

Lecture silencieuse et oralisée des phrases relatives : le rôle de la prosodie

Christelle Dodane* et Angèle Brunellière**

*Laboratoire Dynamique du Langage, UMR CNRS 5596
14 avenue Berthelot, 69 363 LYON Cedex 07 – France

dodane@isc.cnrs.fr

**Laboratoire de Psychologie Expérimentale, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Éducation de Genève
Bd. Du Pont d'Arve 40, CH-1205 Genève
Angele.Brunelliere@pse.unige.ch

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine whether prosody contribute to the integration of the syntactic level during the reading of relative sentences. A behavioural experiment was run on 20 French subjects. First, they had to read sentences silently presented visually (without prosodic markers such as commas). In an additional task using the same procedure, 10 subjects have to read sentences in a loud voice. The comparison between the two tasks reveals that words with the greater reading time in the first study correspond in the second study to a major prosodic phrase boundary. Results suggest that subjects have to restore prosodic contour in order to process syntactically relative sentences. The study of prosody in such a task provides a new methodology to access to the on-line syntactic processing.

1. INTRODUCTION

Pour accéder au sens des phrases relatives telles que « *Le chat qui regarde l'oiseau boit du lait* » (sujet-sujet, désormais SS) et « *Le chat que l'oiseau regarde boit du lait* » (sujet-objet, désormais SO), le sujet doit d'abord attribuer une catégorie grammaticale à chaque mot et ensuite, procéder à une analyse syntaxique qui va lui permettre d'assigner des rôles thématiques aux différents noms et verbes de ces phrases. Si cette assignation est simple à réaliser dans les phrases SS car N1 est l'agent du verbe de la phrase relative (principe de coréférentialité), elle est plus complexe dans les phrases SO car cette fois, N1 est le patient du verbe de la relative. Si la grammaire traditionnelle décrit le fonctionnement de ces phénomènes, elle se fonde entièrement sur une analyse de la langue écrite. Cette focalisation sur l'écrit contribue à masquer le rôle des indices présents dans le signal de parole. En effet, à l'oral, les frontières linguistiques majeures sont marquées par des indices acoustiques et en particulier, prosodiques (paramètres de durée, Fo et amplitude). Ainsi, la fin de la proposition relative correspondant respectivement au mot « *oiseau* » dans la phrase SS et au mot « *regarde* » dans la phrase SO est délimitée à droite par un accent mélodique réalisé par une montée de continuation et un faible allongement final. Le repérage de cette frontière prosodique permet de délimiter la fin de la proposition relative et indique l'arrivée imminente du verbe de la proposition principale. Cette frontière prosodique facilite grandement le traitement de

la phrase, mais elle n'apparaît pas à l'écrit. Etant donné l'importance des indices prosodiques dans le traitement de l'information linguistique à l'oral, il est fort probable que le sujet ait besoin de restaurer le niveau prosodique pour pouvoir traiter la langue écrite, notamment au moment de la lecture (passage d'une information de type visuelle aux représentations mentales des formes linguistiques). Or, des études récentes montrent que les signaux prosodiques ne sont pas seulement véhiculés par le signal de parole et par des paramètres acoustiques explicites, mais également par une prosodie de type implicite présente dans le langage en modalité visuelle (Fodor [1-2], Steinhauer & al. [3-4], Quinn & al. [5], Pynte & al. [6], June [7]). Nous posons donc l'hypothèse que lors de la lecture des phrases relatives, les sujets ont besoin de restaurer le contour prosodique pour pouvoir les analyser syntaxiquement et être en mesure d'assigner les différents rôles thématiques. Afin de tester cette hypothèse, nous avons réalisé une étude comportementale comprenant deux tâches, la première en lecture silencieuse où nous mesurons le temps de lecture des différents mots au sein de phrases relatives et la seconde, en lecture oralisée, où nous étudions le contour prosodique des phrases produites par les sujets.

2. MATÉRIEL ET METHODE

2.1. Tâche de lecture silencieuse

Participants

Cette étude a été effectuée sur 20 participants volontaires, 10 femmes et 10 hommes d'un âge compris entre 23 et 33 ans (âge moyen de 26,5 ans +/- 2,52). Tous les participants sont droitiers et présentent une bonne acuité visuelle ou corrigée. Leur langue maternelle est le français et ils n'ont jamais présenté de trouble du langage ou autres troubles neurologiques.

Stimuli

108 phrases ont été construites pour l'expérimentation. Elles se répartissent en trois catégories, 36 phrases relatives SS (du type « *Le chat qui frappe la grenouille regarde l'éléphant* »), 36 phrases relatives SO (du type « *Le chat que la grenouille frappe regarde le singe* ») et 36 phrases de structure syntaxique simple dites « *filler* » (du type « *Le chien chatouille l'éléphant* ») ou « *Le cheval attrape la tortue et la tortue montre le poisson* ». Les phrases « *filler* » servent à masquer aux sujets le véritable sujet de l'expérience, c'est-à-dire le traitement

des phrases relatives. Afin que les sujets puissent se concentrer avant tout sur l'analyse syntaxique de ces phrases, l'information de type sémantique a été réduite au maximum. Les phrases relatives sont composées de 9 mots et les phrases « filler » ont une longueur variable, de 5 à 11 mots. Les noms et les verbes ont été choisis en fonction de leur fréquence élevée, mais ils sont de longueurs différentes (mono, bi ou trisyllabiques). Chaque nom et chaque verbe sont présentés dans toutes les positions possibles au sein de chaque type de phrases (SS, SO et filler). L'association des deux verbes présents dans la proposition relative et la proposition principale des phrases relatives SS est la même que dans les phrases relatives SO.

Procédure expérimentale

Les sujets sont assis à 50 cm d'un écran d'ordinateur sur lequel apparaissent les phrases. Avant chaque mot, un point de fixation apparaît au centre de l'écran. Une fois que le sujet a lu le premier mot, il appuie sur une touche du clavier afin de provoquer l'apparition du mot suivant. Un tiers des phrases est suivi d'une question portant sur l'assignation thématique des rôles. Le sujet doit alors déterminer si la question relate les mêmes rôles thématiques que la phrase précédente. Les questions sont réparties de manière équivalente pour les différents types de phrases. Cette procédure expérimentale a été réalisée avec le logiciel E-Prime.

Analyses statistiques

Deux analyses de variance (ANOVA à mesures répétées) ont été réalisées dans le but de déterminer l'influence de la complexité des phrases (1^{er} facteur SS-SO) et la position des différents mots (2^{ème} facteur : position des verbes – position des noms) sur le temps de lecture (exprimé en ms). Par ailleurs, pour chaque facteur, des analyses Post-Hoc de type LSD ont été réalisées.

2.2. Tâche de lecture à haute voix

Participants

Une tâche supplémentaire de lecture à haute voix est demandée à la moitié des sujets ayant participé à l'étude précédente (5 femmes et 5 hommes, d'un âge moyen de 26,8 ans $\pm$ 2,86).

Stimuli

Pour cette tâche, 18 nouvelles phrases sont construites avec les mêmes caractéristiques que lors de la tâche précédente. Elles se répartissent également en trois catégories, 6 phrases SS, 6 phrases SO et 6 phrases « filler ».

Procédure expérimentale

La procédure expérimentale utilisée est similaire à celle de la tâche de lecture silencieuse à la différence près que les dix sujets doivent lire les phrases à haute voix et qu'ils sont enregistrés.

Enregistrements et analyses acoustiques

Chaque sujet a été enregistré durant la totalité de la tâche de lecture et ses productions ont été directement transférées sur le disque dur de l'ordinateur via un microphone unidirectionnel Philips SBC-MD695. Les phrases ont été échantillonnées à 44KHz, 16 bits en mono. Les analyses acoustiques ont été réalisées avec le logiciel Praat et ont consisté à relever la valeur de Fo (en Hz) à la fin de la dernière syllabe de chaque mot et la durée (en ms) des mots, syllabes et pauses à partir d'une segmentation préalable du signal de parole. Afin de normaliser les données pour les 10 locuteurs étudiés, nous avons converti les valeurs de Fo en demi-tons en utilisant la formule de conversion $S = (\log(X) - \log(50)) / (\log(2) / 24)$, X étant la valeur en Hz à convertir et 50, la fréquence de référence. Nous avons également déterminé la durée relative de chaque syllabe en calculant le rapport entre sa durée et celle de la syllabe la plus longue de la phrase (d'un rapport égal à 1).

3. RÉSULTATS

3.1. Tâche de lecture silencieuse (données comportementales)

L'analyse statistique portant sur les noms révèle un effet de la complexité ($F(1,19)=9,276$, $p<0,05$), un effet de la position ($F(2,38)=6,678$, $p<0,05$) et un effet de l'interaction complexité/position ($F(2,38)=6,483$, $p<0,05$). Comme le montre la figure 1, dans les phrases SS, le nom au sein de la proposition relative présente un temps de lecture plus élevé que l'ensemble des autres noms ($p<0,05$), ce qui correspond à un surcroît de traitement au niveau cognitif lié à l'intégration de l'information syntaxique (fin du groupe, attente de la proposition principale). Il se trouve que ce mot est également localisé à la frontière d'une unité intonationnelle (IU), frontière qui est prosodiquement très marquée à l'oral. Elle est en effet délimitée à droite par un accent mélodique ou « pitch accent » réalisé par une montée de continuation et un faible allongement final.

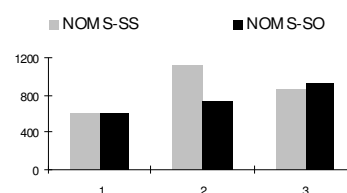


Figure 1 : Temps de lecture en ms en fonction de la position des noms (1 : nom précédant le pronom relatif ; 2 : nom dans la relative ; 3 : nom clôturant la phrase).

Il apparaît également que le nom précédant le pronom relatif et le nom clôturant la phrase possèdent des temps de lecture identiques dans les phrases SS et SO ($p>0,05$). Par ailleurs, on peut remarquer que quel que soit le type de phrases, le temps de lecture des noms précédant le

pronom relatif est plus faible que celui clôturant la phrase ($p < 0,05$). Ce résultat était attendu étant donné que le dernier mot de la phrase implique un processus cognitif d'intégration de l'ensemble de la phrase. Dans le cas des verbes (voir figure n°2), nous observons un effet de la complexité ($F(1,19)=12,528$, $p < 0,001$), une absence d'effet de la position ($F(1,19)=0,21$, $p > 0,05$) et un effet de l'interaction complexité/position ($F(1,19)=6,267$, $p < 0,05$).

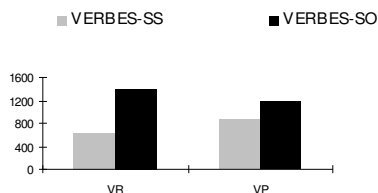


Figure 2 : Temps de lecture (TL) en ms en fonction de la position des verbes (VR : verbe relatif, VP : verbe principal).

Le temps de lecture des deux verbes présents au sein des phrases SO est supérieur à celui des verbes au sein des phrases SS ($p < 0,05$). Dans les phrases relatives SO, la frontière prosodique est justement localisée à la fin du verbe de la proposition relative à l'oral (matérialisée là aussi par une montée mélodique et un faible allongement final). L'augmentation du temps de lecture sur le verbe de la relative s'explique par un surplus de traitement cognitif. En outre, le traitement semble se poursuivre sur le verbe de la principale, qui suit immédiatement le verbe de la relative dans les phrases SO.

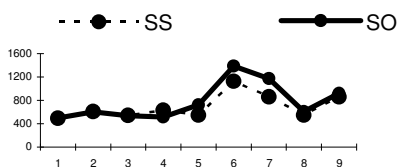


Figure 3 : Temps de lecture (TL) en ms en fonction de la position des mots (numérotés de 1 à 9 par ordre d'apparition au sein de la phrase).

3.2. Tâche de lecture oralisée

Sur la figure n°4, nous avons reporté les contours joignant les différentes cibles mélodiques associées à la syllabe finale de chacun des 9 mots des phrases SS et des phrases SO, exprimées en demi-tons. Cette méthode fournit un contour mélodique lacunaire et lissé de façon grossière, mais elle renseigne sur les cibles mélodiques atteintes successivement et fournit en particulier le point possédant la hauteur la plus élevée pour chaque type de phrase. Nous appellerons ce point le centre intonatif de la phrase. Il se trouve qu'il est localisé pour les phrases SS, sur la fin du nom clôturant la proposition relative et pour les phrases SO, sur la fin du verbe de la proposition relative

(6^{ème} position dans les deux types de phrases). Le contour obtenu présente donc dans sa deuxième moitié un profil similaire à celui de la figure n°3 pour les temps de lecture. Ainsi, on peut remarquer que le centre intonatif correspond au temps de lecture le plus élevé, et ce, quel que soit le type de phrases.

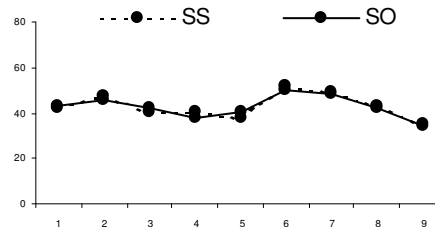


Figure 4 : Contour joignant les différentes cibles mélodiques associées à la syllabe finale de chacun des 9 mots des phrases SS et des phrases SO, exprimé en demi-tons.

En raison du caractère non écologique de la tâche de lecture (présentation des mots les uns derrière les autres), la durée moyenne des syllabes est particulièrement élevée (385 ms pour les phrases SS et 374 ms pour les phrases SO). Cependant, il existe des différences liées à la position relative des différents mots au sein des phrases. Pour les phrases SS (figure n°5), la dernière syllabe du verbe de la relative est particulièrement allongée (4^{ème} position : 520 ms), ce qui coïncide sûrement avec un moment d'intégration de l'information syntaxique du début de phrase (traitement de l'information portée par le pronom relatif par exemple). Le verbe de la principale est également très allongé (7^{ème} position : 503 ms). Il se trouve tout de suite après le centre intonatif de la phrase et nous avons vu précédemment que cette position correspond au 2^{ème} temps de lecture le plus élevé (figure n°3).

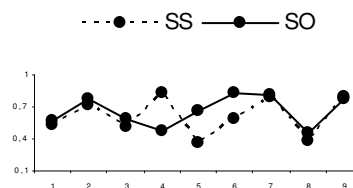


Figure 5 : Durée relative de la dernière syllabe de chacun des 9 mots des phrases SS et des phrases SO.

Pour les phrases SO, la dernière syllabe du verbe de la principale est très allongée (451 ms), ce qui correspond au centre intonatif et au temps de lecture le plus élevé. Par contre, la dernière syllabe du verbe de la relative est également très allongée (6^{ème} position : 472 ms), ce qui correspond là aussi à un temps de lecture élevé (figure n°3). Il semble donc que le sujet doive marquer un temps d'arrêt sur ces deux verbes successifs, afin d'intégrer l'information syntaxique de la phrase SO. Sur le tracé de la figure n°6, on peut suivre la durée (en ms) des pauses après chaque mot successif.

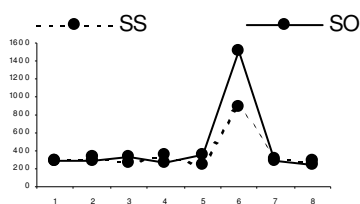


Figure 6 : Durée des pauses (exprimée en ms) entre chacun des 9 mots des phrases SS et des phrases SO.

Ainsi, on relève une pause très élevée après le centre intonatif des phrases SS (878 ms) et SO (1522 ms). Cette position semble être le lieu privilégié de l'intégration syntaxique car tous les indices étudiés voient leur valeur atteindre leurs maxima à son approche. En outre, la durée de la pause est beaucoup plus élevée pour les phrases SO que les phrases SS, ce qui traduit un traitement syntaxique plus complexe pour les phrases SO. Cette information converge avec l'effet de complexité relevé pour les temps de lecture.

4. DISCUSSION

On aurait pu supposer que le caractère artificiel de la tâche de lecture allait totalement perturber le contour prosodique « naturel » des phrases, voire que ce contour serait absent. Or, tout se passe comme si le sujet avait besoin de faire appel au contour prosodique pour traiter l'information syntaxique des phrases relatives SS et SO et de cette façon, être capable d'assigner les différents rôles thématiques au sein des phrases. Ces résultats vont dans le sens de l'hypothèse de la prosodie implicite (Fodor [1-2]), selon laquelle les lecteurs imposeraient un contour prosodique au texte qu'ils lisent silencieusement. La prosodie serait ainsi traitée comme faisant partie intégrante du signal d'entrée et pourrait donc influencer la résolution de l'ambiguïté syntaxique d'une façon similaire à l'oral. Par ailleurs, le traitement des frontières prosodiques à l'oral et celui de la ponctuation à l'écrit suscitent le même type de réponse précoce du cerveau, ce qui suggérerait un mécanisme commun dans les deux types de traitement (Steinhauer [4]). Selon Fodor [1], la prosodie implicite fait partie intégrante de l'écrit et peut influencer la résolution de l'ambiguïté prosodique de la même façon que la prosodie présente de façon explicite dans le signal de parole. Ainsi, l'attachement des propositions relatives diffère en fonction des langues lorsque leur tête est un syntagme nominal complexe (N1 de N2 - par exemple « la fille des français » dans la phrase « La fille des français qui entre/entrent »). Fodor [1] explique ces divergences en fonction des différences prosodiques entre les langues. En effet, la prosodie projetée par défaut sur les phrases est déterminée par les principes phonologiques spécifiques à chaque langue. En cas d'ambiguïté syntaxique, la préférence est accordée à l'analyse syntaxique associée au contour prosodique implicite le plus naturel de la langue. Cette hypothèse semble confirmée expérimentalement par des études en lecture silencieuse (Quinn & al. [5], Pynte & al. [6], June

[7]) qui révèlent des différences entre les langues dans le traitement syntaxique des phases relatives, mais surtout, une interaction très forte entre la structuration prosodique et l'attachement des propositions relatives. Le rôle de la prosodie semble à ce point important dans l'analyse syntaxique que le cerveau a besoin de la générer lorsqu'elle est absente du signal en modalité auditive (Herrman & al. [8], Meyer & al. [9]). Ce mécanisme s'apparente à un phénomène de type Gestalt où le sujet génère automatiquement les informations prosodiques absentes du signal entrant.

5. CONCLUSION

Nos résultats convergent avec ceux de la littérature récente pour montrer l'importance de la prosodie dans les tâches de lecture aussi bien silencieuses que oralisées. Mais si la prosodie semble bien intervenir lors de l'analyse syntaxique, les avis divergent quant à son rôle exact. Ainsi, il reste encore à déterminer si elle intervient à un niveau précoce pour permettre l'analyse syntaxique ou si le traitement prosodique intervient en parallèle au traitement syntaxique et influence la résolution de l'ambiguïté structurelle.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] J. Fodor. Psycholinguistics cannot escape prosody. In Proc. Intl. Conf. on Speech Prosody, pages 83-88, 2002.
- [2] J. Fodor. Learning to parse. *Journal of Psycholinguistic Research*, 27:285-318, 1998.
- [3] K. Steinhauer, K. Alter and A. Friederici. Prosodic boundaries, comma rules and brain responses: The Closure Positive Shift in the ERPs as a universal marker for prosodic phrasing in listeners and readers. *Journal of Psycholinguistic Research*, 30: 267-295, 2001.
- [4] K. Steinhauer. Electrophysiological correlates of prosody and punctuation. *Brain and Language*, 86:142-164, 2003.
- [5] D. Quinn, E. Fernandez, R. de Almeida, S. Bradley and J. Fodor. Prosodic phrasing predicts RC attachment in French and English silent reading In Proc Amlap Conf, pages, Saarbrücken, 2001.
- [6] J. Pynte, J. and S. Colonna. Decoupling syntactic parsing from visual inspection: The case of relative clause attachment in French. In Reading as a Perceptual Process, A. Kennedy (eds), 529-547, 2000.
- [7] S. June. Prosodic phrasing and attachment preferences. *Journal of Psycholinguistics Research*, 32, pages 219-249, 2003.
- [8] C. Herrman, A. Friederici, U. Oertel, B. Maess, A. Hahne and K. Alter. The brain generates its own sentence melody: A Gestalt phenomenon in speech perception. *Brain and Language*, 85:396-401, 2003.
- [9] M. Meyer, K. Steinhauer, K. Alter, A. Friederici and Y. von Cramon. Brain activity varies with modulation of dynamic pitch variance in sentence melody. *Brain and Language*, 89:277-289, 2004.