

VERS UNE DESCRIPTION FONCTIONNELLE ET STRUCTURALE AUTOMATIQUE D'OBJETS LINGUISTIQUES

PHILIPPE MARTIN

1. INTRODUCTION

Nous nous proposons de présenter brièvement quelques idées et résultats concernant une entreprise de description automatique d'objets linguistiques dans une perspective structurale et fonctionnelle. Cette recherche vise à simuler la connaissance d'éléments du langage par un modèle, de manière à obtenir, en explicitant cette connaissance, un ou plusieurs systèmes de traits pertinents décrivant ces objets. Le modèle proposé se compose de deux parties (cf. Martin 1970):

- (1) Une procédure d'observation (P.O.) effectuant des mesures physiques sur l'objet à connaître et simulant des fonctions sensorielles comme par exemple l'audition.
- (2) Une procédure de perception (P.P.) qui organise ces mesures dans un espace vectoriel et qui simule la perception. Voir Figure 1.

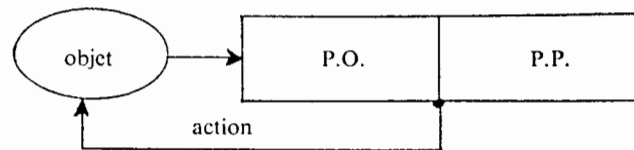


Fig. 1. Modèle d'acquisition de la connaissance d'objets
P.O.: procédure d'observation
P.P.: procédure de perception

Chaque objet est représenté dans cet espace multidimensionnel par un vecteur dont les coordonnées sont les mesures réalisées par la procédure d'observation.

Une procédure 'd'apprentissage' permet ensuite au modèle d'apprendre à reconnaître, donc d'apprendre à connaître, les objets d'un corpus donné. Cette opération vise à structurer, à découper l'espace de manière à ce que chaque vecteur représentant un même objet, c'est-à-dire un objet appartenant à une même classe, soit situé dans une même zone géométrique de cet espace. Le modèle se trouve pourvu par cet apprentissage d'une 'grille' géométrique qui lui permet d'identifier un objet en faisant correspondre le vecteur qui le représente par une région déterminée de l'espace. La

connaissance ainsi acquise apparaît donc sous la forme d'un découpage spatial en classes géométriquement définies, et correspondant aux classes d'objets.

Explicitier cette connaissance revient alors à décrire cette grille par ses caractéristiques géométriques qui sont fonction des mesures réalisées par la P.O. Cette description peut prendre la forme d'un système de traits distinctifs, chaque surface définissant les zones apparaissant comme un trait distinctif puisque séparant des classes géométriques, donc des classes d'objets, différentes.

On extrait ensuite de ce système de traits distinctifs un ou plusieurs systèmes de traits pertinents qui rassemblent les traits nécessaires et suffisants pour identifier les catégories. Chacun de ces systèmes peut être considéré comme relatif à une perturbation particulière effectuée par le modèle, conformément à la fonction attribuée à l'objet, et qui est ici d'être reconnu dans un processus de transmission d'information. Dès lors la pratique 'sociale' de l'objet par le modèle qui préside à la connaissance de cet objet se révèle imposée au sujet simulé par le modèle sous la forme d'un apprentissage dit 'supervisé'.

La réalisation de cette simulation et partant du processus de description automatique qui en découle demande de poser certains critères pour le choix d'une procédure d'observation adéquate.

2. CRITÈRE DE SÉPARABILITÉ

La P.O., simulant un processus sensoriel, doit fournir à la P.P. des mesures de nature telle que les distributions de vecteurs dans l'espace, relatives à chacune des classes d'objets, ne se chevauchent pas, c'est-à-dire de manière à ce qu'il soit possible de trouver des surfaces, linéaires ou non, séparant ces régions. Dans certains cas cependant, on peut admettre des chevauchements limités en traitant les zones de vecteurs comme des distributions statistiques paramétriques.

3. CRITÈRE DE SÉPARABILITÉ LINÉAIRE

Afin d'interpréter plus aisément la nature des traits distinctifs, c'est-à-dire d'établir la correspondance avec les mesures physiques qu'elles combinent, on peut souhaiter que les traits soient des fonctions linéaires des paramètres de la P.O., c'est-à-dire que la séparation soit réalisée par des plans de l'espace vectoriel.

De même on peut envisager de découper l'espace par des plans parallèles à tous les axes coordonnés sauf un. De cette manière les traits distinctifs de la description ne dépendent plus que d'une seule parmi les mesures de la P.O., ce qui rend l'interprétation des résultats obtenus particulièrement aisée.

La possibilité de réaliser l'une ou l'autre de ces procédures dépend évidemment de la configuration spatiale des distributions de vecteur, de telle sorte que le choix

du type de surface de séparation se trouve fixé par la nature de ces distributions, c'est-à-dire en définitive par la nature de la P.O.

4. ESSAI D'APPLICATION: DESCRIPTION DU SYSTÈME VOCALIQUE DU FRANÇAIS

L'objet de la phonologie est la description d'objets du langage au niveau de ses plus petites unités significatives. Une expérience préliminaire, qui n'a pas la prétention de fournir une nouvelle description phonologique, mais qui doit apparaître comme une simple illustration du processus présenté, est relative au système vocalique du français, réduit à 10 catégories de voyelles (cf. Léon et Léon 1964). On apprend au modèle à reconnaître les objets d'un corpus de 110 voyelles, prononcées par un même locuteur, localisées, isolées et 'étiquetées' suivant la classe à laquelle chacune d'elles appartient.

La procédure d'observation se compose d'un dispositif d'analyse spectrale (spectrographe) délivrant les valeurs de fréquence et d'intensité des cinq zones d'harmoniques renforcées de plus grande intensité, l'intensité de chacune d'elles étant référée à la zone la plus basse en fréquence. Chaque voyelle se trouve ainsi représentée par un vecteur dans un espace à neuf dimensions. Un premier processus algorithmique détermine des surfaces de séparation linéaires, de manière à ce que chaque zone de l'espace (i.e. chaque extension de vecteurs représentant les voyelles d'une même classe) soit séparée de chacune des autres par un plan PARALLÈLE à tous les axes de l'espace sauf un. Pourvu de ces surfaces, le modèle est donc à même de reconnaître les objets qui lui ont été présentés lors de son apprentissage.

En explicitant la position des zones par rapport à ces plans, par les symboles:

- + côté 'positif' du plan de séparation
- côté 'négatif' de plan de séparation
- o chevauchement par rapport au plan de séparation

on obtient un système de traits distinctifs ne dépendant que d'une seule coordonnée de l'espace, c'est-à-dire d'une seule mesure de la P.O.

Un deuxième algorithme permet ensuite d'extraire de ce système les traits nécessaires et suffisants pour l'identification de chaque classe de voyelles.

Un des systèmes obtenus est reproduit au Tableau 1. Il se présente de la manière suivante: les lignes du tableau correspondent aux traits qui sont des valeurs fréquentielles limites déterminant des zones de formants d'une même catégorie (valeur entre parenthèse), les colonnes correspondent aux voyelles.

Un deuxième processus d'apprentissage peut ensuite être utilisé de manière à dégager un système de traits qui soient cette fois des combinaisons linéaires de plusieurs paramètres fournis par la P.O., c'est-à-dire que l'apprentissage est réalisé cette fois en découpant l'espace par des plans d'orientation quelconque par rapport aux axes.

TABLEAU 1

Essai de description automatique du système vocalique du français. Quatre zones formantiques doivent intervenir dans la description si on utilise des plans de séparation ne dépendant que d'une seule mesure.

	Traits (définis par les valeurs limites des formants)	Classes de voyelles									
		i	y	u	e	ø	o	a	ẽ	ã	õ
1.	(LF1 = 300 Hz)	-	-	-	+	+	+	+	+	+	o
2.	(LF1 = 720 Hz)	-	-	-	-	-	-	+	-	+	-
3.	(LF2 = 300 Hz)	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+
4.	(LF2 = 1000 Hz)	-	-	-	+	o	-	-	o	o	-
5.	(LF2 = 1350 Hz)	-	-	-	+	+	-	-	o	+	-
6.	(LF2 = 1250 Hz)	-	-	-	+	+	-	o	+	+	-
7.	(LF2 = 1850 Hz)	-	-	-	+	-	-	-	-	o	-
8.	(LF3 = 2500 Hz)	-	-	-	+	o	+	+	+	+	+
9.	(LF3 = 2600 Hz)	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+
10.	(LF3 = 2800 Hz)	-	-	-	-	-	-	o	o	o	+
11.	(LF4 = 4000 Hz)	-	+	o	+	+	+	o	o	+	+

On illustre ainsi la possibilité d'obtenir plusieurs systèmes distincts (non reproduits ici), si l'adéquacité de la P.O. est telle que la séparabilité linéaire peut être réalisée de plusieurs manières.

Les systèmes pertinents obtenus explicitent la connaissance que le modèle a acquise d'un système vocalique à partir de voyelles isolées prononcées par un seul 'interlocuteur' du modèle. Sa connaissance et partant la description qui en résulte ne concerne donc que ces objets et traduit en quelque sorte la pratique sociale limitée dans laquelle le modèle est plongé. Pour étendre la validité de la description à des objets de langage plus généraux, comme ceux utilisés par toute une communauté linguistique, il faut évidemment utiliser un corpus adéquat. Les essais peuvent par exemple porter sur des voyelles en contexte et non plus isolées. Dans ce cas il est raisonnable de penser que, pour éviter les chevauchements dans les distributions spatiales, il sera nécessaire d'inclure dans la P.O. des mesures relatives au contexte dans lequel l'objet est situé, contexte qui, autant que l'objet lui-même, participe à l'identification de l'élément. Les descriptions qui en résultent rendront alors compte de pertinences particulières dépendantes de ce contexte.

Au cours de son apprentissage, le modèle a connaissance de la classe à laquelle appartient chaque objet, classe elle-même membre d'une structure déjà dégagée. Si l'on considère le phonème déjà localisé et isolé comme une entité multiplement codée par l'usage social non seulement selon une fonction distinctive, mais aussi selon des usages stylistiques (ou phonostylistiques, cf. Léon 1971), socio-géographiques, etc., on conçoit que la description automatique par explicitation des structures sous-jacentes de ces différents usages pourra être réalisée si le modèle utilise un corpus structuré différemment, conformément à ces nouveaux usages de l'objet.

Pour autant que les conditions d'adéquacité de la P.O. soient remplies, le processus s'applique donc à des fonctions ou des usages quelconques, pourvu que l'apprentissage du modèle y corresponde.

5. NATURE DES TRAITS

On peut se demander comment interpréter les traits obtenus dans cette description automatique, lorsqu'ils ne sont pas des fonctions simples, par exemple d'une seule grandeur physique, c'est-à-dire d'une seule dimension de l'espace vectoriel.

On peut considérer que les traits phonologiques résultent d'une certaine combinaison, plus ou moins bien définie, de traits phonétiques, c'est-à-dire de traits décrivant l'objet par des mesures physiques. C'est précisément cette combinaison que fournit le processus proposé en explicitant la compréhension des objets à partir de leur extension, et ce sur le plan géométrique, lui-même équivalant à une observation acoustique.

D'autre part les traits pertinents impliqués s'avèrent fonctionnels du point de vue du modèle en ce sens qu'ils explicitent — qu'ils expliquent — le fonctionnement attribué aux objets, fonctionnement qui a présidé à l'acquisition de connaissances. En effet la fonction principale des objets linguistiques étant précisément d'être reconnus, si les traits qui permettent cette opération sont aussi ceux qui décrivent l'objet, ces mêmes traits en expliquent le fonctionnement.

Enfin, si on envisage la dichotomie saussurienne langue-parole sous ses deux aspects :

langage = langue sociale + parole individuelle
langage = langue psychique + parole physique

on peut soutenir que la description obtenue s'inscrit sur le plan de la langue et non de la parole d'une part parce que la connaissance du système phonologique acquise par le modèle apparaît bien comme 'le résidu d'innombrables actes de paroles', et comme le résultat d'une certaine pratique 'sociale' réalisée lors de l'apprentissage, d'autre part parce que cette connaissance concerne non la réalité physique 'brute' mais plutôt l'image 'psychique' que le modèle simule, donc ce que le modèle-sujet 's' imagine' voir de l'objet. On peut donc dire que les descriptions obtenues se placent sur le plan de la langue.

6. CONCLUSION

En résumé, le modèle proposé réalise le passage concret/abstrait, continu/discret, parole/langue, à partir d'un corpus et d'un fonctionnement particulier: la reconnaissance de l'objet.

Les hypothèses de départ qui président à l'obtention des descriptions par un ou plusieurs systèmes de traits pertinents, concernent l'adéquacité de la procédure d'observation à représenter les classes par des vecteurs situés dans des régions distinctes d'un espace multidimensionnel. Différents procédés d'apprentissage permettent alors au modèle de 'construire' son système de perception (i.e. de catégorisation) dont l'explicitation fournit un ou plusieurs systèmes pertinents. Puisqu'elles résultent du fonctionnement des objets, les descriptions obtenues s'inscrivent dans une perspective fonctionnelle et structurale. Un stade ultérieur de la recherche devrait conduire à simuler ce fonctionnement de manière plus étendue de telle sorte que le modèle s'insère plus étroitement dans l'acte de communication, aussi bien en ce qui concerne l'émission et la réception d'informations qu'en ce qui a trait aux différents usages de l'objet langage, sur le plan du style, de l'attitude, etc. En simulant ainsi un modèle plongé dans l'activité langagière par une pratique sociale, on peut espérer expliciter sinon expliquer un peu mieux le fonctionnement complexe de la communication humaine.

*Laboratoire de phonétique expérimentale
Université de Toronto*

REFERENCES

- Léon, P.R.
1971 *Essais de phonostylistique* (Montréal, Didier).
Léon, P.R. et M. Léon
1964 *Introduction à la phonétique corrective* (Paris, Hachette).
Martin, P.
1970 "Reconnaissance de patrons intonatifs", *Prosodic Feature Analysis/Analyse des faits prosodiques*, Léon, Faure, Rigault, eds., (Montréal, Didier).

DISCUSSION

CARTON (Nancy)

Est-ce que ces intéressantes recherches pourraient indirectement servir à la reconnaissance de la parole, en particulier grâce à des inventaires de transitions consonantiques ?

MARTIN

Je crois en effet que les descriptions automatiques obtenues, et particulièrement celles utilisant des traits pertinents, permettent de construire des CLASSIFICATEURS plus simples et plus rapides, en faisant apparaître plus clairement quelles sont les caractéristiques réellement nécessaires pour la reconnaissance, tout spécialement eu égard au contexte. Dans cette optique, les transitions consonantiques devraient se révéler

adéquates pour la construction de systèmes d'identification plus efficaces, pour autant que leur choix ne résulte pas d'une procédure heuristique, mais bien de la recherche d'un système de traits.

HUPET (Louvain)

(1) Entrevoyez-vous la possibilité d'étendre vos investigations aux consonnes françaises ?

(2) La description des traits est basée sur une analyse strictement acoustique des 'objets'; ne pensez-vous pas que cette façon d'interpréter les axes de l'espace multidimensionnel risque d'exclure des composantes articulatoires peut-être importantes pour l'utilisateur de la langue ?

MARTIN

(1) L'extension du processus aux consonnes françaises ne demande que d'utiliser une procédure d'observation adéquate. Il se pose alors un problème d'analyse spectrale (au niveau de la P.O.) car il n'est pas sûr qu'un appareil comme le spectrographe (de type 'Kay' par exemple) puisse convenir.

(2) Assurément les traits obtenus par cette méthode ne peuvent être que de nature acoustique si la procédure d'observation donne elle-même des mesures de type acoustique (à moins qu'on puisse établir une matrice de transformation permettant de passer des mesures acoustiques aux mesures articulatoires (et inversement). D'autre part une P.O. de nature purement articulatoire pourrait certainement être imaginée (mesures des différents paramètres de la phonation). Dans ce cas les traits se révéleraient cette fois comme des combinaisons plus ou moins complexes de composantes articulatoires, donc comme des traits articulatoires.

DOBROVOLSKY

Do the zeros in your notation correspond to redundancies in the phonological description or to actual formants which are not present in the acoustic make-up of the vowel in question ?

MARTIN

En fait un 'o' de la description indique que le trait en question, en plus d'être redondant, n'est pas distinctif pour la classe de voyelles correspondante. On peut sans doute rapprocher cette notation des '±' ou '(±)' de certaines descriptions phonologiques génératives.