



HAL
open science

Du fichier audio à l'intonation en Français : Graphes pour l'apprentissage de 3 classes intonatives

Martine Cadot, Anne Bonneau

► **To cite this version:**

Martine Cadot, Anne Bonneau. Du fichier audio à l'intonation en Français : Graphes pour l'apprentissage de 3 classes intonatives. Fouille de données complexes (FDC@EGC2016), Jan 2016, Reims, France. hal-01292121

HAL Id: hal-01292121

<https://hal.science/hal-01292121>

Submitted on 22 Mar 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Du fichier audio à l'intonation en Français : Graphes pour l'apprentissage de 3 classes intonatives

Martine Cadot*, Anne Bonneau**

* LORIA/UdL,
54600 Villers-lès-Nancy, France
martine.cadot@loria.fr,
<http://www.loria.fr/cadot>

**LORIA/CNRS,
54600 Villers-lès-Nancy, France
anne.bonneau@loria.fr,
<http://www.loria.fr/bonneau>

Résumé. L'analyse de l'intonation en Français est une tâche complexe. Partant de l'enregistrement audio d'une personne prononçant une phrase, il s'agit d'en extraire les paramètres prosodiques, puis de retrouver les différents types d'information que le locuteur a essayé de transmettre par ses changements de tonalité : phrase interrogative, déclarative, ou autre. Nous présentons ici en détail le processus complet de catégorisation statistique en trois types de phrases, de la collecte des données à l'interprétation des résultats, en passant par l'exposé de la méthode de traitement adaptée à notre problématique.

1 Introduction

Malgré le grand nombre d'études consacrées à l'intonation du français, relativement peu d'entre elles ont porté sur une analyse fine des indices acoustiques et sur un grand nombre de locuteurs. En outre, la reconnaissance automatique des différentes intonations est actuellement faite par des systèmes de reconnaissance fondés sur des modèles cachés, qui ne dévoilent pas les paramètres utilisés pour leurs résultats, et qui ont pour l'instant des résultats assez faibles. L'interprétation objective des indices prosodiques, et tout particulièrement des courbes mélodiques est actuellement de plus en plus utilisée pour l'apprentissage des langues étrangères et, dans le domaine de la rééducation, l'apprentissage de la langue maternelle, voir De Bot (1983) et Bonneau et Colotte (2011). Dans une première partie nous décrivons la problématique, dans la suivante les données et leur recodage, puis dans la troisième leur traitement, et enfin l'interprétation des résultats.

2 La problématique

Notre but est de construire un modèle statistique permettant de différencier les types intonatifs d'une phrase prononcée par un locuteur à partir des indices acoustiques de son enregis-

trement sonore. Le modèle que nous visons est de la forme $X \rightarrow Y$, se lisant selon les cas : X implique Y, X cause Y, X explique Y, X produit Y, etc.¹ où X représente les indices acoustiques et Y le type intonatif de la phrase. Il est "asymétrique" dans la mesure où les variables n'ont pas toutes le même rôle² : la variable Y est la "variable à expliquer" (appelée également variable dépendante), et les variables acoustiques X sont les "variables explicatives" (appelées également variables indépendantes).

Pour construire ce modèle nous avons utilisé une partie des données recueillies selon un "plan d'expérience" pré-établi³, nous avons créé 29 variables acoustiques quantitatives X, 3 variables qualitatives (appelées également catégorielles) Z à contrôler (telles que le genre : M/F, dont il faut contrôler les effets sur le modèle pour les retirer le cas échéant⁴) et la variable catégorielle de contour mélodique Y dont nous n'avons gardé que 3 modalités.

Les données et leur structuration au sein d'un plan d'expérience seront décrites dans la section suivante. Nous définissons ci-dessous les variables X, Y et Z.

2.1 Le type intonatif : variable Y à expliquer

Lors d'une conversation en français entre deux personnes, il n'y a pas que les mots qui donnent du sens, il y a aussi l'intonation des phrases prononcées : par exemple si le ton du locuteur monte en fin de phrase, l'auditeur en déduit généralement qu'on lui pose une question. Delattre (1966) distingue quatre niveaux de hauteur de voix pour chaque locuteur, et construit à partir de là une typologie à 10 classes. Nous nous appuyons sur sa méthodologie pour définir trois types mélodiques. Voici leurs définitions, avec pour chacun un exemple relatif au syntagme "nos amis" et une figure dans laquelle la partie correspondant à "nos amis" est encadrée de marron.

1. les questions sans marques grammaticales, que nous notons *qis*, avec un contour montant qui part du niveau 2 pour aller au niveau 4
— Ex : la question "nos amis ?" à la fin de la phrase "Qui a téléphoné, *nos amis* ?", voir la courbe bleue Fig.1.
2. les phrases déclaratives, que nous notons *dis*, avec un contour (final) descendant, partant du niveau 2 pour aller au niveau 1
— Ex : la réponse "Nos amis.", à la question "Qui arrive ?", voir la courbe bleue Fig.2.
3. les syntagmes non terminaux, que nous notons *cis*, avec un contour montant partant du niveau 1 pour aller au niveau 2
— Ex : "Nos amis" qui est au début de la phrase "*Nos amis* aiment bien Nancy", voir la courbe bleue Fig.3.

2.2 Les indices acoustiques : variables X explicatives

Le principal est la hauteur de voix, notée F0 car c'est la "fréquence fondamentale", indiquée par des points bleus sur les figures 1, 3 et 2. Nous disposons des valeurs successives de

1. Pour une sémantique de l'implication statistique, voir l'introduction de l'ouvrage de Gras et al. (2013).
2. Pour un exposé détaillé sur la planification des variables en psychologie expérimentale voir Hoc (1983), en agronomie voir Dagnelie (2003).
3. Pour plus de détails sur les plans d'expériences, voir Winer et al. (1991).
4. Pour un exposé détaillé sur la gestion des variables à contrôler en psychologie expérimentale voir Léon et al. (1977), en médecine voir Schwartz (1991).

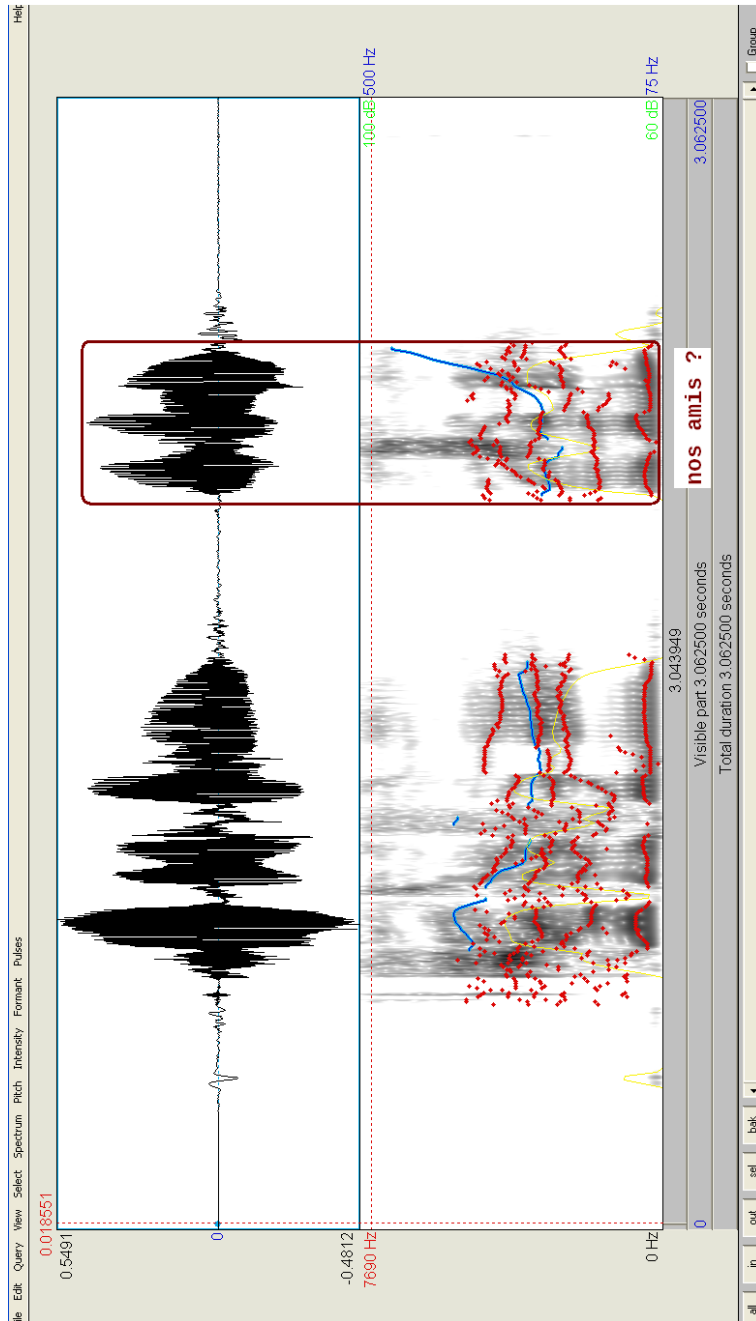


FIG. 1 – Visualisation avec PRAAT (Logiciel Praat, 2015) de la phrase “Qui a téléphoné, **nos amis ?**”, de type **qis** prononcée par la locutrice d’identifiant “of”. Points bleus : F0, jaunes : Intensité, rouges : Formants.

Graphes d'indices acoustiques et tonalités du Français

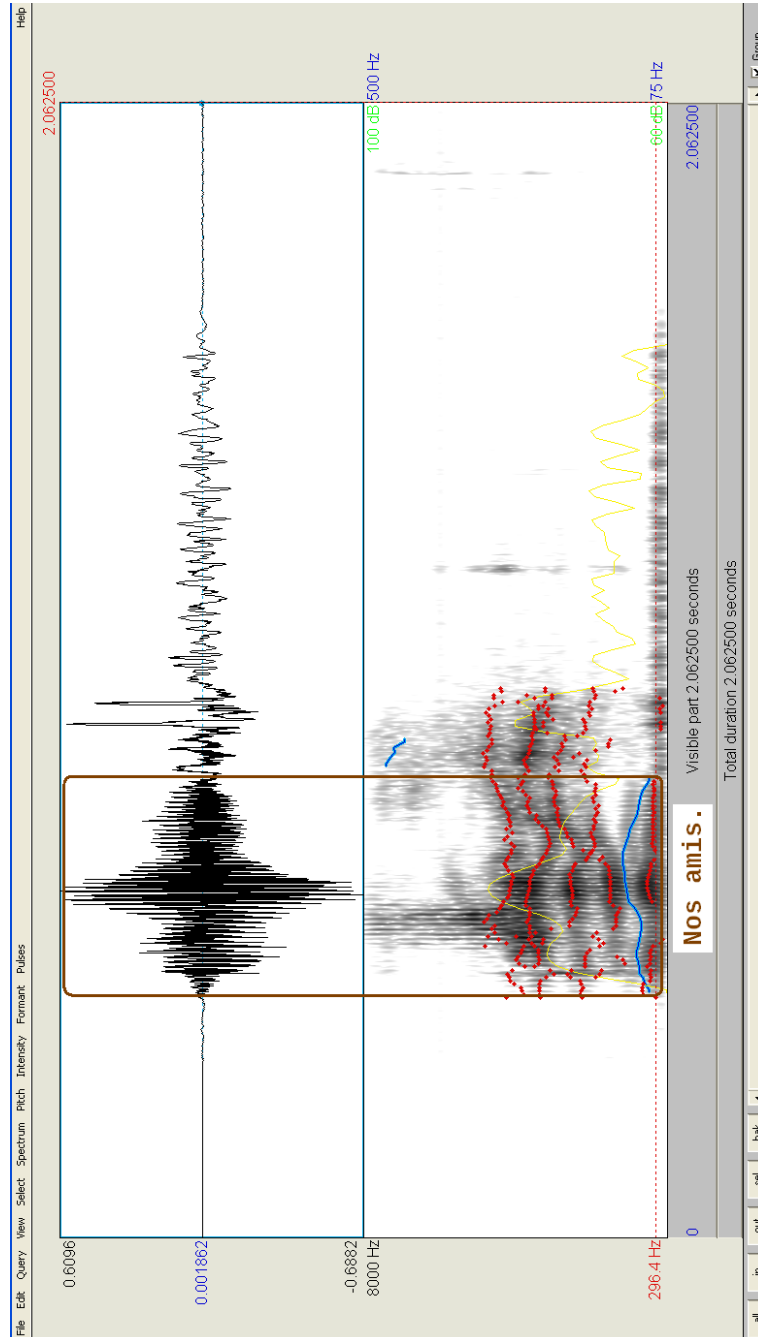


FIG. 2 – Visualisation avec PRAAT de la phrase “**Nos amis.**”, de type **dis** prononcée par le locuteur d’identifiant “vv”. Points bleus : F0, jaunes : Intensité, rouges : Formants.

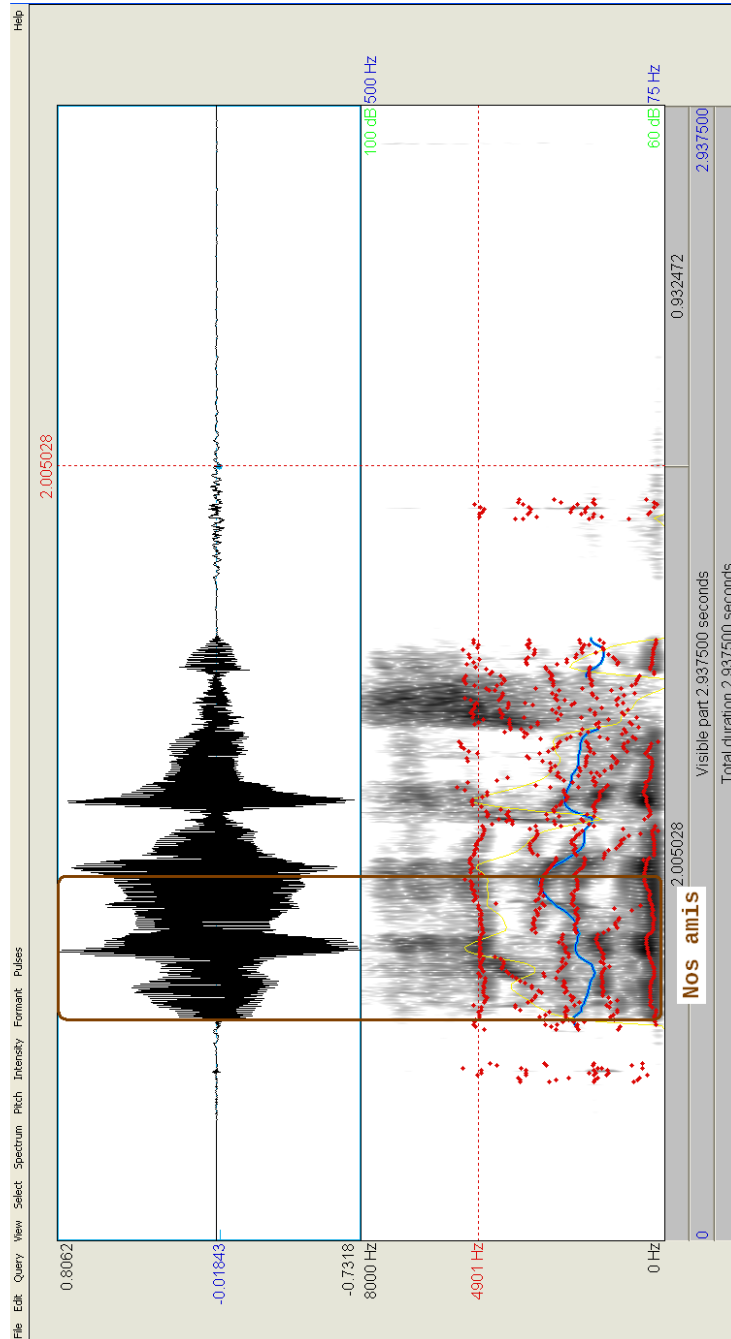


FIG. 3 – Visualisation avec PRAAT de la phrase “**Nos amis** aiment bien Nancy”, de type **cis** prononcée par le locuteur d’identifiant “tl”. Points bleus : F0, jaunes : Intensité, rouges : Formants.

Graphes d'indices acoustiques et tonalités du Français

F0 pour chaque phrase prononcée, leur nombre variant selon le contexte et le locuteur. Chaque phrase a été segmentée de façon semi-automatique⁵ en utilisant le logiciel PRAAT (Logiciel Praat, 2015).

Nous avons calculé 9 indices acoustiques par son à partir de scripts PRAAT que nous avons écrits. Nous les avons obtenus en appliquant diverses fonctions comme **max**, **min**, etc. à l'ensemble des valeurs successives de F0 pour un même son. Certains de ces indices ont une distribution de valeurs très déséquilibrée, avec parfois quelques valeurs extrêmes. Celle qui a le plus grand nombre de valeurs extrêmes, qu'elles soient positives ou négatives, est la pente d'un son. Ce n'est pas surprenant, son calcul s'appuyant sur la dérivée de F0 par rapport au temps, donc délicate à estimer quand il y a des points de discontinuité.

Pour cette étude, nous nous sommes limitées à l'étude des sons correspondant aux trois voyelles des syntagmes étudiés, numérotées par leur rang, numéro 3 pour la première (le 'o' de "nos amis"), 5 pour la deuxième (le 'a' de "nos amis") et 7 pour la dernière (le 'i' de "nos amis"). Nous avons ainsi $9 \times 3 = 27$ indices acoustiques auxquels s'ajoutent deux indices obtenus par différence de valeur des précédents sur 2 voyelles voisines (3 et 5, 5 et 7), ce qui nous donne les 29 variables suivantes : 3maxF0, 5maxF0, 7maxF0, 3minF0, 5minF0, 7minF0, 3meanF0, 5meanF0, 7meanF0, ..., maxF0_v5_3, maxF0_v7_5.

2.3 Les variables Z à contrôler

Elles sont essentiellement de 2 groupes. Le premier groupe concerne le locuteur : Homme ou Femme, parlant couramment ou non le Français, etc.

Le second groupe de variables à contrôler concerne les différentes phrases à prononcer. Les indices acoustiques X étant calculés sur les voyelles de rangs 3, 5 et 7, il convient de contrôler leurs variations quand on remplace pour un rang donné une voyelle par une autre. Et les consonnes qui sont aux rangs pairs doivent également être contrôlées parce que l'intonation est portée par certaines consonnes plus que par d'autres⁶, ce qui produit ou non un "débordement" du F0 sur la voyelle suivante .

A ces deux groupes spécifiques de variables s'ajoute le groupe des variables à contrôler habituelles dans ce type d'expérience : celui des variables "d'environnement" liées à la passation de l'expérience, telles que changement de matériel, de conditions, etc. lors de l'enregistrement.

3 Les données et leur structure

Ce corpus est issu d'un corpus plus vaste, qui comprend notamment des phrases plus longues, et qui a été enregistré dans le cadre du projet Intonale (2009-2011) supporté par le Comité de Coordination et d'Orientation Scientifique Lorrain : Nancy University, Paul Verlaine University, CNRS, INRIA, INRA, INSERM, CHU.

Nous ne décrivons ici que les éléments nécessaires à notre étude. Celle-ci s'appuie sur 115 enregistrements sonores concernant 5 phrases simples prononcées de 3 façons différentes

5. Le logiciel PRAAT (Logiciel Praat, 2015) a été d'une grande aide pour la segmentation en sons et la récupération des indices acoustiques. Toutefois, comme on peut l'imaginer en regardant les copies d'écran (Fig. 1, 3 et 2) faites lors de l'utilisation de ce logiciel, il a fallu faire un certain nombre de vérifications et de corrections avant d'envisager le traitement des données numériques.

6. En effet, les consonnes "sourdes" (le son 'k' de Jacques) ont une fréquence fondamentale non nulle, contrairement aux consonnes "vocaliques" (le son 'r' de Laure).

par 33 locuteurs différents (chaque locuteur n'a prononcé qu'une partie des phrases, comme c'est détaillé plus bas). Nous décrivons d'abord les conditions de l'expérience construite pour enregistrer la parole des locuteurs, puis son effet sur la structuration des données.

3.1 Les conditions de l'expérience

Les éléments relatifs aux 115 enregistrements que nous avons analysés sont décrits en utilisant la terminologie des plans d'expérience (Hoc 1983).

Facteur P : Phrase. Les cinq phrases (ou parties de phrases) qui ont été étudiées sont : P1 : "Nos amis", P2 : "Les élèves", P3 : "Les lamas", P4 : "La marelle" P5 : "Les agneaux"

Facteur T : Type de phrase. Le contexte dans lequel les phrases ont été lues a été conçu pour que les locuteurs prononcent les phrases de manière neutre, sans émotion particulière, avec l'intonation qui respecte chacune des trois catégories qui nous intéressent ici. Certains locuteurs ont cependant parfois donné à certaines phrases une émotion particulière, notamment en fin de phrases déclaratives (expression du doute, par exemple). Nous avons conservé ces phrases, et notre analyse a donc porté, sur les questions (qis), les syntagmes non terminaux (cis), et les déclarations (dis), ces dernières comportant un certain nombre de phrases non neutres. C'est ce facteur " type de phrase " qui deviendra la variable Y de notre modèle X→Y

Facteur L : Locuteur. Ce sont 6 hommes et 27 femmes, ayant le français comme langue maternelle. Le nombre de phrases que chaque locuteur a prononcées varie entre 1 et 5.

Facteur G : Genre. Ce facteur à 2 modalités H (Homme) et F (Femme). Son effet a été supprimé avant tout essai de modélisation en retranchant à chaque valeur de F0 sa moyenne par locuteur.

Facteur R : Rang du son. Pour rendre compte de la totalité du contour mélodique de chaque phrase, nous avons numéroté chaque partie de la phrase. Le numéro 1 correspond à ce qui est enregistré avant le début, le numéro 2 à la première consonne, le numéro 3 à la première voyelle et ainsi de suite. Pour la phrase interrogative "Nos amis ? " les numéros vont de 1 à 7, par contre pour les syntagmes non terminaux (de type " cis "), ils vont au-delà de 7 car pour forcer le locuteur à adopter l'intonation convenable pour " nos amis ", on lui a demandé de prononcer la phrase plus longue " nos amis aiment bien Nancy ", et on a annoté le début de phrase incluant le début de la partie suivante pour être sûres d'avoir toute l'information pertinente (voir Fig. 3).

Facteur S : Son. Son nombre de modalités dépasse 10 car il en a autant que de sons différents dans les 5 phrases. De plus on a vu qu'un même son pouvait se prononcer différemment selon le son précédent et le suivant, et c'est peut-être le facteur "2S", des suites de 2 sons (consonne+voyelle) qu'il faudrait considérer au lieu du facteur S des sons isolés, ce qui ferait exploser le nombre de modalités du facteur.

3.2 Le plan d'expérience

Nous aurions aimé que ce soit un plan factoriel complet équilibré, qu'il y ait autant d'hommes que de femmes, que chacun prononce les 5 phrases dans les 3 intonations, ou bien que ce soit un plan randomisé dans les règles de l'art afin d'éliminer aisément les effets des variables Z à contrôler sur la relation entre X et Y.

Ce n'a pas été le cas, ce qui s'explique par le poids de réalisation d'une telle expérience, autant pour ceux qui la subissent en tant que locuteur, que pour ceux qui la font passer et ceux qui transforment les enregistrements sonores en fichiers de données exploitables par des logiciels statistiques. En effet, dans le cadre du projet Intonale, chaque locuteur a prononcé une dizaine de phrases, dont nous n'avons extrait qu'une petite partie, les plus simples, pour initier notre analyse. Puis c'est de façon semi-automatique que nous avons créé le fichier destiné aux analyses statistiques, avec 115 lignes et une cinquantaine de colonnes : il nous a fallu annoter les 115 enregistrements sonores, en extraire les parties correspondant aux phrases visées, et les aligner (leur longueur dépendant de la rapidité d'élocution du locuteur), avant de créer les variables.

Malgré cela, c'est une chance d'avoir pu obtenir de telles données, qui se sont avérées adaptées à notre problématique une fois choisis les indices acoustiques et la technique statistique appropriés. Pour notre étude, tous les facteurs de ce plan d'expérience ont été pris en compte dans le modèle $X \rightarrow Y$ que nous cherchons à établir : **Rang du son** dans la création des variables formant X, **Phrase, Son, Locuteur** et **Genre** ont formé la matrice Z des variables à contrôler et **Type de phrase** est devenu la variable Y du modèle $X \rightarrow Y$ que nous cherchons à établir.

4 Le traitement des données

Nous cherchions une méthode statistique permettant de prédire Y, le type de phrase, variable qualitative à 3 modalités, à partir de X, matrice de 29 variables acoustiques, tout en contrôlant Z, matrice de variables qualitatives. Il était difficile de trouver une méthode statistique de discrimination entre les 3 modalités de Y qui soit adaptée à nos données et qui rende un résultat exploitable. Les méthodes tirées des statistiques classiques demandent des variables explicatives mieux distribuées que les nôtres (la plupart du temps suivant la loi normale), et en nombre inférieur. Les méthodes d'apprentissage supervisé de plus de 2 classes (comme Support Vector Machines Multiples, arbres de décision) sont moins exigeantes envers les variables explicatives, mais la première ne donne pas de modèle explicite, et la seconde aboutit à un modèle simpliste quand les variables explicatives sont très liées, comme c'est notre cas.

C'est finalement vers une méthode d'extraction des "implications" à partir des données, *l'Analyse Statistique Implicative* que nous nous sommes tournés. L'Analyse Statistique Implicative, méthode statistique créée par Régis Gras Gras et collaborateurs (1996) nous a permis de faire émerger un modèle implicatif de type $X \rightarrow Y$ des données. Nous décrivons d'abord les principes de cette méthode, puis l'utilisation que nous en avons fait pour nos données et les résultats que nous avons obtenus.

4.1 Les principes de l'Analyse Statistique Implicative

Conçue au départ pour traiter des données de type questionnaire avec une dizaine de variables et une trentaine d'individus, la méthode donnait une liste d'implications statistiquement significatives entre les variables. Elle était implémentée dans le logiciel CHIC qui produisait ces implications sous forme d'un graphique clair. Ses utilisateurs étaient essentiellement des enseignants de mathématiques en collège et lycée essayant de comprendre comment s'organisaient les apprentissages de leurs élèves, quelles notions devaient être assimilées pour permettre l'apprentissage d'autres notions.

Depuis la méthode s'est enrichie, elle permet de traiter des données plus importantes, plus variées, et ses utilisateurs se sont multipliés, élargissant son utilisation à des communautés scientifiques variées. En plus de la version Windows (Logiciel CHIC, 2012), une version libre du logiciel devrait bientôt être disponible parmi les "packages" du langage R⁷. Nous renvoyons le lecteur intéressé par les fondements de cette méthode à la bibliographie ou aux actes des conférences ASI, voir site de l'ASI. Signalons simplement qu'elle repose sur le principe suivant : "l'implication statistique $X \rightarrow Y$ " devient significative dès qu'il y a "relativement"⁸ très peu de contre-exemples, c'est-à-dire de cas qui vérifient X sans vérifier Y.

4.2 Application de l'ASI aux données

Nous avons transformé la variable "type de phrase" en 3 variables binaires "qis", "cis" et "dis" et fait de même pour chacune des variables Z à contrôler. Puis nous avons découpé chacune des 29 variables acoustiques en 3 variables binaires, la première pour les plus faibles valeurs correspondant à un tiers des effectifs, la deuxième pour les valeurs médianes correspondant au deuxième tiers des effectifs, et la dernière pour les plus fortes valeurs avec le dernier tiers des effectifs. Le nom de ces variables a été créé en ajoutant un suffixe 1, 2 ou 3 au nom de la variable de départ. Par exemple "3meanF0", moyenne des valeurs consécutives de F0 pour un même son, a produit "3meanF01", variable binaire correspondant aux valeurs les plus faibles, "3meanF02", pour les valeurs médianes et "3meanF03" pour les valeurs les plus fortes.

Les variables explicatives X, à expliquer Y et à contrôler Z ont ainsi produit une centaine de variables binaires. C'est sur cette matrice formée d'une centaine de lignes et de colonnes que nous avons appliqué CHIC en demandant la production d'un graphe d'implication. Nous avons obtenu la figure 4.

4.3 Analyse du graphe implicatif obtenu

Moins de la moitié des variables apparaissent dans la figure 4, et elles se présentent sous forme de 8 graphes d'implication indépendants, que nous avons numérotés de 1 à 8 en partant de la gauche.

Un graphe par modalité de Y. Les 3 modalités de Y se trouvent dans 3 graphes séparés avec quasiment les mêmes variables acoustiques, mais à des niveaux différents :

- Le graphe 1 contient la modalité "cis" et les valeurs **médianes** (suffixe 2) des niveaux moyen (mean), max et final de F0 pour le dernier son, ainsi que la valeur médiane

7. Pour la description du logiciel "rchic" et les instructions d'utilisation, voir Couturier et Dhoubi (2015).

8. Le mot "relativement" fait référence à un modèle de type probabiliste.

Graphes d'indices acoustiques et tonalités du Français

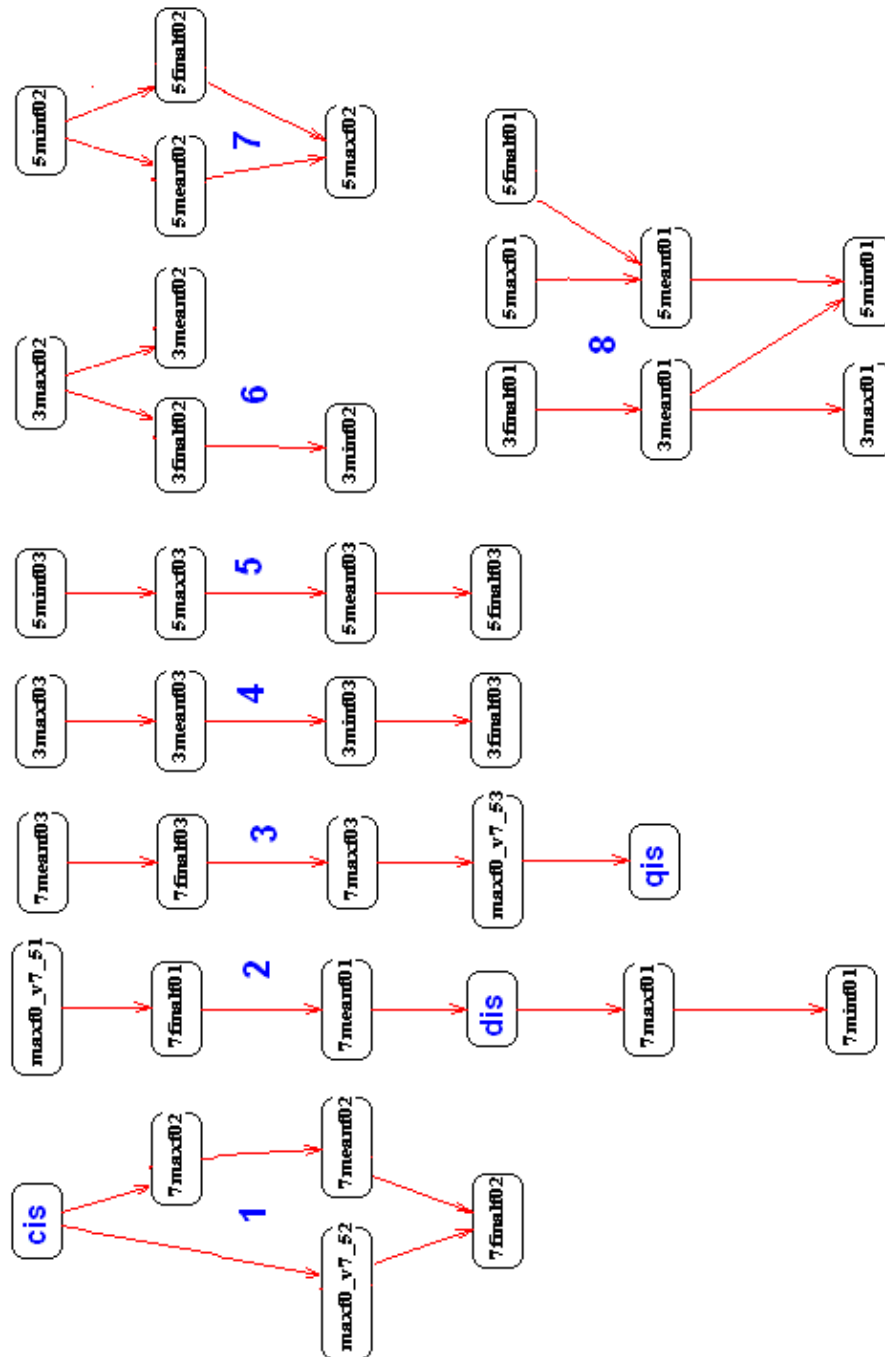


FIG. 4 – Graphe des liens significatifs d'implication statistique extraits par CHIC sur nos données

de la différence entre le max de F0 sur la dernière voyelle et son max sur la voyelle précédente,

- Le graphe 2 contient la modalité “dis” et les valeurs **faibles** (suffixe 1) des mêmes variables ainsi que du niveau min de F0 pour le dernier son,
- Le graphe 3 contient la modalité “qis” et les valeurs **fortes** (suffixe 3) des mêmes variables que le graphe 1.

On retrouve bien les contours mélodiques attendus des 3 types de phrases qui se différencient par leur niveau de F0 sur la dernière voyelle, ainsi que par l’augmentation de F0 entre l’avant-dernière et la dernière voyelle, fort pour les “qis”, moyen pour les “cis” et faible pour les “dis”. Et le fait que ni la première voyelle ni la seconde et avant-dernière n’intervienne dans la détermination des types mélodiques.

Un graphe par niveau de la première voyelle et de la deuxième. Les autres graphes montrent les co-variations des indices acoustiques :

- Le graphe 4 associe les niveaux forts de la première voyelle pour F0
- Le graphe 5 associe les niveaux forts de la deuxième et avant-dernière voyelle pour F0
- Le graphe 6 associe les niveaux moyens de la première voyelle pour F0
- Le graphe 7 associe les niveaux moyens de la deuxième et avant-dernière voyelle pour F0
- Le graphe 8 associe les niveaux faibles des deux premières voyelles

5 Bilan

Disposant d’enregistrements sonores de locuteurs en train de prononcer des phrases de 3 types mélodiques, notés “cis”, “dis” et “qis”, nous avons cherché une méthode permettant de prédire le type de phrase à partir des données acoustiques.

Les indices acoustiques ont été créés de façon semi-automatique à partir de F0 pour fournir un ensemble de valeurs exprimant au mieux l’évolution de la tonalité de chacun des sons successifs d’une phrase. Dans un but de simplification, nous nous sommes focalisées sur les 3 voyelles de chaque “phrase”. La construction des indices acoustiques a abouti sur des variables aux distributions déséquilibrées, et très liées entre elles, ce qui nous a conduit à utiliser “l’Analyse Statistique Implicative (voir site de l’ASI) pour extraire un modèle explicite et opérationnel des données. Pour utiliser cette méthode, nous avons recodé les variables acoustiques en les transformant en variables qualitatives. Le choix d’une découpe en 3 parties de chaque variable⁹, a permis d’obtenir des graphes séparés pour chaque type de phrase. Les flèches dans les graphes n’ont pas été interprétées de façon causale, mais en tant associations très significatives. Ainsi utilisé, le graphe implicatif nous a fourni les liens que nous attendions entre les variables acoustiques et les 3 courbes mélodiques.

Les 3 types de phrases choisis ici sont les plus courants. Il nous reste maintenant à étendre cette méthodologie à d’autres courbes mélodiques.

9. Nous avons testé un découpage en 4 parties, pour retrouver les 4 niveaux de Delattre, mais il s’est avéré improductif

Références

- Bonneau, A. et V. Colotte (2011). Automatic Feedback for L2 Prosody Learning. In I. Ipsic (Ed.), *Speech and Language Technologies*, pp. 55–70. Intech.
- Couturier, R. et A. Dhouibi (2015). Formation à l'A.S.I. par l'usage du logiciel CHIC et R-CHIC : retour sur quelques fonctionnalités. In *8ème Colloque International sur Analyse Statistique Implicative*, Radè, Tunisie, pp. 500–511.
- Dagnelie, P. (2003). *Principes d'expérimentation : planification des expériences et analyse de leurs résultats*. Grenoble : Presses Agronomiques de Gembloux.
- De Bot, K. (1983). Visual feedback on intonation i: Effectiveness and induced practice behaviour. *Language and Speech* 6(4), 331–350.
- Delattre, P. (1966). Les dix intonations de base du français. *The french Review* 40, 1–14.
- Gras, R. et collaborateurs (1996). *L'implication statistique, une nouvelle méthode exploratoire de données*. Grenoble : La pensée sauvage.
- Gras, R., J.-C. Régnier, C. Marinica, et F. Guillet (2013). *L'analyse statistique implicative : méthode exploratoire et confirmatoire à la recherche de causalités, 2ème édition*. Toulouse : Cépaduès.
- Hoc, J.-M. (1983). *L'analyse planifiée des données en psychologie*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Léon, A., J. Cambon, M. Lumbroso, et F. Winnykamen (1977). *Manuel de psychopédagogie expérimentale*. Paris : Presses Universitaires de France.
- Logiciel CHIC (2012). Classification Hiérarchique Implicative et Cohésitive. Version 6.0, copyright (c), <http://www.ardm.eu/content/logiciel-d-analyse-de-donnees-chic>.
- Logiciel Praat (2015). Praat : doing phonetics by computer. Version 6.0, copyright (c), <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>.
- Schwartz, D. (1991). *Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes*. Paris : Flammarion.
- site de l'ASI. Analyse Statistique Implicative. Conférence, ASI8 (<http://sites.univ-lyon2.fr/asi8/?page=0>).
- Winer, B., D. Brown, et K. Michels (1991). *Statistical principles in experimental design, 3rd edition*. New York: McGraw-Hill.

Summary

The analysis of the intonation of a sentence is a complex task. This implies the extraction of prosodic parameters from the recordings of sentences, then the analysis of the different kinds of information the speaker wants to give: statement, interrogative sentence, focus accent ... We present here in detail the process of the statistical categorization for three types of information conveyed by sentences (statement, yes-no question, and end of accentual groups), from the presentation of the corpus, then the method elaborated for our problem up to the interpretation of results.