

**UNIVERSITÉ DE PLOVDIV « PAISII HILENDARSKI »  
FACULTÉ DE PHILOGIE  
DÉPARTEMENT D'ÉTUDES ROMANES ET GERMANIQUES**

---

**Rosina Aleksieva Kakova**

**VOYELLES EN FRANÇAIS ET EN BULGARE –  
DESCRIPTION ACOUSTIQUE TENANT COMPTE  
DE L'INTÉGRATION PERCEPTIVE DE LEURS  
COMPOSANTES FRÉQUENTIELLES**

**RÉSUMÉ**

d'une thèse en vue de l'attribution du titre  
« docteur » en sciences de l'éducation et en sciences

Domaine de l'enseignement supérieur 2. Sciences humaines  
Domaine professionnel 2.1 Philologie  
Programme doctoral Langues romanes

**Directeur de thèse:** prof. Associé Roussi Nikolov Nikolov

Plovdiv, 2023 г.

La thèse « Voyelles en français et en bulgare – description acoustique tenant compte de l'intégration perceptive de leurs composantes fréquentielles » a été discutée et proposée pour une soutenance publique lors d'une réunion du Département d'études romanes et germaniques de la Faculté de philologie de l'Université de Plovdiv « Paisii Hilendarski » le 23 novembre 2023.

La thèse contient 142 pages informatiques standards et se compose d'une introduction, de trois chapitres, d'une conclusion, d'annexes et d'une bibliographie.

**Jury scientifique :**

Prof. Vanya Ivanova Zidarova

Prof. Maria Ilieva Ivanova

Prof. Assoc. Antoaneta Stefanova Dzhelyova

Prof. Assoc. Veska Kirilova Dimitrova

Prof. Assoc. Vladislav Vladkov Marinov

La soutenance de la thèse aura lieu le 22.02.2024 à 14h00 dans le Compass Hall de l'Université de Plovdiv « Paisii Hilendarski », Rectorat, rue « Tsar Asen » 24.

Le matériel pour la soutenance est disponible à la bibliothèque de l'université, Rectorat, rue « Tsar Asen » 24.

# SOMMAIRE

## Introduction

### 1. CHAPITRE PREMIER

#### L'état de la recherche sur les voyelles en français et en bulgare

- 1.1 Études théoriques de base dans le domaine de la phonétique acoustique
- 1.2 L'acoustique – la science de la génération, de la propagation et de l'enregistrement des sons
- 1.3 Caractéristiques des voyelles – aspects articulatoires, acoustiques et perceptifs
- 1.4 Termes clés de la phonétique acoustique
- 1.5 La coarticulation
- 1.6 Perception de la parole
- 1.7 Systèmes vocaux
- 1.8 Le système vocal français
- 1.9 Données acoustiques
- 1.10 Système vocal bulgare
- 1.11 Revue des études comparatives existantes

#### CONCLUSIONS

### 2. CHAPITRE DEUX

#### Caractéristiques méthodologiques de la description acoustique des voyelles

- 2.1 Évolution des outils technologiques
- 2.2 Outils technologiques en phonétique
- 2.3 Cadre théorique de l'expérience
- 2.4 Matériel empirique
- 2.5 Modèles de voyelles avec prise en compte de l'intégration perceptive
- 2.6 Modèles de voyelles sans prise en compte de l'intégration perceptive
- 2.7 Acquisition des caractéristiques phonétiques
- 2.8 Théories de l'apprentissage phonologique
  - 2.8.1 Théorie de l'interférence et de l'analyse du contraste
  - 2.8.2 Modèle d'apprentissage de la parole – SLM

2.8.3 Modèle d'assimilation perceptive – PAM

2.8.3.1 Modèle d'assimilation perceptive – L2

2.8.4 Aimant de la langue maternelle – NLM

CONCLUSIONS

### **3. CHAPITRE TROIS**

#### **Application des méthodes de description acoustique des voyelles à l'enseignement des langues étrangères**

3.1 Enseignement de la phonétique

3.2 Alphabet phonétique international

3.3 Triangle vocalique

3.4 Modèles d'articulation des sons de la parole

3.5 Spectrogrammes en temps réel

3.6 Norme phonétique

3.7 Méthodes d'enseignement des langues étrangères

3.8 Accent étranger

3.9 Phonétique corrective dans l'enseignement des langues étrangères

CONCLUSIONS

#### **Conclusion**

#### **Référence aux contributions scientifiques de la thèse**

#### **Annexes**

#### **Bibliographie**

## CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA THÈSE

L'objet de cette thèse porte sur les voyelles en français et en bulgare dans le discours des journalistes radio. Le but de cette étude est de faire une analyse comparative des résultats du modèle classique des voyelles et de la description acoustico-phonétique des voyelles, où les avantages du modèle classique à deux formants sont conservés : l'image de chaque voyelle est à nouveau un point dans un système de coordonnées planaires, et la configuration des voyelles est analogue au triangle acoustique dans le système de coordonnées F2/F1. La manière de déterminer la valeur du deuxième formant est différente, afin d'éviter de prendre en compte les valeurs maximales des formants d'une part, et l'inconvénient spécifique du modèle classique à deux formants d'autre part, à savoir la probabilité d'inadéquation des résultats.

Les tâches suivantes découlent de l'objectif susmentionné :

1. Examiner les recherches sur les voyelles en français et en bulgare en ce qui concerne leur structure acoustique afin d'établir l'état actuel et la nécessité de mener la présente étude.
2. Écouter les podcasts de la radio nationale française France Info et du programme de la radio nationale bulgare Horizon.
3. Créer un corpus linguistique à partir d'enregistrements d'interviews de journalistes de la radio nationale française France Info et de la radio nationale bulgare, programme « Horizon » et sélectionner les segments de discours appropriés en les transformant au format WAV.
4. Analyser la structure des formants des voyelles frontales françaises et bulgares en utilisant le modèle classique avec le module phonétique de TREFL en interaction avec le programme Speech Analyzer.
5. Analyser la structure des formants des voyelles frontales françaises et bulgares par la nouvelle méthode acoustico-phonétique avec le module phonétique de TREFL en interaction avec le programme Speech Analyzer.
6. Comparer les résultats des deux méthodes afin d'initier l'optimisation de l'acquisition de la prononciation correcte dans l'apprentissage des langues étrangères.

La méthodologie de l'étude est basée sur des analyses de recherche dans la principale littérature étrangère et bulgare sur les problèmes posés. L'analyse auditive et l'analyse acoustique par ordinateur avec les programmes TREFL et Speech Analyzer sont utilisées.

Une partie intégrante de l'apprentissage d'une langue étrangère est le développement d'habitudes et de compétences durables pour la reproduction correcte des phénomènes phonétiques nécessaires à la communication orale. Les chercheurs en phonétique disposent d'outils de pointe pour obtenir des données actualisées sur la prononciation des locuteurs. L'efficacité de ces outils, même s'il s'agit de technologies de l'information de pointe, dépend fortement de l'adéquation et de la pertinence des modèles linguistiques sous-jacents. Un bon modèle linguistique d'une unité de prononciation est une représentation qui est à la fois suffisamment adéquate et économique en termes de quantité d'informations qu'elle contient. Chaque son de la langue naturelle est un objet acoustique, extrêmement riche en fréquences d'intensité variable. Cependant, très peu de caractéristiques acoustiques et leurs corrélatifs perceptifs sont linguistiquement pertinents, c'est-à-dire importants pour l'identification de l'unité sonore qui a une fonction distinctive. Il a été démontré que seules deux valeurs numériques, dénommées F1 (premier formant) et F2 (second formant), suffisent généralement à identifier la voyelle. Ce modèle vocalique classique est largement utilisé pour décrire les systèmes vocaliques des langues naturelles, mais aussi dans les méthodes de correction de la prononciation. La description acoustico-phonétique se résume à la nécessité de prendre en compte des paramètres acoustiques d'importance perceptive dans l'acquisition des voyelles, à savoir le troisième formant. Son importance dans la modélisation acoustique des voyelles est particulièrement évidente lorsque l'on compare les voyelles bulgares aux voyelles françaises, en raison des correspondances acoustiques des premier et deuxième formants et, en même temps, d'un manque total de correspondance au niveau perceptif.

La pertinence de la question de la description acoustico-phonétique des sons vocaliques découle, d'une part, de son importance scien-

tifique et appliquée. L'acquisition d'une prononciation étrangère, associée à l'acquisition de nouvelles habitudes motrices, telles que les habitudes articulatoires, nécessite une pratique continue. De tels exercices n'aboutissent à des résultats positifs que si le sujet a un retour correct sur le résultat de ses actions, ce qui est un argument essentiel pour optimiser les méthodes d'enseignement de la prononciation des langues étrangères. Un autre argument essentiel pour la réalisation de cette étude est l'absence d'une analyse comparative moderne des voyelles en français et en bulgare en ce qui concerne leurs caractéristiques acoustiques, réalisée à l'aide d'un logiciel moderne. Les études sur la structure acoustique des voyelles françaises et bulgares remontent aux années 1970.

En revanche, la pertinence de la modélisation acoustico-phonétique des sons vocaliques est déterminée par sa complexité, qui est due à la complexité du concept de timbre – ce qui nous permet de distinguer auditivement deux sons de manière fonctionnelle, mais aussi ce que nous pouvons définir comme le « timbre » d'un son. Ce double caractère du timbre des sons de la parole implique la nécessité, dans leur modélisation linguistique, de prendre en compte la relation entre l'image acoustique et l'image perceptive correspondante du son, c'est-à-dire de prendre en compte le poids perceptif et l'intégration perceptive possible des différentes composantes de fréquence dans le spectre sonore.

La thèse se compose d'une introduction, de trois chapitres, d'une conclusion, d'une annexe et d'une bibliographie. La longueur totale de la thèse est de 142 pages standard. La bibliographie comprend 184 titres en bulgare, français et anglais.

L'introduction met l'accent sur la pertinence de la recherche, définit les principaux buts et objectifs, indique les méthodes utilisées et note l'importance théorique et pratique de l'étude.

Le premier chapitre (État de la recherche sur les voyelles en français et en bulgare) contient un aperçu de la littérature française et bulgare dans le domaine de la phonétique acoustique. Il retrace le développement de l'acoustique depuis ses origines jusqu'à aujourd'hui en

tant que branche de la physique qui étudie la génération, la propagation dans différents environnements et l'enregistrement du son, ainsi que tous les phénomènes qui l'accompagnent. Le son est défini comme des ondes mécaniques dont les fréquences sont comprises entre 16 et 20 000 hertz et qui peuvent être perçues par l'oreille humaine. En raison de sa nature, le son peut être considéré sous deux aspects : comme une perception psychophysique enregistrée par l'oreille humaine et comme un phénomène physique. Cela signifie que pour décrire les phénomènes sonores, il faut prendre en compte les deux types de caractéristiques du son : physiques et psychophysiques. Le spécialiste en phonétique expérimentale étudie l'onde sonore en tant que phénomène physique.

Compte tenu de la nature de la présente étude, qui englobe à la fois la description acoustique et la perception des voyelles, l'attention est également portée sur la psychoacoustique, qui étudie la relation entre ces deux aspects. Les caractéristiques des voyelles dans les aspects articulatoires, acoustiques et perceptifs sont examinées, ainsi que l'influence du phénomène de coarticulation sur les valeurs des formants. Le processus de perception de la parole et les différents modèles de perception du timbre des voyelles sont décrits. Les termes de base de la phonétique acoustique sont définis : spectre, formant, fréquence des formants, structure des formants, fréquence fondamentale du ton (F0), amplitude, durée, timbre, spectrogramme. En tant que phénomène physique, le son de la parole est le résultat du mouvement ondulatoire du milieu aérien provoqué par les oscillations des particules d'air. Pour avoir une sensation sonore, il faut que « les oscillations aient une certaine force et se déplacent dans la gamme de 16 à 20 000 Hz » (Boyadzhiev, Tilkov, 1999 : 16). Le flux d'air prend naissance dans les poumons lors de l'expiration, passe par la trachée et atteint les cordes vocales situées dans le larynx, qui le font vibrer. Les cavités pharyngée, buccale et nasale traversées par le flux d'air sont appelées résonateurs en raison de leur capacité à amplifier les fréquences du son complexe. Le canal vocal agit comme un système de résonance et « se caractérise par ses propres oscillations, qui sont amplifiées ou atténuées en fonction de la proximité de leurs fréquences



avec celles de l'onde qui passe » (Boyadzhiev, Tilkov 1999 : 21). La zone présentant la plus grande concentration d'énergie dans le canal vocal est appelée le formant (F). La fréquence moyenne de cette zone est la fréquence du formant. Les zones de fréquence améliorée sont nombreuses. Le formant ayant la fréquence la plus basse est appelé le premier formant (F1), le suivant le deuxième formant (F2), et ainsi de suite. L'ensemble des formants détermine la structure de chaque son. Tout son complexe peut être représenté comme une somme d'oscillations périodiques et non périodiques qui diffèrent en fréquence et en amplitude. Lorsque la forme d'onde sonore est constituée de mouvements rythmiques, on parle d'oscillations périodiques qui caractérisent les sons des voyelles. L'inverse est observé pour les sons consonantiques, qui sont définis par des oscillations non périodiques composées de vibrations aléatoires. La fréquence d'un son est déterminée par le nombre de doubles vibrations que le corps vibrant effectue en une seconde. Elle est désignée par F et mesurée en hertz (Hz). La fréquence à laquelle le corps entier vibre est appelée tonalité fondamentale, est désignée par F0 et est également mesurée en hertz (Hz). La fréquence des oscillations individuelles du corps vibrant est appelée harmonique. L'amplitude d'un son est définie comme la distance du corps vibrant par rapport à son point d'arrêt, est désignée par A et est mesurée en décibels. La durée d'un son est l'évolution de l'onde sonore dans le temps, mesurée en secondes (s). Les amplitudes, les fréquences et les phases des oscillations périodiques constituent le spectre sonore. Il est représenté par un graphique bidimensionnel de l'intensité et de la fréquence du son, dans lequel chaque ligne verticale représente une oscillation périodique. Le spectrogramme est un graphique tridimensionnel dans lequel les fréquences des formants sont situées le long de l'axe vertical, le temps le long de l'axe horizontal, et les lignes colorées indiquent l'intensité. Le timbre est la qualité d'un son qui permet de distinguer les sons de même fréquence, amplitude et durée. « Dans le cas des sons de la parole, le timbre est généralement compris comme incluant la structure des formants qui fournit la distinction acoustique entre les sons individuels » (Tilkov, Boyadzhiev, 1977 : 32).

Dans le premier chapitre, les systèmes vocaux français et bulgare sont présentés sous l'angle des différences au niveau articulatoire et acoustique et de leurs valeurs formantes de référence. Les études comparatives existantes sur les voyelles en français et en bulgare sont analysées. A la fin du premier chapitre, plusieurs conclusions significatives se dégagent. Les études comparatives des voyelles françaises et bulgares en ce qui concerne leur structure acoustique remontent aux années 1970 ; 2. L'application de méthodes innovantes pour l'acquisition d'une prononciation correcte est essentielle pour l'amélioration de l'enseignement des langues vivantes ; 3. Les recherches existantes sur la structure acoustique des voyelles sont basées sur des techniques classiques qui sont « à la traîne » par rapport au progrès technologique ; 4. Il n'existe pas d'étude comparative moderne des voyelles en français et en bulgare en ce qui concerne leurs caractéristiques acoustiques, réalisée à l'aide de logiciels modernes.

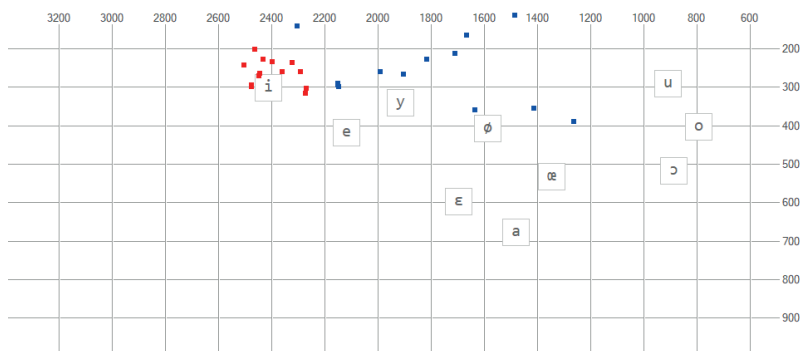
Le deuxième chapitre de la thèse (Caractéristiques méthodologiques de la description acoustique des voyelles) décrit et justifie expérimentalement la description phonéto-acoustique des voyelles qui, d'une part, a une orientation purement pratique en vue de son application dans l'enseignement des langues étrangères et, d'autre part, présente une étude de valeur scientifique. Au début, le développement des outils technologiques est retracé. La collaboration entre l'ingénierie et la phonétique a permis de créer des programmes d'analyse de précision qui sont applicables à la fois d'un point de vue scientifique et d'un point de vue pratique. Des programmes tels que *Win Pitch*, *Speech Analyzer*, *Praat*, *Speech Filing System*, *Real-time Spectrum*, *Real-time Spectrogram* sont largement utilisés en phonétique expérimentale et dans l'apprentissage des langues en tant qu'outils professionnels pour l'analyse acoustique de la parole, préenregistrée ou en temps réel. Pour cette étude, le module phonétique de *TREFL – Translation REFERENCE Library*, conçu et créé par mon directeur de thèse Maître de conférence Roussi Nikolov. L'utilisation en parallèle du logiciel *Speech Analyzer* élargit les possibilités d'analyse et d'évaluation de la parole et fournit un retour d'information sur les caractéristiques des sons. Cette confi-

guration logicielle permet de prendre en compte la variabilité considérable des valeurs des premiers et seconds formants et, compte tenu des besoins de l'apprentissage des langues, d'adapter le modèle acoustique classique des voyelles aux caractéristiques anatomiques individuelles et aux habitudes articulatoires durables de l'apprenant. *Speech Analyzer*, en combinaison avec *TREFL*, offre un certain nombre d'avantages par rapport à d'autres programmes. Il permet de rapporter rapidement les valeurs des formants de manière interactive via le spectrogramme de la voyelle ou le graphique du spectre. Le programme fournit une représentation graphique des valeurs moyennes des voyelles examinées, et l'utilisateur sélectionne les résultats fiables et peut effectuer un grand nombre de mesures à interpréter. Il est possible de créer et d'enregistrer une série de conversions vocales. Les résultats présentés ont une valeur descriptive de la voyelle et peuvent être appliqués en pratique dans l'apprentissage des langues. Le cadre théorique et l'objectif de l'expérience sont décrits. La description acoustico-phonétique est réduite à la nécessité de prendre en compte des paramètres acoustiques d'importance perceptive dans la modélisation acoustique des voyelles, à savoir le troisième formant. Selon Nguyen et Adda-Decker, « la prise en compte du troisième formant dans les voyelles peut s'avérer utile, en particulier dans les langues où l'arrondi des lèvres est un trait distinctif, comme c'est le cas en français, en allemand ou en suédois, par exemple » (Nguyen, Adda-Decker, 2013 : 245). L'influence du troisième formant sur l'évaluation perceptive des voyelles a été établie par Chistovich et Lublinskaja (Chistovich et Lublinskaja, 1979 : 185), qui ont montré que les auditeurs intègrent deux pics spectraux si la différence de fréquence entre eux ne dépasse pas 3 – 3,5 Bark. L'échelle des écorces est définie de telle sorte que les bandes critiques de l'audition humaine ont une largeur d'une écorce. En représentant l'énergie spectrale sur cette échelle, on obtient une correspondance plus étroite avec le traitement de l'information spectrale dans l'oreille. L'échelle va de 1 à 24 écorces, ce qui correspond aux 24 premières bandes critiques de l'audition. Expérimentalement, il a été constaté que « la voyelle frontale la plus fermée [i] en anglais est très proche et

coïncide souvent dans l'espace acoustique F2-F1 avec la voyelle frontale semi-fermée [e] ou la voyelle frontale fermée mais arrondie [y] en français. Ces correspondances sont le résultat des circonstances suivantes. Les voyelles françaises sont extrêmes dans leurs caractéristiques : les frontales sont maximalelement frontales, les fermées sont maximalelement fermées, etc. Cela détermine la correspondance acoustique mentionnée ci-dessus, ce qui compromet le modèle à deux formants. Même lorsqu'il y a une correspondance acoustique complète sur les deux formants entre ces voyelles, l'analyse auditive montre sans équivoque que les voyelles sont différentes, et que les voyelles sont différentes, car l'arrondissement des lèvres entraîne objectivement une diminution de la valeur non seulement du deuxième mais aussi du troisième formant » (Nikolov 2016 : 44). Dans ces cas problématiques, sous certaines conditions, selon les mesures effectuées par Chistovich et Lyublinskaya, l'intégration perceptive de deuxième et troisième formants en un seul formant psychoacoustique est rapportée comme le « centre de gravité ». L'influence du troisième formant ne peut pas être ignorée compte tenu du lien fonctionnel entre la description acoustique des voyelles et leur évaluation perceptive. L'acquisition d'une meilleure prononciation dans une langue étrangère n'est pas impossible si l'on applique une approche technologique qui offre un retour d'information adéquat sur les mouvements articulatoires des locuteurs. Dans la nouvelle méthode, l'intégration perceptive est déterminée en fixant la moyenne des deux zones de formants adjacentes, et pas seulement les valeurs de crête. Les résultats expérimentaux sont en pratique plus précis, du fait que la valeur moyenne est obtenue sur la base d'informations spectrales complètes. Compte tenu de l'exclusion des valeurs de crête des formants, ces données sont également plus fiables.

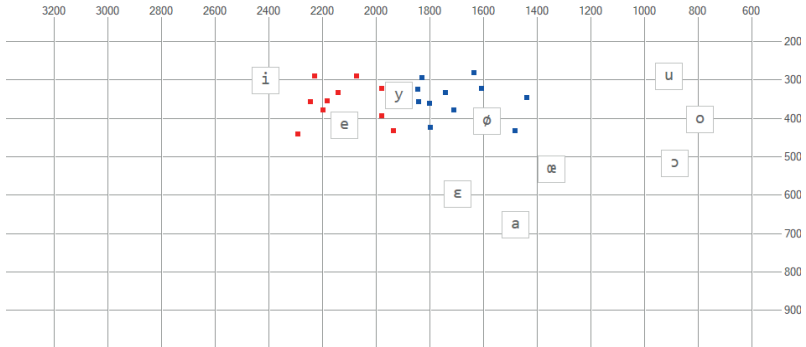
Pour l'étude des voyelles françaises, des enregistrements d'interviews de personnalités célèbres par le journaliste Jean François Achilli, diffusés par la radio nationale française France Info, ont été utilisés. Le discours radiophonique est une manifestation spécifique de la communication orale qui respecte la norme orthographique de la langue concernée et une prononciation intelligible. Le principal matériel empirique consistait en des fichiers sonores à partir desquels des

segments de parole appropriés ont été sélectionnés au format WAV. Les résultats expérimentaux se réfèrent aux voyelles frontales non arrondies [i] et [e]. Ces voyelles sont caractérisées par une grande distance acoustique entre les deux premiers formants et les deuxième et troisième formants proches, où la différence de fréquence ne dépasse pas 3-3,5 Bark, c'est-à-dire que la condition pour une intégration perceptive possible des composantes spectrales est remplie. Dans un premier temps, nous menons l'expérience avec les productions de voyelles [i]. En utilisant le module phonétique de *TREFL*, en interface avec le programme *SIL Speech Analyzer*, chaque segment de parole a d'abord été examiné en utilisant la méthode traditionnelle. Dans le graphique, les productions de la voyelle examinées par cette méthode sont représentées en bleu, et les productions examinées par la méthode acoustique-phonétique sont représentées en rouge. La possibilité de délimiter les voyelles avec des couleurs différentes est une caractéristique de *TREFL* qui illustre les résultats des deux méthodes. Les différentes productions de la voyelle [i] en bleu sont espacées les unes des autres et de la représentation de cette voyelle sur le graphique. Les productions en rouge sont plus proches les unes des autres et se situent autour de l'image de la voyelle, ce qui constitue une preuve indéniable de la précision des résultats expérimentaux obtenus par la méthode acoustico-phonétique.



**Figure 1.** Structure des formants de la voyelle française [i] modèle classique – couleur bleue, modèle acoustico-phonétique optimisé – couleur rouge

L'étape suivante de l'expérience concerne les productions de la voyelle [e]. Chaque segment de parole contenant cette voyelle est étudié avec la méthode classique et avec la nouvelle méthode, les images en bleu étant dispersées sur le graphique et celles en rouge se rapprochant de l'image de la voyelle sur le graphique.



**Figure 2.** Structure formantique de la voyelle française [e] modèle classique – couleur bleue, modèle acoustico-phonétique optimisé – couleur rouge

L'analyse comparative des graphiques obtenus par les différentes méthodes montre en pratique que le second modèle, qui tient compte de l'intégration perceptive, est plus adéquat, c'est-à-dire qu'il reflète mieux la réalité. Au cours de l'étude des segments de parole individuels, le programme TREFL fournit des informations sur les valeurs des premiers formants F1 et des seconds formants F2, les données étant séparées en lignes distinctes pour chacune des deux méthodes appliquées. Il s'agit d'une autre possibilité d'analyse comparative des résultats expérimentaux. Pour les différentes productions de la voyelle [i], les valeurs des formants sont présentées dans le tableau 1. Pour la voyelle [e], les valeurs des formants sont présentées dans le tableau 2. Les niveaux F2 plus élevés dans le nouveau modèle acoustico-phonétique reflètent la moyenne pondérée des deux zones de formants adjacentes, qui incluent toutes les fréquences harmoniques dans la zone de formants et dans la zone entre les formants, et pas seulement leurs valeurs de crête.

**Tableau 1.** Valeurs formantiques du rapport pour la voyelle [i]

	Modèle classique		Modèle acoustique-phonétique optimisé	
	F1	F2	F1	F2
<i>aujourd'hui</i>	354	1413	354	1841
<i>demi</i>	267	1902	271	2448
<i>écrit</i>	298	2146	298	2476
<i>épidémie</i>	264	1764	260	2395
<i>mari</i>	260	1992	263	2444
<i>parti</i>	213	1708	212	2093
<i>pays</i>	228	1817	228	2432
<i>puit</i>	141	2303	141	2880
<i>qui</i>	164	1666	165	2485
<i>surprise</i>	358	1634	362	2030
<i>y</i>	114	1485	113	1788

**Tableau 2.** Valeurs formantiques du rapport pour la voyelle [e]

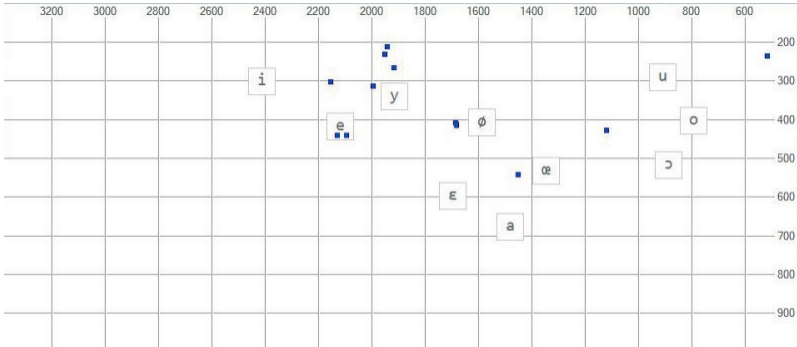
	Modèle classique		Modèle acoustique-phonétique optimisé	
	F1	F2	F1	F2
<i>diviser</i>	357	1841	354	2182
<i>liberté</i>	432	1481	432	1879
<i>majorité</i>	378	1709	378	2196
<i>nécessité</i>	424	1796	425	2662
<i>poussée</i>	346	1437	346	1810
<i>santé</i>	295	1827	291	2071
<i>sécurité</i>	334	1740	334	2140
<i>sujet</i>	322	1606	323	1978
<i>travaillé</i>	282	1634	282	2305
<i>vacciné</i>	362	1799	357	2243
<i>arraché</i>	381	1740	387	2134

En intégrant cette technique dans l'enseignement des langues étrangères, l'acquisition d'une bonne prononciation sera optimisée par l'obtention d'un retour d'information adéquat sur l'effet perceptif des mouvements articulatoires des locuteurs. Le modèle acoustique-phonétique optimisé peut être considéré comme une sorte d'approche innovante dans l'acquisition de la prononciation en langue étrangère.

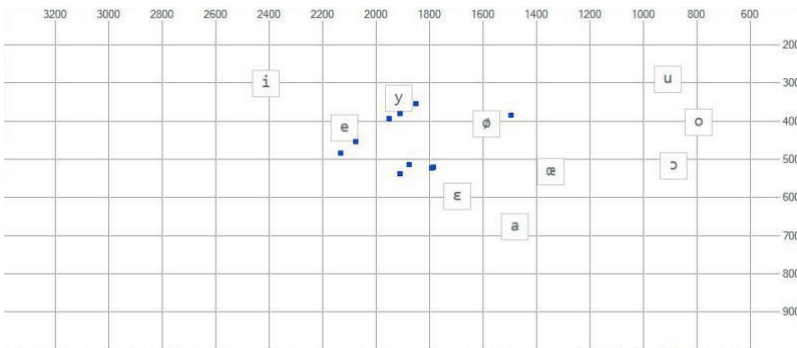
A partir du cadre comparatif défini dans cette thèse, nous sommes fondés à appliquer la méthodologie décrite ci-dessus au système vocalique du bulgare. L'examen de la recherche sur les voyelles au chapitre 1 souligne les caractéristiques acoustiques les plus significatives des voyelles bulgares par rapport aux voyelles françaises, et en particulier des voyelles pré-linguistiques [i] et [e]. Leur structure de formants dans la langue bulgare est sensiblement différente en ce qui concerne les valeurs du deuxième formant en particulier, malgré l'apparente similitude au niveau perceptif. Les voyelles bulgares n'atteignent jamais les valeurs élevées du deuxième formant F2 des voyelles françaises. Sur la base de cette caractéristique acoustique, pour modéliser la structure des formants des voyelles bulgares, la méthode classique fournit des résultats relativement pertinents. Pour l'étude, des enregistrements de la Radio nationale bulgare ont été utilisés. Il s'agit d'un média national dont les traditions et le professionnalisme en matière de présentation d'émissions d'information objectives sont bien établis. Les fichiers sonores ont été segmentés et les voyelles bulgares [i] et [e] ont été examinées avec le module phonétique de *TREFL*, en interaction avec le programme *SIL Speech Analyzer* selon la méthode traditionnelle. Compte tenu de la nature comparative de la présente étude, les voyelles bulgares sont représentées dans le triangle acoustique des voyelles françaises, où l'on observe la correspondance acoustique suivante : la voyelle frontale la plus fermée [i] en bulgare est très proche de la voyelle frontale semi-fermée [e] en français et correspond souvent parfaitement à cette dernière dans l'espace acoustique F2-F1. Les deux voyelles sont qualifiées d'arrondies, mais en réalité, la voyelle française est considérablement plus arrondie que la voyelle bulgare et est prononcée avec une large ouverture et des bords de lèvres espacés. Lors de la prononciation du bulgare [i], les lèvres adoptent une position neutre. Les correspondances acoustiques établies expérimentalement avec le modèle classique à



deux formants entrent d'une part en conflit avec les jugements perceptuels, mais contribuent d'autre part à distinguer les caractéristiques articulatoires des voyelles. Cette conclusion pourrait se traduire par une approche relativement efficace de l'acquisition des caractéristiques phonologiques des voyelles dans le cadre de l'apprentissage d'une langue étrangère.



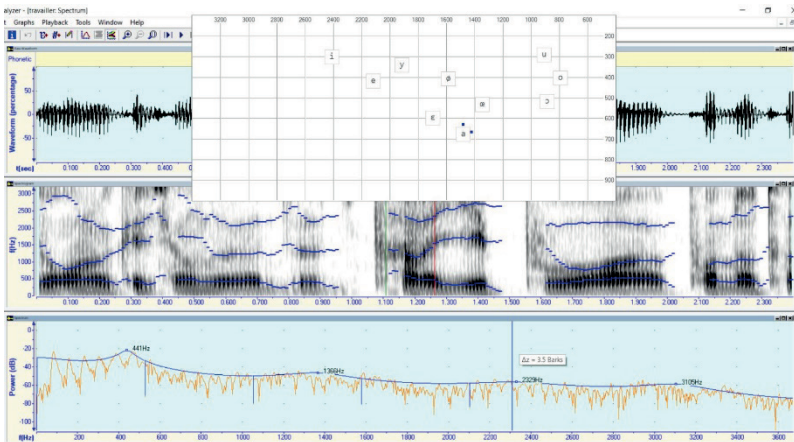
**Figure 3.** Structure formantique de la voyelle bulgare [i] dans le triangle acoustique des voyelles françaises



**Figure 4.** Structure formantique de la voyelle bulgare [e] dans le triangle acoustique des voyelles françaises

Les productions de la voyelle bulgare [e] dans le triangle acoustique des voyelles françaises mettent en évidence la place différente de la voyelle par rapport à la voyelle française [e]. Les voyelles françaises [a] et [o] ont également été étudiées, avec un regroupement des

deux premiers formants en dessous de 1000 Hz dans les voix masculines ( $F2-F1 < F3-F2$ ). Ces voyelles correspondent, d'un point de vue perceptif, à des voyelles dites « sombres » ou « basses », pour lesquelles seuls  $F1$  et  $F2$  ont un poids perceptif, c'est-à-dire que la condition d'intégration perceptive des composantes spectrales n'est pas remplie. Dans la méthode classique, la production de chaque voyelle est un point dans le système de coordonnées  $F1/F2$ . Dans la méthode acoustique-phonétique optimisée, le logiciel signale le dépassement de la limite jusqu'à laquelle l'intégration perceptive est permise, à savoir 3 – 3,5 Bark (Figure 5).



**Figure 5.** Structure formante de la voyelle française [a] – méthode acoustique-phonétique optimisée

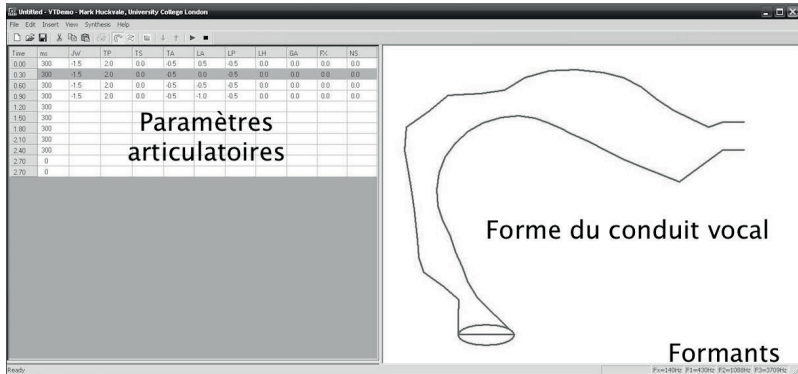
L'objectif principal de toute modélisation d'objets complexes et à composantes multiples, tels que les sons de la parole, est de trouver un rapport optimal et approprié entre l'adéquation fonctionnelle et l'applicabilité pratique du modèle. Les résultats obtenus expérimentalement montrent que le nouveau modèle acoustico-phonétique n'est pas plus difficile à appliquer dans la pratique que le modèle classique à deux formants des voyelles, mais qu'il est plus proche de la réalité modélisée, compte tenu du phénomène d'intégration perceptuelle des formants adjacents et suffisamment proches en fréquence.

La question de l'acquisition des caractéristiques phonétiques est abordée en définissant les étapes du processus d'acquisition d'une langue étrangère et les mesures acoustiques impliquées. Les difficultés rencontrées par les apprenants de français langue étrangère dans la prononciation des voyelles peuvent s'expliquer de plusieurs manières. Crothers (Crothers, 1978), travaillant sur une base de données de 209 langues du Stanford Phonological Archiving Project (UPSID), n'a trouvé que sept langues avec plus de neuf qualités de voyelles de base. En français moderne, dix qualités différentes de voyelles orales ont été définies, les contrastes étant basés non seulement sur la caractéristique antérieure/postérieure, mais aussi sur le degré d'aperture et de labialité. Une autre caractéristique de la langue française qui pose problème est la nature continue de la parole, qui empêche une description précise de la configuration des organes de la parole dans la prononciation des voyelles, en particulier des voyelles ouvertes (Kamiyama, Vaissière, 2009). En raison des capacités de compensation des organes, un même son vocalique peut être généré par différentes configurations articulaires. Par exemple, l'allongement de la cavité frontale, qui se traduit par une diminution de la fréquence des formants, peut être produit par une rétraction de la langue, par une protrusion de la langue, par un arrondissement des lèvres, ou par les trois simultanément (Vaissière, 2006).

Les principales théories de l'apprentissage phonologique sont présentées. Les théories traditionnelles de l'apprentissage phonologique, telles que la théorie de l'interférence et l'analyse contrastive, sont basées sur le concept de phonème et de caractéristiques phonologiques pour expliquer les difficultés d'apprentissage d'un nouveau système sonore. En revanche, les théories plus récentes s'appuient sur des unités concrètes dotées d'une structure phonologique complexe (McAllister, 1998). Étant donné que chaque phonème a de multiples réalisations possibles, les difficultés constatées dans l'analyse acoustique-perceptuelle sont plus détaillées que celles prédites par l'analyse contrastive. Parmi les modèles les plus récents fréquemment cités, citons le Speech Learning Model de Fledge (1995), le Perceptual Assimilation Model de Best (1995) et le Native Language Magnet de Kuhl et Iverson (1995).

Le chapitre trois de la thèse (Application des méthodes de description acoustique des voyelles à l'apprentissage des langues étrangères) examine les possibilités d'optimisation des méthodes d'enseignement de la phonétique. Les enseignants évitent souvent les exercices de phonétique, en particulier avec les apprenants novices (Fernandez, 2012 : 72). Si l'enseignement de la phonie est considéré comme difficile, c'est parce qu'il demande beaucoup de préparation et de connaissances de la part de l'enseignant. Selon Delattre (Delattre 1944 : 114), l'enseignant doit « prévoir les difficultés d'articulation et de diction des élèves ». Pour cela, il faut savoir décrire la langue de l'apprenant et la langue enseignée, d'un point de vue physiologique (positions, mouvements des organes de la parole) et d'un point de vue acoustique (timbre des sons, transposition des syllabes, rythme, intonation, place et caractère de l'accent, etc.) Il est également nécessaire de connaître l'essentiel des lois et des tendances qui déterminent la prononciation moderne de la langue étudiée». Les professeurs de phonétique des langues étrangères utilisent souvent l'Alphabet Phonétique International (API) et le triangle vocalique pour décrire les systèmes sonores. Il s'agit d'aides traditionnelles faciles à utiliser, mais qui peuvent également entraîner des erreurs de prononciation, en créant l'illusion que deux sons, l'un de la langue maternelle et l'autre de la langue étrangère, sont identiques lorsqu'ils sont désignés par le même symbole phonétique pour leur transcription. Une meilleure perception des caractéristiques acoustiques des sons et de la relation acoustique-articulatoire est possible grâce aux spectrogrammes et aux modèles articulatoires en temps réel. Ces modèles représentent un très bon mécanisme pédagogique pour la perception des lois acoustiques abstraites, grâce auquel les apprenants saisissent facilement la relation entre la forme du conduit vocal et les effets acoustiques (Arai, 2001). VTCalcs (Vocal Tract Calculations) est un logiciel de représentation des caractéristiques articulatoires et acoustiques des sons. Il est basé sur le modèle articulatoire de C. Maeda, développé à partir de l'analyse de 1000 images du conduit vocal prises lors de l'énonciation de dix phrases françaises par deux locuteurs (Maeda, 1989 : 133). VTDemo – Vocal Tract Acoustics Demonstrator est une extension de VTCalcs. Il permet de déterminer la fréquence fondamentale en sélectionnant une voix

d'homme, de femme ou d'enfant. L'interface du logiciel (Figure 6), montre les paramètres d'articulation (à gauche), la forme du conduit vocal (à droite) et les formants des sons résultants (en bas à droite).



**Figure 6.** Interface graphique du logiciel VTDemo

Les principales méthodes existantes pour l'enseignement des langues étrangères sont analysées. Dans la méthode traditionnelle, l'objectif principal est de donner accès à des textes littéraires. La prononciation est maîtrisée par apprentissage par cœur. La méthode directe est une méthode active et inductive dans laquelle seule la langue étrangère est appliquée dès la première leçon. L'enseignant utilise des gestes, des mimiques et des dessins. L'expression orale joue un rôle essentiel et tous les manuels proposent une transcription phonétique. Dans la méthode audio-orale, les apprenants reproduisent de manière intensive les schémas de la langue orale. Selon la méthode phonétique intégrale, le cours de français idéal pour débutants est basé sur des supports soigneusement sélectionnés et présente les difficultés phonétiques de manière progressive, en s'intéressant d'abord à la prosodie et aux principes généraux de l'articulation, puis aux sons individuels intégrés dans des unités de sens. Ce cours de français pour débutants évite l'utilisation de supports écrits pour éviter le contact d'un son avec un symbole particulier, et pour encourager l'association directe du son avec le sens. Lorsque l'élève maîtrise bien la prononciation d'un mot ou d'une phrase, il peut commencer à en apprendre l'orthographe. De-

lattré (Delattre, 1947) a réalisé un guide d'introduction à l'enseignement pratique du français basé sur la méthode phonétique intégrale. L'objectif principal de la méthode communicative est la capacité à communiquer dans des situations quotidiennes (Puren, 2006). En conséquence, les exercices de prononciation sont moins nombreux et l'enseignement de la phonétique est progressivement abandonné.

La question de l'accent étranger est une composante obligatoire du processus d'acquisition d'une langue étrangère. On peut se demander dans quelle mesure un locuteur natif peut acquérir une langue étrangère parfaitement parlée. Les facteurs sont nombreux : l'âge de l'étudiant, son lieu de résidence, la manière dont il apprend la langue étrangère, s'il fait régulièrement des exercices de phonétique, etc. Un accent étranger peut être défini comme un écart par rapport aux stéréotypes des locuteurs natifs (Clarke, Garrett, 2004). Il est le plus souvent associé à la notion de différence (Derwing, Munro, 2009). Selon Scovel (Scovel, 1978), il s'agit d'un marqueur phonologique qui indique que le locuteur n'est pas un locuteur natif. La plupart des auteurs utilisent la notion d'accent étranger pour souligner une différence de prononciation. L'accent étranger est plus clairement reconnu dans les phrases que dans les mots individuels. Major (1987) fait la distinction entre le stress global, qui est perçu au niveau de la phrase, et le stress local, qui est perçu au niveau du mot. Il a mené une expérience avec 53 étudiants brésiliens et sept étudiants américains qui prononçaient des mots individuels, des phrases et des textes courts en anglais. Dix Amérindiens ont évalué le degré d'accent étranger au niveau global sur une échelle de 1 à 256 et ont fait passer un test de reconnaissance des séquences [ɛt] et [æt], en évaluant le degré d'accent étranger sur une échelle de 1 à 5. Les résultats ont montré que, selon les locuteurs natifs anglais, les étudiants brésiliens prononçaient les mots isolés de manière plus authentique que les phrases entières, alors que pour les étudiants américains, le résultat était inverse. Van Wijngaarden (2002) a observé que les sons isolés prononcés par des locuteurs non natifs ne se distinguent pas aussi distinctement que lorsqu'ils sont en contexte. Dans le flux de la parole, ils sont plus reconnaissables sous l'influence du contexte. Parmi les facteurs les plus cités qui déterminent le degré d'accent étranger figurent l'âge au début de l'apprentissage, la qualité

du matériel enseigné, le fait de vivre dans un environnement de langue étrangère, le sexe, etc.

La correction phonétique fait partie intégrante de l'apprentissage des langues. L'objectif de la phonétique corrective est de corriger les erreurs de prononciation des sons dans l'enseignement des langues étrangères. C'est sur ce principe que se fondent la plupart des manuels de phonétique. Certains sont de nature générale et s'adressent au grand public, tandis que d'autres sont destinés à des groupes linguistiques spécifiques. Les sons problématiques sont généralement abordés à l'aide d'exercices conçus pour aider l'apprenant à les maîtriser au fil du temps. Outre le travail de correction des erreurs de prononciation des sons, le spécialiste de la phonétique corrective inclut également des activités liées à la prosodie, c'est-à-dire au rythme et à l'intonation, que l'on peut définir conventionnellement comme une enveloppe sonore globale dans laquelle les séquences de segments sont regroupées selon des règles d'organisation propres aux différentes langues. La phonétique corrective ne se limite pas à la correction des voyelles et des consonnes. Elle possède un riche potentiel qu'il convient d'explorer, d'exploiter et de développer. Les exercices de phonétique corrective s'appuient sur plusieurs méthodes : la méthode verbo-tonale d'intégration phonétique (MVT), la méthode articulatoire (MA) et la méthode des oppositions phonologiques.

Le concept éducatif moderne de l'apprentissage d'une langue étrangère donne la priorité à l'enseignement de la langue parlée, puisque dans l'enseignement et l'apprentissage d'une langue étrangère, « la prononciation est l'une des conditions préalables de base pour une communication orale réussie » (Stefanova 2007 : 131). L'apprentissage de la prononciation est traditionnellement considéré comme faisant partie du comportement productif des apprenants en matière d'expression orale, comme une « partie naturelle du développement des compétences d'expression orale » (Shopov 2005 : 82). La principale difficulté dans l'apprentissage d'une langue étrangère est la rencontre avec un nouveau système phonologique, dont la maîtrise exige de l'apprenant qu'il acquière de nouvelles habitudes articulatoires différentes de celles de sa langue maternelle. Le processus d'automatisation est primordial car les mouvements articulatoires sont effectués de manière

inconsciente. L'apprenant « doit apprendre à prononcer correctement les sons et phonèmes étrangers, en accordant une attention particulière aux sons difficiles pour les Bulgares ». Dans l'enseignement des langues étrangères, il faut développer et automatiser de nouvelles stratégies articulatoires et d'écoute qui s'ajoutent à celles déjà formées dans la langue maternelle, ce qui est particulièrement difficile » (Stefanova, 2007 : 131). L'apprentissage correct des habitudes articulatoires non natives garantit la réalisation de l'un des principaux objectifs de l'apprentissage d'une langue étrangère, à savoir l'acquisition d'une prononciation suffisamment bonne de la langue étrangère apprise. Shopov (Shopov, 2005) définit deux niveaux dans le processus d'acquisition de la prononciation. Le premier niveau est celui de l'intelligibilité générale minimale, c'est-à-dire l'objectif le moins ambitieux à atteindre. Il implique la maîtrise des phonèmes, des schémas d'intonation et de l'accentuation. L'objectif plus ambitieux, ou le deuxième niveau d'acceptabilité élevée, implique la maîtrise d'une prononciation aussi proche que possible de l'authentique. L'objectif est « la maîtrise des règles phonétiques et phonologiques qui rapprochent le discours de l'apprenant de la prononciation des locuteurs natifs » (Shopov 2005 : 83). La comparaison entre les systèmes vocaux natifs (bulgares) et étrangers (français) facilite le processus d'acquisition par les apprenants d'une prononciation acceptable du français, dans la mesure où elle est effectuée de manière consciente. L'identification des similitudes et des différences entre les deux systèmes est une étape de l'analyse comparative qui permet, d'une part, de prévoir les difficultés et les erreurs et, d'autre part, de les corriger et de les surmonter grâce à l'utilisation d'une méthode informatique moderne. Sur la base du concept moderne d'apprentissage des langues étrangères, nous concluons que les méthodes existantes de correction phonétique s'avèrent imparfaites. En pratique, le modèle de description acoustique des voyelles décrit dans le chapitre 2, avec prise en compte de l'intégration perceptive, est une méthode innovante pour l'acquisition optimisée d'une bonne prononciation en obtenant un retour approprié sur l'effet perceptif des gestes articulatoires de l'apprenant. Son intégration dans les exercices phoniques correctifs est une réponse adéquate aux besoins de l'apprentissage des langues vivantes.



Il est difficile de définir le niveau phonétique exact de l'apprenant. Le Cadre européen commun de référence pour les langues (CE-CRL) définit les compétences et les niveaux des langues européennes. Ce cadre est le résultat d'une dizaine d'années de travail initié par le Conseil de l'Europe et a été préparé par un certain nombre de spécialistes européens des langues. Il présente une approche qui place l'apprenant au centre du processus d'apprentissage. Dans le Cadre européen commun de référence pour les langues, la compétence phonétique est présentée comme faisant partie de la compétence phonologique, et cette dernière présuppose des connaissances et des aptitudes à percevoir et à produire : les unités sonores de la langue (phonèmes) et leurs manifestations spécifiques dans différents contextes (allophones), les caractéristiques phonétiques qui distinguent les phonèmes (traits distinctifs, par exemple : sonorité, nasalité, occlusion), les caractéristiques de la langue et de l'environnement, les caractéristiques de la langue et de l'environnement, les caractéristiques de la langue. sonorité, nasalité, occlusivité, labialité), la composition phonétique des mots (structure des syllabes, ordre des phonèmes, accentuation des mots, intonation des mots, assimilation, élongation), la prosodie ou la phonétique de la phrase, les changements phonétiques (réduction des voyelles, formes fortes et faibles, assimilation, élision). Immédiatement après la présentation de la compétence phonologique, une échelle permet de déterminer les niveaux de compétence en matière de prononciation et d'intonation.

A1 : la prononciation d'un ensemble très limité de mots et de phrases mémorisés peut être comprise avec un certain effort par des locuteurs natifs habitués au langage spécifique du groupe linguistique du locuteur.

A2 : Malgré un fort accent étranger, la prononciation est généralement suffisamment claire pour comprendre ce qui est dit, mais l'interlocuteur peut parfois demander à répéter.

B1 : La prononciation est clairement compréhensible, bien qu'un accent étranger soit parfois perceptible et que des erreurs de prononciation se produisent.

B2 : La prononciation et l'intonation sont claires et naturelles.

C1 : Peut utiliser une variété d'inflexions et placer correctement l'accent principal dans une phrase pour exprimer des nuances subtiles de sens.

C2 : Comme C1.

Certains auteurs ont critiqué les niveaux de compétence en prononciation et en intonation décrits de cette manière et les ont jugés peu fiables. D'autres chercheurs notent que l'accent est mis sur la compréhension de ce que les apprenants prononcent (Harmegnies, Delvaux 2005). De la prononciation d'un ensemble très limité de mots et de phrases mémorisés au niveau A1, on passe à une prononciation suffisamment claire au niveau A2. Au niveau B1, la prononciation est déjà clairement intelligible et au niveau B2, l'utilisateur maîtrise une prononciation et une intonation claires et naturelles. Au niveau C2, l'utilisateur maîtrise différentes intonations et peut donner différentes nuances de sens grâce à l'accentuation. Il est recommandé de combiner les méthodes traditionnelles et modernes pour maîtriser la prononciation d'une langue étrangère. La lecture phonétique à haute voix, l'utilisation de textes transcrits phonétiquement, les types d'exercices phonétiques font partie des moyens connus de longue date, de nature plutôt mécanique et inconsciente, et donc inefficaces. L'écoute de discours authentiques à partir d'enregistrements audio et vidéo, c'est-à-dire par des moyens techniques, est représentée par les technologies modernes. Aucune mention n'est faite des technologies de l'information et de la communication, et en particulier de l'ordinateur personnel, en tant que représentant de la dernière génération de moyens technologiques d'apprentissage.

A la fin du troisième chapitre, les conclusions suivantes sont synthétisées. 1. Nous examinons les causes et la nature des difficultés rencontrées dans l'enseignement de la phonétique. Nous attirons l'attention sur les principaux outils qui soutiennent l'activité de l'enseignant de phonétique, à savoir l'Alphabet Phonétique International, le triangle vocalique, les schémas articulatoires des sons et les spectrogrammes en temps réel ; 2. La question de la norme phonétique est également abordée, compte tenu des nombreuses variantes du français, et les différentes méthodes d'enseignement de la langue sont présentées; 3.

L'accent étranger est un élément essentiel dans le processus d'acquisition des caractéristiques phonétiques. Les facteurs qui l'influencent sont décrits: l'âge, la qualité du matériel enseigné, le type d'enseignement et les facteurs personnels. Afin d'épuiser le sujet et de donner à la thèse un aspect complet, nous nous intéressons à la phonologie corrective, dont l'objectif est de corriger la mauvaise prononciation des sons. Enfin, nous introduisons le Cadre européen commun de référence pour les langues, qui est le principal outil d'évaluation et de détermination du niveau de compétence phonologique.

## CONCLUSION

Cette thèse justifie l'adéquation d'une approche acoustico-phonétique optimisée pour la description des voyelles par une analyse comparative des composantes fréquentielles des voyelles en français et en bulgare. Les avantages du modèle classique à deux formants sont conservés : l'image de chaque voyelle est à nouveau un point dans un système de coordonnées planaires, et la configuration des voyelles est analogue au triangle acoustique dans le système de coordonnées  $F2/F1$ . La façon de déterminer la valeur du deuxième formant est différente afin d'éviter de prendre en compte les valeurs maximales des formants d'une part et l'inconvénient spécifique du modèle classique à deux formants d'autre part, à savoir la probabilité d'inadéquation des résultats.

La nouvelle modélisation acoustico-phonétique des voyelles prend en compte des paramètres acoustiques ayant une signification perceptive, à savoir le troisième formant. Ce modèle a une orientation purement pratique en vue de son application dans l'enseignement des langues étrangères et une valeur scientifique en tant qu'étude des caractéristiques acoustiques du système vocal bulgare et français à l'aide d'un logiciel moderne.

L'enseignement des caractéristiques phonétiques n'est pas toujours approfondi et est parfois négligé. La thèse décrit diverses théories concernant le mécanisme d'acquisition des caractéristiques phonologiques, les méthodes d'enseignement d'une langue étrangère, la correction phonologique et les moyens d'évaluer la prononciation d'une langue étrangère, ce qui lui confère une valeur pratique et appliquée supplémentaire.

## LITTÉRATURE CITÉE DANS LE RÉSUMÉ

**Arai, T. (2001).** The replication of Chiba and Kajiyama's mechanical models of the human vocal cavity. *Journal of Phonetic Society of Japan*, 5, 31-38.

**Harmegnies, B., Delvaux, V., Huet, K. and Piccaluga, M. (2005).** Oralité et cognition: pour une approche raisonnée de la pédagogie du traitement de la matière phonique. *Revue Parole*, 34-35-36.

**Tilkov, D. Boyadjiev T.** Phonétique bulgare, Abagar, 1999.

Van Wijngaarden, S. J., Steeneken, H. J. M. and Houtgast, T. (2002). Quantifying the intelligibility of speech in noise for non-native talkers. *Journal of the Acoustical Society of America*, 112.

**Vaissière, J. (2006).** *La phonétique*. Presses universitaires de France, Paris, pp. 1 vol. (125).

**Derwing, M. and Munro, M. J. (2009).** Putting accent in its place: Rethinking obstacles to communication. *Language Teaching*, 42, 476-490.

**Kamiyama, T. and Vaissière, J. (2009).** Perception and production of French close and close-mid rounded vowels by Japanese-speaking learners. *Acquisition et interaction en langue étrangère*, 2.

**Clarke, C. M. and Garrett, M. (2004).** Rapid adaptation to foreign-accented English. *Journal of the Acoustical Society of America*, 116.

**Crothers, J. (1978).** Typology and universals of vowel systems. In: *Universals of Human Language*, J. Greenberg, C. A. Ferguson and E. A. Moravcsik, Eds, Vol. 2, Stanford University Press, Stanford, California.

**Maeda, S. (1989).** Compensatory Articulation during Speech: Evidence from the Analysis and Synthesis of Vocal-Tract Shapes using an Articulatory Model. In: *Speech Production and Modelling*, W. J. Hardcastle and A. Marchal, Eds, Kluwer Academic Publishers.

**McAllister, R. (1998).** Second Language Perception and the Concept of Foreign Accent. In: *ETRW on Speech Technology in Language Learning*, Marholmen, Sweden.

**Major, R. C. (1987).** Phonological similarity, markedness, and rate of L2 acquisition. *Studies in Second Language Acquisition*, 9, 63 – 82.

**Nguyen, N. Adda-Decker, M.** *Méthodes et outils pour l'analyse phonétique des grands corpus oraux*. Lavoisier, Paris: Hermes Science Publications, 2013.

**Nikolov, R.** L'importance du troisième formant dans l'analyse comparative des voyelles bulgares et françaises// *Travaux scientifiques de l'Université Paisii Hilendarski, Philologie. Plovdiv : Université Paisii Hilendarski, 2016, Vol. 54, No. 1, 42 – 47.*

**Puren, C. (2006).** De l'approche communicative à la perspective actionnelle. *Le français dans le monde*, 347, 37-40.

**Scovel, T. (1978).** The Effect of Affect on Foreign Language Learning: A Review of the Anxiety Research. *Language Learning*, 28, 129 – 141.

**Stefanova, P.** *Apprentissage des langues. Apprentissage, enseignement, évaluation*. Sofia, Siela, 2007.

**Fernandez, J. G. (2012).** L'enseignement de la prononciation : rapport entre théorie et pratique. *Revue française de linguistique appliquée*, 17, 67 – 80.

**Chistovich, L. A. and Lublinskaya, V. V. (1979).** The 'Center of gravity' effect in vowel spectra and critical distance between the formants: Psychoacoustical study of the perception of vowel like stimuli. *Hearing Research*, 1, 185 – 195.

**Chopov, T.** *La deuxième langue (aspects de la théorie et de la pratique de l'enseignement de l'anglais)*. Sofia. Kliment Ohridski, 2005.

## PUBLICATIONS SUR LE SUJET DE LA THÈSE

1. Kakova 2020. Une description acoustique des voyelles nasales pour aider les étudiants à apprendre le français langue étrangère. Université de Plovdiv « Paisii Hilendarski », Ouvrages scientifiques, vol. 58, no. 1, recueil A, 2020 – Philologie, 443-449, ISSN 0861-0029
2. Kakova 2021. Modélisation acoustique des voyelles avec des données perceptives optimisées. Université de Plovdiv « Paisii Hilendarski », Ouvrages scientifiques, vol. 59, no. 1, recueil A, 2021 – Philologie, 349-355, ISSN 0861-0029
3. Kakova 2022. Caractéristiques méthodologiques de la description acoustique des voyelles. PA « Paisii hilendarski », Scientific works, vol. 60, no. 1, recueil A, 2022 – Philologie, 349-355, ISSN 0861-0029

## RÉFÉRENCE POUR LES CONTRIBUTIONS SCIENTIFIQUES DE LA THÈSE

1. Une analyse comparative des résultats du modèle classique des voyelles et d'une description acoustico-phonétique des voyelles permet de rendre compte de la relation entre l'image acoustique et l'image perceptive correspondante du son, de la sévérité perceptive et de l'intégration perceptive possible des différentes composantes fréquentielles du spectre sonore. La modélisation des voyelles par cette méthode acoustique-phonétique innovante fournie par le logiciel est basée sur une intégration perceptive définie non pas en trouvant une moyenne pondérée de deux formants adjacents, mais en définissant une moyenne de deux zones de formants adjacents incluant toutes les fréquences harmoniques dans la zone de formants et dans la zone entre eux.

2. L'utilisation en parallèle du module phonétique du programme TREFL et du système logiciel Speech Analyzer offre un certain nombre d'avantages par rapport à d'autres programmes d'analyse acoustique. Il permet une lecture rapide des valeurs des formants de manière interactive et fournit une représentation graphique des valeurs moyennes des voyelles examinées. L'utilisateur a la possibilité d'effectuer un grand nombre de mesures à interpréter.

3. Le travail de recherche fournit des informations sur les modèles existants d'apprentissage phonétique, les méthodes d'enseignement de la phonologie et de correction de la prononciation qui, parallèlement à l'approche innovante proposée pour l'analyse acoustique des voyelles, soulignent sa valeur pratique pour l'apprentissage des langues.