

# Effet du type de bruit sur le démasquage binaural chez l'adulte dyslexique

M. Dole<sup>1</sup>, M. Hoen<sup>2</sup>, F. Meunier<sup>1</sup>

1. Laboratoire Dynamique du Langage, UMR 5596, Lyon, France

2. Stem Cell and Brain Institute, U846, Bron, France  
marjorie.dole@univ-lyon2.fr

## ABSTRACT

The purpose of our study was to determine how binaural cues are used by dyslexic listener during speech-in-noise comprehension. We therefore designed a study testing binaural unmasking depending on the nature of the interfering noise. 15 adult dyslexics were tested using auditory stimuli made up of words presented in different types of noise (stationary noise, fluctuating noise and cocktail party noise) and in different stimulation configurations (dichotic, monaural and hybrid monaural/dichotic configuration).

Our results demonstrated important masking effects in the monaural condition. We observed a binaural unmasking ability in dyslexic participants, but only in the case of high-level informational masking.

**Keywords:** speech-in-noise, binaural unmasking, dyslexia, informational masking, energetic masking.

## 1. INTRODUCTION

La dyslexie développementale est définie comme un trouble de l'apprentissage affectant l'acquisition des compétences en lecture et en écriture. Plusieurs hypothèses ont été avancées pour expliquer les causes de ce trouble, la plus courante étant celle d'un déficit dans l'utilisation et/ou la représentation de l'information phonologique. Ces troubles phonologiques pourraient reposer sur un déficit de perception de la parole. Cependant, peu d'études ont réussi à montrer un tel déficit et les résultats sont plutôt ambigus [1-3], peut être parce que de nombreuses études ont cherché à mettre en évidence ce déficit dans des conditions d'écoute silencieuse. Or, les troubles caractérisant les dyslexiques sont souvent difficiles à observer en condition non-aversive, alors qu'ils sont magnifiés dans des situations plus difficiles (stress, bruit concurrent, etc).

Depuis quelques années, plusieurs études se sont ainsi intéressées à la perception de la parole dans le bruit chez le dyslexique. Ces études ont montré chez des enfants ayant des troubles développementaux du langage un déficit de perception de la parole dans le bruit mais pas dans le silence [4-5]. Ces données sont corroborées par des données neurophysiologiques montrant des réponses neuronales altérées dans le bruit mais pas dans le silence [6].

Du point de vue cortical, de nombreuses études expliquent l'origine du trouble dyslexique par un dysfonctionnement des aires temporelles postérieures gauche associées au traitement phonologique [7]. La dyslexie semble aussi associée à des asymétries

fonctionnelles moins marquées voire absentes; des résultats en MEG ont par exemple montré que la N1m enregistrée en réponse à la syllabe /ba/ était localisée plus postérieurement dans le cortex auditif droit chez les sujets dyslexiques adultes, produisant un pattern plus symétrique que chez les sujets normo-lecteurs [8]. Des enregistrements de potentiels évoqués auditifs en réponse aux syllabes /ba/ et /pa/ montrent une altération de la latéralisation à gauche chez des sujets adultes ayant un historique de dyslexie [9]. Au niveau anatomique, des anomalies péri-sylviennes ont été observées, telles qu'une moindre asymétrie du *planum temporale* corrélée aux résultats lors d'une tâche d'écoute dichotique [10], ou une moindre asymétrie des régions pariétales inférieures [11].

Ces anomalies de l'asymétrie corticale semblent aller de pair avec, au niveau périphérique, une réduction de l'asymétrie du système auditif efférent. Il s'agit d'une voie neuronale partant du cortex auditif primaire pour exercer un rétrocontrôle au niveau cochléaire et qui semble par ailleurs être impliquée dans la compréhension de la parole dans le bruit [12]. En 2007, Veuillet et al. ont montré une réduction de l'asymétrie de ce système chez des enfants dyslexiques, corrélée à une altération de la perception du voisement [13].

Ainsi il est envisageable que le déficit comportemental de perception de la parole dans le bruit observé chez les dyslexiques puisse être mis en rapport avec des anomalies structurales et fonctionnelles de l'asymétrie du système auditif. Une explication possible serait que ce défaut d'asymétrie observé chez les sujets dyslexiques soit un frein à l'utilisation d'indices acoustiques binauraux comme les différences interaurales, indices cruciaux pour la compréhension de la parole bruitée. Afin de tester la capacité d'utilisation de ces indices chez le sujet dyslexique, nous proposons une expérience de compréhension de la parole dans le bruit comparant des configurations d'écoute favorisant l'utilisation d'indices binauraux (démasquage binaural) ou au contraire l'abolissant (écoute monaurale). Ceci nous permettra d'évaluer les capacités de démasquage binaural chez le sujet dyslexique adulte, en fonction de la nature du bruit utilisé.

Le démasquage binaural est défini comme l'amélioration de l'intelligibilité d'un mot cible présenté avec du bruit dans les deux oreilles par rapport à une situation d'écoute monaurale où cible et bruit sont présentés dans une seule oreille. Il est notamment dû à l'utilisation d'indices binauraux qui aident à séparer les deux flux concurrents selon des critères spatiaux. Des résultats précédemment obtenus chez le sujet normo-lecteur ont montré que cet

effet de démasquage est plus important dans le cas d'un masquage informationnel de haut niveau (bruit de parole) que d'un masquage informationnel de bas niveau (bruit large spectre fluctuant) ou d'un masquage énergétique (bruit large spectre stationnaire) [14].

Le but de notre étude est donc d'évaluer de quelle manière le démasquage binaural est modulé chez le sujet dyslexique, en étudiant son amplitude dans différentes conditions de masquage.

## 2. METHODE

### 2.1. Participants et procédures

15 participants diagnostiqués dyslexiques ont participé à l'expérience. Tous sont de langue maternelle française, de 18 à 44 ans, droitiers et sans troubles auditifs. Leurs seuils auditifs ont été vérifiés à l'aide d'une audiométrie tonale ; sont exclues de l'expérimentation les personnes ayant des seuils auditifs supérieurs à 20dB dans le silence dans une gamme de fréquence de 125 à 8000 Hz.

Leur tâche consiste à écouter des stimuli auditifs, présentés à l'aide d'un casque audio (Beyerdynamic DT48, 200  $\Omega$ ). Les stimuli sont composés de mots présentés dans du bruit. Il est demandé aux sujets de répéter le mot qu'ils ont entendu.

### 2.2. Stimuli

#### Mots cibles

126 mots bisyllabiques ont été sélectionnés dans une gamme de fréquence d'occurrence moyenne (de 0.23 à 338.19, moyenne : 16.81, D.S. : 43.74) selon la base de donnée Lexique 2 [15]. Ils sont prononcés par une voix féminine et enregistrés dans une pièce insonorisée.

#### Bruits

Trois types de bruits ont été utilisés : un bruit de paroles (Cocktail), un bruit fluctuant (Fluctuating Noise, FN) et un bruit stationnaire (Broadband Noise, BBN).

Le bruit de Cocktail a été construit en mélangeant 4 voix (2 voix féminines, 2 masculines) ; chaque locuteur a été enregistré dans une pièce insonorisée, lisant des extraits de journaux français. Chaque extrait individuel a été traité selon le protocole suivant : 1) suppression des silences de plus de 1 seconde ; 2) suppression des phrases contenant des erreurs de prononciation, une prosodie exagérée ou des noms propres ; 3) réduction du bruit optimisée pour les signaux de parole ; 4) normalisation à 80dBA ; 5) mixage de chaque source afin d'obtenir un cocktail à 4 voix.

Le bruit fluctuant (FN) contient les mêmes caractéristiques spectro-temporelles que le bruit Cocktail. Pour ceci, nous avons extrait de notre bruit Cocktail l'enveloppe temporelle en dessous de 60Hz, puis nous avons calculé l'énergie spectrale du signal d'origine et en avons extrait la distribution des phases (Transformée de Fourier). Les phases ont ensuite été redistribuées de

façon aléatoire, puis réinjectées dans l'enveloppe temporelle du signal d'origine. Enfin, l'énergie globale du signal obtenu a été ajustée à celle du signal original. Le bruit résultant possède donc la même énergie spectrale et la même enveloppe temporelle que le signal original, mais sans informations linguistiques. Le bruit stationnaire (BBN) a été généré de la même manière, mais en éliminant l'enveloppe temporelle du signal d'origine. Il contient donc uniquement l'information spectrale du signal d'origine.

#### Stimuli et listes de mots

Les stimuli ont été générés en mixant chaque mot avec une séquence de 4 secondes de bruit, le mot étant toujours inséré à 2,5 secondes.

3 configurations de présentation ont été testées : 1) une configuration dichotique (S\_N), avec le mot cible présenté dans une oreille et le bruit présenté dans l'oreille controlatérale ; 2) une configuration monaurale (SN\_Si), avec le mot et le bruit présentés dans l'oreille cible ; 3) une configuration hybride monaurale/dichotique (SN\_N) avec le mot diffusé dans l'oreille cible et le bruit diffusé dans les deux oreilles, cette dernière configuration donnant lieu à un effet de démasquage binaural en comparaison avec la condition monaurale. Pour chaque configuration, les 3 bruits ont été testés, ce qui donne 9 conditions de stimulation, avec 14 mots par condition.

**Table 1.** Conditions utilisées dans cette expérience

Condition	Oreille cible	Oreille controlatérale	Bruit
S_N	Mot	Bruit	BBN / FN / Cocktail
SN_Si	Mot / Bruit	Silence	BBN / FN / Cocktail
SN_N	Mot / Bruit	Bruit	BBN / FN / Cocktail

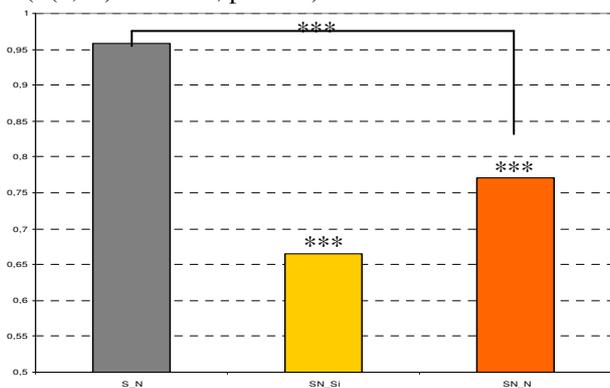
Les stimuli ont été présentés à une intensité de 65dB, avec un rapport signal/bruit de 0 dB dans l'oreille ipsilatérale et une intensité dans l'oreille contralatérale de 20dB inférieure à l'oreille ipsilatérale.

9 listes de stimuli ont été créées, afin qu'à travers les listes, chaque mot soit présenté dans chaque bruit et avec chaque configuration de présentation. Dans chaque liste, les fréquences d'occurrence des mots sont contrebalancées entre les différentes conditions. Chaque sujet écoute deux listes de 63 mots, l'une étant présentée dans l'oreille gauche, l'autre dans l'oreille droite. A travers les sujets, l'ordre de présentation des deux listes est contrebalancé.

## 3. RESULTATS

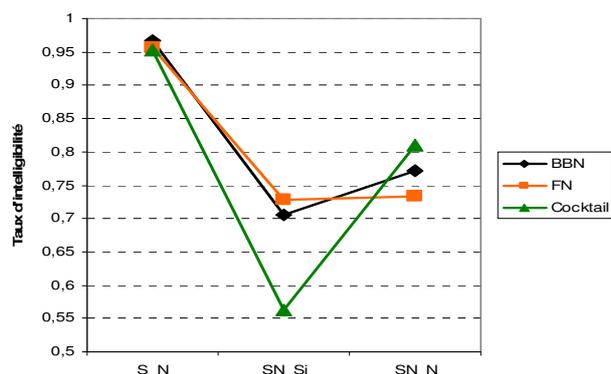
Les pourcentages de mots correctement restitués (taux d'identification) ont été utilisés comme variable dépendante dans une ANOVA à mesures répétées, avec l'oreille de présentation du mot (Oreille), le bruit (Bruit) et la configuration de présentation (Configuration) comme facteurs intra-sujets.

Cette analyse a révélé un effet significatif de la Configuration ( $F(2,28)=110.95$ ,  $p<.001$ , Figure 1). Selon les comparaisons planifiées, nous obtenons des performances meilleures pour la condition S\_N que pour la condition SN\_Si ( $F(1,14)=254.867$ ,  $p<.001$ ). L'ajout d'un bruit controlatéral améliore les performances dans la condition SN\_N par rapport à la condition SN\_Si ( $F(1,14)=17.05$ ,  $p<.005$ ). Les performances pour les conditions S\_N et SN\_N sont également différentes ( $F(1,14)=181.167$ ,  $p<.001$ ).



**Figure 1 :** Taux d'intelligibilité en fonction de la configuration de présentation.

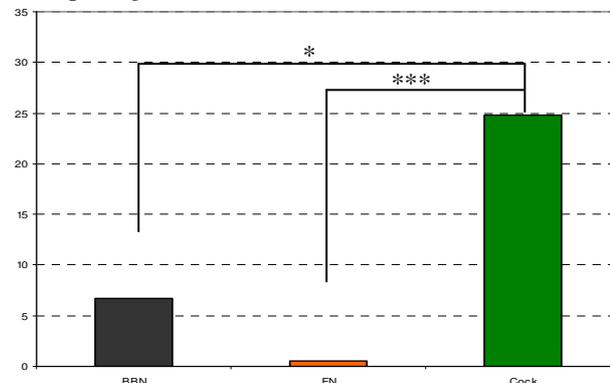
L'ANOVA n'a pas révélé d'effets principaux de l'Oreille ( $F<1$ , n.s.) ni du Bruit ( $F(2,28) = 2.094$ , n.s.). En revanche, l'interaction Configuration \* Bruit (Figure 2) est significative ( $F(4,56) = 4.953$ ,  $p<.005$ ), montrant que dans les conditions S\_N et SN\_N les bruits ne diffèrent pas entre eux alors que dans la condition SN\_Si le bruit Cocktail crée plus de difficultés de compréhension que le BBN ( $F(1,14)=5.676$ ,  $p<.05$ ) et le FN ( $F(1,14)=14.411$ ,  $p<.005$ ). L'effet de démasquage binaural est significatif lorsque le bruit utilisé est du Cocktail, avec de meilleures performances en configuration SN\_N par rapport à la configuration SN\_Si ( $F(1,14)=24.807$ ,  $p<.001$ ) ; cet effet n'est pas présent pour les bruits BBN ( $F(1,14)=1.887$ , n.s.) et FN ( $F<1$ , n.s.).



**Figure 2 :** Taux d'identification correcte en fonction du bruit et de la configuration de présentation

L'amplitude du démasquage binaural a été évaluée en soustrayant les performances obtenues dans la condition SN\_Si de celles obtenues dans la condition SN\_N (Figure 3). Une ANOVA à 1 facteur a été effectuée, avec le Bruit comme facteur intra-sujets.

Nous avons ainsi observé un effet significatif de ce facteur ( $F(2,28)=6.839$ ,  $p<.005$ ). Les comparaisons planifiées ont révélé un démasquage pour le bruit Cocktail significativement plus important que celui obtenu pour le bruit BBN ( $F(1,14)=5.44$ ,  $p<.05$ ) et pour le bruit FN ( $F(1,14)=14.484$ ,  $p<.005$ ), tandis que l'effet de démasquage binaural obtenu pour les bruits BBN et FN n'est pas significativement différent ( $F<1$ , n.s.).



**Figure 3 :** Amplitude du démasquage binaural en fonction du type de bruit.

#### 4. DISCUSSION

Nous avons cherché ici à étudier l'influence du type de bruit sur le démasquage binaural chez les dyslexiques adultes. Nos résultats ont montré qu'en condition dichotique, les sujets obtiennent 96% de bonnes réponses. En effet, dans cette condition, la séparation entre les deux sources est maximale, et les sujets n'ont donc aucune difficulté à les discriminer. En condition monaurale, nous avons observé un effet de masquage important du mot cible par le bruit, avec des performances chutant à 66%. En effet, dans cette condition, la cible et le bruit concurrent sont situés du même côté, et les sujets ne disposent d'aucun indice spatial pour les aider à discriminer les deux flux. Cet effet est particulièrement important dans le cadre d'un masquage informationnel de haut niveau représenté par la condition Cocktail (56% de réponses correctes). Nous pouvons donc en déduire que les informations linguistiques présentes dans le bruit Cocktail, comme les indices phonologiques et lexicaux, créent davantage d'interférences que des indices de bas niveau comme l'information spectrale (BBN) ou temporelle (FN).

Nous avons également obtenu un effet de démasquage binaural, avec des performances globales s'améliorant dans la condition SN\_N (77% de réponses correctes). Les comparaisons planifiées nous ont cependant montré que cet effet de démasquage binaural n'est présent que dans le cas d'un masquage informationnel de haut niveau. Nos sujets semblent ne montrer aucun effet de démasquage pour les bruits BBN et SN. Ceci semble suggérer que nos sujets dyslexiques utilisent les indices binauraux pour compenser la présence du bruit environnant, mais seulement lorsque ces indices sont de nature linguistique.

Lors d'une expérience précédente [14], nous avons réalisé la même expérience avec 76 sujets normo-lecteurs

(NL). La différence résidait dans la tâche demandée aux participants, qui devaient noter eux-mêmes leurs réponses sur une feuille de papier. Bien que la constitution d'un groupe contrôle effectuant une tâche similaire soit nécessaire, nous avons comparé les performances de nos deux groupes à l'aide d'une ANOVA à mesures répétées, avec la Population comme facteur inter-sujets, et le Bruit et la Configuration comme facteurs intra-sujets. Cette analyse révèle un effet significatif de la population : d'un point de vue global, les dyslexiques ont des performances inférieures à celles des NL ( $F(1,91)=5.834, p<.05$ ). Nous n'obtenons aucune différence entre les deux groupes en configuration monaurale, quel que soit le bruit utilisé. Par contre nous observons des performances inférieures chez les dyslexiques dans la condition SN\_N pour le bruit BBN ( $F(1,91)=7.489, p<.01$ ), et cette différence est proche du seuil de significativité pour le bruit FN ( $F(1,91)=2.886, p=0.093$ ). Ces résultats semblent suggérer chez le sujet dyslexique l'existence d'un déficit du démasquage binaural lorsque la parole est masquée par un bruit physique, et non lorsque le bruit masquant est constitué de paroles.

Ce déficit pourrait en partie expliquer les troubles de la compréhension de la parole dans le bruit, bien que d'autres études soient nécessaires pour expliquer l'absence de déficit du démasquage binaural en situation de parole concurrente. Il est possible que ce résultat puisse s'expliquer par un effet compensatoire, notre groupe de sujets dyslexiques étant principalement constitué d'étudiants de niveau universitaire.

## 5. CONCLUSION

Cette étude avait pour but d'étudier les troubles de la compréhension de la parole dans le bruit chez l'adulte dyslexique. Nos résultats ont permis de mettre en avant un déficit de l'utilisation des indices binauraux lorsque la parole est masquée par un bruit physique. Nous n'avons cependant pas montré de tel déficit pour un masquage informationnel de haut niveau.

## 6. REMERCIEMENTS

Nous remercions la Région Rhône-Alpes (cluster Handicap, Vieillesse, Neurosciences) pour son Allocation Doctorale de Recherche, ainsi que l'European Research Council pour son financement attribué à Fanny Meunier (projet SpiN).

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] W. Serniclaes, S. Van Heghe, P. Mousty, R. Carré and L. Sprenger-Charolles. Allophonic mode of speech perception in dyslexia. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87:336-361, 2004.
- [2] F.R. Manis, C. McBride-Chang, M.S. Seidenberg, P. Keating and al. Are speech perception deficits associated with developmental dyslexia? *Journal of Experimental Child Psychology*, 66: 211-235, 1997.
- [3] P.L. Cornillissen, P.C. Hansen, L. Bradley and J.F. Stein. Analysis of perceptual confusions between nine sets of consonant vowel sounds in normal and dyslexic adults. *Cognition*, 59: 275-306, 1996.
- [4] A.R. Bradlow, N. Kraus and E. Hayes. Speaking clearly for children with learning disabilities: sentence perception in noise. *Journal of Speech Language and Hearing Research*, 46:80-97, 2003.
- [5] J.C. Ziegler, C. Pech-Georgel, F. George and C. Lorenzi. Speech-perception-in-noise deficits in dyslexia. *Developmental Science*, 12:732-745, 2009.
- [6] B. Wible, T. Nicol and N. Kraus. Abnormal neural encoding of repeated speech stimuli in noise in children with learning problems. *Clinical Neurophysiology*, 113: 485-494, 2002.
- [7] M. Habib. The neurological basis of dyslexia. An overview and working hypothesis. *Brain*, 123: 2373-2399, 2000.
- [8] S. Heim, C. Eulitz and T. Elbert. Altered hemispheric asymmetry of auditory N100m in adults with developmental dyslexia. *Neuroreport*, 14: 501-504, 2003.
- [9] K. Giraud, A. Trébuchon-DaFonseca, J.F. Démonet, M. Habib and C. Liégeois-Chauvel. Asymmetry of voice onset time-processing in adult developmental dyslexics. In *Clinical Neurophysiology*, 119: 1652-1663, 2008.
- [10] K. Hugdahl, E. Heiervang, L. Ersland, A. Lundervold, H. Steinmetz and A.I. Smievoll. Significant relation between MR measures of planum temporale area and dichotic processing of syllables in dyslexic children. *Neuropsychologia*, 41: 666-675, 2003.
- [11] F. Robichon, O. Levrier, P. Farnarier and M. Habib. Developmental dyslexia: atypical cortical asymmetries and functional significance. *European Journal of Neurology*, 7: 35-46, 2000.
- [12] A.L. Giraud, S. Garnier, C. Micheyl, G. Lina, A. Chays and S. Chéry-Croze. Auditory efferents involved in speech-in-noise intelligibility. *Neuroreport*, 8: 1779-1783, 1997.
- [13] E. Veuillet, A. Magnan, J. Ecalle, H. Thai-Van and L. Collet. Auditory processing disorder in children with reading disabilities: effect of audiovisual training. *Brain*, 130, 2915-2928, 2007.
- [14] M. Dole, M. Hoen and F. Meunier. Effect of contralateral noise on energetic and informational masking on speech-in-speech intelligibility. In *Proc.Interspeech*, volume 10, pages 136-139, 2009.
- [15] B. New, C. Pallier, M. Brysbaert and L. Ferrand. Lexique 2: a new French lexical database, *Behavior Research Methods, Instruments & Computers*, 36: 516-524, 2004.