, même si les apprenants arrivent à bien distinguer les voyelles nasales (De Jong, 2014 : 35). Les résultats de De Haes (2023) montrent une plus grande variation en production des voyelles nasales par des néerlandophones belges. Les difficultés de production sont également présentées dans le mémoire de la licence de De Jong (2013). Selon elle, la voyelle nasale /ã/ est celle qui pose le moins de problèmes en production pour les néerlandophones, et les voyelles /œ̃, ɛ̃/ sont celles qui en posent le plus. De plus, elle a conclu que les productions des voyelles qui se trouvent dans une position non finale sont plus problématiques que celles dans une position finale.

Les travaux mentionnés ci-dessus ne se concentrent que sur la production des voyelles nasales, sauf De Haes (2023). Elle compare aux locuteurs natifs la réalisation acoustique et la perception des voyelles nasales en français par des néerlandophones belges, l'autre variante principale du néerlandais (Adank et al., 2004 ; Schuurman et al., 2003). Elle compare les données également aux sujets français dans Carignan (2014).

Pendant notre expérience, nous nous concentrerons uniquement sur la réalisation acoustique des voyelles nasales et nous comparons les apprenants néerlandophones d'origine néerlandaise aux locuteurs natifs du français septentrional reliés à la même université. En raison du nombre réduit d'études portant sur la réalisation des voyelles nasales du français par des néerlandophones, nous avons décidé d'explorer cette question dans une expérience de production, qui sera présentée dans la partie suivante.

## 3. L'expérience actuelle

À la suite du traitement de l'état de l'art dans lequel le néerlandais L1 n'était pas une langue assez présente dans le contexte du FLE, nous entrons plus en détail sur notre

expérience dans la section 3.1. Ensuite, nous discuterons les inspirations qui ont mené à notre recherche dans la section 3.2.

### 3.1 Le projet de recherche

Pendant notre expérience, nous explorons la réalisation acoustique des voyelles nasales par des apprenants néerlandophones du FLE. Le but de notre recherche est de comparer la qualité des réalisations des différents niveaux d'apprenants aux locuteurs natifs du français septentrional dans un premier temps. Dans un deuxième temps, le but de notre recherche est de comparer les réalisations des voyelles nasales en FLE aux réalisations des voyelles orales en néerlandais du nord par des apprenants.

Les comparaisons se font sur la base d'un corpus créé par nous-mêmes. Nous avons invité des apprenants du FLE néerlandophones et des locuteurs natifs du français septentrional à lire des phrases à voix haute. Les phrases se composent d'une question et d'une réponse. La réponse des phrases françaises comprend un nom focalisé sur lequel nous nous concentrons. La réponse en néerlandais est une phrase relative dans laquelle le nom sur lequel nous nous concentrons est le sujet de la phrase. Chaque nom contient au moins une voyelle nasale en français ou une voyelle orale suivie par une consonne nasale en néerlandais. À partir des enregistrements de ces phrases, nous extrayons les voyelles nasales et les voyelles orales suivies d'une consonne nasale. Ces extraits sont ensuite analysés dans Praat (Boersma & Weenink, 2023), un logiciel de recherche expérimentale en phonétique et phonologie, pour obtenir les formants 1 et 2. Finalement, ces F1 et F2 sont comparés dans R (R Core Team, 2024).

### 3.2 L'inspiration qui a mené à notre expérience

L'inspiration pour exécuter cette expérience vient de la recherche de Carignan (2014) dans un premier temps. Carignan (2014) a mené une expérience de réalisation acoustique des voyelles nasales par des sujets français. Il a comparé les réalisations des trois voyelles nasales aux équivalents oraux dont nous avons parlé dans la section 2.1. Les locuteurs natifs parlent le français métropolitain du nord qui fait partie du français septentrional. Le français septentrional serait la variante cible à laquelle les apprenants (néerlandophones) se dirigent parce que cette variante comprend notamment la variante parlée à Paris, la capitale de la France. En même temps,

Carignan (2014) s'est concentré également sur la réalisation articulatoire des voyelles nasales mais il a conclu que le but de l'acte de parole est acoustique mais pas articulatoire, ce qui explique le choix de nous concentrer sur la réalisation acoustique.

Dans un deuxième temps, une étudiante de l'Université de Leyde a mené une recherche de jugement de la production des voyelles nasales par des sujets néerlandophones. De Jong (2013) s'est concentré sur la problématique de production des voyelles nasales par ces sujets mais le cadre restait assez réduit. Avec une recherche expérimentale, nous voudrions explorer d'une façon plus détaillée la réalisation acoustique des voyelles nasales par ces apprenants néerlandophones.

## 4. La conception de notre expérience

Maintenant que nous avons discuté l'état de l'art, le projet de notre recherche et l'inspiration pour l'exécution de notre expérience, nous nous concentrons sur notre étude en tant que telle. Dans cette section, nous présentons les questions de recherche et les hypothèses dans la section 4.1, la détermination des phrases à lire à voix haute par les participants dans la section 4.2, la préparation de notre expérience dans la section 4.3 et une description de notre installation expérimentale dans la section 4.4.

### 4.1 Les questions de recherche et les hypothèses

Notre recherche comprend deux parties principales. Dans un premier temps, nous nous concentrons sur la qualité de la réalisation acoustique des voyelles nasales par des apprenants du FLE néerlandophones. Nous posons la question de savoir comment la qualité de la réalisation acoustique des voyelles nasales par différents niveaux d'apprenants du FLE néerlandophones se rapporte aux locuteurs natifs du français septentrional. Nous nous demandons également si la réalisation acoustique des voyelles nasales en français est initialement plus proche des équivalents oraux en néerlandais dans la deuxième partie de notre recherche.

Notre hypothèse à la première question de recherche est que l'écart entre les apprenants plus avancés et les locuteurs natifs est plus réduit lors du progrès de la maîtrise du français. Celle à la deuxième question de recherche est que les participants vont réaliser d'abord la voyelle nasale du français comme la voyelle orale du néerlandais correspondante en néerlandais suivie d'un appendice nasal (une

consonne nasale), surtout dans le cas de la voyelle nasale du français /ɛ̃/ dont nous avons parlé dans les sections 2.2 et 2.4. Cette voyelle nasale est considérée comme la voyelle nasale la plus difficile à acquérir par des apprenants du FLE.

## 4.2 La préparation des items à lire à voix haute

Pour analyser la réalisation acoustique des voyelles nasales d'une part et des voyelles orales suivies par une consonne nasale d'autre part, nous avons choisi d'analyser des voyelles qui se trouvent dans des noms. L'utilisation des noms permettait de créer des contextes uniques et contrôlés dont nous revenons ci-dessous. Ceci permettait également de focaliser le nom, par exemple dans : *C'est Marie qui a tué Pierre*. Dans cette phrase, *Marie* est focalisée. Tous les noms utilisés dans notre expérience contiennent au moins une voyelle nasale (en français) ou une voyelle orale suivie d'une consonne nasale (en néerlandais). Initialement, nous avons enregistré également la réalisation des voyelles orales des noms d'emprunt du français en néerlandais mais nous avons exclu ces noms d'emprunts du français en néerlandais en raison de notre choix pour cette recherche. Le tableau 4.1 présente les noms enregistrés.

**Tableau 4.1 : Les noms lus à voix haute par les participants**

Langue	Voyelle	Type de syllabe	Quantité	Noms	
FR	/ɔ̃/	Final	10	Gaston, Simon, Manon, balcon, tampon, plafond, ballon, pantalon, insertion, ponton	
		Non final	6	monteur, ponton, tondeuse, fondue, contrôle, concierge	
	/ɛ̃/	Final	4	Tintin, pain, train, raisin	
		Non final	6	Tintin, pincette, intérêt, intérieur, intermédiaire, insertion	
	/ɑ̃/	Final	8	Bertrand, Frank, franc, restaurant, genre, mélange, arrangement, tampon	
		Non final	5	arrangement, chantage, enquête, pantalon, quarantaine	
	NLTYP	/ɔ̃/	Final	7	bierton, perron, pakbon, wond, hond, mond, kont
			Non final	6	ontzet, ontucht, onvrede, ontbijt, ontwerp, onweer
/ɛ̃/		Final	6	Ben, fan, pen, tent, den	
		Non final	5	centrum, enkel, penseel, benzine, lente	
/ɑ̃/		Final	5	man, dakpan, kan, leenman, achterban, toekan	
		Non final	5	antiek, angel, antwoord, pantoffel, ansjovis	

Chaque catégorie de noms contient au moins quatre noms. Quelques noms contiennent deux voyelles qui conviennent à notre recherche et ils se trouvent pour cette raison dans deux catégories en même temps. Nous avons catégorisé les noms en distinguant les noms dans lesquels la voyelle se trouve dans une syllabe finale d'une part et dans lesquels elle se trouve dans une syllabe non finale. Le choix de distinguer ces deux catégories vient du fait qu'une syllabe en position finale est prolongée en français (Fletcher, 1991 ; Storme, 2017 : 20). L'effet du prolongement de la voyelle est une plus grande dispersion des voyelles (Storme, 2017 : 17).

Jusqu'ici, nous avons expliqué notre choix pour les noms. Dans ce qui suit, nous discutons la création des contextes dans lesquels les noms se trouvent. Les contextes sont toujours du type question-réponse. Dans un premier temps, la réponse dans les contextes français est toujours une phrase clivée dans laquelle le nom est focalisé. Ce procédé de focalisation permet de mettre l'accent sur un élément, comme le sujet, de la phrase relative en le plaçant dans une position plus antérieure. Un exemple d'un item français est : [1] *Qui danse le tango ? C'est Gaston qui danse le tango.* Une liste d'items se trouve en annexe. Notre choix pour une phrase clivée venait du fait que le nom est toujours suivi par le pronom *que* ou *qui*. Ces pronoms commencent par la consonne sourde /k/ qui facilite l'alignement de l'enregistrement. Cependant, ce choix est devenu moins important parce que nous avons choisi finalement pour un alignement automatique dont nous parlons dans la section 6.

Dans un deuxième temps, les contextes néerlandais sont des phrases relatives en raison de deux problèmes que nous avons rencontrés. Les phrases clivées en néerlandais sont plus rares qu'en français et nous n'avons pas voulu créer des phrases que les sujets pourraient considérer comme étranges. De plus, les pronoms *die* et *dat* utilisés dans les phrases clivées néerlandaises commencent par le phonème /d/. Avant le choix de faire des alignements automatiques, un alignement manuel serait plus difficile quand le nom est suivi par un phonème sonore parce qu'on verrait moins nettement la fin de la voyelle quand elle est suivie par un phonème sonore. C'est pour ces deux raisons que nous avons choisi de créer des phrases relatives qui sont également présentées en annexe. Les réponses des items néerlandais ont toujours, après le nom, un verbe qui commence par une consonne sourde pour la même raison

dont nous avons parlé ci-dessus. Un exemple d'un item néerlandais typique est : [54]  
*Wat koopt hij? Het arrangement koopt hij.*

### 4.3 La préparation de notre expérience

Pour préparer les items aux enregistrements, nous avons créé pour chaque participant un tableau avec trois items d'essai et trois parties contenant les items français, néerlandais (que nous avons exclus de cette recherche) et néerlandais typiques. Nous avons également ajouté des pauses avant le commencement d'une nouvelle partie. Les items dans les trois parties ont été classés dans un ordre aléatoire. Le format du tableau suit l'exemplaire fourni avec le script Recordstim (Pacilly, 2019) à exécuter dans Praat (Boersma & Weenink, 2023). Nous avons utilisé ces deux logiciels pendant notre expérience, ce que nous discutons dans la section 5. Ce script présente les items sur un écran et enregistre la réalisation acoustique de l'item dans un fichier du type wav. Praat (Boersma & Weenink, 2023) est une application polyvalente pour différents buts expérimentaux en linguistique expérimentale. Le tableau comprend trois colonnes : le nom du document, l'item à présenter sur l'écran et la durée de l'enregistrement. Le nom de chaque enregistrement est enregistré sous format LANGUE\_NOM\_VERSION car le script permet un nouvel enregistrement sur demande. L'item correspond à un des items dont nous avons parlé dans la section 4.2 et la durée de l'enregistrement a été estimée entre 3 et 8 secondes selon la longueur de la phrase à lire à voix haute.

### 4.4 L'installation de notre expérience

Notre expérience avait lieu au laboratoire phonétique de LUCL à l'Université de Leyde. La chambre anéchoïque 1.08 convenait le plus à notre expérience. Nous donnons une description technique de cette chambre. Avant la description technique, il est important de mentionner que le participant était dans cette chambre et nous étions en communication avec le participant à l'extérieur par les microphones et les enceintes. Nous avons également géré l'expérience à l'extérieur de la chambre anéchoïque. C'est pour cette raison que l'installation technique a été équipée de différents types d'appareils doubles pour permettre notamment une communication virtuelle.

Cette chambre a été équipée des différents appareils de recherche. Pour notre expérience, nous avons utilisé l'ordinateur fixe DELL OptiPlex Tower Plus 7010 (D31M001) et trois écrans PHILIPS 243S5L dont un a été installé à l'intérieur de la



chambre anéchoïque. Cet ordinateur a été notamment fourni de Microsoft Windows 10 Enterprise version 22H2 (OS Build 19045.4170), de différentes versions de Praat (Boersma & Weenink, 2023), d'une connexion au réseau de l'Université de Leyde, d'un clavier fixe Microsoft Wired Keyboard 600, d'un souris fixe DELL MS116c, d'un clavier sans fil Logitech K270 et d'un souris sans fil Logitech M185 dont les deux derniers ont été installés dans la chambre.

**Figure 4.1 : L'installation technique à l'intérieur et à l'extérieur de la chambre anéchoïque**



Les enceintes Behringer MS20, installées à l'intérieur de la chambre anéchoïque, ont été connectées à une carte son externe Behringer Xenyx502S. Cet appareil a été connecté à un microphone SHURE SM58 positionné à l'extérieur de la chambre pour que l'expérimentateur ait pu parler au participant. De plus, cette carte son externe a été connectée à l'ordinateur. Le microphone Sennheiser MKH416T à l'intérieur de la chambre anéchoïque a été branché à un appareil d'enregistrement externe Focusrite Scarlett 4i4 (3rd Gen) (configuration : Firmware 1605, Driver 4.116.9, Sample Rate 48000, Buffer Size 192, Round-Trip Latency 19.2ms en Safe Mode). Cet appareil a été connecté à un casque Beyerdynamic DT 770 PRO pour que l'expérimentateur ait pu suivre le participant. Ceci permettait de gérer l'expérience. De plus, cet appareil d'enregistrement externe a été connecté à l'ordinateur pour faire des enregistrements. La figure 4.1 montre l'installation de la chambre anéchoïque. Nous discutons le déroulement de notre expérience dans cette cabine dans la section 5.

## 5. Le déroulement de l'expérience

Dans cette section, nous présentons le déroulement de notre expérience. Grâce aux préparations dont nous avons parlé dans la section précédente, nous avons pu commencer à annoncer notre recherche au public. Les participants se sont inscrits en laissant des coordonnées pendant une visite aux différents cours du parcours français de l'Université de Leyde. De plus, ils se sont inscrits par l'envoi d'un courriel ou un message à la suite d'une annonce sur les réseaux sociaux. Dans la section 5.1, nous décrivons la procédure de sélection des participants qui se sont inscrits. Après la prise d'un rendez-vous, nous avons invité chaque participant au laboratoire phonétique pour exécuter l'expérience. Nous en parlerons dans la section 5.2.

### 5.1 Les participants

Le corpus comprend trois groupes : des apprenants du FLE néerlandophones, des locuteurs du néerlandais L1 qui ne parlent pas français et des locuteurs du français L1. Pendant notre recherche, nous n'analysons que les enregistrements des apprenants du FLE néerlandophones et des locuteurs du français L1 parce que nous comparons la réalisation des voyelles nasales en français par les apprenants et les locuteurs natifs du français. De plus, nous comparons les réalisations des voyelles nasales du français et leurs équivalents oraux du néerlandais par ces apprenants.

Dans un premier temps, les apprenants du FLE néerlandophones (n = 27, âge médian = 23,9, 7 hommes, 20 femmes) ont été divisés en quatre groupes selon le niveau d'études. Le premier groupe inclut des étudiants de la licence 1 (n = 6, âge médian = 21,8, 1 homme, 5 femmes), ce qui devrait correspondre au niveau B1 du cadre européen commun de référence pour les langues (CECR). Selon le syllabus de l'examen central VWO, le niveau pré-académique aux lycées néerlandais, les étudiants maîtrisent sûrement le niveau B1 et possiblement le niveau B2 dans le cas d'une note « assez suffisante » (voir : *College voor Toetsen en Examens* (2019 : 11), *College voor Toetsen en Examens* (2020 : 11) et *College voor Toetsen en Examens* (2021 : 10)).

Le deuxième groupe inclut des étudiants de la licence 2 (n = 5, âge médian = 23,2, 2 hommes, 3 femmes), ce qui devrait correspondre au niveau B1/B2 du CECR selon l'Université de Leyde (voir : *Universiteit Leiden* (2020), *Universiteit Leiden* (2021) et *Universiteit Leiden* (2022)). Le troisième groupe inclut des étudiants de la licence 3

(n = 10, âge médian = 24, 2 hommes, 8 femmes), ce qui devrait correspondre au niveau B2/C1 du CECR selon les mêmes syllabus récents de l'université. Le quatrième groupe inclut des étudiants du Master et des alumni (n = 6, âge médian = 24,3, 2 hommes, 4 femmes), ce qui devrait correspondre au niveau C1 du CECR selon les mêmes syllabus récents de l'université.

Quelques apprenants du FLE semblaient maîtriser le français mieux que le niveau de la licence auquel ils appartenaient. Avant le début de la session d'enregistrements, nous avons demandé de remplir un questionnaire que nous retrouvons en annexe. Une question portait sur les expériences acquises à l'extérieur de l'université. Ces apprenants signalaient avoir travaillé dans un contexte francophone ou d'avoir fait un échange. Si l'apprenant est resté au moins quatre mois continus dans ce contexte francophone, nous avons catégorisé l'apprenant à un niveau plus élevé. Un défi rencontré pendant le recrutement des participants était d'avoir un groupe équilibré d'hommes et de femmes. Il semble qu'il y a plus de femmes qui suivent des cours de français que d'hommes à l'Université de Leyde.

Dans un deuxième temps, les locuteurs natifs du français (n = 8, 1 homme, 7 femmes) sont des professeurs et des étudiants reliés à notre université qui parlent le français septentrional. Initialement, nous avons eu neuf locuteurs natifs du français mais une personne parle une autre variante du français. C'est pour cette raison que nous avons décidé d'enlever les données de ce participant dans les analyses.

## 5.2 L'exécution de notre expérience

Avant l'arrivée du participant, nous avons préparé et testé l'équipement technique et nous avons aussi préparé la lettre d'information et le formulaire de consentement que nous retrouvons en annexe. Pendant la session d'essai, nous avons vérifié le fonctionnement de la carte son externe ainsi que le fonctionnement des microphones et de l'appareil d'enregistrement externe. Le laboratoire est partagé et il était possible que d'autres expérimentateurs aient utilisé le laboratoire entre nos sessions. C'est pour cette raison que nous avons également vérifié les paramètres des appareils. Finalement, nous avons testé également le fonctionnement du clavier sans fil dans la chambre anéchoïque et l'écouteur de l'expérimentateur.

Après les essais, nous avons téléchargé le tableau correspondant au participant dont le script RecordStim (Pacilly, 2019) avait besoin. Nous avons démarré Praat

(Boersma & Weenink, 2023) et RecordStim (Pacilly, 2019) pour que l'installation soit prête avant l'arrivée du participant. Nous avons ensuite déplacé l'écran du script vers l'écran partagé entre expérimentateur et participant et nous avons vérifié si le script a bien créé le dossier du participant correspondant.

Quand le script était prêt, nous avons fait entrer le participant dans la salle à côté de la chambre anéchoïque pour faire la bienvenue, les remerciements et l'explication de notre expérience. L'explication se composait d'un résumé limité de la recherche et de la lettre d'information. Nous avons laissé le participant lire la lettre d'information et signer le formulaire de consentement. Il y avait également la possibilité de poser des questions. Ensuite, nous avons commencé l'expérience en installant le participant dans la chambre anéchoïque où nous avons donné les instructions de l'expérience que nous retrouvons dans le protocole en annexe. Le participant utilisait uniquement la barre d'espace. Après le positionnement du microphone et du clavier, nous avons donné la possibilité au participant de poser de nouveau des questions. Finalement, nous avons fermé les portes et nous sommes allés vers l'autre côté de la fenêtre de la chambre anéchoïque.

Avant les premiers items d'essai, nous avons testé le fonctionnement des microphones, des écouteurs et des appareils. Quand tout fonctionnait, nous avons ouvert la session d'essai pour que tout soit clair. Après les items d'essai, le participant a commencé à enregistrer les items. Pendant la session, nous avons surveillé en écoutant et en lançant une nouvelle tentative de l'item à enregistrer quand nous l'avons trouvé nécessaire. Quand il y avait une pause, le participant avait la possibilité de sortir la chambre.

À la fin de l'expérience, nous avons arrêté le script et nous avons fait sortir le participant de la chambre anéchoïque. Nous l'avons remercié de nouveau pour la participation. Ensuite, nous avons enregistré les données dans la banque de données et nous avons archivé le formulaire de consentement. Finalement, nous avons éteint les appareils. Dans la prochaine section, nous discutons le processus de traitement des données.

## 6. Les préparations de l'analyse des données

À la suite de la finalisation des sessions d'enregistrements, nous avons commencé à préparer les données aux analyses automatiques pour que nous obtenions des formants. Nous présentons les étapes de préparation dans les sections 6.1 à 6.4. Ces formants ont été ensuite comparés dans R (R Core Team, 2024) dont nous parlons dans la section 6.5. Commençons par l'alignement automatique des enregistrements.

### 6.1 L'alignement automatique

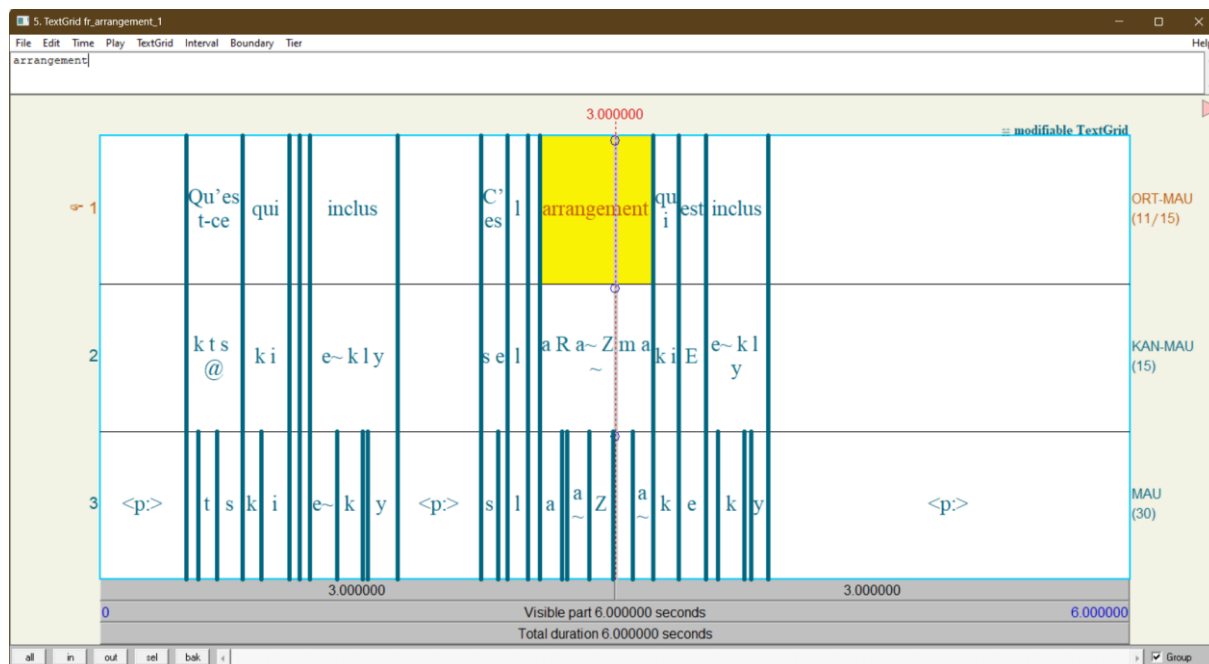
Après le téléchargement de tous les enregistrements dans la banque de données, nous avons pu commencer à générer des alignements. Un alignement donne un sens (scientifique) à l'enregistrement correspondant. Dans Praat (Boersma & Weenink, 2023), les alignements sont faits et enregistrés dans des documents du type TextGrid. Les alignements contiennent en général une transcription alignée de l'enregistrement. Nous pourrions entrer une transcription mot par mot et phonème par phonème. Pour notre recherche, il est important que toutes les voyelles auxquelles nous nous intéressons soient marquées dans l'alignement.

Un alignement pourrait se faire soit manuellement soit automatiquement. Initialement, nous avons essayé d'aligner manuellement. Ce choix a plusieurs inconvénients. Dans un premier temps, il faudrait déterminer les critères de sélection avant que nous puissions aligner les voyelles de façon cohérente. Dans un deuxième temps, un alignement manuel demanderait plus de temps qu'un alignement automatique et poserait différents défis d'aligner correctement les voyelles. Dans un troisième temps, un travail manuel pourrait comporter des erreurs. Par conséquent, nous avons décidé de faire des alignements automatiques.

Le système d'alignement automatique que nous avons utilisé est WebMAUS Basic (Schiel, 2015). WebMAUS (Kisler et al., 2017) est un ensemble de différents logiciels dans le domaine des sciences de langage et de technologie. Un des logiciels disponibles est WebMAUS Basic (Schiel, 2015). Ce logiciel permet un alignement automatique à partir d'un enregistrement et d'une transcription en texte de l'enregistrement. Dans notre cas, les transcriptions sont les items présentés sur l'écran pendant la session d'enregistrement. Le logiciel compare la transcription à l'enregistrement et crée des segments qui incluent des mots et des phonèmes. De plus, le logiciel ajoute des transcriptions phonologiques sous format X-SAMPA (Wells,

1997) aux segments. L'alignement se fait à partir d'un corpus d'une langue sélectionnée dans le menu. Ensuite, le logiciel crée un alignement en tenant compte du format sélectionné dans le menu. Nous avons choisi un document du type TextGrid qui convient à Praat (Boersma & Weenink, 2023).

**Figure 6.1 : un exemple d'un alignement sous format TextGrid créé par WebMAUS Basic (Schiel, 2015)**



L'alignement dont un exemple est présenté dans la figure 6.1 contient trois niveaux de segments appelés *tiers*. La première ligne (ORT-MAU) contient des segments de tous les mots. La deuxième ligne (KAN-MAU) contient des segments de tous les mots avec une transcription phonologique. La troisième ligne (MAU) présente des segments de chaque phonème et sa transcription. En raison du fait que toute réalisation acoustique est différente, nous avons créé des alignements pour chaque item et chaque participant individuellement.

## 6.2 Les corrections nécessaires dans les alignements automatiques

Les alignements automatiques de WebMaus Basic (Schiel, 2015) se font à partir d'un corpus d'une langue sélectionnée, ce que nous avons discuté dans la section précédente. Le corpus de la langue française utilisé par WebMaus Basic (Schiel, 2015) connaît une distinction des quatre voyelles nasales du français dont nous avons parlé dans la section 2.1. Cependant, nous avons argumenté notre choix d'abandonner la voyelle nasale /œ̃/ dans cette section. À la suite de ce choix, nous avons dû corriger

les transcriptions phonologiques des segments qui contenaient cette voyelle nasale. Nous avons remplacé cette voyelle nasale par la voyelle nasale /ɛ̃/.

Le changement décrit ci-dessus n'était pas la seule correction à faire. Il était également nécessaire de revoir les transcriptions phonologiques des items néerlandais en raison d'un problème pratique. Nous avons rencontré un problème d'extraction des voyelles dans l'étape suivante présentée dans la section 6.3. Le logiciel d'extraction exige une liste de voyelles à extraire mais les voyelles orales des items néerlandais dont nous nous concentrons étaient extraites avec toutes les autres voyelles orales présentes dans la transcription. Une solution à ce problème était de marquer les voyelles orales dont nous nous concentrons en ajoutant la consonne /n/ à la transcription dans le segment de la voyelle (MAU). Par exemple, le phonème /A/ (sous format X-SAMPA (Wells, 1997)) a été remplacé par le phonème /AN/.

Une dernière correction nécessaire était le prolongement des segments d'une voyelle qui étaient inférieurs à quarante millisecondes. Pendant l'extraction des voyelles, ces segments de trente millisecondes n'avaient pas été extraits. La solution à ce problème était un déplacement de la barrière droite de ce segment vers la droite, en combinant partiellement le silence suivant ou la consonne suivante à la voyelle, pour que la durée du segment soit quarante millisecondes. Nous pouvons défendre ce choix par le fait que nous ne nous concentrons que sur les formants du milieu de la réalisation acoustique de la voyelle. Nous en parlerons dans la section 6.4. Quand les trois types de problème ont été résolus, nous avons pu commencer à extraire les voyelles dont nous parlons dans la section suivante.

### 6.3 L'extraction des voyelles

À la suite de la finalisation de la préparation des alignements, nous avons pu extraire les voyelles des enregistrements. Les extractions ont été faites en utilisant le plug-in Fast Track (Barreda, 2021) qui est un ensemble de différents scripts Praat (Boersma & Weenink, 2023). Le plug-in Fast Track (Barreda, 2021) fait des analyses des voyelles par différents modèles d'une part, et extrait les formants mesurés par le meilleur modèle d'autre part. Ce meilleur modèle a été sélectionné automatiquement à partir des degrés de fausseté pour chaque modèle et le modèle ayant le plus petit degré de fausseté a été le modèle gagnant.

De plus, Fast Track (Barreda, 2021) extrait automatiquement différentes banques de données dont une présente des informations descriptives, des formants mesurés à différents temps pendant la réalisation et la durée de la réalisation. Le plug-in extrait également différentes figures qui visualisent les formants et le spectrogramme des voyelles. Un avantage de ce plug-in est la possibilité d'analyser l'intégralité d'un dossier. Avant que le plug-in soit capable d'analyser les voyelles, il faut les extraire d'abord. Un deuxième avantage de ce plug-in Fast Track (Barreda, 2021) est la présence d'un outil d'extraction qui extrait automatiquement des voyelles depuis des enregistrements et ses alignements.

Discutons d'abord comment extraire les voyelles dans Fast Track (Barreda, 2021). Nous donnons un résumé de l'utilisation de cet outil d'extraction. Le protocole plus détaillé se trouve en annexe. En ouvrant l'outil d'extraction, nous sélectionnons les dossiers contenant les enregistrements et les alignements. Nous créons un nouveau dossier pour sauvegarder les extraits et nous entrons trois paramètres pour qu'elles accordent à la structure des alignements. Finalement, nous vérifions la présence des deux documents dans le dossier de base de Fast Track (Barreda, 2021) qui excluent des mots d'une part et qui sélectionnent les voyelles à extraire d'autre part. Ces deux documents se trouvent également en annexe. Ensuite, le plug-in fait les extractions automatiquement, ce qui donne 101 extractions par apprenant du FLE néerlandophone et 39 extractions par locuteur natif du français. Consultons le tableau 4.1 qui présente les 101 noms. En même temps, le plug-in extrait pour chaque participant deux documents qui contiennent des informations sur les extractions.

Nous avons rencontré un problème en utilisant Fast Track (Barreda, 2021). Pour pouvoir utiliser le plug-in correctement, nous avons dû installer Fast Track dans un dossier modifiable. Après plusieurs tentatives, nous avons réussi à faire fonctionner le plug-in correctement quand il a été installé dans le dossier *Bureau* de Windows.

## 6.4 Analyse spectrale des voyelles

Les extractions des voyelles ont été analysées de nouveau dans Fast Track (Barreda, 2021). Comme nous avons discuté dans la section précédente, Fast Track (Barreda, 2021) est capable d'analyser toutes les extractions dans un seul dossier en même temps. Dans ce qui suit, nous résumons les paramètres de ce plug-in. Le protocole complet se trouve en annexe.



En analysant tout un dossier en même temps, le plug-in consulte les documents dans lesquels les informations de base des extractions ont été sauvegardées. En ouvrant le script d'extraction d'un dossier par le menu de Praat (Boersma & Weenink, 2023), il faut d'abord configurer les paramètres. Dans un premier temps, il faut entrer le dossier correspondant et configurer les fréquences d'analyses du participant. Ici, il faut distinguer les hommes (4500-6500 Hz), les femmes (5000-7000 Hz) et les enfants (5500-7500 Hz) selon le manuel du plug-in qui présente les recommandations des fréquences. Dans un deuxième temps, il faut choisir le nombre d'analyses à faire. Le plus grand nombre de 24 modèles d'analyse différents permettent d'obtenir les meilleurs résultats possibles. Dans un troisième temps, nous nous sommes limités aux F1 et F2 dont nous avons parlé dans la section 2.1 et F3 dont nous n'avons pas besoin. Cette limitation, qui exclut le F4 dont nous n'avons pas besoin, permettait d'obtenir les meilleurs résultats des formants 1, 2 et 3 selon le manuel du plug-in. Nous n'avons pas changé les autres paramètres configurés par défaut.

Nous avons eu la possibilité d'obtenir plus de points de mesure (*bins*) des formants mais nous avons décidé de nous uniquement concentrer sur les formants au milieu de la réalisation acoustique d'une voyelle. Nous l'avons décidé parce que la réalisation acoustique serait la moins influencée au milieu de la voyelle par ce qui précède ou suit cette voyelle.

## 6.5 Visualisation et comparaison des formants

Dans cette dernière étape avant la discussion des résultats de notre expérience, nous avons traité les données dans R (R Core Team, 2024). Le script R (R Core Team, 2024) de notre recherche contient plusieurs sections dont nous donnons un résumé dans cette section. Dans un premier temps, nous avons préparé les données personnelles des participants pour les mettre ensemble avec les items et les données récoltées par Fast Track (Barreda, 2021). Le script crée pour chaque groupe (les apprenants et les locuteurs natifs) un document du type csv contenant toutes les informations ensemble. Dans un deuxième temps, nous avons combiné les deux documents contenant toutes les données que nous avons filtrées ensuite sur les items français d'une part et les items français et néerlandais typiques réalisés par les apprenants du FLE d'autre part. Les deux nouveaux tableaux ont été sauvegardés également et à partir de ces documents filtrés, nous avons commencé à visualiser et

comparer les formants en les classant notamment par la voyelle, par le niveau du français et par la langue de l'item.

Dans le script, nous avons combiné les voyelles nasales et leurs équivalents oraux en trois catégories distinctes : < AN, EN, ON >. Chaque catégorie correspond à la voyelle nasale du français et à la voyelle contextuellement nasalisée correspondante en néerlandais. La catégorie < AN > par exemple correspond à la voyelle nasale /ã/ du français et la voyelle orale /a/ du néerlandais. C'est pour cette raison que nous parlerons de ces catégories dans la section 7. Dans la première partie de notre recherche qui porte sur la qualité de la réalisation acoustique, nous ne nous concentrons que sur les productions en français. Dans les visualisations et les modèles, les groupes de participants et les catégories ont été distingués. Parmi les groupes de participants, les locuteurs natifs sont les référents.

Dans la section suivante, nous comparons les valeurs moyennes de F1 et de F2 ainsi que la distribution de ces formants. De plus, nous cherchons le meilleur modèle mixte en comparant les modèles par un test ANOVA. Dans un premier temps, un modèle mixte est « une extension du modèle linéaire général, dans lequel les facteurs et les covariables sont supposés avoir une relation linéaire avec la variable dépendante » (IBM, 2022). Nous avons choisi pour ce type de modèle parce que les formants varient entre notamment les participants, les voyelles et les langues. Dans un deuxième temps, Le test ANOVA, comparable au test *t*, est une analyse de variation qui compare les valeurs moyennes de plus de deux groupes (Van Heijst, 2022). Nous utilisons la variation unidirectionnelle dans laquelle nous comparons séparément F1 et F2 comme les seules variables. Quand un modèle est meilleur que l'autre, le test ANOVA dans R (R Core Team, 2024) donne un résultat de  $p < 0,05$ . Nous y revenons dans les sections 7.2 et 7.4.

Dans la deuxième partie de notre recherche, nous nous concentrons sur les réalisations acoustiques des voyelles en français et en néerlandais par des apprenants du FLE néerlandophones. Pour distinguer les voyelles nasales et orales qui ont été combinées dans les trois catégories, nous présentons les visualisations pour chaque langue des items et nous tenons compte de la langue de l'item comme variable en interaction dans les modèles, à côté du niveau de l'apprenant et de la catégorie. Comme ça, nous divisons les voyelles nasales et orales qui ont été combinées dans les trois catégories. Nous comparerons de nouveau les valeurs moyennes et les

distributions de F1 et F2. De plus, nous faisons également le même test ANOVA pour trouver le meilleur modèle mixte.

Finalement, nous faisons différentes comparaisons de contraste dans chaque partie de notre recherche. Dans la première partie portant sur la qualité de la réalisation des voyelles nasales, nous avons fait plusieurs analyses de mouvement formantique par *forward difference coding* (UCLA, 2021) dont nous parlons dans la section 7.3. Cette analyse se concentre sur le progrès des apprenants vers les locuteurs natifs pendant les études. Nous avons fait également des comparaisons des apprenants du FLE néerlandais en licence 1 par rapport à d'autres groupes de locuteurs par *dummy coding* (UCLA, 2021). Dans la deuxième partie portant sur l'écart qui serait probablement au début plus limité entre les réalisations des voyelles nasales et orales, nous comparons statistiquement les réalisations dérogatoires des catégories < EN, ON > par les apprenants en licence 1 et de la catégorie < EN > par les apprenants en licence 2 par *dummy coding* (UCLA, 2021). Nous y revenons dans la section 7.5.

## 7. Les résultats de notre expérience

À la suite du traitement des données de notre expérience dans R (R Core Team, 2024), nous pouvons nous concentrer sur les deux questions de recherche de notre expérience. Dans un premier temps, nous comparons les formants des items français réalisés par des locuteurs natifs du français septentrional et ceux des items néerlandais typiques réalisés par des apprenants du FLE néerlandophones. Nous y revenons dans la section 7.1. Dans un deuxième temps, nous comparons les réalisations acoustiques des voyelles par des apprenants du FLE néerlandophones aux locuteurs natifs qui sont les cibles pour les apprenants. Nous donnons une analyse descriptive et une analyse statistique. Nous discutons ces résultats dans les sections 7.2 et 7.3. Dans un troisième temps, nous comparons les réalisations acoustiques des voyelles nasales aux voyelles orales. Nous nous concentrons sur la question de savoir si les réalisations acoustiques des voyelles nasales se trouvent plus proches des voyelles orales initialement. Nous en parlerons dans les sections 7.4 et 7.5.

### 7.1 Comparaison des formants dans les deux langues

Dans ce paragraphe, nous comparons les formants moyens réalisés par des locuteurs natifs du français d'une part, et des apprenants du FLE qui sont des locuteurs natifs

du néerlandais d'autre part. Le tableau 7.1 présente les valeurs moyennes des formants dans les deux langues. Premièrement, les valeurs moyennes des réalisations acoustiques des voyelles orales en néerlandais ont été mesurées à partir des réalisations des locuteurs natifs du néerlandais du nord qui apprennent le français. Deuxièmement, les valeurs moyennes des voyelles nasales ont été mesurées à partir des réalisations des locuteurs natifs du français septentrional.

**Tableau 7.1 : Valeurs moyennes des formants des voyelles orales du néerlandais et des voyelles nasales du français en Hz**

		< AN >	< EN >	< ON >
<b>NL</b>	<b>F1</b>	659	595	442
	<b>F2</b>	1174	1892	988
<b>FR</b>	<b>F1</b>	581	698	390
	<b>F2</b>	1032	1396	1077

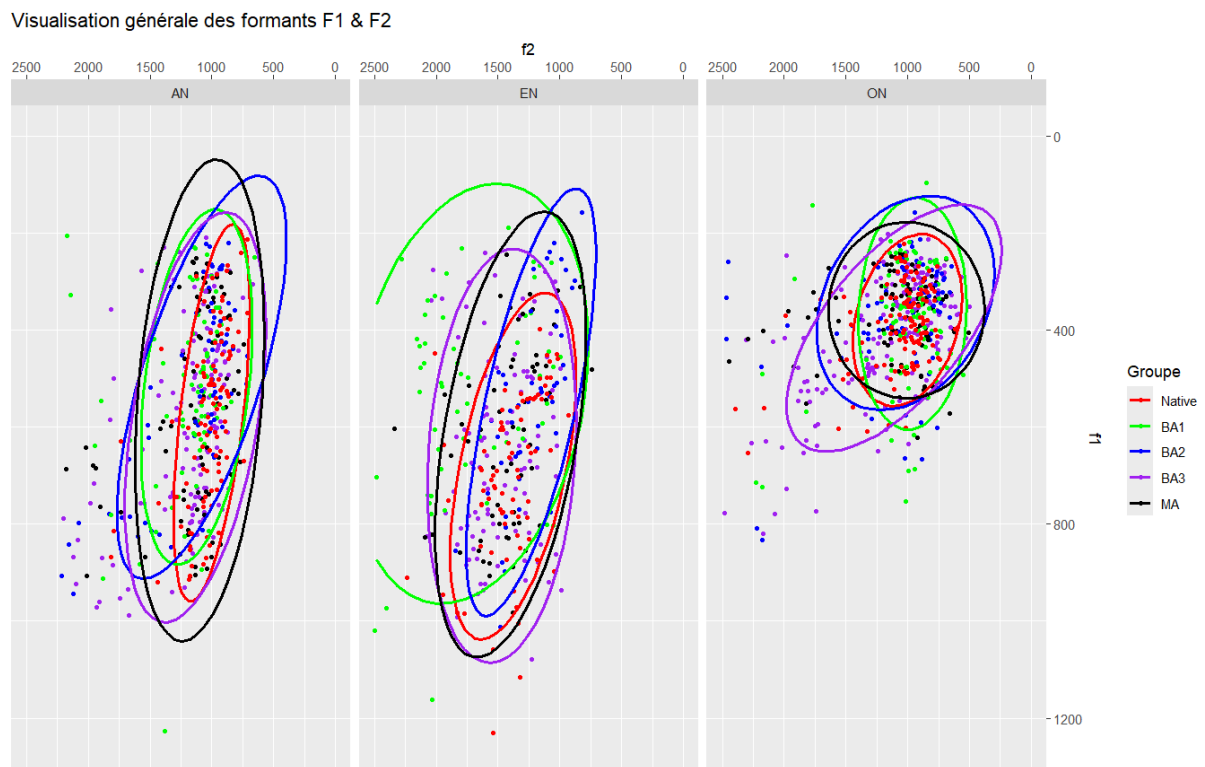
Les valeurs moyennes des voyelles nasales du français sont proches de ce qui a été trouvé dans la littérature antérieure (voir notamment : Carignan, 2014 et Adank et al., 2004). En comparant les formants dans le tableau 7.1, la voyelle nasale /*ã*/ du français représentée par la catégorie < AN > est plus fermée et plus postérieure que l'équivalent oral du néerlandais. La voyelle nasale /*ɛ̃*/ du français représentée par la catégorie < EN > est plus ouverte et plus postérieure que l'équivalent oral du néerlandais. Finalement, la voyelle nasale /*ɔ̃*/ du français représentée par la catégorie < ON > est plus fermée et plus antérieure que l'équivalent oral du néerlandais. Dans ce qui suit, les voyelles nasales se présentent avec leurs équivalents oraux dans les mêmes catégories dont nous avons parlé dans la section 6.5.

## 7.2 Une description des réalisations acoustiques par les locuteurs natifs d'une part et par des apprenants du FLE néerlandophones d'autre part

### 7.2.1 Une description générale des formants

Commençons par la discussion de la dispersion des réalisations acoustiques des voyelles nasales par des apprenants du FLE néerlandophones et par des locuteurs natifs du français septentrional. La figure 7.1 présente la dispersion des réalisations acoustiques.

**Figure 7.1 : Les réalisations acoustiques des voyelles nasales par des apprenants du FLE néerlandophones et par des locuteurs natifs**



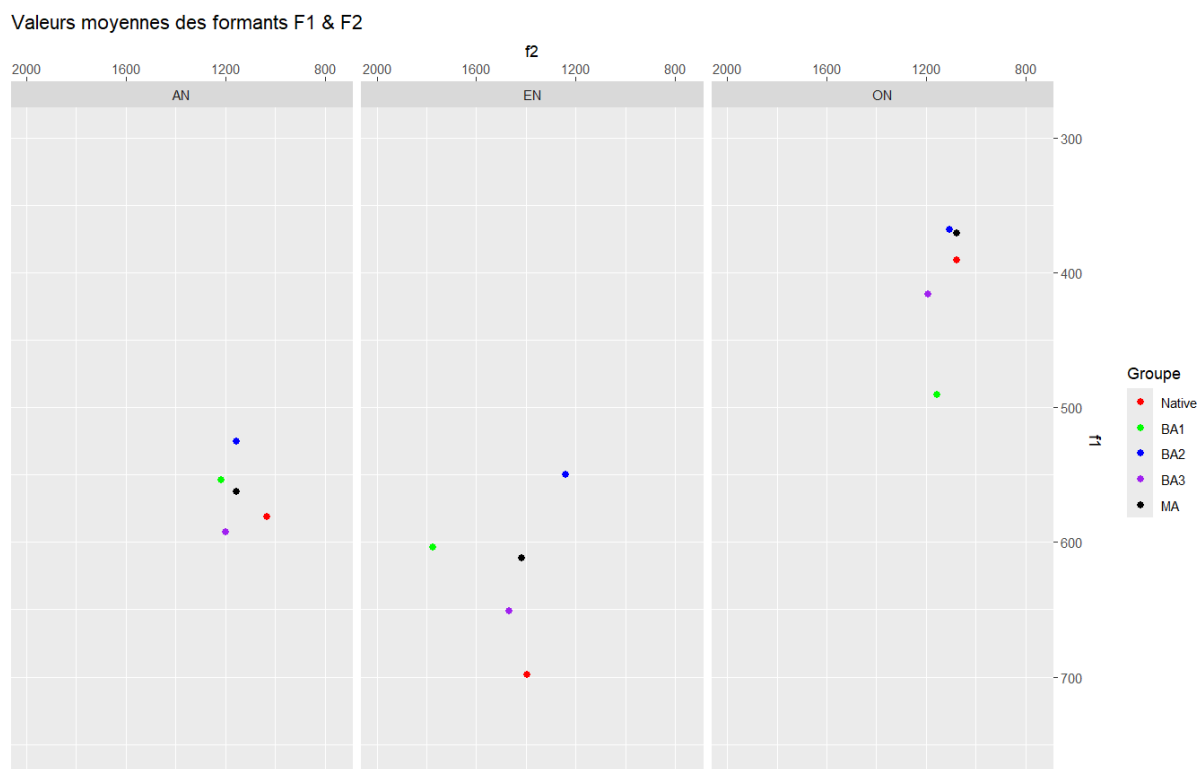
*BA1 = licence 1, BA2 = licence 2, BA3 = licence 3, MA = Master, Native = Locuteurs natifs.*

La figure 7.1 présente de chaque catégorie un graphique dans lequel les réalisations sont présentées par des points. En même temps, les graphiques montrent des ellipses. Chaque ellipse présente la taille de la dispersion sur un niveau de confiance  $p = 0,05$ . Cela veut dire qu'une ellipse plus grande signifie que les réalisations acoustiques connaissent une plus grande dispersion. Quand l'ellipse est plus réduite, les réalisations acoustiques se trouvent plus proches l'une de l'autre. À partir de la figure 7.1, nous observons que la voyelle nasale de la catégorie < ON > réalisée par des locuteurs natifs a la plus petite variation de F1. En même temps, nous voyons que la voyelle nasale de la catégorie < AN > réalisée par des locuteurs natifs a la plus petite variation de F2, ce qui est aussi le cas dans les réalisations des apprenants du FLE néerlandophones. Par suite de la comparaison des ellipses, il semble que la voyelle nasale de la catégorie < AN > est la voyelle la moins problématique à réaliser pour les apprenants parce que les ellipses se ressemblent le plus entre eux. En même temps, la voyelle nasale de la catégorie < EN > semble être la voyelle la plus difficile à réaliser en raison du fait que les variations en F1 et F2

semblent, surtout initialement, être plus grandes que celles des autres voyelles nasales.

## 7.2.2 Une description des valeurs moyennes

**Figure 7.2 : Les valeurs moyennes des formants visualisées**



En développant la comparaison entre les formants des voyelles nasales et les différents locuteurs, nous nous concentrons sur les valeurs moyennes qui sont présentées dans les graphiques que nous retrouvons dans la figure 7.2. Les valeurs moyennes semblent également présenter que la voyelle nasale de la catégorie < AN > est la plus facile et que la voyelle nasale de la catégorie < EN > est la plus difficile pour des apprenants du FLE néerlandophones.

Les valeurs moyennes sont également présentées dans le tableau 7.2. Ce tableau présente en même temps la distance euclidienne de la réalisation acoustique par rapport à des locuteurs natifs qui sont les référents. La distance euclidienne est la distance entre deux valeurs moyennes des réalisations acoustiques. Elle permet de comparer si deux groupes de locuteurs sont plus proches ou plus loin l'un de l'autre en ce qui concerne les réalisations acoustiques d'une voyelle.

**Tableau 7.2 : Les valeurs moyennes des formants en Hz et la distance euclidienne entre des locuteurs natifs et des apprenants du FLE néerlandophones**

Réalizations acoustiques en français		AN	EN	ON
Locuteurs natifs	F1	580,952	698,225	390,406
	F2	1032,288	1396,100	1076,578
Licence 1	F1	553,577	603,733	490,542
	F2	1219,000	1773,133	1155,094
	Distance euclidienne	188,70814	388,6935	127,2477
Licence 2	F1	525,000	549,680	368,025
	F2	1156,323	1242,040	1107,413
	Distance euclidienne	136,07097	214,0096	38,10126
Licence 3	F1	592,708	650,770	416,200
	F2	1199,523	1469,490	1193,863
	Distance euclidienne	167,64769	87,39605	120,0879
Master	F1	562,359	611,667	370,458
	F2	1154,821	1419,433	1078,896
	Distance euclidienne	123,93561	89,64773	20,08223

Dans un premier temps, la voyelle nasale de la catégorie < EN > semble être la plus difficile à réaliser pour des apprenants du FLE néerlandophones en licence 1 et 2 comme des locuteurs natifs du français septentrional. Les distances euclidiennes présentées dans le tableau 7.2 sont les plus grandes par rapport à d'autres comparaisons. Il semble que les réalisations de ce phonème par des apprenants en licence 1 et 2 seraient plus proches d'autres voyelles. Nous développons ce point dans les sections 7.3 et 7.4. Dans un deuxième temps, la réalisation de la voyelle nasale de la catégorie < ON > par des apprenants en licence 1 et 3 semble être plus problématique, ce que montre la distance euclidienne dans le tableau 7.2.

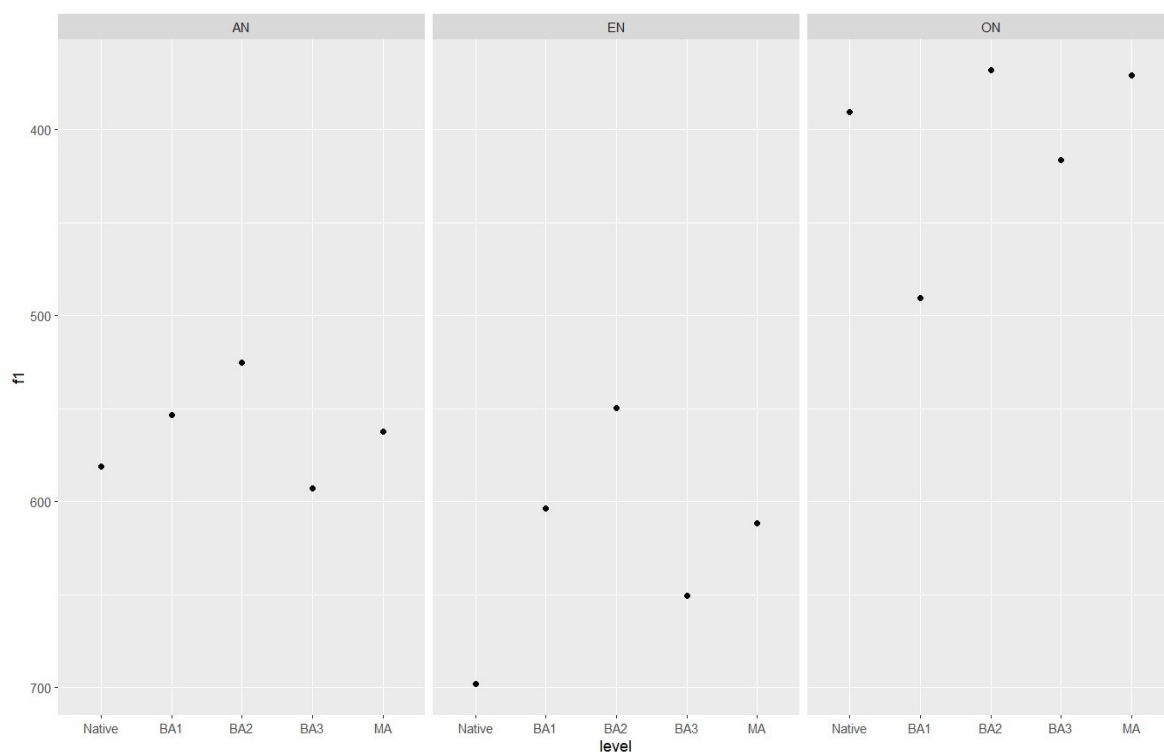
Dans un troisième temps, la voyelle nasale de la catégorie < AN > réalisée par des locuteurs natifs est plus postérieure que la même voyelle réalisée par les apprenants. Les distances euclidiennes de tous les groupes d'apprenants sont supérieures à 120. Il semble que la voyelle nasale de la catégorie < AN > est la voyelle la moins problématique à réaliser pour des apprenants, même s'ils ne réalisent pas la voyelle comme des locuteurs natifs. Cette affirmation vient également du fait que les

distances euclidiennes de la voyelle nasale de la catégorie < AN > évoluent le moins entre les groupes d'apprenants par rapport aux deux autres voyelles nasales.

### 7.2.3 Une description de F1 et F2 séparément

Dans ce qui suit, nous nous concentrons sur F1 et F2 séparément. La comparaison séparée permet de présenter les distances de F1 et F2 séparément. Comme ça, nous pouvons plus clairement présenter les différences en degré d'ouverture de la bouche d'une part et en point d'articulation d'autre part. Dans un premier temps, nous nous concentrons sur les valeurs moyennes de F1. Dans un deuxième temps, nous discutons les valeurs moyennes de F2.

**Figure 7.3 : Les valeurs moyennes de F1**



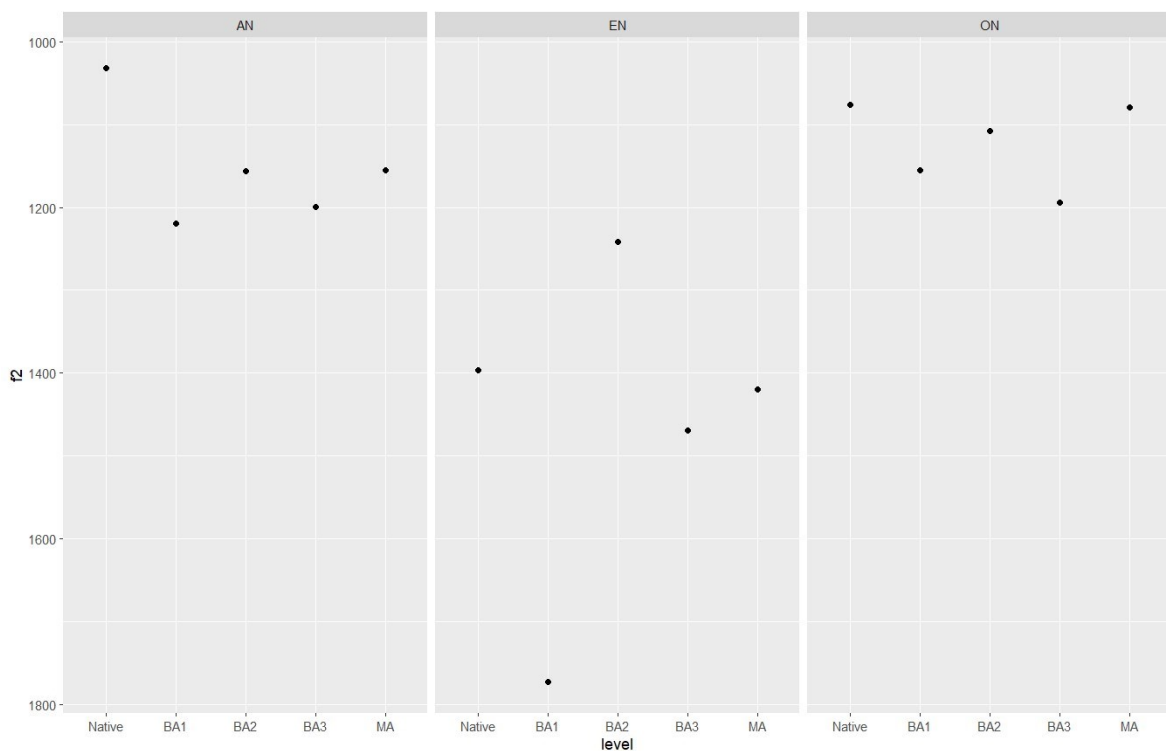
*Level = Groupe de locuteurs.*

Commençons par F1. La figure 7.3 montre que les F1 de la voyelle nasale de la catégorie < AN > réalisée par des apprenants du FLE néerlandophones sont plus élevés que le F1 des locuteurs natifs. Cela veut dire que le degré d'ouverture de la bouche de tous les groupes d'apprenants est inférieur aux locuteurs natifs. La réalisation acoustique des apprenants est donc plus fermée que celle des locuteurs natifs. Les différences en degré d'ouverture de la bouche des autres voyelles sont plus



réduites. La figure 7.3 nous présente également que la réalisation acoustique de la voyelle nasale de la catégorie < EN > par des apprenants du FLE est plus problématique que les autres voyelles. Il semble que le degré d'ouverture de la bouche de cette voyelle réalisée par des apprenants serait plus proche du degré de la voyelle nasale de la catégorie < AN >. Les locuteurs natifs distinguent plus les phonèmes dans le degré d'ouverture de la bouche. De plus, les distances entre les valeurs moyennes de F1 de la voyelle nasale de la catégorie < ON > sont supérieures aux distances de F1 de la voyelle nasale de la catégorie < AN >, ce qui indiquerait que la voyelle nasale de la catégorie < AN > est la voyelle la plus facile à réaliser par des apprenants du FLE néerlandophones.

**Figure 7.4 : Les valeurs moyennes de F2**



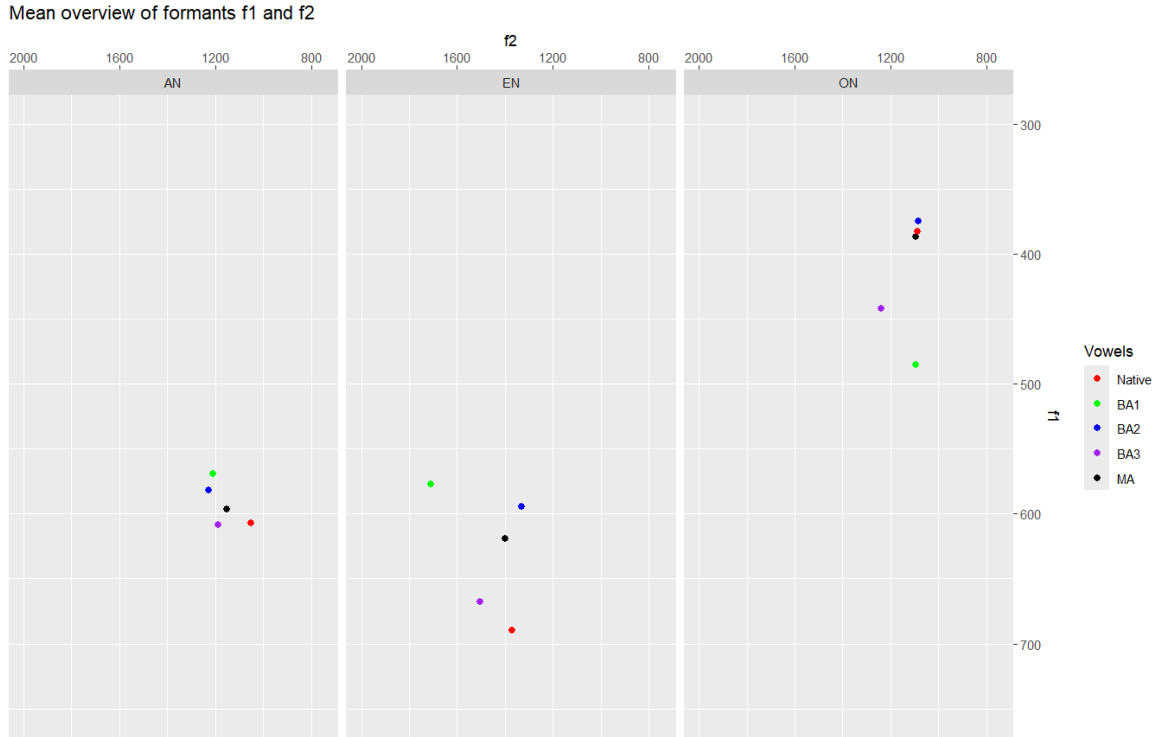
Les valeurs moyennes de F2, présentées dans les graphiques de la figure 7.4, s'écartent dans le cas de la voyelle nasale de la catégorie < EN >. Les valeurs moyennes de F2 de cette voyelle présentent un développement vers le groupe cible. À partir de la licence 3, les apprenants sont plus proches des locuteurs natifs en ce qui concerne le point d'articulation. La problématique initiale présente de nouveau la complexité d'acquérir cette voyelle nasale. À partir de la figure 7.4, nous pouvons dire que les valeurs moyennes de F2 sont les plus proches l'une de l'autre dans le cas de

la voyelle nasale de la catégorie < AN >. Nous avons montré ci-dessus que les réalisations de cette voyelle par des apprenants du FLE néerlandophones sont plus antérieures par rapport à des locuteurs natifs. Dans le cas de la voyelle nasale de la catégorie < ON >, les variations sont plus grandes par rapport à la voyelle nasale de la catégorie < AN > mais les apprenants sont en général plus proches des locuteurs natifs en position d'articulation.

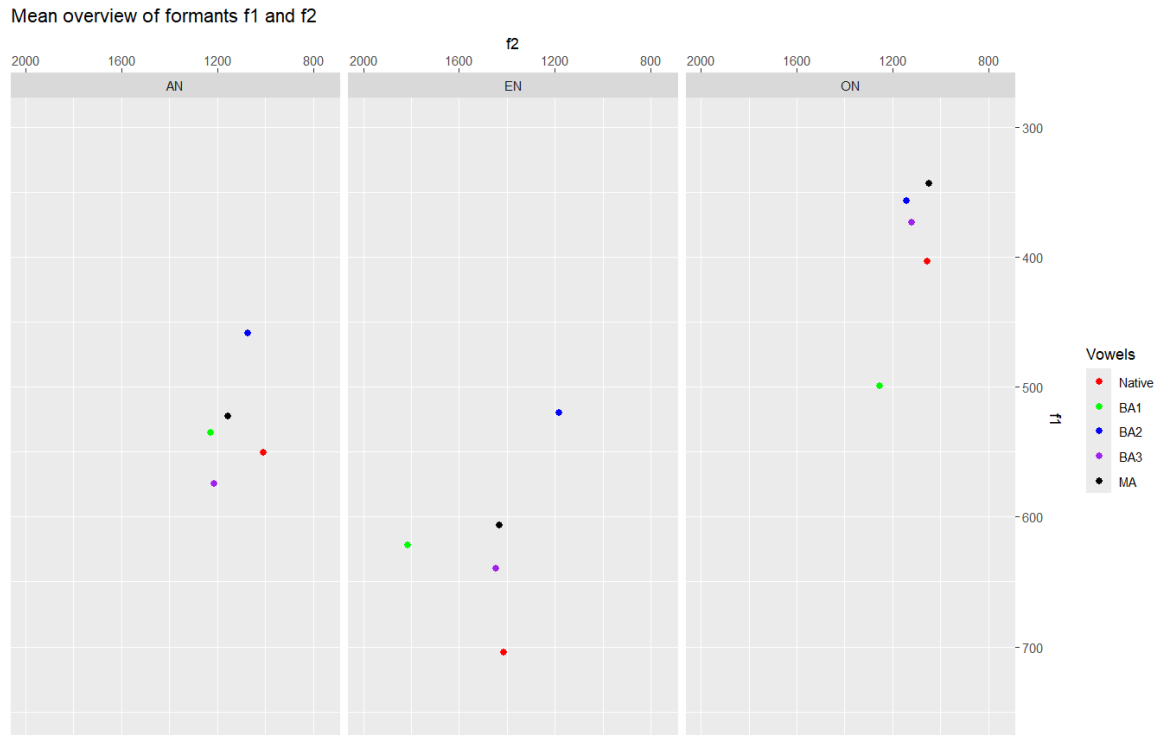
### 7.2.4 Une distinction par syllabes finales et non finales

Jusqu'ici, nous n'avons pas encore distingué les syllabes finales et non finales dans nos comparaisons. Dans les sections 2.2 et 4.2, nous avons discuté pourquoi il faudrait distinguer les comparaisons des formants dans des formants des voyelles en position finale d'une part et en position non finale d'autre part. Les figures 7.5 et 7.6 montrent ensemble qu'il semble être plus facile de réaliser les voyelles quand elles se trouvent dans une syllabe finale que dans le cas qu'elles se trouvent dans une syllabe non finale.

**Figure 7.5 : Les valeurs moyennes des formants des voyelles nasales en position finale**



**Figure 7.6 : Les valeurs moyennes des formants des voyelles nasales en position non finale**



Premièrement, les réalisations acoustiques de la voyelle nasale de la catégorie < AN > se trouvent plus proches l'une de l'autre quand la voyelle nasale se trouve dans une syllabe finale. Deuxièmement, ceci est aussi le cas quand nous comparons les réalisations de la voyelle nasale de la catégorie < EN >. Il semble également que la réalisation de cette voyelle par des apprenants en licence 2 n'approcherait pas la voyelle nasale de la catégorie < AN >, ce qui veut dire que ces apprenants en licence 2 arriveraient à mieux distinguer les deux voyelles nasales quand la voyelle nasale de la catégorie < EN > se trouve dans une syllabe finale. Cependant, il est remarquable que les apprenants en licence 3 ont plus de mal à réaliser la voyelle nasale de la catégorie < ON > quand elle se trouve dans une syllabe finale. Nous nous demandons si les différences entre les réalisations des voyelles en position finale d'une part et en position non finale d'autre part existent vraiment. C'est pour ça que nous avons créé un modèle mixte dont nous parlons dans la section suivante.

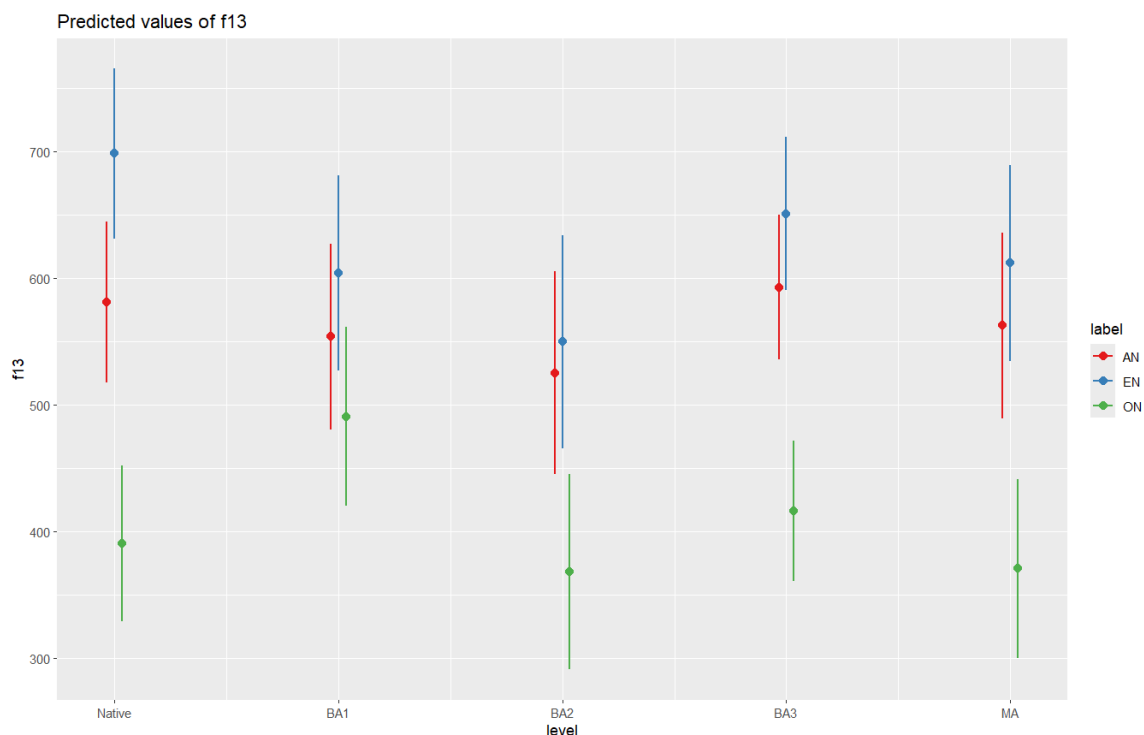
## 7.3 Une comparaison statistique des réalisations acoustiques par les locuteurs natifs et par les apprenants néerlandophones

Dans cette section, nous présentons le meilleur modèle mixte déterminé à partir d'une comparaison ANOVA dont nous avons parlé dans la section 6.5. De plus, nous montrons pourquoi nous ne divisons pas les voyelles dans une syllabe finale de celles dans une syllabe non finale. Ensuite, nous nous concentrons sur le progrès des apprenants du FLE néerlandophones en séparant F1 et F2 comme dans les modèles mixtes.

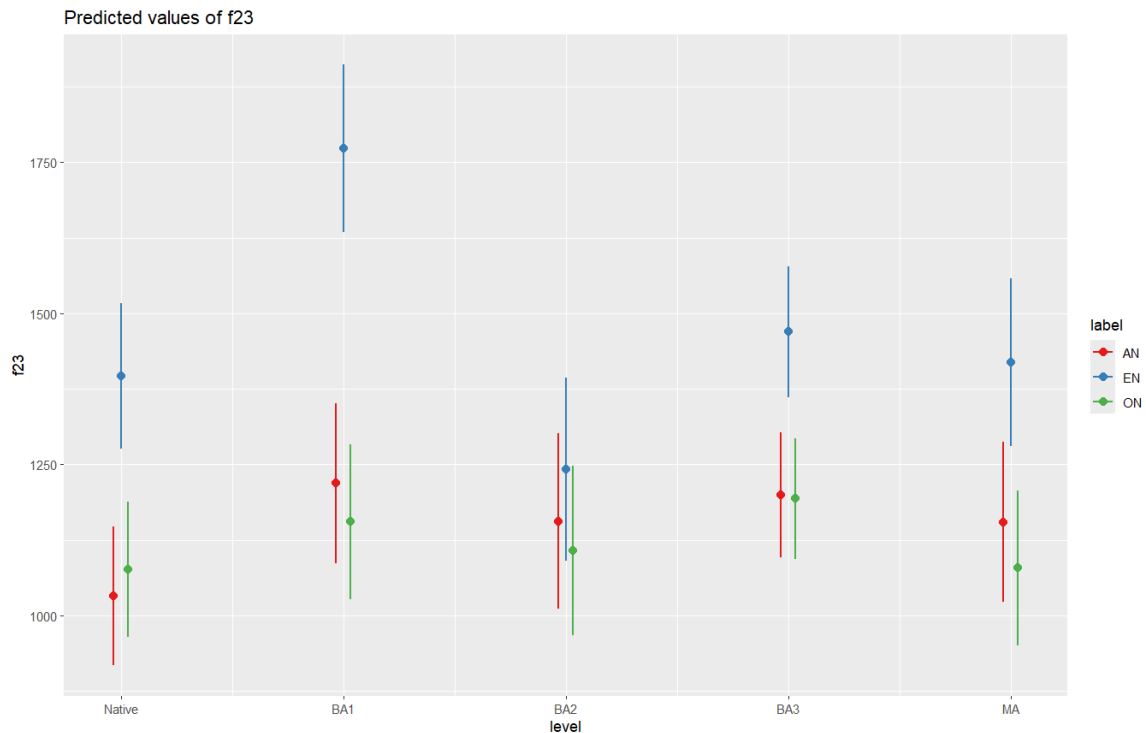
### 7.3.1 Le meilleur modèle mixte

Pour observer le progrès des apprenants du FLE néerlandophones statistiquement, nous avons créé différents modèles mixtes pour F1 et F2 séparément qui ont été comparés dans une comparaison ANOVA. Selon les comparaisons, le meilleur modèle mixte pour répondre à notre première question de recherche est un modèle dans lequel les groupes de locuteurs et les voyelles sont en interaction. Les visualisations de ces deux modèles sont présentées dans les figures 7.7 et 7.8.

**Figure 7.7 : Valeurs théoriques de F1**



**Figure 7.8 : Valeurs théoriques de F2**



Il s'agit des formules R (R Core Team, 2024) suivantes :

```
model2 <- lmer(f13 ~ level*label + (1|ppn) + (1|item), data = dataset, REML = FALSE,  
lmerControl(optimizer = "bobyqa", optCtrl = list(maxfun = 1000000)))
```

```
model2bis <- lmer(f23 ~ level*label + (1|ppn) + (1|item), data = dataset, REML = FALSE,  
lmerControl(optimizer = "bobyqa", optCtrl = list(maxfun = 1000000)))
```

Avant que nous continuions sur les modèles, il faut que nous revenions sur la distinction des voyelles qui se trouvent dans une position finale et dans une position non finale. Selon les comparaisons ANOVA, un modèle dans lequel la position de la voyelle nasale a été ajoutée comme facteur ne donnerait pas de meilleur modèle ( $p = 0,16$ ,  $\chi^2 = 20,32$  pour F1 et  $p = 0,1696$ ,  $\chi^2 = 20,061$  pour F2). Nous pouvons conclure que les voyelles nasales dans une syllabe finale ne diffèrent pas significativement de celles dans une syllabe non finale. C'est pour cette raison que nous ne développons plus cette distinction. De plus, l'âge et le genre des participants comme facteurs sans interaction ne résultaient pas non plus à de meilleurs modèles ( $p = 0,1605$ ,  $\chi^2 = 1,9698$  pour F1 et  $p = 0,07243$ ,  $\chi^2 = 3,227$  pour F2 d'une part,  $p = 0,25$ ,  $\chi^2 = 1,3231$  pour F1 et  $p = 0,1136$ ,  $\chi^2 = 2,5028$  pour F2 d'autre part).

### 7.3.2 Les valeurs théoriques de F1

La figure 7.7 est une visualisation théorique des valeurs F1 des voyelles nasales qui a été construite à partir du meilleur modèle que nous avons présenté dans le paragraphe ci-dessus. Nous voyons que les locuteurs natifs distinguent les trois voyelles nasales par leur degré d'ouverture de la bouche. Chaque voyelle nasale a un degré d'ouverture la distinguant des autres voyelles nasales. Concentrons-nous sur les réalisations acoustiques des apprenants du FLE néerlandophones par rapport à des locuteurs natifs. Dans un premier temps, nous discutons la voyelle nasale de la catégorie < AN >. Le tableau 7.3 présente le contraste de F1 de cette voyelle entre les apprenants en licence 1 et les autres locuteurs par *dummy coding* (UCLA, 2021). Le tableau 7.3 montre que les apprenants en licence 1 ne diffèrent pas en degré d'ouverture des autres locuteurs. L'absence des différences indique qu'il n'y a pas de progrès significatif en degré d'ouverture de la bouche de la voyelle nasale de la catégorie < AN >. De plus, le tableau 7.3 confirme que cette voyelle serait la voyelle la plus facile à réaliser pour les apprenants parce qu'elles ne diffèrent pas. Comme nous avons discuté dans la section 7.2, tous les apprenants réalisent cette voyelle de façon plus antérieure.

**Tableau 7.3 : Le contraste de F1 de la voyelle nasale de la catégorie < AN > entre des apprenants en licence 1 et d'autres locuteurs**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Licence 1	553.577	22.827	24.251	<2e-16 ***
Licence 2	-28.577	33.858	-0.844	0.399
Licence 3	39.131	28.874	1.355	0.176
Master	8.782	32.283	0.272	0.786
Natifs	27.375	30.198	0.907	0.365

Dans un deuxième temps, nous présentons le contraste de la voyelle nasale de la catégorie < EN > par *dummy coding* (UCLA, 2021) dans le tableau 7.4.

**Tableau 7.4 : Le contraste de F1 de la voyelle nasale de la catégorie < EN > entre des apprenants en licence 1 et d'autres locuteurs**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Licence 1	603.733	28.839	20.934	<2e-16 ***
Licence 2	-54.053	42.776	-1.264	0.2072
Licence 3	47.037	36.479	1.289	0.1981
Master	7.933	40.785	0.195	0.8459
Natifs	94.492	38.151	2.477	0.0137 *

Le tableau 7.4 montre que la différence entre les apprenants en licence 1 et les locuteurs natifs est la seule différence significative. Cela veut dire qu'il n'existe pas de différence significative de F1 entre les apprenants en licence 1 et les autres apprenants. Cela veut dire également que les apprenants ont des difficultés à réaliser la voyelle nasale de la catégorie < EN > de façon aussi ouverte que les locuteurs natifs. La difficulté est présentée également dans le tableau 7.5 qui présente le mouvement formantique de la voyelle nasale de la catégorie < EN > par *forward difference coding* (UCLA, 2021).

**Tableau 7.5 : Le mouvement formantique de F1 de la voyelle nasale de la catégorie < EN > depuis les apprenants en licence 1 aux locuteurs natifs**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Licence 1	622.81	12.30	50.622	< 2e-16 ***
Licence 2	54.05	42.78	1.264	0.20721
Licence 3	-101.09	38.69	-2.613	0.00938 **
Master	39.10	36.48	1.072	0.28450
Natifs	-86.56	38.15	-2.269	0.02390 *

Le tableau 7.5 montre que les apprenants du FLE néerlandophones du Master diffèrent significativement des locuteurs natifs. Cela veut dire que les apprenants du plus haut niveau diffèrent encore des locuteurs natifs en degré d'ouverture de la bouche. Les apprenants réalisent la voyelle nasale de la catégorie < EN > de façon

plus fermée que les locuteurs natifs. La différence entre des apprenants en licence 2 et 3 est à abandonner parce que les deux niveaux ne diffèrent pas d'apprenants en licence 1.

Finalement, nous discutons les résultats de ces types de contraste de la voyelle nasale de la catégorie < ON >. Le tableau 7.6 présente le contraste de cette voyelle nasale par *dummy coding* (UCLA, 2021). Ce tableau montre que des apprenants en licence 1 diffèrent des autres locuteurs. Nous pouvons conclure qu'ils ont une problématique à réaliser cette voyelle. Les autres apprenants du FLE néerlandophones ont moins de problèmes à la réaliser.

**Tableau 7.6 : Le contraste de F1 de la voyelle nasale de la catégorie < ON > entre des apprenants en licence 1 et d'autres locuteurs**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Licence 1	490.54	20.15	24.348	< 2e-16 ***
Licence 2	-122.52	29.88	-4.100	4.75e-05 ***
Licence 3	-74.34	25.48	-2.917	0.00368 **
Master	-120.08	28.49	-4.215	2.92e-05 ***
Natifs	-100.14	26.65	-3.757	0.00019 ***

Dans un premier temps, l'affirmation à savoir que les autres apprenants auraient moins de difficultés de réalisation se confirme par la différence significative montrée par le tableau 7.6. Dans un deuxième temps, le tableau 7.7 qui présente le mouvement formantique par *forward difference coding* (UCLA, 2021) montre que la différence à partir de la licence 2 aux locuteurs natifs n'est pas significative.

Avant que nous continuions avec les valeurs théoriques de F2, nous concluons que les F1 de la voyelle nasale /ã/ se trouvent les plus proches. Les F1 des voyelles nasales /õ, ê/ se trouvent moins proches, ce qui est un résultat qui présente la complexité de ces voyelles nasales pour des apprenants du FLE néerlandophones.



**Tableau 7.7 : Le mouvement formantique de F1 de la voyelle nasale de la catégorie < ON > depuis les apprenants en licence 1 aux locuteurs natifs**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Licence 1	407.126	8.595	47.367	< 2e-16 ***
Licence 2	122.517	29.883	4.100	4.75e-05 ***
Licence 3	-48.175	27.030	-1.782	0.0753 .
Master	45.742	25.485	1.795	0.0732 .
Natifs	-19.948	26.652	-0.748	0.4545

### 7.3.3 Les valeurs théoriques de F2

Maintenant que nous avons traité les résultats statistiques de F1, nous continuons avec les résultats statistiques de F2. La figure 7.8 ci-dessus présente les valeurs théoriques. Nous voyons que les locuteurs natifs distinguent la voyelle nasale de la catégorie < EN > des autres voyelles nasales par le point d'articulation qui est plus antérieur que celui des deux autres voyelles nasales. Dans ce qui suit, nous comparons de nouveau des apprenants à des locuteurs natifs. Commençons par la voyelle nasale de la catégorie < AN >. Le tableau 7.8 présente le contraste entre des apprenants en licence 1 et des locuteurs natifs.

**Tableau 7.8 : Le contraste de F2 de la voyelle nasale de la catégorie < AN > entre des apprenants en licence 1 et d'autres locuteurs**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Licence 1	1219.00	33.70	36.174	< 2e-16 ***
Licence 2	-62.68	49.98	-1.254	0.211
Licence 3	-19.48	42.63	-0.457	0.648
Master	-64.18	47.66	-1.347	0.179
Natifs	-186.71	44.58	-4.188	3.38e-05 ***

Nous voyons qu'il n'y a pas de différence significative entre les apprenants. Les locuteurs natifs diffèrent des apprenants dans leur point d'articulation, comme nous

avons vu dans la section 7.3.2 avec le degré d'ouverture de la bouche. Les apprenants réalisent tous la voyelle nasale de la catégorie < AN > de façon plus antérieure et plus fermée que des locuteurs natifs.

Ensuite, nous présentons le contraste de F2 de la voyelle nasale de la catégorie < EN > par *dummy coding* (UCLA, 2021) dans le tableau 7.9.

**Tableau 7.9 : Le contraste de F2 de la voyelle nasale de la catégorie < EN > entre des apprenants en licence 1 et d'autres locuteurs**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Licence 1	1773.13	40.25	44.053	< 2e-16 ***
Licence 2	-531.09	59.70	-8.896	< 2e-16 ***
Licence 3	-303.64	50.91	-5.964	6.10e-09 ***
Master	-353.70	56.92	-6.214	1.49e-09 ***
Natifs	-377.03	53.25	-7.081	8.07e-12 ***

Ce tableau montre que des apprenants en licence 1 diffèrent significativement des autres locuteurs. Cependant, nous avons vu dans la section 7.2.2 que des apprenants en licence 2 différeraient également des autres locuteurs. C'est pour cette raison que nous faisons une comparaison de mouvement formantique par *forward difference coding* (UCLA, 2021) dans le tableau 7.10.

**Tableau 7.10 : Le mouvement formantique de F2 de la voyelle nasale de la catégorie < EN > depuis les apprenants en licence 1 aux locuteurs natifs**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Licence 1	1460.04	17.17	85.027	< 2e-16 ***
Licence 2	531.09	59.70	8.896	< 2e-16 ***
Licence 3	-227.45	54.00	-4.212	3.24e-05 ***
Master	50.06	50.91	0.983	0.326
Natifs	23.33	53.25	0.438	0.662

Le tableau montre que des apprenants en licence 1 et 2 diffèrent des autres locuteurs. Cela veut dire qu'à partir de la licence 3, les apprenants ne diffèrent plus en point d'articulation de la voyelle nasale de la catégorie < EN > par rapport à des locuteurs natifs. Avant la licence 3, la réalisation acoustique de cette voyelle est remarquablement problématique. Il paraît également que cette voyelle est la voyelle la plus problématique.

Finalement, les valeurs F2 de la voyelle nasale de la catégorie < ON > sont comparées dans les tableaux suivants. Le tableau 7.11 présente le contraste par *dummy coding* (UCLA, 2021).

**Tableau 7.11 : Le contraste de F2 de la voyelle nasale de la catégorie < ON > entre des apprenants en licence 1 et d'autres locuteurs**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Licence 1	1155.09	44.41	26.010	<2e-16 ***
Licence 2	-47.68	65.87	-0.724	0.469
Licence 3	38.77	56.17	0.690	0.490
Master	-76.20	62.80	-1.213	0.226
Natifs	-78.52	58.75	-1.336	0.182

Dans le tableau 7.11, il paraît que les apprenants du FLE néerlandophones ne diffèrent pas de locuteurs natifs en point d'articulation de la voyelle nasale de la catégorie < ON >. La postérité de cette voyelle n'est pas un problème pour les apprenants. Nous pouvons conclure que les voyelles nasales des catégories < AN, ON > ne sont pas problématiques en ce qui concerne le point d'articulation chez les apprenants du FLE néerlandophones. Cependant, la voyelle nasale de la catégorie < EN > est initialement problématique.

#### 7.3.4 Conclusion partielle

D'après les comparaisons statistiques, c'est avec la réalisation de la voyelle nasale de la catégorie < AN > que des apprenants ont le moins de problèmes. Les apprenants ne diffèrent pas entre eux. La réalisation acoustique de la voyelle nasale de la catégorie < ON > est plus problématique que celle de la catégorie < AN > pour des

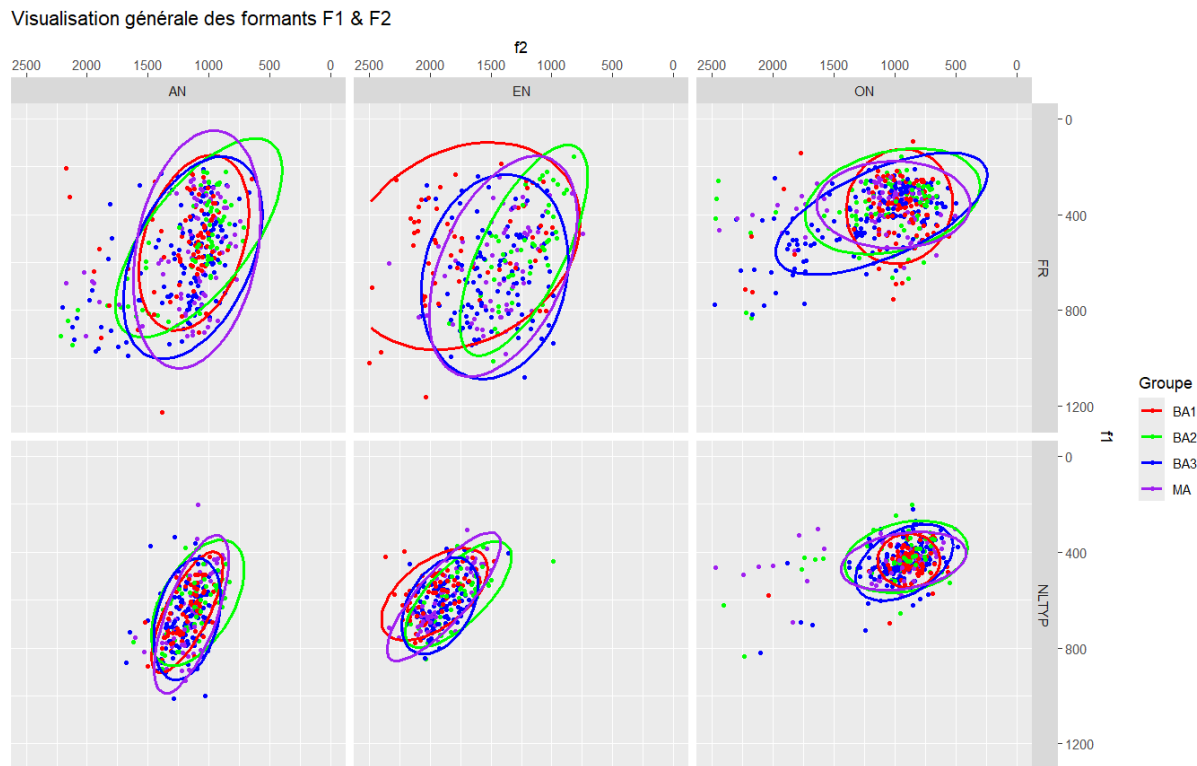
apprenants. Les apprenants en licence 1 diffèrent des autres locuteurs en degré d'ouverture ; ils réalisent la voyelle nasale de façon plus ouverte. Ils ont en même temps la plus grande difficulté à réaliser la voyelle nasale de la catégorie < EN > comme des locuteurs natifs du français septentrional.

Nous revenons finalement sur notre première question de recherche à savoir comment la qualité de la réalisation acoustique des voyelles nasales par différents niveaux d'apprenants du FLE néerlandophones se rapporte aux locuteurs natifs du français septentrional. La voyelle nasale /ã/ est la voyelle la plus facile pour des apprenants mais sa réalisation diffère des locuteurs parce que la réalisation par des apprenants néerlandophones est plus antérieure. La voyelle nasale /õ/ est plus difficile à réaliser pour ces apprenants, surtout pour ceux en licence 1. Finalement, la voyelle nasale /ẽ/ est la voyelle la plus difficile à réaliser pour des apprenants, surtout pour ceux en licence 1 et 2. Notre hypothèse était que les participants vont réaliser d'abord la voyelle nasale comme la voyelle orale correspondante en néerlandais suivie d'un appendice nasal. Ceci n'est pas toujours le cas. Vu la problématique déterminée dans cette section, nous nous concentrons dans la section 7.5 sur la réalisation de la voyelle nasale /ẽ/ par des apprenants en licence 1 et 2 d'une part, et sur la réalisation de la voyelle /õ/ par des apprenants en licence 1 d'autre part.

#### 7.4 Une description des réalisations acoustiques par des apprenants du FLE en français et en néerlandais

Dans ce qui suit, nous discutons les réalisations acoustiques des voyelles nasales en français et des voyelles orales en néerlandais avec des descriptions comparatives. La figure 7.9 présente six graphiques dans lesquels les réalisations acoustiques des voyelles nasales et orales, combinées dans les mêmes catégories < AN, EN, ON >, sont présentés avec des ellipses. Nous avons vu les ellipses également dans la figure 7.1. À première vue, les variations en réalisation par des apprenants du FLE néerlandophones seraient plus réduites chez les voyelles orales en néerlandais que les variations chez les voyelles nasales en français. Nous parlons d'un résultat qui n'est pas surprenant parce que les locuteurs ont une meilleure maîtrise de leur langue maternelle, ce qui résulte à des réalisations plus précises.

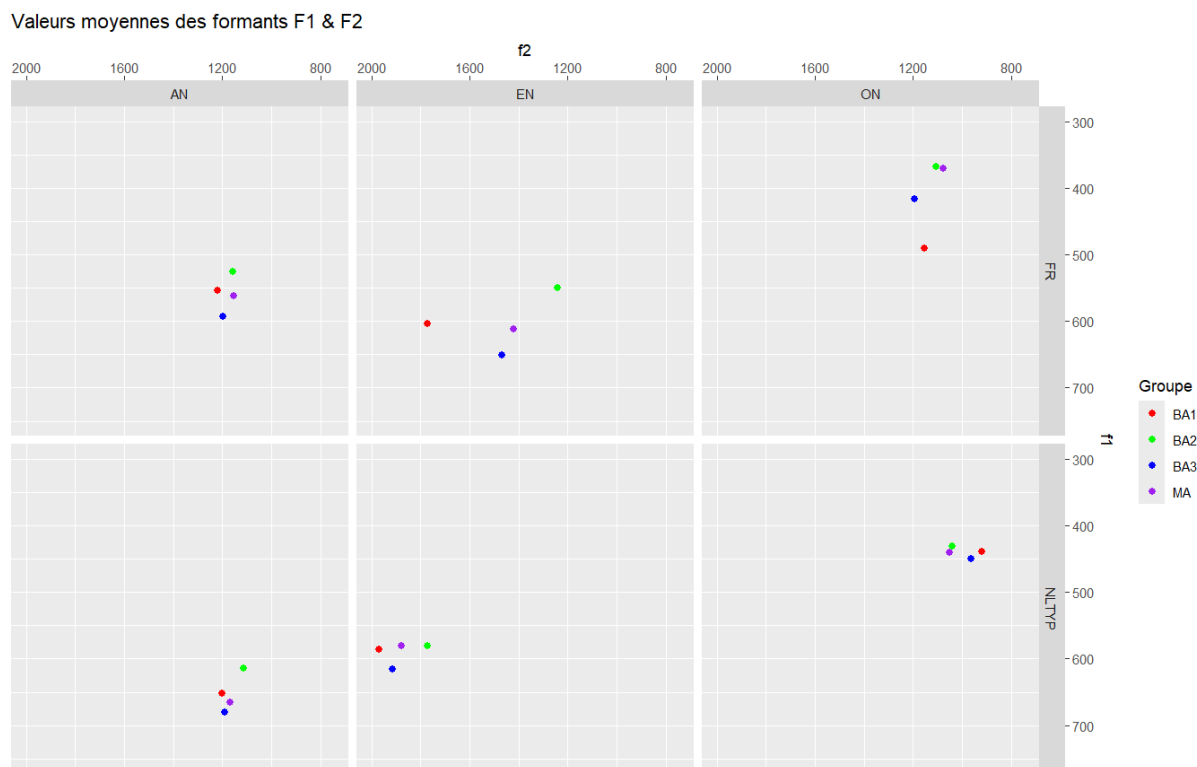
**Figure 7.9 : Les réalisations acoustiques par voyelle et par langue**



De plus, les réalisations des voyelles orales par des apprenants du FLE en néerlandais semblent différer de leurs réalisations des voyelles nasales en français. La voyelle orale /a/ en néerlandais réalisée par des apprenants semble être plus ouverte que son équivalent nasal du français. Cependant, les réalisations des deux voyelles semblent être aussi postérieures. Ceci pourrait expliquer la réalisation plus antérieure de la voyelle nasale /ã/ par des apprenants par rapport à des locuteurs natifs.

La voyelle orale /ɛ/ du néerlandais semble être réalisée de façon plus fermée et plus antérieure que son équivalent nasal du français. La voyelle orale /ɔ/ du néerlandais à son tour semble être réalisée de façon plus ouverte et plus postérieure que la voyelle nasale équivalente du français. La figure 7.10 présente les valeurs moyennes des réalisations acoustiques que nous avons également vues dans la figure 7.9. De plus, la figure 7.10 confirme la description que nous avons donnée ci-dessus.

**Figure 7.10 : Les formants moyens par voyelle et par langue**



La figure 7.10 montre également que les voyelles orales du néerlandais se distinguent différemment des voyelles nasales du français. Commençons par une comparaison des voyelles orales du néerlandais entre elles. Dans un premier temps, la voyelle orale /a/ se distingue des autres voyelles par le degré d'ouverture de la bouche. Cette voyelle est la voyelle la plus ouverte par rapport aux autres. Dans un deuxième temps, la voyelle orale /ɛ/ est plus antérieure que les voyelles orales /a, ɔ/. Dans un troisième temps, la voyelle orale /ɔ/ est plus fermée et plus postérieure que les deux autres voyelles.

Quand nous comparons d'abord les équivalents nasaux, la voyelle nasale /ã/ est réalisée plus fermée par des apprenants. Cependant, cette voyelle nasale et son équivalent sont aussi antérieurs et nous pouvons parler d'une influence du néerlandais sur le français chez des apprenants du FLE néerlandophones qui réalisent la voyelle nasale /ã/. Cette voyelle nasale chez des apprenants est en même temps plus antérieure que celle chez des locuteurs natifs dont nous avons parlé dans la section 7.2. Ensuite, la voyelle nasale /ẽ/ est plus postérieure mais il semble que la réalisation acoustique de la voyelle nasale /ẽ/ par des apprenants en licence 1 serait proche de l'équivalent oral en néerlandais. De plus, il semble que la réalisation acoustique de

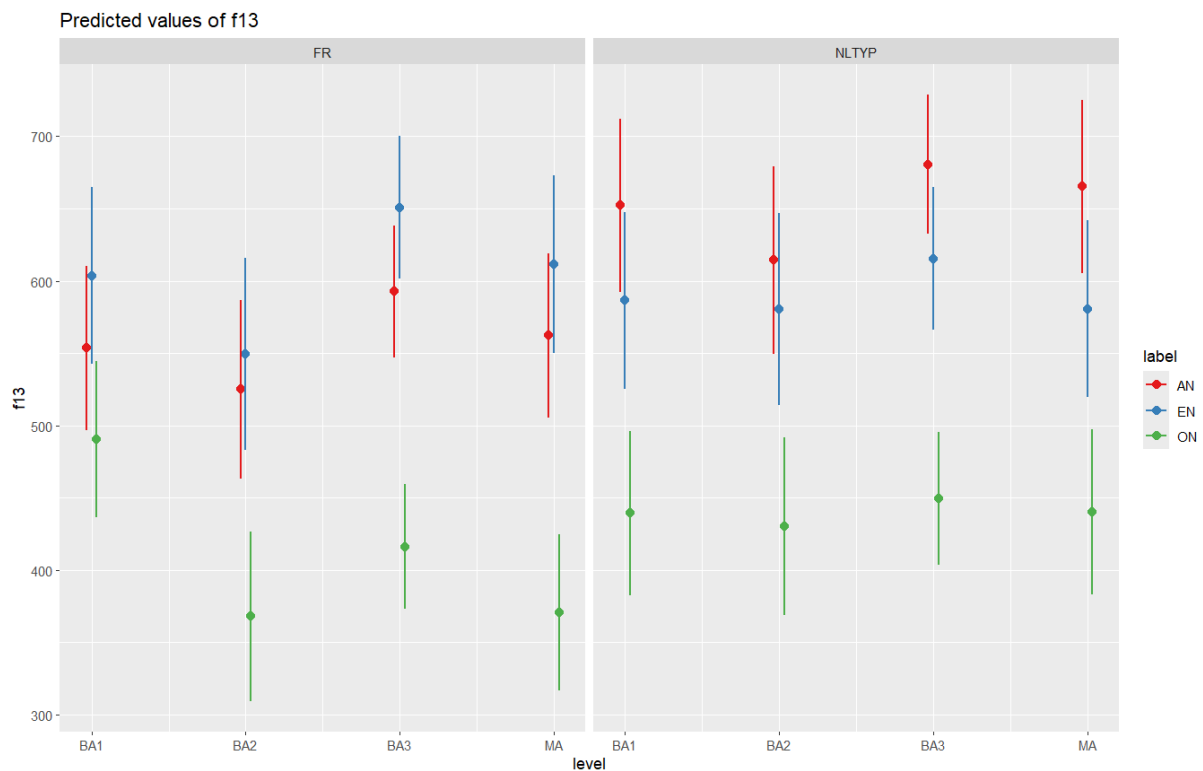
cette voyelle nasale par des apprenants en licence 2 serait plus proche de la voyelle nasale /ã/. Finalement, la voyelle nasale /ɔ̃/ est plus fermée et il semble qu'elle est plus postérieure mais il semble aussi que la réalisation de cette voyelle nasale par des apprenants en licence 1 serait plus proche de la voyelle nasale /ã/.

Dans ce qui suit, nous présentons les prédictions des valeurs moyennes des réalisations acoustiques par des apprenants du FLE néerlandophones dans les deux langues. Nous avons créé un modèle comparable à celui dont nous avons parlé dans la section 7.3.1. Cette fois-ci, nous avons ajouté la langue comme variable en interaction au modèle mixte. L'ajout de syllabes, de l'âge et du genre comme facteurs ne résultaient pas non plus en un meilleur modèle. Les meilleurs modèles mixtes de F1 et F2 sont présentés dans les graphiques des figures 7.11 et 7.12. Il s'agit des formules R (R Core Team, 2024) suivantes :

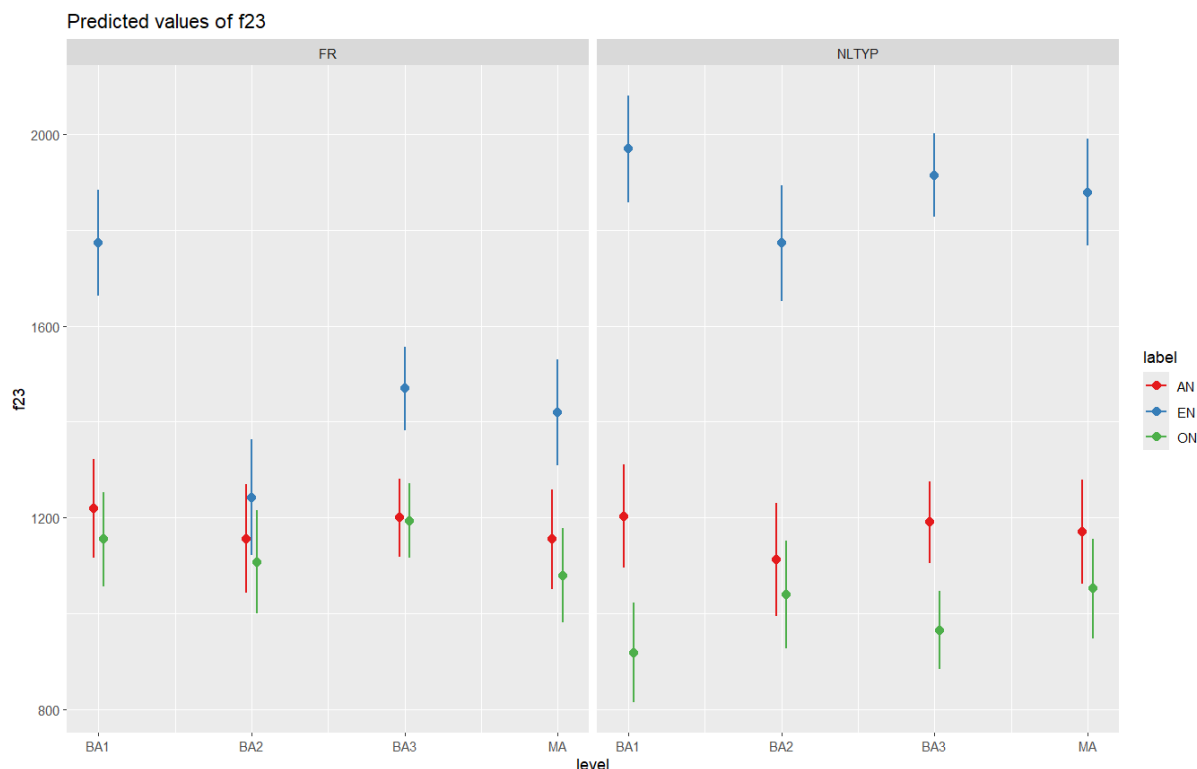
```
Model3 <- lmer(f13 ~ level*label*language + (1|ppn) + (1|item), data = dataset, REML = FALSE,
lmerControl(optimizer = "bobyqa", optCtrl = list(maxfun = 1000000)))
```

```
Model3bis <- lmer(f23 ~ level*label*language + (1|ppn) + (1|item), data = dataset, REML = FALSE,
lmerControl(optimizer = "bobyqa", optCtrl = list(maxfun = 1000000)))
```

**Figure 7.11 : Les prédictions des valeurs de F1 pour les deux langues**



**Figure 7.12 : Les prédictions des valeurs de F2 pour les deux langues**



Les modèles mixtes montrent également ce que nous avons décrit ci-dessus. Dans un premier temps, le F1 de la voyelle nasale du français de la catégorie < ON > réalisée par des apprenants du FLE néerlandophones en licence 1 se trouve proche de la voyelle nasale du français de la catégorie < AN >. Les autres apprenants distinguent cette voyelle de la catégorie < ON > des autres voyelles dans les deux langues. Dans un deuxième temps, la réalisation acoustique de la voyelle nasale du français de la catégorie < EN > par des apprenants en licence 1 se trouve proche de l'équivalent oral du néerlandais.

Dans un troisième temps, la réalisation acoustique de la voyelle nasale du français de la catégorie < EN > par des apprenants en licence 2 se trouve proche de la voyelle nasale du français de la catégorie < AN >. Les autres apprenants distinguent cette voyelle nasale plus facilement des autres dans les deux langues. Finalement, les voyelles de la catégorie < AN > sont bien distinguées par ces apprenants dans les deux langues. Nous voyons que la réalisation acoustique de cette voyelle du néerlandais est plus ouverte que celle du français. Cependant, la réalisation est aussi postérieure, ce qui explique la problématique rencontrée par des apprenants du FLE



néerlandophones de réaliser cette voyelle nasale du français comme des locuteurs natifs du français septentrional.

Pour l'instant, nous avons mentionné quelques fois que la voyelle nasale / $\bar{\epsilon}$ / est plus difficile à réaliser par des apprenants en licence 1. En même temps, la voyelle nasale / $\bar{\epsilon}$ / est plus difficile à réaliser pour ceux en licence 1 et 2. Dans la section suivante, nous continuons avec cette constatation.

## 7.5 Trois cas dans lesquels la réalisation acoustique des voyelles nasales / $\bar{\epsilon}$ , $\bar{\omega}$ / serait plus proche d'une autre voyelle

Dans les sections précédentes, nous avons remarqué que la réalisation acoustique de quelques voyelles nasales par des apprenants du FLE néerlandophones en licence 1 et 2 diffère des réalisations par des locuteurs natifs du français septentrional. Nous avons constaté que la réalisation acoustique des voyelles nasales / $\bar{\epsilon}$ ,  $\bar{\omega}$ / par des apprenants en licence 1 est significativement différente de celle par des locuteurs natifs, ce que montrent les tableaux 7.12 et 7.13.

**Tableau 7.12 : Le contraste de la réalisation acoustique de la voyelle nasale / $\bar{\epsilon}$ / entre des apprenants en licence 1 et des locuteurs natifs**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
F1 :				
Licence 1	603.733	28.839	20.934	<2e-16 ***
Natifs	94.492	38.151	2.477	0.0137 *
F2 :				
Licence 1	1773.13	40.25	44.053	< 2e-16 ***
Natifs	-377.03	53.25	-7.081	8.07e-12 ***

Dans un premier temps, la réalisation acoustique de la voyelle nasale du français / $\bar{\epsilon}$ / par des apprenants en licence 1 serait proche d'une autre voyelle (orale). Pendant les analyses ci-dessus, nous avons remarqué que les réalisations de la voyelle nasale du français / $\bar{\epsilon}$ / et de la voyelle orale du néerlandais / $\epsilon$ / pourraient être proches l'une de l'autre par ces apprenants. En ce qui concerne le formant F1, il

n'existe pas de différence significative entre la réalisation acoustique de la voyelle nasale du français /ɛ̃/ et de la voyelle orale du néerlandais /ɛ/ par des apprenants en licence 1 (estimé = -17,30, SD = 47,48, t = -0,364, p = 0,716). Cependant, il existe une différence significative de F2 entre la réalisation acoustique de la voyelle nasale du français /ɛ̃/ et de la voyelle orale du néerlandais /ɛ/ par ces apprenants (estimé = 195,72, SD = 66,97, t = 2,922, p = 0,00416). Nous pouvons conclure que les apprenants en licence 1 ne réalisent pas la voyelle orale du néerlandais /ɛ/ à la place de la voyelle nasale du français /ɛ̃/. Il s'agit d'une autre réalisation dans ce cas. Nous invitons ici à des nouvelles recherches à savoir de quelle voyelle il s'agirait.

**Tableau 7.13 : Le contraste de la réalisation acoustique de la voyelle nasale /ɔ̃/ entre des apprenants en licence 1 et des locuteurs natifs**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
F1 :				
Licence 1	490.54	20.15	24.348	< 2e-16 ***
Natifs	-100.14	26.65	-3.757	0.00019 ***
F2 :				
Licence 1	1155.09	44.41	26.010	<2e-16 ***
Natifs	-78.52	58.75	-1.336	0.182

Dans un deuxième temps, des apprenants en licence 1 remplaceraient la voyelle nasale du français /ɔ̃/ par la voyelle nasale du français /ɑ̃/. D'après une comparaison statistique des valeurs moyennes de F1 et de F2, la différence n'existe pas (F1 : estimé = -63,04, SD = 52,98, t = -1,19, p = 0,236 ; F2 : estimé = -63,91, SD = 73,70, t = -0,867, p = 0,387). Nous pouvons conclure à partir de ces données que les apprenants en licence 1 remplacent en effet la voyelle nasale du français /ɔ̃/ par la voyelle nasale du français /ɑ̃/.

Dans les sections précédentes, nous avons constaté également que la réalisation acoustique de la voyelle nasale du français /ɛ̃/ par des apprenants en licence 2 est différente de celle par des locuteurs natifs, ce que montre le tableau 7.14.

**Tableau 7.14 : Le contraste de la réalisation acoustique de la voyelle nasale /ɛ̃/ entre des apprenants en licence 2 et des locuteurs natifs**

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
F1 :				
Licence 2	549.68	25.58	21.487	< 2e-16 ***
Natifs	148.55	32.61	4.555	1.2e-05 ***
F2 :				
Licence 2	1242.04	34.12	36.406	< 2e-16 ***
Natifs	154.06	43.49	3.542	0.000554 ***

La réalisation acoustique de la voyelle nasale du français /ɛ̃/ par des apprenants en licence 2 serait proche de la réalisation de la voyelle nasale du français /ɑ̃/ par les mêmes apprenants. La différence entre les deux voyelles nasales réalisées par des apprenants en licence 2 n'existe pas en effet. En ce qui concerne les F1, le contraste statistique montre que la différence n'existe pas (estimé = -24,68, SD = 36,55, t = -0,675, p = 0,501). La différence n'existe pas non plus en comparant les F2 (estimé = -85,72, SD = 58,27, t = -1,471, p = 0,144). Nous pouvons résumer que les apprenants en licence 2 remplacent la voyelle nasale du français /ɛ̃/ par la voyelle nasale du français /ɑ̃/.

## 8. Conclusion et discussion

À la fin de notre expérience, nous pouvons conclure que la qualité de la réalisation acoustique se développe dans le cas des voyelles nasales /ɔ̃, ɛ̃/ pendant les années d'études. Dans un premier temps, les apprenants du FLE néerlandophones développent la réalisation acoustique de la voyelle /ɛ̃/ pendant la licence et la qualité de sa réalisation, par rapport à des locuteurs natifs du français septentrional, s'améliore pendant les années d'études. En raison du fait que la voyelle nasale /ɛ̃/ est la voyelle la plus difficile à acquérir, le développement de la réalisation prend le plus de temps par rapport à l'acquisition des autres voyelles nasales. Dans un deuxième temps, la voyelle nasale /ɔ̃/ est plus facile à acquérir que la voyelle nasale /ɛ̃/, ce qui a

pour conséquence que sa réalisation par des apprenants s'approche plus rapidement de celle des locuteurs natifs que dans le cas de la voyelle nasale /ɛ̃/.

La voyelle nasale /ã/ est la voyelle nasale la plus facile à acquérir. Les apprenants du FLE néerlandophones ne s'améliorent pas significativement pendant les études. Cependant, la réalisation de la voyelle nasale /ã/ par des apprenants est plus antérieure que celle par des locuteurs natifs. Cette différence pourrait être une influence du néerlandais sur le français à savoir que la voyelle orale du néerlandais /a/ réalisée par des apprenants du FLE néerlandophones est aussi postérieure que la voyelle nasale du français /ã/ réalisée par les mêmes apprenants. Ils ne distinguent les deux voyelles que par la hauteur de la réalisation acoustique.

Notre première hypothèse que nous avons discuté dans la section 4.1 était que les apprenants réaliseraient les voyelles nasales initialement comme les équivalents oraux en néerlandais suivies d'un appendice nasal. Les résultats de notre expérience montrent qu'il existe trois cas dans lesquels des apprenants du FLE néerlandophones réalisent une voyelle nasale différemment que des locuteurs natifs. Dans un premier temps, la réalisation de la voyelle nasale /ɛ̃/ par les apprenants en licence 1 est plus antérieure et la réalisation serait plus proche de la voyelle orale /ɛ/ du néerlandais. Nous avons montré cependant que ces apprenants ne réalisent pas cette voyelle orale du néerlandais à la place de la voyelle nasale /ɛ̃/ du français. Il est possible qu'il s'agisse en effet d'un cas dans lequel les apprenants en licence 1 réaliseraient une voyelle orale suivie d'un appendice nasal, mais plus de recherches seront nécessaires pour valider cette affirmation.

Dans un deuxième temps, les apprenants en licence 1 remplaceraient la voyelle nasale /ɔ̃/ par la voyelle nasale /ã/. Nous avons montré qu'il s'agit en effet d'un cas de remplacement parce qu'il n'existe pas de différence significative entre les réalisations des deux voyelles nasales par des apprenants en licence 2. Dans un troisième temps, nous avons montré que des apprenants en licence 2 remplacent la voyelle nasale /ɛ̃/ par la voyelle nasale /ã/. Il n'existe pas de différence significative entre les réalisations de ces deux voyelles nasales par des apprenants en licence 2. Dans un quatrième temps, nous avons montré que les réalisations de la voyelle nasale /ã/ par des apprenants en licence 1 et 2 sont assez proches de celles des locuteurs natifs. Ces apprenants ne réalisent pas la voyelle nasale /ã/ du français comme l'équivalent oral

/a/ du néerlandais. Nous pouvons conclure que notre deuxième hypothèse n'était pas correcte.

Pendant notre recherche, nous n'avons pas distingué les hommes et les femmes dans les résultats de notre recherche parce qu'il n'existait pas de meilleur modèle mixte selon les comparaisons ANOVA. La proportion de femmes était cependant plus grande dans le groupe de locuteurs natifs du français par rapport au groupe d'apprenants, ce qui pourrait créer une asymétrie. Cela pourrait être mieux contrôlé à l'avenir en normalisant les formants ou en se focalisant uniquement sur les femmes dans les résultats.

Nous avons également rencontré une difficulté avec les segments dans les alignements d'une durée inférieure à quarante millisecondes. Nous n'avons pas testé si un changement de la configuration du script d'extraction des voyelles avait résolu le problème. Nous avons d'abord pensé à changer les paramètres par défaut du script d'analyse des voyelles mais les segments trop courts n'ont pas été extraits pendant l'extraction des voyelles depuis les enregistrements. Nous ne savons pas s'il y a un problème à l'intérieur du script. Nous avons pu résoudre cette difficulté par la solution dont nous avons parlé dans la section 6.2.

Finalement, nous avons remarqué que des apprenants du FLE néerlandophones en licence 3 auraient probablement un délai dans l'acquisition de la voyelle nasale /ɔ̃/. Nous avons vu que la qualité de la production semble être inférieure à des apprenants en licence 2 et en Master et nous avons pensé au fait que des apprenants en licence 3 ont commencé les études de français pendant la pandémie du coronavirus. Il est possible que la pandémie ait eu une influence sur le développement de l'acquisition du français. Plus de recherches seront nécessaires pour valider cette donnée.

Il est intéressant de signaler que la réalisation acoustique de la voyelle nasale /ã/ par des apprenants du FLE néerlandophones semble être proche de la réalisation de la même voyelle par des sujets germanophones. Martin (2023) a conclu que la réalisation de cette voyelle nasale est plus palatale chez des sujets germanophones que chez des locuteurs natifs et nous avons trouvé que des apprenants du FLE néerlandophones réalisent également la voyelle nasale /ã/ plus palatale que des locuteurs natifs du français septentrional. Est-ce que les sujets germanophones se

ressemblent de plusieurs manières aux sujets néerlandophones dans leur progrès de l'apprentissage du français ?

## 9. Bibliographie

Adank, P., Van Hout, R., & Smits, R. (2004). An acoustic description of the vowels of Northern and Southern Standard Dutch. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 116(3), 1729-1738. DOI : <http://dx.doi.org/10.1121/1.1779271>.

Arango, D. (2021). *Perception et production des voyelles nasales du français par des hispanophones d'Espagne et de Colombie* (Doctoral dissertation, Université de la Sorbonne nouvelle-Paris III). <https://theses.hal.science/tel-03652112>.

Barreda, S. (2021). Fast Track: fast (nearly) automatic formant-tracking using Praat. *Linguistics Vanguard*, 7(1), 20200051. DOI : <https://doi.org/10.1515/lingvan-2020-0051>.

Berns, J., & Nouveau, D. (2017). Les néerlandophones. Dans Detey, S., Racine, I., Kawaguchi, Y., & Eychenne, J. (Eds.), *La prononciation du français dans le monde : du natif à l'apprenant* (pp. 174-179). Paris: Clé International. ISBN: 978-2-09-038241-9.

Boersma, P. & Weenink, D. (2023). Praat: doing phonetics by computer [Logiciel]. Version 6.3.08, récupéré le 20 juin 2023, de <http://www.praat.org/>.

Calaque, E. (1992). Les erreurs persistantes dans la production de locuteurs arabophones parlant couramment le français. *L'information grammaticale*, 54(1), 48-51.

Carignan, C. (2013). *When nasal is more than nasal: The oral articulation of nasal vowels in two dialects of French* (Doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign). <http://hdl.handle.net/2142/45317>.

Carignan, C. (2014). An acoustic and articulatory examination of the “oral” in “nasal”: The oral articulations of French nasal vowels are not arbitrary. *Journal of phonetics*, 46, 23-33. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.wocn.2014.05.001>.

Carignan, C., Chen, J., Harvey, M., Stockigt, C., Simpson, J., & Strangways, S. (2023). An investigation of the dynamics of vowel nasalization in Arabana using

machine learning of acoustic features. *Laboratory Phonology*, 14(1), 1-31. DOI : <https://doi.org/10.16995/labphon.9152>.

Charlton, A. (6 juillet 2012). *The second language acquisition of French nasal vowels by advanced English learners* [Présentation de poster]. Second Language Acquisition of Phonology 2012, York, Royaume-Uni. Consulté le 1<sup>er</sup> avril 2024, de <https://www-users.york.ac.uk/~sh581/POSTER-ELOL%20Charlton.pdf>.

College voor Toetsen en Examens. (2019). Moderne vreemde talen vwo: syllabus centraal examen 2021 Arabisch, Duits, Engels, Frans, Russisch, Spaans, Turks. Dans *Examenblad*. Consulté le 30 juin 2023, de [https://www.examenblad.nl/system/files/2020/nadervastgesteld/mvt\\_vwo\\_2\\_versie\\_2\\_021\\_def.pdf](https://www.examenblad.nl/system/files/2020/nadervastgesteld/mvt_vwo_2_versie_2_021_def.pdf)

College voor Toetsen en Examens. (2020). Moderne vreemde talen vwo: syllabus centraal examen 2021 Arabisch, Duits, Engels, Frans, Russisch, Spaans, Turks. Dans *Examenblad*. Consulté le 30 juin 2023, de [https://www.examenblad.nl/system/files/2020/syllabi/mvt\\_vwo\\_2022\\_versie\\_2.pdf](https://www.examenblad.nl/system/files/2020/syllabi/mvt_vwo_2022_versie_2.pdf)

College voor Toetsen en Examens. (2021). Moderne vreemde talen vwo: syllabus centraal examen 2021 Arabisch, Duits, Engels, Frans, Russisch, Spaans, Turks. Dans *Examenblad*. Consulté le 30 juin 2023, de [https://www.examenblad.nl/system/files/2021/syllabi/moderne\\_vreemde\\_talen\\_vwo\\_versie\\_2\\_2023.pdf](https://www.examenblad.nl/system/files/2021/syllabi/moderne_vreemde_talen_vwo_versie_2_2023.pdf)

Debrock, M., & Mertens, P. (1990). *Phonétique générale et française : une introduction*. Louvain: Presses universitaires de Louvain, Belgique.

De Haes, H. (20-21 décembre 2023). *Acquiring nasal vowels in French: an acoustic and perceptual study on Belgian Dutch learners' pronunciation* [Présentation de conférence]. LinGhentian Doctorials, Gand, Belgique, 30-31. Consulté le 27 avril 2024, de <https://www.linghentiandictorials.ugent.be/wp-content/uploads/2022/11/BOOKOFABSTRACTS.pdf>.

De Jong, K. (2013). *Les voyelles nasales françaises : Une expérience de production avec des apprenants néerlandophones*. Université de Leyde.

De Jong, K. (2014). *Les voyelles nasales françaises : Une expérience de perception avec des apprenants néerlandophones*. Université de Leyde.

Delvaux, V., Metens, T., & Soquet, A. (16-20 septembre 2002). *French nasal vowels: acoustic and articulatory properties* [Présentation de conférence]. Seventh International Conference on Spoken Language Processing (ICSLP 2002), Denver, Colorado, États-Unis, 53-56. DOI : <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199573714.003.0005>.

Delvaux, V. (2002). Contrôle et connaissance phonétique: Les voyelles nasales du français. *Unpublished doctoral dissertation, Free university of Brussels, Belgium*. Consulté le 15 mars 2024, de [https://www.academia.edu/74129458/Contr%C3%B4le\\_et\\_connaissance\\_phon%C3%A9tique\\_les\\_voyelles\\_nasales\\_du\\_fran%C3%A7ais](https://www.academia.edu/74129458/Contr%C3%B4le_et_connaissance_phon%C3%A9tique_les_voyelles_nasales_du_fran%C3%A7ais).

Delvaux, V. (12 juin 2006). *Production des voyelles nasales en français québécois* [Présentation d'un papier]. 26èmes Journées d'étude sur la parole, Dinard, France. Consulté le 27 avril 2024, de <https://hdl.handle.net/20.500.12907/27251>.

Delvaux, V. (06 juillet 2006). *Production et perception des voyelles nasales. Comparaison entre français septentrional et français québécois* [Présentation d'un papier]. Colloque 'Phonologie du Français contemporain 2006', Centre de recherches Valibel, UCL, Louvain-la-Neuve, Belgique. Consulté le 27 avril 2024, de <https://hdl.handle.net/20.500.12907/36510>.

Detey, S., Racine, I., Eychenne, J., & Kawaguchi, Y. (14-18 septembre 2014). *Corpus-based L2 phonological data and semi-automatic perceptual analysis: the case of nasal vowels produced by beginner Japanese learners of French* [Présentation de conférence]. Interspeech 2014. Fifteenth Annual Conference of the International Speech Communication Association, Singapore, 539-543. Consulté le 27 avril 2024, de [http://www.julieneychenne.info/files/pdf/detey-et-al\\_2014-Interspeech.pdf](http://www.julieneychenne.info/files/pdf/detey-et-al_2014-Interspeech.pdf).

Fletcher, J. (1991). Rhythm and final lengthening in French. *Journal of phonetics*, 19(2), 193-212. DOI : [https://doi.org/10.1016/S0095-4470\(19\)30217-7](https://doi.org/10.1016/S0095-4470(19)30217-7).

Floquet, O. (2017). Sur la réalisation des voyelles nasales du français par des italophones: une enquête exploratoire [Résumé]. Dans *Acquisition des langues. Approches comparatives et regards didactiques*, 145-159. ISBN : 978-2-7535-5902-8.



Guilbault, C. (s.d.). *Trapèze vocalique du français*. Université Simon Fraser. Consulté le 20 avril 2024, de <http://www.sfu.ca/fren270/Phonetique/trapze.htm>.

Guilbert, L., Lagane, R., & Niobey, G. (1973). *Grand Larousse de la langue française*. Tome 3. Larousse.

IBM. (2022). *Le modèle mixte linéaire*. SPSS Statistics. Consulté le 30 mai 2024, de <https://www.ibm.com/docs/fr/spss-statistics/saas?topic=models-linear-mixed-model>.

Johnson, K. (2011). *Acoustic and auditory phonetics* (3rd ed.). Wiley-Blackwell. ISBN : 978-1-444-34308-3

Kisler, T., Reichel, U., & Schiel, F. (2017). Multilingual processing of speech via web services. *Computer Speech & Language*, 45, 326–347. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.csl.2017.01.005>.

Ladefoged, P. (1972). Phonological features and their phonetic correlates. *Journal of the International Phonetic Association*, 2(1), 2–12. DOI : <https://doi.org/10.1017/S0025100300000384>.

Laufer, R. (1959). An Attempt To Explain The Tendency Towards The Disappearance Of The /œ̃/ Phoneme In Modern French. *Journal of the Australasian Universities Language and Literature Association*, 11(1), 82–92. DOI : <https://doi.org/10.1179/auilla.1959.11.1.007>.

Lazarević, A. (2021). Analyse de production des voyelles nasales françaises chez les étudiants serbophones de FLE de la faculté de philosophie, Université de Novi Sad. *Zbornik radova Book of Proceedings*, 473-485. <https://hal.science/hal-04104381/>.

Li, J., Yin, Y., & Pu, Z. (2019). Acquisition des voyelles nasales du français et interférences du cantonais. *Lidil. Revue de linguistique et de didactique des langues*, 59. DOI : <https://doi.org/10.4000/lidil.6473>.

Martin, O. (2023). *Perception and Production of French Nasal Vowels by German Native Speakers*. Uppsala Universitet. Consulté le 27 avril 2024, de <http://uu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1765235&dswid=9855>.

Meunier, C. (2007). Phonétique acoustique. *Les dysarthries*, 164-173. <https://hal.science/hal-00250272>.

Montagu, J. (2004). Les sons sous-jacents aux voyelles nasales en français parisien: indices perceptifs des changements. *JEP, Fès, Maroc*. Consulté le 27 avril 2024, de [https://www.afcp-parole.org/doc/Archives\\_JEP/2004\\_XXVe\\_JEP\\_Fes/actes/jep2004/Montagu.pdf](https://www.afcp-parole.org/doc/Archives_JEP/2004_XXVe_JEP_Fes/actes/jep2004/Montagu.pdf).

Otroshi, M. H., Abdoltajedini, K., & Mehrabi, M. (2019). Impacts du ratage de cible sur la production des voyelles nasales françaises par les apprenants iraniens. *Cognition, Représentation, Langage*, 17–1. DOI : <https://doi.org/10.4000/corela.8239>

Pacilly, J. (2019). RecordStim [Logiciel]. Version 12-12-2019. Université de Leyde.

R Core Team (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienne, Autriche. <https://www.R-project.org/>.

Rebourcet, S. (2008). Le français standard et la norme: l'histoire d'une «nationalisme linguistique et littéraire» à la française. *Communication, lettres et sciences du langage*, 2(1), 107-118. Consulté le 8 juin 2024, de [https://clsl.recherche.usherbrooke.ca/vol2no1/clsl\\_vol2no12008.pdf#page=107](https://clsl.recherche.usherbrooke.ca/vol2no1/clsl_vol2no12008.pdf#page=107).

Schiel, F. (2015). A Statistical Model for Predicting Pronunciation. Dans *Proceedings of the ICPHS 2015*, Glasgow, Royaume-Uni, papier 195. Consulté le 2 avril 2024, de <https://www.internationalphoneticassociation.org/icphs-proceedings/ICPHS2015/Papers/ICPHS0195.pdf>.

Schuurman, I., Schoupe, M., Hoekstra, H., & Van der Wouden, T. (2003). CGN, an annotated corpus of spoken Dutch. Dans *Proceedings of 4th International Workshop on Linguistically Interpreted Corpora (LINC-03) at EACL 2003*, 101-108. <https://hdl.handle.net/11370/1d293b68-c826-4f68-8752-7fa1b06d48db>.

Spa, J. (1978). *Cours élémentaire de phonétique et de phonologie françaises*. Wolters-Noordhoff, Groningen, Pays-Bas. ISBN: 9001803865.

Storme, B. (2017). The loi de position and the acoustics of French mid vowels. *Glossa: a journal of general linguistics*, 2(1) : 64. DOI : <https://doi.org/10.5334/gjgl.300>.

Styler, W. (2017). On the acoustical features of vowel nasality in English and French. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 142(4), 2469-2482. DOI : <https://doi.org/10.1121/1.5008854>.

UCLA: Statistical Consulting Group. (2021). *Introduction to SAS*. Consulté le 12 mai 2024, de <https://stats.oarc.ucla.edu/sas/modules/introduction-to-the-features-of-sas/>

Universiteit Leiden. (2020). Onderwijs- en Examenregeling. Dans *Organisatiegids*. Consulté le 30 juin 2023, de <https://www.organisatiegids.universiteit leiden.nl/binaries/content/assets/geesteswetenschappen/oer/2020-2021/oer-2020-2021-ba-franse-taal-en-cultuur.pdf>

Universiteit Leiden. (2021). Onderwijs- en Examenregeling. Dans *Organisatiegids*. Consulté le 30 juin 2023, de <https://www.organisatiegids.universiteit leiden.nl/binaries/content/assets/geesteswetenschappen/oer/2021-2022/oer-2021-2022-ba-franse-taal-en-cultuur.pdf>

Universiteit Leiden. (2022). Onderwijs- en Examenregeling. Dans *Organisatiegids*. Consulté le 30 juin 2023, de <https://www.organisatiegids.universiteit leiden.nl/binaries/content/assets/geesteswetenschappen/oer/2022-2023/oer-2022-2023-ba-franse-taal-en-cultuur.pdf>

Van Heijst, L. (2022). *ANOVA Uitvoeren en Interpreteren (Stappenplan met GIF's)*. Scribbr. Consulté le 30 mai 2024, de <https://www.scribbr.nl/statistiek/anova/>.

Wells, J. (1997). SAMPA computer readable phonetic alphabet. Dans Gibbon, D., Moore, R. & Winski, r. (eds.), 1997. *Handbook of standards and resources for spoken language systems*, Berlin, Allemagne & New York, États-Unis, Mouton de Gruyter, IV (B), 684-732. Consulté le 2 avril 2024, de <https://www.phon.ucl.ac.uk/home/sampa/>.

## 10. Annexe

1. dataset\_memoire\_m\_beentjes.rar

[https://mbeenham1.stackstorage.com/s/dataset\\_memoire\\_m\\_beentjes](https://mbeenham1.stackstorage.com/s/dataset_memoire_m_beentjes)