

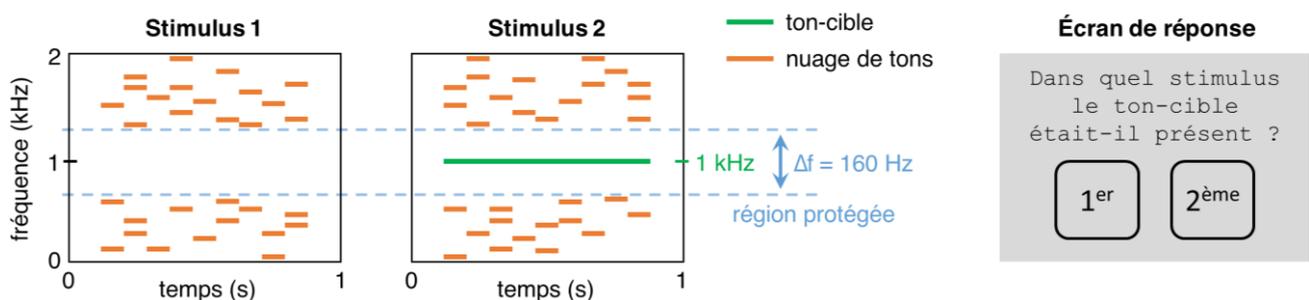
# Examen de Perception et Psychoacoustique

Session 2021-2022 - durée : 2h - tous documents papier autorisés

## I. Effet de masquage informationnel [11 pts]

Dans un récent article, la chercheuse Emma Holmes et son collègue Timothy Griffiths ont tenté de mettre en évidence l'existence d'un phénomène perceptif appelé « masquage informationnel ». Contrairement au masquage auditif « classique » étudié en cours, l'effet de masquage informationnel **ne résulte pas** du recouvrement du pattern d'excitation d'un son par un autre. Les deux scientifiques ont réalisé une expérience psychoacoustique afin de mesurer l'effet du masquage informationnel dans le cas de la détection d'un ton pur. Voici une version résumée du protocole expérimental suivi :

L'expérience principale consistait en une tâche de détection de ton pur dans un bruit. À chaque essai, deux stimuli successifs d'une durée de 1 seconde étaient présentés, séparés par un intervalle de silence de 400 ms. L'un des deux stimuli, choisi aléatoirement, contenait un ton pur « cible » à la fréquence 1 kHz. De plus, un bruit appelé « nuage de tons » était présent dans les deux stimuli. Ce bruit était composé de tons brefs répartis aléatoirement entre 0 et 2 kHz à l'exception d'une région protégée d'une largeur  $\Delta f = 160$  Hz autour de la fréquence cible (1 kHz). La tâche demandée aux participants et participantes consistait à indiquer lequel des deux stimuli (1<sup>er</sup> ou 2<sup>ème</sup>) contenait le ton-cible. La figure 1 résume graphiquement le déroulement d'un essai.



**Figure 1.** Exemple d'essai présenté lors de l'expérience : deux stimuli successifs suivis d'un écran de réponse.

Au cours de l'expérience, l'intensité  $I$  du ton-cible était variée selon une procédure adaptative 1-up 1-down afin d'estimer le seuil à 50%. Chaque escalier débutait à une intensité  $I = 65$  dB SPL, qui évoluait ensuite par pas de 2 dB en fonction des bonnes et mauvaises réponses du participant ou de la participante. Un escalier se terminait après 10 renversements (réponse correcte suivie d'une réponse incorrecte ou inversement). [...]

### Questions :

1) Quel est le type de tâche psychophysique demandée aux participants et participantes ? [1 pt]

**Tâche de détection** (détection d'un ton pur masqué), ainsi qu'indiqué en ligne 1 : pour chaque stimulus les participant.e.s doivent détecter si le ton est présent ou non. Autre indice : il s'agit d'une expérience de type masquage/audiogramme, toujours fondée sur la mesure de seuils de détection. Il ne s'agit pas d'une tâche de discrimination (qui correspondrait à la question « avez-vous entendu une différence entre le stimulus 1 et le stimulus 2 ? »). Même si ce n'est pas conventionnel, on pourrait éventuellement envisager cette tâche

comme une catégorisation/identification (attention : identification de chaque stimulus en tant que cible ou non-cible mais pas identification de l'intervalle contenant la cible. Ce dernier aspect correspond au paradigme, non à la tâche).

2) Quelle est la dimension de variation des stimuli ? [1 pt]

**L'intensité I du ton-cible** : c'est la caractéristique acoustique qui est modifiée au cours de l'expérience pour mesurer son effet sur la perception. D'autres paramètres varient (par exemple la composition du nuage de ton) mais de façon complètement aléatoire et ils ne sont pas l'objet de l'étude – ils ne font donc pas partie des dimensions de variation.

3) Quelle méthode psychophysique a été utilisée dans cette étude ? [1 pts]

Comme indiqué dans le texte il s'agit d'une **procédure adaptative du type escalier psychophysique 1-up 1-down**.

4) Quel est le paradigme expérimental ? [1 pts]

Le paradigme expérimental est un **2AFC (choix forcé à 2 alternatives)**. En effet, 2 stimuli sont présentés et le participant doit sélectionner l'un des deux, la définition d'un 2AFC.

5) Pour quelle(s) raison(s) les scientifiques ont-ils choisi de définir une « région protégée » autour du ton cible ? Indice : à 1 kHz, l'*Equivalent Rectangular Bandwidth* (ERB) a une largeur de 160 Hz. [3 pts]

L'objectif est ici de mesurer un effet de masquage informationnel, dont on nous dit qu'il ne résulte pas d'un effet de recouvrement du pattern d'excitation. Le but de la région protégée est de s'assurer que le pattern d'excitation du masque ne déborde jamais sur celui du ton à détecter (puisque les filtres auditifs ont une largeur d'environ 160 Hz dans cette région), et donc que l'effet mesuré correspond uniquement à un filtrage informationnel. En d'autres termes, les scientifiques prennent soin d'isoler le phénomène qui les intéresse, ici en éliminant la possibilité de mesurer un effet de masquage « classique ».

De façon secondaire, cette région protégée permet également d'éviter tout phénomène de battement ou de confusion entre le ton-cible et le nuage de ton.

6) Dans un second temps, les scientifiques ont réalisé la même expérience sans le bruit « nuage de tons ». Comment appelle-t-on la mesure obtenue à l'issue de cette seconde expérience ? Quelle est l'utilité de cette mesure complémentaire dans le cadre de cette étude ? [2 pts]

En l'absence de bruit, l'expérience revient à une mesure de seuil de détection de ton pur dans le silence, aussi appelé seuil d'audibilité tonale ou pure-tone threshold. On pourrait le voir également comme un audiogramme mesuré à une seule fréquence.

Cette mesure est très importante dans le cadre de cette étude : les scientifiques s'intéressent à mettre en évidence un effet de masquage c'est-à-dire à mesurer une perte d'audibilité causée par la présence d'un nuage de ton. Pour cela, il est nécessaire de comparer la perception « normale » (sans masque) et la perception en présence du nuage de ton (de même que dans les expériences de masquage « classique » on compare le seuil d'audibilité tonale et le seuil d'audibilité tonale en présence d'un ton masquant).

7) Le seuil mesuré en présence du bruit « nuage de tons » s'avère significativement moins bon que celui mesuré en l'absence de bruit. Que peut-on en conclure ? Quelles informations concernant le phénomène de masquage informationnel peuvent être tirées de cette expérience ? [3 pts]

Le seuil de détection en l'absence de bruit étant réduit lorsqu'on réalise exactement la même expérience mais en présence de bruit, on a bien mis en évidence un effet de masquage. Qui plus est, on s'est assuré

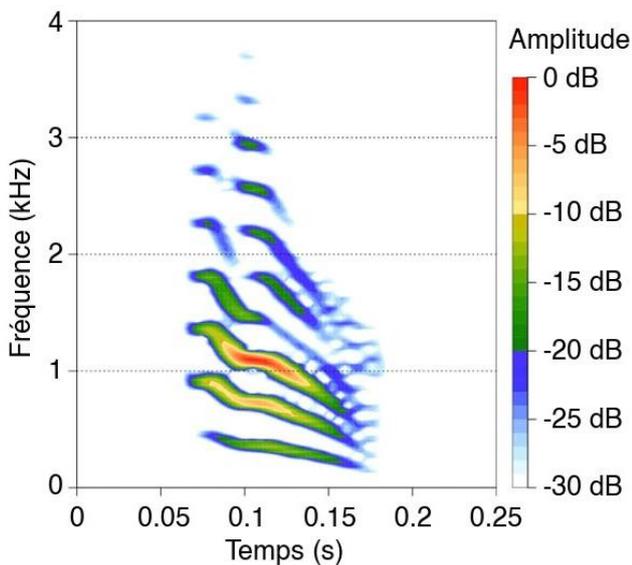
(question 5) qu'il ne s'agit pas d'un masquage dû au recouvrement des patterns d'excitation, il ne peut donc s'agir qu'un effet de masquage informationnel. Bref, l'objectif de l'étude est atteint : **on a bien mis en évidence un effet de masquage informationnel.**

On peut également en conclure que contrairement au masquage classique vu en cours le masquage informationnel ne peut a priori pas avoir lieu au niveau de la cochlée (puisque du fait de la région protégée le ton cible et le nuage de ton stimulent des régions différentes de la cochlée). Il s'agit donc a priori d'un phénomène haut-niveau, c'est-à-dire qui a lieu dans le système auditif central.

## II. Communication acoustique chez le caïman à lunettes [9 pts]

Les caïmans adultes communiquent relativement peu entre eux. En revanche, les jeunes caïmans poussent souvent des « cris d'alarme » en cas de danger. Lorsqu'une femelle caïman perçoit l'un de ces cris particuliers, elle se précipite immédiatement vers la source du son afin de défendre les jeunes caïmans contre les prédateurs éventuels. La communication entre caïmans adultes et jeunes est donc essentielle à la survie de l'espèce, c'est pourquoi les scientifiques s'y intéressent tout particulièrement.

Vous êtes envoyé-e en mission par le CNRS dans les plaines marécageuses du Venezuela, l'habitat naturel des caïmans à lunettes. Votre équipement comporte des systèmes d'enregistrement, de traitement, et de diffusion de sons. L'objectif de votre mission est de répondre à la question suivante : quelles caractéristiques acoustiques des cris d'alarme permettent aux femelles caïmans de les reconnaître parmi les autres sons de leur environnement ? En particulier, quelle est la sensibilité des caïmans aux différentes harmoniques qui composent ce type de sons particuliers (voir Figure 2) ? Proposez un protocole psychoacoustique visant à répondre à cette question en adaptant les concepts vus en cours à l'étude de la perception auditive chez le caïman à lunettes. Vous veillerez à détailler les étapes de votre réflexion et à souligner les limites éventuelles de l'approche que vous préconisez.



**Figure 2.** Spectrogramme d'un cri d'alarme de caïman à lunettes. Ces signaux de communication sont typiquement très brefs ( $\approx 0.1$  s) et présentent une structure harmonique avec une modulation de fréquence descendante.

Naturellement, cette expérience perceptuelle doit être précédée d'une étude de terrain sur le comportement des caïmans et d'enregistrements de leurs cris, mais au vu de l'énoncé on peut supposer que cela a été déjà réalisé. On s'intéresse donc à l'expérimentation psychoacoustique à proprement parler.

La difficulté principale, outre le terrain peu propice à l'expérimentation, est bien évidemment que les animaux ne peuvent pas donner une réponse verbale quant à leur perception des stimuli. Il faut donc ruser en jouant sur le fait que certains stimuli (les cris d'appels) les font réagir de façon très marquée. La présence d'une réaction de la femelle caïman pourra être utilisée comme un indicateur qu'elle a bien perçu le son en tant que cri d'appel. Ceci restreint le type d'expérience qu'il sera possible de mener : on ne peut imaginer par exemple demander une tâche de discrimination (qui suppose de répondre « identique » ou « différent ») ni un paradigme 2AFC (qui nécessite d'écouter deux sons avant de donner une réponse). Nous sommes donc amenés à utiliser une **tâche de catégorisation** (cri d'alarme vs. pas cri d'alarme) et un **paradigme yes/no**<sup>1</sup>.

Pour la méthode, si l'on veut répondre à la question posée : « quelle est la sensibilité des caïmans... » l'unique option est d'utiliser un **protocole en stimuli constants**, le seul à pouvoir donner une estimation de sensibilité (la pente de la fonction psychométrique). Etant donné la difficulté de l'expérimentation sur les caïmans, on pourrait néanmoins imaginer utiliser un protocole moins coûteux en temps, par exemple la méthode des limites ascendante (c'est-à-dire en présentant des sons qui ne sont pas perçus comme des cris d'alarme jusqu'à aboutir à un son qui fait réagir le sujet-caïman). Cette deuxième solution ne nous donnera néanmoins pas une caractérisation très fine de la perception chez le caïman et ne permettra pas d'obtenir une mesure de sensibilité.

Finalement, l'un des points critiques est le choix des stimuli et de la dimension de variation. L'objectif est de séparer (plus ou moins finement) les différentes harmoniques pour identifier leurs rôles respectifs. Plusieurs solutions sont envisageables pour arriver à cette fin. Le plus simple d'un point de vue technique serait de filtrer les cris d'alarme passe-haut ou passe bas avec différentes fréquences de coupure, dans l'esprit de l'expérience de filtrage vue dans le cours de psycholinguistique. On peut également envisager de reconstituer des cris d'alarme synthétiques composés de N harmoniques (N étant variable), de façon similaire à l'expérience de parole synthétique vue dans le cours de psycholinguistique.

L'expérience consistera donc à présenter des sons plus ou moins altérés (plus ou moins filtrés ou avec plus ou moins d'harmoniques), dans un ordre aléatoire, sûrement en plusieurs sessions différentes réparties sur plusieurs jours pour éviter tout stress excessif. En fonction des moyens matériels il est envisageable de répéter l'opération sur un nombre assez large de caïmans pour s'affranchir de la variabilité.

À supposer que l'on parte sur une expérience de ce type, les limites possibles sont la variabilité inconnue des réactions des caïmans, la présence possible d'un biais de réponse lié à la tâche yes/no, les difficultés de contrôler le niveau de présentation des stimuli (puisqu'ils seront présentés en extérieur à des animaux libres de leurs mouvements) et l'environnement acoustique, et la longueur de l'expérience qui va rendre la réalisation difficile... mais pas impossible, cf. par exemple : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22820991/> De plus, décider si la modulation de fréquence joue un rôle dans la perception nécessitera une seconde expérience.

Notez que toute autre proposition d'expérimentation (notamment de protocole et de dimension de variation) était acceptée tant qu'elle était suffisamment justifiée

---

<sup>1</sup> Dans le cas d'une expérience sur des animaux on nomme plutôt ce genre de paradigme un « go/no-go », la différence avec le yes/no étant que c'est l'absence de réaction qui est considérée comme une réponse « no ».