

UNIVERSITÉ DE PLOVDIV "PAISII HILENDARSKI"
FACULTÉ DE PHILOGIE
DÉPARTEMENT D'ÉTUDES ROMANES ET GERMANIQUES

ROSINA ALEKSIEVA KAKOVA

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

RÉSUMÉ

de thèse en vue de l'attribution du titre
„docteur“ en sciences de l'éducation

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

2025

La thèse "Les 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 17 janvier 2025. La thèse contient 162 pages informatiques standards et se compose d'une introduction, de trois chapitres, d'une conclusion, d'annexes et d'une bibliographie.

Jury scientifique:

Prof. Snéjina Lubozarova Dimitrova

Prof. Vladimir Lubénov Jobov

Prof. Assoc. Antoaneta Stefanova Dzhelyova

Prof. Assoc. Vessela Petrova Tchergova

Prof. Assoc. Gueorgui Ivanov Jetchev

La soutenance de la thèse aura lieu le 25.04.2025 à 12h00 dans le Hall ... de l'Université de Plovdiv "Paisii Hilendarski", Rectorat, 24, rue "Tsar Asen".

Le matériel pour la soutenance est disponible à la bibliothèque de l'Université, Rectorat, 24, rue "Tsar Asen".

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 expérimentale
- 1.2 Spécificités de la phonétique acoustique en tant que science naturelle empirique et discipline linguistique
- 1.3 Termes de base en phonétique acoustique
- 1.4 Caractéristiques des voyelles - aspect articulatoire, acoustique et perceptif
- 1.5 Coarticulation
- 1.6 Perception de la parole
- 1.7 Systèmes vocaux
- 1.8 Système vocal français
- 1.9 Données acoustiques
- 1.10 Système vocal bulgare
- 1.11 Revue des études comparatives existantes

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

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

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. La description acoustique des voyelles bulgares est intégrée à cette étude dans la mesure où elle permet de présenter de manière comparative les avantages de la méthode optimisée pour la modélisation des voyelles. 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 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.

7. Analyser les possibilités d'application des méthodes de description acoustique des voyelles dans l'enseignement 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 corrélats 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 scientifique 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.

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 162 pages standard. La bibliographie comprend 195 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 psychophysologique 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 psychophysologiques. 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 F_0 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 articuloire et acoustique et de leurs valeurs formantes de référence. Les études comparatives existantes sur les voyelles en français et en bulgare sont analysées ainsi que les phénomènes phonétiques qui créent des difficultés considérables dans l'apprentissage de la prononciation du français.

Le deuxième chapitre de la thèse (Caractéristiques méthodologiques de la description acoustique des voyelles) décrit et justifie expérimentalement la description phonético-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 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 configuration 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 articuloires 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 la description acoustique des voyelles françaises et bulgares, des enregistrements d'interviews journalistiques diffusées à la radio sont 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. En raison des différences constatées entre les voix masculines et féminines en fonction de la fréquence du ton fondamental, seuls les locuteurs masculins sont étudiés. Le principal matériel empirique consiste en des fichiers sonores à partir desquels des segments de parole appropriés ont été sélectionnés au format WAV. Les voyelles en position forte, c'est-à-dire la position dans laquelle la différenciation phonémique est maximale, sont étudiées. Les premiers 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. Un autre argument important pour se concentrer sur les voyelles antérieures [i] et [e] ce sont les résultats différents des deux modèles de description acoustique pour ces voyelles en particulier, ce qui correspond au concept d'analyse comparative dans l'objectif de la thèse, prouvant les avantages du nouveau modèle.

Dans un premier temps, nous menons l'expérience avec les productions de la voyelle française [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.

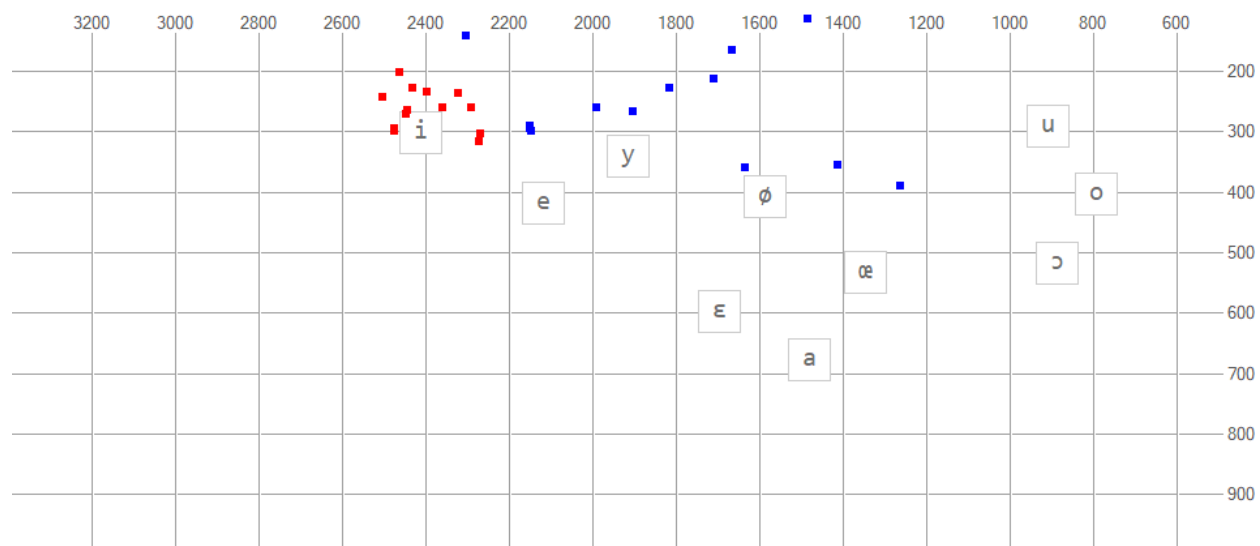


Figure 1. Structure des formants de la voyelle française [i] : modèle classique - couleur bleue, modèle acoustico-phonétique optimisé - couleur rouge

L'étape suivante de l'expérience concerne les productions de la voyelle française [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.

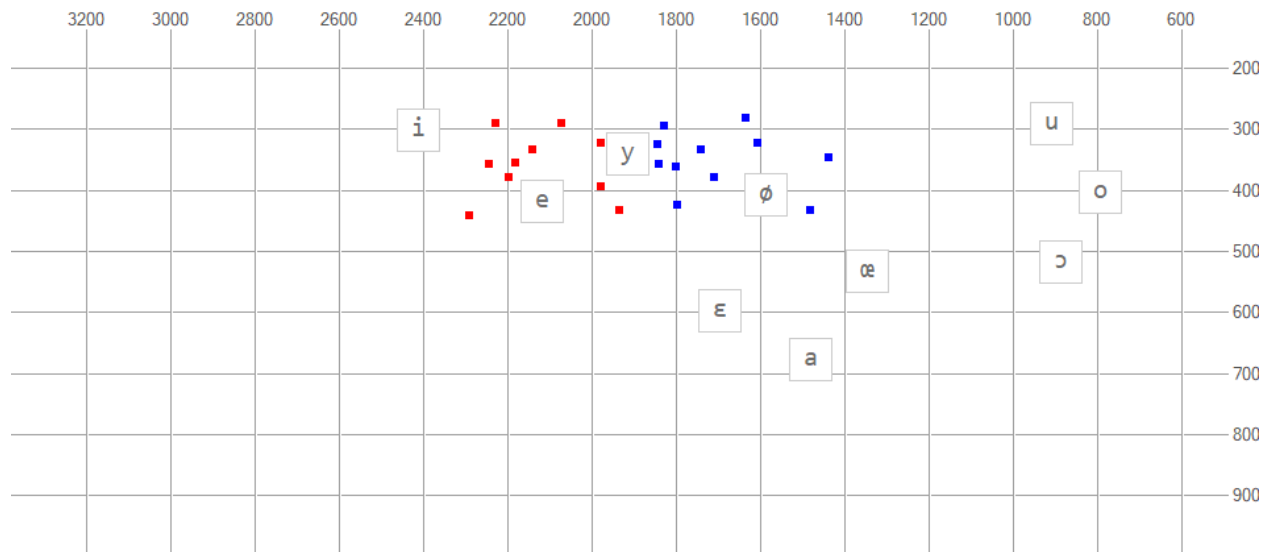


Figure 2. Structure formantique de la voyelle française [e] : modèle classique - couleur bleue, modèle acoustique-phonétique optimisé - couleur rouge

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 premier chapitre souligne les caractéristiques acoustiques les plus significatives des voyelles bulgares par rapport aux voyelles françaises, et en particulier des voyelles frontales [i] et [e]. 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 la voyelle bulgare [ɨ] est examinée avec le module phonétique de *TREFL*, en interaction avec le programme *SIL Speech Analyzer* selon la méthode traditionnelle.

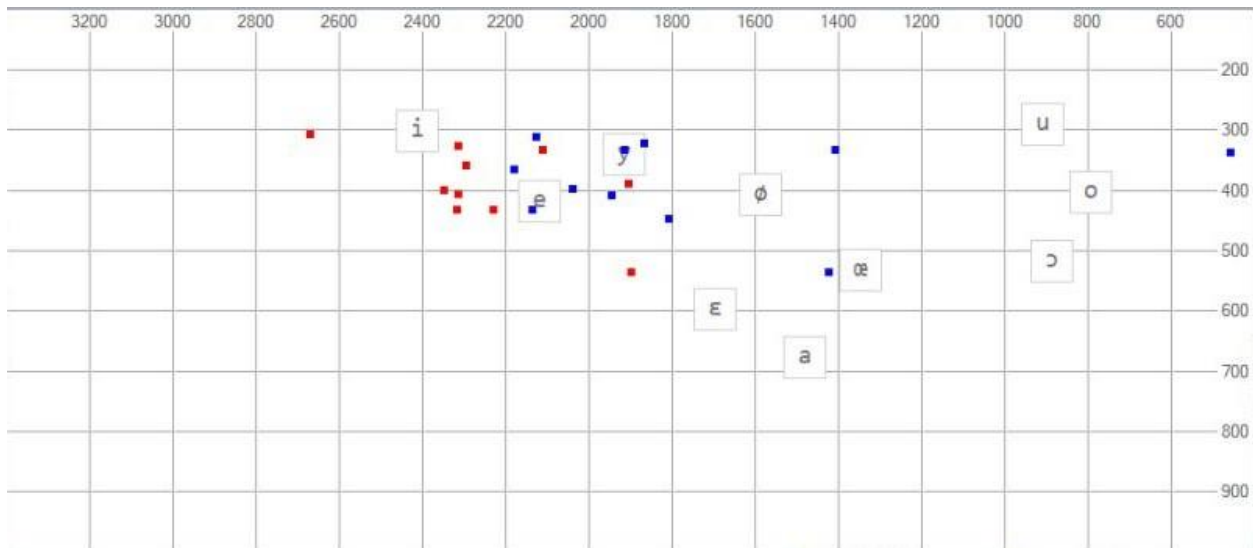


Figure 3. Structure formantique de la voyelle bulgare [u] dans le triangle acoustique des voyelles françaises : modèle classique - couleur bleue, modèle acoustico-phonétique optimisé - couleur rouge

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. Les valeurs des formants des différentes productions de la voyelle [ɪ] sont présentées dans le Tableau 3. Nous constatons une correspondance presque parfaite des valeurs du premier formant F1. Les niveaux F2 plus élevés dans le nouveau modèle acoustico-phonétique reflètent la moyenne équilibrée des deux zones de formants adjacentes.

Tableau 3. Valeurs formantiques du rapport pour la voyelle [u]

	Modèle classique		Modèle acoustico-phonétique optimisé	
	F1	F2	F1	F2
<i>езици</i>	397	2036	401	2348
<i>звучи</i>	334	1407	390	1902
<i>имаме</i>	365	2177	358	2294
<i>нали</i>	323	1866	327	2312
<i>пари</i>	334	1914	334	2109
<i>пример</i>	535	1421	535	1898
<i>проследи</i>	448	1807	432	2229
<i>статистическо</i>	311	2126	307	2668
<i>три</i>	409	1943	406	2312
<i>уволни</i>	433	2134	433	2316

L'étape suivante est l'étude des productions de la voyelle [e] avec la méthode classique et la méthode optimisée (Figure 4).

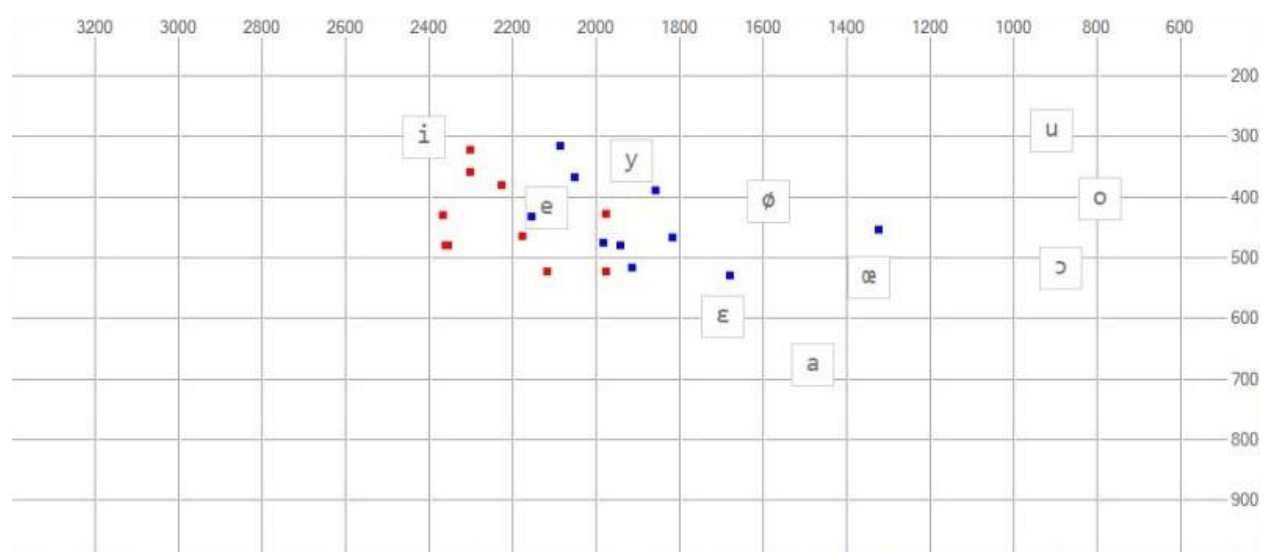


Figure 4. Structure formantique de la voyelle bulgare [e] dans le triangle acoustique des voyelles françaises : modèle classique - couleur bleue, modèle acoustico-phonétique optimisé - couleur rouge

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], que nous constatons également dans une analyse comparative des niveaux du premier formant F1 et du deuxième formant F2 de la voyelle bulgare [e] et de la voyelle française [e]. Les valeurs des formants des différentes productions de la voyelle [e] sont présentées dans le Tableau 4.

Tableau 4. Valeurs formantiques du rapport pour la voyelle [e]

	Modèle classique		Modèle acoustico-phonétique optimisé	
	F1	F2	F1	F2
<i>грешки</i>	389	1855	381	2224
<i>измести</i>	480	1942	480	2354
<i>модел</i>	315	2083	323	2300
<i>мрежи</i>	529	1678	523	1974

<i>проблеми</i>	516	1914	522	2116
<i>решение</i>	467	1815	464	2176
<i>системи</i>	368	2051	358	2300
<i>четири</i>	476	1981	480	2360
<i>шейсетте</i>	432	2152	432	2700
<i>човек</i>	453	1321	445	1677

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).

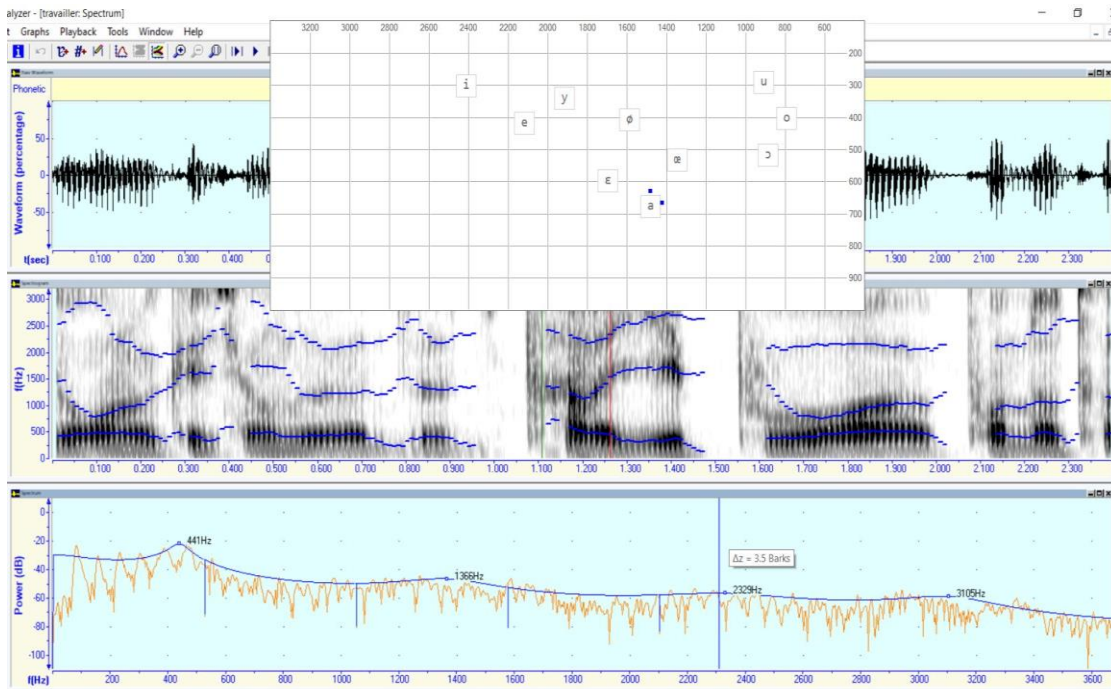


Figure 5: Structure formante de la voyelle française [a] - méthode acoustique-phonétique optimisée

Les voyelles bulgares [a], [ɤ], [o] et [y] sont également étudiées par les deux méthodes. Les résultats de la méthode acoustique-phonétique optimisée indiquent un franchissement de la limite 3 - 3,5 Bark.

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. 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. Delattre (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. 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.

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 (CECRL) est un guide du Conseil de l'Europe utilisé pour décrire les performances des apprenants dans l'apprentissage des langues. Le cadre, publié officiellement en 2001, fournit une méthode d'apprentissage, d'enseignement et d'évaluation qui s'applique à toutes les langues en Europe. Il comporte six niveaux de référence utilisés dans toute l'Europe et a été élaboré 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 implique des connaissances et des aptitudes à percevoir et à produire: les unités sonores d'une langue (phonèmes) et leurs manifestations spécifiques dans différents contextes (allophones), les caractéristiques phonétiques qui distinguent les phonèmes (traits distinctifs, par exemple: sonorité, nasalité, occlusion), la composition phonétique des mots (structure des syllabes, ordre des phonèmes, accentuation, intonation des mots, assimilation, élongation), la prosodie ou la phonétique de la phrase, les changements phonétiques (réduction des voyelles, assimilation, élision).

En 2018, le Conseil de l'Europe a publié un supplément au Cadre européen commun de référence pour les langues, qui développe une nouvelle série d'indicateurs. L'attention est attirée sur le fait que les modèles idéalisés qui ignorent l'accent ne tiennent pas compte du contexte, des aspects sociolinguistiques et des besoins des apprenants. En ce qui concerne la prononciation, l'accent est mis sur la liste des sons qu'un locuteur peut articuler et sur leur degré de précision. S'appuyant sur le Cadre européen commun de référence pour les langues et son supplément, Gregory Miras conclut que la phonétique corrective ne perd pas de sa pertinence, mais que des alternatives sont recherchées qui sont cohérentes avec une approche plurilingue et socioconstructiviste de l'apprentissage des langues. Il suggère de remplacer le terme « phonétique corrective » par « médiation de la prononciation », en tenant compte de la dimension psychosociale dans la construction de l'identité phonétique. D'une part, il s'agit de reconnaître que les relations sociales sont un stimulant et un régulateur du développement du langage. Dans la médiation de la prononciation, il est important de prendre en compte cette dimension dès le début de la formation pour sensibiliser les apprenants aux variations et leur permettre de développer une identité phonétique relativement adaptative. Dans cette perspective, l'enseignant n'est pas un modèle de la norme pédagogique admise, mais un médiateur qui propose aux apprenants un ensemble de documents authentiques représentatifs de la diversité et de la variation de la langue cible. Le professeur n'est plus au centre du processus, il adopte ses propres variations phonologiques et s'appuie sur d'autres ressources pour aider les apprenants à acquérir une prononciation qui n'est pas nécessairement celle du professeur ou d'un locuteur français référent (Miras 2021: 84, 162). Gregory Miras examine l'évolution du rôle de l'enseignant, passant du modèle traditionnel de la correction à l'approche plus contemporaine de la médiation. L'auteur suggère aux éducateurs de transformer leurs méthodes de travail afin d'encourager une plus grande participation des élèves, en mettant l'accent non plus sur la correction des erreurs, mais sur la facilitation de la communication et de la compréhension. Il souligne l'importance de l'interaction et de la collaboration dans le processus d'apprentissage et examine comment les enseignants peuvent devenir des médiateurs qui aident les élèves à acquérir les connaissances et les compétences nécessaires à une communication efficace. Il propose des moyens de créer des environnements d'apprentissage qui favorisent le dialogue, la collaboration et le développement de compétences en matière de médiation.

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.

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.

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, Standford University Press, Standford, California.

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

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

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.

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.

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.

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

- McAllister, R. (1998).** Second Language Perception and the Concept of Foreign Accent. In: *ETRW on Speech Technology in Language Learning*, Marholmen, Sweden.
- Miras, G. (2021).** Miras, G. (2021). Didactique de la prononciation en langues étrangères. De la correction à une médiation, Les Editions Didier, Paris.
- 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 a 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.
- Tilkov, D. Boyadjiev T.** Phonétique bulgare, Abagar, 1999.
- Vaissière, J. (2006).** *La phonétique*. Presses universitaires de France, Paris.
- Van Wijngaarden, S. J.** 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.

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.