

Université Lumière Lyon 2

École Doctorale Humanité et Sciences Humaines

Faculté des Lettres, Sciences du Langage et Arts

Discipline : Sciences du Langage

Thèse pour obtenir le grade de Docteur en Sciences du Langage

Option : Phonétique/phonologie

Indices dynamiques et perception des voyelles :

Étude translinguistique en arabe dialectal et en français

Présentée et soutenue publiquement par

Jalal-eddin AL-TAMIMI

Le 14 Septembre 2007

Sous la direction de Monsieur Jean-Marie HOMBERT

Devant un jury composé de :

M. Thami BENKIRANE	Professeur à l'Université Sidi Mohammed Ben Abdellah-Fès, Maroc.	Examineur
M. René CARRÉ	Directeur de Recherche Émérite - CNRS et Université Lyon 2, France.	Examineur
M. Salem GHAZALI	Professeur à l'Université de 7 Novembre à Carthage, Tunisie.	Rapporteur
M. Jean-Marie HOMBERT	Directeur de Recherche – CNRS et Université Lyon 2, France.	Directeur de thèse
M. Björn LINDBLOM	Professeur Émérite à l'Université de Stockholm, Suède.	Rapporteur
M. Willy SERNICLAES	Chargé de Recherche 1^{er} classe et HDR, Université Paris 5, France.	Examineur

Laboratoire Dynamique du Langage – UMR 5596

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	I
TABLE DES MATIÈRES	V
CONVENTIONS.....	XIII
NORMES DES RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	XIII
CONVENTIONS DE TRANSCRIPTION DE L'ARABE.....	XIV
CONVENTIONS DE TRANSCRIPTION PHONÉTIQUE	XV
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
CHAPITRE 1. LES SYSTÈMES VOCALIQUES DE L'ARABE	11
1.1. INTRODUCTION	11
1.2. LA VOYELLE EN ARABE.....	15
1.2.1. <i>Vision des grammairiens arabes</i>	16
1.2.2. <i>Les études actuelles</i>	19
1.3. CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA LANGUE ARABE	24
1.3.1. <i>Histoire de la langue Arabe</i>	25
1.3.2. <i>Structure de la langue arabe</i>	29
1.3.3. <i>Typologie des dialectes arabes</i>	31
1.3.3.1. Division Géographique.....	31
1.3.3.2. Division Sociolinguistique	38
1.4. DESCRIPTION DES DEUX DIALECTES ARABES ÉTUDIÉS	43
1.4.1. <i>Arabe Jordanien</i>	43
1.4.1.1. Généralités.....	43
1.4.1.2. Le parler d'Irbid.....	48
1.4.2. <i>Arabe Marocain</i>	50
1.4.2.1. Généralités.....	50
1.4.2.2. Le parler de Casablanca.....	53
1.4.2.3. Le parler de Fès	54
1.5. CONCLUSIONS.....	55
CHAPITRE 2. LES MODÈLES DE PERCEPTION DES VOYELLES ET DE LA PAROLE.....	59
2.1. INTRODUCTION	59
2.2. LES APPROCHES EN PERCEPTION DES VOYELLES	60
2.2.1. <i>L'approche « Simple Target »</i>	60
2.2.2. <i>L'approche « Elaborated Target »</i>	63
2.2.3. <i>L'approche « Dynamic Specification »</i>	68

2.3.	THÉORIES DE PERCEPTION DE LA PAROLE	77
2.3.1.	<i>Théories Passives</i>	78
2.3.2.	<i>Théories Actives</i>	80
2.3.2.1.	La Théorie Motrice de perception de la parole	82
2.3.2.2.	Le modèle de l'Analyse par Synthèse	86
2.3.2.3.	La Théorie Quantique.....	88
2.3.2.4.	La Théorie H&H	91
2.3.2.5.	Le rôle des « hidden gestures » en Phonologie Articulatoire.....	95
2.3.2.6.	Le Native Language Magnet model	97
2.3.2.7.	Le prototype & « The Hyper-Space effect ».....	103
2.4.	CONCLUSIONS.....	106
CHAPITRE 3. PROBLÉMATIQUE		109
CHAPITRE 4. RÉSULTATS EN PRODUCTION DES VOYELLES		117
4.1.	INTRODUCTION	117
4.2.	MÉTHODOLOGIE DU TRAVAIL	118
4.2.1.	<i>Locuteurs</i>	118
4.2.2.	<i>Corpus</i>	119
4.2.3.	<i>Protocole expérimental en production</i>	120
4.2.4.	<i>Segmentation du corpus</i>	122
4.3.	RÉSULTATS INTER-LANGUES.....	125
4.3.1.	<i>Analyses statiques des formants des voyelles</i>	126
4.3.1.1.	Analyse et traitement des données.....	126
4.3.1.2.	Résultats de dispersion des espaces vocaliques.....	131
4.3.1.3.	Résultats des ellipses de dispersion de chaque catégorie vocalique	145
4.3.2.	<i>Analyses dynamiques des formants des voyelles</i>	149
4.3.2.1.	Analyse et traitement des données.....	149
4.3.2.1.1.	La transition formantique et le « locus virtuel ».....	150
4.3.2.1.2.	Les équations de locus.....	154
4.3.2.1.3.	Les pentes formantiques.....	159
4.3.2.2.	Résultats des pentes formantiques.....	165
4.3.2.2.1.	Sans normalisation du temps.....	167
4.3.2.2.2.	Avec normalisation du temps.....	175
4.3.3.	<i>Discussion des résultats inter-langues en statique vs en dynamique</i>	182
4.3.4.	<i>Résultats de l'analyse discriminante</i>	190
4.3.4.1.	En statique.....	190
4.3.4.2.	En dynamique.....	195
4.3.4.2.1.	Régression linéaire.....	195
4.3.4.2.2.	Régression polynomiale de 2 ^{ème} ordre.....	200
4.3.4.2.3.	Régression polynomiale de 3 ^{ème} ordre.....	204
4.4.	SPÉCIFICITÉS DE CHAQUE LANGUE.....	208
4.4.1.	<i>En Arabe Marocain</i>	208
4.4.1.1.	Résultats en statique	208

4.4.1.2.	Résultats en dynamique.....	218
4.4.1.3.	Résultats de l'analyse discriminante	223
4.4.1.3.1.	En statique.....	223
4.4.1.3.2.	En dynamique	227
4.4.1.3.2.1.	Régression linéaire.....	227
4.4.1.3.2.2.	Régressions polynomiales de 2 ^{ème} et 3 ^{ème} ordre	229
4.4.1.4.	Discussion des résultats en statique vs en dynamique	233
4.4.2.	<i>En Arabe Jordanien</i>	235
4.4.2.1.	Résultats en statique	236
4.4.2.2.	Résultats en dynamique.....	246
4.4.2.3.	Résultats de l'analyse discriminante	253
4.4.2.3.1.	En statique.....	253
4.4.2.3.2.	En dynamique	256
4.4.2.3.2.1.	Régression linéaire.....	256
4.4.2.3.2.2.	Régressions polynomiales de 2 ^{ème} et 3 ^{ème} ordre	259
4.4.2.4.	Discussion des résultats en statique vs en dynamique	263
4.4.3.	<i>En Français</i>	265
4.4.3.1.	Résultats en statique	267
4.4.3.2.	Résultats en dynamique.....	276
4.4.3.3.	Résultats de l'analyse discriminante	281
4.4.3.3.1.	En statique.....	281
4.4.3.3.2.	En dynamique	285
4.4.3.3.2.1.	Régression linéaire.....	285
4.4.3.3.2.2.	Régressions polynomiales de 2 ^{ème} et 3 ^{ème} ordre	287
4.4.3.4.	Discussion des résultats en statique vs en dynamique	291
4.5.	RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS EN STATIQUE VS EN DYNAMIQUE.....	293
4.6.	CONCLUSIONS.....	298
CHAPITRE 5. RÉSULTATS EN PERCEPTION DES VOYELLES		301
5.1.	INTRODUCTION	301
5.2.	MÉTHODOLOGIE DU TRAVAIL.....	303
5.2.1.	<i>Locuteurs</i>	303
5.2.2.	<i>Corpus</i>	303
5.2.3.	<i>Protocoles expérimentaux en perception</i>	305
5.2.3.1.	Recherche de prototypes vocaliques.....	306
5.2.3.2.	Catégorisation de l'espace vocalique.....	310
5.3.	RECHERCHE DE PROTOTYPES VOCALIQUES	314
5.3.1.	<i>Analyse et traitement des données</i>	314
5.3.2.	<i>En Arabe Marocain</i>	315
5.3.2.1.	Résultats en statique (V Target)	315
5.3.2.2.	Résultats en dynamique (CV Target).....	320
5.3.2.3.	Comparaison des résultats en statique vs en dynamique.....	324
5.3.2.4.	Résultats de l'analyse discriminante	331
5.3.3.	<i>En Arabe Jordanien</i>	335

5.3.3.1.	Résultats en statique (V Target)	336
5.3.3.2.	Résultats en dynamique (CV Target).....	339
5.3.3.3.	Comparaison des résultats en statique vs en dynamique.....	344
5.3.3.4.	Résultats de l'analyse discriminante	350
5.3.4.	<i>En Français</i>	355
5.3.4.1.	Résultats en statique (V Target)	355
5.3.4.2.	Résultats en dynamique (CV Target).....	359
5.3.4.3.	Comparaison des résultats en statique vs en dynamique.....	363
5.3.4.4.	Résultats de l'analyse discriminante	367
5.3.5.	<i>Résultats Inter-Langues</i>	372
5.3.5.1.	Résultats en statique (V Target)	372
5.3.5.2.	Résultats en dynamique (CV Target).....	379
5.3.5.3.	Comparaison des résultats en statique vs en dynamique.....	384
5.3.5.4.	Résultats de l'analyse discriminante	391
5.4.	CATÉGORISATION DE L'ESPACE VOCALIQUE.....	395
5.4.1.	<i>Analyses et traitement des données</i>	395
5.4.2.	<i>En Arabe Marocain</i>	396
5.4.2.1.	Résultats en statiques (V Target).....	396
5.4.2.2.	Résultats en dynamique (CV Target).....	401
5.4.3.	<i>En Arabe Jordanien</i>	406
5.4.3.1.	Résultats en statique (V Target)	406
5.4.3.2.	Résultats en dynamique (CV Target).....	410
5.4.4.	<i>En Français</i>	416
5.4.4.1.	Résultats en statique (V Target)	416
5.4.4.2.	Résultats en dynamique (CV Target).....	418
5.5.	CONCLUSIONS.....	420
CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES		425
BIBLIOGRAPHIE		441
RÉFÉRENCES CONSULTÉES		441
BIBLIOGRAPHIES CITÉES		457
ANNEXES	467	
ANNEXE 1	ESPACES VOCALIQUES ET AIRES DE DISPERSION DES VOYELLES EN ARABE MAROCAIN, ARABE JORDANIEN ET EN FRANÇAIS	469
ANNEXE 2	PENTES FORMANTIQUES SANS NORMALISATION DU TEMPS EN SITUATION SYLLABE EN ARABE MAROCAIN, ARABE JORDANIEN & EN FRANÇAIS	474
ANNEXE 3	PENTES FORMANTIQUES SANS NORMALISATION DU TEMPS EN SITUATION ISOLATION EN ARABE MAROCAIN, ARABE JORDANIEN & EN FRANÇAIS	477
ANNEXE 4	PENTES FORMANTIQUES AVEC NORMALISATION DU TEMPS EN SITUATION SYLLABE EN ARABE MAROCAIN, ARABE JORDANIEN & EN FRANÇAIS	480

ANNEXE 5	PENTES FORMANTIQUES AVEC NORMALISATION DU TEMPS EN SITUATION ISOLATION EN ARABE MAROCAIN, ARABE JORDANIEN & EN FRANÇAIS	483
ANNEXE 6	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES /i a u/ EN STATIQUE AVEC LA DURÉE VOCALIQUE (AD) DANS LES TROIS LANGUES EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.....	486
ANNEXE 7	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES /i a u/ EN STATIQUE SANS LA DURÉE VOCALIQUE (SD) DANS LES TROIS LANGUES EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.....	488
ANNEXE 8	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES /i a u/ EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION LINÉAIRE) SANS NORMALISATION DU TEMPS (SN) DANS LES TROIS LANGUES EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.....	490
ANNEXE 9	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES /i a u/ EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION LINÉAIRE) AVEC NORMALISATION DU TEMPS (AN) DANS LES TROIS LANGUES EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.....	492
ANNEXE 10	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES /i a u/ EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION POLYNOMIALE 2 ^{ÈME} ORDRE) SANS NORMALISATION DU TEMPS (SN) DANS LES TROIS LANGUES EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.....	494
ANNEXE 11	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES /i a u/ EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION POLYNOMIALE 2 ^{ÈME} ORDRE) AVEC NORMALISATION DU TEMPS (AN) DANS LES TROIS LANGUES EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.	496
ANNEXE 12	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES /i a u/ EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION POLYNOMIALE 3 ^{ÈME} ORDRE) SANS NORMALISATION DU TEMPS (SN) DANS LES TROIS LANGUES EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.....	498
ANNEXE 13	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES /i a u/ EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION POLYNOMIALE 3 ^{ÈME} ORDRE) AVEC NORMALISATION DU TEMPS (AN) DANS LES TROIS LANGUES EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.	500
ANNEXE 14	PENTES FORMANTIQUES DE F ₁ , F ₂ & F ₃ PAR VOYELLE EN SITUATIONS SYLLABE & ISOLATION EN ARABE MAROCAIN	502
ANNEXE 15	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN ARABE MAROCAIN EN STATIQUE AVEC LA DURÉE VOCALIQUE (AD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.	508
ANNEXE 16	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN ARABE MAROCAIN EN STATIQUE SANS LA DURÉE VOCALIQUE (SD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.	510

ANNEXE 17	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN ARABE MAROCAIN EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION LINÉAIRE) AVEC LA DURÉE DE LA TRANSITION (AD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.....	512
ANNEXE 18	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN ARABE MAROCAIN EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION POLYNOMIALE 2 ^{ÈME} ORDRE) AVEC LA DURÉE DE LA TRANSITION (AD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.....	514
ANNEXE 19	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN ARABE MAROCAIN EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION POLYNOMIALE 3 ^{ÈME} ORDRE) AVEC LA DURÉE DE LA TRANSITION (AD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.....	516
ANNEXE 20	PENTES FORMANTIQUES (F ₁ , F ₂ , F ₃) PAR VOYELLE EN SYLLABE & ISOLATION EN ARABE JORDANIEN	518
ANNEXE 21	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN ARABE JORDANIEN EN STATIQUE AVEC LA DURÉE VOCALIQUE (AD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.	524
ANNEXE 22	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN ARABE JORDANIEN EN STATIQUE SANS LA DURÉE VOCALIQUE (SD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.	526
ANNEXE 23	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN ARABE JORDANIEN EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION LINÉAIRE) AVEC LA DURÉE DE LA TRANSITION (AD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.....	528
ANNEXE 24	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN ARABE JORDANIEN EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION POLYNOMIALE 2 ^{ÈME} ORDRE) AVEC LA DURÉE DE LA TRANSITION (AD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.....	530
ANNEXE 25	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN ARABE JORDANIEN EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION POLYNOMIALE 3 ^{ÈME} ORDRE) AVEC LA DURÉE DE LA TRANSITION (AD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.....	532
ANNEXE 26	VOYELLES INDIVIDUELLES EN FRANÇAIS SELON LES RÉGIONS : CENTRE (EN BLEU) ET SUD (EN ROUGE).....	534
ANNEXE 27	PENTES FORMANTIQUES DE F ₁ , F ₂ & F ₃ PAR VOYELLE EN SITUATIONS SYLLABE & ISOLATION EN FRANÇAIS.	537
ANNEXE 28	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN FRANÇAIS EN STATIQUE AVEC LA DURÉE VOCALIQUE (AD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.	543
ANNEXE 29	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN FRANÇAIS EN STATIQUE SANS LA DURÉE VOCALIQUE (SD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.	545

ANNEXE 30	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN FRANÇAIS EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION LINÉAIRE) AVEC LA DURÉE DE LA TRANSITION (AD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.....	547
ANNEXE 31	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN FRANÇAIS EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION POLYNOMIALE 2 ^{ÈME} ORDRE) AVEC LA DURÉE DE LA TRANSITION (AD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.	549
ANNEXE 32	MATRICES DE CONFUSION DE CLASSIFICATION DES VOYELLES EN FRANÇAIS EN DYNAMIQUE (RÉGRESSION POLYNOMIALE 3 ^{ÈME} ORDRE) AVEC LA DURÉE DE LA TRANSITION (AD) EN SITUATIONS SYLLABE ET ISOLATION.	551
ANNEXE 33	ELLIPSES DE DISPERSION DES PROTOTYPES VOCALIQUES EN ARABE MAROCAIN EN FONCTION DU LIEU D'ARTICULATION.....	553
ANNEXE 34	ELLIPSES DE DISPERSION DES PROTOTYPES VOCALIQUES EN ARABE JORDANIEN EN FONCTION DU LIEU D'ARTICULATION.....	554
ANNEXE 35	ELLIPSES DE DISPERSION DES PROTOTYPES VOCALIQUES EN FRANÇAIS EN FONCTION DU LIEU D'ARTICULATION.....	555

Chapitre 5.

RÉSULTATS EN PERCEPTION DES VOYELLES

5.1. INTRODUCTION

Nous avons vu dans le chapitre précédent que les traits **dynamiques** – et plus spécifiquement les informations contenues dans les transitions formantiques – permettent une meilleure caractérisation des voyelles à partir d’analyses du signal. Les différentes analyses de régression que nous avons appliquées sur nos données nous ont permis de mettre en évidence les trajectoires formantiques **intrinsèques** (dans la situation de production Isolation) et **extrinsèques** (dans les situations Mot et Syllabe) aux voyelles. Nous avons pu en examiner les effets sur les taux moyens de classification correcte des analyses discriminantes lesquels ont été améliorés en moyenne de 10% à 30% (selon le cas). La durée vocalique semble être également un trait primordial pour caractériser les voyelles en AM, AJ et même en FR. Nous avons vu également que les résultats obtenus en production des voyelles ne sont pas conformes avec ceux de la littérature et plus particulièrement au niveau du nombre et de la qualité des timbres vocaliques dans les trois langues.

En effet, pour certains auteurs, le système vocalique de l’AM est composé de trois voyelles longues /i: a: u:/ et de deux voyelles brèves /ə u/ et pour d’autres, le système vocalique bref n’est composé que d’une seule voyelle centrale /ə/ (voir § 1.4.2 pour plus de détails). Nos résultats ont montré que les deux voyelles brèves s’opposent significativement dans les trois environnements consonantiques /b k/ et « fusionnent » dans les environnements /d d^h/. Les taux de classification de l’analyse discriminante ont permis de séparer ces deux voyelles brèves. À partir de notre corpus, nous avons proposé que ce système est composé de cinq voyelles différentes avec des ellipses très grandes pour les deux voyelles brèves /ə u/. Le système vocalique en AJ est plutôt proposé avec les huit voyelles /i: i e: a a: o: u u:/ ; nos résultats ont montré que ce système se compose de huit voyelles qui diffèrent au niveau de la

qualité des timbres : /i: e e: a a: o: o u:/. L'originalité du système est que les voyelles brèves /i u/ en AJ sont différentes qualitativement – et quantitativement – de leurs correspondantes longues, /a/ quant à elle, est différente qualitativement uniquement en situation de production Mot ; en Syllabe et isolation, nous retrouvons le même timbre. Enfin en FR, le système vocalique est proposé avec les onze voyelles orales suivantes : /i e ε a ɔ o u y ø œ/ ; nous avons pu montrer que l'opposition entre les deux voyelles ouvertes /a ɔ/ n'est plus pertinente car tous les locuteurs français produisent ces voyelles, dans les trois contextes de présentation et dans les trois contextes de présentation comme une voyelle /a/. Pour les voyelles dites « médianes » en FR, nous n'avons pas examiné leurs différences qualitatives en fonction de l'origine régionale des locuteurs : dans la région Centre, les six voyelles « médianes » sont distinguées les unes des autres ; dans la région Sud, en revanche, ces six voyelles ne sont plus opposées et sont ainsi réalisées comme des voyelles mi-fermées. Dans notre étude, nous avons pu évaluer l'impact des différences régionales et des stratégies individuelles sur la réalisation de ces voyelles « médianes ». Au vu de ces remarques, nous proposons le système vocalique en FR comme ayant les dix voyelles orales suivantes : /i e ε a ɔ o u y ø œ/, sans la prise en compte des variations régionales au niveau des voyelles « médianes ».

Afin de mieux comprendre le rôle des traits **dynamiques** d'une part, et de vérifier la validité des résultats de production au niveau des variations qualitatives des timbres vocaliques dans les trois langues, d'autre part, nous avons effectué des expériences en perception des voyelles, dont les résultats sont présentés dans ce chapitre. Le but de ces expériences est de valider en particulier les effets de la densité des systèmes vocaliques sur la dispersion des voyelles de chaque système et de vérifier le rôle des indices **dynamiques** potentiels dans la caractérisation des voyelles des trois langues. Comme différents auteurs l'ont rappelé, l'espace vocalique perceptif est homogène entre les différents locuteurs, car la perception de la parole est un phénomène *many-to-one* où différents stimuli acoustiques phonétiquement différents sont identifiés par les auditeurs natifs de chaque langue comme un seul et unique stimulus auditif (voir les travaux de Johnson, 2000 ; Meunier, 2005 ; etc...).

Ce chapitre sera composé de quatre parties. Nous présentons dans la première partie notre méthodologie ; dans la deuxième les résultats en perception des "meilleures" instances -

prototypes – vocaliques ; dans la troisième les résultats des tests de catégorisation ; et la dernière établira une comparaison entre les résultats de production et ceux de perception des voyelles. Dans chaque partie, nous présentons les résultats dans les deux modalités **statique** et **dynamique** séparément, résultats qui seront comparés pour chacune des langues et entre celles-ci.

5.2. MÉTHODOLOGIE DU TRAVAIL

5.2.1. *Locuteurs*

Trente locuteurs masculins – différents de ceux de la phase de production – (10 locuteurs par langue) ont participé aux tests de perception des voyelles. Les locuteurs jordaniens sont originaires de la région d'Irbid au Nord de la Jordanie, les marocains sont de la ville de Fès et les français, de Lyon (ou de la Région Rhône-Alpes). Aucun trouble du langage, ni articuloire ni auditif n'a été décelé chez les locuteurs qui présentent tous un audiogramme normal. L'intervalle d'âge est situé entre 18 et 30 ans. La situation socioprofessionnelle de tous les locuteurs est homogène, à savoir des étudiants de l'Université, issus d'un même milieu socioprofessionnel et vivant tous en ville. Tous les locuteurs sont soit entièrement monolingues (le cas des jordaniens), soit ils ont de faibles connaissances d'autres langues.

5.2.2. *Corpus*

La tâche des auditeurs des trois langues consiste à identifier les **prototypes** vocaliques de leurs systèmes. Au lieu de leur demander de choisir par exemple la meilleure voyelle /i/ ou /a/ isolément, nous avons choisi de leur faciliter la tâche en demandant de trouver la meilleure voyelle /i/ ou /a/ comme produite dans un mot précis. C'est pourquoi, nous avons élaboré trois corpus sensiblement proches de ceux utilisés dans la phase de production avec des modifications mineures (sauf en AM où un nouveau corpus a été élaboré, voir *infra*). Les structures syllabiques suivantes ont été utilisées à travers les trois langues : CV, CVC, CVCC, CVCV, CVCVC, CVCCV, CVCCVC ou VCVC. Les trois consonnes phonologiquement

communes entre les trois langues /b d k/ ont été utilisées⁶⁸ (voir les trois tableaux qui suivent).

Tableau 31 : Liste d'items utilisés pour la tâche de perception en AJ.

	b	sens	d	sens	k	sens
i:	bi:r	puits	di:nak	ta religion	ki:s	sac
i	bint	fille	dijja	indemnité	kilma	mot
e:	be:t	maison	de:r	monastère	ke:f	comment ?
a:	ba:b	porte	da:r	maison	ka:f	lettre "k"
a	bard	froid	dam	sang	kaf	paume
o:	bo:se	bisou	do:ri:	mon tour	ko:n	univers
u:	bu:ma	chouette	du:d	vers (de terre)	ku:sa:	courgette
u	burj	pont	dub	ours	kul	chacun

Tableau 32 : Liste d'items utilisés pour la tâche de perception en AM.

	b	sens	d	sens	k	sens
i	bmt	file	dirhim	dirham	kılma	mot
a	bard	froid	dam	sang	kalb	chien
o	burʒ	pont	dul	humiliation	kul	chacun
i:	bi:r	puits	di:b	loup	ki:f	comment ?
a:	ba:t	resté	da:b	fondre	ka:f	suffisant
u:	bu:l	pisse	du:d	vers (de terre)	ku:l	mange !!

Tableau 33 : Liste d'items utilisés pour la tâche de perception en FR.

	b	Transcription	d	Transcription	k	Transcription
i	bilan	bilā	dis	dī	qui	kī
e	bécasse	bekas	dé	de	képi	kepi
ɛ	baie	bɛ	dès	dɛ	caisson	kesō
a	bal	bal	date	dat	cale	kal
ɑ	basse	bas	d'âme	dām	case	kaz
ɔ	bol	bəl	dors	dəɞ	cote	kət
o	Baule	bol	dôme	dom	côte	kot
u	bout	bu	doux	du	coup	ku
œ	bœuf	bœf	odeur	ɔdœɞ	cœur	kœɞ
ø	bœufs	bø	vendeuse	vādøz	aqueuse	akøz
y	bu	by	du	dy	cul	ky

La nouvelle liste de mots proposés en AM a pour but de tester le statut phonologique des anciennes voyelles brèves héritées de l'arabe classique dans la variété actuelle de l'AM.

⁶⁸ Nous avons écarté le contexte /d^ɣ/ des expériences de perception, à cause de la difficulté de synthèse de ce contexte et des résultats de production que nous avons obtenus, concordant avec ceux de la littérature (dans ce travail et dans Al-Tamimi, 2002, Al-Tamimi & Barkat-Defradas, 2002 ; Barkat-Defradas *et al.*, 2003).

Comme nous l'avons expliqué auparavant, le système vocalique de l'AM est constitué de trois voyelles longues /i: a: u:/ et deux voyelles brèves /ə ʊ/. Les deux voyelles brèves de l'arabe classique /i a/ ont fusionné pour ne former qu'une seule voyelle centrale /ə/. Nous avons observé dans nos résultats en production que les locuteurs marocains avaient tendance à produire la voyelle /ə/ avec une aire de dispersion très grande allant de la position de la voyelle /ɪ/ à la voyelle /ɐ/, quant à la réalisation de la voyelle /ʊ/, elle est maintenue dans certains contextes consonantiques et chez certains locuteurs. Si, du point de vue de certaines études phonologiques, les deux voyelles /i/ et /a/ ont fusionné pour n'en former qu'une seule /ə/ et si l'opposition avec la voyelle /ʊ/ n'existe plus, il est très probable qu'au niveau phonétique ces voyelles soient toujours présentes chez certains locuteurs. Ceci peut être explicable soit par l'influence de la structure syllabique et/ou du contexte de présentation des consonnes adjacentes sur les voyelles, soit par des stratégies individuelles. C'est pourquoi nous allons tester leur présence en AM, en perception.

Pour ce qui concerne l'AJ, nous vérifierons si les auditeurs jordaniens sont sensibles aux variations qualitatives et quantitatives des timbres vocaliques de leur système : est-ce que les voyelles brèves de l'AJ /i a u/ sont identifiées par les auditeurs jordaniens comme ayant la même « position » dans l'espace vocalique que leurs correspondantes longues ; ou est-ce qu'elles sont identifiées avec une différence qualitative ? Enfin, pour le FR, nous testerons l'opposition entre les voyelles « médianes » d'un côté, et les deux voyelles ouvertes de l'autre. Le but de cette tâche de perception est d'étudier les connaissances qu'ont les auditeurs natifs et naïfs de leurs systèmes vocaliques.

5.2.3. Protocoles expérimentaux en perception

Deux types d'expériences en perception des voyelles ont été proposés : une expérience de Recherche de **prototypes** vocaliques et une expérience de Catégorisation des stimuli vocaliques dans l'espace vocalique de chaque langue. Pour les deux expériences, des traits **statiques** et **dynamiques** ont été utilisés.

Nous avons demandé aux auditeurs d'évaluer les deux expériences et les deux types de stimuli proposés, en leur demandant si les traits **dynamiques** ont facilité la caractérisation des **prototypes** et la catégorisation des stimuli dans l'espace vocalique de leur langue, et en leur demandant d'évaluer la difficulté des expériences effectuées. Étant donné que l'ordre de passation des expériences et l'effet d'entraînement et d'habituation peuvent affecter les choix des auditeurs. Pour contrebalancer ces effets d'ordre, nous avons permuté la présentation des expériences selon l'ordre suivant :

- * passation des expériences avec les stimuli **statiques** puis avec les stimuli **dynamiques** pour les auditeurs 1 à 5, mais avec les stimuli **dynamiques** puis les stimuli **statiques** pour les auditeurs 6 à 10,
- * passation des expériences de Recherche de **prototypes** vocaliques en premier et Catégorisation des espaces vocaliques ensuite pour les auditeurs 1, 3, 5, 6, 8 et 10 et l'inverse pour les auditeurs 2, 4, 7 et 9.

Nous présentons dans les parties qui suivent les protocoles expérimentaux des deux expériences de perception des voyelles.

5.2.3.1. Recherche de prototypes vocaliques

Ce test perceptif a pour rôle l'élaboration de l'espace acoustico-perceptif des locuteurs de chaque langue. C'est un test basé sur la méthode utilisée par Johnson *et al.* (1993), à savoir la méthode d'Ajustement de Formants, MOA (*Method Of Adjustment*). L'espace acoustique $F_1 \sim F_2$ est un espace synthétique continu et permet donc toutes les « synthèses » possibles à partir des valeurs de F_1 et de F_2 . Les valeurs de F_3 sont fixes et ont été déterminées sur la base des valeurs formantiques moyennes de voyelles produites par dix locuteurs par langue et correspondant aux valeurs de l'état stable proposées dans différents travaux (voir par exemple les travaux de Scholes, 1967 ; Hombert & Puech, 1984). La valeur de F_4 est restée constante à 3800 Hz pour toutes les voyelles. Les valeurs des quatre bandes passantes correspondant à celles des quatre premiers formants ont été déterminées chaque voyelle en s'inspirant des données de la littérature (Klatt & Klatt, 1990), (voir Tableau 34).

Tableau 34 : Valeurs de référence des quatre premiers formants (F₁, F₂, F₃ et F₄) et des quatre bandes passantes (B₁, B₂, B₃ et B₄) pour les voyelles en FR. Pour les voyelles /i: a: u:/ en arabe, les mêmes valeurs que pour leurs correspondantes en FR ont été proposées (/ɪ ʌ ʊ/ = voyelles brèves en arabe).

voyelle	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
i	250	2500	3100	3800	50	100	210	200
ɪ	375	2250	2900	3800	50	100	210	200
e	350	2300	2900	3800	50	91	219	200
ɛ	500	2200	2800	3800	50	95	247	200
ʌ	600	1350	2900	3800	50	100	266	422
a	700	1600	2700	3800	50	100	266	422
ɑ	700	1200	2800	3800	50	100	218	332
ɔ	500	950	2400	3800	50	50	100	200
o	350	850	2300	3800	50	50	100	100
ʊ	375	1000	2300	3800	50	50	50	200
u	250	650	2200	3800	50	50	50	200
y	250	1900	2300	3800	50	100	266	422
ø	350	1600	2300	3800	50	50	100	200
œ	500	1600	2300	3800	50	100	200	200

Un programme informatique spécifique, développé en C++ en unicode et conçu par René Carré a été élaboré pour cette tâche. Avec l'interface du programme (voir Figure 113), l'auditeur dispose d'une référence pour chaque voyelle examinée (e.g., pour une voyelle /i/, les valeurs formantiques de production de la voyelle en isolation ont été proposées pour donner à l'auditeur des repères dans cet espace continu et ainsi lui simplifier la tâche)⁶⁹. Nous avons choisi de présenter des valeurs des quatre premiers formants et des quatre premières bandes passantes communes dans les trois langues : nous cherchons ainsi à identifier le rôle possible de la densité des systèmes sur la taille des espaces vocaliques dans chaque langue, d'une part, et à évaluer le rôle du changement de contexte de présentation des consonnes adjacentes sur la dispersion des voyelles, de l'autre.

⁶⁹ Nous nous sommes rendu compte que, sans repère dans un espace bidimensionnel, les auditeurs passaient beaucoup du temps à chercher à se familiariser avec le test, et perdaient ainsi patience dans les passations des expériences. Chaque stimulus entendu les obligeait à se familiariser à nouveau avec l'interface du programme pour chercher des repères.

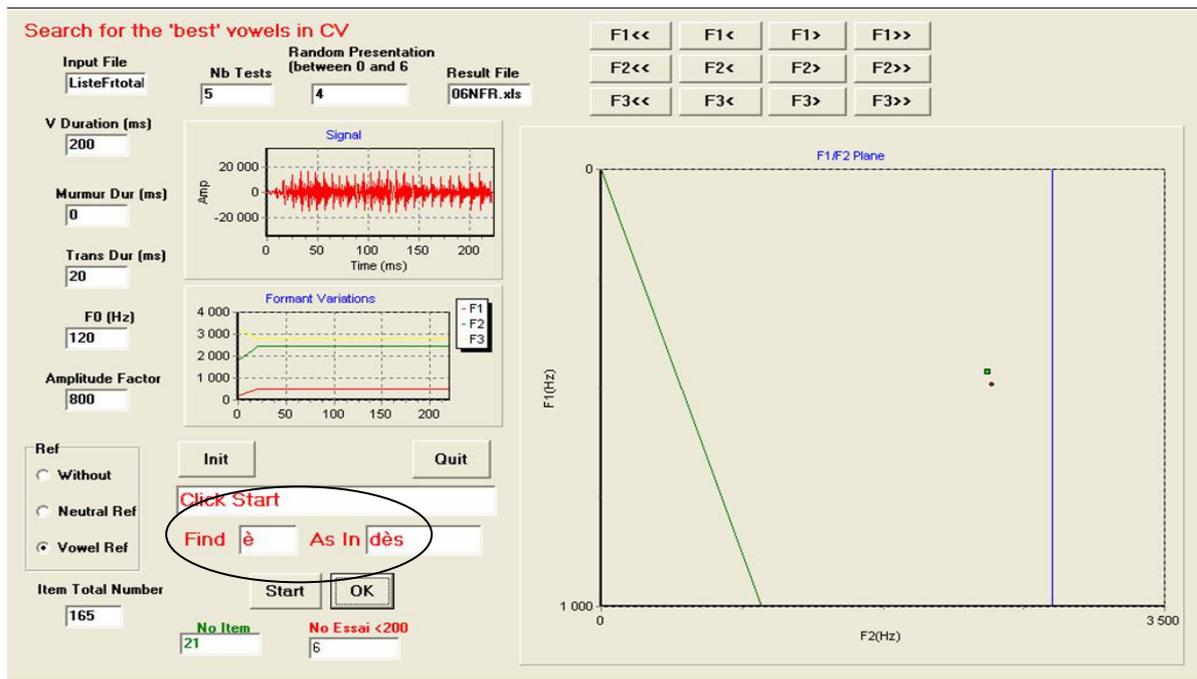


Figure 113 : Interface du programme de perception des voyelles en **dynamique**, présentant les différents items.

L'auditeur se déplace dans l'espace acoustique synthétique pour retrouver la meilleure représentation du **prototype** vocalique associée à la voyelle présente dans le mot (partie marquée par une ellipse). Dans l'espace acoustique de F_1 - F_2 , le point avec la forme en losange indique le dernier choix effectué par l'auditeur ; celui en carré, le précédent choix du même stimulus.

Nous avons proposé une phase de familiarisation et d'entraînement pour chaque auditeur, où une liste de cinq mots différents a été proposée. Une fois cette phase terminée, l'auditeur a été invité à manipuler l'interface du logiciel qui lui permettait, d'un simple click de souris, d'écouter différents stimuli synthétiques représentant les voyelles avec des traits **statiques** et **dynamiques**. Les traits **statiques** (voir Tableau 34) utilisés correspondent aux valeurs cibles de l'état stable, avec une durée vocalique constante de 200 ms (200 ms pour les voyelles longues et 100 ms pour les voyelles brèves en arabe) et un f_0 montant~descendant de 120-132-96 Hz (valeurs correspondant à l'**onset**, au milieu temporel et à l'**offset** de chaque voyelle). Comme pour la phase de production, nous avons adapté l'interface du programme pour les auditeurs arabophones : nous avons affiché la voyelle et le mot en caractères arabes, ainsi l'examineur n'avait aucune influence directe sur l'auditeur.

En ce qui concerne les traits **dynamiques**, ils sont la résultante de l'association à la fois d'une transition formantique précise et d'un stimulus représenté par les traits **statiques** cités plus haut. Nous nous sommes appuyé sur les données de la littérature concernant le « locus virtuel » (Delattre *et al.*, 1955, voir § 4.3.2.1.1) et sur des tests perceptifs, à partir de

différents programmes développés par René Carré⁷⁰, afin de choisir les valeurs du meilleur « locus » bilabial, dental et vélaire pour un locuteur donné pour les quatre premiers formants (voir Tableau 35). Ainsi, les consonnes synthétisées correspondent aux consonnes initiales présentes dans les mots écrits sur l’interface du logiciel. Une fois les valeurs de transitions sélectionnées, nous avons soumis les stimuli élaborés à des tests de jugement de qualité des consonnes initiales, effectués par nous-même et par un auditeur natif de chaque langue.

Tableau 35 : Valeurs de référence du « locus » vers lequel les transitions des quatre premiers formants convergent, en contexte bilabial, dental et vélaire pour toutes les voyelles présentes dans les trois langues.

voyelle	Bilabial				Dental				Vélaire			
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
i	175	1200	2000	2500	175	1800	3200	3900	175	2800	2950	3600
ɪ	175	1200	2000	2500	175	1800	3200	3900	175	2300	2700	3600
e	175	1200	2000	2500	175	1800	3200	3900	175	2600	2900	3600
ɛ	175	1200	2000	2500	175	1800	3200	3900	175	1400	2800	3600
ɐ	350	1200	2000	2500	350	1800	3200	3900	350	2200	2500	3600
a	350	1200	2000	2500	350	1800	3200	3900	350	2200	2500	3600
ɑ	350	1100	1900	2500	350	1800	3200	3900	350	2100	2400	3600
ɔ	175	1100	1900	2500	175	1800	3200	3900	175	1300	1900	3600
o	175	1100	1900	2500	175	1800	3200	3900	175	1200	1900	3600
ɒ	175	1300	1900	2500	175	1800	3200	3900	175	900	1900	3600
u	175	1100	1900	2500	175	1800	3200	3900	175	1000	1900	3600
y	175	1200	1800	2500	175	1800	3200	3900	175	2000	2050	3600
ø	175	1200	1800	2500	175	1800	3200	3900	175	1900	2000	3600
œ	175	1200	2000	2500	175	1800	3200	3900	175	1900	2000	3600

La présentation des stimuli a été effectuée aléatoirement avec cinq répétitions. Chaque auditeur avait la possibilité d’écouter jusqu’à 200 stimuli « différents » pour chaque **prototype** vocalique qu’il devait identifier avant de valider son choix : ces différents stimuli variaient de quelques Hertz sur le plan F₁ et/ou F₂ en fonction des déplacements opérés par

⁷⁰ Nous avons utilisé deux programmes différents, conçus par René Carré et basés sur le synthétiseur à formants développé par Klatt & Klatt (1990), qui nous ont permis de trouver les « meilleurs Locus virtuels » pour les F₂ et F₃ : PercepCV et PlagePercepCV. Le principe de base de ces deux programmes est d’effectuer une catégorisation du contexte de présentation des consonnes perçues dans une syllabe CV en partant d’une voyelle précise. Les résultats sont enregistrés dans un fichier excel.

l'auditeur. Nous avons choisi d'enregistrer ces choix pour chaque auditeur et pour chaque stimulus, afin d'évaluer, les directions de déplacement de l'auditeur pour choisir les **prototypes**, d'une part, et d'identifier les voyelles les plus difficiles à choisir, de l'autre.

Pour ce qui est des stimuli **statiques**, seule la présentation visuelle a été modifiée (i.e., l'auditeur entend trois fois le même stimulus pour la voyelle /i/ en FR par exemple, pour trois mots différents : bilan, dit, qui) : dans ce cas, nous parlerons d'effet du contexte de présentation. En revanche, au niveau des stimuli **dynamiques**, l'auditeur entendait trois stimuli différents pour les trois mots : la différence était représentée par la partie initiale de chaque stimulus et la voyelle était identique pour les trois contextes de présentation (i.e., mêmes fréquences). L'objectif poursuivi en utilisant un corpus écrit et demandant aux auditeurs de choisir les **prototypes** vocaliques de leurs systèmes « comme produits dans » le mot associé était de chercher à savoir si le choix des voyelles **prototypiques** allait être influencé par la possible « représentation mentale » de l'environnement consonantique constitué par un mot écrit ou si les auditeurs allaient choisir des voyelles **prototypiques** « invariantes » (i.e., sans la prise en compte des influences consonantiques).

5.2.3.2. Catégorisation de l'espace vocalique

Ce test permet de trouver les limites ou les frontières entre les catégories vocaliques de la langue étudiée. Nous avons effectué la synthèse d'un jeu de 56 stimuli, avec une durée de 200 ms (et de 100 ms pour les voyelles brèves de l'arabe) et un f_0 montant~descendant de 120-132-96 Hz, grâce à un logiciel de synthèse à formants élaboré par René Carré (s'appuyant sur le synthétiseur à formants de Klatt & Klatt, 1990)⁷¹. L'espace vocalique synthétique est constitué des combinaisons suivantes des deux premiers formants : F_1 varie de 250 à 750 Hz

⁷¹ Ce programme : SyntFormVoy, conçu par René Carré, nous a permis de synthétiser tous les stimuli **statiques** et **dynamiques**. Ce programme permet de synthétiser une voyelle et jusqu'à quinze voyelles différentes en modifiant la durée de transition entre les voyelles et la durée vocalique. Nous l'avons adapté à nos stimuli **dynamiques** en modifiant les valeurs formantiques des quatre premiers formants, des quatre bandes passantes, des durées de transition et des durées de la « voyelle » en remplaçant par la durée de la transition : ainsi pour la première partie du stimulus, nous avons choisi 0 comme durée de transition et 25 ms comme durée de « voyelle ». Dans notre étude, toutes les consonnes initiales ont été synthétisées à partir des transitions seulement, i.e., sans « burst ».

avec un pas de 100 Hz, et F_2 varie de 650 à 2350 avec un pas de 200 Hz (voir Tableau 36). Une série de voyelles arrondies et non-arrondies (stimuli N°. 47 à 56) pour les voyelles antérieures et postérieures a été synthétisée en variant F_3 (i.e., avec deux valeurs à 2300 Hz et 2700 Hz). Cette expérience est une réplique de celle établie par Hombert & Puech (1984).

Tableau 36 : Valeurs des quatre premiers formants des 56 stimuli synthétiques utilisées dans l'expérience de Catégorisation de l'espace vocalique.

N°. Stimulus	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	N°. Stimulus	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
1	250	2350	3100	3800	29	550	1750	2900	3800
2	250	2150	3100	3800	30	550	1500	2500	3800
3	250	1950	2900	3800	31	550	1250	2500	3800
4	250	1750	2900	3800	32	550	1050	2300	3800
5	250	1500	2500	3800	33	550	850	2300	3800
6	250	1250	2500	3800	34	550	650	2200	3800
7	250	1050	2300	3800	35	650	1950	2900	3800
8	250	850	2300	3800	36	650	1750	2900	3800
9	250	650	2200	3800	37	650	1500	2500	3800
10	350	2350	3100	3800	38	650	1250	2500	3800
11	350	2150	3100	3800	39	650	1050	2300	3800
12	350	1950	2900	3800	40	650	850	2300	3800
13	350	1750	2900	3800	41	750	1950	2900	3800
14	350	1500	2500	3800	42	750	1750	2900	3800
15	350	1250	2500	3800	43	750	1500	2500	3800
16	350	1050	2300	3800	44	750	1250	2500	3800
17	350	850	2300	3800	45	750	1050	2300	3800
18	350	650	2200	3800	46	750	850	2300	3800
19	450	2150	3100	3800	47	250	1950	2300	3800
20	450	1950	2900	3800	48	350	1950	2300	3800
21	450	1750	2900	3800	49	450	1750	2300	3800
22	450	1500	2500	3800	50	550	1750	2300	3800
23	450	1250	2500	3800	51	650	1500	2300	3800
24	450	1050	2300	3800	52	750	1500	2300	3800
25	450	850	2300	3800	53	250	850	2700	3800
26	450	650	2200	3800	54	350	850	2700	3800
27	550	2150	3100	3800	55	450	850	2700	3800
28	550	1950	2900	3800	56	550	850	2700	3800

Deux séries de stimuli ont été proposées aux auditeurs : des stimuli **statiques** et des stimuli **dynamiques** (avec une transition formantique de 25 ms, adaptée au seul contexte dental et ayant les valeurs suivantes du « locus virtuel » des quatre premières transitions formantiques : 175, 2000, 3200 et 4000 Hz)⁷².

⁷² Nous avons choisi un seul contexte consonantique pour réduire la durée totale de passation des expériences perceptives (Recherche de **prototypes** vocaliques et Catégorisation des espaces vocaliques, en utilisant les indices **statiques** et **dynamiques** à chaque fois).

Un programme informatique spécifique, développé en Tcl/Tk (version 8.4.3.0, 2003) et Snack Sound ToolKit (version 2.2 ; Sjölander, 2002) et conçu par François Pellegrino, a été élaboré pour cette tâche. L'interface du programme permet à l'auditeur de lire les consignes et de s'identifier (en utilisant le même code proposé dans les autres expériences : un code à 5 caractères composés du code de la langue (AM, AJ ou FR), du symbole M pour masculin et du numéro de l'auditeur en deux chiffres).

La tâche des auditeurs consistait à identifier chaque stimulus entendu et à le « placer » dans une catégorie vocalique représentée par un des mots de l'environnement /d/ de la liste d'items présentés dans les tableaux 40 à 42 (e.g., l'auditeur entend un stimulus ayant les fréquences suivantes : 250, 2350, 3100 et 3800 pour F1, F2, F3, et F4, respectivement ; il l'identifie comme une voyelle [i] et le place dans la catégorie « dis » en FR). L'auditeur a la possibilité de réécouter le stimulus autant de fois qu'il le souhaite. Une pause a été programmée tous les 50 stimuli et l'auditeur était invité à se déplacer, à quitter la salle, ou simplement à se reposer pour le temps qu'il le souhaitait. Si le stimulus n'était pas identifié par l'auditeur, et par conséquent non « placé » dans une catégorie vocalique quelconque, l'auditeur était invité à choisir la case indiquant « aucun ne correspond » (voir Figure 114). Cette expérience a été conçue pour permettre à l'auditeur d'être à 100% autonome, (i.e., sans aucune intervention extérieure). Ainsi, nous l'avons adapté à la langue arabe, où les consignes étaient rédigées entièrement en arabe (voir Figure 114, partie b). Nous avons choisi d'utiliser l'**arabe standard contemporain** pour l'arabisation de la tâche et pour le contact avec les locuteurs.

Test de reconnaissance n° 1

Dans quel mot le son entendu est-il présent ?

dis	dé
dés	date
d'âme	dors
dôme	doix
du	ventouse
odeur	
Aucun ne correspond	

Quitter

Écouter le test suivant

Ré-écouter le son

a)

Test de reconnaissance n° 1

الصوت الذي لم سمعته موجود في أي كلمة من القائمة الموجودة أمامك؟

دين	دير
ديه	دار
ديم	دور
ديب	دود
لصوت المسموع غير موجود في القائمة!	

Quitter

إستبدل هذا للصوت التالي و ادرسماع الصوت التالي

إسمع الصوت مرة أخرى

b)

Figure 114 : Interfaces du programme de Catégorisation de l'espace vocalique en FR (partie a) et en AJ (partie b), avec la liste des mots qui représentent chacun une voyelle précise en contexte dental.

Nous présentons dans les parties qui suivent, les résultats obtenus en perception des voyelles en AM, en AJ et en FR. Nous procédons ensuite à une comparaison entre les trois systèmes en étudiant les trois voyelles communes /i a u/.

5.3. RECHERCHE DE PROTOTYPES VOCALIQUES

Nous présentons dans cette partie les résultats des expériences de Recherche de **prototypes** vocaliques synthétisés isolément (désormais nous utilisons le terme **statique** pour désigner cet environnement) ou en contexte consonantique de type CV (désormais nous utilisons le terme **dynamique** pour désigner cet environnement) Nous commençons par la présentation des analyses et du traitement des données, ensuite par les résultats pour l'AM, l'AJ et le FR et terminons par une comparaison inter-langues des trois voyelles /i a u/.

5.3.1. *Analyse et traitement des données*

Le corpus obtenu contient 7500 **prototypes** vocaliques qui ont été identifiés par les auditeurs des trois langues (1800 **prototypes** en AM, 2400 en AJ et 3300 en FR), en **statique** et en **dynamique**. Les valeurs formantiques de F_1 et F_2 obtenues ont été converties en Bark en suivant la méthode utilisée précédemment dans le traitement des données en production. Nous avons ensuite calculé les moyennes et les écart-types de ces valeurs par langue, par type de stimuli (**statique** et **dynamique**), par contexte de présentation (bilabial, dental et vélaire) et par voyelle.

Comme en production des voyelles, nous avons appliqué une analyse statistique : une MANOVA à cinq facteurs : langue (3), sujets (10), modalité (**statique** vs **dynamique**) (2), contexte de présentation (3) et voyelles (six en AM, huit en AJ et onze en FR). Le but de cette analyse était de vérifier la validité statistique de nos résultats. Ensuite nous avons utilisé une méthode de classification des données : une analyse discriminante, qui a pour but de tester la validité des résultats obtenus en fonction d'une variable précise, afin de valider les résultats (pour plus de détails sur ces deux méthodes d'analyses, voir Chapitre 4, § 4.3.1.1).

5.3.2. *En Arabe Marocain*

Nous divisons la présentation des résultats de Recherche de **prototypes** vocaliques en AM en quatre parties : les résultats en **statique**, en **dynamique**, issus de la comparaison entre les deux modalités et issus de l'analyse discriminante.

5.3.2.1. **Résultats en statique (V Target)**

Les résultats des **prototypes** vocaliques identifiés par les auditeurs marocains sont présentés sur la Figure 115. Les résultats graphiques ne montrent pas de différences significatives en fonction du contexte de présentation (présent uniquement sous forme visuelle) : sur F_1 : $F(2, 882)=1,61$; $p=0,2$; et sur F_2 : $F(2, 882)=0,6$; $p=0,55$. Les résultats de l'interaction entre les voyelles et le contexte de présentation montrent qu'aucun effet n'est obtenu sur les deux axes (sur F_1 : $(F(10, 882) = 1,24$; $p<0,26$; sur F_2 : $F(10, 882) = 1,01$; $p=0,43$). Les résultats du calcul de taille de l'aire de dispersion⁷³ confirment cette tendance (voir Tableau 37) : nous obtenons une moyenne non significative de 1 Bark² entre les contextes dental et bilabial ($F(1, 18)=0,55$; $p=0,47$), et de 1,25 Bark² entre le dental et le vélaire ($F(1, 18)=1,04$; $p=0,32$).

Ces résultats indiquent que les espaces vocaliques des **prototypes** identifiés par les auditeurs marocains ne sont pas significativement différents. Nous nous attendions à ne pas observer de différence significative entre les **prototypes** vocaliques choisis par les auditeurs marocains. L'explication de ce résultat est la ressemblance auditive entre les trois stimuli proposés : les auditeurs percevant des stimuli synthétiques identiques qui ne changent qu'au niveau du stimulus visuel ne choisissent pas de **prototypes** différents en fonction du contexte de présentation. Ce résultat va dans le sens des explications données dans la littérature sur la stabilité de l'espace vocalique perceptif : la perception de la parole est un phénomène *many-to-one* (voir les travaux de Meunier (2005), entres autres).

⁷³ Nous utiliserons désormais les termes : **aire de dispersion des voyelles** pour parler de la taille de l'espace vocalique obtenue à partir des voyelles étudiées ; et **ellipse de dispersion des voyelles** pour parler de la taille des ellipses de chaque voyelle.

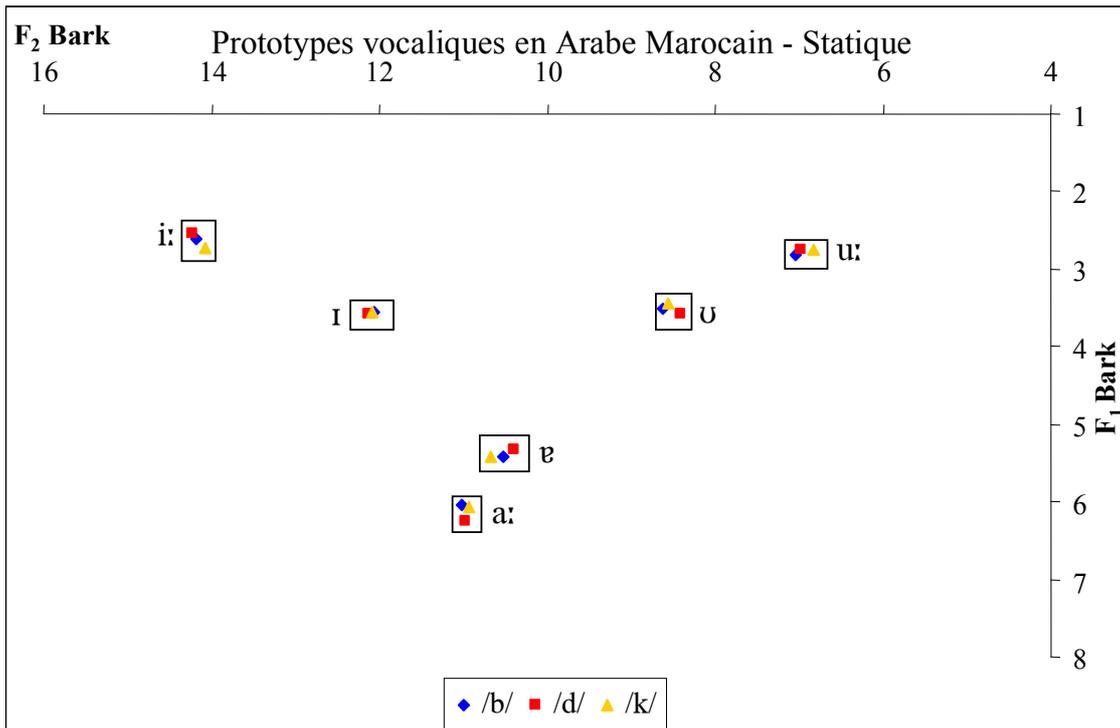


Figure 115 : Espace vocalique des **prototypes** vocaux identifiés en AM **statique**, en fonction des contextes de présentation.⁷⁴

Tableau 37 : Taille des aires de dispersion des voyelles **prototypiques** identifiées en AM en **statique**, en fonction des contextes de présentation (en Bark²).

	Moyenne	Écart-Type
Bilabial	17,08	2,63
Dental	18,01	3,00
Vélaire	16,75	2,53

La position des six voyelles **prototypiques** obtenue sur la Figure 115 montre des différences significatives liées au timbre des voyelles (i.e., des voyelles différentes sur le plan perceptif) et ce sur F₁ : $F(5, 882)= 1219,23$; $p<0,001$; et sur F₂ : $F(5, 882)=2255,43$; $p<0,001$. Les trois voyelles longues /i: a: u:/ sont positionnées aux extrémités de l'espace vocalique ; les trois voyelles brèves /I ɐ U/ obtiennent des positions différentes sur l'espace vocalique s'éloignant de celle d'une voyelle [ə]. Nous obtenons trois voyelles **prototypiques**

⁷⁴ Les carrés dessinés autour de chaque catégorie vocale sont affichés simplement par soucis de visibilité pour regrouper les données par timbre vocalique. Leur taille est arbitraire et donc sans lien avec la dispersion des ellipses.

différentes quel que soit le contexte de présentation, sans aucune « centralisation » dans l'espace acoustico-perceptif. Comme nous l'avons vu, la littérature propose que les deux voyelles brèves /i a/ en AM ont fusionné et forment une seule voyelle centrale /ə/ tandis que la voyelle brève /u/ est restée en opposition de longueur vocalique avec /u:/, avec une « centralisation » dans le plan $F_1\sim F_2$, et est devenue /ʊ/. Nos résultats montrent que les auditeurs marocains perçoivent trois timbres vocaliques brefs différents.

Nous observons néanmoins des différences significatives entre les choix des voyelles **prototypiques** en AM pour toutes les voyelles en fonction de l'auditeur, différences observables sur les deux axes : sur F_1 : $F(9, 882)=58,6$; $p<0,001$; et sur F_2 : $F(9, 882)=16,72$; $p<0,001$ (voir Figure 116). Afin de quantifier cette différence, nous avons calculé la taille des ellipses de chaque catégorie vocalique. Les résultats, présentés sur la Figure 117, montrent une variabilité inter-individuelle peu importante pour les deux voyelles longues /i: u:/ dans les trois contextes de présentation, mais une variabilité bien marquée pour les autres voyelles dans les trois contextes de présentation sauf pour la voyelle /ʊ/ qui affiche une dispersion très grande en contexte vélaire. En moyenne, ces ellipses sont plus grandes en contexte vélaire, plus petites en contexte dental et intermédiaires en contexte bilabial (différences non significatives). Nous obtenons une interaction significative entre les auditeurs et les voyelles sur les deux axes : sur F_1 : $F(45, 882) = 15,58$; $p<0,001$; sur F_2 : $F(45, 882) = 5,55$; $p<0,001$. Ceci peut être expliqué par des différences de stratégies individuelles : les auditeurs marocains organisent leurs espaces acoustico-perceptifs différemment.

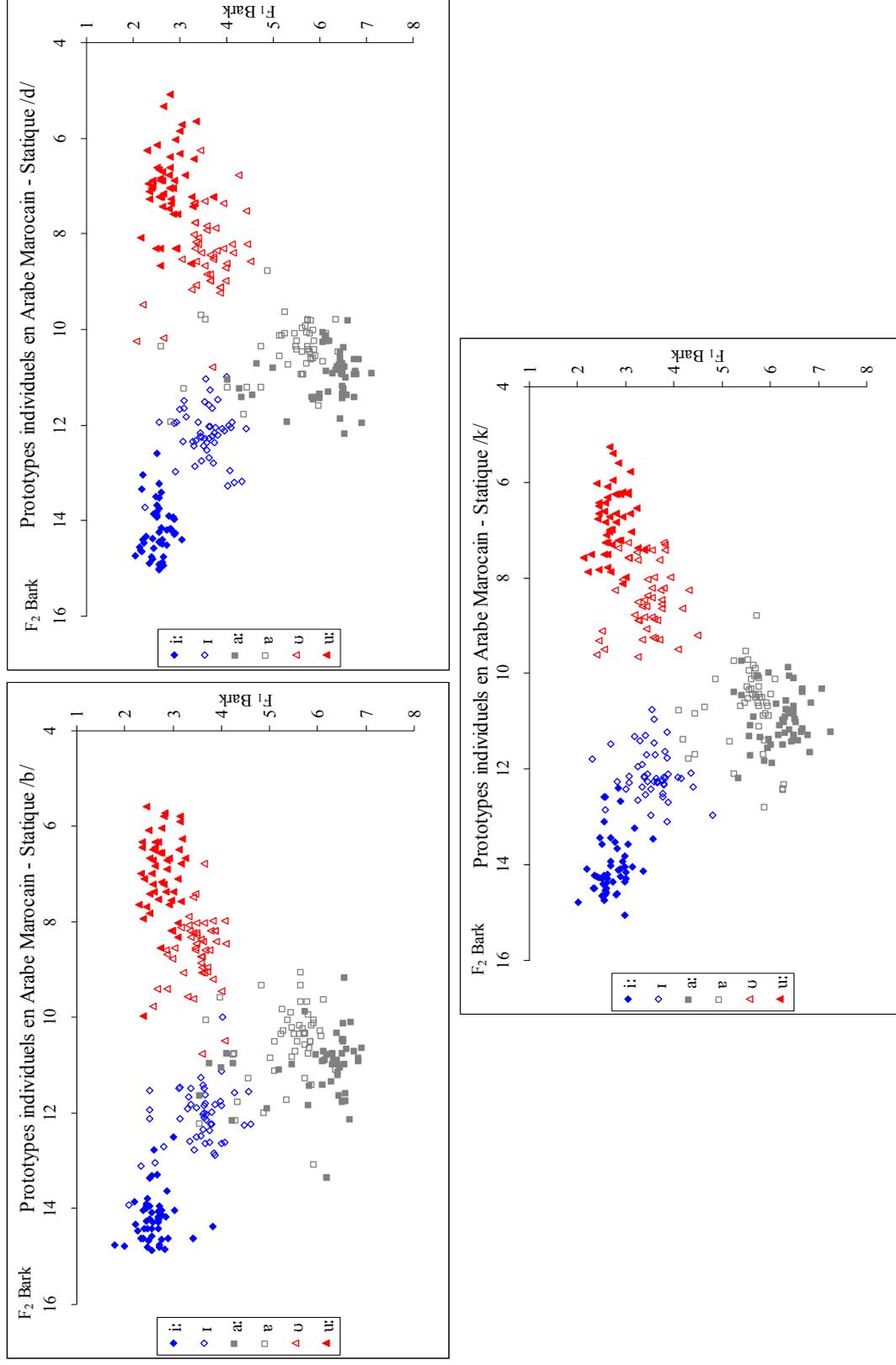


Figure 116 : Dispersion des voyelles **prototypiques** individuelles en AM en **statique**, en fonction des contextes de présentation.

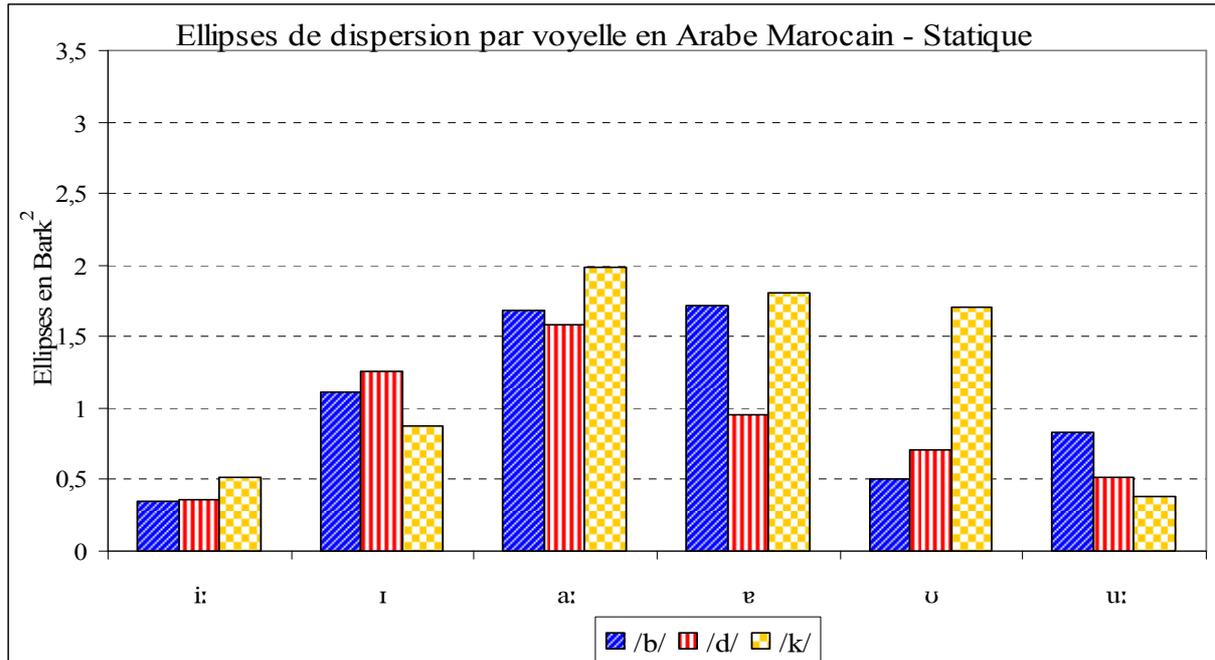


Figure 117 : Taille des ellipses de dispersion par voyelle **prototypique** perçue en AM en **statique**, en fonction des contextes de présentation.

La littérature explique que la taille des ellipses de dispersion de chaque voyelle et plus particulièrement pour les voyelles extrêmes /i: a: u:/, est fonction de la densité des systèmes vocaliques. Le système vocalique perceptif de l'AM atteste six voyelles différentes. Nous observons que seules les deux voyelles extrêmes /i: u:/ obtiennent les ellipses les plus petites, /a:/ en revanche obtient l'ellipse la plus grande. Ces résultats vont dans le sens des propositions de la **théorie quantique** (pour /i: u:/) et de la **théorie de la dispersion adaptée** (pour /a:/). Nous avons proposé aux auditeurs marocains des stimuli longs et brefs (200 ms et 100 ms, respectivement) afin d'être cohérent avec les données de la littérature concernant l'opposition de quantité en arabe. La différence entre les stimuli proposés était fonction de la durée variable et de changement de qualité phonétique des timbres. Tous les auditeurs marocains nous ont révélé ne pas avoir fait usage de l'opposition de durée de stimuli dans les expériences proposées pour choisir les **prototypes** vocaliques correspondants aux voyelles « longues » et « brèves ». Ils n'étaient pas conscients, d'après eux, de cette variation, car ils cherchaient avant tout à identifier le « timbre » correspondant à chaque stimulus. Dans tous les cas, le protocole proposé ne permettait pas aux auditeurs de modifier la durée de stimulus comme ils le souhaitaient lorsqu'une voyelle longue ou brève était à identifier.

Les résultats obtenus en **statique** montrent que les auditeurs marocains sont sensibles uniquement aux variations liées aux timbres vocaliques des six voyelles proposées ; aucune différence significative n'a été obtenue pour la variation liée au contexte de présentation (variation disponible sur le plan visuel uniquement), ni en fonction de la durée des stimuli. Nous voulons savoir comment les traits **dynamiques** vont aider ou pas les auditeurs marocains à identifier les voyelles de leur système.

5.3.2.2. Résultats en dynamique (CV Target)

Les résultats des choix des **prototypes** vocaliques identifiés par les auditeurs marocains en **dynamique** sont présentés graphiquement sur la Figure 118. Les espaces vocaliques obtenus sont significativement différents en fonction des contextes de présentation c'est dans l'environnement vélaire que l'espace est plus « ouvert » sur l'axe F_1 : $F(2, 882)=7,11$; $p<0,001$; tandis que c'est en contexte bilabial qu'il est plus « postérieures », sur l'axe F_2 : $F(2, 882)=25,21$; $p<0,001$.

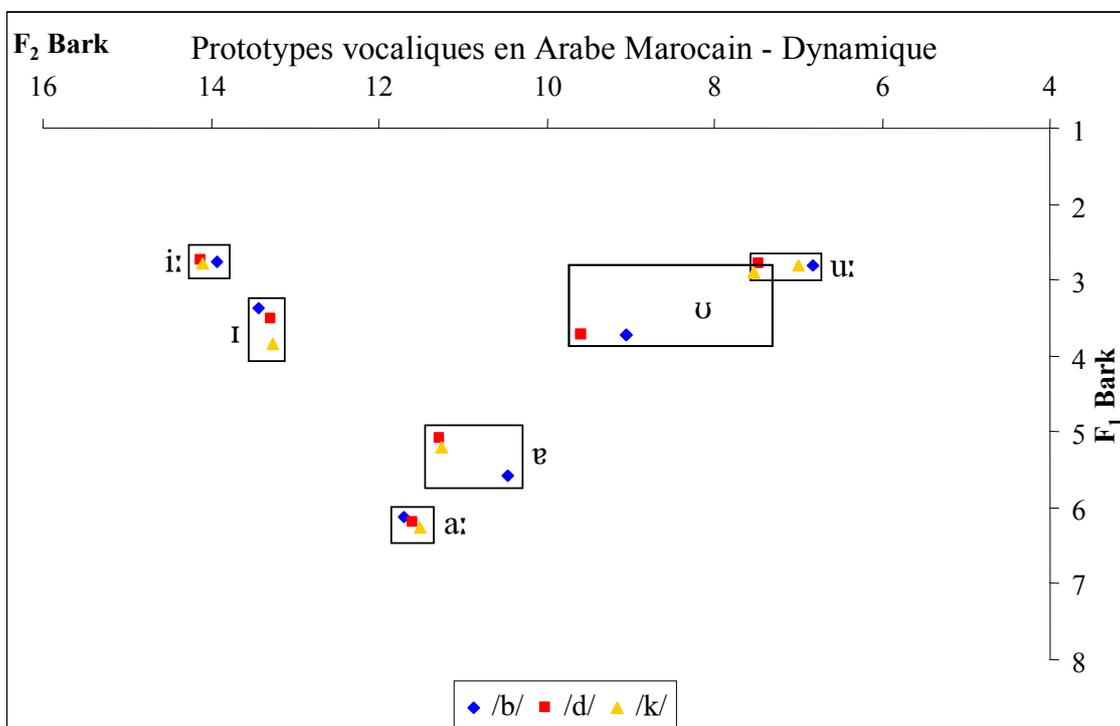


Figure 118 : Espace vocalique des **prototypes** vocaliques identifiés en AM en **dynamique**, en fonction des contextes de présentation.

Nous n'observons pratiquement aucune différence quant à la taille des aires de dispersion des voyelles **prototypiques** identifiées dans les trois contextes consonantiques (voir Tableau 38).

Tableau 38 : Taille des aires de dispersion des voyelles **prototypiques** identifiées en AM en **dynamique**, en fonction des contextes de présentation (en Bark²).

	Moyenne	Écart-Type
Bilabial	17,62	2,26
Dental	17,59	1,63
Vélaire	17,66	1,82

Nous obtenons des différences significatives liées aux timbres des voyelles, sur F_1 : $F(5, 882)=1594,25$; $p<0,001$; et sur F_2 : $F(5, 882)=2035,31$; $p<0,001$. Les résultats de l'interaction entre les voyelles et le contexte de présentation donnent des différences significatives : sur F_1 , les voyelles /i: ɪ a:/ identifiées en contexte vélaire sont légèrement plus « ouvertes » que dans les deux autres contextes ($F(10, 882) = 13,82$; $p<0,001$) ; sur l'axe F_2 , seules les voyelles /i: ɐ u:/ identifiées en contexte bilabial sont plus « postérieures » ($F(10, 882) = 18,86$; $p<0,001$, (voir Figure 118). Comme en **statique**, nous obtenons des différences significatives liées aux timbres des trois voyelles brèves en AM ; i.e., /i a/ ne constituent pas une seule et unique voyelle centrale /ə/ mais deux timbres distincts. Nous observons par contre un rapprochement très important entre les **prototypes** vocaliques de /ʊ/ et /u:/ en contexte vélaire : résultat obtenu également en production des voyelles (voir § 4.4.1).

Nous obtenons des différences significatives entre les auditeurs marocains dans les choix des **prototypes** vocalique de leur système visibles sur F_1 : $F(9, 882)= 16,94$; $p<0,001$; et sur F_2 : $F(9, 882)=16,01$; $p<0,001$ (voir Figure 119).

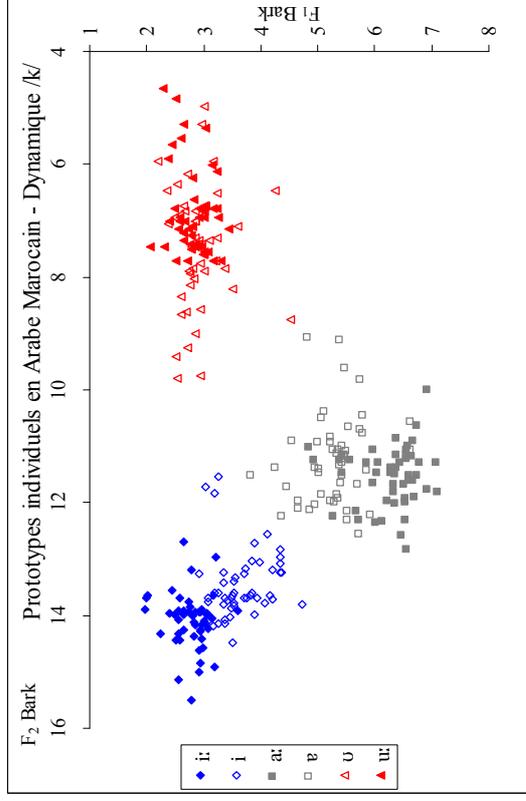
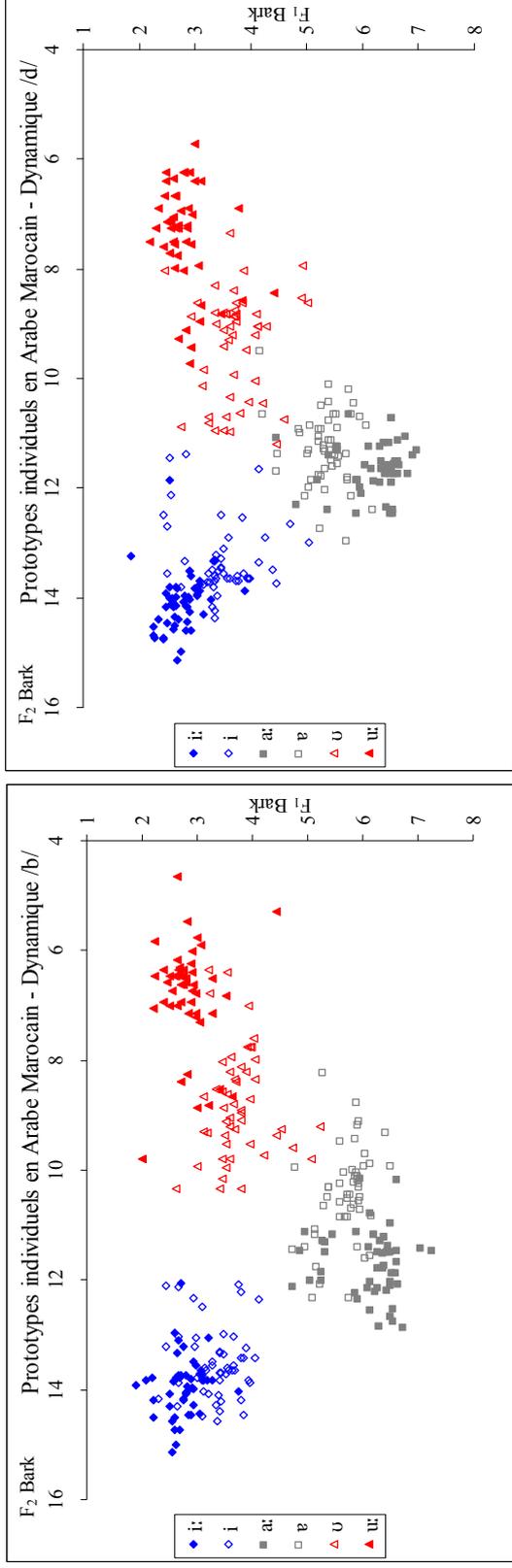


Figure 119 : Dispersion des voyelles **prototypiques** individuelles en AM en **dynamique**, en fonction des contextes de présentation.

À partir des résultats individuels, nous observons une homogénéité entre les voyelles **prototypiques** longues choisies par les auditeurs marocains. Les **prototypes** vocaliques brefs quant à eux, sont identifiés avec plus de variation. En effet, la voyelle **prototypique** /ɪ/ est tantôt perçue comme une voyelle [i] (en contexte /b/), tantôt comme une voyelle allant des voyelles [i] à [e] (en contextes /d/ et /k/). La voyelle /ɐ/ est identifiée soit comme une voyelle « postérieure » [ɑ] ou [ɔ] (en contexte /b/), soit comme une /a/ centrale (en contextes /d/ et /k/). Enfin, la voyelle /ʊ/ est identifiée comme une voyelle « centrale » [ə] (en contextes /b/ et /d/) et comme une voyelle soit « postérieure » /ʊ/, soit comme une voyelle [ə] plus « fermée » (en contexte /k/). Nous obtenons une interaction significative entre les auditeurs et les voyelles sur les deux axes : sur F_1 : $F(45, 882) = 6,91$; $p < 0,001$; et sur F_2 : $F(45, 882) = 11,06$; $p < 0,001$.

Afin de mesurer l'effet des variations inter-individuelles et contextuelles sur la dispersion des voyelles **prototypiques** identifiées en AM, nous avons calculé la taille des ellipses de dispersion pour chaque voyelle en fonction du contexte de présentation. Les résultats présentés sur la Figure 120 ne montrent pas d'effets systématiques de variations de taille des ellipses en fonction des **prototypes** identifiés. Nous observons par contre que les trois voyelles cardinales /i: a: u:/ obtiennent les ellipses les plus petites et plus particulièrement pour /i:/, les ellipses les plus grandes sont obtenues pour les trois voyelles brèves /ɪ ɐ ʊ/. Il semblerait qu'en **dynamique** les effets de la densité des systèmes vocaliques n'affectent pas la taille des ellipses des trois voyelles extrêmes /i: a: u:/, conformément aux propositions de la **théorie quantique**.

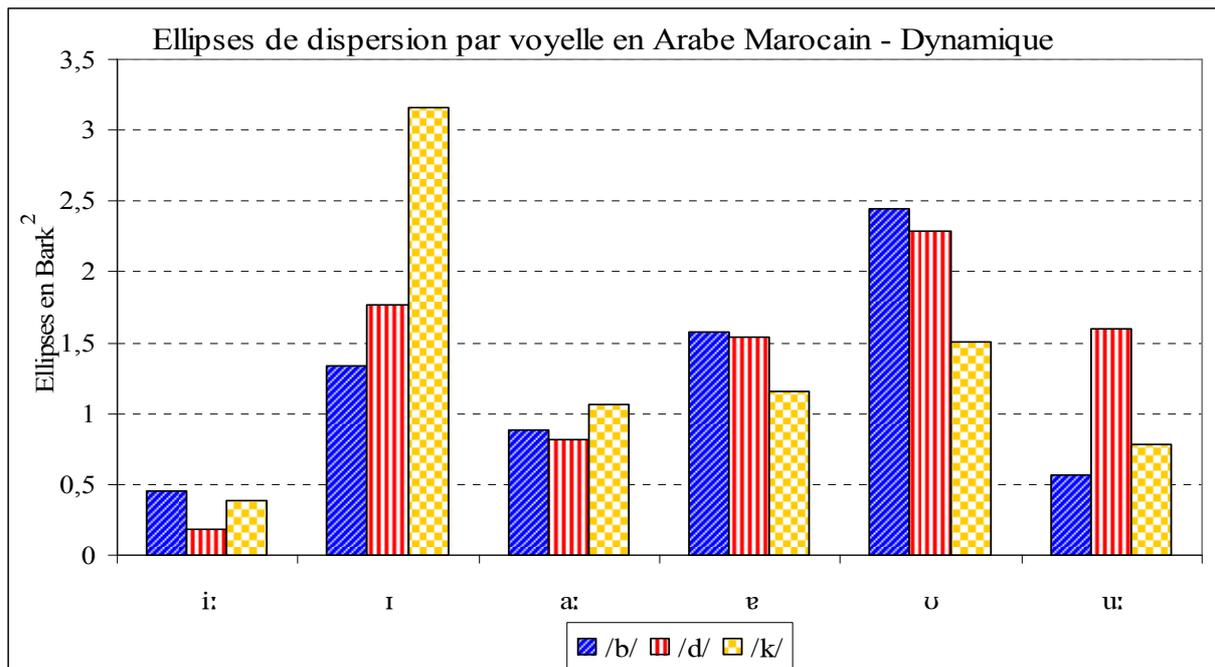


Figure 120 : Ellipses de dispersion par voyelle **prototypique** perçue en AM en **dynamique**, en fonction des contextes de présentation.

Ces résultats montrent que les auditeurs marocains étaient sensibles aux variations observées au niveau de la qualité des six timbres vocaliques **prototypiques** et au niveau des influences consonantiques sur la position de ces voyelles. Nous retrouvons une homogénéité entre les résultats obtenus en production et en perception. Nous évaluerons dans la partie qui suit les résultats obtenus pour la comparaison entre les **prototypes** vocaliques identifiés en **statique** et en **dynamique**.

5.3.2.3. Comparaison des résultats en statique vs en dynamique

Les résultats de la comparaison entre les **prototypes** vocaliques obtenus en **statique** vs **dynamique** dans le choix des **prototypes** vocaliques en AM, montrent des différences significatives uniquement sur F_2 : les voyelles /ɪ ɐ a: ʊ u:/ sont significativement plus « antériorisées » en **dynamique** qu'en **statique** ($F(5, 1764)=40,26$; $p<0,001$), (voir Figure 121). Cette différence est plus marquée pour les voyelles /ɪ ɐ a:/ que pour les voyelles postérieures ; aucune différence n'est obtenue pour la voyelle /i:/. La dispersion des voyelles à l'intérieur de l'espace vocalique semble différente en fonction des traits utilisés, mais sans

modification de la taille des aires de dispersion : 17,28 Bark² en **statique** et 17,62 en **dynamique** (différence non significative : $F(1, 18)=0,81$; $p=0,42$).

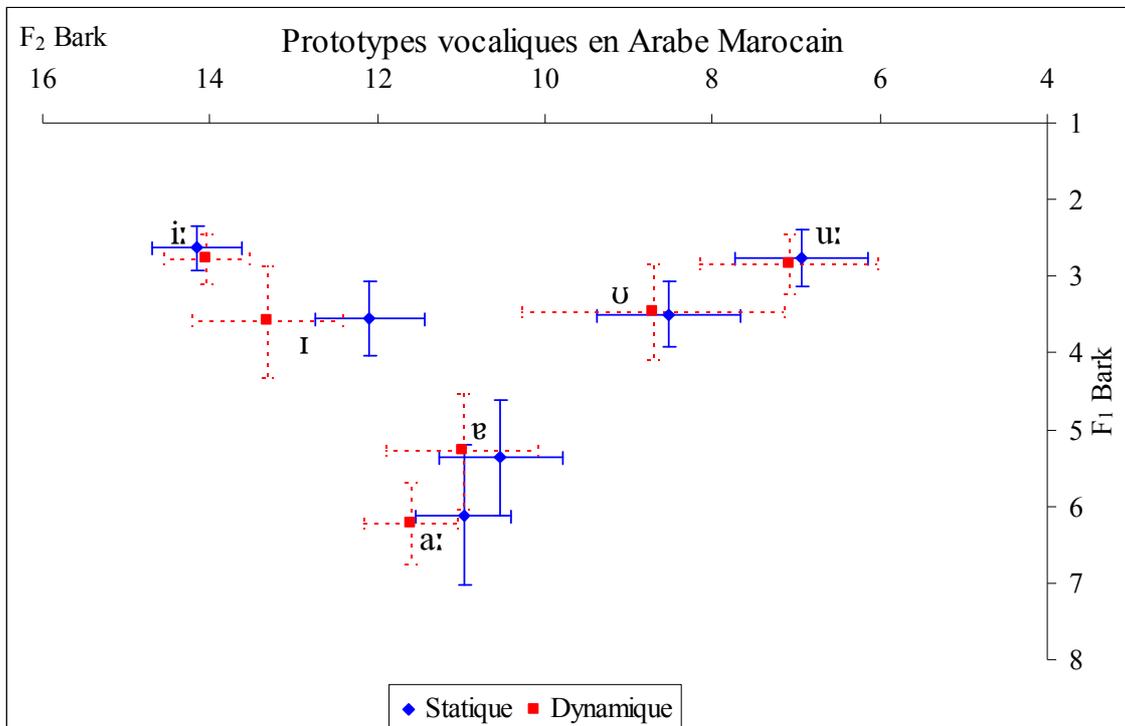


Figure 121 : Espaces vocaliques des **prototypes** identifiés en AM en **statique** vs en **dynamique**.

Les résultats obtenus par Johnson (2000) ont montré que l'utilisation de la **dynamique** (i.e., consonne initiale ajoutée à la voyelle) n'a pas affecté la position des voyelles **prototypiques** identifiées par les auditeurs anglais, ni la taille des aires de dispersion. Nos résultats sur l'AM sont partiellement en accord avec ceux de Johnson (2000) pour ce qui est de la taille des espaces vocaliques non significativement différente. En revanche, nos résultats montrent qu'à l'inverse des propositions de Johnson (2000), les **prototypes** vocaliques choisis par les auditeurs marocains sont significativement différents en **statique** vs en **dynamique**. Autrement dit, les auditeurs de l'AM sont sensibles aux effets coarticulatoires de la consonne initiale sur la voyelle.

Les résultats de l'interaction entre les traits utilisés (**statique** vs **dynamique**) et les trois contextes de présentation montrent des différences significatives sur les deux axes. Sur F_1 , un effet non systématique est obtenu, car en contexte /b/ par exemple, l'espace vocalique est significativement plus « ouvert » en **dynamique**, tandis que c'est en **statique** que l'espace

est plus « ouvert » en contexte dental ($F(2, 1764)= 7,32$; $p<0,001$) ; des différences très marquées sont obtenues en fonction des timbres vocaliques (nous y reviendrons un peu plus loin). Sur F_2 , les trois espaces vocaliques obtenus en **dynamique** et dans les trois contextes de présentation sont significativement plus « antériorisées » qu'en **statique** ($F(2, 1764)=14,15$; $p<0,001$), (voir Figure 122). L'interaction entre les traits utilisés (**statique** vs **dynamique**), le contexte de présentation et les voyelles donne des différences significatives sur les deux axes. Ainsi, sur F_1 , les voyelles /i: ɐ a: ʊ/ en contexte bilabial sont significativement plus « ouvertes » et /ɪ/ est plus « fermée » en **dynamique** ; en contexte dental, les voyelles /i: ʊ u:/ sont plus « ouvertes » et /ɪ ɐ a:/ sont plus « fermées » en **dynamique** ; et en contexte vélaire, /ɪ u:/ sont significativement plus « ouvertes » et /ɐ a: ʊ/ sont plus « fermées » en **dynamique**, ($F(10, 1764)= 5,04$; $p<0,001$). Sur F_2 , les voyelles /ɪ a: ʊ/ en contexte bilabial sont significativement plus « antérieures » et /i: u:/ sont plus « postérieures » en **dynamique** ; en contexte dental, les voyelles /ɪ ɐ a: ʊ u:/ sont significativement plus « antérieures » et seule /i:/ est plus « postérieure » en **dynamique** ; et enfin en contexte vélaire, /ɪ ɐ a: u:/ sont significativement plus « antérieures » et /ʊ/ est plus « postérieure » en **dynamique**, ($F(10, 1764)= 10,47$; $p<0,001$).

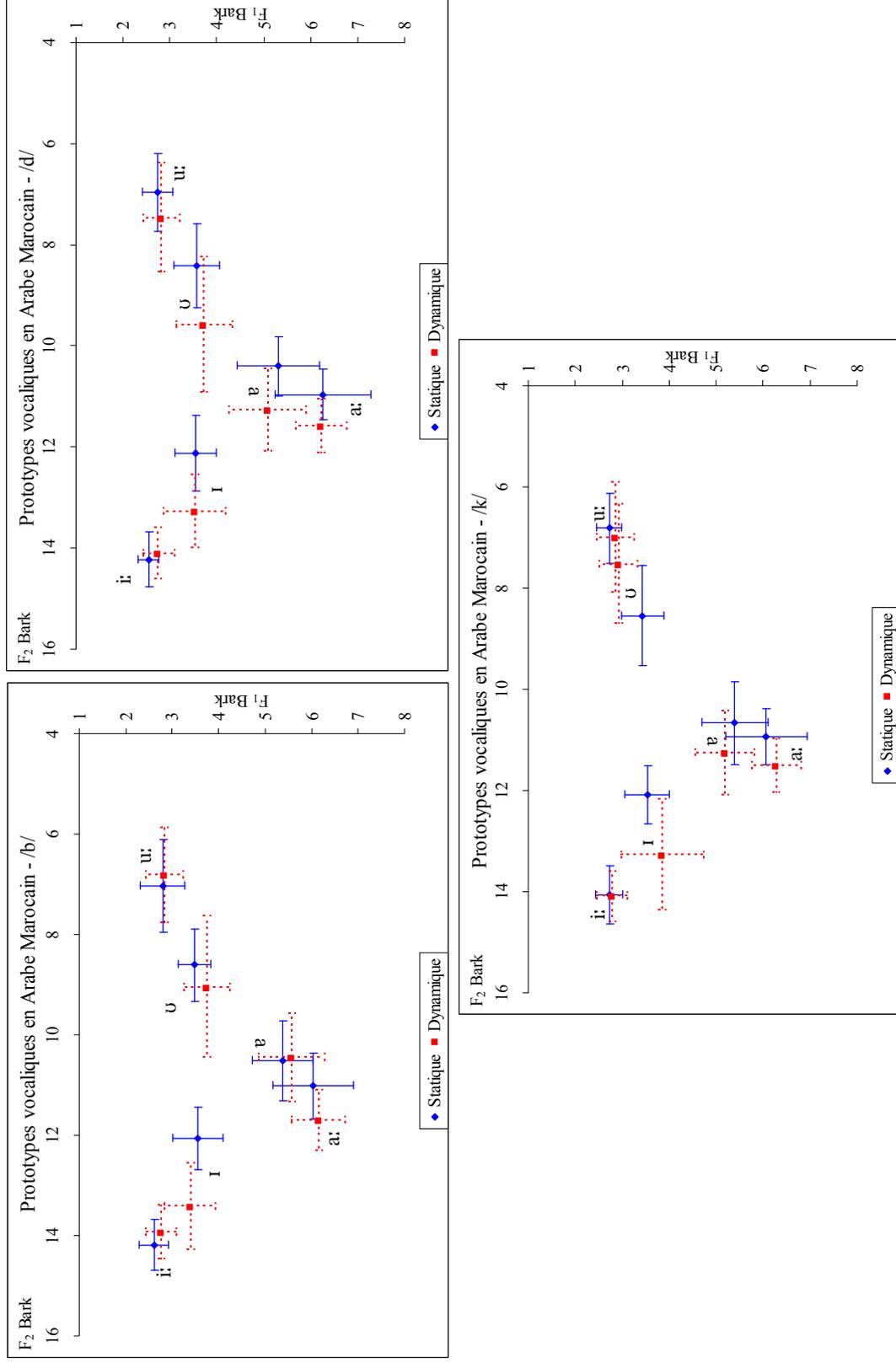


Figure 122 : Espaces vocales des prototypes en AM en statique vs dynamique, en fonction des contextes de présentation.

Nous avons voulu vérifier si les différences observées sur les trois graphiques de la Figure 122, en ce qui concerne la taille des aires de dispersion d'une part et de la position des voyelles, d'autre part, sont statistiquement significatives. Pour cela, nous avons calculé la taille des aires de dispersion des voyelles par contexte de présentation en fonction des traits utilisés et effectué des analyses statistiques complémentaires pour chaque voyelle (T-test de Student : test d'égalité des espérances : observations appariées). Sur la Figure 123, nous présentons la taille des aires de dispersion par contexte de présentation et par trait utilisé : les aires de dispersion des voyelles **prototypes** identifiées en AM ne présentent pas de taille statistiquement différente, quels que soient les contextes de présentation et les modalités.

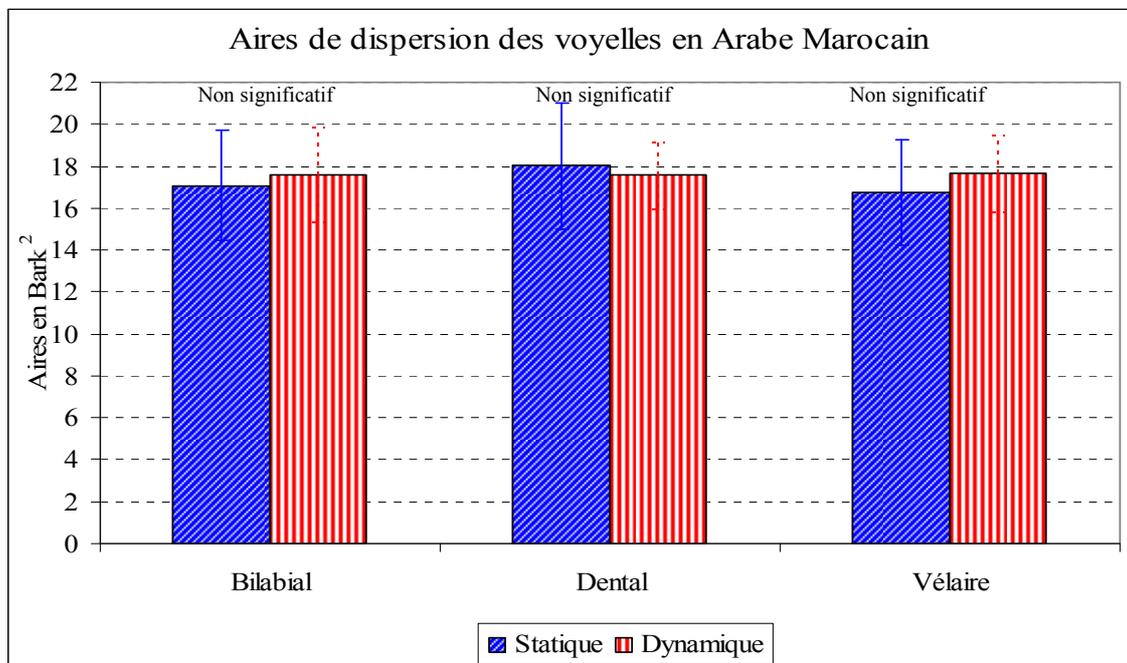


Figure 123 : Aires de dispersion des voyelles **prototypiques** identifiées en AM en **statique** vs **dynamique**, en fonction des contextes de présentation (ns = non significatif).

Pour ce qui est des différences de positions des voyelles **prototypiques** présentées sur la Figure 122, les résultats statistiques, présentés dans la Tableau 39, montrent que les différences les plus marquées sont obtenues pour la voyelle /*v*/ dans les environnements /*d k*/ sur les deux axes F_1 et F_2 ; pour la voyelle /*a*/ sur F_2 dans les trois contextes de présentation ; et pour la voyelle /*u*/ dans l'environnement vélaire sur les deux axes F_1 et F_2 .

Tableau 39 : Résultats des T-test de Student entre les voyelles **prototypiques** identifiées par les auditeurs marocains, en **statique** vs **dynamique**. [+F] = [+fermé], [+O] = [+ouvert], [+A] = [+antérieur], [+P] = [+postérieur], NS = Non Significative. Le tableau se lit de la façon suivante : /i/ > /b/ > F₁ = [+F], p<0,05 : la voyelle /i/ identifiée en contexte /b/ en **dynamique** est significativement [+fermée] (p<0,05) par rapport à celle en **statique**.

	F ₁			F ₂		
	/b/	/d/	/k/	/b/	/d/	/k/
/i/	[+F], p<0,05	NS	[+O], p<0,05	[+A], p<0,001	[+A], p<0,001	[+A], p<0,001
/i:/	[+O], p<0,01	[+O], p<0,001	NS	[+P], p<0,01	NS	NS
/e/	[+O], p<0,05	[+F], p<0,01	[+F], p<0,01	NS	[+A], p<0,001	[+A], p<0,001
/a:/	NS	NS	[+O], p<0,01	[+A], p<0,001	[+A], p<0,001	[+A], p<0,001
/o/	[+O], p<0,001	[+O], p<0,05	[+F], p<0,001	[+A], p<0,05	[+A], p<0,001	[+P], p<0,001
/u:/	NS	NS	[+O], p<0,05	[+P], p<0,05	[+A], p<0,001	NS

Les différences de taille des aires de dispersion et de la position des voyelles **prototypiques** identifiées par les auditeurs marocains sont dépendantes des stratégies individuelles : il existe en effet une variabilité inter-individuelle importante qui est relevée sur les deux axes et quantifiée par les écart-types et par la taille des ellipses de chaque voyelle. Ainsi, nous présentons sur la Figure 124 les ellipses de dispersion par voyelle en fonction des traits utilisés. Ces différences ne sont pas significatives, $F(1, 10)=0,005$; $p=0,95$. Aucune tendance n'est observée à l'issue de cette analyse, sauf pour les deux voyelles fermées /i/ u:/, dont les ellipses de dispersion en **statique** et en **dynamique** sont plus petites comparées aux autres voyelles ; de plus, les ellipses des trois voyelles brèves sont les plus grandes par rapport aux autres voyelles (sauf la voyelle /a:/ en **statique**). Nous obtenons les mêmes résultats en comparant la taille des ellipses de dispersion par catégorie vocalique en fonction du contexte de présentation et des traits utilisés (i.e., aucune différence significative, voir Annexe 33).

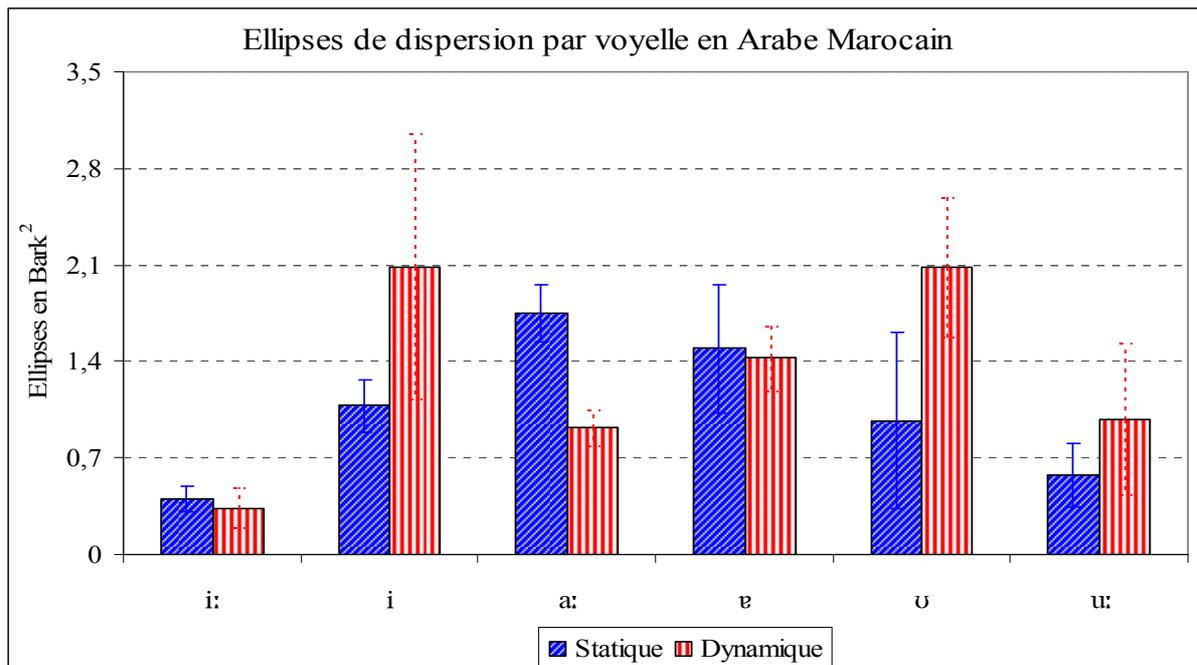


Figure 124 : Ellipses de dispersion par voyelle **prototypique** perçue en AM en **statique** vs **dynamique**.

Tous les auditeurs marocains, participant à ces deux expériences (i.e., recherche des **prototypes** vocaliques en **statique** et en **dynamique**), nous ont expliqué que la tâche de perception en **statique** était moyennement difficile par rapport à celle en **dynamique**. Les explications avancées mettent en cause la qualité des sons de synthèse (i.e., sons correspondant à des « *bips* » ou des « *bruits* ») ou encore l'absence de variation dans la structure temporelle et fréquentielle de la voyelle (i.e., des voyelles « *trop soutenues* » ou « *trop longues* »). Tous les auditeurs marocains nous ont expliqué que les aspects **dynamiques** (i.e., « *les consonnes avant* ») ont « *énormément* » aidés à reconnaître les voyelles et à les identifier.

Les résultats des **prototypes** vocaliques identifiés par les auditeurs marocains ont montré, d'une part, que les traits **dynamiques** apportent plus de précision et de « *naturel* » aux stimuli synthétiques lors de l'identification des voyelles en AM, et d'autre part que les effets du contexte de présentation sont visibles surtout en **dynamique**. Des différences qualitatives ont été observées entre les voyelles **prototypiques** en AM. Nous avons ensuite évalué la validité de nos résultats par une analyse discriminante.

5.3.2.4. Résultats de l'analyse discriminante⁷⁵

Nous avons appliqué une analyse discriminante avec validation croisée, ayant comme paramètres les valeurs de F_1 et de F_2 des **prototypes** vocaliques identifiés par les auditeurs marocains. La classification a été proposée en fonction des voyelles identifiées en **statique** vs **dynamique** et du contexte de présentation. Nous avons montré que les timbres des voyelles **prototypiques** identifiés par les auditeurs marocains étaient significativement différents en **statique** et en **dynamique** et quel que soit le contexte de présentation. Les taux de classification de l'analyse discriminante confirment ces résultats (voir Tableau 40).

Tableau 40 : Taux de classification correcte des voyelles **prototypiques** identifiés en AM en **statique** vs **dynamique** en fonction de chaque contexte de présentation. (Taux significatifs, Box's M ; $p < 0,001$).

	/b/	/d/	/k/
Statique	85,3%	86,3%	85,7%
Dynamique	79,0%	79,0%	74,7%

L'observation des taux de classification révèle que la **dynamique** semble ne pas améliorée la séparation entre les voyelles. Nous obtenons un taux moyen de classification des voyelles en **dynamique** inférieur de 8% à celui en **statique** (BinomialQ ; $p < 0,001$)⁷⁶. Nous ne nous attendions pas à obtenir un taux moyen plus bas en **dynamique**, car les auditeurs marocains ont expliqué que la tâche d'identification des voyelles était plus facile lorsque les

⁷⁵ Le taux de classification de l'analyse discriminante est considéré comme significatif si l'analyse statistique Box's M, proposée dans l'Analyse, donne des résultats significatifs. Le Box's M est une analyse statistique qui propose de valider (ou non) l'hypothèse nulle selon laquelle la variance/covariance pour la totalité de l'échantillon est identique à travers les données. Autrement dit, s'il existe des différences entre les sous-groupes testés, la moyenne et la variance vont être significativement différentes. La valeur de Box's M doit être la plus élevée possible : plus la valeur de Box's M est élevée, plus le seuil de significativité est bas (i.e., la probabilité est inférieure à 0,001). Si le seuil de significativité est supérieur à 0,05, l'analyse discriminante n'est pas valide (i.e., on ne peut pas effectuer une classification des données). Dans ce cas, nous mentionnerons ces taux et tenterons de les expliquer.

⁷⁶ Le BinomialQ (p, k, n) est une analyse statistique, proposée dans Praat, qui permet de calculer la probabilité pour que, dans un nombre précis d'expérience n , un événement avec une probabilité p intervienne avec un nombre de fois k . Dans notre étude, nous calculons ainsi la probabilité pour que le taux de classification obtenu en **statique** p , soit significativement différent du taux de classification en **dynamique**. La méthode de calcul utilisée est la suivante : BinomialQ (p, k, n) = BinomialQ (taux de classification en **statique**, taux de classification en **dynamique** * la somme du nombre total de voyelles dans les deux conditions, la somme du nombre total de voyelles dans les deux conditions).

traits **dynamiques** étaient utilisés. Il semblerait toutefois que ces traits **dynamiques** n'aient pas amélioré la perception des auditeurs marocains, à l'inverse de leurs suppositions. Nous avons vu dans les parties précédentes que l'identification des **prototypes** en AM était variable en fonction des auditeurs. La plupart des confusions dans la classification des voyelles étaient moins importantes lorsque les traits **statiques** ont été utilisés (voir Figure 125) plutôt que les traits **dynamiques** (voir Figure 126).

L'examen de ces confusion montre que les trois voyelles longues /i: a: u:/ identifiées par les auditeurs marocains en **statique** ont été classifiées avec des taux allant de 78% à 98%, quel que soit le contexte de présentation. La plupart des confusions obtenues concernait les deux voyelles /a: ɐ/ qui sont très proches (voir également Figure 115), et qui ont fait baisser les taux de classification finaux. Les deux voyelles /ɪ ʊ/ ont été souvent bien classifiées, mais les confusions obtenues sont causées par leurs positions proches des voyelles /i: u:/.

Les trois voyelles longues /i: a: u:/ identifiées par les auditeurs marocains en **dynamique** ont été classifiées avec des taux allant de 68% à 96%. Les confusions observées concernaient soit les deux voyelles /u: ʊ/ qui sont très proches, soit les couples de voyelle /a: ɐ/ et /i: ɪ/, soit les trois voyelles brèves /ɪ ɐ ʊ/ (qui sont très proches selon les réalisations individuelles, voir la Figure 118).

Il ressort de cette classification le constat suivant : les trois voyelles **prototypiques** /ɪ ɐ ʊ/ identifiées par les auditeurs marocains sont toutes les trois bien classifiées et très peu confondues entre elles (les confusions étaient toujours avec les voyelles correspondantes longues). Les auditeurs marocains ont choisi trois « timbres » vocaliques brèves comme « représentant » de la catégorie /ə/.

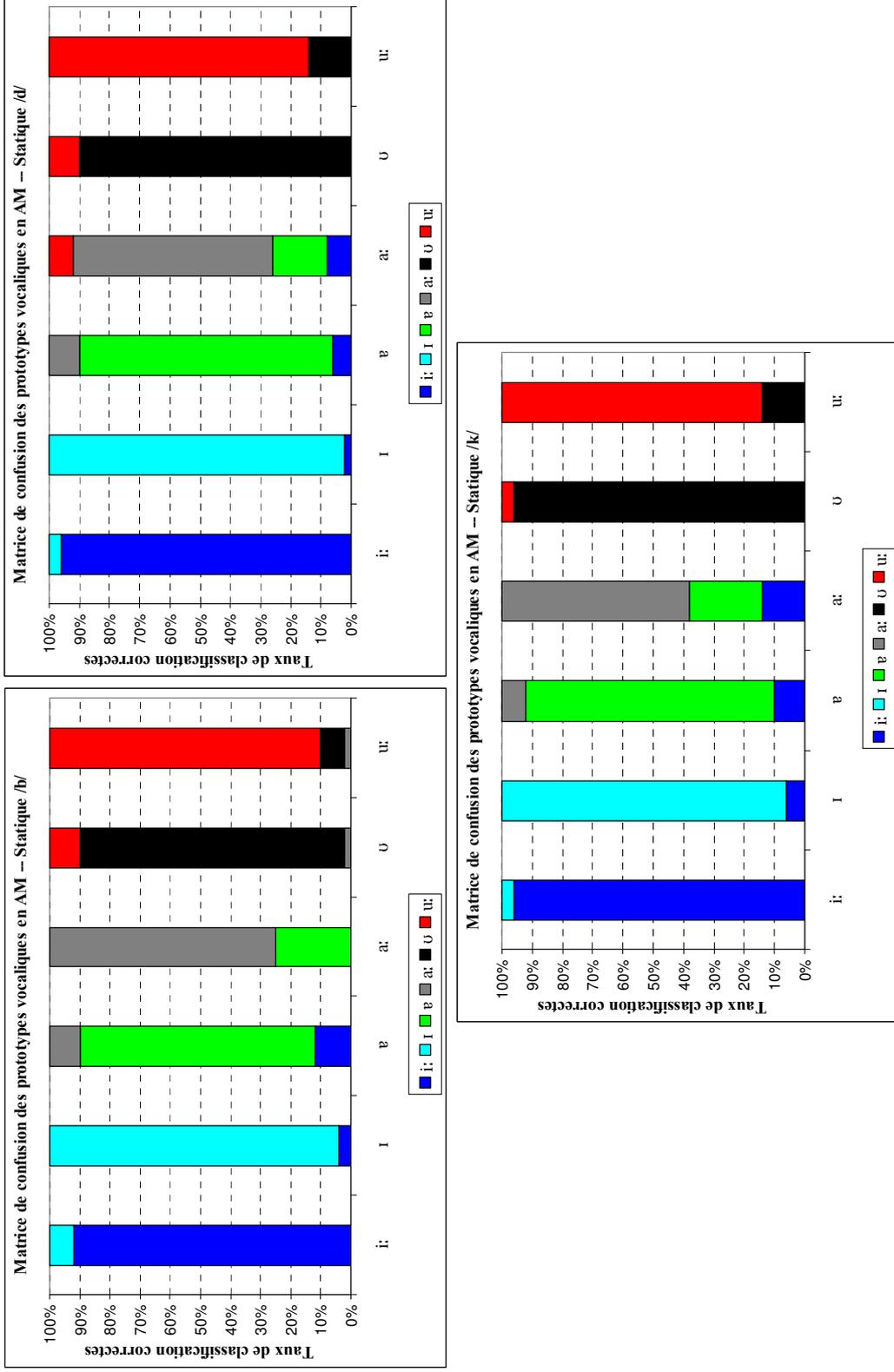


Figure 125 : Matrice de confusion de classification des prototypes en AM en statique, en fonction des contextes de présentation.

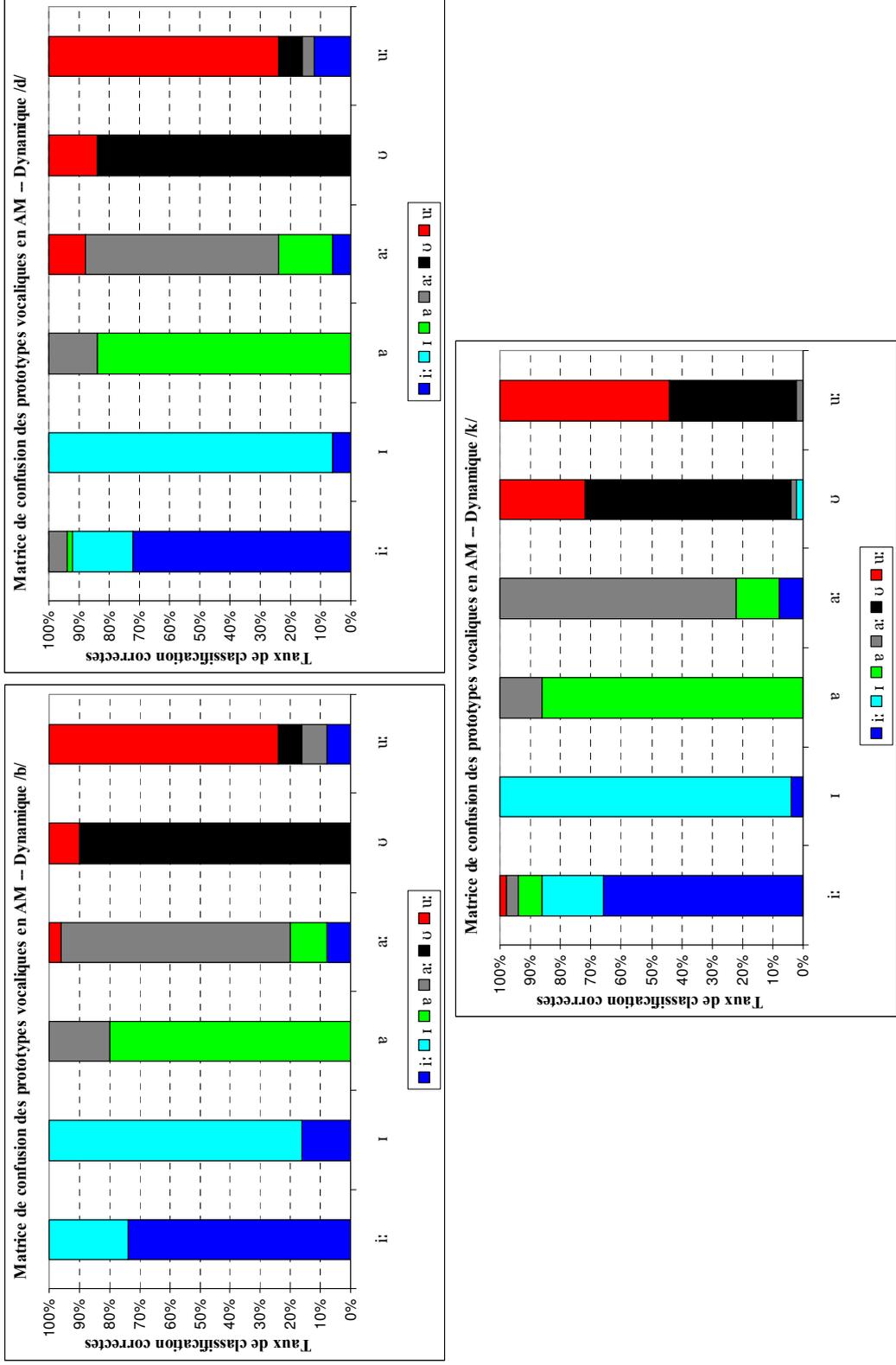


Figure 126 : Matrice de confusion de classification des prototypes en AM en dynamique, en fonction des contextes de présentation

Nous nous posons des questions sur le comportement des auditeurs marocains : pourquoi observons-nous trois timbres vocaliques brefs /ɪ ɐ ʊ/ identifiés comme **prototypes** vocaliques perceptifs ? Pourquoi les **prototypes** vocaliques perceptifs choisis par les auditeurs marocains ne correspondent pas aux résultats de la littérature ? Est-ce que les auditeurs marocains sont conscients des différences qualitatives entre ces trois voyelles brèves et le font ressortir sur le plan perceptif ? Ou la structure syllabique a-t-elle influencé la perception des auditeurs marocains (la plupart des items utilisés en AM sont monosyllabiques, par conséquent toutes les voyelles se trouvent accentuées, et donc sont réalisées comme des voyelles « non réduites ») ? Nous pensons en effet que l'utilisation d'items monosyllabiques en AM peut affecter la réalisation des voyelles réduites et plus particulièrement celles en **dynamique**, car la perception des effets coarticulatoires des consonnes sur les voyelles peut expliquer ces différences. Néanmoins, en **statique**, aucune information autre que la structure acoustique de la voyelle n'est fournie dans les stimuli ; comment les auditeurs marocains ont-ils fait pour choisir trois **prototypes** vocaliques non réduits différents comme « représentant » de la catégorie vocalique /ə/ ? Les taux de classification et de confusion obtenus par l'analyse discriminante confirment cette tendance. Nous supposons que la « représentation mentale » différente pour ces voyelles a affecté la perception des auditeurs marocains. Ainsi, leurs choix sont fonction du statut des voyelles brèves dans leur système. Ces résultats nous poussent à proposer un système vocalique perceptif en AM composé de six timbres vocaliques. Nous examinerons plus en détails le statut perceptif de ces voyelles lors de la seconde expérience de perception : la catégorisation des espaces vocaliques (voir § 5.4.2).

Intéressons-nous maintenant aux résultats de perception des **prototypes** en AJ.

5.3.3. *En Arabe Jordanien*

Nous présentons ici les résultats obtenus en perception des **prototypes** vocaliques par les auditeurs jordaniens. Nous commençons par présenter les résultats en **statique** ; ensuite en **dynamique** et terminons par les résultats de la comparaison entre les traits utilisés et les résultats de l'analyse discriminante.

5.3.3.1. Résultats en statique (V Target)

Les **prototypes** vocaliques identifiés en AJ en **statique** sont présentés sur la Figure 127. Comme en AM, nous n'observons aucune influence globale du contexte de présentation sur les espaces vocaliques obtenus en AJ, ni sur F_1 : $F(2, 1174) = 0,66$; $p=0,52$; ni sur F_2 : $F(2, 1617) = 2,56$; $p=0,1$. Ces résultats vont dans les sens des propositions de la littérature en ce qui concerne l'homogénéité de l'espace vocalique perceptif quel que soit le contexte de présentation, car comme nous l'avons expliqué, cet espace perceptif est stable : la perception de la parole est un phénomène *many-to-one* où plusieurs stimuli acoustiques sont identifiés comme un seul et unique stimulus auditif (voir également p. 315).

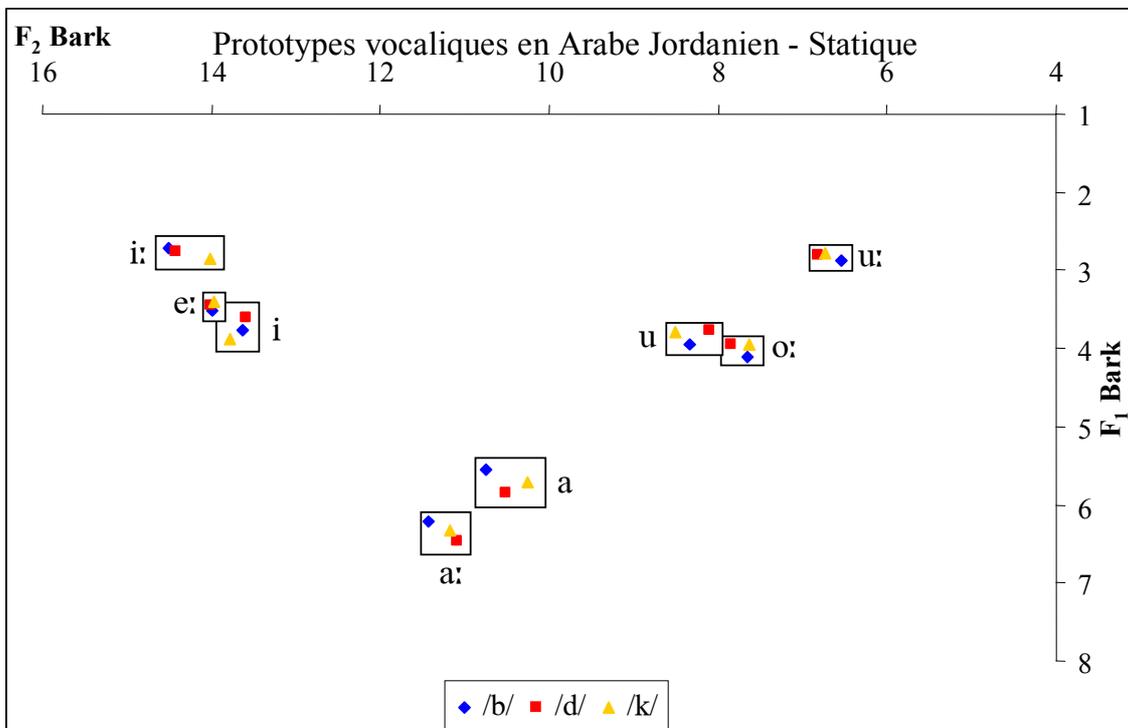


Figure 127 : Espace vocalique des **prototypes** vocaliques identifiés en AJ en **statique**, en fonction des contextes de présentation.

En ce qui concerne l'interaction entre les contextes de présentation et les voyelles, les résultats ne montrent aucune différence ni sur F_1 ($F(14, 1174) = 1,38$; $p=0,15$), ni sur F_2 : $F(14, 1174) = 1,14$; $p=0,32$. Ceci indique qu'en **statique**, les espaces vocaliques **prototypiques** identifiés par les auditeurs jordaniens ne sont pas significativement différentes, quels que soient les voyelle et les contexte des présentation, allant ainsi dans le

sens des propositions de Meunier (2005). Nous n'avons trouvé aucune différence significative quant à la taille des aires de dispersion en fonction du contexte de présentation (voir Tableau 41).

Tableau 41 : Taille des aires de dispersion des voyelles **prototypiques** identifiées en AJ en **statique**, en fonction des contextes de présentation (en Bark²).

	Moyenne	Écart-Type
Bilabial	16,06	6,50
Dental	16,56	6,40
Vélaire	16,09	6,41

Nous observons également des différences significatives entre les auditeurs jordaniens (voir Figure 128) sur F_1 : $F(9, 1174) = 915,59$; $p < 0,001$, et sur F_2 : $F(9, 1174) = 1733,97$; $p < 0,001$. Les trois voyelles longues /i: a: u:/ sont choisies dans les extrémités de l'espace vocalique perceptif ; les deux voyelles périphériques /e: o:/ retrouvent leurs « positions » sur le triangle vocalique et les trois voyelles brèves /i a u/ se trouvent dans une position « centrale » dans l'espace acoustico-perceptif. Nous observons le rapprochement des voyelles brèves /i/ et /u/ des voyelles /e:/ et /o:/ respectivement, i.e., des voyelles [e] et [o] ; en ce qui concerne les deux voyelles ouvertes /a: a/, nous obtenons des différences significatives quant à leurs positions sur l'espace acoustico-perceptif, conformément aux résultats obtenus en production (sur F_1 : $F(9, 1174) = 23,83$; $p < 0,001$ et sur F_2 : $F(9, 1174) = 35,19$; $p < 0,001$). L'interaction entre les auditeurs et les voyelles est significative : sur F_1 : $F(63, 1174) = 8,30$; $p < 0,001$; et sur F_2 : $F(63, 1174) = 9,87$; $p < 0,001$.

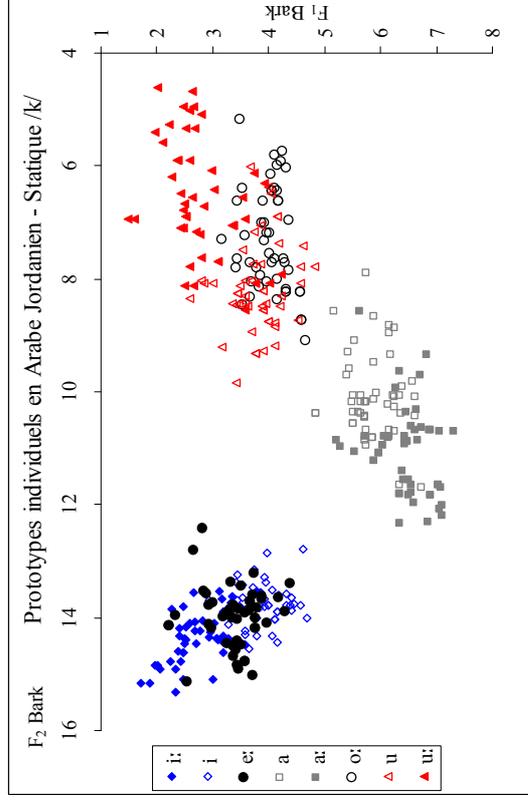
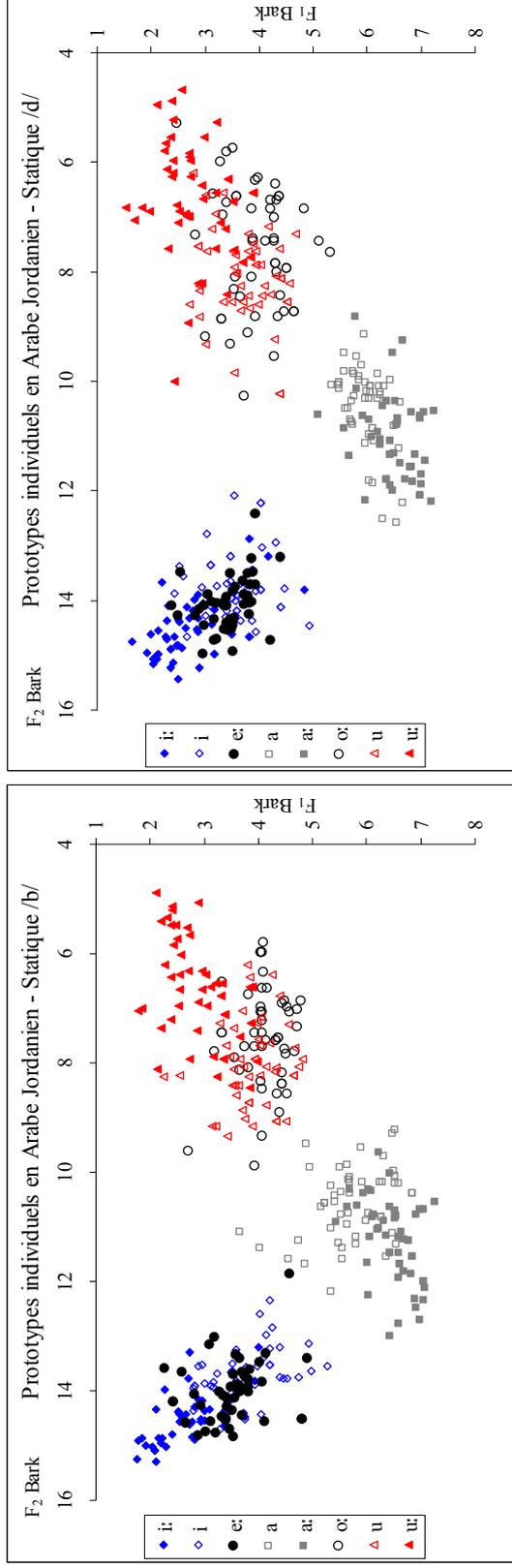


Figure 128 : Dispersion des voyelles **prototypiques** individuelles en AJ en **statique**, en fonction des contextes de présentation.

Afin de quantifier ces différences, avec la représentation graphique, nous avons calculé la taille des ellipses de dispersion par voyelle, en fonction du contexte de présentation (voir Figure 129).

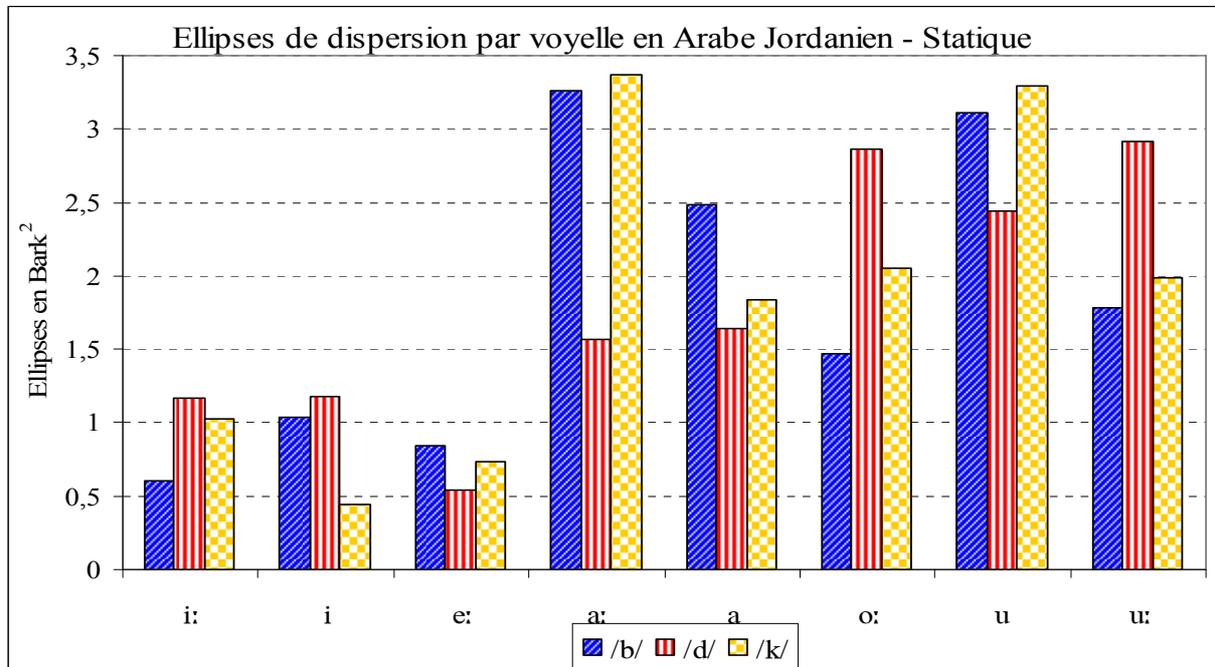


Figure 129 : Ellipses de dispersion par voyelle **prototypique** identifiée en AJ en **statique**, en fonction des contextes de présentation.

Les résultats graphiques de la dispersion des voyelles au niveau individuel (Figure 128) et de la taille des ellipses par voyelle (Figure 129) ne montrent pas d'effets systématiques. Nous observons des ellipses plus grandes pour les voyelles « centrales » et « postérieures » par rapport aux voyelles « antérieures », montrant une variabilité inter-individuelle et contextuelle importante. Nous pourrions corrélés ces résultats aux impressions des auditeurs jordaniens après le test. En effet, tous les auditeurs jordaniens avaient trouvé cette tâche très difficile. Nous supposons donc que la taille des ellipses de chaque voyelle très grande est sensiblement corrélée à la confusion dans leurs choix.

5.3.3.2. Résultats en dynamique (CV Target)

Les résultats graphiques des voyelles **prototypiques** identifiées en AJ en **dynamique** sont présentés sur la Figure 130. Le contexte de présentation semble influencer le choix des auditeurs jordaniens et ce sur F_1 uniquement, $F(2, 1176) = 10,24$; $p < 0,001$; aucun effet sur

F_2 , $F(2, 960) = 1,25$; $p=0,29$ n'est détecté. Cette différence observée sur F_1 va à l'encontre de l'hypothèse de stabilité de l'espace vocalique perceptif (Meunier, 2005). Les auditeurs jordaniens choisissent des voyelles significativement différentes sur l'axe fermé~ouvert (F_1).

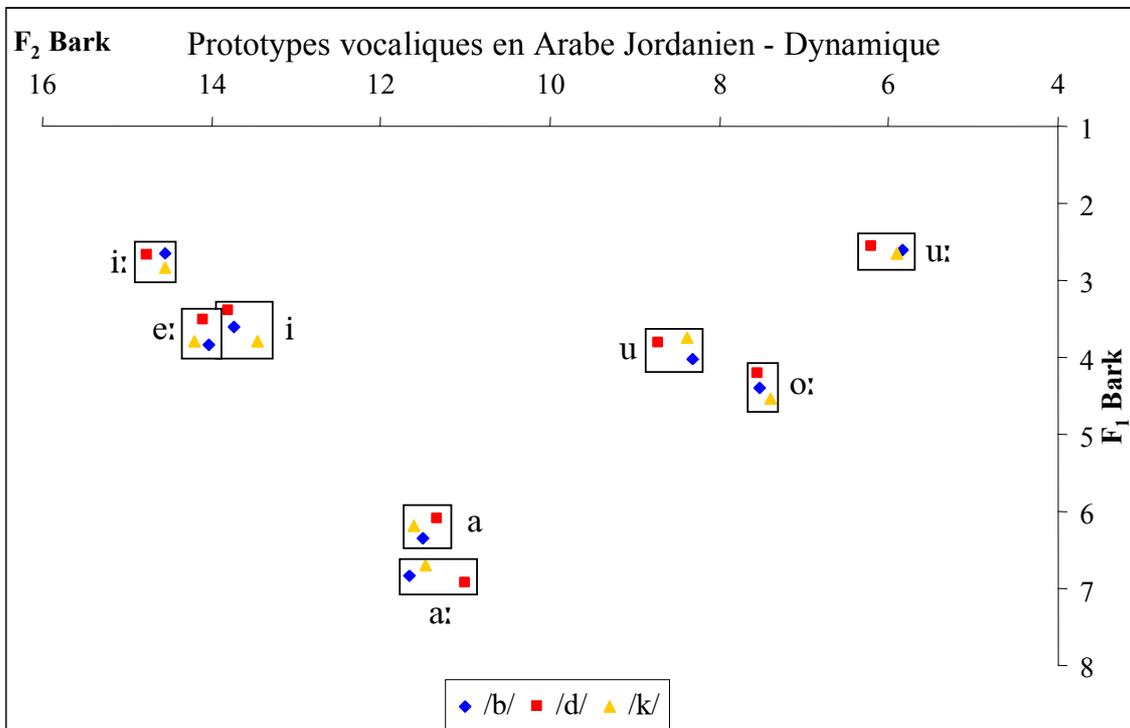


Figure 130 : Espace vocalique des **prototypes** vocaliques identifiés en AJ en **dynamique**, en fonction des contextes de présentation.

Comme en **statique**, nous observons une interaction significative entre les voyelles et les contextes de présentation sur les deux axes : sur F_1 : $F(14, 1176)=3,51$; $p<0,001$; sur F_2 : $F(14, 1176)=3,69$; $p<0,001$. Toutefois, cet effet n'est pas systématique, car sur F_1 , les voyelles sont plus « fermées » tantôt dans le contexte dental (e.g., [i e: a o: u:]), tantôt dans le contexte vélaire (e.g., [a: u]) ; et sur F_2 , les voyelles sont plus « antériorisées » tantôt dans le contexte vélaire (e.g., [e: a]), tantôt dans le contexte dental (e.g., [i: i u u:]), tantôt dans le contexte bilabial (e.g., [a:]).

Afin de quantifier ces différences, nous avons calculé la taille des ellipses de dispersion des voyelles en fonction des contextes de présentation, dont les résultats sont présentés dans le Tableau 42. Les résultats montrent que la taille des aires de dispersion en **dynamique** semble être identique quel que soit le contexte de présentation (avec néanmoins

une différence moyenne non significative de ≈ 1 Bark² entre les espaces vocaliques obtenus en contexte bilabial et en contexte vélaire).

Tableau 42 : Taille des aires de dispersion des voyelles **prototypiques** identifiées en AJ en **dynamique**, en fonction des contextes de présentation (en Bark²)

	Moyenne	Écart-Type
Bilabial	21,06	3,93
Dental	20,73	4,54
Vélaire	20,20	4,71

L'étude de la dispersion des voyelles (voir Figure 130) montre que les auditeurs jordaniens distinguent les voyelles longues aux brèves en termes de timbres vocaliques différents. Nous obtenons ainsi des différences significatives entre les timbres des voyelles **prototypiques** identifiées par les auditeurs jordaniens : sur F_1 , $F(7, 1176) = 1654,09$; $p < 0,001$; sur F_2 , $F(7, 1176) = 3205,61$; $p < 0,001$. Comme en **statique**, les voyelles longues sont positionnées dans les extrémités de l'espace vocalique ; les brèves quant à elles ont des comportements différents. Ainsi, les deux voyelles brèves /i u/ sont positionnées aux côtés des voyelles longues [e: o:], respectivement, et non pas aux côtés de leurs correspondantes longues [i: u:]. En ce qui concerne la voyelle /a/, elle a été identifiée par les auditeurs jordaniens comme significativement différente de sa correspondante longue [a:].

Il existe des différences significatives liées aux choix des auditeurs jordaniens (voir Figure 131) sur F_1 , $F(9, 1176) = 23,33$; $p < 0,001$ et sur F_2 , $F(9, 1176) = 9,79$; $p < 0,001$, et en fonction de l'interaction entre les auditeurs et les voyelles sur F_1 , $F(63, 1176) = 5,84$; $p < 0,001$ et sur F_2 , $F(63, 1176) = 12,73$; $p < 0,001$.

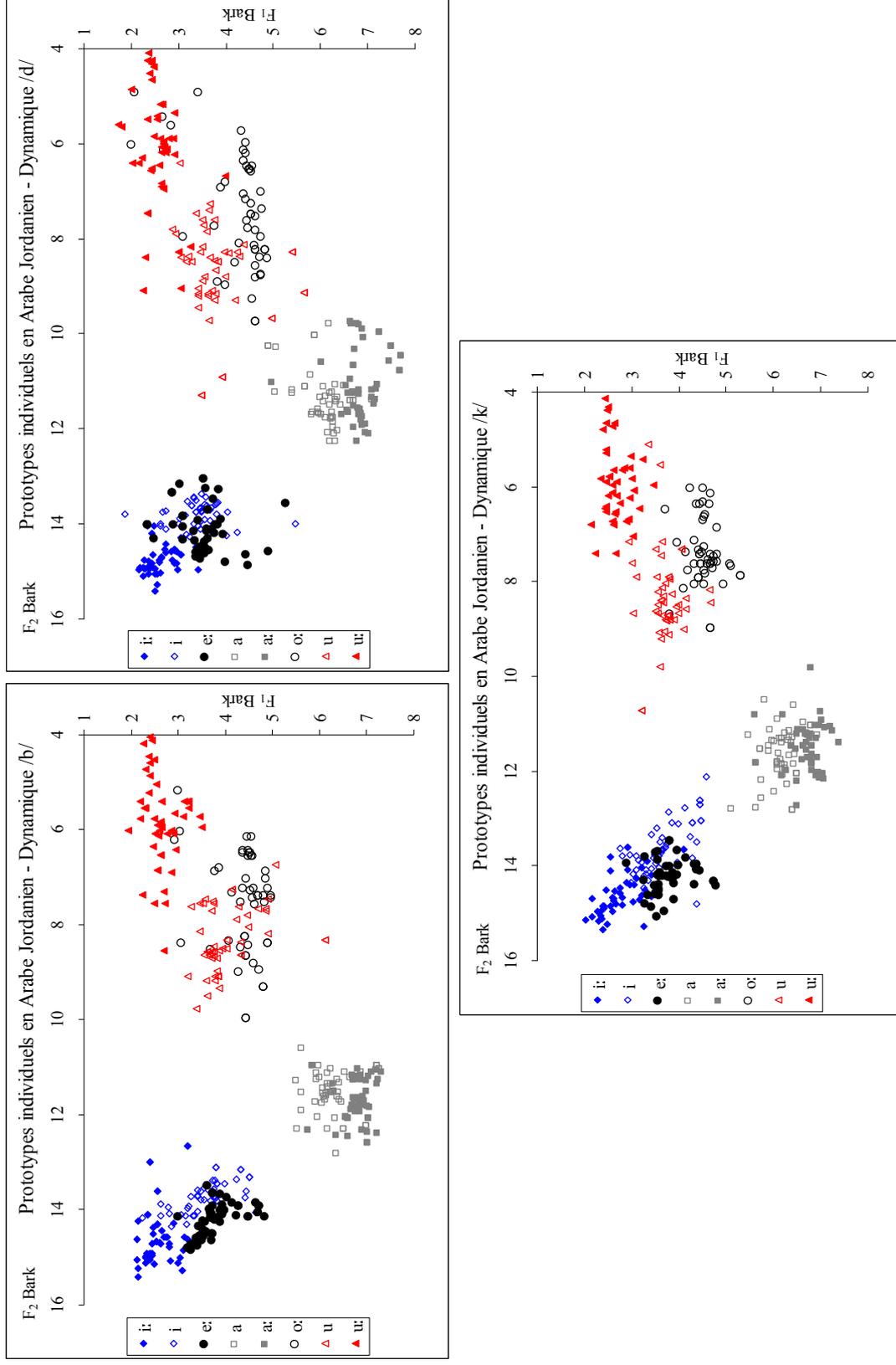


Figure 131 : Dispersion des voyelles **prototypiques** individuelles en AJ en **dynamique**, en fonction des contextes de présentation.

Nous avons quantifié cette variabilité en fonction des contextes de présentation à partir du calcul de la taille des ellipses de dispersion par voyelle. Ainsi, les résultats graphiques présentés sur la Figure 132 montrent des variations importantes en fonction de la taille des ellipses des voyelles identifiées par les auditeurs jordaniens en fonction des différents contextes de présentation. Dans certains cas, c'est en contexte dental que les ellipses de dispersion sont les plus grandes (e.g., [e: a: o: u]), tandis que c'est en contexte bilabial que l'ellipse de la voyelle [i] est la plus grande. Les voyelles antérieures obtiennent des ellipses de dispersion plus petites par rapport aux postérieures (différences non significatives).

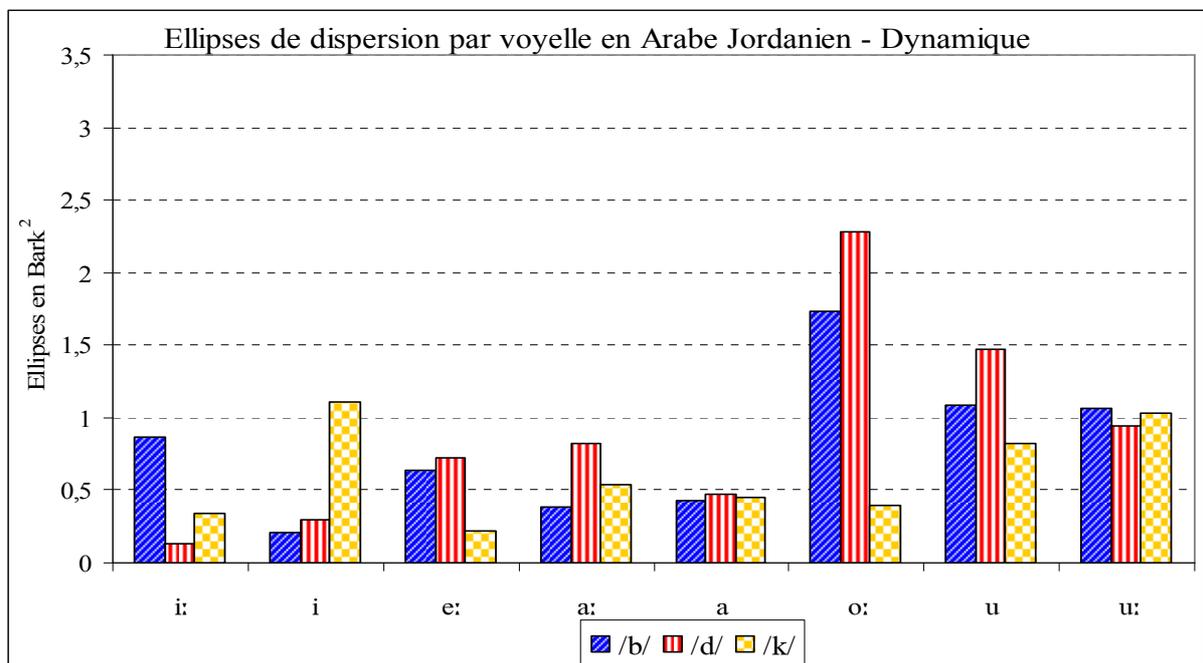


Figure 132 : Ellipses de dispersion par voyelle **prototypique** perçue en AJ en **dynamique**, en fonction des contextes de présentation.

Les résultats obtenus en perception des voyelles **prototypiques** en AJ montrent une homogénéité entre les résultats obtenus en production et en perception, d'un côté, et entre les résultats en perception en **statique** et en **dynamique**, de l'autre. Nous retrouvons ainsi les voyelles brèves /i u/ positionnées aux côtés des voyelles longues /e: o:/ respectivement et non pas aux côtés de leurs correspondantes longues comme décrit par la littérature (voir § 1.4.1).

5.3.3.3. Comparaison des résultats en statique vs en dynamique

Nous comparons dans cette partie les résultats des choix des **prototypes** vocaliques en AJ en **statique** et en **dynamique**. Les résultats graphiques montrent des différences significatives entre les deux espaces vocaliques obtenus ; l'espace vocalique perceptif obtenu en **dynamique** est significativement plus grand que celui observé en **statique** et ce sur les deux axes F_1 ($F(1, 2350) = 35,33$; $p < 0,001$) et F_2 ($F(1, 2350) = 31,58$; $p < 0,001$), (voir Figure 133). La taille de l'aire de dispersion des voyelles identifiées en **dynamique** est significativement plus grande que celle en **statique** (16,24 Bark² en **statique** contre 20,66 en **dynamique** : $F(1, 14) = 220,48$; $p < 0,001$).

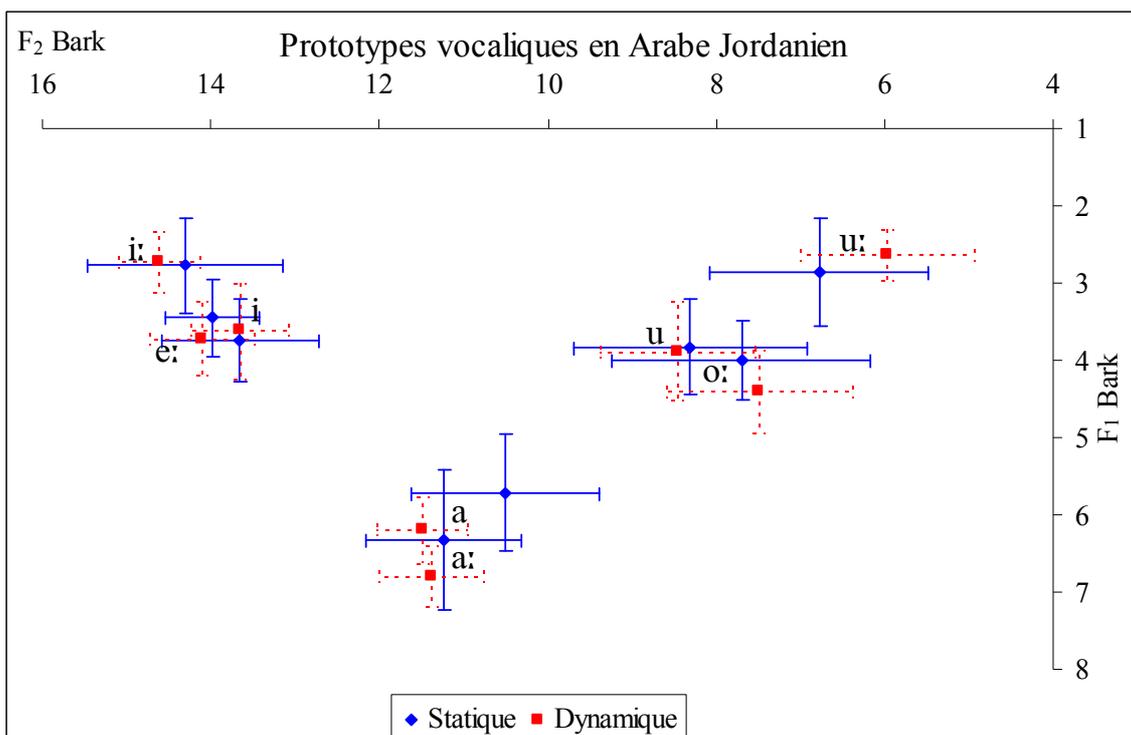


Figure 133 : Espaces vocaliques des **prototypes** AJ en **statique** vs **dynamique**.

Ce résultat va à l'encontre des propositions de Johnson (2000), selon qui aucune différence significative n'est obtenue pour ce qui est de la taille des espaces vocaliques des **prototypes** identifiés en **dynamique**. Nous ne nous attendions pas à obtenir cette différence entre les espaces vocaliques car selon les propositions de Meunier (2005), le phénomène *many-to-one* qui explique l'organisation des espaces vocaliques perceptifs, aide les auditeurs

à « normaliser » les différences existant entre les stimuli acoustiques variables afin de retrouver un stimulus auditif commun.

En ce qui concerne les voyelles problématiques /i a u/, nos résultats obtenus en **statique** et en **dynamique** montrent que la voyelle /i/ est différente de sa correspondante longue /i:/ et est identifiée comme [e] ; la voyelle /u/ est différente de /u:/ et est identifiée comme [o] ; et enfin, /a/ est plus « fermée » que sa correspondante longue /a:/ et est identifiée comme [ɐ]. L'interaction entre les traits **statiques** et **dynamiques** et les voyelles est statistiquement significative. Ainsi, en **dynamique**, sur F_1 , les voyelles /i: i u:/ sont plus « fermées » et /e: a a: o:/ sont plus « ouvertes » qu'en **statique** ($F(7, 2350) = 16,53$; $p < 0,001$). Sur F_2 , les voyelles /i: e: a a: u/ sont significativement plus « antériorisées » et les voyelles /o: u:/ sont significativement plus « postérieures » en **dynamique** par rapport aux voyelles identifiées en **statique** ($F(7, 2350) = 35,50$; $p < 0,001$).

Les différences observées en fonction des traits utilisés (Figure 133) sont homogènes quels que soient le trait utilisé et le contexte de présentation (voir la Figure 134). Les résultats graphiques montrent les mêmes tendances : un espace vocalique des **prototypes** identifiés par les auditeurs jordaniens plus grand en **dynamique** par rapport à l'espace identifié en **statique** quel que soit le contexte de présentation. Les résultats statistiques de cette interaction ne montrent aucune différence significative, autrement dit, les tendances observées sont identiques quel que soit le contexte de présentation : sur F_1 , $F(2, 2350) = 2,32$; $p = 0,1$; F_2 , $F(2, 2350) = 0,71$; $p = 0,5$.

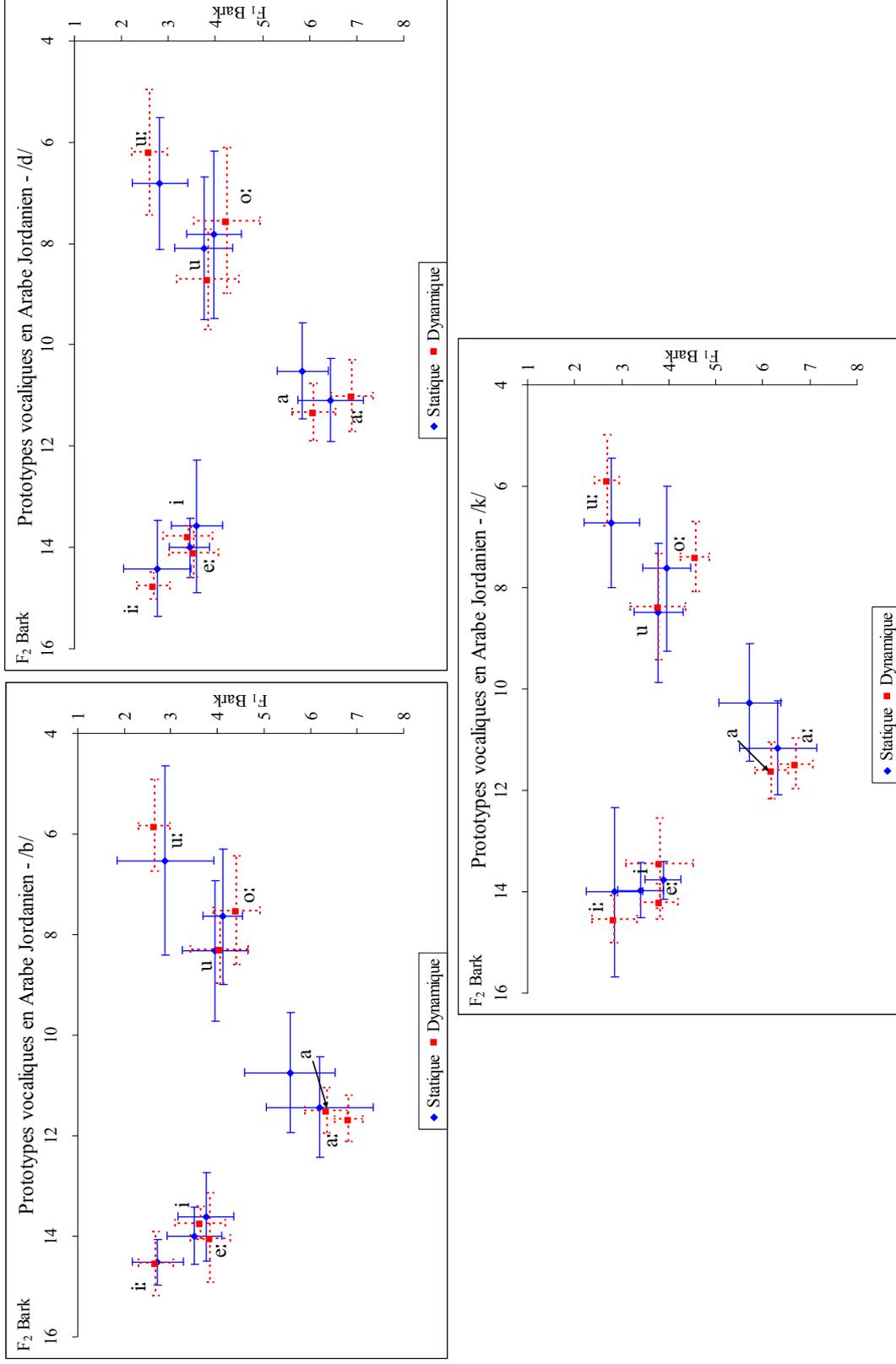


Figure 134 : Espaces vocaliques des prototypes en AJ en statique vs dynamique, en fonction des contextes de présentation.

Pour vérifier ces résultats, nous avons calculé la taille de dispersion des voyelles identifiées en fonction des traits utilisés et des contextes de présentation. Les résultats graphiques présentés sur la Figure 135 montrent que la taille des aires en **dynamique** est, en moyenne, 27% plus grande par rapport à la taille des aires en **statique** : effet significatif en contexte bilabial (31% plus grand en **dynamique** pour le contexte bilabial ; $p < 0,05$) et une tendance est obtenue pour les contextes dental et vélaire (25% plus grand en **dynamique** pour les contextes dental et vélaire ; $p = 0,06$). Ces différences sont faiblement significatives à cause des résultats individuels sont variables. Nous obtenons en effet des différences de réponses entre les auditeurs jordaniens assez marquées : l'auditeur AJM03 présente des aires de dispersion très petites en **statique** (3,69 Bark² en /b/ ; 6,02 Bark² en /d/ ; et 6,19 Bark² en /b/) et grandes en **dynamique** (19,49 Bark² en /b/ ; 20,86 Bark² en /d/ ; et 18,05 Bark² en /b/) ; tandis que l'auditeur AJM10 présente des aires de dispersion des voyelles *presque* identiques entre les deux modalités : en **statiques** (26,52 Bark² en /b/ ; 25,93 Bark² en /d/ ; et 29,29 Bark² en /b/) et en **dynamique** (28,71 Bark² en /b/ ; 28,44 Bark² en /d/ ; et 29,44 Bark² en /b/).

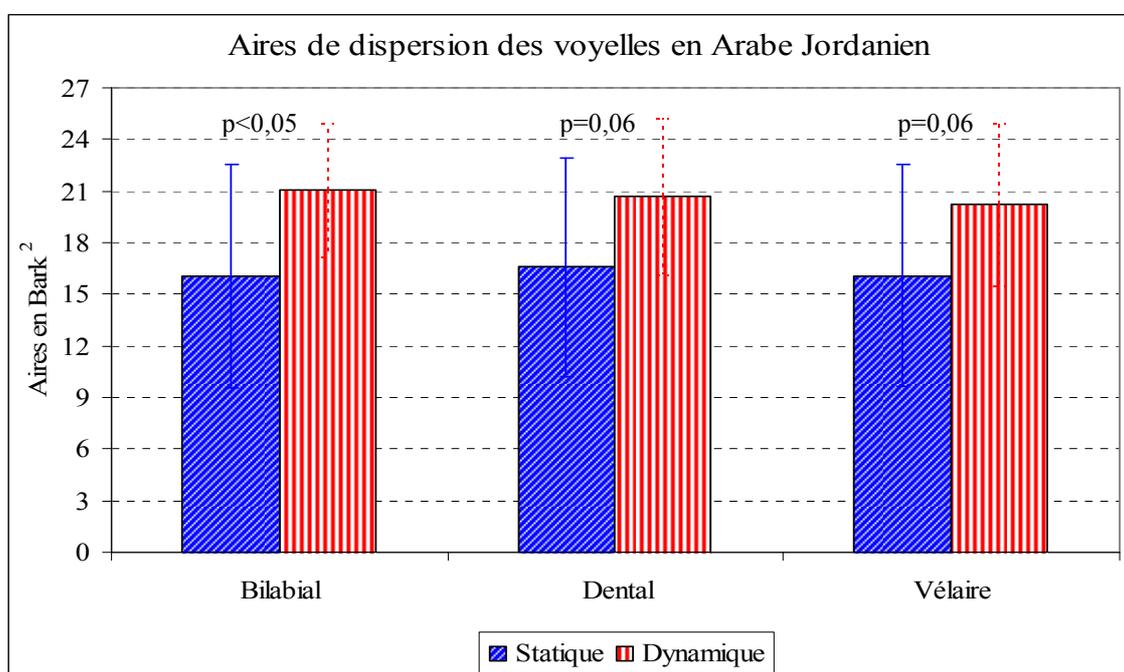


Figure 135 : Aires de dispersion des voyelles **prototypiques** identifiées en AJ en **statique** vs **dynamique**, en fonction des contextes de présentation.

Les différences inter-individuelles ne se limitent pas à la différence globale de la taille de dispersion des espaces vocaliques perceptifs ; nous observons des différences importantes

liées à la taille des ellipses de chaque voyelle en **statique** et en **dynamique**. Les résultats graphiques présentés sur la Figure 136 montrent que l'utilisation des traits **dynamiques** apporte plus de facilité aux auditeurs jordaniens en leur donnant plus de précision pour le choix des **prototypes** vocaliques de leur système. Ceci se traduit par des ellipses significativement plus petites ($F(1, 14)= 10,25$; $p<0,007$), (voir Annexe 34 pour les résultats en fonction des contextes de présentation). L'utilisation de la **dynamique** a permis aux auditeurs jordaniens de choisir des **prototypes** vocaliques significativement éloignés des mêmes **prototypes** en **statique**, i.e., nous obtenons un effet d'*Hyper-Articulation* (Lindblom, 1990) de l'espace vocalique en **dynamique** et un effet d'*Hypo-Articulation* en **statique**. L'*Hyper-Articulation* de l'espace se traduit par des positions très extrêmes des **prototypes** dans l'espace acoustico-perceptif, mais également une précision des choix. Lindblom (1990) explique que lorsque les voyelles sont en mode *Hyper-Articulé*, la dispersion intra-catégorie vocalique est très faible et c'est notre cas, car les auditeurs jordaniens choisissent leurs prototypes dans les extrémités de l'espace vocalique et la taille des ellipses de chaque voyelle est très faible.

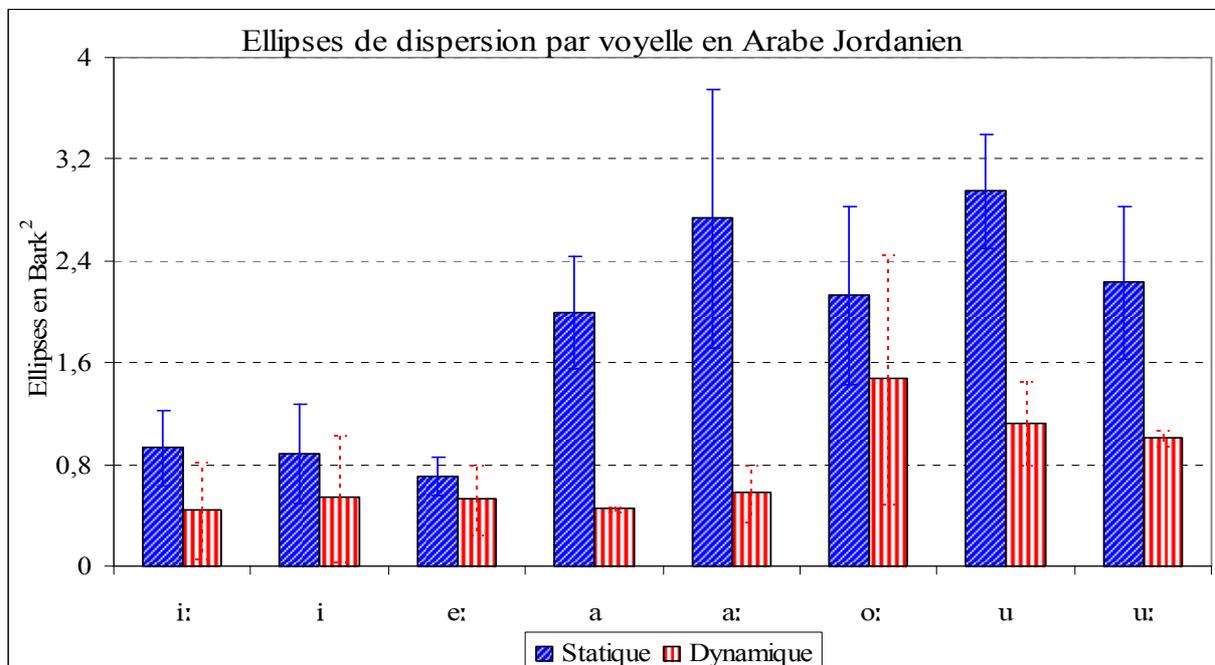


Figure 136 : Aires de dispersion par voyelle **prototypique** perçue en AJ en **statique** vs **dynamique**.

Les résultats statistiques montrent l'existence d'un effet global des différences observées au niveau de la position des voyelles **prototypiques** identifiées en AJ en **statique**

vs **dynamique**, en fonction des voyelles mêmes (sur F_1 ($F(1) = 69,9$; $p < 0,001$) ; sur F_2 ($F(1) = 9,07$; $p < 0,003$)) et des interactions entre les voyelles et les traits utilisés (sur F_1 : $F(7) = 30,97$; $p < 0,001$; sur F_2 : $F(7) = 34,51$; $p < 0,001$), entre les voyelles et le contexte de présentation (sur F_1 : $F(14) = 4,70$; $p < 0,001$; sur F_2 : $F(14) = 3,06$; $p < 0,001$) et enfin en fonction de l'interaction entre les voyelles, les traits utilisés et le contexte de présentation (sur F_1 : $F(14) = 2,55$; $p < 0,002$; sur F_2 : $F(14) = 3,10$; $p < 0,001$). C'est au niveau de cette dernière interaction que nous allons détailler les analyses.

En effet, nous voulons savoir si les positions des voyelles **prototypiques** identifiées par les auditeurs jordaniens sont significativement différentes (ou non). Ainsi, un T-test de Student : test d'égalité des espérances : observations appariées, a été appliqué aux données. Les résultats sont présentés dans le Tableau 43. D'une façon générale, les résultats montrent que les voyelles **prototypiques** occupent les mêmes positions dans les espaces vocaliques perceptifs de l'AJ et plus spécifiquement pour les deux voyelles brèves /i u/ qui ne sont pas identifiées différemment entre les deux modalités (i.e., en **statique** ou en **dynamique**).

Tableau 43 : Résultats des T-test de Student entre les voyelles **prototypiques** identifiées par les auditeurs jordaniens, en **statique** vs **dynamique**. [+F] = [+fermé], [+O] = [+ouvert], [+A] = [+antérieur], [+P] = [+postérieur], NS = Non Significative. Le tableau se lit de la façon suivante : /i/ > /d/ > F_1 = [+F], $p < 0,05$: la voyelle /i/ identifiée en contexte /d/ en **dynamique** est [+fermée] ; $p < 0,05$, par rapport à celle en **statique**.

	F ₁			F ₂		
	/b/	/d/	/k/	/b/	/d/	/k/
/i/	NS	[+F], $p < 0,05$	NS	NS	NS	[+A], $p < 0,01$
/i:/	NS	NS	NS	NS	[+A], $p < 0,01$	[+A], $p < 0,05$
/e:/	[+O], $p < 0,001$	NS	[+O], $p < 0,001$	NS	NS	[+A], $p < 0,005$
/a/	[+O], $p < 0,001$	[+O], $p < 0,05$	[+O], $p < 0,001$	[+A], $p < 0,001$	[+A], $p < 0,001$	[+A], $p < 0,001$
/a:/	[+O], $p < 0,001$	[+O], $p < 0,001$	[+O], $p < 0,005$	[+A], $p < 0,05$	NS	[+A], $p < 0,05$
/o:/	[+O], $p < 0,001$	[+O], $p < 0,005$	[+O], $p < 0,001$	NS	NS	NS
/u/	NS	NS	NS	NS	[+A], $p < 0,005$	NS
/u:/	[+F], $p < 0,01$	[+F], $p < 0,005$	NS	[+P], $p < 0,001$	[+P], $p < 0,005$	[+P], $p < 0,001$

Comme pour les auditeurs marocains, la tâche d'identification des **prototypes** vocaliques en AJ en **statique** a posé beaucoup de problèmes aux auditeurs jordaniens. Ces auditeurs ont expliqué que les sons qu'ils entendaient ne correspondaient pas du tout à des sons de parole, mais plutôt à des « bips » ou des « bruits » d'ordinateur. Ils expliquaient que

les sons avec les « *consonnes à l'initiale* » étaient aussi difficiles à rapprocher des sons de parole, mais qu'ils facilitaient l'identification des voyelles. Les résultats que nous avons obtenus dans ce travail et les réponses des auditeurs jordaniens aux questions d'après tests vont dans le sens d'une amélioration de l'identification des **prototypes** vocaliques en AJ. En **dynamique**, les auditeurs jordaniens étaient sensibles aux variations contextuelles apportées par l'environnement consonantique ajouté à la voyelle. Tous les auditeurs jordaniens ont choisi des **prototypes** vocaliques pour les trois voyelles brèves /i a u/ différents de ceux des voyelles longues correspondantes. Plus spécifiquement, les auditeurs jordaniens ont choisi des **prototypes** significativement différents entre les couples de voyelles /i u/ et /i: u:/, respectivement : des différences significatives très importantes sont obtenues entre /i/ et /i:/ ($p=1^{E-9}$) ; et entre /u/ et /u:/ ($p=1^{E-9}$) ; les différences existant entre les couples de voyelles /i/ et /e:/ et entre /u/ et /o:/ sont beaucoup plus faibles à cause du rapprochement entre elles. Ceci montre que les différences qualitatives obtenues en production des voyelles sont confirmées par les auditeurs jordaniens. Il serait judicieux de vérifier la validité de nos résultats et de valider l'apport des traits **dynamiques** dans la séparation entre les voyelles en AJ, ce avec l'aide de l'analyse discriminante dont nous présentons les résultats dans la partie qui suit.

5.3.3.4. Résultats de l'analyse discriminante

Les paramètres utilisés pour cette analyse sont les valeurs de F_1 et de F_2 des **prototypes** vocaliques choisis par les auditeurs jordaniens. Les taux de classification des voyelles **prototypiques** identifiées en AJ en fonction des traits utilisés et des contextes de présentation, sont présentés dans le Tableau 44. L'analyse discriminante a permis de séparer les voyelles de l'AJ avec des taux significatifs proches des 70%. L'utilisation de la **dynamique** a facilité la tâche des auditeurs jordaniens lors de l'identification des **prototypes** de leur système. Le taux moyen de classification des voyelles obtenu en **dynamique** est supérieur de 15% à celui en **statique** (BinomialQ ; $p<0,001$), confirmant ainsi nos résultats.

Tableau 44 : Taux de classification correcte des voyelles **prototypiques** identifiées en AJ en **statique** vs **dynamique** en fonction des contextes de présentation. (Taux significatifs, Box's M ; $p < 0,001$).

	/b/	/d/	/k/
Statique	61,1%	60,5%	67,3%
Dynamique	76,3%	76,0%	82,0%

Bien que nous obtenions une amélioration du taux de classification de l'analyse discriminante de près de 15%, ces taux sont bas. Ceci est dû sans doute à la non-utilisation de la durée comme variable, mais également aux confusions dans la classification. Étant donnée la proximité des deux voyelles brèves /i u/ des deux voyelles longues /e: o:/ mise en évidence dans nos résultats, nous nous attendons à observer le maximum de confusions entre ces couples de voyelles.

Ainsi, nous observons sur les graphiques de la Figure 137, les taux de confusion pour la classification des voyelles **prototypiques** identifiées par les auditeurs jordaniens en **statique**, par contexte de présentation. Les trois voyelles longues /i: a: u:/ ont été classifiées correctement avec un taux ne dépassant pas les 84%. La grande majorité des confusions concernait les deux voyelles brèves /i u/ qui étaient souvent confondues avec les deux voyelles longues /e: o:/, respectivement. Dans un seul cas, en contexte /d/, la voyelle /u/ a été mal classifiée, car dans 46% des cas, cette voyelle a été classifiée comme une voyelle /o:/ et 32% seulement comme /u/ (les 22% restant comme /u:/). Ceci indique la proximité des deux voyelles (i.e., elles ont les mêmes caractéristiques et l'analyse discriminante les a confondues).

Nous observons l'augmentation du taux de classification des voyelles **prototypiques** identifiées par les auditeurs jordaniens en **dynamique** et ainsi la baisse du taux de confusion de classification. Les résultats graphiques, présentés sur la Figure 138, montrent que toutes les voyelles longues obtiennent des taux de classification très élevés. Surtout, toutes les occurrences de la voyelle /u:/ en contexte vélaire sont classifiées à 100% comme /u:/ . La plupart des erreurs de classification sont obtenues pour les voyelles brèves et plus spécifiquement /i u/ qui sont confondues, comme en **statique**, avec les deux voyelles longues /e: o:/, respectivement.

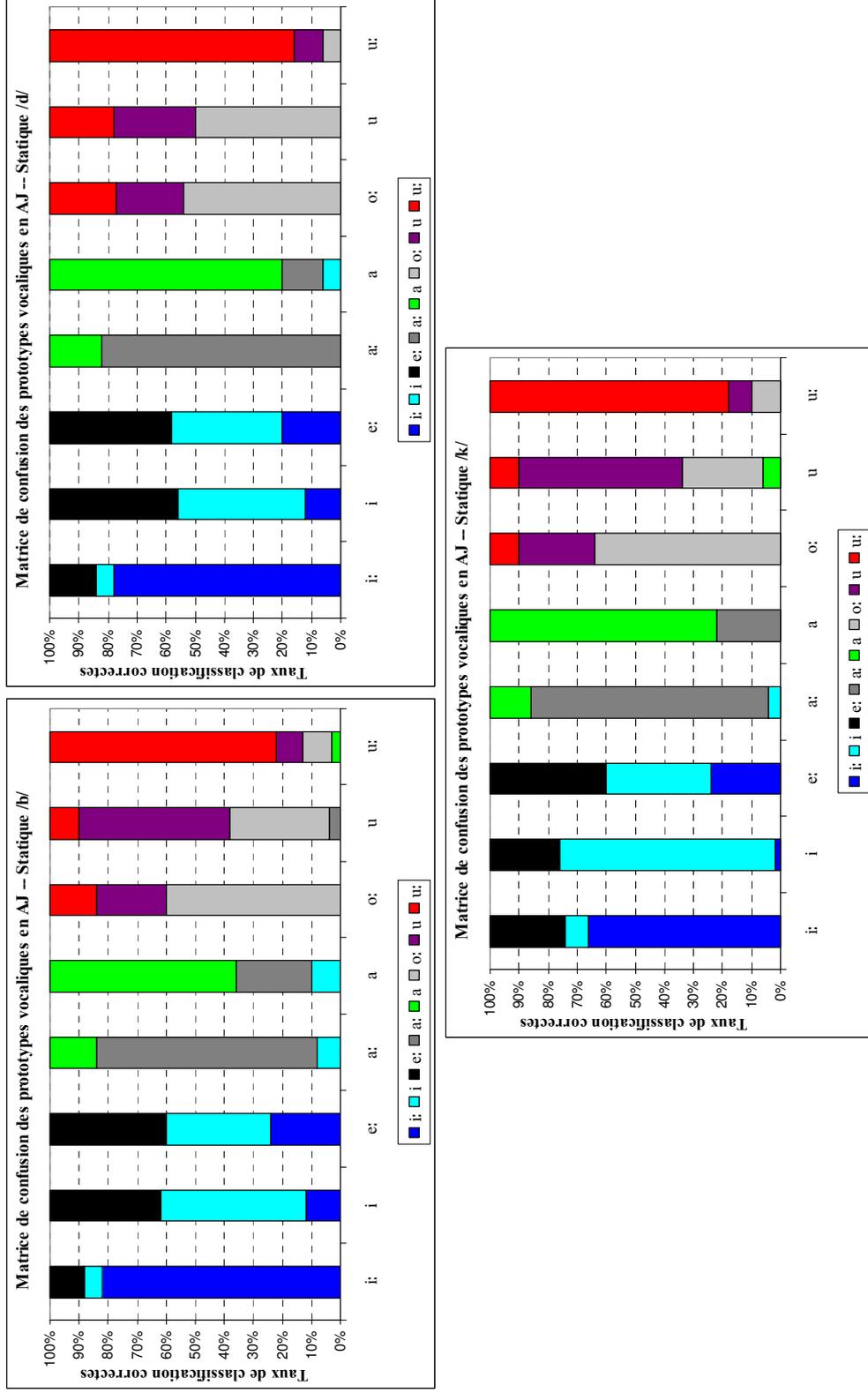


Figure 137 : Taux de classification des prototypes en AJ en statique, en fonction des contextes de présentation.

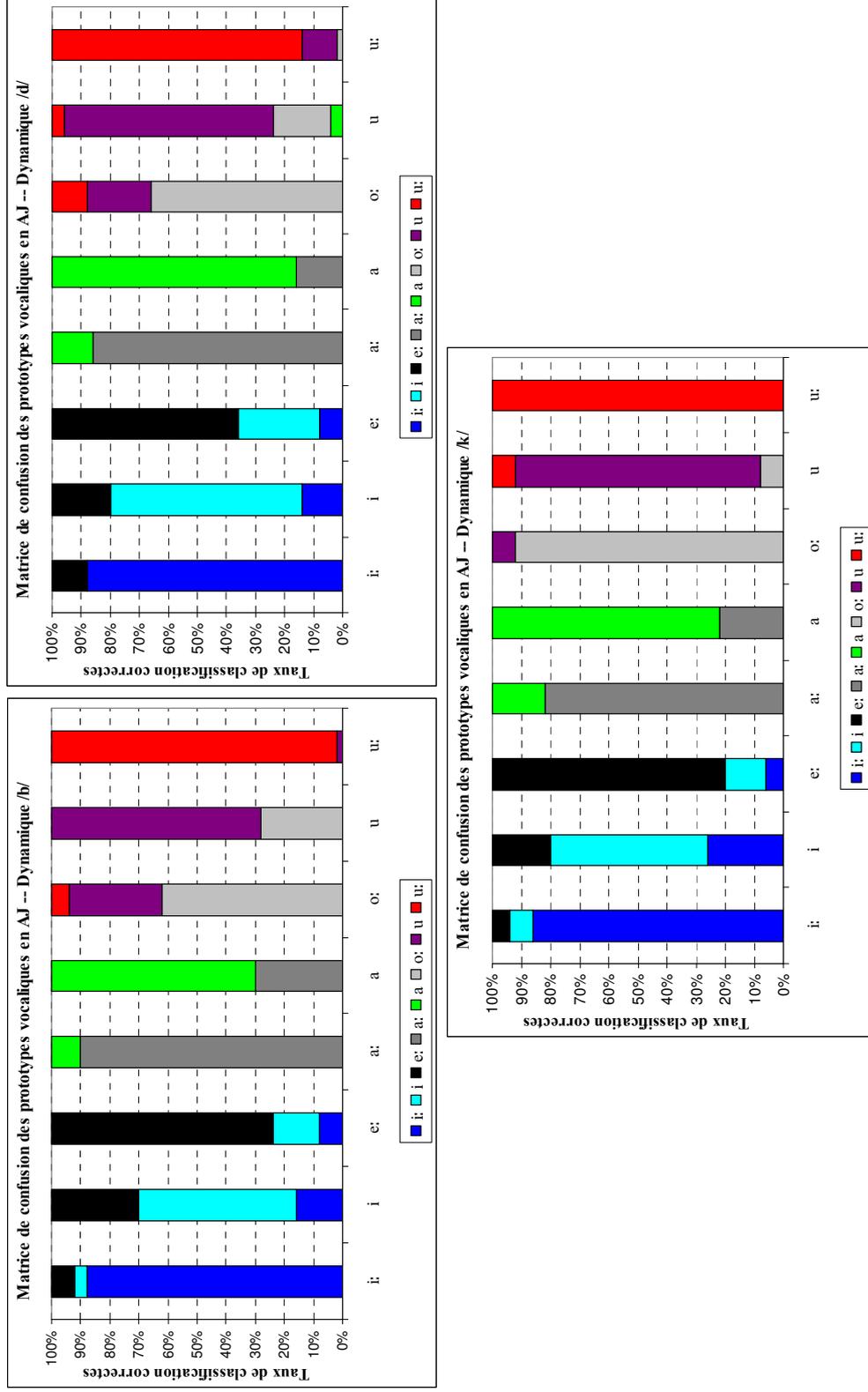


Figure 138 : Taux de classification des prototypes en AJ en dynamique, en fonction des contextes de présentation.

Les résultats d'identification des **prototypes** vocaliques obtenus en AJ montrent que l'utilisation de la **dynamique** a permis aux auditeurs jordaniens de mieux discriminer les voyelles de leur système. Les résultats de l'analyse discriminante ont permis de rendre compte de cette facilité, car le taux moyen de classification des voyelles en **dynamique** a significativement augmenté de 15% en comparaison avec les traits **statiques** (BinomialQ ; $p < 0,001$). Les auditeurs jordaniens sont conscients des différences de timbres existantes entre les trois voyelles brèves /i a u/ de leurs correspondantes longues /i: a: u:/, car les **prototypes** vocaliques qu'ils ont choisis sont les suivants : [e ə o], en **statique** et en **dynamique** et quel que soit le contexte de présentation. Les résultats de l'analyse discriminante ont permis de valider ces différences, car la plupart des confusions sont entre les couples de voyelles /i e:/ ; /ə a:/ et /u o:/ . Nous observons l'homogénéité des résultats obtenus en production et en perception de la parole ; i.e., les deux voyelles brèves /i u/ sont significativement proches des voyelles longues /e: o:/ . Ainsi, à partir de nos résultats, nous proposons le système vocalique perceptif en AJ comme ayant les voyelles suivantes : /i: e e: ə a: o: o u:/ . Nous vérifierons de ce système à partir des résultats de la seconde expérience : la catégorisation de l'espace vocalique.

Les résultats obtenus en AM et AJ montrent que d'un côté, les choix des voyelles **prototypiques** de chaque langue ont été facilités par l'utilisation des traits **dynamiques** en comparaison avec les traits **statiques**, à partir des impressions des auditeurs de chaque langue, et de l'autre que les taux de classification correcte de l'analyse discriminante augmentent uniquement en AJ en moyenne de 15% (en AM ce taux baisse de 8%). Ces résultats vont en partie dans le sens des résultats obtenus en production où la caractérisation **dynamique** des voyelles dans les deux langues améliore les taux de classification d'au moins 20%. Nous avons observé que même en FR, la caractérisation **dynamique** des voyelles augmente le taux de classification. La prochaine étape de ce travail est de vérifier l'apport des traits **dynamiques** à l'identification des **prototypes** vocaliques en FR.

5.3.4. En Français

Comme pour les deux autres langues, nous divisons cette partie en quatre sous parties : les résultats des **prototypes** vocaliques obtenus en **statique**, en **dynamique**, la comparaison entre les deux, pour terminer avec ceux de l'analyse discriminante.

5.3.4.1. Résultats en statique (V Target)

Les **prototypes** vocaliques identifiés par les auditeurs français sont présentés sur la Figure 139. Comme pour les deux autres langues, les **prototypes** vocaliques identifiés par les auditeurs français ne sont globalement pas différents en fonction des contextes de présentation, car aucune différence significative n'est obtenue pour le contexte de présentation sur les deux axes ($F_1 : F(2, 1617)=0,59 ; p=0,56 ;$ et sur $F_2 : F(2, 1617)=0,71 ; p=0,49$). Les aires de dispersion des voyelles **prototypiques** (voir Tableau 45) ne sont pas différentes en fonction des contextes de présentation, $F(1, 4)=0,31 ; p=0,61$.

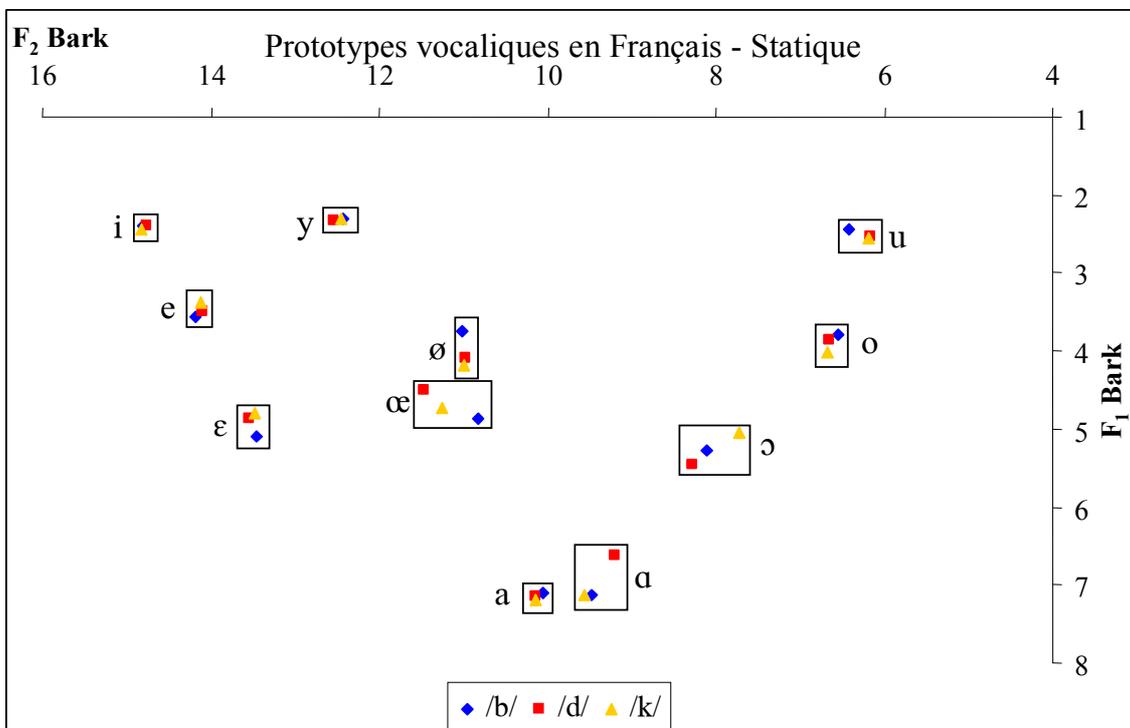


Figure 139 : Espace vocalique des **prototypes** vocaliques identifiés en FR en **statique**, en fonction des contextes de présentation.

Tableau 45 : Taille des aires de dispersion des voyelles **prototypiques** identifiées en FR en **statique** en fonction des contextes de présentation (en Bark²).

	Moyenne	Écart-Type
Bilabial	26,86	4,87
Dental	26,28	4,34
Vélaire	26,49	5,01

Comme en AM et en AJ, les espaces vocaliques obtenus en FR sont significativement non variables, i.e., stables quel que soit le contexte de présentation, conformément aux propositions de la littérature (Meunier, 2005). Toutefois, l'interaction entre les contextes de présentation et les voyelles s'est révélée significative i.e., pour une même voyelle, les choix **prototypiques** sont différents selon les contextes de présentation : pour certaines voyelles comme /œ a o ɔ/, c'est en contexte dental qu'elles sont « centralisées » sur F₁ et/ou sur F₂ ; tandis que pour d'autres, comme /y a u/, c'est le contexte bilabial qui les « centralise » (effet observé sur F₁, $F(20, 1617)=3,76$; $p<0,001$, et sur F₂, $F(20, 1617)=3,93$; $p<0,001$).

Bien que les **prototypes** vocaliques identifiés en FR soient significativement différents sur les deux axes (sur F₁, $F(10, 1617)=1379,93$; $p<0,001$; et sur F₂, $F(10, 1617)=3672,12$; $p<0,001$), nous observons un rapprochement entre les **prototypes** choisis pour le couple des voyelles /ø/ et /œ/ sur l'axe F₁, d'un côté et /a/ et /ɑ/, sur les deux axes, de l'autre. Pour ce qui est des deux autres paires de voyelles intermédiaires (/e ε/ et /o ɔ/), nous obtenons deux **prototypes** vocaliques différents pour chaque paire. Ces résultats vont en partie dans le sens des résultats obtenus en production des voyelles. Néanmoins, nous observons l'existence de différences individuelles dans le choix des **prototypes** vocaliques des voyelles médianes, visibles sur F₁, $F(9, 1617) = 116,32$; $p<0,001$; et sur F₂, $F(9, 1617) = 36,90$; $p<0,001$. L'interaction entre les auditeurs et les voyelles est significative, sur F₁, $F(90, 1617) = 19,63$; $p<0,001$, et sur F₂, $F(90, 1617) = 12,45$; $p<0,001$ (voir Figure 140, pour les résultats individuels des **prototypes** en FR).

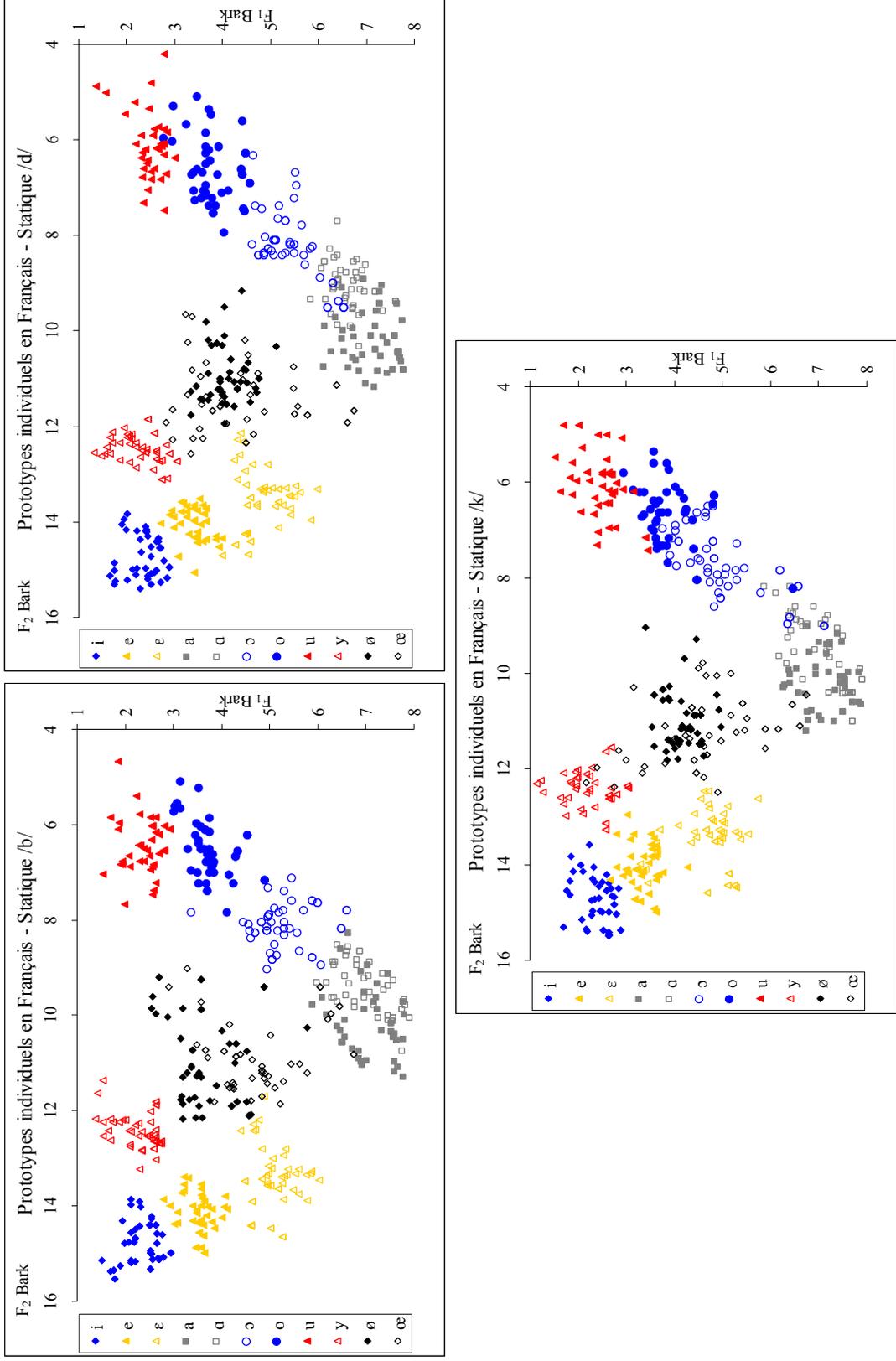


Figure 140 : Dispersion des voyelles **prototypiques** individuelles en FR en **statique**, en fonction des contextes de présentation.

Ainsi, nous présentons sur la Figure 141 la taille des ellipses de chaque voyelle **prototypique** en fonction des contextes de présentation. Nous n'obtenons aucun effet systématique pour les contextes de présentation. En revanche, nous observons que les quatre voyelles /i e y u/ obtiennent les ellipses de dispersion les plus petites. Les voyelles « médianes » présentent des ellipses très grandes.

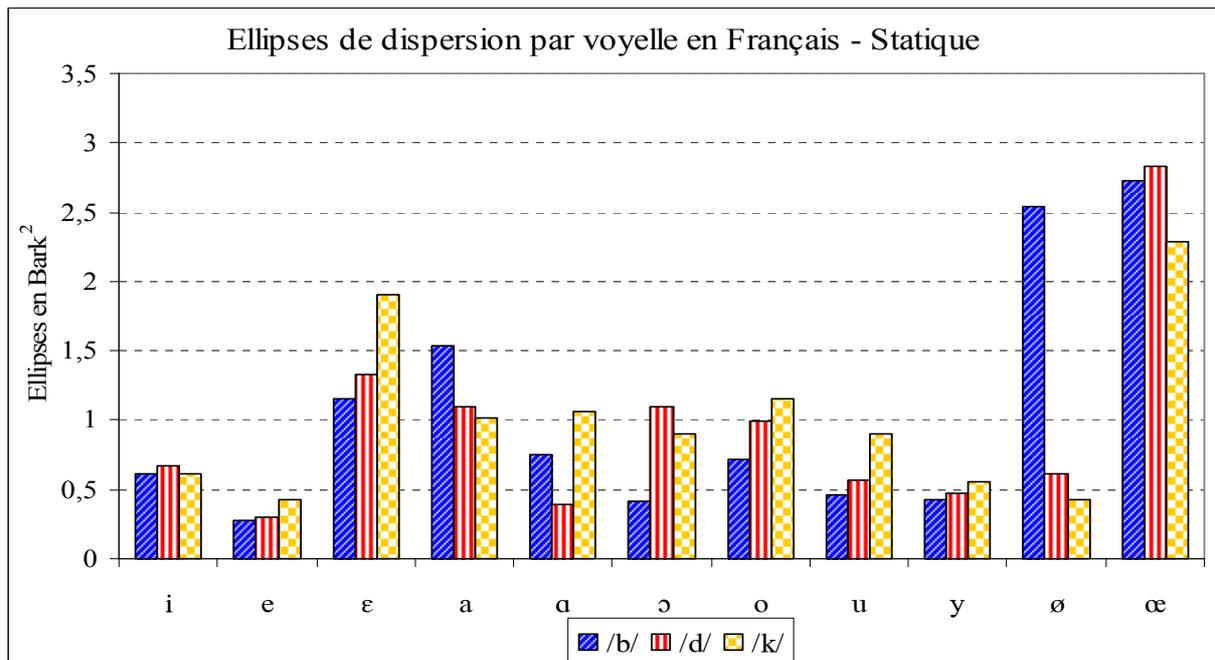


Figure 141 : Ellipses de dispersion par voyelle **prototypique** perçue en FR en **statique**, en fonction des contextes de présentation.

Les résultats que nous venons de présenter montrent que les deux voyelles ouvertes /a α/ ne sont pas significativement différentes en perception, i.e., les auditeurs français choisissent des voyelles **prototypiques** identiques pour les deux voyelles et ce quels que soient les contextes de présentation et les auditeurs. La taille des ellipses correspondant à ces deux voyelles est grande, indiquant de grands chevauchements entre les réponses des auditeurs français. Une variabilité très marquée est visible pour les voyelles « médianes » et plus particulièrement pour les deux voyelles /ø œ/, par conséquent, les résultats montrent que ces deux voyelles fusionnent dans les trois contextes de présentation : les auditeurs français choisissent des **prototypes** pour /œ/ qui varient de la voyelle [ø] jusqu'à la voyelle [a].

5.3.4.2. Résultats en dynamique (CV Target)

Les **prototypes** vocaliques moyens identifiés par les auditeurs français sont présentés sur la Figure 142. Les résultats montrent des différences significatives sur les deux axes liées au contexte de présentation : sur F_1 , $F(2, 1617) = 4,49$; $p < 0,05$, et sur F_2 , $F(2, 1617) = 10,31$; $p < 0,001$. L'interaction entre le contexte de présentation et les voyelles **prototypiques** identifiées par les auditeurs français s'est révélée significative : pour les voyelles /i y ø œ/ c'est le contexte /b/ qui les « centralise » sur les deux axes F_1 et F_2 ; pour /i a ɔ/, le contexte /b/ les « centralise » sur F_1 uniquement ; pour /e ε o u/, le contexte /d/ les « centralise » sur F_1 uniquement ; pour /a/, le contexte /d/ la « centralise » sur les deux axes F_1 et F_2 ; (sur F_1 : $F(20, 1617) = 30,96$; $p < 0,001$; sur F_2 : $F(20, 1617) = 6,96$; $p < 0,001$). Ces résultats vont à l'encontre de l'effet de stabilité de l'espace vocalique perceptif et la « normalisation » des stimuli acoustiques opérée par les auditeurs français.

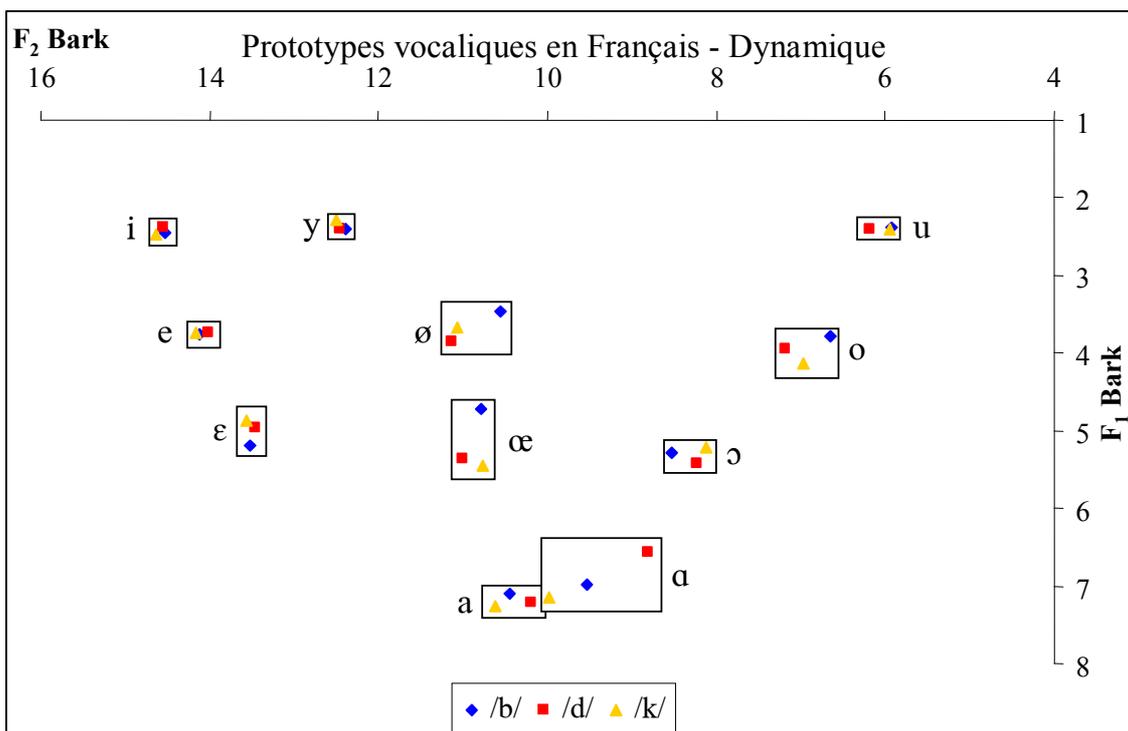


Figure 142 : Espace vocalique des **prototypes** vocaliques identifiés en FR en **dynamique**, en fonction des contextes de présentation.

Nous observons un léger effet de « périphérisation » de l'espace vocalique en contexte vélaire par rapport aux deux autres contextes. Néanmoins, il semblerait que cet effet diffère en

fonction des voyelles. En effet, nous obtenons pour les voyelles antérieures un effet d'antériorisation important en contexte vélaire par rapport aux deux autres contextes de présentation. En revanche, pour les voyelles postérieures, ce sont les deux contextes dental et vélaire qui montrent un effet de postériorisation de l'espace vocalique. La taille des aires de dispersion des voyelles en **dynamique** semble approximativement identique (avec néanmoins une différence moyenne non significative de ≈ 1 Bark² entre les contextes dental et vélaire) (voir Tableau 46).

Tableau 46 : Taille des aires de dispersion des voyelles **prototypiques** identifiées en FR en **dynamique**, en fonction des contextes de présentation (en Bark²).

	Moyenne	Écart-Type
Bilabial	26,71	4,23
Dental	26,31	3,42
Vélaire	27,08	3,83

Il existe également des différences significatives liées aux timbres de voyelles **prototypiques** choisies par les auditeurs français en **dynamique** (sur F_1 : $F(10, 1617) = 1497,83$; $p < 0,001$; et sur F_2 : $F(10, 1617) = 3482,64$; $p < 0,001$). Tous les **prototypes** vocaliques identifiés par les auditeurs français sont différents (voir Figure 142). Ainsi, toutes les voyelles « médianes » sont identifiées avec des **prototypes** moyens différents ; les deux voyelles ouvertes /a a/ quant à elles, obtiennent des **prototypes** différents, mais avec un rapprochement entre le **prototype** de /a/ en contexte /k/ et celui de /a/ en contexte /d/. Bien que ces **prototypes** soient significativement très éloignés les uns des autres, nous obtenons des ellipses plus ou moins grandes pour chaque catégorie vocalique, mais sans aucun effet systématique en fonction des contextes de présentation (voir Figure 143). Comme en **statique**, les trois voyelles /i e y u/ obtiennent les ellipses les plus petites par rapport aux autres voyelles ; les deux voyelles médianes /ø œ/ présentent les ellipses les plus grandes.

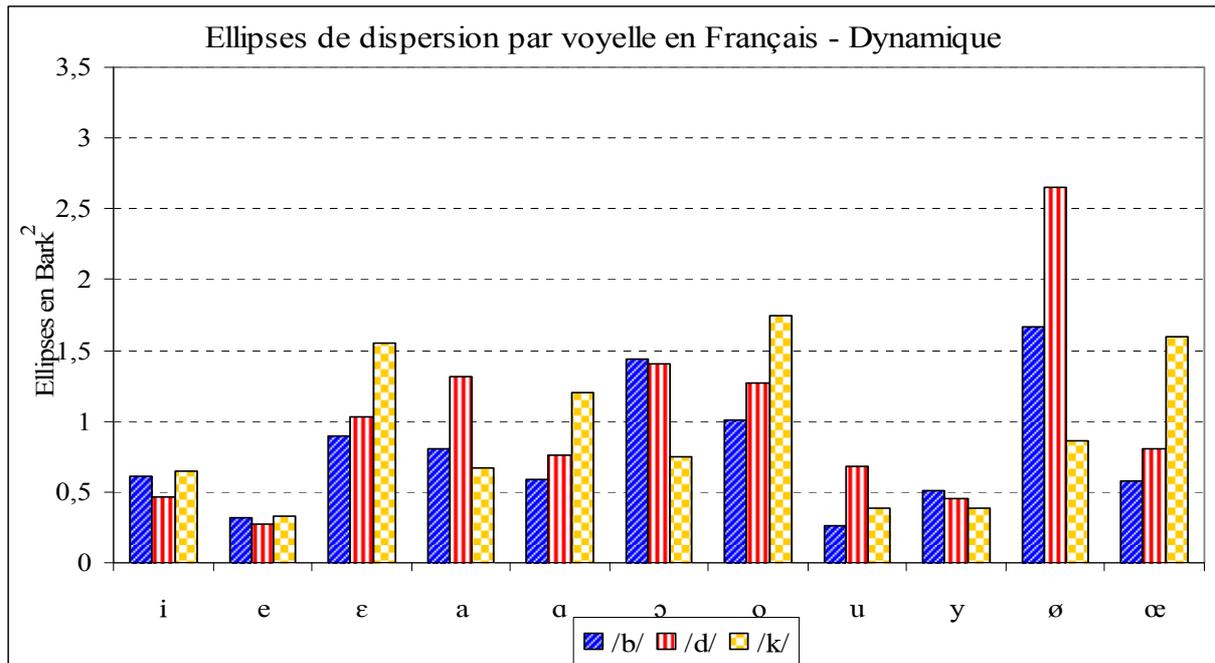


Figure 143: Ellipses de dispersion par voyelle **prototypique** perçue en FR en **dynamique**, en fonction des contextes de présentation.

Ces ellipses de taille variable indiquent l'importante variabilité inter-individuelle (voir Figure 144). En effet, les résultats statistiques montrent qu'il y a une différence significative, sur les deux axes F_1 et F_2 , liée aux auditeurs (sur F_1 , $F(9, 1617) = 83,97$; $p < 0,001$, et sur F_2 , $F(9, 1617) = 36,08$; $p < 0,001$) et à l'interaction entre les auditeurs et les voyelles (sur F_1 , $F(90, 1617) = 12,21$; $p < 0,001$; sur F_2 , $F(90, 1320) = 6,70$; $p < 0,001$). L'interaction entre les auditeurs, les voyelles et le contexte de présentation est significative (sur F_1 , $F(180, 1617) = 4,07$; $p < 0,001$; sur F_2 , $F(180, 1320) = 2,24$; $p < 0,001$).

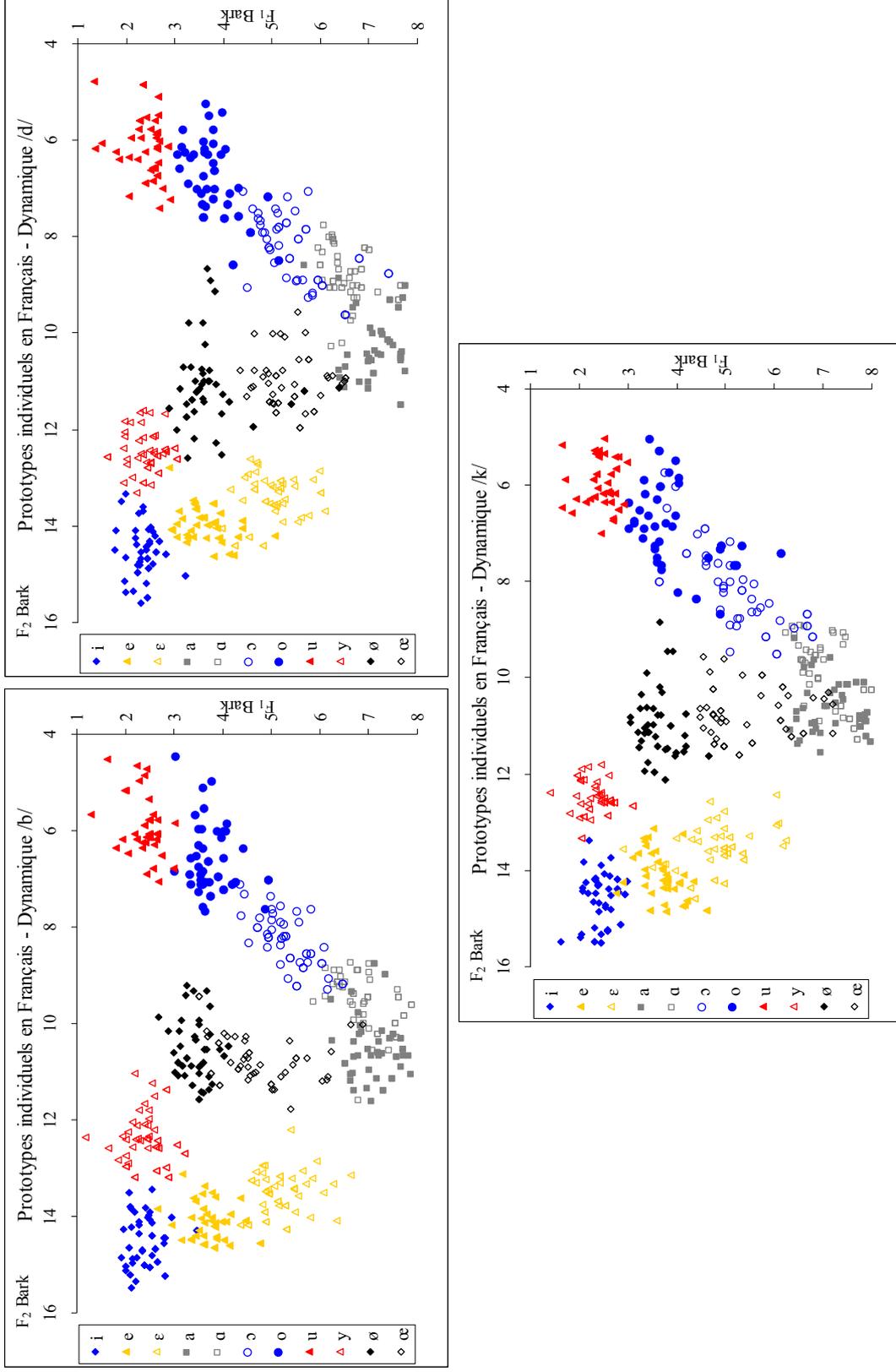


Figure 144 : Dispersion des voyelles **prototypiques** individuelles en FR en **dynamique**, en fonction des contextes de présentation.

Les graphiques présentés sur la Figure 144, montrent que malgré la variabilité importante dans le choix des **prototypes** vocaliques en FR, les auditeurs français choisissent des **prototypes** qui se distinguent les uns des autres : seules les deux voyelles /a ɑ/ sont confondues entre elles ; les deux voyelles « médianes » /ø œ/ sont significativement différentes quels que soient les contextes de présentation et les locuteurs. Nous vérifions l'apport de la **dynamique** en FR, dans la partie qui suit.

5.3.4.3. Comparaison des résultats en statique vs en dynamique

Les résultats de la comparaison **statique** vs **dynamique** en perception des voyelles **prototypiques** identifiées en FR montrent des différences significatives, uniquement sur F_1 (voir Figure 145) : l'espace vocalique en **dynamique** semble significativement plus ouvert que celui en **statique** ($F(1, 3234) = 12,82$; $p < 0,001$). Cette différence n'affecte en rien la taille de l'espace vocalique dans les deux modalités. Ainsi, l'espace vocalique perceptif en **statique** obtient une aire de 26,54 Bark² tandis qu'en **dynamique** l'aire est de 26,70 Bark² (différence non significative : $F(1, 4) = 0,31$; $p = 0,61$).

L'interaction entre les traits utilisés (**statique** vs **dynamique**) et les voyelles est significative. En **dynamique**, toutes les voyelles /e a o ɔ y œ/ sont significativement plus « ouvertes », tandis que les voyelles /u ø/ sont significativement plus « fermées », sur l'axe F_1 ($F(10, 3234) = 2,09$; $p < 0,05$) ; sur l'axe F_2 , les voyelles /a ɔ o/ sont plus « antériorisées » ; les /i u ø œ/ sont significativement plus « postérieures » ($F(10, 3234) = 9,38$; $p < 0,001$). Sur la Figure 146, nous présentons la comparaison entre les **prototypes** vocaliques identifiés par les auditeurs français, en fonction des contextes de présentation, de la voyelle et des traits utilisés. L'interaction entre les traits utilisés et les contextes de présentation est significative : en **dynamique**, l'espace vocalique obtenu en contexte /k/ est plus « antérieur » ($F(2, 3234) = 6,14$; $p < 0,005$). Nous observons également des différences importantes en fonction du choix des voyelles **prototypiques** en FR qui semblent dépendre à la fois des traits utilisés et des contextes de présentation, ce sur les deux axes : sur F_1 , les voyelles identifiées en contextes /b k/ en **dynamique** semblent être plus « ouvertes » ($F(20, 3234) = 19,21$; $p < 0,001$), et sur

F₂, le contexte /d/ semble « centraliser » les voyelles en **dynamique** ($F(20, 3234) = 2,14$; $p < 0,005$), (voir Tableau 47).

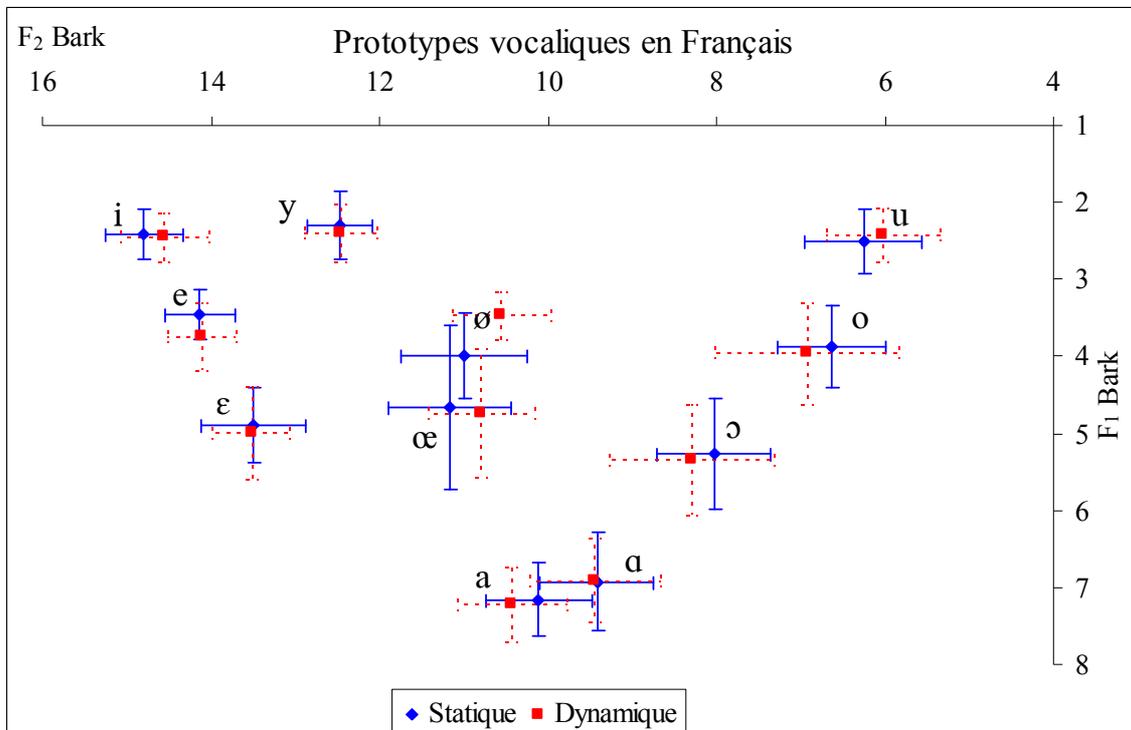


Figure 145 : Espaces vocaliques des **prototypes** FR en **statique** vs **dynamique**.

Tableau 47 : Résultats des T-test de Student entre les voyelles **prototypiques** identifiées par les auditeurs français, en **statique** vs **dynamique**. [+F] = [+fermé], [+O] = [+ouvert], [+A] = [+antérieur], [+P] = [+postérieur], NS = Non Significative. Le tableau se lit de la façon suivante : /i/ > /b/ > F₁ = [+O], $p < 0,05$: la voyelle /i/ identifiée en contexte /b/ en **dynamique** est [+ouverte], $p < 0,05$, par rapport à celle en **statique**.

	F ₁			F ₂		
	/b/	/d/	/k/	/b/	/d/	/k/
/i/	[+O], $p < 0,05$	NS	NS	[+P], $p < 0,001$	[+P], $p < 0,001$	[+P], $p < 0,005$
/e/	[+O], $p < 0,001$	[+O], $p < 0,001$	[+O], $p < 0,001$	NS	NS	NS
/ε/	[+O], $p < 0,05$	[+O], $p < 0,05$	NS	NS	NS	[+A], $p < 0,05$
/a/	NS	NS	[+O], $p < 0,05$	[+A], $p < 0,001$	NS	[+A], $p < 0,001$
/ɑ/	[+F], $p < 0,05$	NS	NS	NS	[+P], $p < 0,001$	[+A], $p < 0,001$
/ɔ/	NS	NS	NS	[+A], $p < 0,02$	NS	[+A], $p < 0,005$
/o/	NS	NS	NS	NS	[+A], $p < 0,01$	[+A], $p < 0,05$
/u/	NS	[+F], $p < 0,01$	[+F], $p < 0,05$	[+P], $p < 0,001$	NS	[+P], $p < 0,05$
/y/	[+O], $p < 0,05$	[+O], $p < 0,05$	NS	NS	NS	NS
/ø/	[+F], $p < 0,005$	[+F], $p < 0,05$	[+F], $p < 0,001$	[+P], $p < 0,005$	[+A], $p < 0,05$	NS
/œ/	NS	[+O], $p < 0,001$	[+O], $p < 0,001$	NS	[+P], $p < 0,001$	[+P], $p < 0,001$

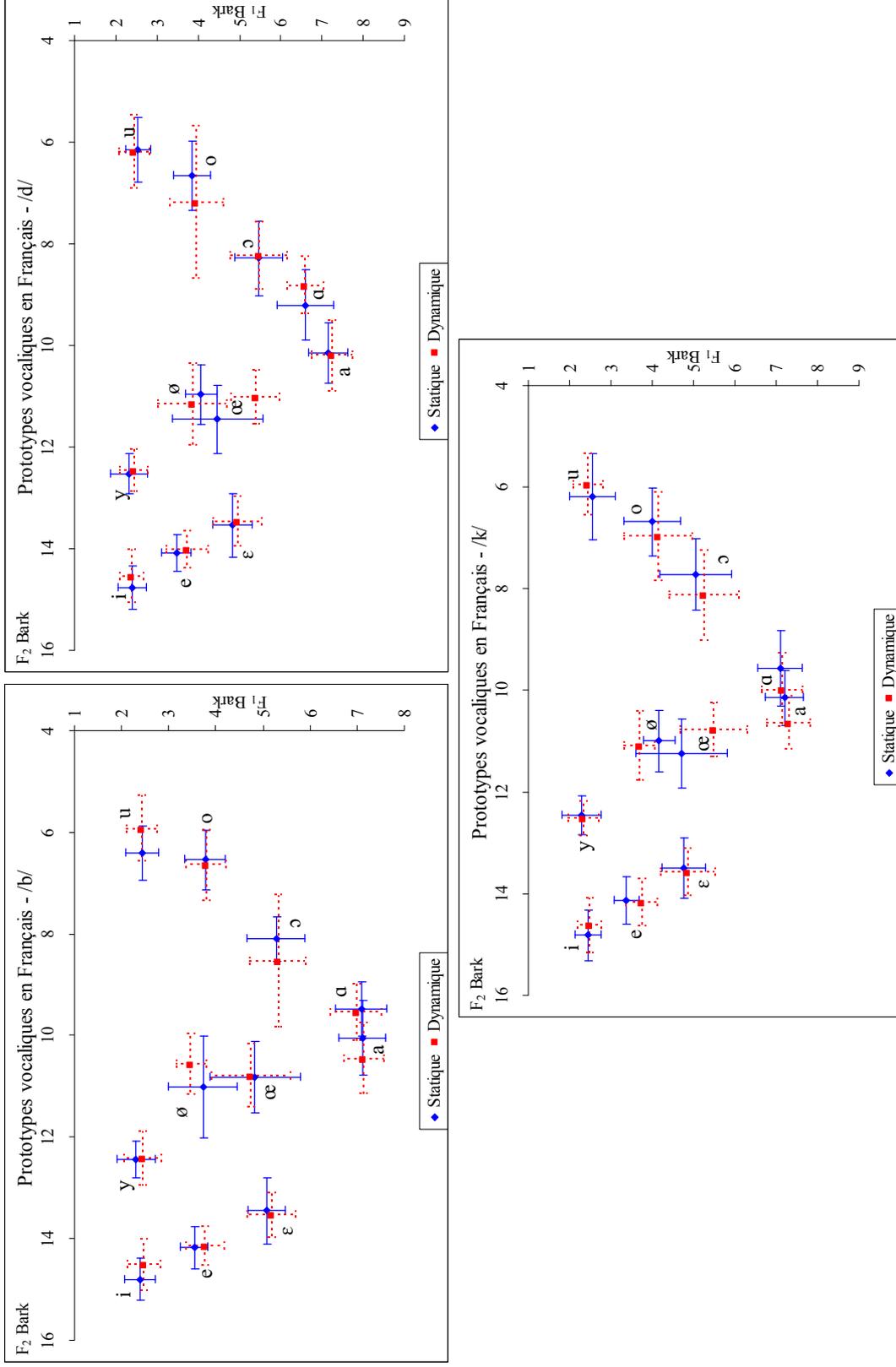


Figure 146 : Espace vocale des prototypes en FR en **statique** vs **dynamique**, en fonction des contextes de présentation.

La plupart des interactions se sont révélées significatives. Néanmoins, nous n’obtenons aucune différence significative en fonction de la taille des aires de dispersion des voyelles en fonction des contextes de présentation (voir Figure 147) : $F(1, 4) = 0,31$; $p = 0,61$. Les auditeurs français choisissent des voyelles significativement différentes, mais sans aucune modification de la taille de l’espace perceptif.

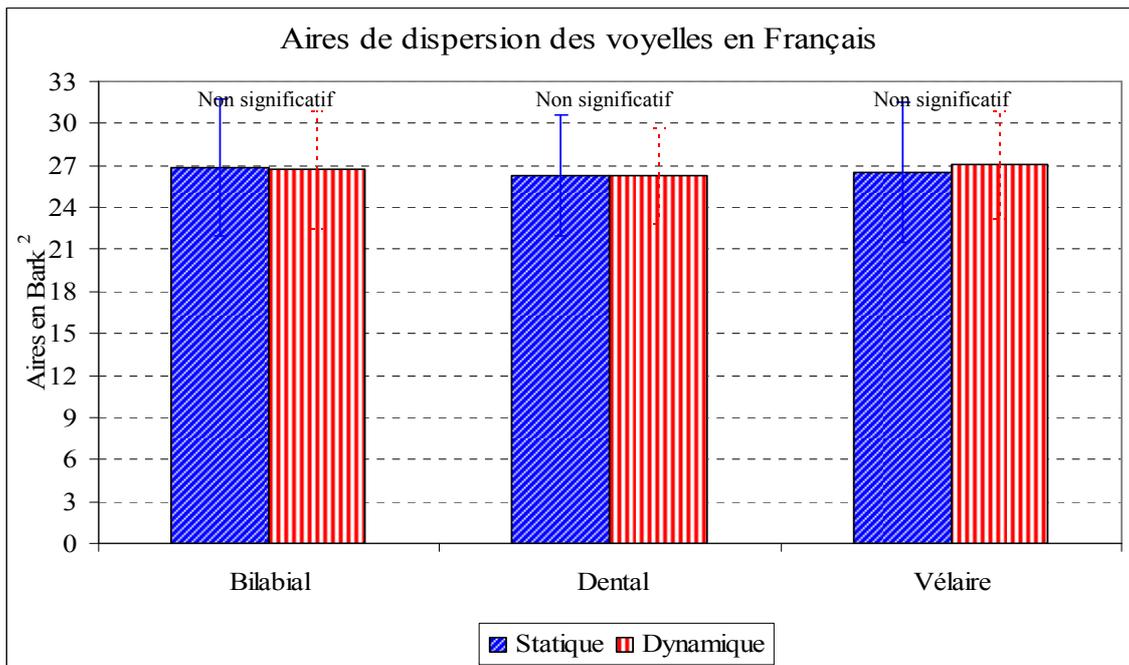


Figure 147 : Aires de dispersion des voyelles **prototypiques** identifiées en FR en **statique** vs **dynamique**, en fonction des contextes de présentation.

Nous avons voulu comparer la taille des ellipses de chaque catégorie vocalique perçue en **statique** vs **dynamique** afin de voir l’incidence des traits **dynamiques** dans la précision du choix des auditeurs français. Ainsi, nous présentons sur la Figure 148 les résultats de la taille des ellipses par voyelle **prototypique** en fonction des traits utilisés. L’utilisation de la **dynamique** donne plus de précision aux auditeurs français dans le choix des **prototypes** de leur système, surtout pour les voyelles /i e ε a u y ø œ/, tandis que pour les voyelles /ɑ ɔ o/, la **dynamique** provoque des variations inter-individuelles importantes dans le choix des **prototypes** (effet non significatif, pour les résultats en fonction des contextes de présentation, voir Annexe 35).

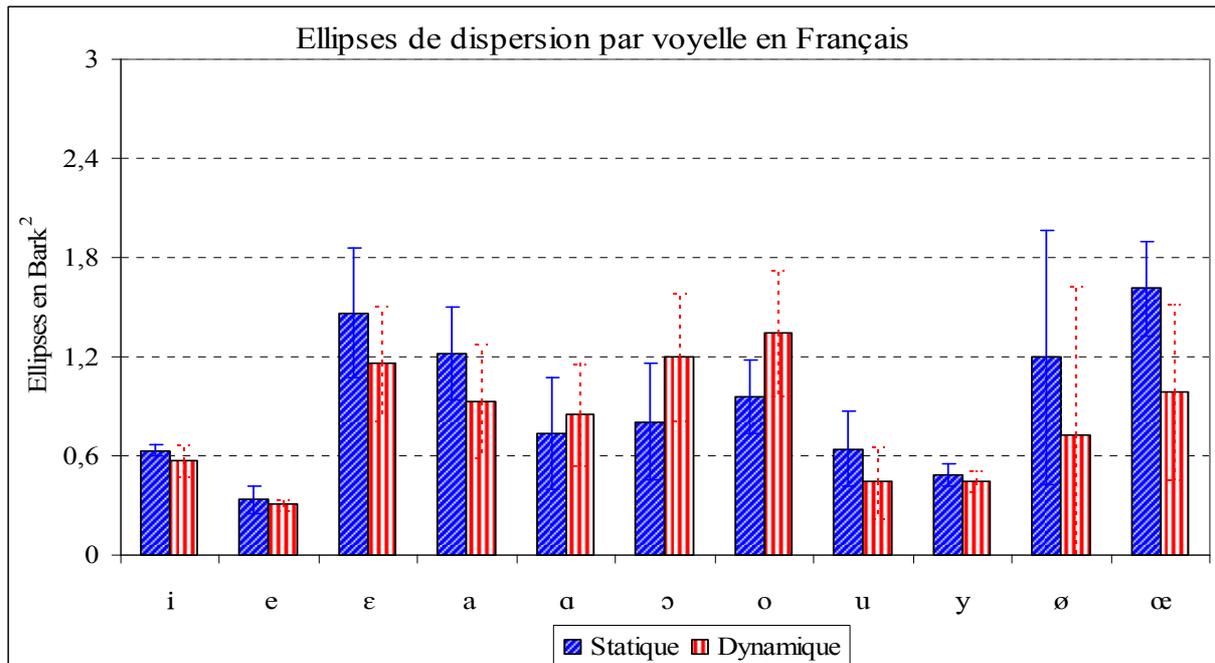


Figure 148 : Ellipses de dispersion par voyelle **prototypique** perçue en FR en **statique** vs **dynamique**.

Les résultats du questionnaire donné aux auditeurs français montrent que pour ces derniers, la tâche d'identification des voyelles **prototypiques** en **statique** était beaucoup plus difficile que celle en **dynamique**. Les auditeurs ont expliqué que les sons de synthèse paraissaient « *bizarres* », néanmoins ils n'ont éprouvé aucune difficulté lors de l'identification des voyelles avec les deux modalités. Ils ont expliqué qu'en **dynamique**, ils trouvaient « *la direction à suivre* » pour identifier les **prototypes**, c'est pourquoi nous observons des positions différentes des **prototypes** en fonction des contextes de présentation. Nous tenterons de vérifier la validité des résultats obtenus avec l'aide de l'analyse discriminante qui nous donnera plus d'explication quant au rôle de la **dynamique** dans l'identification des **prototypes** du FR.

5.3.4.4. Résultats de l'analyse discriminante

Les paramètres utilisés pour cette analyse sont les valeurs de F_1 et de F_2 des **prototypes** vocaliques identifiés par les auditeurs français.

Nos résultats ont montré que les **prototypes** vocaliques identifiés par les auditeurs français sont significativement différents quels que soient les traits utilisés, les contextes de

présentation et les voyelles. Les résultats de l'analyse discriminante confirment cela. Ainsi, nous présentons dans le Tableau 48 les différents taux de classification des **prototypes** en **statique** vs **dynamique** et par contexte de présentation.

Tableau 48 : Taux de classification correcte des voyelles **prototypiques** identifiées en FR en **statique** vs **dynamique** en fonction des contextes de présentation. (Taux significatifs, Box's M ; $p < 0,001$).

	/b/	/d/	/k/
Statique	85,1%	82,5%	78,5%
Dynamique	86,5%	85,8%	80,4%

Le taux moyen de classification de l'analyse discriminante obtenu en FR est significativement plus élevé de 2,07% en **dynamique** qu'en **statique** (BinomialQ ; $p < 0,001$). Les taux moyens par modalité sont relativement élevés : 82,03% en **statique** contre 84,1% en **dynamique**. Ceci montre que les auditeurs français sont capables d'identifier « correctement » les voyelles de leur système à partir de cette expérience de perception. Nous examinons ainsi les classifications correctes et les confusions obtenues à partir de l'analyse discriminante.

En **statique** et dans les trois contextes de présentation (voir Figure 149), nous observons que 98% à 100% des voyelles fermées /i y u/ ont été classifiées correctement. Les quatre voyelles « médianes » /e ε o ɔ/ ont été classifiées avec des taux élevés (de 74% à 100%). La plupart des confusions concernaient les couples de voyelles suivantes : /a α/, /a ɔ/ et /ø œ/. Ces confusions sont conformes à nos résultats sur la taille des ellipses (voir Figure 141) et la dispersion individuelle des voyelles (voir Figure 140).

En **dynamique** en revanche, nous observons que les trois voyelles fermées /i y u/ obtiennent des taux très élevés proches des 100% lors de leur classification ; les voyelles « médianes » /e ε ø œ o ɔ/ obtiennent des taux intermédiaires et les deux voyelles ouvertes /a α/ sont confondues soit entre elles soit avec /ɔ/ (voir Figure 150). Bien que le taux moyen de classification correcte en **dynamique** soit significativement plus élevé qu'en **statique**, nous observons plus de confusions, d'une façon générale, dans la classification des **prototypes** en **dynamique**.

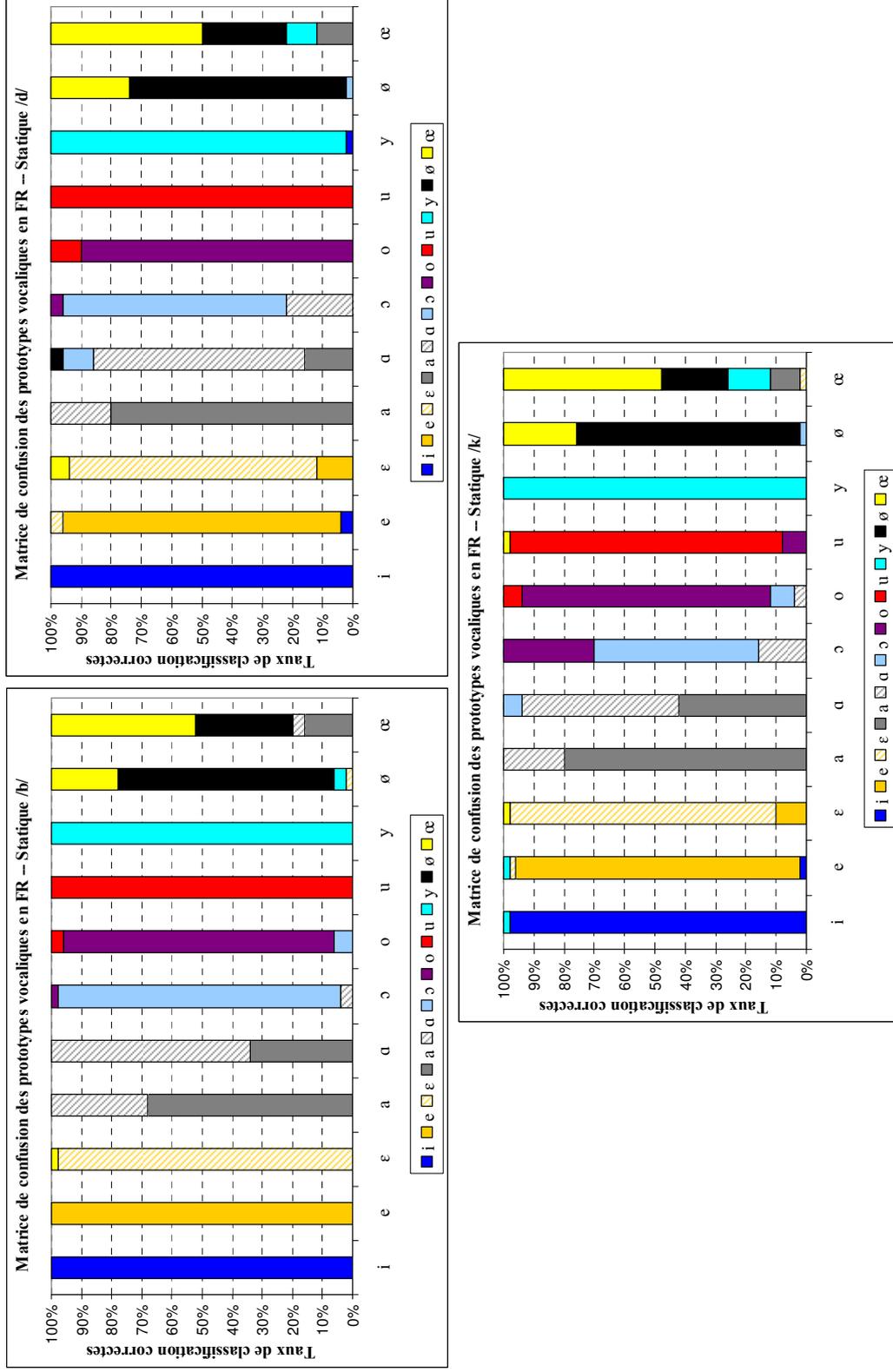


Figure 149 : Taux de classification des prototypes en FR en statique, en fonction des contextes de présentation.

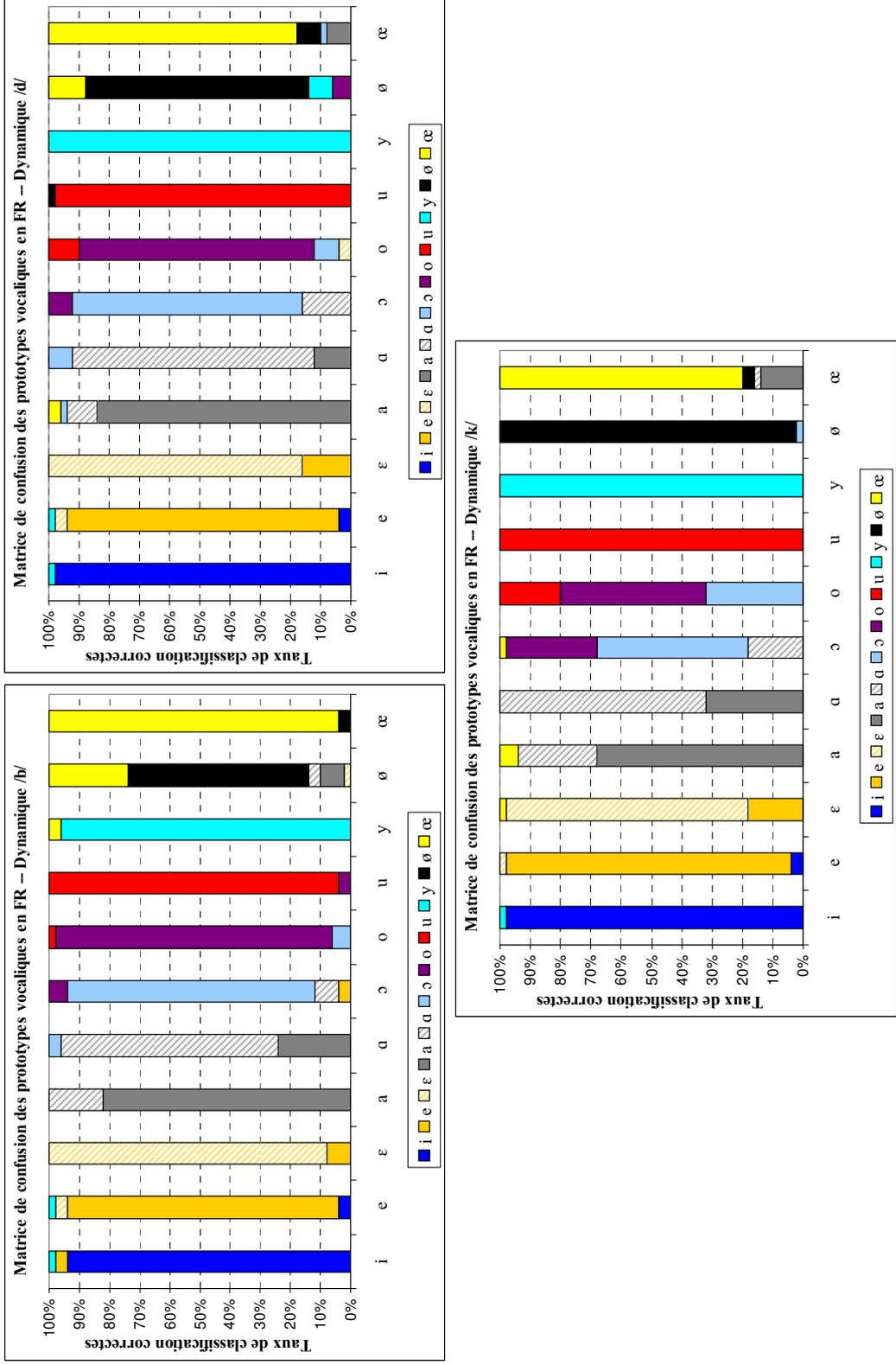


Figure 150 : Taux de classification des prototypes en FR en dynamique, en fonction des contextes de présentation.

Les **prototypes** vocaliques identifiés par les auditeurs français en **statique** vs **dynamique**, sont significativement différents. Le contexte de présentation a affecté les **prototypes** vocaliques choisis par les auditeurs français uniquement en **dynamique**. Les résultats de l'analyse discriminante ont montré la possibilité de discriminer les voyelles en français en fonction des traits utilisés et des contextes de présentation avec des taux moyens élevés. Nous avons observé l'amélioration significative, avec un taux moyen de 2%, de la classification des voyelles du FR par l'analyse discriminante. Tous les auditeurs français ont trouvé la tâche d'identification des **prototypes** en **statique** plus difficile que celle en **dynamique** ; cette dernière a contribué à la meilleure identification des **prototypes** de leur système. Il semblerait que la **dynamique** soit un paramètre très important dans l'identification des voyelles dans les trois langues étudiées.

Nous venons d'examiner les résultats des expériences de perception des voyelles proposées aux auditeurs des trois langues étudiées. En production de la parole, nous avons observé l'existence de différences dans l'organisation des systèmes vocaliques dans les trois langues, liée à la densité des systèmes. Nous voulons examiner si de telles différences peuvent exister (ou non) en perception. On sait que la perception de la parole, et plus particulièrement des voyelles, propose que l'organisation des espaces vocaliques perceptifs dépende de la faculté de reconnaissance des variations dans le signal acoustique et de la normalisation de celles-ci. Ainsi, la littérature propose que, comme la perception de la parole est un phénomène *many-to-one*, la normalisation que le signal acoustique subi pour permettre l'identification des « représentations mentales » des voyelles, dans notre cas, affecte la dispersion des voyelles dans cet espace perceptif. L'espace vocalique perceptif est un espace homogène entre tous les êtres humains, on acquiert notre langue maternelle et modifie notre perception des sons contenus dans notre langue et dans les langues que l'on connaît, mais cet espace n'est pas changeable. Ainsi, on peut prétendre que les différences observables en production de la parole ne pourraient exister en perception, i.e., l'espace vocalique perceptif doit être homogène pour toutes les langues (sa taille !!) mais c'est au niveau de l'organisation interne de l'espace que des différences peuvent apparaître (voir les travaux de Kuhl, 1991 ; Kuhl & Iverson, 1995* ; Iverson & Kuhl, 1996 ; Meunier, 2005 ; etc...).

Nous nous intéressons dans la partie qui suit aux résultats comparatifs inter-langues. Ainsi, nous vérifierons si la densité des systèmes vocaliques peut affecter la taille de l'espace vocalique perceptif global et la dispersion des voyelles à l'intérieur de cet espace et plus spécifiquement la position des trois voyelles **prototypiques** extrêmes /i a u/ (voyelles longues en arabe). Nous avons choisi d'effectuer cette étude comparative en fonction des trois voyelles /i a u/ car ce sont les trois seules voyelles communes entre les trois langues étudiées et elles délimitent l'espace vocalique. Au besoin, nous nous servirons des résultats obtenus pour chaque langue (qui sont présentés dans les parties précédentes) afin de renforcer nos résultats.

5.3.5. *Résultats Inter-Langues*

Nous commençons cette partie par la présentation des résultats en **statique**, ensuite en **dynamique**. Nous poursuivons par la comparaison des résultats dans les deux modalités et terminons par les résultats de l'analyse discriminante.

5.3.5.1. **Résultats en statique (V Target)**

La comparaison entre les espaces vocaliques perceptifs obtenus à partir des **prototypes** de /i a u/ identifiés par les auditeurs des trois langues est présentée graphiquement sur la Figure 151. L'observation des trois espaces vocaliques montre des différences significatives en fonction des langues, visibles sur les deux axes : l'espace vocalique perceptif est significativement plus « périphérique » en FR qu'en AJ ; c'est l'AM qui présente l'espace le plus « centralisé » (sur F_1 : $F(2, 1321)=22,14$; $p<0,001$; sur F_2 : $F(2, 1321)=40,30$; $p<0,001$). Les trois voyelles **prototypiques** /i a u/ sont positionnées différemment entre les trois langues. Ainsi, sur F_1 , la voyelle /a/ est significativement plus « ouverte » en FR et plus « fermée » en AM qu'en AJ et les deux voyelles /i u/ sont significativement plus « fermées » en FR et plus « ouvertes » en AM qu'en AJ ($F(4, 1321)=98,31$; $p<0,001$). Sur F_2 , la voyelle /a/ est significativement plus « antérieure » en AJ et plus « postérieure » en FR ; /i/ est plus antérieure en FR qu'en AM ou en AJ et /u/ est plus postérieure en FR qu'en AM ou en AJ ($F(4, 1321)=67,72$; $p<0,001$).

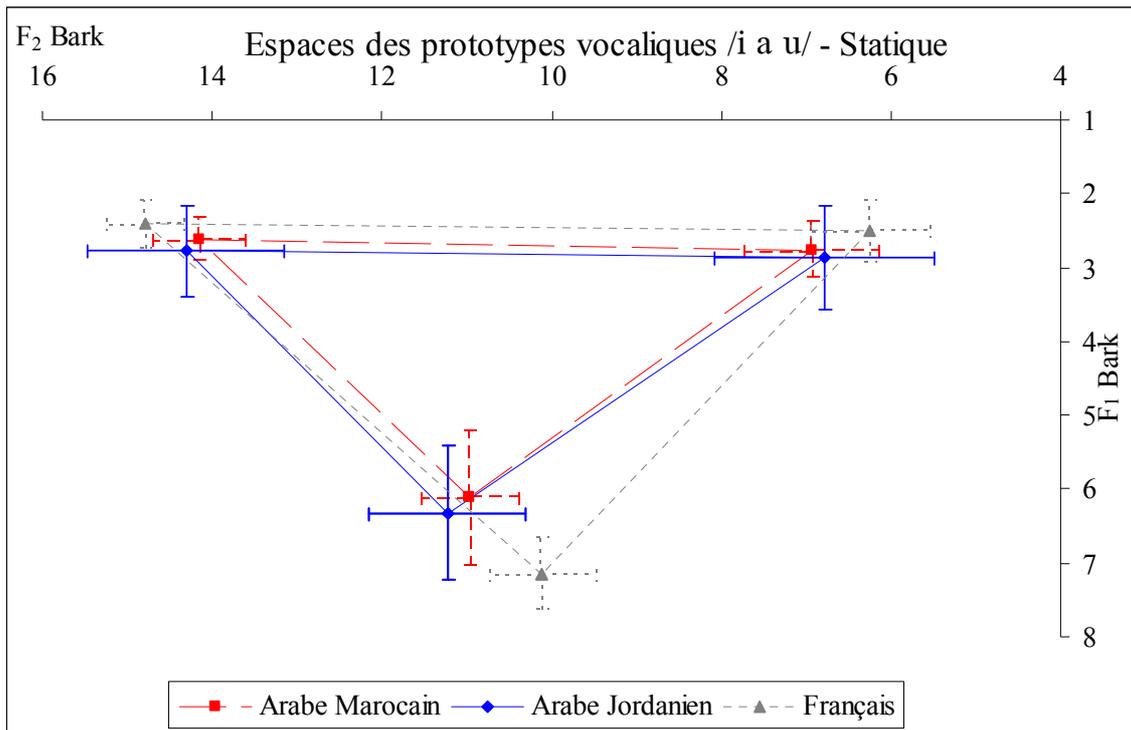


Figure 151 : Espaces des **prototypes** vocaliques /i a u/ dans les trois langues en **statique**.

La « centralisation » de l'espace vocalique perceptif en AM par rapport aux deux autres langues et plus particulièrement le FR est confirmée quel que soit le contexte de présentation (voir Figure 152) : aucun changement significatif n'est détecté en fonction des interactions entre les langues et les contextes de présentation d'un côté, ou entre les langues, les contextes de présentation et les voyelles, de l'autre. Autrement dit, ces résultats sont cohérents quels que soient les contextes de présentation et les voyelles. Nous avons voulu savoir si la « centralisation » de l'espace en AM et la « périphérisation » en FR affectent la taille de l'espace vocalique perceptif obtenu. Ainsi, les aires de dispersion obtenues à partir des trois voyelles **prototypiques** /i a u/ sont statistiquement non différentes entre l'AM et l'AJ (12,49 Bark² en AM, 13,79 Bark² en AJ : $F(1, 58)=1,24$; $p=0,27$), en revanche, elles le sont entre d'un côté, le FR et l'AM (12,49 Bark² en AM et 20,12 Bark² en FR : $F(1, 58)=93,51$; $p<0,001$), et de l'autre, le FR et l'AJ (13,79 Bark² en AJ et 20,12 Bark² en FR : $F(1, 58)=30,65$; $p<0,001$).

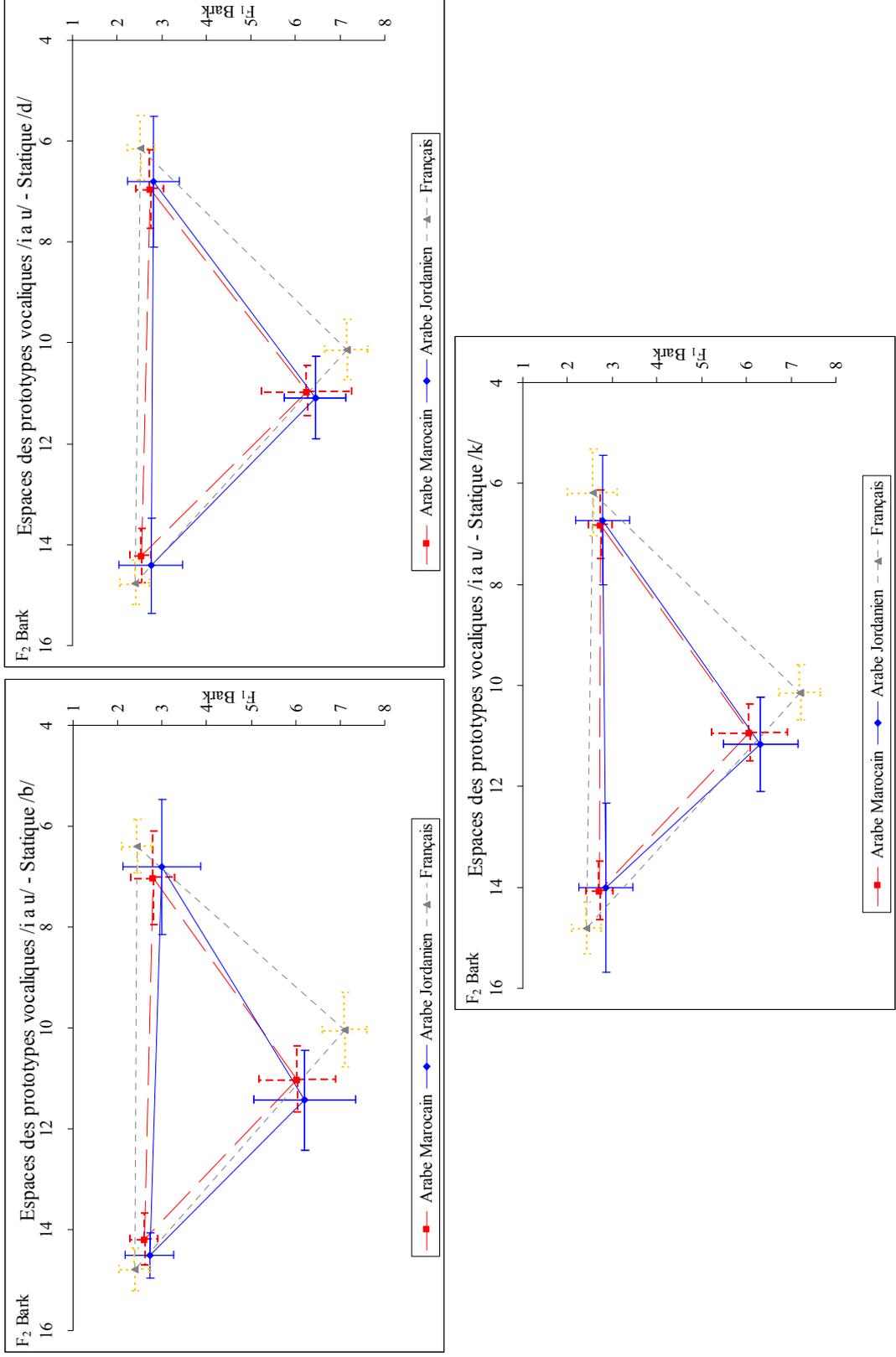


Figure 152 : Espaces des **prototypes** vocales /i a u/ dans les trois langues en **statique**, par contexte de présentation.

L'effet de la densité des systèmes vocaliques semble affecté la taille de l'espace obtenu en FR seulement, car aucune différence n'est obtenue entre l'AM et l'AJ. La taille des aires de dispersion plus grande obtenue en FR par rapport à l'AM et l'AJ va dans le sens des propositions de la **théorie de la dispersion adaptée**, qui explique que la densité des systèmes affecte l'organisation des espaces vocaliques : plus une langue a des voyelles et plus la taille des espaces vocaliques est grande, afin de maintenir la distinction entre les différentes voyelles. En revanche, la taille des aires non différente obtenue en AM et en AJ conforte les propositions de la **théorie quantique**, qui expliquent que la densité des systèmes n'affecte pas la taille des espaces vocaliques.

Cette « centralisation » de l'espace vocalique perceptif en AM et en AJ comparée à celui du FR est fonction du contexte de présentation : effet visible sur la taille des aires de dispersion des espaces vocaliques (voir Figure 153). Les aires de dispersion obtenues en FR sont significativement plus grandes que celles en AM ou en AJ ; aucune différence n'est obtenue pour les aires de dispersion des espaces vocaliques des deux dialectes arabes. Encore une fois, ce résultat va à l'encontre de l'hypothèse de stabilité des espaces vocaliques perceptifs quelles que soient la langue et la densité des systèmes. Il semblerait donc que la densité des systèmes affecte bel et bien la taille des aires de dispersion des espaces vocaliques perceptifs. Les aires de dispersion des voyelles **prototypiques** identifiées sont plus petites en contexte bilabial, plus grandes en contexte dental (pour AM et AJ seulement) et intermédiaires en contexte vélaire (sauf en FR où la différence est la suivante : Bilabial < Dental ≤ Vélaire).

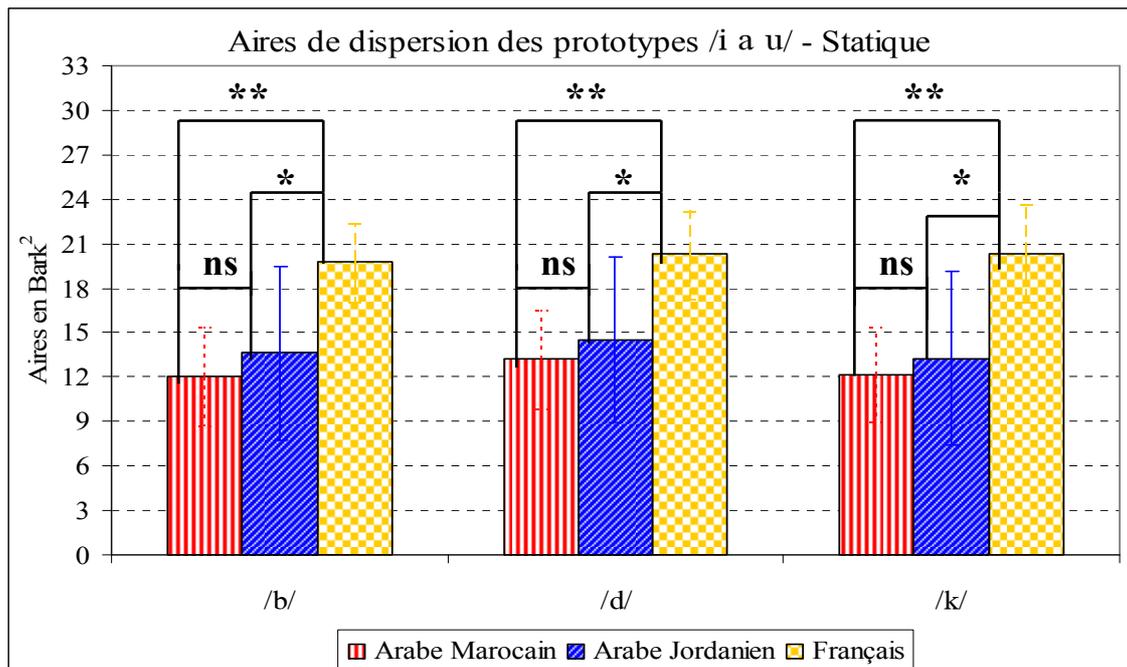


Figure 153 : Aires de dispersion des voyelles **prototypiques** /i a u/ dans les trois langues en **statique**, en fonction du contexte de présentation. (ns = non significative ; * = $p < 0,01$; ** = $p < 0,001$).

Les résultats que nous venons de présenter sont partiellement en accord avec l'hypothèse selon laquelle les espaces vocaliques perceptifs dans les trois langues dépendent de la densité de leurs systèmes.

Nous voulons ensuite voir si l'effet de la densité des systèmes vocaliques peut affecter la taille des ellipses de chaque voyelle **prototypique**. Ainsi, nous présentons sur la Figure 154 la taille des ellipses de dispersion par voyelle **prototypique** en fonction des trois langues. Les résultats montrent que c'est en AJ que les ellipses sont les plus grandes ; l'AM présente les ellipses les plus petites pour les deux voyelles /i u/ tandis que le FR se situe entre les deux. Les explications apportées par Patricia Kuhl à partir du modèle « *The Native Language Magnet* » (Kuhl & Iverson, 1995*, voir § 2.3.2.6) vont dans le sens d'une modification des positions des voyelles à l'intérieur de l'espace vocalique dans les langues du monde, mais ne prédit en rien les différences de taille des ellipses vocaliques. En effet, ces résultats vont à l'encontre des propositions de stabilité des systèmes vocaliques, mais mettent en évidence le rôle de la densité des systèmes dans l'organisation des espaces vocaliques.

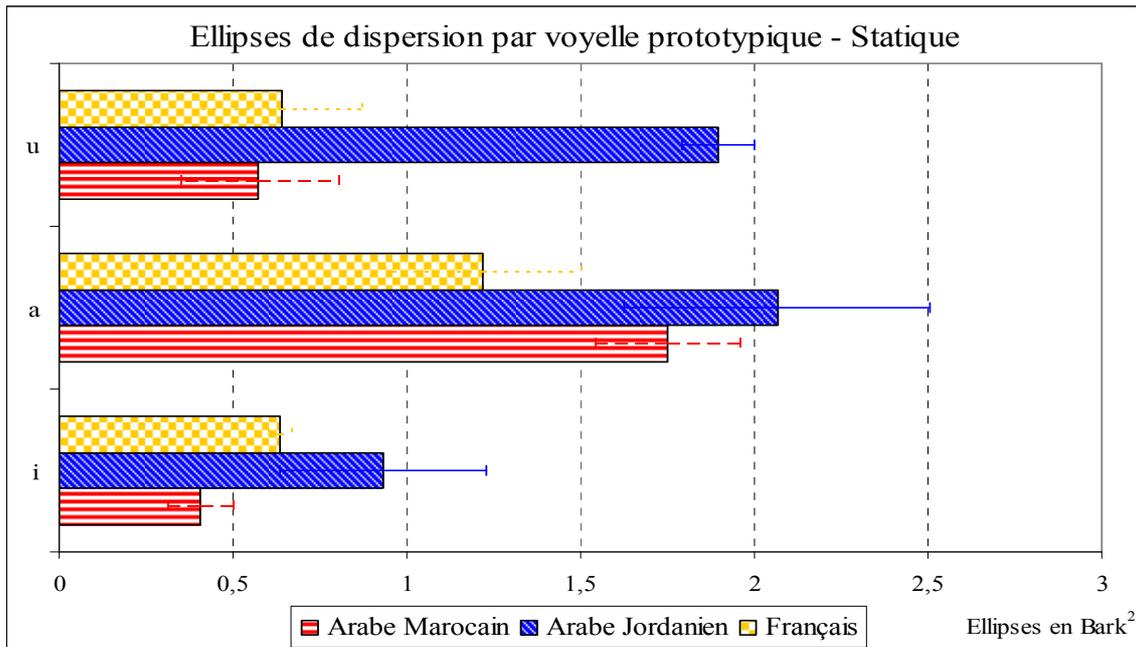


Figure 154 : Ellipses de dispersion par **prototype** dans les trois langues en **statique**.

La taille des ellipses de chaque catégorie vocalique dépend du contexte de présentation (voir Figure 155). En effet, en contexte bilabial, les ellipses de dispersion des catégories vocaliques sont plus grandes en AJ, intermédiaires en AM et petites en FR (sauf pour /i/). En contexte dental et vélaire, nous obtenons des ellipses de dispersion plus grande en AJ, intermédiaires en AM et petites en FR (sauf pour /a/).

Nous observons également que la voyelle /i/ obtient les ellipses de dispersion les moins importantes, /a/ les plus grandes et /u/ des aires intermédiaires. Ceci va dans le sens des propositions de la **théorie quantique** où les voyelles /i u/, du fait qu'elles soient quantiques, présentent les ellipses de dispersion les plus petites ; la voyelle /a/ quant à elle est variable car dépendante du degré d'aperture de la mâchoire (et donc perceptivement, les auditeurs utilisent potentiellement les connaissances qu'ils ont de leur système de production pour « retrouver » les positions favorisées pour chaque voyelle).

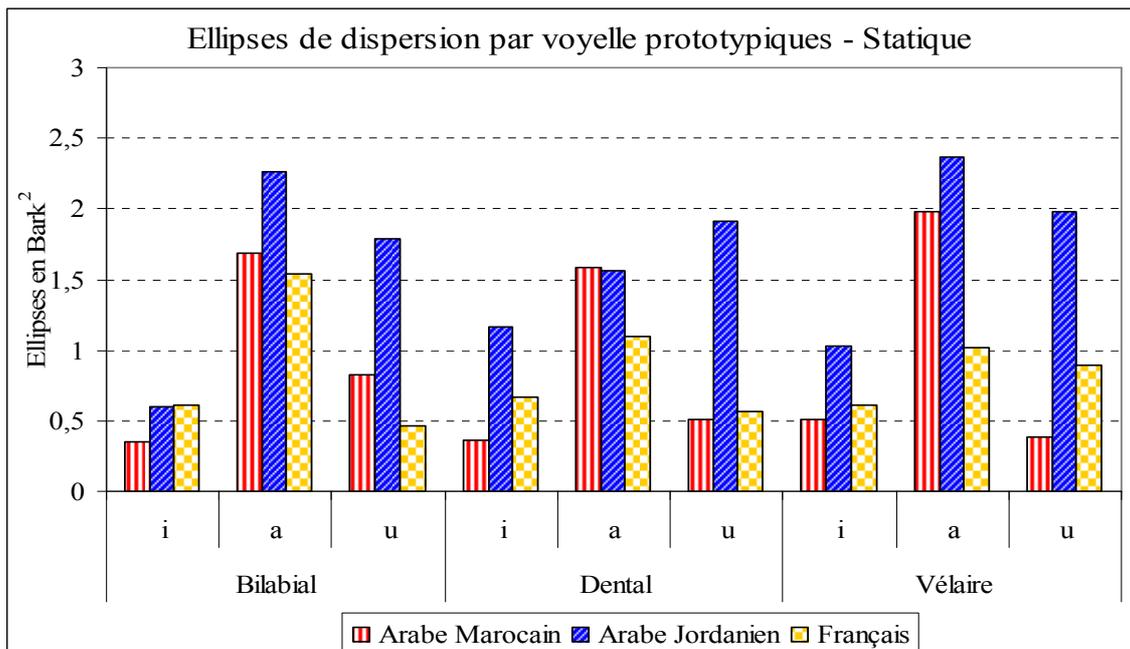


Figure 155 : Ellipses de dispersion par **prototype** dans les trois langues, en **statique**, en fonction du contexte de présentation.

Ces résultats montrent que la densité des systèmes vocaliques affecte la dispersion des voyelles **prototypiques** /i a u/ en perception de la parole. La comparaison entre les trois langues montre que c'est l'AM qui présente les aires de dispersion les plus petites comparé à l'AJ ou au FR (bien que la différence entre l'AM et l'AJ ne soit pas significative). En effectuant le calcul de taille de l'aire en fonction de **toutes** les voyelles **prototypiques** identifiées dans les trois langues, nous n'observons pas de différences significatives entre l'AM et l'AJ ; la comparaison avec le FR s'est révélée significative ($p < 0,001$) ; la tendance, elle, est inversée : c'est l'AJ qui présente la taille de l'aire la plus petite et le FR, la plus grande (avec une moyenne de 16,23 Bark² en AJ ; 17,27 Bark² en AM et 26,54 Bark² en FR). Les aires obtenues en utilisant **toutes** les voyelles **prototypiques** de chaque système sont significativement plus grandes que celles obtenues en utilisant seulement les trois voyelles communes /i a u/ (voyelles longues en arabe). Les **prototypes** identifiés par les auditeurs français sont significativement plus *Hyper-Articulés* (Lindblom, 1990 ; Johnson *et al.*, 1993, 2004) que ceux obtenus en AM ou en AJ ; aucune différence liée à la dispersion maximale des espaces vocaliques de l'AM et de l'AJ n'est vérifiée. Les différences de taille des espaces vocaliques et des différences de position des voyelles **prototypiques** /i a u/ identifiées par les auditeurs des trois langues, ne sont confirmées qu'en FR, allant ainsi à l'encontre de

l'hypothèse de stabilité de l'espace vocalique perceptif entre les langues (Meunier, 2005). Ces résultats vont dans le sens des propositions de la **théorie de la dispersion adaptée** (Lindblom, 1986), car la taille des espaces vocaliques obtenue dans les trois langues semble dépendre de la densité des systèmes. Les différences non significatives obtenues lors de la comparaison entre les espaces vocaliques en AM et en AJ ne vont pas dans le sens de l'hypothèse d'une influence de la densité des systèmes.

5.3.5.2. Résultats en dynamique (CV Target)

Les résultats graphiques de la comparaison entre les espaces vocaliques perceptifs obtenus à partir des trois voyelles **prototypiques** /i a u/ dans les trois langues sont présentés sur la Figure 156. Les espaces vocaliques perceptifs sont significativement différents dans les trois langues : l'espace vocalique en FR est significativement plus « périphérique » ; en AM, il est plus « centralisé », sur les deux axes (sur F_1 : $F(2, 1323)=11,58$; $p<0,001$; sur F_2 : $F(2, 1323)=80,85$; $p<0,001$). Nous observons des positions significativement différentes entre les trois voyelles : sur F_1 , la voyelle /i/ est significativement plus « fermée » en FR qu'en AM ou en AJ ; la voyelle /u/ est significativement plus « fermée » en FR et plus « ouverte » en AM et la voyelle /a/ est significativement plus « ouverte » en FR et plus « fermée » en AM qu'en AJ ($F(4, 1323)=151,00$; $p<0,001$) ; sur F_2 , la voyelle /i/ est significativement plus « antérieure » en FR et en AJ qu'en AM ; /a/ est significativement plus « antérieure » en AM et plus « postérieure » en FR qu'en AJ ; et /u/ est significativement plus postérieure en FR et en AJ qu'en AM ($F(4, 1323)=103,50$; $p<0,001$).

L'interaction entre les langues et les contextes de présentation n'est pas significative (voir Figure 157). Ceci indique que les espaces vocaliques obtenus dans les trois contextes de présentation sont significativement non différents en ce qui concerne les effets de « périphérisation » de l'espace en FR et la « centralisation » en AM.

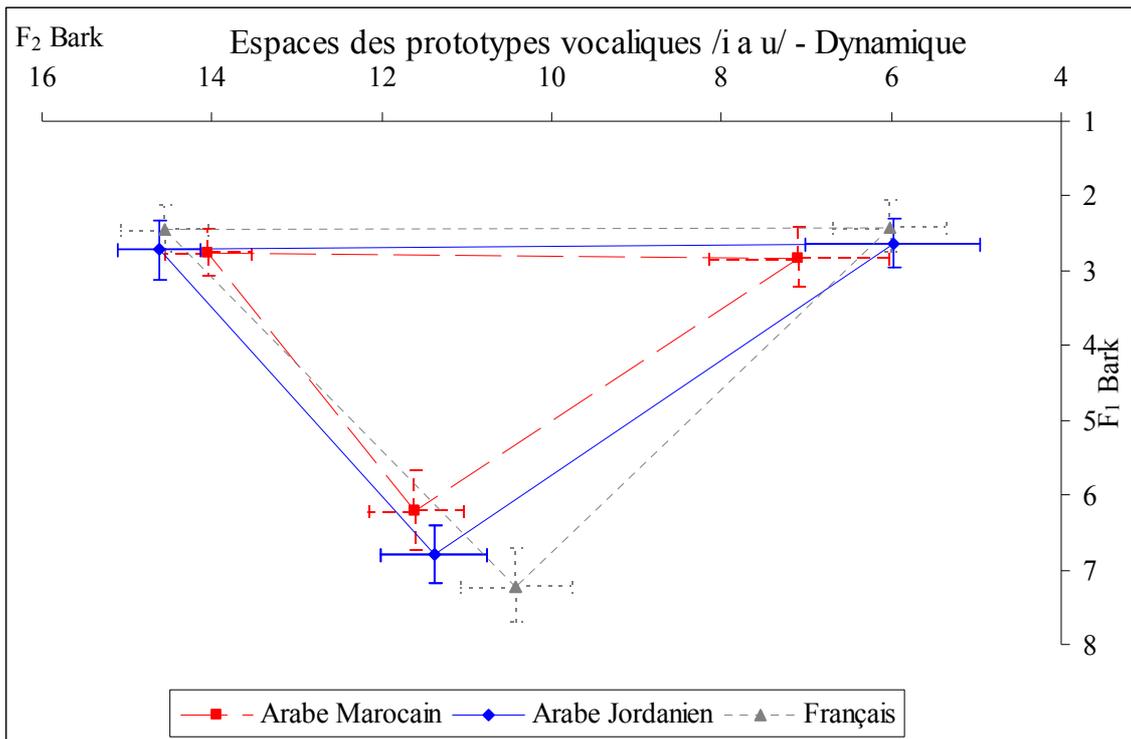


Figure 156 : Espaces des **prototypes** vocaliques /i a u/ dans les trois langues en **dynamique**.

Les résultats statistiques montrent que l'interaction entre les langues, les contextes de présentation et les voyelles est significative. L'examen attentif des graphiques présentés sur la Figure 157 montre que pour les trois contextes de production et sur F_1 , nous obtenons une tendance à ce que la voyelle /i/ soit plus « fermée » en FR qu'en AM ou en AJ (sauf en contexte /k/ où elle est plus ouverte en AJ) ; à ce que la voyelle /a/ soit plus « ouverte » en FR qu'en AM ou en AJ ; et à ce que la voyelle /u/ soit plus « fermée » en FR qu'en AM ou en AJ ($F(8, 1323)=1,71$; $p=0,092$). Sur F_2 , et pour les trois contextes de présentation, nous obtenons une tendance à ce que la voyelle /i/ soit plus « antérieure » en FR et en AJ qu'en AM ; ç ce que la voyelle /a/ soit plus « antérieure » en AM et en AJ qu'en FR ; et à ce que la voyelle /u/ soit plus « antérieure » en AM qu'en AJ ou en FR (sauf en contexte /d/ où elle est plus « postérieure » en FR), ($F(8, 1080)=1,72$; $p=0,088$).

RÉSULTATS EN PERCEPTION DES VOYELLES

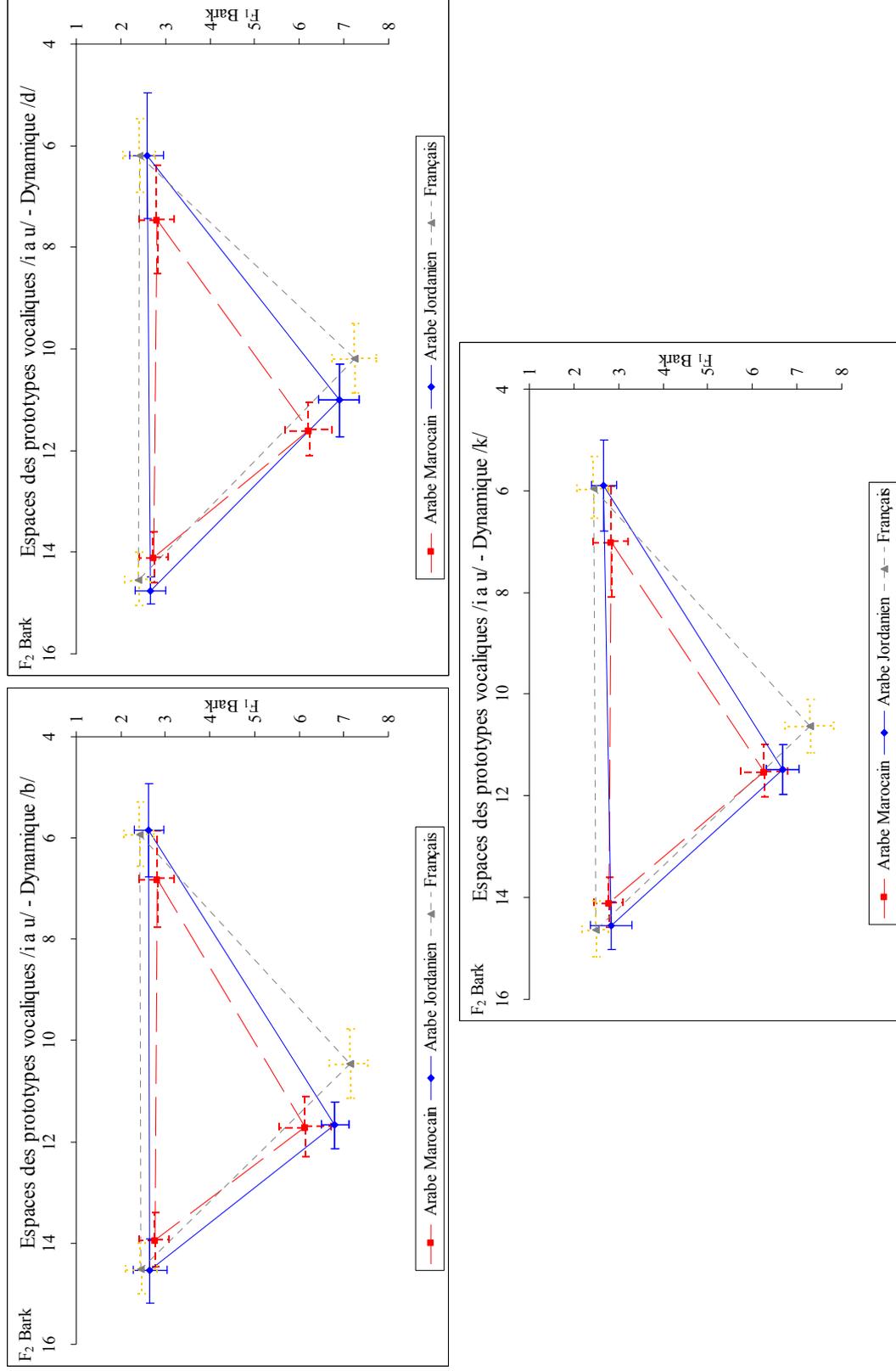


Figure 157 : Espaces des **prototypes** vocaliques /i a u/ dans les trois langues en **dynamique**, par contexte de présentation.

L'aire de dispersion moyenne en AM est significativement plus petite que celle en FR, et l'AJ obtient une dispersion intermédiaire (11,92 Bark² en AM, 17,83 Bark² en AJ et 20,50 Bark² en FR : $p < 0,001$). Les aires de dispersion en fonction du contexte de présentation montrent la même tendance (voir Figure 158). Nous obtenons sensiblement la même dispersion quel que soit le contexte de présentation. Ces résultats montrent que l'utilisation des traits **dynamiques** dans l'identification des **prototypes** vocaliques des voyelles /i a u/ a affecté la position de celles-ci dans les trois langues et quel que soit le contexte de présentation (voir Figure 157), car à notre sens, les stimuli **dynamiques** ont permis aux auditeurs des trois langues de retrouver les voyelles *Hyper-Articulées* correspondant aux **prototypes** de leurs systèmes. Cet effet est également visible pour ce qui est de la taille des espaces vocaliques. En effet, lorsque les traits **dynamiques** sont accessibles aux auditeurs, ceux-ci montrent des motifs d'identification des **prototypes** compatibles avec l'hypothèse d'une influence des tailles des espaces vocaliques (AM < AJ < FR).

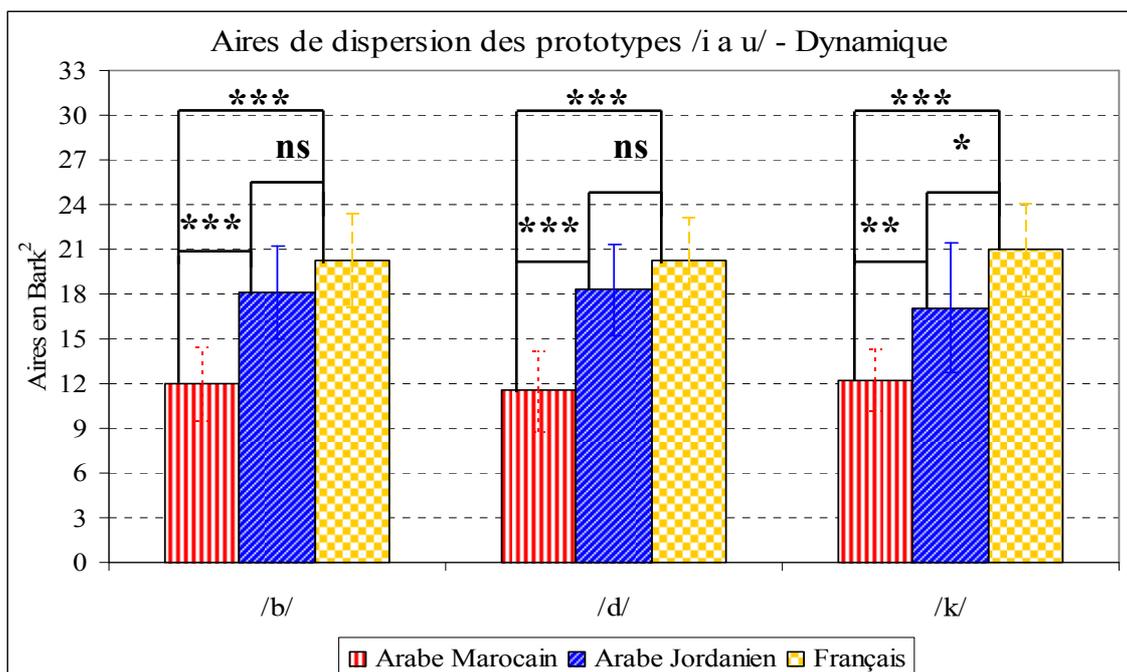


Figure 158 : Aires de dispersion des voyelles **prototypiques** /i a u/ dans les trois langues en **dynamique**, en fonction du contexte de présentation. (ns = non significative ; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,005$; *** = $p < 0,001$).

Comme en **statique**, nous avons examiné les effets de la densité des systèmes vocaliques sur la taille des ellipses de chacun des **prototypes** /i a u/. Les résultats graphiques

pour les trois **prototypes** sont présentés sur la Figure 159, et ceux pour les trois **prototypes** en fonction du contexte de présentation sur la Figure 160.

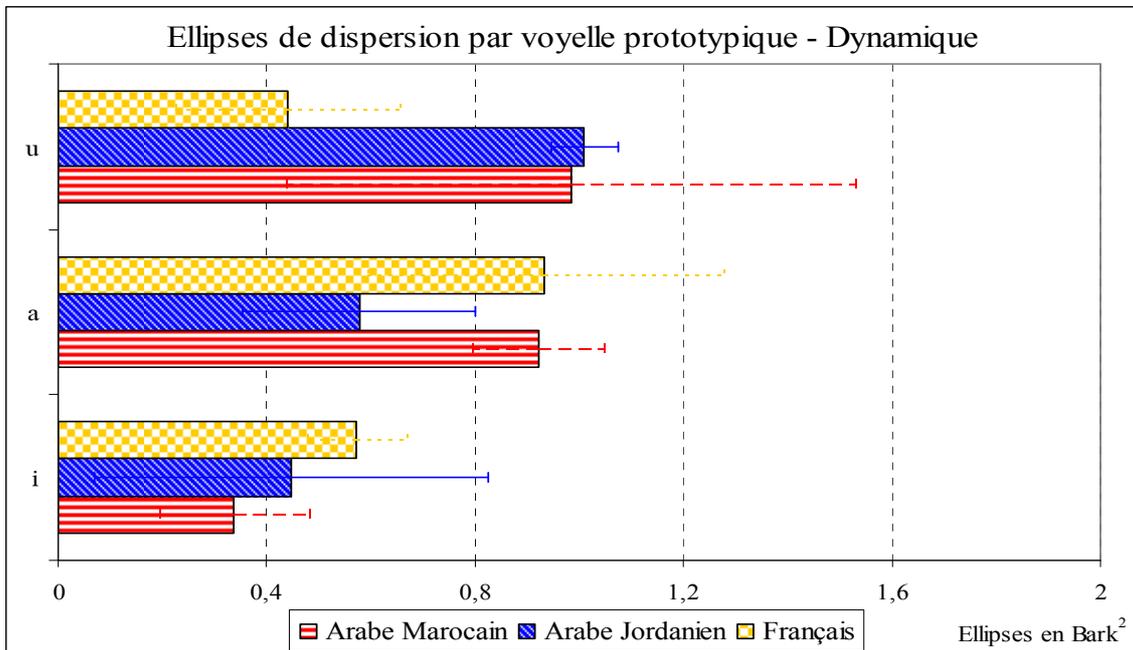


Figure 159 : Ellipses de dispersion par **prototype** dans les trois langues en **dynamique**.

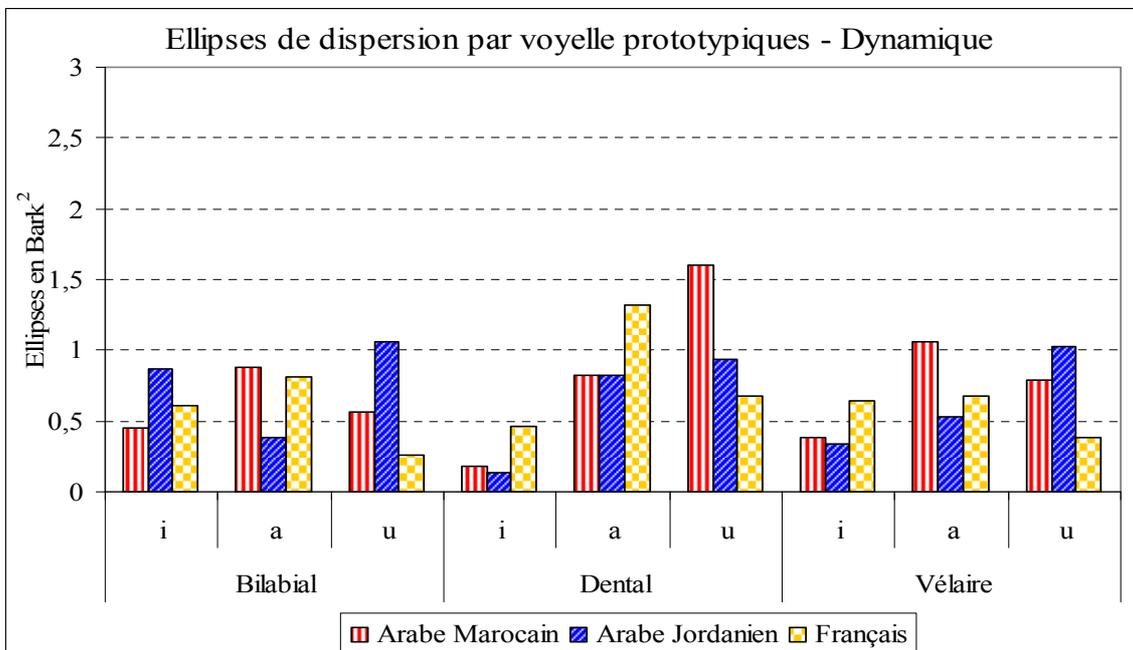


Figure 160 : Ellipses de dispersion par **prototype** dans les trois langues, en **dynamique**, en fonction du contexte de présentation.

La voyelle /i/ obtient l'ellipse moyenne la plus petite en AM et la plus grande en FR ; /a/ obtient des ellipses plus petites en AJ et plus grandes dans les deux autres langues ; et /u/

obtient des ellipses plus grandes en AM et AJ et plus petites en FR. Pour les ellipses de dispersion des **prototypes** en fonction du contexte de présentation, les résultats montrent qu'en AM et en FR, le contexte dental est celui qui présente le plus de variabilité (à l'exception de /a u/), tandis qu'en AJ, la variabilité maximale est atteinte pour /u/ quel que soit le contexte.

Les résultats obtenus en **dynamique** sont homogènes avec ceux obtenus en **statique** : ils sont même davantage conformes avec l'hypothèse d'une influence des tailles des espaces vocaliques. En revanche, les ellipses ne suivent pas l'hypothèse d'une variabilité décroissante en fonction de la taille des espaces. Nos résultats montrent une dispersion moins importante en AM, intermédiaire en AJ et plus importante en FR. Dans la partie qui suit, nous effectuerons une comparaison entre les voyelles **prototypiques** /i a u/ dans les trois langues en fonction des traits utilisés. Nous vérifierons ainsi l'apport de la **dynamique** par rapport aux traits **statiques** dans l'identification des **prototypes** dans les trois langues.

5.3.5.3. Comparaison des résultats en statique vs en dynamique

La représentation graphique de la comparaison **statique** vs **dynamique** en perception des voyelles **prototypiques** /i a u/ dans les trois langues est présentée sur la Figure 161. L'examen des espaces vocaliques présentés sur cette figure montre que ceux-ci sont plus « centralisés » en AM par rapport aux deux autres langues en fonction des deux modalités et ce sur les deux axes ; le FR présente un espace vocalique plus « périphérique » qu'en AM ou en AJ (sur F_1 , $F(2, 2644)=33,26$; $p<0,001$ et sur F_2 , $F(2, 2644)=107,95$; $p<0,001$). Les différences selon les voyelles se révèlent significatives sur les deux axes : les espaces vocaliques perceptifs obtenus en **dynamique** sont significativement plus grands que ceux obtenus en **statique** sur les deux axes (sur F_1 : $F(2, 2644)=12,74$; $p<0,001$) ; et sur F_2 : $F(2, 2644)=60,74$; $p<0,001$). L'interaction entre les langues, les traits utilisés et les voyelles est significativement différente sur les deux axes. Ainsi, sur F_1 , les espaces vocaliques obtenus en **dynamique** sont significativement plus « fermés » pour les voyelles /i u/ et plus « ouverts » pour /a/ ($F(4, 2644)=7,50$; $p<0,001$) ; sur F_2 : les espaces vocaliques perceptifs obtenus en

dynamique sont significativement plus « antérieurs » pour les voyelles /i a/ et plus « postérieurs » pour /u/ (sauf pour l'AM où c'est en **statique** que la voyelle /u/ est « postériorisée »), ($F(4, 2644)=13,15$; $p<0,001$). En ce qui concerne la taille des aires de dispersion des espaces vocaliques obtenus pour les **prototypes** /i a u/ dans les trois langues, les graphiques présentés sur la Figure 162 montrent que c'est le FR qui obtient les aires les plus grandes dans les deux modalités ($p<0,001$) ; l'AJ et l'AM obtiennent des aires non significativement différentes en **statique** ($F(1, 58) = 1,24$; $p=0,24$), en revanche, en **dynamique**, l'AJ obtient une aire de dispersion plus grande que celle en AM ($F(1, 58) = 59,29$; $p<0,001$). Les résultats obtenus dans les deux modalités en FR vont à l'encontre de la stabilité de l'espace vocalique perceptif, car la taille de l'aire obtenue est significativement plus grande que celle obtenue pour les deux langues. En ce qui concerne la comparaison entre l'AM et l'AJ, nous avons montré qu'en **statique**, les aires de dispersion sont significativement non différente, conformément aux propositions de Meunier (2005) pour ce qui est de la stabilité de l'espace. En **dynamique**, en revanche, nous obtenons des différences significatives entre les espaces vocaliques en AM et AJ, allant ainsi à l'encontre de l'hypothèse de stabilité des espaces vocaliques perceptifs. Ces résultats vont dans le sens de l'hypothèse d'un effet de la densité des systèmes vocaliques sur la dispersion et la taille des espaces vocaliques et plus particulièrement en **dynamique**, car l'effet est vérifié dans les trois langues ; en **statique** en revanche, cette hypothèse n'est confirmée que pour le FR.

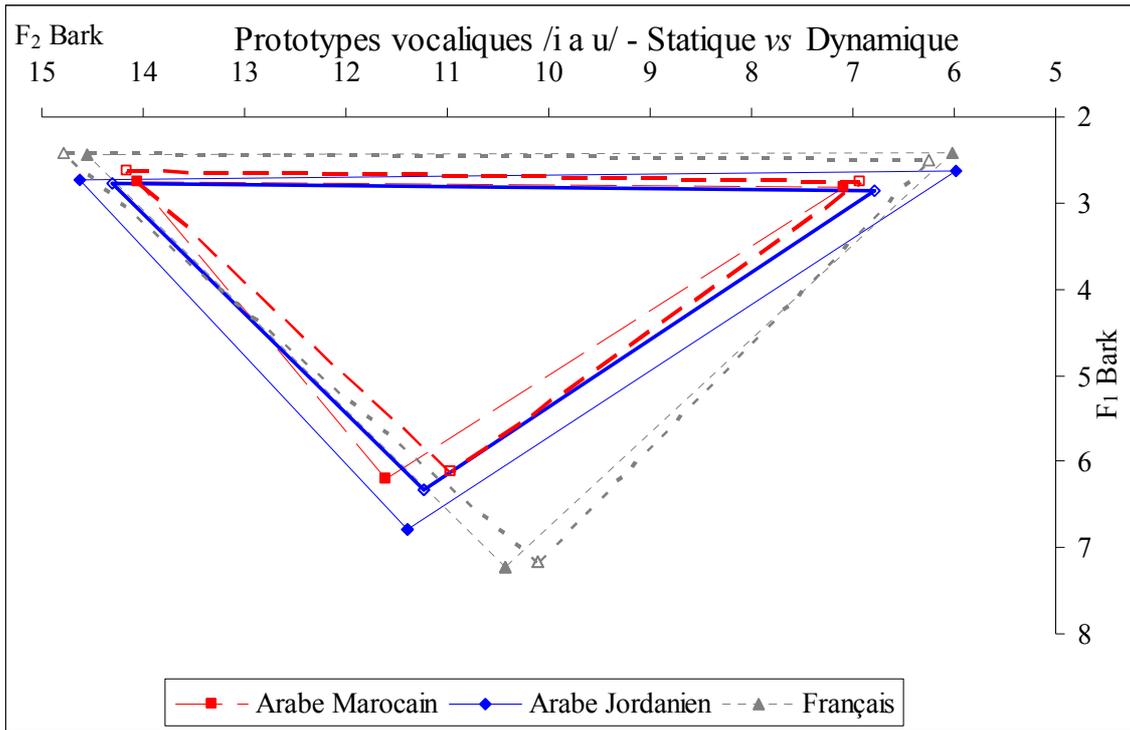


Figure 161 : **Prototypes** vocaliques de /i a u/, en **statique** (fond vide) vs en **dynamique** (fond plein), dans les trois langues.

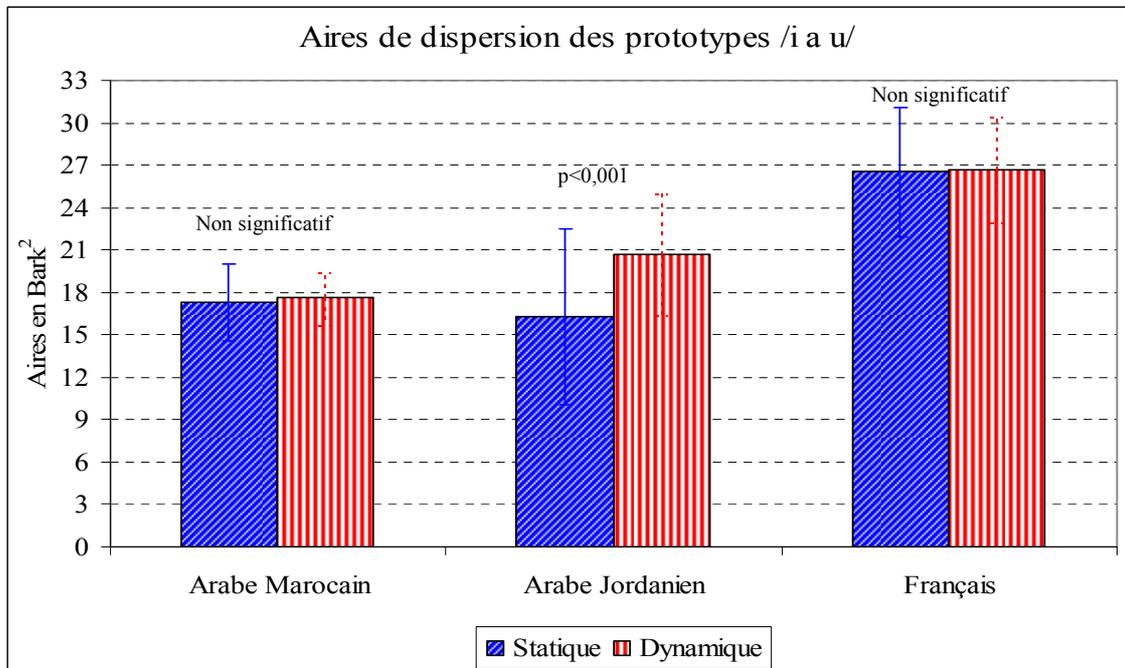


Figure 162 : Aires de dispersion des **prototypes** /i a u/ obtenues en **statique** vs **dynamique** dans les trois langues.

Afin de vérifier la validité de ces résultats quels que soient les contextes de présentation et les traits utilisés, nous présentons sur la Figure 163 les espaces vocaliques des **prototypes** /i a u/ obtenus dans les trois langues et sur la Figure 164 la taille des aires de dispersion de ces trois voyelles **prototypiques** en fonction des traits utilisés et des contextes de présentation.

En ce qui concerne la dispersion des voyelles moyennes présentée sur la Figure 163, les résultats statistiques montrent que l'interaction entre les langues, les traits utilisés et les contextes de présentation n'est pas significative, car le même effet est toujours obtenu : un espace vocalique est significativement plus « grand » lorsque la **dynamique** est utilisée dans les trois langues, quel que soit le contexte de présentation.

Pour ce qui est des résultats des aires de dispersion des voyelles **prototypiques** /i a u/ en fonction des traits utilisés et des contextes de présentation, présentées sur la Figure 164, les analyses statistiques montrent que c'est en FR que les aires sont les plus grandes quels que soient la modalité (**statique** ou **dynamique**) et le contexte de présentation ; l'AM présente les aires les plus petites (voir également les résultats obtenus pour chaque trait dans la comparaison inter-langue), ($F(2, 162)=73,70$; $p<0,001$). La comparaison des aires de dispersion des voyelles en fonction de chaque langue montre qu'en AJ, toutes les aires de dispersion sont plus grandes en **dynamique** qu'en **statique** et ce à travers les trois contextes de présentation. En AM à l'inverse, seule l'aire en contexte dental est plus grande en **statique** qu'en **dynamique**, alors qu'en contextes bilabial et vélaire, aucune différence n'est constatée. En FR, nous obtenons des aires de dispersion plus grandes en contexte bilabial et vélaire en **dynamique** par rapport au **statique**.

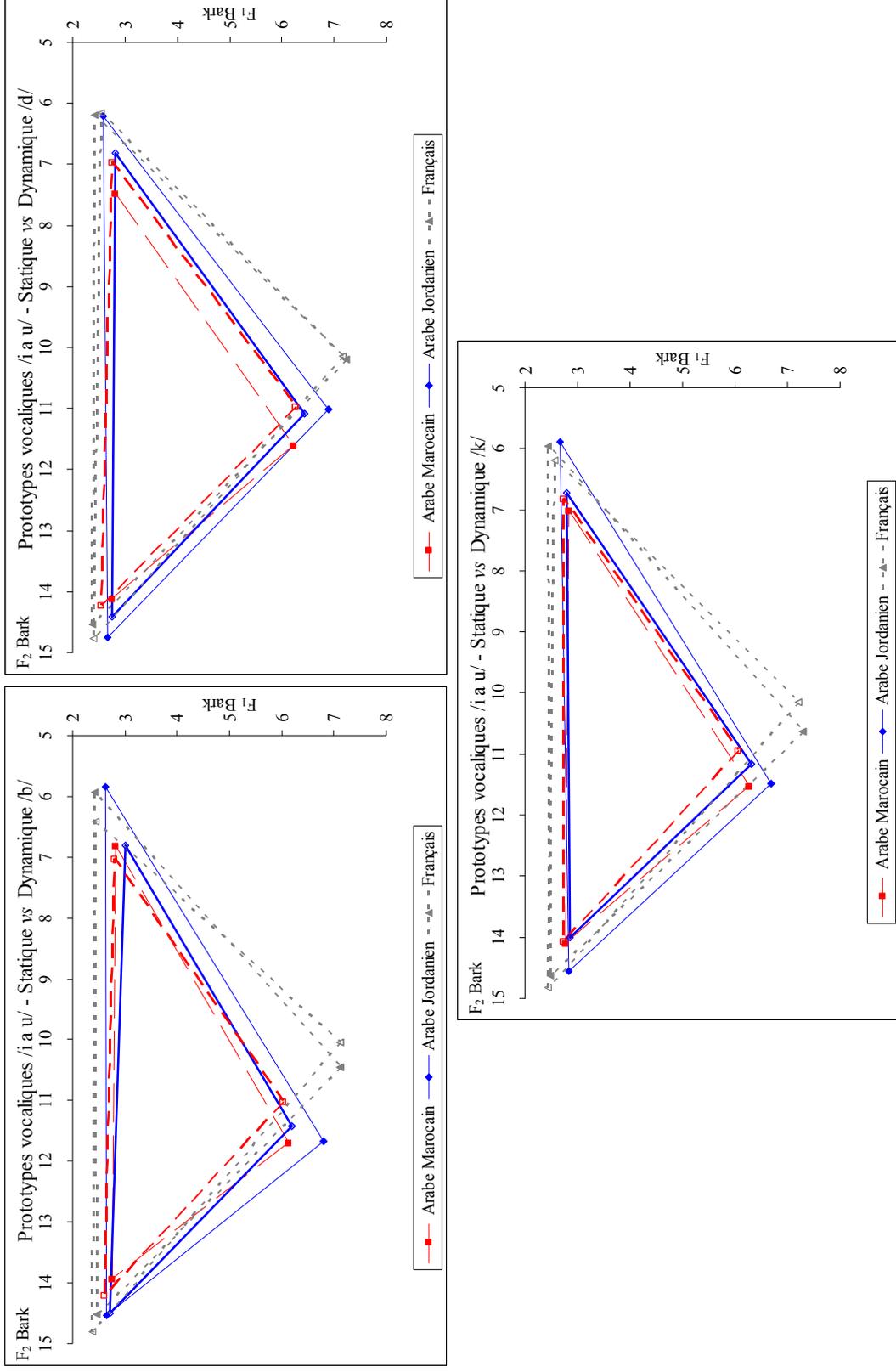


Figure 163 : Prototypes vocaliques de /i a u/ obtenus en **statique** (fond vide) vs **dynamique** (fond plein), dans les trois langues, en fonction du contexte de présentation.

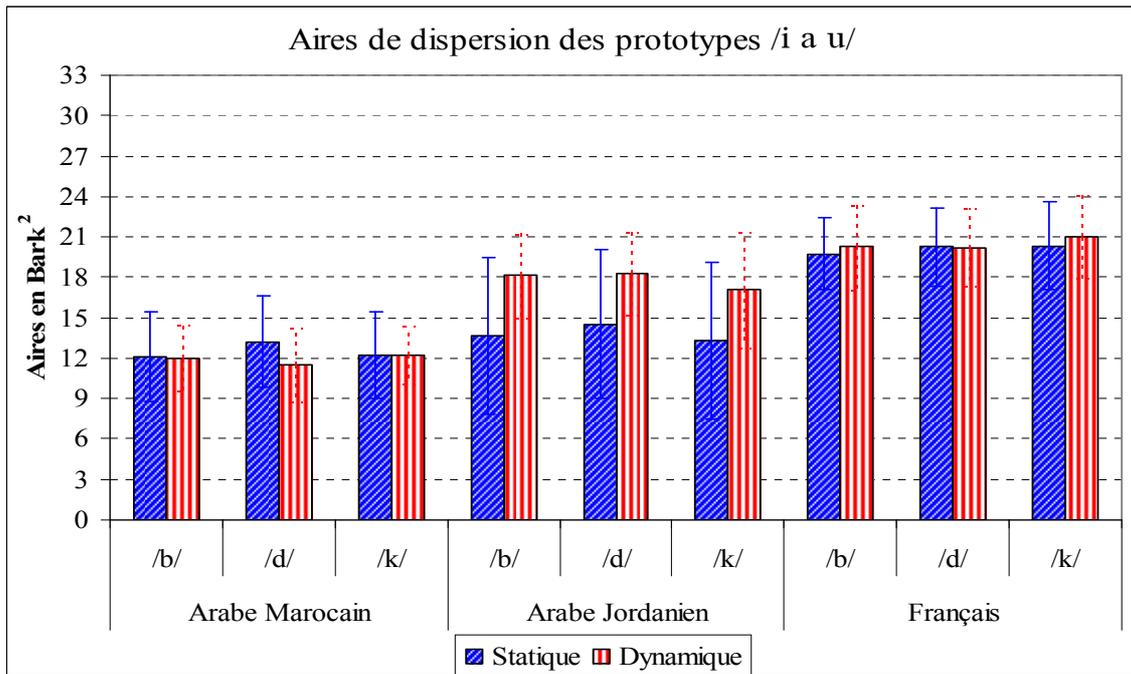


Figure 164 : Aires de dispersion des voyelles **prototypiques** /i a u/ identifiées en **statique** vs **dynamique** dans les trois langues, en fonction du contexte de présentation.

Afin de vérifier l'apport de la **dynamique** sur la dispersion de chaque voyelle **prototypique**, nous présentons sur la Figure 165 la taille des ellipses de dispersion moyennes de chaque voyelle. Les résultats montrent qu'en moyenne, les ellipses de dispersion intra-catégorie vocalique les plus importantes sont obtenues en **statique** plutôt qu'en **dynamique**. Cette tendance est vérifiée pour toutes les langues et tous les contextes de présentation, à l'exception de la voyelle /a/ en AM. Nous obtenons également des ellipses, en moyenne, plus grandes en AJ, intermédiaires en AM et plus petites en FR.

Ces tendances restent identiques lorsqu'on compare la taille des ellipses pour chaque voyelle en fonction des traits **statique** vs **dynamique** et du contexte de présentation (voir Tableau 49). Nous observons des ellipses plus grandes en moyenne en **statique** qu'en **dynamique**, ainsi que des ellipses plus grandes en AJ que dans les deux autres langues. Ces résultats montrent que la **dynamique** apporte plus de précision aux auditeurs à la tâche d'identification des **prototypes** vocaliques, comme rapporté par les auditeurs eux-mêmes.

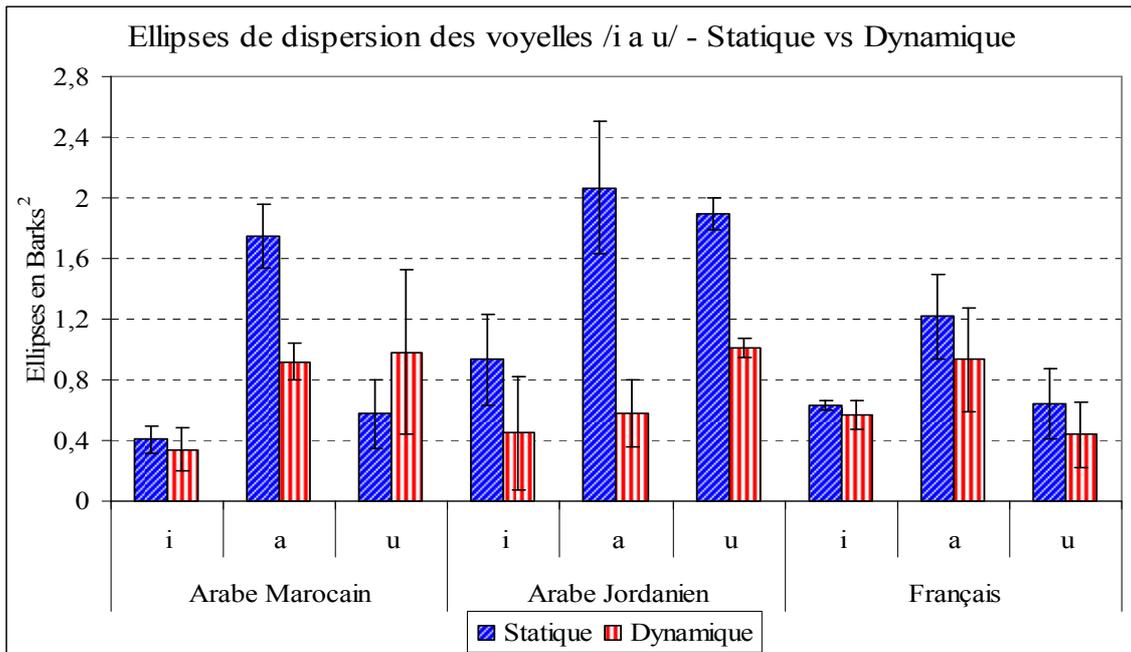


Figure 165 : Ellipses de dispersion pour chaque **prototype** /i a u/ en **statique** vs **dynamique**, dans les trois langues.

Tableau 49 : Ellipses de dispersion pour chaque **prototype** /i a u/ en **statique** vs **dynamique** dans les trois langues, en fonction du contexte de présentation (en Bark²).

		Statique			Dynamique		
		/b/	/d/	/k/	/b/	/d/	/k/
Arabe Marocain	/i/	0,35	0,36	0,51	0,45	0,18	0,38
	/a/	1,68	1,58	1,98	0,88	0,82	1,06
	/u/	0,83	0,51	0,38	0,56	1,60	0,79
Arabe Jordanien	/i/	0,60	1,17	1,03	0,87	0,13	0,34
	/a/	2,26	1,56	2,37	0,38	0,82	0,53
	/u/	1,78	1,91	1,99	1,06	0,94	1,03
Français	/i/	0,61	0,67	0,61	0,61	0,46	0,64
	/a/	1,53	1,10	1,02	0,81	1,32	0,67
	/u/	0,46	0,57	0,90	0,26	0,68	0,38

Les résultats que nous avons obtenus montrent l'existence d'une différence significative liée à la densité des systèmes qui semble affecter directement la taille des aires de dispersion des espaces vocaliques obtenus pour les trois voyelles **prototypiques** /i a u/ et des ellipses de chaque voyelle. La **dynamique** semble aider davantage les auditeurs des trois langues à « mieux » identifier les trois voyelles **prototypiques** de leurs systèmes.

Comme nous l'avons souligné, il existe des différences significatives entre les trois voyelles **prototypiques** identifiées dans les trois langues en **statique** vs **dynamique**, différences validées par les résultats de l'analyse discriminante (voir *infra*). Nous avons choisi expressément de comparer les trois voyelles **prototypiques** /i a u/ identifiées par les auditeurs des trois langues, car ce sont les trois voyelles qui délimitent l'espace vocalique et ce sont les seules voyelles communes aux trois systèmes. Nos résultats ont montré la forte « centralisation » de l'espace vocalique perceptif en AM comparé à la grande « périphérisation » de celui-ci en FR et plus spécifiquement lorsque la **dynamique** est utilisée.

Nous testons dans la partie qui suit les résultats de la classification des voyelles dans les trois langues obtenus à l'aide d'une analyse discriminante ; cette analyse nous permettra d'une part, de valider les résultats que nous venons de présenter, et d'autre part, de vérifier l'apport de la **dynamique** dans la classification des trois voyelles **prototypiques** /i a u/.

5.3.5.4. Résultats de l'analyse discriminante

Les paramètres utilisés pour cette analyse sont : les valeurs formantiques de F₁ et de F₂ des voyelles **prototypiques** identifiées par les auditeurs des trois langues en fonction des contextes de présentation et traits **statiques** vs **dynamiques**. Les taux de classification des trois langues, en fonction des traits utilisés, des contextes de présentation et des voyelles /i a u/, sont présentés dans le Tableau 50. Nous observons une augmentation significative du taux moyen de classification correcte de 7% en **dynamique** (BinomialQ ; p<0,001).

Tableau 50 : Taux de classification des voyelles **prototypiques** identifiées dans les trois langues en **statique** vs **dynamique**, des contextes de présentation et des voyelles /i a u/. (Taux significatifs : Box's M ; p<0,001).

		/b/	/d/	/k/
Statique	/i/	58,0%	45,3%	50,0%
	/a/	59,3%	62,0%	56,7%
	/u/	50,5%	54,0%	48,7%
Dynamique	/i/	51,3%	57,3%	54,7%
	/a/	77,3%	72,0%	64,7%
	/u/	57,3%	57,3%	58,0%

Les taux moyens de classification correcte des trois langues en fonction des traits utilisés, des contextes de présentation et des voyelles /i a u/ sont bas, variant de 45% à 77%. Ceci est fortement corrélé aux confusions dans la classification de l'analyse discriminante, mais également à la non utilisation du paramètre de la durée lors de l'analyse (paramètre utilisé toujours en premier lieu par l'analyse discriminante en production). C'est pourquoi nous voulions savoir laquelle des trois voyelles favorise la classification des trois langues, et laquelle des trois langues est la mieux classifiée. Nous présentons ainsi sur les Figures 166 et 167 les résultats graphiques des confusions de classification des trois langues en **statique** vs **dynamique**, respectivement, en prenant en compte chacune des voyelles comme paramètre classificatoire et chaque contexte de présentation. La comparaison entre les confusions de classification à partir des stimuli **statiques** (voir Figure 166) et **dynamiques** (voir Figure 167) montre que c'est en **dynamique** que les confusions sont les moins importantes. Il semblerait que c'est en FR que les taux de classification correcte soient les plus importants car nous obtenons moins de confusion que pour les deux autres langues.

Ces résultats vont dans le sens des différences observées entre les trois langues en fonction soit de la dispersion des voyelles à l'intérieur de l'espace vocalique soit de la taille des aires de dispersion. Il semblerait donc que l'hypothèse de l'influence de la densité des systèmes affecte bien l'organisation des espaces vocaliques dans les langues étudiées.

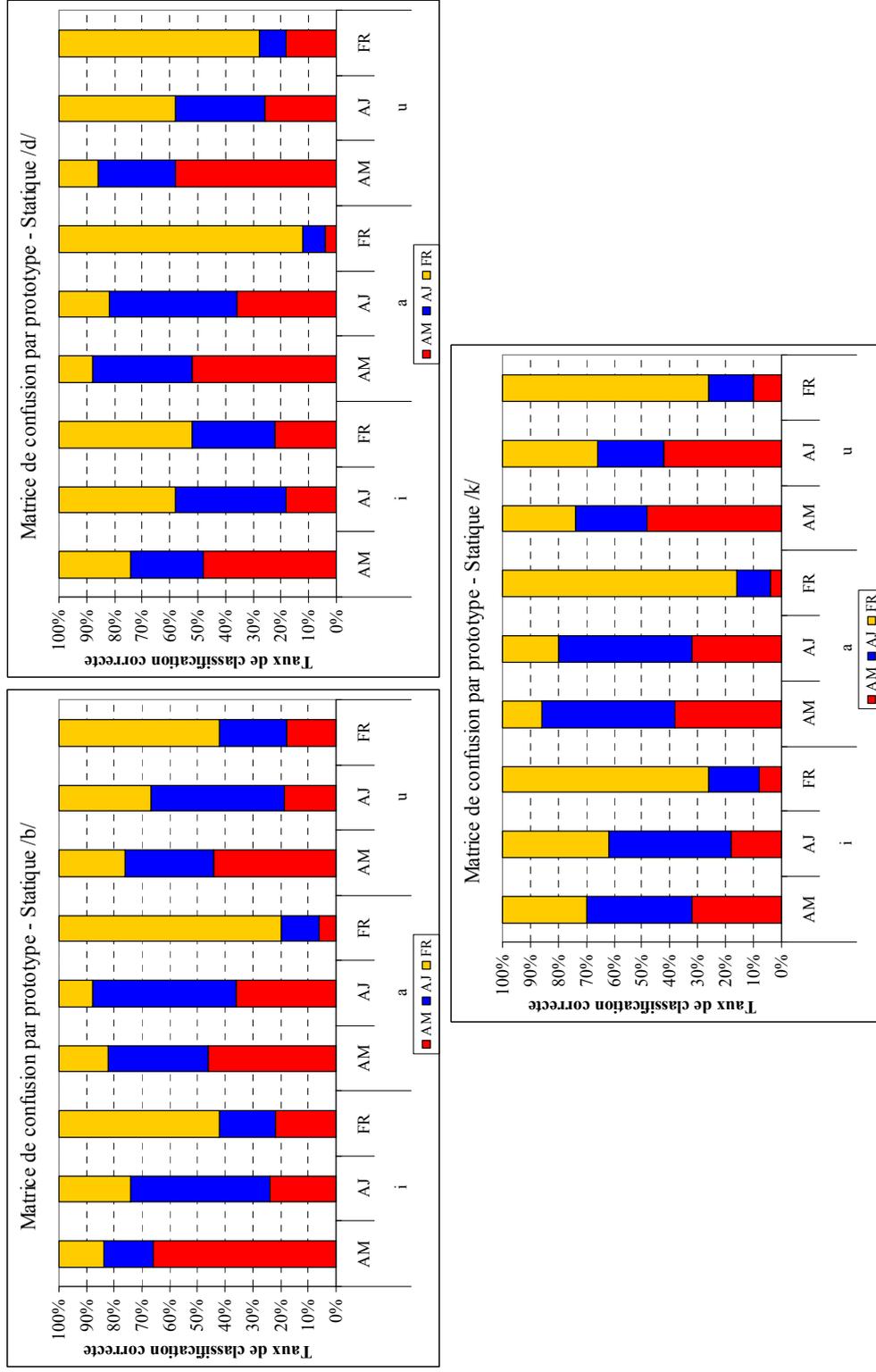


Figure 166 : Matrices de confusion de classification de chaque **prototype** /i a u/ dans les trois langues en **statique**, en fonction du contexte de présentation.

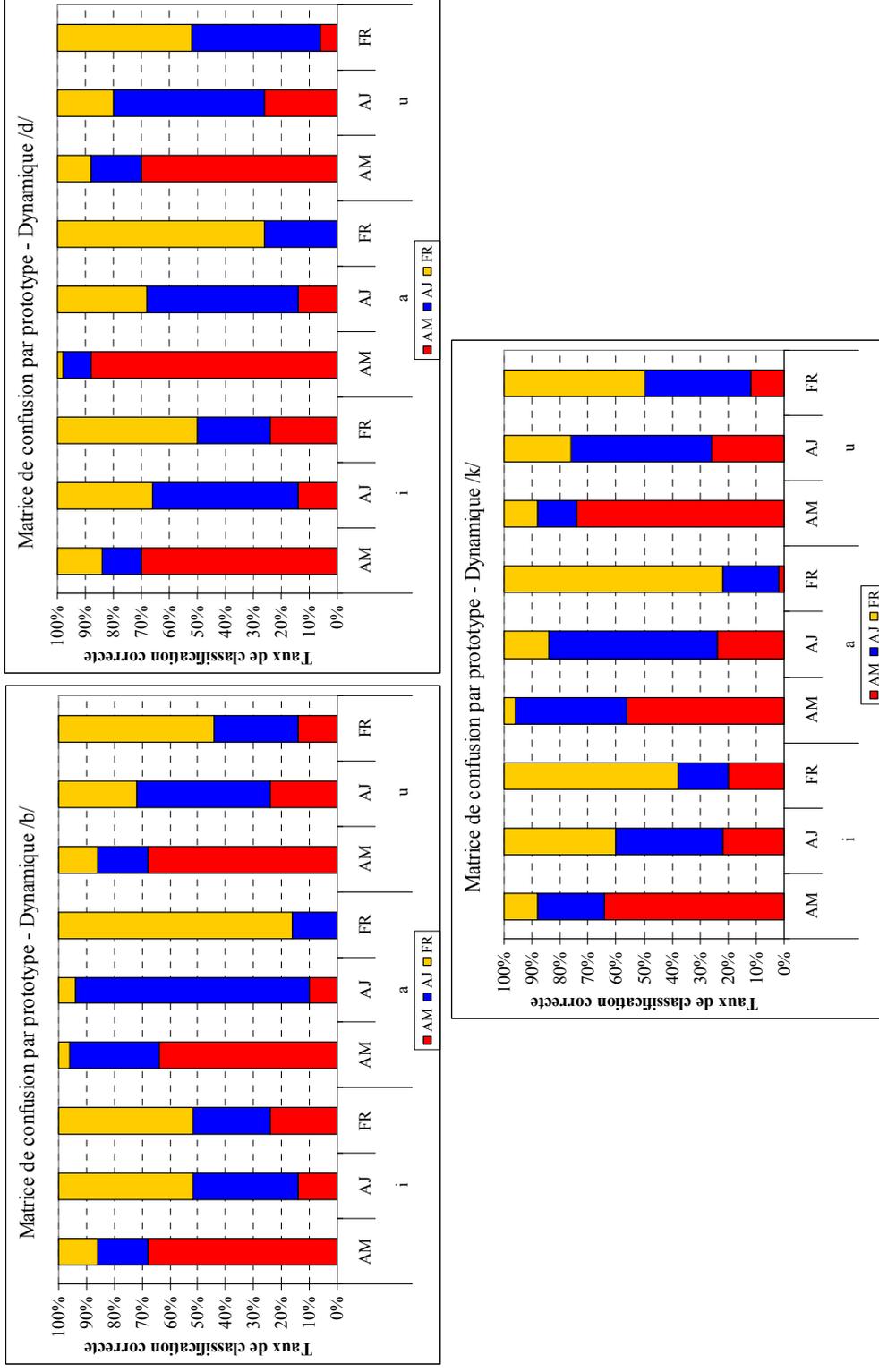


Figure 167 . Matrices de confusion de classification de chaque **prototype** /i a u/ dans les trois langues en **dynamique**, en fonction du contexte de présentation.

Nous présentons dans la partie qui suit les résultats de la seconde expérience de perception que nous avons élaborée dans cette thèse, à savoir l'expérience de Catégorisation de l'espace vocalique en utilisant les indices statiques et dynamiques.

5.4. CATÉGORISATION DE L'ESPACE VOCALIQUE

Nous cherchons dans cette expérience à savoir comment les auditeurs des trois langues catégorisent leurs espaces vocaliques. Cette expérience est une réplique de celle proposée par Hombert et Puech (1984). Nous commençons par la présentation des analyses et du traitement des données de Catégorisation, ensuite nous présentons les résultats pour chaque langue en **statique** et **dynamique**.

5.4.1. *Analyses et traitement des données*

Notre corpus de contient 28000 stimuli synthétiques (pour plus de détails sur le protocole, voir § 5.2.3.2), qui ont été classés au sein de différentes catégories vocaliques par les auditeurs des trois langues (11200 stimuli en AM, 11200 en AJ et 5600 en FR)⁷⁷. En nous basant sur les résultats obtenus par Hombert et Puech (1984), nous savons qu'une variabilité inter-individuelle importante dans la catégorisation de l'espace vocalique de chaque langue est observable. Toutefois, il est difficile de présenter les résultats individuels de cette tâche et de tirer ainsi des conclusions générales au niveau de l'organisation de chaque langue. Afin de généraliser les résultats de catégorisation que nous avons obtenus, nous avons décidé de présenter les tendances générales pour chaque langue en calculant le pourcentage des réponses de catégories pour chaque langue et des scores de réponses par système. Chaque stimulus obtient le score 1 s'il y a 3 bonnes réponses ou plus et 0 s'il y a 1 ou 2 réponses (ainsi le score maximal sera de 10 et le minimal, 0). On calcule ensuite la somme des scores. Si la somme est supérieure ou égale à 7 pour une seule catégorie, alors le stimulus est identifié, si la somme est supérieure ou égale à 7 pour plus d'une catégorie, alors le stimulus est identifié avec des confusions et si la somme est inférieure ou égale à 6, alors le stimulus

⁷⁷ 11200 stimuli en arabe = 56 stimuli * 5 répétitions * 10 auditeurs * 2 indices * 2 durées en arabe et 5600 stimuli en français = 56 stimuli * 5 répétitions * 10 auditeurs * 2 indices.

n'est pas identifié⁷⁸. Nous présentons dans cette partie les résultats de l'expérience de catégorisation des espaces vocaliques dans les trois systèmes séparément, en **statique**, puis en **dynamique**.

5.4.2. *En Arabe Marocain*

5.4.2.1. **Résultats en statiques (V Target)**

Le pourcentage des réponses des auditeurs marocains est présenté dans le Tableau 51. Nous observons une certaine facilité de catégorisation pour les stimuli représentant les trois voyelles extrêmes longues /i: a: u:/, mais une difficulté bien visible pour les trois voyelles brèves /ɪ ɐ ʊ/. Les auditeurs nous ont rapporté les difficultés qu'ils ont notées lors de la catégorisation de l'espace vocalique. Pour eux, la ressemblance entre les différents stimuli proposés peut expliquer en partie les difficultés qu'ils avaient à différencier les catégories et plus particulièrement dans le cas des trois voyelles brèves. L'examen des résultats du Tableau 51 révèle ces confusions. Afin de mieux visualiser les résultats, nous les présentons en Figure 168, en fonction des sommes des scores des bonnes réponses.

⁷⁸ Dans la présentation graphique des résultats, nous avons exclu les séries de stimuli antérieurs arrondis (i.e., stimuli N°. 3, 12, 21, 29, 37 et 43) et postérieurs non-arrondis (i.e., stimuli N°. 53, 54, 55 et 56).

Tableau 51 : Pourcentages de catégorisation des 2800 stimuli **statiques** (avec une durée de 200 ms) en AM. Le fond gris marque les cases dont le choix est égal à 0%. En gras sont marquées les réponses dont la catégorisation est \geq à 50%.

N° Stimuli	F ₁	F ₂	F ₃	ii	i	a:	e	o	u:	aucun	Total
1	250	2350	3100	96%						4%	100%
2	250	2150	3100	90%		2%	4%			4%	100%
3	250	1950	2900	68%	2%		10%	2%	6%	12%	100%
4	250	1750	2900	46%	2%		14%	2%	8%	28%	100%
5	250	1500	2500	16%			16%		40%	28%	100%
6	250	1250	2500	4%			18%	4%	48%	26%	100%
7	250	1050	2300				16%	2%	64%	18%	100%
8	250	850	2300		4%		8%	4%	80%	4%	100%
9	250	650	2200					6%	92%	2%	100%
10	350	2350	3100	90%		2%				8%	100%
11	350	2150	3100	88%		2%				10%	100%
12	350	1950	2900	44%	2%	6%	12%	8%	6%	22%	100%
13	350	1750	2900	22%			16%	6%	20%	36%	100%
14	350	1500	2500		2%	2%	18%	4%	58%	16%	100%
15	350	1250	2500				14%	4%	70%	12%	100%
16	350	1050	2300				12%	6%	78%	4%	100%
17	350	850	2300				4%	10%	80%	6%	100%
18	350	650	2200					6%	88%	6%	100%
19	450	2150	3100	48%	6%	28%	2%			16%	100%
20	450	1950	2900	20%	4%	30%	10%	4%	6%	26%	100%
21	450	1750	2900	16%	12%	18%	14%	4%	16%	20%	100%
22	450	1500	2500	2%	10%	8%	6%	4%	44%	26%	100%
23	450	1250	2500			6%	4%	14%	68%	8%	100%
24	450	1050	2300		2%		2%	10%	62%	24%	100%
25	450	850	2300		2%			4%	68%	26%	100%
26	450	650	2200					8%	60%	32%	100%
27	550	2150	3100	28%	4%	52%				16%	100%
28	550	1950	2900	26%	6%	54%		4%		10%	100%

N° Stimuli	F ₁	F ₂	F ₃	ii	i	a:	e	o	u:	aucun	Total
29	550	1750	2900	6%	12%	52%	4%	6%	6%	14%	100%
30	550	1500	2500		14%	48%	8%	8%	16%	6%	100%
31	550	1250	2500		6%	46%	8%	4%	26%	10%	100%
32	550	1050	2300		8%	50%		4%	22%	16%	100%
33	550	850	2300		4%	36%		6%	30%	24%	100%
34	550	650	2200		2%	42%		2%	22%	32%	100%
35	650	1950	2900	6%	4%	62%	8%	2%		18%	100%
36	650	1750	2900		16%	78%	2%			4%	100%
37	650	1500	2500		8%	76%		8%		8%	100%
38	650	1250	2500		4%	84%		2%		10%	100%
39	650	1050	2300		6%	84%			2%	8%	100%
40	650	850	2300		6%	70%			4%	20%	100%
41	750	1950	2900		8%	74%	2%			16%	100%
42	750	1750	2900		8%	80%	2%			10%	100%
43	750	1500	2500		4%	84%				12%	100%
44	750	1250	2500			84%				16%	100%
45	750	1050	2300		6%	84%				10%	100%
46	750	850	2300		2%	84%				14%	100%
47	250	1950	2300	58%			10%			22%	100%
48	350	1950	2300	60%	4%		8%	2%	2%	24%	100%
49	450	1750	2300	12%	10%	18%	16%	4%	18%	22%	100%
50	550	1750	2300	2%	18%	58%	6%	8%		8%	100%
51	650	1500	2300		10%	74%	4%	4%		8%	100%
52	750	1500	2300		6%	78%	4%	2%		10%	100%
53	250	850	2700		2%		6%		88%	4%	100%
54	350	850	2700					6%	90%	4%	100%
55	450	850	2700		4%	4%		2%	60%	30%	100%
56	550	850	2700		6%	42%			26%	26%	100%

Nous observons que les trois voyelles longues /i: a: u:/ ont été catégorisées majoritairement par les auditeurs marocains. La voyelle /i:/ a été catégorisée par les auditeurs marocains à partir de quatre stimuli différents concentrés dans l'extrémité de l'espace vocalique (N°. 1, 2 10 et 11) avec plus de 85% de chance ; /a:/ est catégorisée par douze stimuli différents couvrant la totalité de l'axe avant~arrière et /u:/ est catégorisée à partir de neuf stimuli différents sur l'axe postérieure. Les résultats de catégorisation pour la voyelle /u:/ sont conformes à la littérature et à nos résultats en production et perception : effet d'antériorisation de la voyelle /u:/ en contexte dental. Pour la catégorisation des trois voyelles brèves /ɪ ɐ ʊ/, représentant différentes voyelles /ə/, nous observons qu'aucune voyelle n'a été catégorisée majoritairement par les auditeurs marocains. La plupart de temps, les auditeurs ne savaient que choisir comme catégorie représentant ces voyelles. Nous observons également une délimitation de l'espace vocalique par la catégorie de réponse : « confondu ».

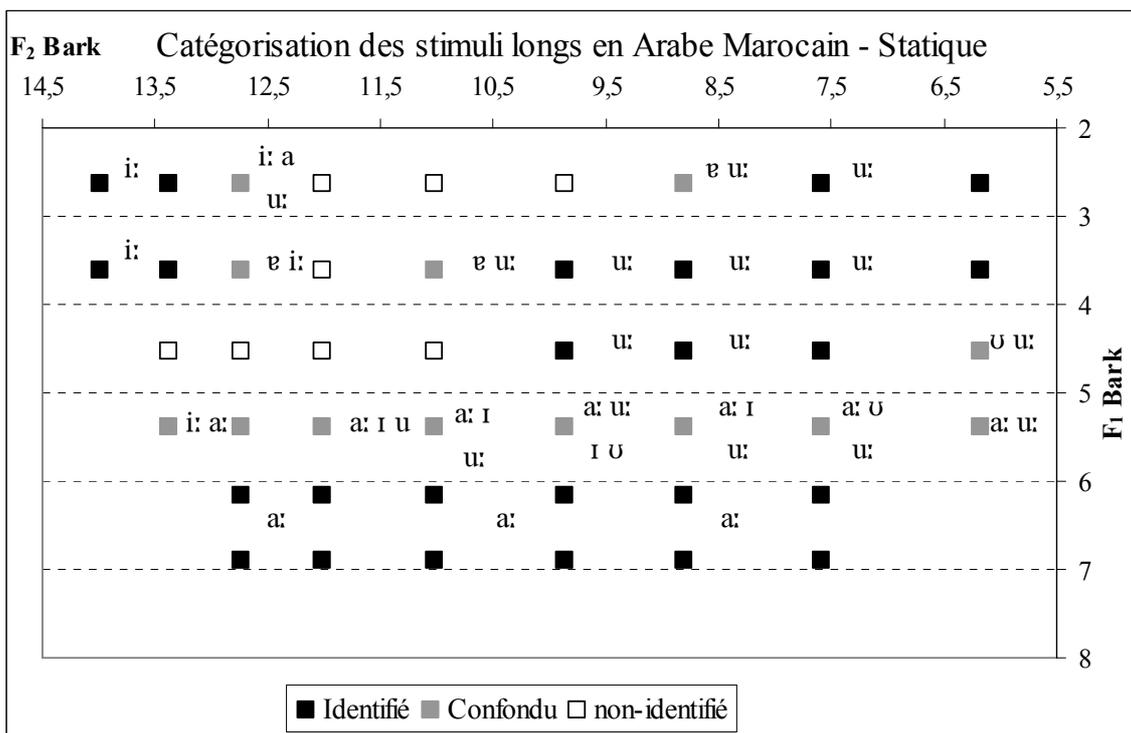


Figure 168 : Catégorisation de l'espace vocalique en AM en **statique** avec une durée de 200 ms. « Identifié » même catégorie, ≥ 7 , « Confondu » plusieurs catégories ≥ 7 , « non-identifié » = une ou plusieurs catégories ≤ 6 .

Intéressons-nous maintenant aux réponses de catégorisation des auditeurs marocains à partir des stimuli brefs (i.e., à 100 ms), (voir Tableau 52).

Tableau 52 : Pourcentages de catégorisation des 2800 stimuli **statiques** (avec une durée de 100 ms) en AM. Le fond gris marque les cases dont le choix est égal à 0%. En gras sont marquées les réponses dont la catégorisation est \geq à 50%.

N° Stimuli	F ₁	F ₂	F ₃	i:	i	a:	e	o	u:	aucun	Total
57	250	2350	3100	54%	14%					32%	100%
58	250	2150	3100	52%	12%		6%	2%		28%	100%
59	250	1950	2900	40%	8%		12%	6%		34%	100%
60	250	1750	2900	36%	2%		18%	10%	2%	32%	100%
61	250	1500	2500	18%	2%		26%	12%	8%	34%	100%
62	250	1250	2500		2%		28%	18%	14%	38%	100%
63	250	1050	2300	2%			30%	14%	26%	28%	100%
64	250	850	2300				26%	16%	28%	30%	100%
65	250	650	2200		2%		2%	24%	42%	30%	100%
66	350	2350	3100	60%	10%		2%			28%	100%
67	350	2150	3100	48%	18%		6%			28%	100%
68	350	1950	2900	28%	8%		14%	14%		36%	100%
69	350	1750	2900	18%	6%		24%	28%		24%	100%
70	350	1500	2500	2%			20%	26%	24%	28%	100%
71	350	1250	2500				20%	20%	32%	28%	100%
72	350	1050	2300		2%		26%	20%	30%	22%	100%
73	350	850	2300				10%	26%	32%	32%	100%
74	350	650	2200					22%	40%	38%	100%
75	450	2150	3100	22%	22%	2%	14%	4%		36%	100%
76	450	1950	2900	16%	18%		24%	16%		26%	100%
77	450	1750	2900	10%	8%		20%	34%	4%	24%	100%
78	450	1500	2500	4%	4%		18%	32%	12%	30%	100%
79	450	1250	2500		6%		14%	28%	24%	28%	100%
80	450	1050	2300				16%	24%	32%	28%	100%
81	450	850	2300				4%	28%	30%	38%	100%
82	450	650	2200				4%	28%	26%	42%	100%
83	550	2150	3100	16%	18%	4%	24%	4%		34%	100%
84	550	1950	2900	12%	16%	2%	36%	4%		30%	100%

N° Stimuli	F ₁	F ₂	F ₃	i:	i	a:	e	o	u:	aucun	Total
85	550	1750	2900	10%	18%		34%	16%		22%	100%
86	550	1500	2500		18%	2%	36%	16%		28%	100%
87	550	1250	2500		16%	4%	24%	24%	2%	30%	100%
88	550	1050	2300		8%	2%	22%	26%	10%	32%	100%
89	550	850	2300		4%	4%	10%	20%	12%	50%	100%
90	550	650	2200		6%	6%	14%	16%	12%	46%	100%
91	650	1950	2900	4%	14%	4%	38%	4%		36%	100%
92	650	1750	2900		12%	10%	44%	10%		24%	100%
93	650	1500	2500		14%	10%	44%	6%		26%	100%
94	650	1250	2500		12%	14%	36%	6%		32%	100%
95	650	1050	2300		16%	22%	20%	6%	4%	32%	100%
96	650	850	2300		18%	24%	10%	16%		32%	100%
97	750	1950	2900		8%	10%	32%	8%		42%	100%
98	750	1750	2900		14%	16%	22%	8%		40%	100%
99	750	1500	2500		12%	12%	28%	10%		38%	100%
100	750	1250	2500		10%	24%	18%	6%		42%	100%
101	750	1050	2300		6%	24%	18%			52%	100%
102	750	850	2300		12%	24%	20%	4%		40%	100%
103	250	1950	2300	34%	6%		12%	8%		40%	100%
104	350	1950	2300	42%	8%		16%	6%		28%	100%
105	450	1750	2300	10%	12%		26%	16%	2%	34%	100%
106	550	1750	2300	10%	20%		38%	16%		16%	100%
107	650	1500	2300		26%	18%	34%	2%		20%	100%
108	750	1500	2300		14%	18%	32%			36%	100%
109	250	850	2700				18%	20%	26%	36%	100%
110	350	850	2700				10%	26%	34%	30%	100%
111	450	850	2700				2%	30%	26%	42%	100%
112	550	850	2700		2%	6%	10%	18%	16%	48%	100%

Nous observons que seule la voyelle /i:/ obtient des pourcentages de catégorisation supérieurs à 50% (N° 57, 58 et 66). L'opposition de quantité vocalique en arabe fait que des différences de durée vocalique peuvent être l'origine de la discrimination des voyelles entre elles et plus particulièrement dans le cas des voyelles brèves. Or, les résultats de catégorisation obtenus montrent l'effet inverse. Nous observons également des confusions importantes pour toutes les catégories vocaliques. Afin de mieux visualiser ces confusions, nous présentons les résultats de catégorisation sur la Figure 169. L'examen de cette figure révèle qu'aucun stimulus n'a été catégorisé majoritairement par les auditeurs marocains. La plupart des confusions concernaient les voyelles brèves, soit avec une des voyelles longues /i: a: u:/, soit avec la réponse « aucun de correspond ».

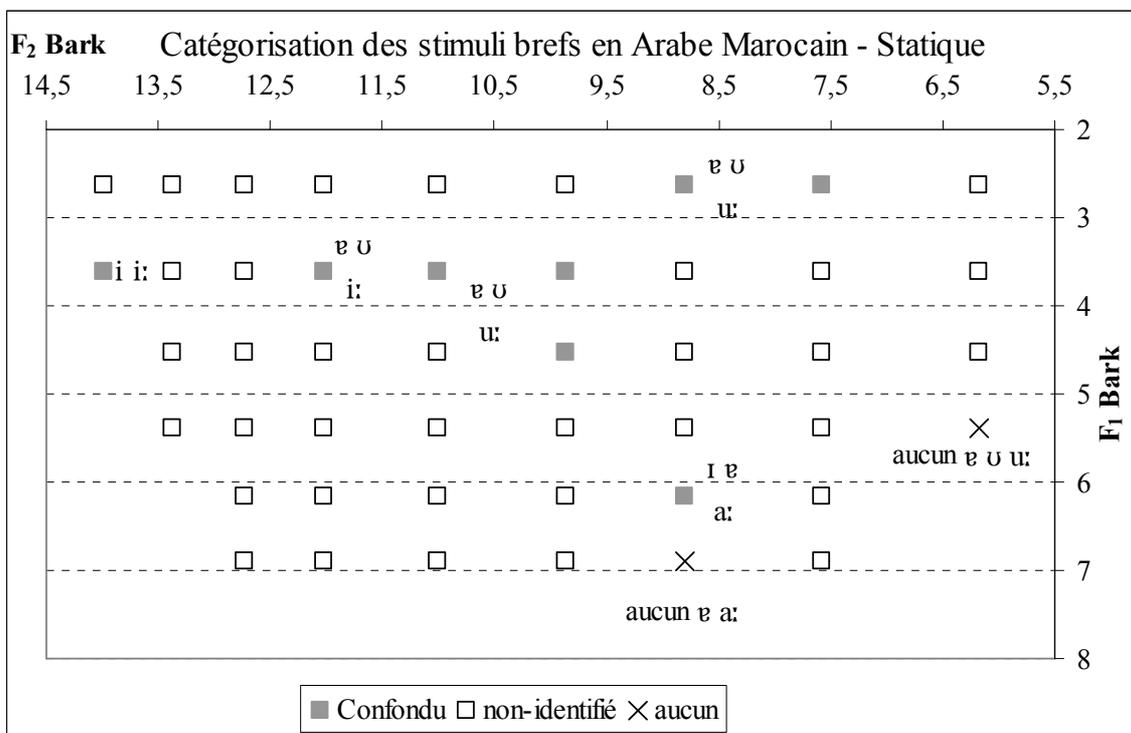


Figure 169 : Catégorisation de l'espace vocalique en AM en **statique** avec une durée de 100 ms. « Confondu » plusieurs catégories ≥ 7, « non-identifié » = une ou plusieurs catégories ≤ 6, « aucun » aucun ne correspond ≥ 7.

Nous nous intéressons dans la partie qui suit aux résultats de catégorisation de l'espace vocalique par les auditeurs marocains en **dynamique**.

5.4.2.2. Résultats en dynamique (CV Target)

Les pourcentages de catégorisation des stimuli longs en **dynamique** en AM sont présentés dans le Tableau 53. L'examen attentif des résultats montre que les auditeurs marocains sont plus précis dans leurs catégorisations. Les trois voyelles longues /i: a: u:/ sont catégorisées avec exactitude avec des pourcentages approchant les 98%. Les trois voyelles brèves /ɪ ʌ ʊ/ ne sont pas catégorisées par les auditeurs marocains. Comme avec les stimuli statiques, les auditeurs marocains nous ont révélé la difficulté qu'ils avaient à catégoriser les trois voyelles brèves dans des catégories différentes. Pour eux, en effet, ces trois voyelles sont si proches qu'ils n'arrivaient pas à les différencier. Sur la Figure 170, nous présentons les résultats de la catégorisation des voyelles en **dynamique**.

Comme avec les stimuli statiques, les trois voyelles longues /i: a: u:/ ont été majoritairement catégorisées par les auditeurs marocains. La voyelle /i:/ a été catégorisée avec quatre stimuli ; /a:/ avec quatorze stimuli et /u:/ avec sept. Les trois voyelles brèves /ɪ ʌ ʊ/ n'ont pas été identifiées par les auditeurs marocains. Par conséquent aucune voyelle brève n'a été catégorisée ni confondue.

Nous retrouvons les mêmes catégories identifiées en utilisant les deux modalités, i.e., **statique** vs **dynamique**. Il existe néanmoins des différences au niveau de la catégorisation des deux voyelles /a: u:/. En effet, la voyelle /a:/ a été catégorisée avec deux stimuli en plus qui se rapprochent du centre de l'espace vocalique conformément aux résultats de production des voyelles. Elle est confondue dans quatre autres stimuli soit avec /i:/ soit avec /u:/, marquant ainsi les frontières des catégories. La voyelle /u:/, quant à elle, est identifiée, avec moins de stimuli, comparée à sa catégorisation avec les stimuli statiques. Sa catégorisation est plus robuste car elle n'englobe pas les stimuli d'aperture médiane. Le stimulus ayant les fréquences 2,5 Bark sur F₁ et 12 Bark sur F₂ marque la frontière entre les deux voyelles /i: u:/, avec des confusions avec /ə/, représentant un schwa.

Tableau 53 : Pourcentages de catégorisation des 2800 stimuli dynamiques (avec une durée de 200 ms) en AM. Le fond gris marque les cases dont le choix est égal à 0%. En gras sont marquées les réponses dont la catégorisation est \geq à 50%.

N° Stimuli	F ₁	F ₂	F ₃	i:	ɪ	a:	ɛ	o	u:	aucun	Total
1	250	2350	3100	98%						2%	100%
2	250	2150	3100	96%			2%			2%	100%
3	250	1950	2900	68%			10%		2%	20%	100%
4	250	1750	2900	48%			8%	2%	24%	18%	100%
5	250	1500	2500	20%	4%		10%		50%	16%	100%
6	250	1250	2500	4%			10%	2%	72%	12%	100%
7	250	1050	2300				12%	2%	74%	12%	100%
8	250	850	2300				2%		92%	6%	100%
9	250	650	2200						82%	18%	100%
10	350	2350	3100	82%		6%				12%	100%
11	350	2150	3100	80%		4%				16%	100%
12	350	1950	2900	46%	4%	2%	10%		8%	30%	100%
13	350	1750	2900	16%	4%	6%	10%	2%	36%	26%	100%
14	350	1500	2500	2%	2%		10%	4%	58%	24%	100%
15	350	1250	2500		2%		10%	2%	62%	24%	100%
16	350	1050	2300			2%	10%	6%	66%	16%	100%
17	350	850	2300					2%	82%	16%	100%
18	350	650	2200						66%	34%	100%
19	450	2150	3100	44%	2%	22%		4%		28%	100%
20	450	1950	2900	24%		38%	10%		4%	24%	100%
21	450	1750	2900	16%		12%	12%	8%	18%	34%	100%
22	450	1500	2500	2%	4%	10%	2%	6%	42%	34%	100%
23	450	1250	2500		4%	14%	4%	6%	42%	30%	100%
24	450	1050	2300		2%	6%	2%	2%	52%	36%	100%
25	450	850	2300		2%	2%			56%	40%	100%
26	450	650	2200						56%	44%	100%
27	550	2150	3100	26%		54%	2%			18%	100%
28	550	1950	2900	20%		74%				6%	100%

N° Stimuli	F ₁	F ₂	F ₃	i:	ɪ	a:	ɛ	o	u:	aucun	Total
29	550	1750	2900	2%	8%	66%	4%		6%	14%	100%
30	550	1500	2500		2%	60%			20%	18%	100%
31	550	1250	2500		2%	50%	2%		26%	20%	100%
32	550	1050	2300			42%			34%	24%	100%
33	550	850	2300			26%			34%	40%	100%
34	550	650	2200			34%			30%	36%	100%
35	650	1950	2900	12%	2%	84%				2%	100%
36	650	1750	2900	4%		92%				4%	100%
37	650	1500	2500		12%	24%	24%	12%		28%	100%
38	650	1250	2500			76%			10%	14%	100%
39	650	1050	2300			82%			6%	12%	100%
40	650	850	2300			74%		2%	10%	14%	100%
41	750	1950	2900	4%	4%	86%				6%	100%
42	750	1750	2900			92%				8%	100%
43	750	1500	2500			98%				2%	100%
44	750	1250	2500			92%				8%	100%
45	750	1050	2300			90%				10%	100%
46	750	850	2300			88%				12%	100%
47	250	1950	2300	62%			10%		6%	22%	100%
48	350	1950	2300	52%	2%		8%		6%	32%	100%
49	450	1750	2300	16%		22%	10%		6%	46%	100%
50	550	1750	2300	14%	4%	56%	4%	4%	2%	16%	100%
51	650	1500	2300		2%	92%			2%	4%	100%
52	750	1500	2300			96%	2%			2%	100%
53	250	850	2700				2%		96%	2%	100%
54	350	850	2700			2%			76%	22%	100%
55	450	850	2700			4%			50%	46%	100%
56	550	850	2700			34%			28%	38%	100%

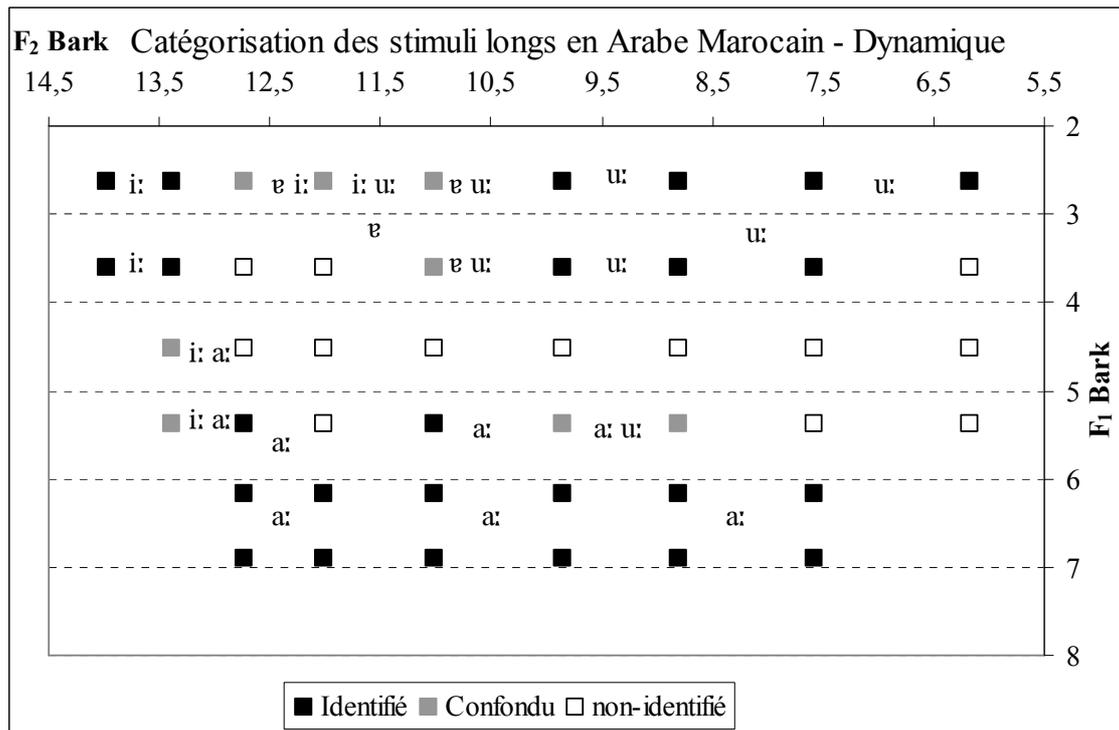


Figure 170 : Catégorisation de l'espace vocalique en AM en **dynamique** avec une durée de 200 ms. « Identifié » même catégorie, ≥ 7 , « Confondu » plusieurs catégories ≥ 7 , « non-identifié » = une ou plusieurs catégories ≤ 6 .

Intéressons-nous maintenant aux résultats de catégorisation de l'espace vocalique en AM, obtenus à partir des stimuli **dynamiques** brefs. Le Tableau 54 donne les pourcentages de catégorisation de ces stimuli. Nous pouvons observer que seule la voyelle /i:/ a été catégorisée avec plus de 50% des réponses par les auditeurs marocains à partir de trois stimuli différents. Les autres voyelles ont été confondues soit entre elles soit avec la case « aucun ne correspond ». La Figure 171 montre les résultats de la catégorisation des stimuli **dynamiques** brefs par les auditeurs marocains en fonction des scores de bonnes réponses. Nous observons que seule la voyelle /i:/ a été catégorisée correctement par au moins sept auditeurs sur dix, qui se sont basés sur les fréquences de formants et non sur la durée (résultats obtenus également pour la catégorisation en **statique**, et pour la tâche d'identification des **prototypes**, voir § 5.3.2). Les trois voyelles brèves /ɪ ʊ u/ n'ont pas été catégorisées du tout par les auditeurs marocains. Les raisons avancées par les auditeurs concernent la durée des stimuli qui, semble-t-il, n'a pas aidé à identifier les catégories vocaliques brèves. En plus, pour eux, les items utilisés se produisent de la même manière, i.e., avec une voyelle [ə], c'est pourquoi ils n'arrivaient pas à choisir entre les trois items lorsqu'ils entendaient un stimulus proche de [ə].

Tableau 54 : Pourcentages de catégorisation des 2800 stimuli dynamiques (avec une durée de 100 ms) en AM. Le fond gris marque les cases dont le choix est égal à 0%. En gras sont marquées les réponses dont la catégorisation est \geq à 50%.

N°. Stimuli	F ₁	F ₂	F ₃	i:	i	a:	ɐ	o	u:	aucun	Total
57	250	2350	3100	56%	10%					34%	100%
58	250	2150	3100	56%	10%		2%			32%	100%
59	250	1950	2900	40%	4%		12%	6%		38%	100%
60	250	1750	2900	36%	4%		14%	2%	2%	42%	100%
61	250	1500	2500	8%			14%	12%	20%	46%	100%
62	250	1250	2500				22%	16%	22%	40%	100%
63	250	1050	2300				24%	24%	16%	36%	100%
64	250	850	2300				10%	14%	30%	46%	100%
65	250	650	2200				4%	22%	16%	58%	100%
66	350	2350	3100	48%	6%			2%		44%	100%
67	350	2150	3100	38%	16%		4%	2%		40%	100%
68	350	1950	2900	22%	14%		24%	8%		32%	100%
69	350	1750	2900	12%	2%		24%	22%	2%	38%	100%
70	350	1500	2500		8%		14%	18%	14%	46%	100%
71	350	1250	2500		6%		20%	20%	16%	38%	100%
72	350	1050	2300				12%	20%	14%	54%	100%
73	350	850	2300		2%		10%	22%	24%	42%	100%
74	350	650	2200				2%	20%	24%	54%	100%
75	450	2150	3100	14%	20%		14%	2%		50%	100%
76	450	1950	2900	18%	14%		20%	12%		28%	100%
77	450	1750	2900	8%	4%		26%	16%	8%	34%	100%
78	450	1500	2500		12%		24%	22%	2%	40%	100%
79	450	1250	2500		6%		8%	22%	20%	42%	100%
80	450	1050	2300		2%		4%	28%	22%	44%	100%
81	450	850	2300				4%	2%	32%	48%	100%
82	450	650	2200					22%	22%	56%	100%
83	550	2150	3100	2%	22%		14%	4%		58%	100%
84	550	1950	2900		28%		18%	4%		50%	100%
85	550	1750	2900		20%		22%	18%		38%	100%
86	550	1500	2500		8%		14%	16%	8%	32%	100%
87	550	1250	2500		14%		12%	8%	10%	32%	100%
88	550	1050	2300		2%		8%	10%	16%	40%	100%
89	550	850	2300				8%	6%	12%	60%	100%
90	550	650	2200		2%		10%	6%	10%	62%	100%
91	650	1950	2900		8%		28%	24%		36%	100%
92	650	1750	2900	2%	20%		26%	24%		24%	100%
93	650	1500	2500		12%		22%	22%		34%	100%
94	650	1250	2500		2%		34%	16%		34%	100%
95	650	1050	2300		2%		32%	18%	2%	36%	100%
96	650	850	2300		2%		28%	16%	2%	44%	100%
97	750	1950	2900		8%		28%	24%		38%	100%
98	750	1750	2900		4%		34%	32%		30%	100%
99	750	1500	2500		4%		26%	30%	4%	36%	100%
100	750	1250	2500		2%		42%	12%		44%	100%
101	750	1050	2300		4%		36%	22%		38%	100%
102	750	850	2300		6%		34%	18%		42%	100%
103	250	1950	2300	50%	2%			12%	4%	32%	100%
104	350	1950	2300	28%	8%			14%	10%	40%	100%
105	450	1750	2300	4%	14%		2%	20%	12%	48%	100%
106	550	1750	2300		14%		4%	30%	8%	44%	100%
107	650	1500	2300		12%		16%	34%	12%	26%	100%
108	750	1500	2300		6%		38%	22%		34%	100%
109	250	850	2700		2%			2%	40%	32%	100%
110	350	850	2700		2%			4%	30%	40%	100%
111	450	850	2700		2%				20%	46%	100%
112	550	850	2700				6%		18%	62%	100%

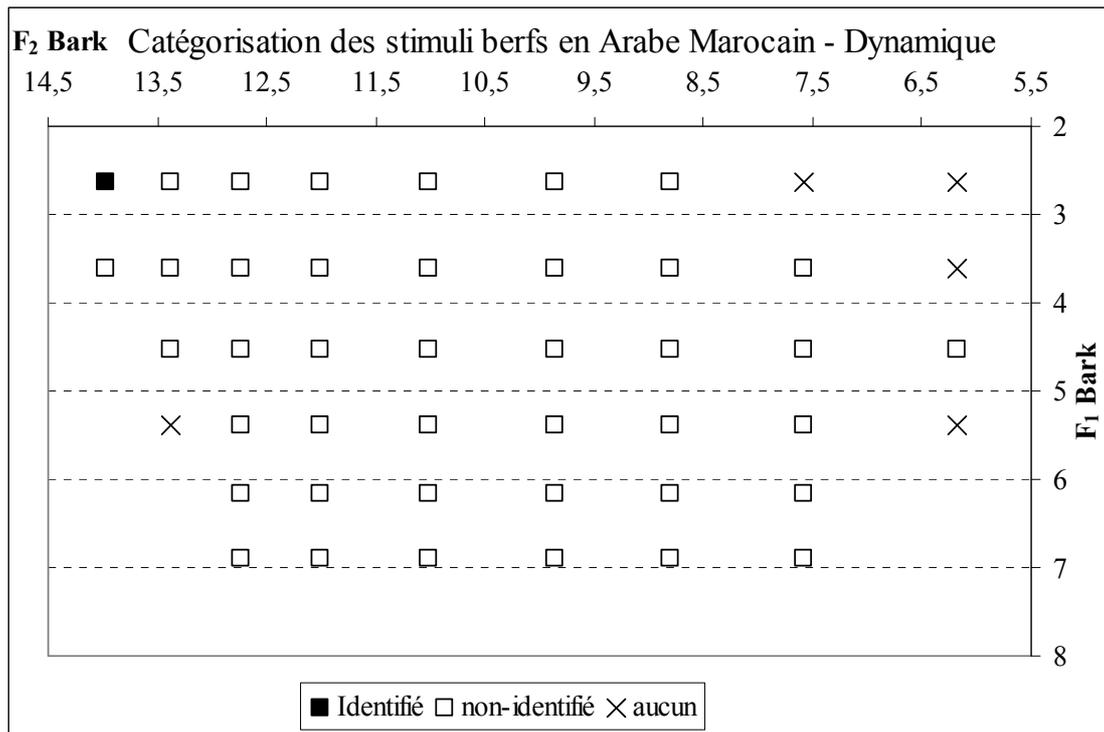


Figure 171 : Catégorisation de l'espace vocalique en AM en **dynamique** avec une durée de 100 ms. « Confondu » plusieurs catégories ≥ 7 , « non-identifié » = une ou plusieurs catégories ≤ 6 , « aucun » aucun ne correspond ≥ 7 .

Les auditeurs marocains sont capables de catégoriser les stimuli en **statique** et/ou **dynamique** en fonction des voyelles de leur(s) système(s). L'opposition de durée des stimuli proposée dans cette expérience n'a pas, semble-t-il, aidé les auditeurs marocains à différencier les voyelles longues des brèves, c'est plutôt les différences de timbres qui ont permis de différencier les voyelles longues entre elles ; les brèves quant à elles, n'ont pas été différenciées par les auditeurs marocains. Nous observons que l'utilisation d'une durée longue des stimuli (correspondant à 200 ms) a davantage facilité l'identification des catégories vocaliques, tandis que les stimuli brefs (i.e., 100 ms) n'a pas aidé les auditeurs marocains. Les trois voyelles longues /i: a: u:/ ont été majoritairement catégorisées, avec les stimuli longs, tandis que les brèves /ɪ ʊ u/ ne l'étaient pas, ni avec les stimuli longs, ni avec les brefs. Comment peut-on alors interpréter les résultats des auditeurs marocains ? Ce résultat est difficile à expliquer lorsqu'on compare les résultats des **prototypes** identifiés par les auditeurs marocains et les résultats de catégorisation opérée par les mêmes auditeurs. Lors de la première tâche, les auditeurs arrivaient facilement à identifier trois **prototypes** significativement différents pour la voyelle /ə/ ; avec la seconde, les confusions de

catégorisation ont affecté leurs choix. Est-ce que les trois voyelles brèves identifiées avec exactitude par les auditeurs marocains dans l'expérience d'identification des **prototypes** (voir § 5.3.2) n'est qu'un artefact de tâche ? Les auditeurs étaient peut-être « obligés » d'identifier un **prototype** pour chaque voyelle, tandis que pour la tâche de catégorisation, ils avaient le choix entre trois différents « représentants » d'une « possible même catégorie vocalique » et la case « aucun ne correspond » ? Peut-on supposer que la tâche d'identification des **prototypes** rend davantage compte des « variations phonétiques » existant entre les stimuli proposés (i.e., un phénomène *one-to-many*, tandis que la tâche de catégorisation rend davantage compte de la « représentation » de ces stimuli pour chaque auditeur (i.e., un phénomène *many-to-one*) ? nous reviendrons sur cette question dans la discussion générale.

Intéressons-nous maintenant aux résultats de catégorisation de l'espace vocalique en AJ en **statique** vs **dynamique**.

5.4.3. *En Arabe Jordanien*

5.4.3.1. **Résultats en statique (V Target)**

Nous présentons dans le Tableau 55 les pourcentages de réponses des auditeurs jordaniens à l'expérience de catégorisation de l'espace vocalique avec des stimuli **statiques** longs. D'une façon générale, les auditeurs jordaniens étaient perturbés par cette expérience. Nous pouvons en effet voir dans ce tableau les confusions des auditeurs dans la catégorisation de toutes les voyelles. Seules les quatre voyelles longues /i: a: o: u:/ ont été bien identifiées par les auditeurs jordaniens avec des pourcentages supérieures à 50%. Nous pouvons néanmoins identifier trois grandes « zones de confusion » dans les choix des auditeurs jordaniens : la zone des voyelles /i: i e:/, la zone /a a:/ et la zone /o: u u:/ . Aucune voyelle brève n'a été identifiée par eux. Afin de mieux visualiser les résultats, nous les présentons sur la Figure 172 en fonction des sommes des scores des bonnes réponses.

L'examen attentif de la Figure 172 révèle que seules les trois voyelles /a: o: u:/ ont été majoritairement catégorisées par au moins sept auditeurs jordaniens sur dix. La voyelle /a:/ a été catégorisée à partir de dix stimuli différents, /o:/ à partir d'un seul stimulus et /u:/ à partir de trois. La voyelle /i:/ a été confondue à deux reprises soit avec /i/, soit avec /i e:/. La voyelle /e:/ n'a jamais été catégorisée majoritairement par les auditeurs jordaniens, mais a été confondue. Les trois voyelles brèves ont été mal identifiées à cause de leurs rapprochements avec les voyelles longues correspondantes. Si l'on compare les pourcentages d'identification dans le Tableau 55 et la catégorisation présentée sur la Figure 172, nous observons que seule la voyelle /i/ a été identifiée par les auditeurs jordaniens. Les deux autres voyelles brèves /a u/ ont été ignorées dans la catégorisation car confondues avec les voyelles longues correspondantes. Ces résultats ont permis d'établir les frontières entre les catégories vocaliques longues uniquement.

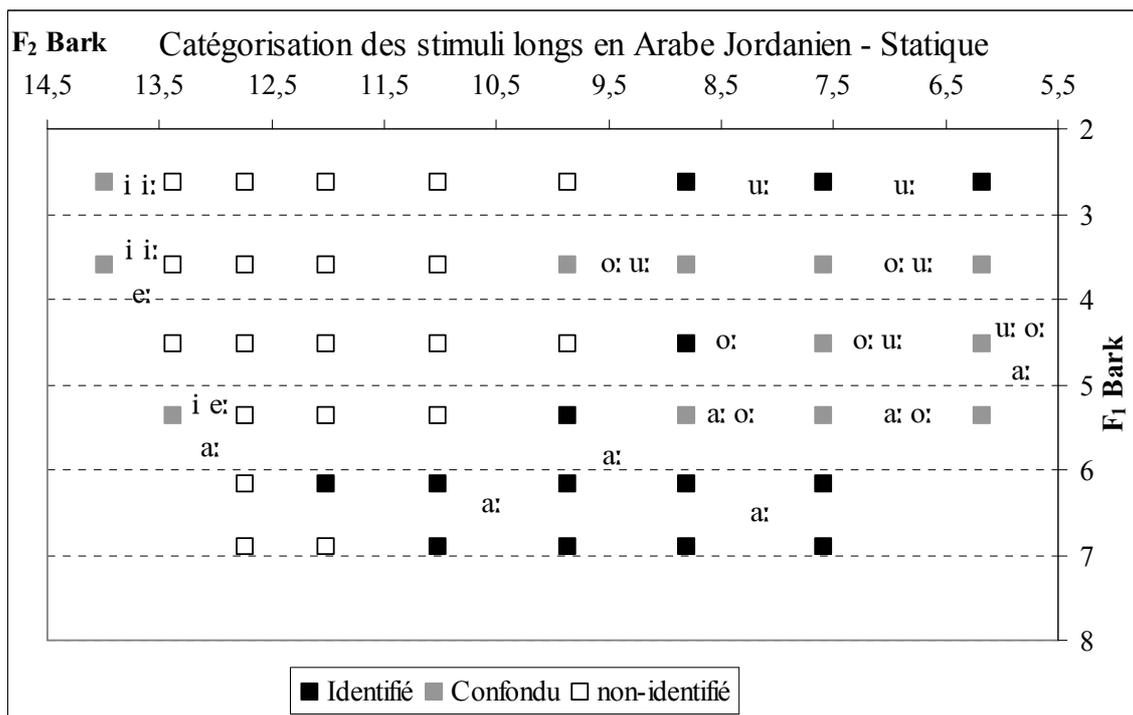


Figure 172 : Catégorisation de l'espace vocalique en AJ en **statique** avec une durée de 200 ms. « Identifié » même catégorie, ≥ 7 , « Confondu » plusieurs catégories ≥ 7 , « non-identifié » = une ou plusieurs catégories ≤ 6 .

Intéressons-nous maintenant aux pourcentages de réponses des auditeurs jordaniens à partir des stimuli **statiques** courts (voir Tableau 56).

Tableau 56 : Pourcentages de catégorisation des 2800 stimuli **statiques** (avec une durée de 100 ms) en AJ. Le fond gris marque les cases dont le choix est égal à 0%. En gras sont marquées les réponses dont la catégorisation est \geq à 50%.

N° Stimuli	F ₁	F ₂	F ₃	i:	i	e:	a:	a	o:	u	u:	aucun	Total
57	250	2350	3100	24%	42%	2%	4%	6%	2%	2%	2%	16%	100%
58	250	2150	3100	24%	46%	10%	2%	8%	2%	2%	8%	8%	100%
59	250	1950	2900	14%	30%	8%	2%	2%	6%	8%	6%	26%	100%
60	250	1750	2900	14%	10%	6%	2%	4%	6%	14%	14%	30%	100%
61	250	1500	2500	2%	2%	2%	2%	4%	8%	22%	26%	36%	100%
62	250	1250	2500	2%	6%	2%	2%	4%	10%	16%	38%	30%	100%
63	250	1050	2300	6%	2%	2%	2%	4%	12%	22%	40%	16%	100%
64	250	850	2300	2%	2%	2%	4%	4%	16%	26%	38%	14%	100%
65	250	650	2200	2%	2%	2%	2%	2%	18%	26%	32%	20%	100%
66	350	2350	3100	8%	34%	20%	2%	8%	2%	4%	4%	20%	100%
67	350	2150	3100	8%	46%	8%	2%	6%	10%	2%	4%	18%	100%
68	350	1950	2900	4%	40%	2%	2%	8%	2%	2%	6%	34%	100%
69	350	1750	2900	4%	22%	2%	10%	8%	4%	8%	10%	34%	100%
70	350	1500	2500	2%	2%	4%	6%	2%	16%	28%	4%	38%	100%
71	350	1250	2500	2%	2%	2%	2%	2%	20%	28%	26%	24%	100%
72	350	1050	2300	2%	2%	2%	2%	2%	18%	32%	32%	16%	100%
73	350	850	2300	2%	2%	2%	2%	2%	30%	32%	12%	24%	100%
74	350	650	2200	2%	2%	2%	2%	2%	30%	24%	20%	24%	100%
75	450	2150	3100	36%	36%	4%	20%	4%	4%	2%	2%	32%	100%
76	450	1950	2900	2%	36%	4%	14%	6%	4%	6%	2%	26%	100%
77	450	1750	2900	4%	20%	8%	8%	4%	6%	20%	2%	30%	100%
78	450	1500	2500	10%	10%	2%	8%	16%	10%	14%	8%	34%	100%
79	450	1250	2500	2%	2%	2%	2%	4%	28%	34%	8%	24%	100%
80	450	1050	2300	2%	2%	2%	4%	2%	26%	30%	6%	30%	100%
81	450	850	2300	2%	2%	4%	14%	6%	20%	24%	8%	22%	100%
82	450	650	2200	4%	4%	4%	4%	6%	22%	28%	2%	34%	100%
83	550	2150	3100	4%	28%	2%	18%	8%	2%	2%	2%	36%	100%
84	550	1950	2900	32%	32%	2%	22%	12%	4%	4%	2%	22%	100%

N° Stimuli	F ₁	F ₂	F ₃	i:	i	e:	a:	a	o:	u	u:	aucun	Total
85	550	1750	2900	2%	22%	2%	20%	16%	2%	4%	4%	28%	100%
86	550	1500	2500	4%	2%	4%	26%	22%	2%	10%	6%	30%	100%
87	550	1250	2500	2%	2%	4%	16%	24%	12%	16%	2%	26%	100%
88	550	1050	2300	4%	4%	4%	14%	12%	8%	18%	2%	40%	100%
89	550	850	2300	6%	6%	8%	12%	14%	14%	14%	2%	40%	100%
90	550	650	2200	10%	10%	10%	10%	10%	8%	14%	2%	40%	100%
91	650	1950	2900	24%	24%	10%	26%	8%	4%	2%	2%	24%	100%
92	650	1750	2900	10%	14%	2%	26%	28%	2%	4%	2%	28%	100%
93	650	1500	2500	14%	14%	2%	30%	24%	2%	2%	2%	26%	100%
94	650	1250	2500	2%	2%	2%	30%	28%	2%	2%	6%	30%	100%
95	650	1050	2300	2%	2%	2%	36%	16%	2%	6%	2%	38%	100%
96	650	850	2300	2%	2%	2%	28%	22%	4%	2%	2%	38%	100%
97	750	1950	2900	12%	12%	2%	10%	20%	4%	4%	4%	52%	100%
98	750	1750	2900	8%	8%	2%	20%	22%	4%	4%	2%	38%	100%
99	750	1500	2500	6%	6%	2%	30%	24%	2%	4%	4%	28%	100%
100	750	1250	2500	6%	6%	2%	40%	24%	2%	2%	2%	26%	100%
101	750	1050	2300	6%	6%	2%	48%	18%	2%	2%	2%	26%	100%
102	750	850	2300	2%	2%	2%	26%	18%	4%	10%	2%	38%	100%
103	250	1950	2300	24%	24%	16%	6%	6%	4%	4%	12%	34%	100%
104	350	1950	2300	12%	34%	4%	4%	8%	6%	6%	2%	28%	100%
105	450	1750	2300	24%	24%	6%	20%	12%	2%	6%	6%	24%	100%
106	550	1750	2300	22%	4%	4%	22%	20%	4%	4%	4%	22%	100%
107	650	1500	2300	4%	4%	2%	34%	20%	4%	8%	2%	28%	100%
108	750	1500	2300	8%	8%	2%	36%	18%	2%	2%	2%	34%	100%
109	250	850	2700	2%	2%	2%	2%	2%	26%	24%	30%	14%	100%
110	350	850	2700	2%	2%	2%	4%	4%	12%	32%	26%	26%	100%
111	450	850	2700	4%	4%	4%	14%	6%	16%	22%	8%	30%	100%
112	550	850	2700	4%	4%	2%	10%	6%	20%	18%	4%	42%	100%

L'utilisation des stimuli brefs a perturbé les auditeurs jordaniens, comme les marocains ; ceci est visible directement à partir de leurs réponses. Afin de mieux visualiser les résultats de catégorisation, nous les présentons sur la Figure 173. La plupart des stimuli confondus par les auditeurs jordaniens correspondent soit aux voyelles /i a a:/, soit à /o: u u:/. Les deux voyelles longues /i: e:/ n'ont jamais été choisies.

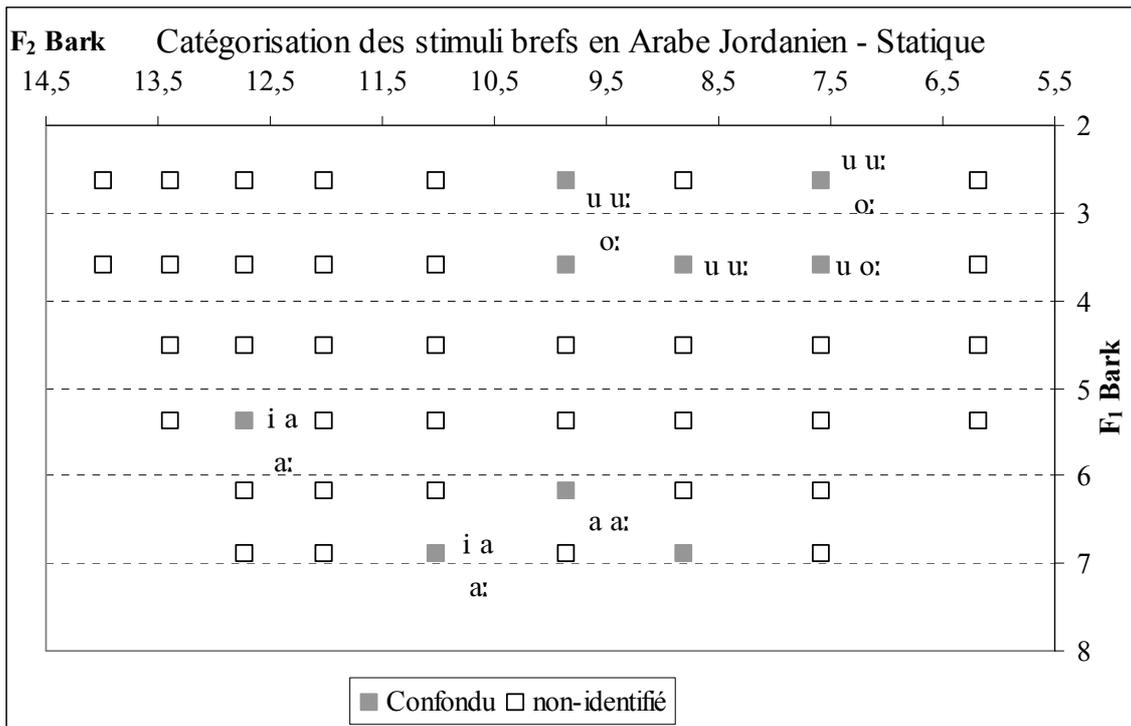


Figure 173 : Catégorisation de l'espace vocalique en AJ en **statique** avec une durée de 100 ms. « Confondu » plusieurs catégories ≥ 7 , « non-identifié » = une ou plusieurs catégories ≤ 6 .

Comme nous l'avons vu précédemment, la **dynamique** a aidé énormément les auditeurs jordaniens dans la tâche d'identification des **prototypes** vocaliques (voir § 5.3.3.2). Nous présentons dans la partie qui suit les résultats de catégorisation de l'espace vocalique en AJ en **dynamique**.

5.4.3.2. Résultats en dynamique (CV Target)

Dans le Tableau 57, nous présentons les pourcentages de catégorisation des stimuli en **dynamique** en AJ.

Tableau 57 : Pourcentages de catégorisation des 2800 stimuli **dynamiques** (avec une durée de 200 ms) en AJ. Le fond gris marque les cases dont le choix est égal à 0%. En gras sont marquées les réponses dont la catégorisation est \geq à 50%.

N° Stimuli	F ₁	F ₂	F ₃	i:	i	e:	a:	a	o:	u	u:	aucun	Total
1	250	2350	3100	50%	18%	10%				10%	2%	10%	100%
2	250	2150	3100	46%	28%	12%				6%	4%	4%	100%
3	250	1950	2900	40%	18%	14%			4%	6%	4%	14%	100%
4	250	1750	2900	8%	14%	10%			6%	4%	34%	24%	100%
5	250	1500	2500	6%	2%	2%	2%	4%	18%	2%	46%	18%	100%
6	250	1250	2500	4%			2%	2%	14%		62%	18%	100%
7	250	1050	2300				4%	2%	18%	4%	64%	8%	100%
8	250	850	2300			4%		6%	30%	2%	56%	2%	100%
9	250	650	2200				4%		8%	4%	54%	30%	100%
10	350	2350	3100	22%	28%	28%	8%		2%	6%		6%	100%
11	350	2150	3100	16%	22%	34%	6%			12%		10%	100%
12	350	1950	2900	10%	6%	28%	2%		2%	10%	12%	30%	100%
13	350	1750	2900		10%	20%			8%	8%	28%	26%	100%
14	350	1500	2500		6%	8%		4%	18%	4%	42%	18%	100%
15	350	1250	2500	8%		2%	2%		24%	4%	24%	36%	100%
16	350	1050	2300				4%	2%	26%	8%	40%	20%	100%
17	350	850	2300				6%	2%	64%	12%	8%	8%	100%
18	350	650	2200					2%	54%		18%	26%	100%
19	450	2150	3100	6%	18%	38%	6%		2%	4%	4%	22%	100%
20	450	1950	2900		14%	42%	4%		2%	10%	2%	26%	100%
21	450	1750	2900	4%	2%	32%	8%	4%	12%	6%	2%	30%	100%
22	450	1500	2500		2%	18%	22%	8%	24%	6%	6%	14%	100%
23	450	1250	2500		2%	10%	12%	2%	38%	4%	2%	30%	100%
24	450	1050	2300			4%	22%	2%	30%	12%	12%	18%	100%
25	450	850	2300		2%		6%		60%	4%	10%	18%	100%
26	450	650	2200				4%		54%	4%	10%	28%	100%
27	550	2150	3100	4%	12%	28%	8%			8%	2%	38%	100%
28	550	1950	2900	4%	8%	32%	20%		4%	6%		26%	100%

N° Stimuli	F ₁	F ₂	F ₃	i:	i	e:	a:	a	o:	u	u:	aucun	Total
29	550	1750	2900	6%		20%	26%			14%	6%	4%	100%
30	550	1500	2500		2%	6%	52%	2%	10%	2%	6%	20%	100%
31	550	1250	2500			2%	48%	2%	26%	2%	2%	18%	100%
32	550	1050	2300				50%	2%	16%	6%	2%	24%	100%
33	550	850	2300	2%		2%	44%		30%	4%	4%	14%	100%
34	550	650	2200				36%		24%	6%	4%	30%	100%
35	650	1950	2900		6%	24%	42%			6%		22%	100%
36	650	1750	2900		4%	10%	68%		2%	4%	2%	10%	100%
37	650	1500	2500	2%	4%		30%	22%		14%	4%	24%	100%
38	650	1250	2500		2%		78%	2%	2%	2%	2%	12%	100%
39	650	1050	2300		4%		80%		2%		2%	12%	100%
40	650	850	2300		2%		66%	2%	4%	2%		24%	100%
41	750	1950	2900		2%	6%	64%		4%	2%	2%	20%	100%
42	750	1750	2900			2%	86%					12%	100%
43	750	1500	2500				78%	2%	2%	2%	2%	14%	100%
44	750	1250	2500				82%			4%	2%	12%	100%
45	750	1050	2300				76%		2%	2%	4%	16%	100%
46	750	850	2300		2%		72%	2%		4%		20%	100%
47	250	1950	2300	30%	24%	8%		2%	2%	4%	8%	22%	100%
48	350	1950	2300	4%	18%	38%	6%	2%	2%	8%	2%	20%	100%
49	450	1750	2300		6%	34%	14%	2%	14%	8%	4%	18%	100%
50	550	1750	2300		8%	22%	24%	2%	12%	2%	6%	24%	100%
51	650	1500	2300			2%	74%			6%		18%	100%
52	750	1500	2300		2%	2%	78%	2%				16%	100%
53	250	850	2700						18%		78%	4%	100%
54	350	850	2700		2%				62%	8%	16%	12%	100%
55	450	850	2700	6%		6%	8%		38%	4%	18%	20%	100%
56	550	850	2700				42%	6%	24%	4%	4%	20%	100%

dynamiques, /a:/ observe le même nombre de stimuli identifiés mais change de position et /o:/ obtient plus de catégories majoritairement identifiées. Dans les deux cas (i.e., avec les stimuli **statiques** et **dynamiques**), la voyelle /a:/ n'a pas été catégorisée en fonction de tous les stimuli « ouverts » (i.e., avec un F₁ à 6 et à 7 Bark). Les deux derniers stimuli ouverts présentant un F₂ à 12,7 Bark ont été confondus avec la voyelle /e:/. Phonétiquement, ces deux stimuli représentent la voyelle [æ]. Dans le contexte dental choisi [da:r], les auditeurs jordaniens ont choisi une voyelle /a:/ centrale et postérieure à cause de la présence de [r].

Nous nous intéressons dans le Tableau 58, aux pourcentages de réponses des auditeurs jordaniens, pour la catégorisation avec les stimuli **dynamiques** courts (i.e., à 100 ms).

Nous observons que seuls quatre stimuli **dynamiques** ont été identifiés au moins à 50% de bonnes réponses par les auditeurs jordaniens. Ces quatre stimuli ont été catégorisés soit comme /i/, soit comme /u/. Autrement dit, les auditeurs jordaniens étaient conscients de la variation de durée pour ne choisir que ces deux voyelles brèves. À l'inverse des réponses avec les stimuli **statiques**, la grande majorité des « bonnes » catégorisations, même si elles ne dépassent pas les 50%, sont obtenues pour les voyelles brèves. Seule la voyelle longue /a:/ a été sélectionnée comme « représentante » de la catégorie des voyelles « ouvertes ».

Tableau 58 : Pourcentages de catégorisation des 2800 stimuli **dynamiques** (avec une durée de 100 ms) en AJ. Le fond gris marque les cases dont le choix est égal à 0%. En gras sont marquées les réponses dont la catégorisation est \geq à 50%.

N° Stimuli	F ₁	F ₂	F ₃	i:	i	e:	a:	a	o:	u	u:	aucun	Total
57	250	2350	3100	10%	50%	6%		2%		12%	2%	18%	100%
58	250	2150	3100	2%	44%	12%	2%	2%	2%	12%		24%	100%
59	250	1950	2900	16%	34%	2%		4%		14%	4%	26%	100%
60	250	1750	2900	4%	16%			6%		22%	20%	32%	100%
61	250	1500	2500					16%	34%	32%	18%	100%	100%
62	250	1250	2500		2%			2%	8%	40%	36%	12%	100%
63	250	1050	2300		2%		2%	2%	12%	34%	36%	12%	100%
64	250	850	2300		2%		4%	4%	2%	40%	32%	16%	100%
65	250	650	2200		4%			2%	10%	36%	28%	20%	100%
66	350	2350	3100	10%	38%	2%	2%	8%	6%	6%	2%	26%	100%
67	350	2150	3100	12%	32%	12%	2%		6%	12%		24%	100%
68	350	1950	2900	4%	30%	6%		10%	2%	20%	8%	20%	100%
69	350	1750	2900	8%	24%		2%	6%	4%	22%	14%	20%	100%
70	350	1500	2500		8%			2%	22%	38%	16%	14%	100%
71	350	1250	2500					2%	16%	50%	22%	10%	100%
72	350	1050	2300		6%		2%	6%	10%	56%	6%	14%	100%
73	350	850	2300					2%	2%	50%	16%	30%	100%
74	350	650	2200		8%	2%		6%	10%	34%	12%	28%	100%
75	450	2150	3100		18%	18%	2%	4%	2%	18%		38%	100%
76	450	1950	2900	6%	30%	8%	2%	6%	8%	16%	6%	26%	100%
77	450	1750	2900	4%	24%	4%	6%	10%	8%	20%	6%	18%	100%
78	450	1500	2500		4%	8%		10%	12%	40%	10%	16%	100%
79	450	1250	2500		2%	4%	8%	12%	8%	30%	18%	18%	100%
80	450	1050	2300		4%		8%	6%	24%	40%	2%	16%	100%
81	450	850	2300		2%		8%	2%	14%	38%	8%	28%	100%
82	450	650	2200	2%			4%	2%	4%	36%	12%	40%	100%
83	550	2150	3100		24%	14%	2%	8%	8%	16%		36%	100%
84	550	1950	2900		26%	8%		2%	4%	18%	2%	40%	100%
85	550	1750	2900	8%	16%	6%	10%	20%	2%	18%		20%	100%
86	550	1500	2500			4%	20%	20%	14%	18%		24%	100%
87	550	1250	2500		6%		10%	28%	16%	24%	2%	20%	100%
88	550	1050	2300				16%	20%	10%	26%	2%	20%	100%
89	550	850	2300			2%	12%	8%	14%	44%	8%	12%	100%
90	550	650	2200				20%	14%	8%	28%	4%	26%	100%
91	650	1950	2900		12%	6%	12%	30%	2%	10%	2%	26%	100%
92	650	1750	2900		6%		18%	28%	4%	4%	6%	34%	100%
93	650	1500	2500		2%		26%	22%	4%	16%	2%	28%	100%
94	650	1250	2500		2%		24%	34%	2%	16%		22%	100%
95	650	1050	2300	2%			24%	22%	6%	14%	6%	26%	100%
96	650	850	2300				20%	26%	2%	20%		32%	100%
97	750	1950	2900	2%	6%	2%	12%	38%		8%	4%	28%	100%
98	750	1750	2900				16%	32%	4%	10%	4%	34%	100%
99	750	1500	2500		10%		26%	28%		6%	2%	28%	100%
100	750	1250	2500		4%		34%	24%		6%	2%	30%	100%
101	750	1050	2300		4%		32%	28%	2%	10%	2%	22%	100%
102	750	850	2300				26%	28%	2%	14%	4%	26%	100%
103	250	1950	2300	6%	20%	6%	2%			14%	12%	40%	100%
104	350	1950	2300	10%	34%	12%		4%		14%	2%	24%	100%
105	450	1750	2300	12%	14%	12%		8%	4%	18%	4%	28%	100%
106	550	1750	2300		8%	6%	10%	20%	6%	22%		28%	100%
107	650	1500	2300		2%		34%	32%	4%	12%		16%	100%
108	750	1500	2300		4%		36%	26%	4%	4%	2%	24%	100%
109	250	850	2700					4%	14%	18%	48%	16%	100%
110	350	850	2700	2%	4%		4%	4%	18%	40%	12%	16%	100%
111	450	850	2700				4%		24%	48%	10%	14%	100%
112	550	850	2700				4%	16%	20%	38%	6%	16%	100%

La Figure 175 montre les résultats de la catégorisation des stimuli **dynamiques** brefs. Aucun stimulus n'a été catégorisé majoritairement par les auditeurs jordaniens. La plupart des stimuli avec une position centrale et postérieure, /a a: o: u u:/ ont été confondus.

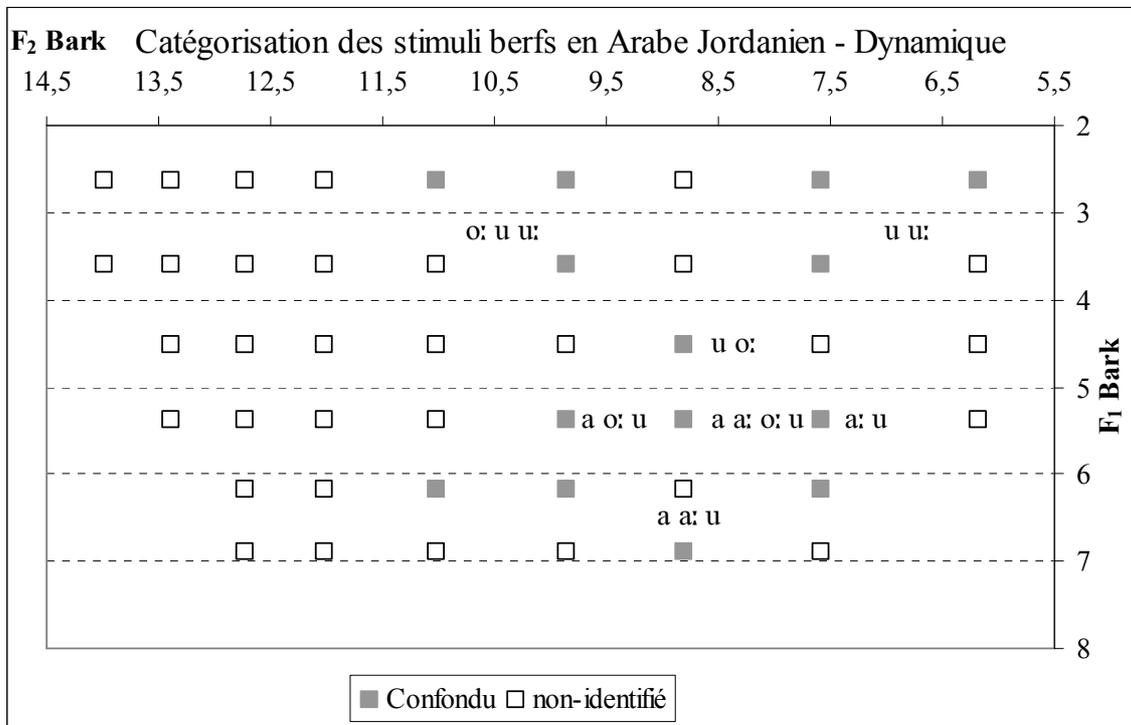


Figure 175 : Catégorisation de l'espace vocalique en AJ en **dynamique** avec une durée de 100 ms. « Confondu » plusieurs catégories ≥ 7 , « non-identifié » = une ou plusieurs catégories ≤ 6 .

Globalement, les auditeurs jordaniens sont capables de catégoriser les stimuli **statiques** ou **dynamiques** en fonction des voyelles de leur(s) système(s). Comme en AM, les résultats de catégorisation de l'espace vocalique en AJ montrent que cette tâche est « plus » facile avec les stimuli longs (avec une durée de 200 ms) qu'avec les stimuli brefs (avec une durée à 100 ms). Les auditeurs jordaniens ont expliqué que ce sont les différences de timbres qui les ont aidées dans leurs catégorisations et non les différences de durée. Les trois voyelles longues /a: o: u:/ ont été majoritairement catégorisées, avec les stimuli longs, les autres voyelles, /i: i e: a u/ ont été confondues. Les voyelles brèves n'ont jamais été identifiées, car confondues avec leurs correspondantes longues.

Nous nous intéressons dans la partie qui suit aux résultats de catégorisation de l'espace vocalique en FR dans les deux modalités **statique** vs **dynamique**.

5.4.4. *En Français*

5.4.4.1. **Résultats en statique (V Target)**

Nous présentons dans le Tableau 59 les pourcentages de réponses des auditeurs français. L'examen des résultats révèle que les auditeurs français sont plus précis dans leurs catégorisations par rapport aux auditeurs marocains ou jordaniens. En effet, nous observons moins de confusions en FR par rapport aux deux autres langues. Toutes les voyelles en FR ont été catégorisées avec plus de 50% de bonnes réponses. Les quelques confusions observées sont faites entre des voyelles proches sur l'un des deux axes, F_1 ou F_2 .

Les résultats de la catégorisation des auditeurs français, en fonction des scores des bonnes réponses (voir Figure 176), montrent que les voyelles /i e ε a o u y ø œ/ ont été majoritairement catégorisées par au moins sept auditeurs français sur dix. Les deux voyelles /ɑ ɔ/ ont été confondues soit entre elles, soit avec /a o/, respectivement. Nous pensons alors que les confusions observées pour la voyelle /ɑ/ peuvent expliquer que le statut phonologique de celle-ci a bel et bien changé pour les auditeurs mêmes. Nous observons également que les confusions au niveau des voyelles médianes antérieures /e ε ø œ/, et plus particulièrement pour les stimuli dont le F_1 est autour de 4,5 Bark, donnent une bonne indication de la difficulté des auditeurs français à différencier celles-ci. Les confusions observées en FR permettent d'identifier les frontières entre les voyelles.

Comme nous pouvons l'observer, le nombre de stimuli identifiant une catégorie vocalique quelconque ne dépasse pas trois. Les auditeurs français sont plus précis dans leurs choix que les auditeurs marocains ou jordaniens, car la dispersion intra-catégorie vocalique est réduite en FR par rapport aux deux autres langues.

Tableau 59 : Pourcentages de catégorisation des 2800 stimuli **statiques** (avec une durée de 200 ms) en FR. Le fond gris marque les cases dont le choix est égal à 0%. En gras sont marquées les réponses dont la catégorisation est \geq à 50%.

N° Stimuli	F ₁	F ₂	F ₃	i	e	ε	a	α	ɔ	o	u	y	θ	œ	aucun	Total
1	250	2350	3100	96%	4%											100%
2	250	2150	3100	90%	10%											100%
3	250	1950	2900	48%	18%	2%					24%				8%	100%
4	250	1750	2900	36%	10%	4%					30%				20%	100%
5	250	1500	2500		6%							52%	26%		16%	100%
6	250	1250	2500							2%	12%	22%	48%		16%	100%
7	250	1050	2300							2%	40%	4%	24%		30%	100%
8	250	850	2300							2%	84%	2%	10%		2%	100%
9	250	650	2200							2%	94%				4%	100%
10	350	2350	3100	4%	88%	6%									2%	100%
11	350	2150	3100		94%	4%									2%	100%
12	350	1950	2900		56%	10%					8%		18%	4%	4%	100%
13	350	1750	2900		36%	10%							46%	2%	6%	100%
14	350	1500	2500				2%						86%	12%		100%
15	350	1250	2500							2%			92%	6%		100%
16	350	1050	2300							2%	16%		60%	12%	10%	100%
17	350	850	2300					16%	56%	4%			4%	12%	8%	100%
18	350	650	2200					6%	92%					2%		100%
19	450	2150	3100		78%	22%							20%		10%	100%
20	450	1950	2900		42%	28%							36%	18%	14%	100%
21	450	1750	2900	2%	18%	12%							58%	40%	2%	100%
22	450	1500	2500										54%	40%	6%	100%
23	450	1250	2500							8%	28%		16%	26%	22%	100%
24	450	1050	2300						8%	32%	58%		6%	4%	6%	100%
25	450	850	2300					2%	44%	42%			2%	10%	10%	100%
26	450	650	2200													100%
27	550	2150	3100		14%	80%									6%	100%
28	550	1950	2900		12%	66%									12%	100%

N° Stimuli	F ₁	F ₂	F ₃	i	e	ε	a	α	ɔ	o	u	y	θ	œ	aucun	Total
29	550	1750	2900			22%							10%	50%	18%	100%
30	550	1500	2500										14%	76%	10%	100%
31	550	1250	2500							8%			20%	58%	4%	100%
32	550	1050	2300							6%	18%	26%		20%	18%	100%
33	550	850	2300							18%	52%	12%		4%	14%	100%
34	550	650	2200							2%	18%	34%		6%	26%	100%
35	650	1950	2900		8%	78%								6%	8%	100%
36	650	1750	2900		2%	20%							10%	44%	24%	100%
37	650	1500	2500			2%							14%	64%	16%	100%
38	650	1250	2500							16%	20%	10%		36%	18%	100%
39	650	1050	2300							40%	40%	14%		2%	4%	100%
40	650	850	2300							36%	38%	10%			12%	100%
41	750	1950	2900		4%	56%	4%	2%						4%	30%	100%
42	750	1750	2900		4%	8%	4%	8%					4%	44%	28%	100%
43	750	1500	2500							58%	34%			6%	2%	100%
44	750	1250	2500							64%	30%				4%	100%
45	750	1050	2300							60%	40%					100%
46	750	850	2300							32%	48%	4%	4%			100%
47	250	1950	2300	4%	10%	2%						80%			4%	100%
48	350	1950	2300		44%	8%						24%			10%	100%
49	450	1750	2300		16%	4%						2%	38%	30%	10%	100%
50	550	1750	2300			26%							18%	22%	34%	100%
51	650	1500	2300			2%				4%			12%	62%	20%	100%
52	750	1500	2300			4%	8%	20%					8%	30%	26%	100%
53	250	850	2700							2%		90%				100%
54	350	850	2700							10%	78%				2%	100%
55	450	850	2700							2%	32%	60%			6%	100%
56	550	850	2700							4%	22%	42%			16%	100%

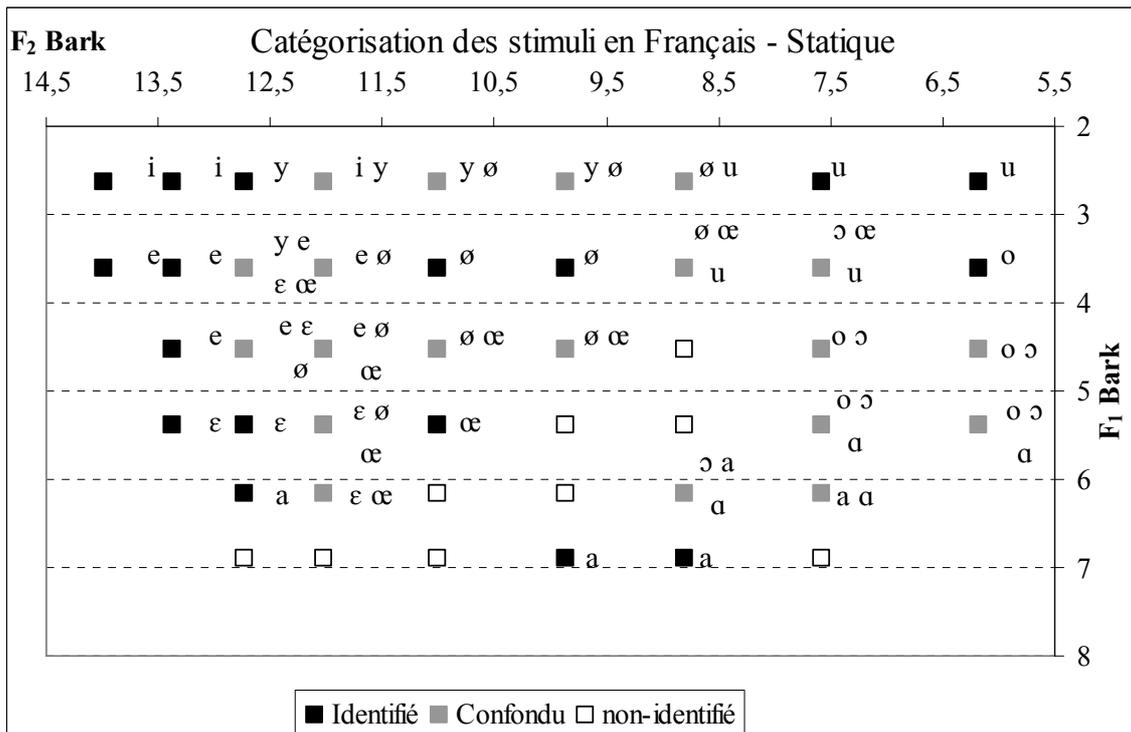


Figure 176 : Catégorisation de l'espace vocalique en FR en **statique** avec une durée de 200 ms. « Identifié » même catégorie, ≥ 7 , « Confondu » plusieurs catégories ≥ 7 , « non-identifié » = une ou plusieurs catégories ≤ 6 .

Nous présentons dans la partie qui suit les résultats de catégorisation de l'espace vocalique en FR en **dynamique**.

5.4.4.2. Résultats en dynamique (CV Target)

Nous présentons dans le Tableau 60 les pourcentages de catégorisation des stimuli **dynamiques** en FR. L'examen des résultats montre que les auditeurs français sont plus précis dans leurs catégorisations en utilisant les stimuli **dynamiques**. En effet, le pourcentage de bonnes réponses avoisine les 98% pour certaines voyelles. D'une manière générale, les auditeurs français arrivent à bien identifier les stimuli en les plaçant dans des catégories distinctes. Toutefois, nous observons des confusions pour les stimuli représentant les voyelles médianes.

RÉSULTATS EN PERCEPTION DES VOYELLES

Tableau 60 : Pourcentages de catégorisation des 2800 stimuli dynamiques (avec une durée de 200 ms) en FR. Le fond gris marque les cases dont le choix est égal à 0%. En gras sont marquées les réponses dont la catégorisation est \geq à 50%.

N° Stimuli	Stimuli										Réponses										Total											
	F ₁	F ₂	F ₃	i	e	ε	a	α	ɔ	o	u	y	ø	œ	aucun	Total	F ₁	F ₂	F ₃	i		e	ε	a	α	ɔ	o	u	y	ø	œ	aucun
1	250	2350	3100	98%	2%																											100%
2	250	2150	3100	92%		2%					4%				2%															2%	100%	
3	250	1950	2900	44%						48%					8%															8%	100%	
4	250	1750	2900	26%		2%				56%					14%															10%	100%	
5	250	1500	2300	6%						68%	16%				10%															4%	100%	
6	250	1250	2500							8%	34%	24%			28%															2%	100%	
7	250	1050	2300							44%	10%	24%			22%															2%	100%	
8	250	850	2300							94%		2%			4%															4%	100%	
9	250	650	2200							94%																					100%	
10	350	2350	3100	4%	82%	12%				6%					2%															2%	100%	
11	350	2150	3100	6%	78%	14%									2%															2%	100%	
12	350	1950	2900		34%	26%						18%			22%															2%	100%	
13	350	1750	2900		14%	10%				4%		64%	4%		4%															4%	100%	
14	350	1500	2500			2%						88%	10%																	10%	100%	
15	350	1250	2500									96%	4%																	4%	100%	
16	350	1050	2300						6%	2%	4%				22%															2%	100%	
17	350	850	2300						8%	68%	8%				4%															4%	100%	
18	350	650	2200						6%	84%	8%				2%															2%	100%	
19	450	2150	3100		68%	32%																								8%	100%	
20	450	1950	2900		34%	34%						6%	6%		20%															2%	100%	
21	450	1750	2900		10%	14%						38%	20%		18%															16%	100%	
22	450	1500	2500									28%	64%	8%	8%															12%	100%	
23	450	1250	2300						4%	4%	4%				8%															2%	100%	
24	450	1050	2300						30%	24%	4%				10%															30%	100%	
25	450	850	2300						8%	36%	54%				2%															2%	100%	
26	450	650	2200						8%	22%	60%				10%															8%	100%	
27	550	2150	3100		2%	94%									4%															4%	100%	
28	550	1950	2900		22%	62%									6%															6%	100%	

Nous présentons les résultats de catégorisation en fonction des scores de réponses des auditeurs français sur la Figure 177. Comme avec les stimuli statiques, les voyelles /i e ε a o u y ø œ/ ont été majoritairement identifiées par au moins sept auditeurs français sur dix. Les deux voyelles /ɑ ɔ/ ont été confondues avec des voyelles proches au niveau de F₁ ou de F₂. Tous les stimuli dont le F₁ est à 4,5 Bark (hormis le stimulus catégorisé comme /o/) ont été confondus dans leurs catégorisations : les auditeurs français ont choisi les voyelles médianes pour les catégoriser.

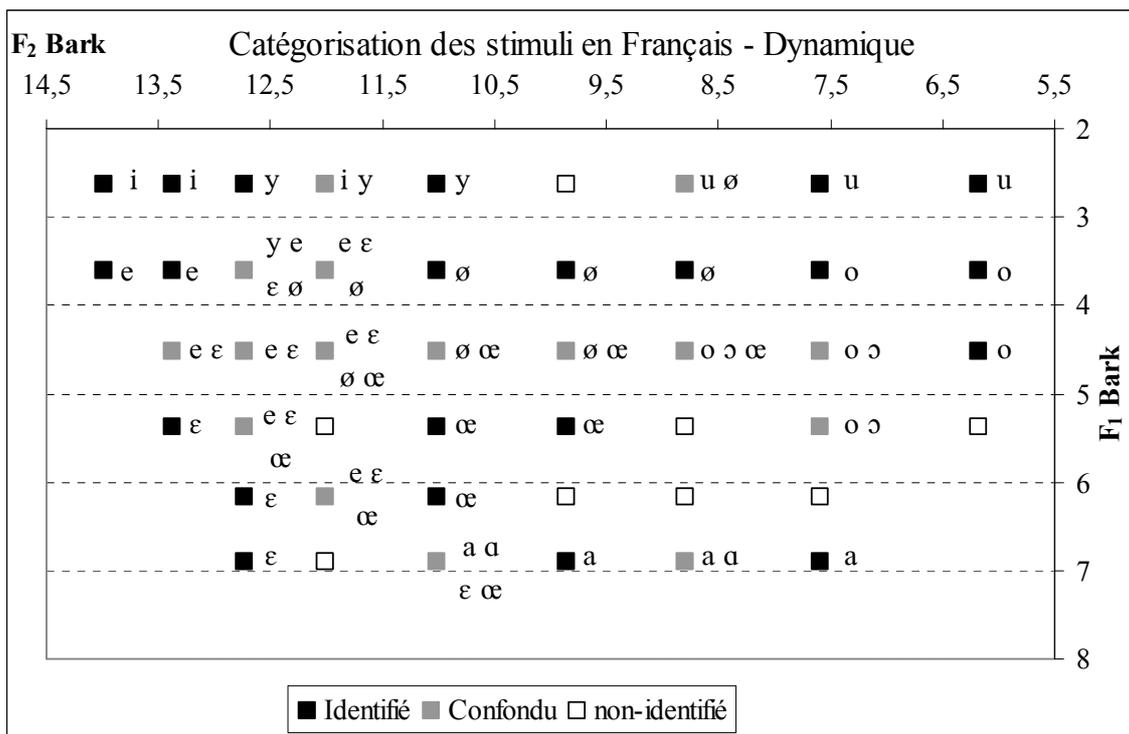


Figure 177 : Catégorisation de l'espace vocalique en FR en **dynamique** avec une durée de 200 ms. « Identifié » même catégorie, ≥ 7, « Confondu » plusieurs catégories ≥ 7, « non-identifié » = une ou plusieurs catégories ≤ 6.

5.5. CONCLUSIONS

Nous venons de présenter dans ce chapitre les résultats en perception des voyelles obtenus à partir de deux expériences : l'expérience de recherche des **prototypes** vocaliques et l'expérience de Catégorisation de l'espace vocalique.

En ce qui concerne la première expérience, l'utilisation de la **dynamique** a facilité la tâche des auditeurs des trois langues pour identifier les **prototypes** vocaliques de leur

système. Les espaces vocaliques et la dispersion intra-catégorie vocalique en fonction des trois contextes de présentation sont plus grands en **dynamique**, dans les trois langues. Systématiquement, les auditeurs des trois langues choisissaient les trois voyelles extrêmes /i a u/ dans des positions significativement plus extrêmes qu'en **statique**. C'est pourquoi nous obtenons un agrandissement de la taille des espaces vocaliques en **dynamiques**. Pour ce qui concerne la taille des ellipses pour chaque voyelle, l'utilisation de la **dynamique** a permis aux auditeurs des trois langues d'identifier les **prototypes** de leurs systèmes tout en prenant en compte les effets coarticulatoires des contextes de présentation. Les effets du contexte consonantique sur les stimuli **dynamiques** sont conformes à ceux obtenus en production des voyelles pour chaque système. Les résultats de la classification correcte de l'analyse discriminante permettent d'évaluer le rôle des indices utilisés dans la caractérisation des **prototypes** vocaliques par les auditeurs de chaque système. En AJ et FR, le taux moyen de classification correcte a été augmenté de 15% et de 2%, respectivement. En AM, il a baissé, en moyenne, de 8% en **dynamique**. L'augmentation observée en AJ et en FR est conforme à nos attentes. En effet, nous nous attendions à ce que l'utilisation de la **dynamique** « améliore » la précision des choix des **prototypes** des auditeurs des trois langues. En AM, en revanche, l'utilisation de la **dynamique** a baissée les taux de classification, car à notre sens, l'espace vocalique plus « centralisé » obtenu en AM et le rapprochement entre toutes les voyelles **prototypiques** et plus particulièrement les brèves, ont affecté la discrimination entre les voyelles de l'AM et par conséquent l'analyse discriminante n'a pas pu les séparer avec des taux supérieurs à ceux obtenus en **statique**. Pour la comparaison inter-langues, la **dynamique** a permis de différencier les trois langues avec un taux moyen de classification supérieur de 7%, conformément à nos attentes.

Concernant les résultats de la seconde expérience : pour la catégorisation de l'espace vocalique, les auditeurs des trois langues ont pu identifier les voyelles de leurs systèmes majoritairement. Les auditeurs marocains avaient des problèmes à catégoriser les voyelles brèves de leur système : l'utilisation de différents « représentants » d'une seule voyelle centrale les a perturbé et a conduit à des confusions importantes. Les auditeurs jordaniens ont été perturbés dans leurs catégorisations. La plupart du temps, ces confusions concernaient

trois zones : la zone des voyelles /i: i e:/, la zone /a a:/ et la zone /o: u u:/ . Nous avons observé que l'utilisation des stimuli avec des durées variables (i.e., longs à 200 ms et brefs à 100 ms) n'a pas aidé les auditeurs marocains ni jordaniens dans la catégorisation des voyelles brèves. À l'inverse, les auditeurs marocains ont catégorisé majoritairement certains stimuli brefs comme représentant la voyelle /i:/. Enfin, les auditeurs français étaient les seuls à pouvoir catégoriser leur espace vocalique sans confusions importantes (sauf pour les deux voyelles /ɑ ɔ/). Ceci indique que les auditeurs marocains et jordaniens semblent ne pas être « conscients » de leurs systèmes vocaliques brefs, car l'essentiel des confusions a été causé par les voyelles brèves dans les deux dialectes arabes. Nous pensons ainsi que les différences de statut relatif et du rôle des voyelles en arabe et en français sont à l'origine des difficultés rencontrées par les auditeurs arabophones. La durée vocalique semble ne pas être un indice primordial pour différencier entre les voyelles longues et brèves dans les deux dialectes arabes et plus spécifiquement pour les voyelles brèves. Pour les auditeurs marocains et jordaniens, ce sont les différences de qualité des timbres vocaliques qui sont à l'origine de la discrimination entre les voyelles de leurs systèmes.

Nous observons une amélioration de la précision de la catégorisation des espaces vocaliques dans les trois langues en utilisant les stimuli **dynamiques**. Les auditeurs des trois langues nous ont rapporté la facilité qu'ils avaient à catégoriser les espaces vocaliques de leurs systèmes avec les stimuli **dynamiques**, car, d'après eux, ces stimuli se rapprochaient davantage de la réalisation des voyelles catégorisées.

Les auditeurs marocains et jordaniens ont trouvé cette tâche difficile, surtout pour l'identification des voyelles brèves de leurs systèmes : /ɪ ɐ ʊ/ en AM et /i a u/ en AJ. En AM, les confusions de catégorisation de ces trois voyelles concernent le choix d'une des trois catégories comme « représentant » de la voyelle centrale /ə/. En AJ, en revanche, les confusions concernent la différenciation de ces trois voyelles de leurs correspondantes longues, où on a vu émerger trois zones différentes dans les catégorisations des auditeurs jordaniens : une zone /i: i e:/, une zone /a a:/ et une zone /o: u u:/. Les auditeurs français, quant à eux, n'ont pas pu différencier les deux voyelles /ɔ ɑ/ dans leurs catégorisations avec les deux modalités, en les confondant soit entre elles, soit avec /o a/, respectivement. Ceci

peut s'expliquer par le fait que, en fonction des résultats de production que nous avons obtenus, la voyelle /ɑ/ n'est plus réalisée en tant que telle en FR, mais confondue avec la voyelle /a/. Toutefois, la confusion dans la catégorisation de la voyelle /ɑ/ permet de voir qu'en perception, les auditeurs français perçoivent toujours la présence de la distinction /a α ɔ/.