

Comment améliorer la sélection et le traitement des messages verbaux ?

Marie Rivenez

Département Sciences Cognitives
IMASSA
BP 73
91233 Bretigny sur Orge, France

m.rivenez@imassa.fr

Chris Darwin

Department of Psychology
University of Sussex
Falmer, Brighton
BN1 9QG, UK

cjd@sussex.ac.uk

Anne Guillaume

Département Sciences Cognitives
IMASSA
BP 73
91233 Bretigny sur Orge, France

aguillaume@imassa.fr

RESUMÉ

L'objectif de cette recherche est d'améliorer la sélection des messages verbaux. Nous cherchons à déterminer les facteurs influençant le traitement d'un message verbal lorsque l'attention est portée sur un autre message. Nous mesurons le traitement non attentionnel des messages en utilisant un paradigme d'amorçage en écoute dichotique : les participants doivent détecter un mot cible appartenant à une catégorie spécifique, parmi une liste de mots présentés rapidement dans l'oreille focalisée (oreille gauche). Le mot amorce (identique d'un point de vue phonologique au mot cible) est présenté dans une phrase juste avant le mot cible dans l'oreille non focalisée (oreille droite). L'effet d'amorçage (TRs plus rapides lorsque l'amorce est le même mot que la cible que lorsque c'est un mot sans rapport) est un indicateur du traitement du message de l'oreille non focalisée. Nous tentons de déterminer le rôle de la différence de hauteur (Expérience 2 et 4) et de timbre (Expérience 3 et 4) entre les messages co-occurents sur le traitement du message non focalisé.

1. INTRODUCTION

L'objectif de cette série d'étude est de mettre en évidence les facteurs permettant de traiter un messages sans attention afin d'améliorer la sélection des messages verbaux.

Le rôle de l'attention dans le traitement de messages verbaux est très controversé. Des études antérieures montrent que l'attention n'est pas nécessaire pour traiter un message verbal ([1], [2], [3], [4], [5]). Ces auteurs soutiennent que les propriétés lexicales et sémantiques des mots peuvent être traitée sans attention.

Rivenez, M.; Darwin, C.; Guillaume, A. (2005) Comment améliorer la sélection et le traitement des messages verbaux ? Dans *Nouvelles orientations pour l'amélioration des techniques audio* (p. 32-1 – 32-12). Compte rendu de réunion RTO-MP-HFM-123, Communication 32. Neuilly-sur-Seine, France : RTO. Disponible sur le site : <http://www.rto.nato.int/abstracts.aps>.

Cependant, dans toutes ces études, l'attention n'était jamais parfaitement contrôlée. Holender (1986) [6] porte sa critique sur le fait que toutes ces études ont utilisé des mots isolés pour constituer le message non focalisé. Hors les mots isolés peuvent, plus facilement que de la parole continue, attirer l'attention des auditeurs. Plusieurs auteurs ont tenté de contrôler l'attention des auditeurs en utilisant de la parole continue pour le message non focalisé ([7], [8], [9], [10], [11]). Aucune de ces études ne montre de traitement des messages non focalisés. Toutefois, cette absence de traitement peut être engendrée, d'une part, par l'utilisation de mesures explicites (les auditeurs doivent explicitement dire ce qu'ils ont entendu du message non focalisé) et indirectes (mesures off-line) du traitement du message non focalisé et, d'autre part, l'utilisation de voix similaires pour les deux messages co-occurents.

En effet, la capacité à suivre un message présenté simultanément à un autre message est sérieusement dégradée lorsque les messages co-occurents sont prononcés avec la même voix ([12], [13]). Brungart (2001a) [12] et Brungart, Simpson, Ericson, & Scott (2001) [13] montrent que, lorsque deux messages co-occurents sont prononcés par la même personne, les auditeurs identifient correctement les phrases dans 50 % des cas, lorsque ils sont prononcés par deux personnes différentes mais de même sexe, les performances passent à 75 % et elles passent à 85 % lorsque les messages sont prononcés par des locuteurs de sexe différent.

Les paramètres déterminant dans la différenciation du sexe des voix sont la hauteur tonale, déterminée par la fréquence fondamentale et le timbre, déterminé par la longueur de tractus vocal qui modifie la fréquence des formants.

La hauteur tonale est un indice particulièrement utile pour ségréger des messages simultanés. Une différence de fréquence fondamentale permet d'aider la ségrégation de deux voyelles simultanées [14]. La fréquence fondamentale joue un rôle important dans le groupement des formants [15] [16] [17]. La localisation de sons de parole simultanés peut être améliorée par les relations de fréquence fondamentale : le groupement entre fréquence sur la base du délais interaural est rendu possible si les relations de fréquence fondamentale sont concordantes avec celles de localisation [18]. La capacité à suivre un message dans le temps, présenté simultanément à d'autres messages, est aussi largement améliorée lorsque les messages ont une fréquence fondamentale ou une longueur de tractus vocal différents ([19], [20]).

Dans cette recherche, nous tentons de mesurer l'efficacité de ces indices de groupement de hauteur tonale et de timbre sur le traitement de messages verbaux co-occurents. Nous faisons l'hypothèse que le traitement de messages non focalisés par l'attention dépend directement de la disponibilité de ces indices de groupement.

2. METHODE GÉNÉRALE

Afin d'évaluer le traitement d'un message non focalisé, nous utilisons un paradigme d'amorçage en écoute dichotique. Les participants doivent détecter un mot cible appartenant à une catégorie spécifique, parmi une liste de mots présentés rapidement dans l'oreille focalisée (oreille gauche). Le mot amorce (identique d'un point de vue phonologique au mot cible) est présenté soit isolément, soit dans une phrase inepte juste avant le mot cible dans l'oreille non focalisée (oreille droite). L'effet d'amorçage (TRs plus rapides lorsque l'amorce est le même mot que la cible que lorsque c'est un mot sans rapport) est un indicateur du traitement du message de l'oreille non focalisée. Il est calculé en soustrayant les essais pour lesquels la cible est précédée d'une amorce de répétition (condition amorce reliée) aux essais pour lesquels la cible est précédée d'un mot sans rapport (condition amorce non reliée).

L'amorce est toujours non focalisée par l'attention car elle est insérée dans une phrase. Le même locuteur est utilisé pour enregistrer tous les stimuli. Nous aplatissons la fréquence fondamentale du message contenant la cible tandis que les variations prosodiques du message contenant l'amorce sont conservées.

Afin de faciliter la sélection du message focalisé, celui-ci est présenté à un niveau sonore de 72 dB tandis que le message non focalisé est présenté à 60 dB.

Dans l'Expérience 1, nous testons l'effet des relations de fréquence fondamentale entre les messages sur l'effet d'amorçage par une amorce non focalisée. L'Expérience 2 évalue le rôle du timbre sur cet effet d'amorçage. L'Expérience 3 vise à mesurer l'effet conjugué des relations de hauteur tonale et de timbre entre les messages sur l'effet d'amorçage. Enfin, dans l'Expérience 4, nous cherchons à mesurer l'effet d'amorçage par une amorce focalisée, lorsque les deux messages ont la même voix.

3. EXPERIMENT 1

L'objectif de l'Expérience 1 est d'étudier le rôle des relations de hauteur tonale entre des messages co-occurents sur le traitement d'un message non focalisé en mesurant l'effet d'amorçage provoqué par une amorce non focalisée sur une cible focalisée.

3.1. Méthode

Afin de tester l'effet de la hauteur tonale sur le traitement d'un message non focalisé, nous manipulons la fréquence fondamentale (F0) du message focalisé et celle du message non focalisé. Les messages focalisé et non focalisé sont resynthétisés en utilisant l'algorithme PSOLA, sous le logiciel Praat, afin de maintenir le contour de hauteur original.

La fréquence fondamentale moyenne des deux messages est de 140 Hz ou de 180 Hz. Ils peuvent être dans une gamme différente de F0 (différence moyenne de 5 dT) ou dans la même gamme. La Table 1 résume les quatre conditions expérimentales utilisées.

F0	Différente	Similaire	F0	Différente	Similaire
Message focalisé	180Hz	140Hz	Message focalisé	180Hz	140Hz
Message non focalisé	140Hz	140Hz	Message non focalisé	140Hz	140Hz

Table 1: Conditions de relation de F0 entre les messages focalise et non focalise, utilisées dans l'Expérience 1.

Chaque participant est assigné à l'un des 4 groupes de relation de hauteur. Les amorces reliées et non reliées sont contrebalancées dans 2 groupes. Le facteur d'amorçage (condition amorce reliée vs condition amorce non reliée) est un facteur intra sujets tandis que le facteur de relation de hauteur est un facteur inter sujets.

3.2. Participants

80 étudiants de l'Université de Sussex (UK), rémunérés participent à cette expérience. Ils sont tous de langue maternelle anglaise et n'ont pas de trouble du langage, ni de l'attention, ni de l'audition.

3.3. Résultats

Une ANOVA à quatre facteurs est conduite pour l'analyse par participants déclarant les facteur d'amorçage (facteur croisé), de relation de hauteur (contrastant les conditions hauteur différente et hauteur similaire : facteur emboîté), de hauteur tonale du message non focalisé (contrastant les conditions de fréquence fondamentale 140 Hz et 180 Hz : facteur emboîté), et de contrebalancement (facteur emboîté). Une ANOVA a trois facteurs est calculée pour l'analyse par items, déclarant les facteur d'amorçage (facteur croisé), de relation de hauteur (facteur croisé) et de hauteur du message non focalisé (facteur croisé).

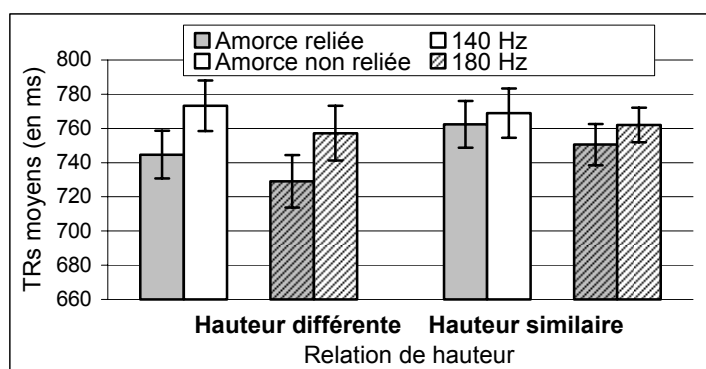


Figure 1: TRs (en ms), obtenus pour l'Expérience 1, moyennés sur les 80 sujets de l'expérience, pour les conditions amorce reliée (colonne grise) et amorce non reliée (colonne blanche) lorsque les messages ont une gamme de hauteur différente (pattern de gauche) et lorsque les messages ont une gamme de hauteur similaire (pattern de droite), et lorsque la fréquence fondamentale moyenne des messages non focalisés est de 140 Hz (colonnes vides) et lorsqu'elle est de 180 Hz (colonnes hachurées). Les barres d'erreur indiquent les erreurs types entre les participants.

Les résultats sont représentés dans la figure 1. Nous trouvons un effet principal du facteur d'amorçage : les TRs moyen sont plus rapides dans la condition amorce reliée (747 ms) que dans la condition amorce non reliée (765 ms). Cet effet d'amorçage de 19 ms est significatif ($F_1(1,72) = 12,35 ; p < 0,0001 ; F_2(1,56) = 22,89 ; p < 0,00001$).

L'effet d'amorçage varie entre les conditions de relation de hauteur : lorsque les deux messages sont dans des gammes de hauteur différentes, l'effet d'amorçage est de 28 ms ($F_1(1,72) = 14,23 ; p < 0,001 ; F_2(1,56) = 25,10 ; p < 0,00001$), tandis que lorsque les deux messages sont dans la même gamme de hauteur, l'effet d'amorçage n'est que de 9 ms et il n'est pas significatif pour l'analyse par participants ($F_1(1,72) = 1,43 ; p = 0,23$), et marginalement significatif pour l'analyse par items ($F_2(1,56) = 3,61 ; p = 0,06$). L'interaction entre les facteurs d'amorçage et de relation de hauteur est marginalement significative pour les participants ($F_1(2,72) = 3,32 ; p = 0,07$), et significative pour les items ($F_2(1,56) = 7,49 ; p < 0,01$).

3.4. Discussion

L'Expérience 1 montre un effet d'amorçage de 28 ms, lorsque la hauteur timbre des messages focalisé et non focalisé est différente. Cette expérience montre qu'il est possible d'obtenir un effet d'amorçage non attentionnel, en insérant l'amorce dans de la parole continue afin d'éviter les basculement attentionnel. Par ailleurs, il apparaît que les relations de hauteur entre les messages co-occurents sont déterminantes dans le traitement d'un message non focalisé. Lorsque l'attention n'est pas portée sur un message présenté simultanément à un autre message, il est nécessaire que les messages co-occurents aient une hauteur tonale différente pour que le message non focalisé soit traité. Nos données contredisent les conclusions de Holender (1986) [6] et Dupoux et al. (2003) [11] concernant l'incapacité des auditeurs à traiter un messages non focalisé par l'attention. Cette contradiction s'explique par le fait que les études passées, qui n'ont pas montré de traitement des messages non focalisé, ont toutes utilisé la même voix pour les messages co-occurents ([7], [8], [9], [10], [11]).

Les résultats de l'Expérience 1 suggèrent que la présence d'indices de groupement, permettant de ségréger correctement et de façon stable au cours du temps des messages simultanés, est nécessaire pour le traitement lexical des messages non focalisés. Si cette hypothèse est vraie, alors le fait de procurer n'importe quel autre indice de groupement (comme par ex. le timbre) aux auditeurs devrait leur permettre de traiter lexicalement un message non focalisé. Nous testons cette hypothèse en introduisant une différence de timbre entre les messages, sans qu'il n'y ait de différence de hauteur tonale.

4. EXPERIMENT 2

L'objectif de l'Expérience 2 est de tester le rôle d'un autre indice de groupement sur le traitement d'un message non focalisé à savoir le timbre.

4.1. Méthode

Nous utilisons la même méthode générale que celle décrite plus haut. Les messages focalisés sont prononcés par le même locuteur (F_0 moyenne = 140 Hz). Ils sont donc dans la même gamme de hauteur. Nous manipulons les relations de timbre entre les voix en changeant la longueur de tractus vocal (TV) des messages. La différence de longueur de tractus vocal peut être de 15 ou 30 % entre les messages. Pour chaque condition de différence de longueur de TV, nous allongeons de 15 % le message focalisé ou le message non focalisé. Afin d'obtenir une différence de longueur de 30 % entre les messages, cet allongement est associé à un raccourcissement de 15 % de l'autre message. La longueur de TV est changée à l'aide de l'algorithme PSOLA (voir [19] pour le détail des manipulations). Nous construisons ainsi 4 conditions de différence de TV. Étant donné que nous contrebalançons les amorces reliées et les amorces non reliées, nous obtenons 8 conditions expérimentales, chaque participant étant assigné à l'une de ces 8 conditions.

4.2. Participants

120 étudiants de l'Université de Sussex (UK), rémunérés participent à cette expérience. Ils sont tous de langue maternelle anglaise et n'ont pas de trouble du langage, ni de l'attention, ni de l'audition.

4.3. Résultats

Une ANOVA à trois facteurs est calculée pour l'analyse par items, déclarant les facteurs d'amorçage (facteur croisé), de différence de tractus vocal (facteur croisé) et de message auquel est appliqué l'allongement du tractus vocal (facteur croisé).

Nous trouvons un effet principal du facteur d'amorçage : les TRs moyens sont plus rapides dans la condition amorce reliée (783 ms) que dans la condition amorce non reliée (796 ms). Cet effet d'amorçage de 13 ms est significatif ($F_1(1,112) = 9,93 ; p < 0,005 ; F_2(1,54) = 16,16 ; p < 0,005$). Aucune interaction entre l'effet d'amorçage et les autres facteurs de l'expérience n'est trouvée. Les TRs sont représentés dans la figure 17, dans laquelle nous avons moyenné les conditions de message pour lequel est appliqué l'allongement du tractus vocal. L'effet d'amorçage ainsi que les barres d'erreur, pour les participants et les items, trouvés pour les deux conditions de longueur de tractus vocal, est représenté dans la figure 18. Cette figure indique que l'effet d'amorçage semble plus important pour une différence de longueur de tractus vocal de 30 % (16 ms) que de 15 % (10 ms). Cependant, l'absence d'interaction significative entre le facteur d'amorçage et celui de différence de longueur de tractus vocal montre que cette différence de taille d'effet d'amorçage n'est pas systématique.

Un effet principal du facteur de différence de timbre est trouvée pour l'analyse par items indiquant uniquement ($F_2(1,54) = 12,92 ; p < 0,001$) : les TRs sont significativement plus rapides lorsque la différence de longueur de tractus vocal entre les deux messages est de 15 % que lorsqu'elle est de 30 %.

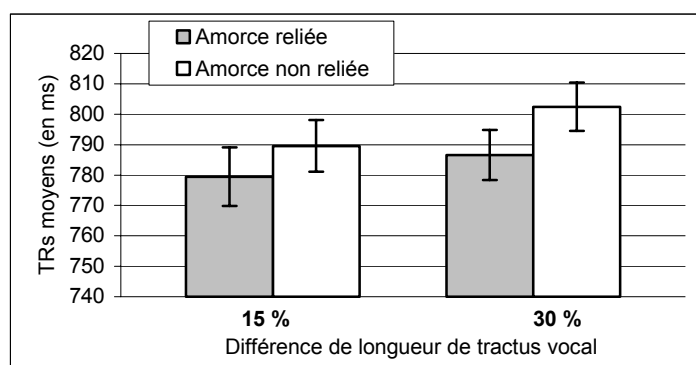


Figure 2: TRs (en ms), obtenus pour l'Expérience 1, moyennés sur les 120 sujets de l'expérience, pour les conditions amorce reliée (colonne grise) et amorce non reliée (colonne blanche) lorsque les messages ont une différence de longueur de tractus vocal de 15 % (pattern de gauche) et lorsque cette différence est de 30 % (pattern de droite), moyennés pour les deux conditions d'application de l'allongement du tractus vocal. Les barres d'erreur indiquent les erreurs types entre les participants.

4.4. Discussion

L'Expérience 2 montre un effet d'amorçage de 13 ms, lorsque les messages co-occurents diffèrent sur la dimension du timbre. Ces données sont cohérentes avec celles des études montrant que le timbre est un indice de groupement très robuste pour suivre un message dans le temps ([19], [20], [21]). Nous montrons qu'en l'absence d'une différence de hauteur tonale, une différence de timbre entre des messages co-occurents permet de traiter un message sur lequel l'attention n'est pas portée. Il semble donc que le traitement d'un message non focalisé dépende des mêmes facteurs que l'organisation perceptive des signaux de parole. Cette observation suggère que le traitement d'un message non focalisé présuppose qu'il soit bien ségrégué des messages co-occurents et que cette ségrégation dépend de la présence d'indices de groupement.

Les études sur la capacité à suivre un message présenté simultanément à d'autres messages montrent que les performances sont toujours meilleures lorsque les voix des messages co-occurents sont produites par des locuteurs de sexe différent, que lorsque le seul indice disponible est soit la hauteur, soit le timbre. Les paramètres principaux qui permettent de discriminer des voix de sexe différent sont la fréquence fondamentale et la longueur de tractus vocal. Il est donc possible que le traitement d'un message non focalisé soit maximisé en mettant en conjonction les indices de hauteur tonale et de timbre. C'est ce que nous faisons dans l'Expérience 3, dans laquelle nous utilisons des messages ayant à la fois une hauteur et un timbre différents.

5. EXPERIMENT 3

Les études sur les indices permettant de suivre un message présenté simultanément à d'autres messages, indiquent que les auditeurs tirent plus de bénéfice d'une conjonction des indices de fréquence fondamentale et de tractus vocal que de ces mêmes indices séparément ([20]). Darwin, Brungart, & Simpson (2003) montrent que les indices de hauteur et de timbre sont super-additifs, c'est-à-dire que la conjonction de ces indices engendre des performances meilleures que la simple addition des performances obtenues avec un seul de ces indices. Dans cette expérience, nous cherchons à tester l'effet de la conjonction de ces indices de groupement sur l'effet d'amorçage.

5.1. Méthode

Le matériel et la procédure sont les mêmes que ceux des expériences précédentes, sauf que les messages focalisé et non focalisé ont une hauteur et un timbre différents. Le message focalisé a une F0 aplatie de 180 Hz et son timbre est inchangé. Le message non focalisé a F0 moyenne de 140 Hz et sa longueur de TV est augmentée de 15 % (avec l’algorithme PSOLA). Ainsi les messages focalisé et non focalisé diffèrent du point de vue de leur F0 (5 dT d’écart) et de leur timbre (15 % d’écart). Les amorces reliées et non reliée sont contrebalancée dans 2 groupes. Les participants sont assignés à l’un de ces 23 groupes.

5.2. Participants

26 étudiants de l’Université de Sussex (UK), rémunérés participent à cette expérience. Ils sont tous de langue maternelle anglaise et n’ont pas de trouble du langage, ni de l’attention, ni de l’audition.

5.3. Résultats

Une ANOVA à deux facteurs est conduite pour l’analyse par participants déclarant les facteur d’amorçage (facteur croisé), et de contrebalancement (facteur emboîté). Un test t est conduit pour l’analyse par items, déclarant le facteur d’amorçage (facteur croisé).

Les résultats sont représentés dans la figure 3. Nous trouvons un effet principal du facteur d’amorçage : les TRs moyen sont plus rapides dans la condition amorce reliée (761 ms) que dans la condition amorce non reliée (793 ms). Cet effet d’amorçage de 32 ms est significatif ($F_1(1,24) = 12,77 ; p < 0,005 ; t(57) = 5,11 ; p < 0,00001$). Aucune interaction entre l’effet d’amorçage et le facteur de contrebalancement n’est trouvée.

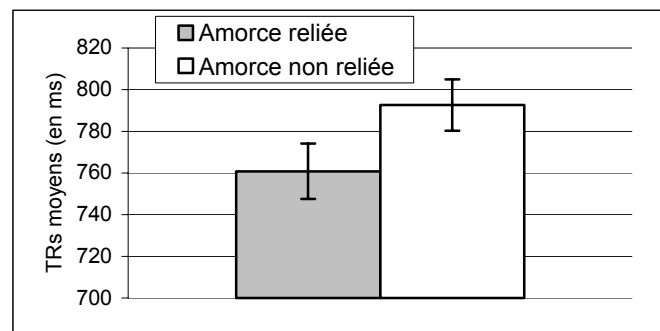


Figure 3: TRs (en ms), obtenus pour l’Expérience 2, moyennés sur les 26 sujets de l’expérience, pour les conditions amorce reliée (colonne grise) et amorce non reliée (colonne blanche). Les barres d’erreur indiquent les erreur types entre les participants.

L’Expérience 3 a pour objectif de tester l’effet de la conjonction des indices de groupement de hauteur et de timbre sur l’effet d’amorçage. Aux vues des expériences passées, nous faisons l’hypothèse d’une augmentation de l’effet d’amorçage en mettant deux indices de groupement à disposition. Nous ajoutons cette section afin de comparer directement l’effet d’amorçage trouvé pour les conditions expérimentales dans lesquelles des indices de groupement sont disponibles. Nous comparons l’effet d’amorçage de la condition de différence de hauteur de l’expérience 1 (moyennée pour les deux conditions de différence de hauteur), la condition de différence de longueur de tractus vocal de l’Expérience 2 (moyennée pour les deux différences de longueur utilisées), et l’Expérience 3. Nous avons donc les conditions d’indice de groupement suivantes : (a) – Hauteur différente ; (b) – Timbre différent ; (c) – Conjonction d’indices de hauteur et de timbre.

Nous conduisons une ANOVA sur l'effet d'amorçage, pour l'analyse par participants déclarant le facteur d'indice de groupement (comparant les conditions a, b et c : facteur emboîté). Pour l'analyse par item, nous conduisons une ANOVA sur l'effet d'amorçage, déclarant le facteur d'indice de groupement (facteur croisé). Etant donné que certains items sont supprimés lors du nettoyage des données pour chaque expérience, il y a certaines valeurs manquantes dans cette dernière analyse.

Les résultats sont présentés dans la figure 20. Les analyses statistiques indiquent un effet principal du facteur d'indice de groupement significatif ($F_1(2,183) = 3,09 ; p < 0,05 ; F_2(2,108) = 3,14 ; p < 0,05$). Les comparaisons planifiées indiquent que l'effet d'amorçage est le même pour les conditions de conjonction d'indices (32 ms) et de différence de hauteur (28 ms) ($F_1 < 1 ; F_2 < 1$), mais il est significativement plus élevé que pour les condition timbre différent (13 ms) ($F_1(1,183) = 6,15 ; p = 0,05 ; F_2(1,54) = 9,88 ; p < 0,005$).

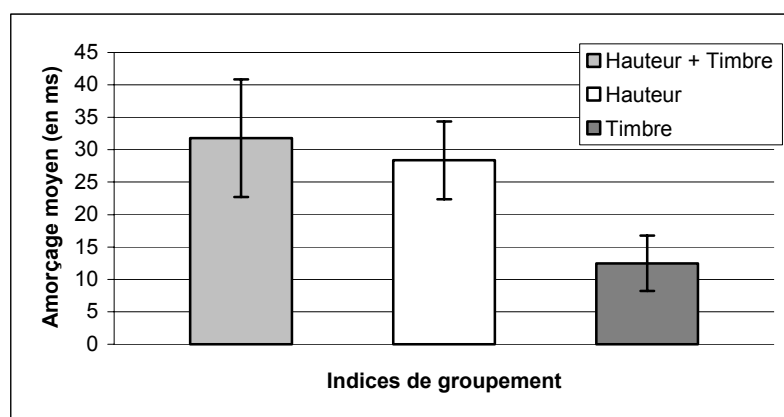


Figure 4: Effet d'amorçage (condition amorce non reliée – amorce reliée, mesuré en ms) obtenu pour les 3 conditions d'indice de groupement (différence de hauteur et de timbre – Expérience 3 –, colonne gris clair ; différence de hauteur – Expérience 1 –, colonne blanche ; différence de longueur de tractus vocal – Expérience 2 –, colonne gris foncé droite). Les barres d'erreur indiquent les erreurs types entre les participants.

5.4. Discussion

Les résultats de l'Expérience 3 montrent un effet d'amorçage de 32 ms, lorsque la hauteur et le timbre des messages focalisé et non focalisé sont différents. La comparaison de cette expérience avec celles contenant un seul indice de groupement (soit la hauteur, soit le timbre) indique que la conjonction des indices engendre un effet d'amorçage plus élevé (32 ms) que lorsque le seul indice est le timbre (13 ms). En revanche, l'effet d'amorçage n'est pas plus important que lorsque le seul indice présent est la hauteur (28 ms). Cette absence de différence suggère que seule la différence de hauteur tonale est à l'origine de l'effet d'amorçage trouvé dans l'Expérience 3.

L'Expérience 3 montre que le traitement d'un message non focalisé est principalement déterminé par la différence de hauteur tonale entre les messages co-occurents.

6. DISCUSSION GÉNÉRALE

L'attention est-elle nécessaire pour traiter des messages co-occurents ?

Nous montrons qu'il est possible d'obtenir un effet d'amorçage par une amorce non focalisée et insérée dans de la parole continue afin d'éviter les basculements attentionnels. Ce résultat s'oppose à Holender (1986) et Dupoux et al. (2003) qui suggèrent que le traitement de messages non focalisé n'est possible qu'avec des basculements attentionnels.

L'effet d'amorçage trouvé indique que lorsque des auditeurs doivent effectuer une tâche nécessitant une forte charge attentionnelle, ils sont capables de traiter un message sur lequel ils ne portent pas leur attention.

Quels facteurs rendent possible le traitement d'un message non focalisé ?

Nous montrons que le traitement de messages non focalisés dépend de la différence de hauteur (Expérience 1) ou de timbre (Expérience 2) entre les messages focalisé et non focalisé. Les indices de groupement de hauteur et de timbre permettent de ségréger les messages et de les maintenir séparés au cours du temps. Toutefois les auditeurs montrent une préférence pour l'indice de hauteur. En effet, lorsque la hauteur et le timbre sont associés, l'effet d'amorçage, mesurant le traitement du message non focalisé, n'est pas différent de celui trouvé lorsque seule la hauteur est disponible (Expérience 3).

La conjonction de ces indices ne permet pas d'augmenter l'effet d'amorçage, ce qui montre que ces indices n'ont pas un effet additif sur le traitement d'un message non focalisé. Ces données ne vont pas dans le sens de celles de Darwin et al. (2003) qui montrent que la hauteur et le timbre ont des effets super-additifs sur la capacité à suivre un message sélectionné dans le temps. Ces observations suggèrent que les indices de groupement ne sont pas utilisés de la même façon pour suivre et traiter un message focalisé et un message non focalisé. En effet, La différence entre notre expérience et celle des auteurs réside dans l'attention portée aux messages. Dans notre expérience, les indices de ségrégation permettent de suivre un message non focalisé, tandis qu'ils permettent de suivre un message focalisé dans les expériences de Darwin et al. (2003). Ces données suggèrent qu'en l'absence d'attention, la hauteur est préférentiellement utilisée pour suivre et traiter un message dans le temps mais que son efficacité ne peut être magnifiée en présence d'un autre indice de groupement tel que le timbre.

Il faut, néanmoins, noter que la différence de tractus vocal utilisée dans cette expérience est de 15 %, ce qui correspond à la condition engendrant un plus faible effet d'amorçage (10 ms), lorsque la longueur de tractus vocal est le seul indice disponible. Même si l'Expérience 7 n'indique pas d'interaction significative entre le facteur d'amorçage et le facteur de taille de la différence du tractus vocal, il est possible que lorsque la différence de hauteur tonale est de 5dT, l'ajout d'une différence de tractus vocal supérieure pourrait renforcer l'effet d'amorçage et ainsi maximiser le traitement du message non focalisé. Par ailleurs, les différences de hauteur (5 dT) et de longueur de tractus vocal (15 %) utilisées ne permettent pas un changement de sexe de voix. Pour opérer un changement de sexe de voix, il est judicieux d'associer la différence de longueur de tractus vocal de 15 % à une différence d'une octave. Il est donc possible que le traitement de messages non focalisé soit maximisé en changeant le sexe des voix.

7. CONCLUSION

Comment améliorer la sélection et le traitement de messages verbaux ?

Nous suggérons que lorsque le traitement d'un message non focalisé est possible, la sélection des informations pertinentes devrait être améliorée. En effet, il devrait être plus aisé pour l'opérateur de basculer son attention sur les messages importants s'il les a déjà préalablement traités. Les données exposées suggèrent que la présentation des messages verbaux doit tenir compte de la charge attentionnelle des auditeurs. Dans une situation à charge attentionnelle élevée (les auditeurs ne peuvent accorder beaucoup d'attention à certains messages), les indices de groupement, classiquement utilisés pour suivre des messages dans le temps (localisation ([22]), intensité ([18]), prosodie, hauteur, timbre), ne sont pas tous utilisés de la même façon que lorsque la charge attentionnelle n'est pas élevée (les auditeurs peuvent ont suffisamment de ressources attentionnelles pour traiter certaines messages). En effet, lorsque les messages sont prononcés par la même voix, les auditeurs ne peuvent tirer profit de la différence de localisation des messages ni de leur différence de niveau sonore pour traiter le message non focalisé. Il semble donc important de tenir compte des mécanismes perceptifs impliqués dans le traitement de la parole afin de maximiser l'efficacité de la sélection et du traitement des informations auditives.

Deux conclusions sont donc à retenir : (a) - Lorsque la charge attentionnelle des auditeurs est élevée, les messages non focalisés par les auditeurs peuvent être traités. Le niveau de traitement de ces informations reste toutefois à tester. (b) - Afin d'optimiser le traitement de messages non focalisés il est nécessaire et suffisant que les messages co-occurents soient dans une gamme de hauteur différente des messages focalisés. La présentation des informations verbales dans les environnements nécessitant une charge attentionnelles élevée devrait tenir compte de ces indications.

8. REFERENCES

- [1] Eich, E. (1984). Memory for unattended events: Remembering with and without awareness, *Memory and Cognition*, 12, 105-111.
- [2] Forster, P. M., & Govier, E. (1978). Discrimination without awareness? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 30, 289-295..
- [3] Lewis, J. (1970). Semantic processing of unattended messages using dichotic listening. *Journal of Experimental Psychology*, 85, 225-228.
- [4] McKay, D. G. (1973). Aspects of a theory of comprehension, memory and attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 25, 22-40.
- [5] Norman, D. A. (1969). Memory while shadowing. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 21, 85-93.
- [6] Holender, D. (1986). Semantic activation without conscious identification in dichotic listening, parafoveal vision, and visual masking: A survey and appraisal. *The behavioral and Brain Sciences*, 9, 1-66.
- [7] Treisman (1960). Contextual cues in selective listening. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 12, 242-248.

- [8] Newstead, S. E., & Dennis, I. (1979). Lexical and grammatical processing of unshadowed messages: a re-examination of the McKay effect. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 31, 477-488.
- [9] Treisman (1964c). Effect of irrelevant material on the efficiency of selective listening. *American Journal of Psychology*, 77, 533-546.
- [10] Wood, N., Stadler, M. A., & Cowan, N. (1997). Is there explicit memory without attention? A re-examination of task demands in Eich's (1984) procedure. *Memory and Cognition*, 25, 772-779.
- [11] Dupoux, Kouider, & Mehler, J. (2003). Lexical access without attention? Exploration using dichotic priming. *Journal of Experiment Psychology: Human Perception and Performance*, 29(1), 172-184.
- [12] Brungart, D. S. (2001a). Informational and energetic masking effects in the perception of two simultaneous talkers. *Journal of the Acoustical Society of America*, 109 (3), 1101-1109.
- [13] Brungart, D. S., Simpson, B. D., Ericson, M. A., & Scott, K. R. (2001). Informational and energetic masking effects in the perception of multiple simultaneous talkers. *Journal of the Acoustical Society of America*, 110 (5), 2527-2538.
- [14] Scheffers, M. T. (1983). Shifting vowels: Auditory pitch analysis and sound segregation. Ph.D. thesis. Groningen University, The Netherlands.
- [15] Darwin, C. J. (1981). Perceptual grouping of speech components differing in fundamental frequency and onset-time. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 33A, 185-208.
- [16] Culling, J. F., & Darwin, C. J. (1993). Perceptual separation of simultaneous vowels: within and across-formant grouping by F0. *Journal of the Acoustical Society of America*, 93, 3454-3467.
- [17] Bird, J., & Darwin, C. J. (1998). Effects of a difference in fundamental frequency in separating two sentences. In A. R. Palmer, A. Rees, A. Q. Summerfield, & R. Meddis (Eds), *Psychophysical and Physiological Advances in Hearing*, Whurr: London, pp. 263-269.
- [18] Hill, N. I., & Darwin, C. J. (1993). Effect of onset asynchrony and of mistuning on the lateralization of a pure tone embedded in a harmonic complex. *Journal of the Acoustical Society of America*, 93, 2307-2308.
- [19] Darwin, C. J., Brungart, D. S., & Simpson, B. D. (2003). Effect of fundamental frequency and vocal tract length changes on attention to one of two simultaneous talkers. *Journal of the Acoustical Society of America*, 114 (5), 2913-2922.
- [20] Darwin, C. J., & Hukin, J. (2000a). Effectiveness of spatial cues, prosody and talker characteristics in selective attention. *Journal of the Acoustical Society of America*, 107, 970-977.
- [21] Darwin, C. J., & Hukin, J. (2000b). Effect of reverberation on spatial, prosodic and vocal tract size cues to selective attention. *Journal of the Acoustical Society of America*, 108, 335-342.
- [22] Culling, J. F., Hawley, M. L., & Litovsky, R. Y. (2004). The role of head-induced interaural time and level differences in the speech reception threshold for multiple interfering sound sources. *Journal of the Acoustical Society of America*, 116 (2), 1057-1065.

