



MRC

Cognition and
Brain Sciences Unit

Implants cochléaires:
Mécanismes d'excitation du nerf auditif et
Implications pour les stratégies de codage des sons

Olivier Macherey

Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique, Marseille

Lundi 10 Décembre 2012, Journées JPS

Plan

- (1) Fonctionnement et limites de l'implant cochléaire
- (2) Transmisison des indices spectraux
- (3) Transmission des indices temporels

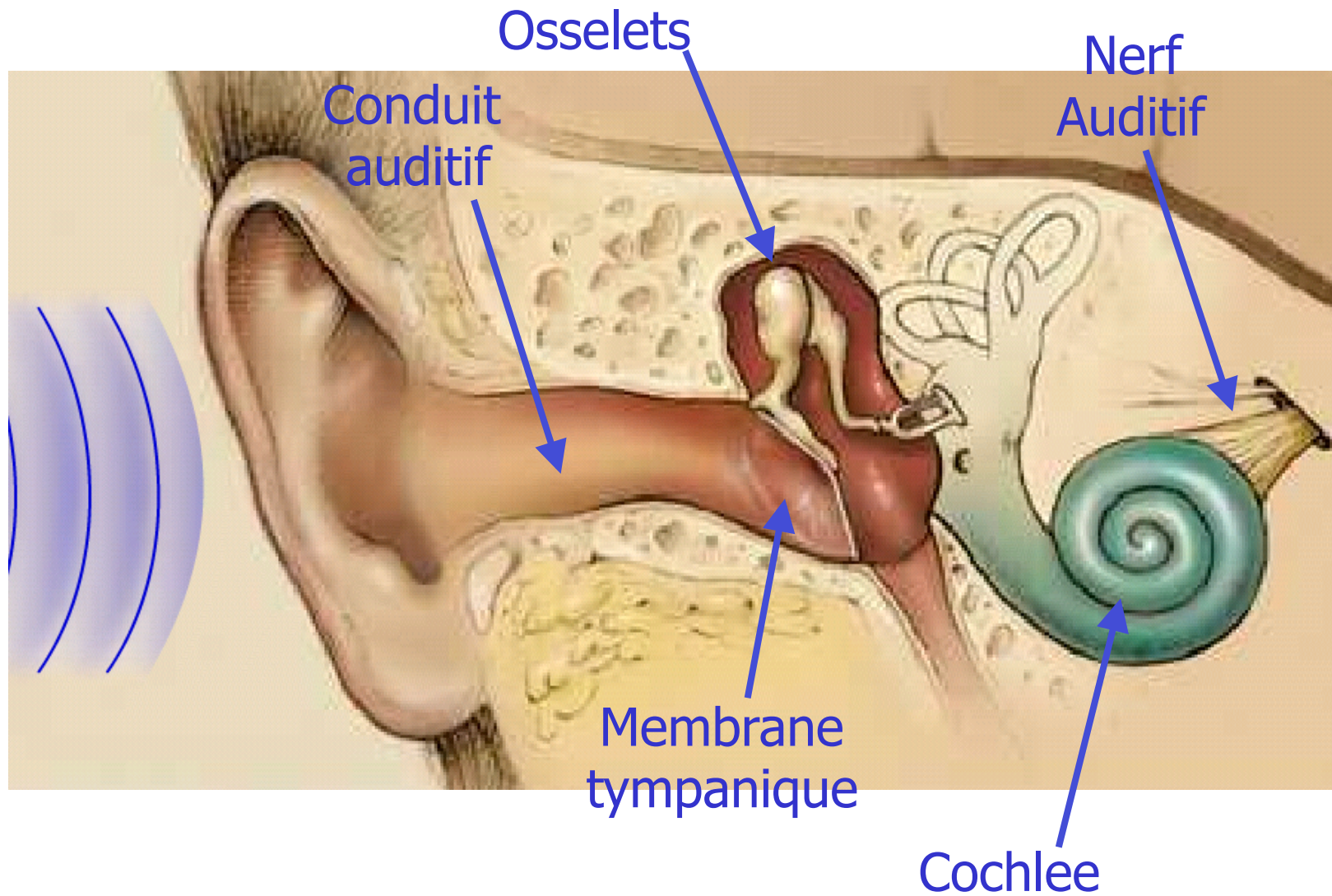
Plan

(1) Fonctionnement et limites de l'implant cochléaire

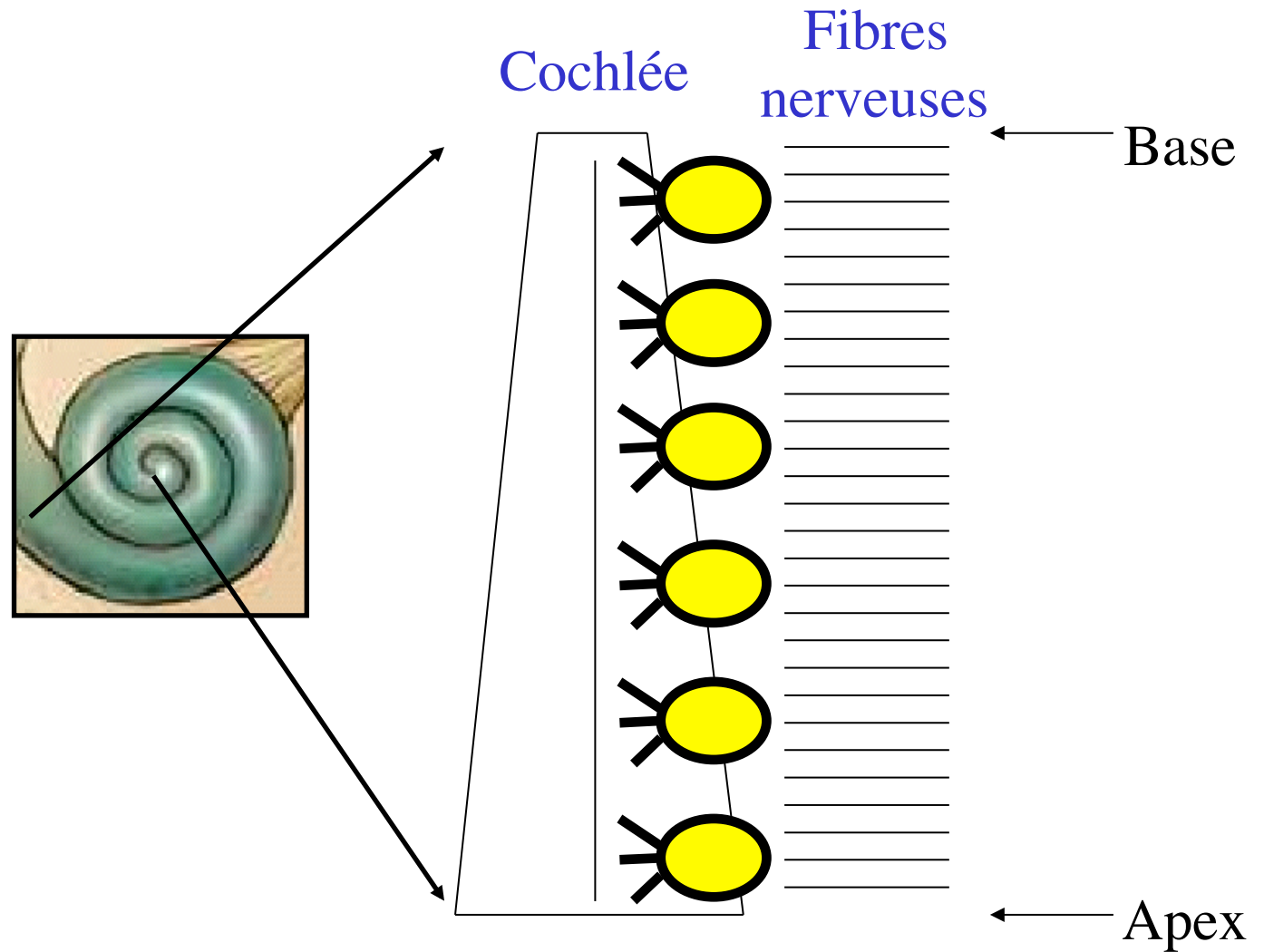
(2) Transmisison des indices spectraux

(3) Transmission des indices temporels

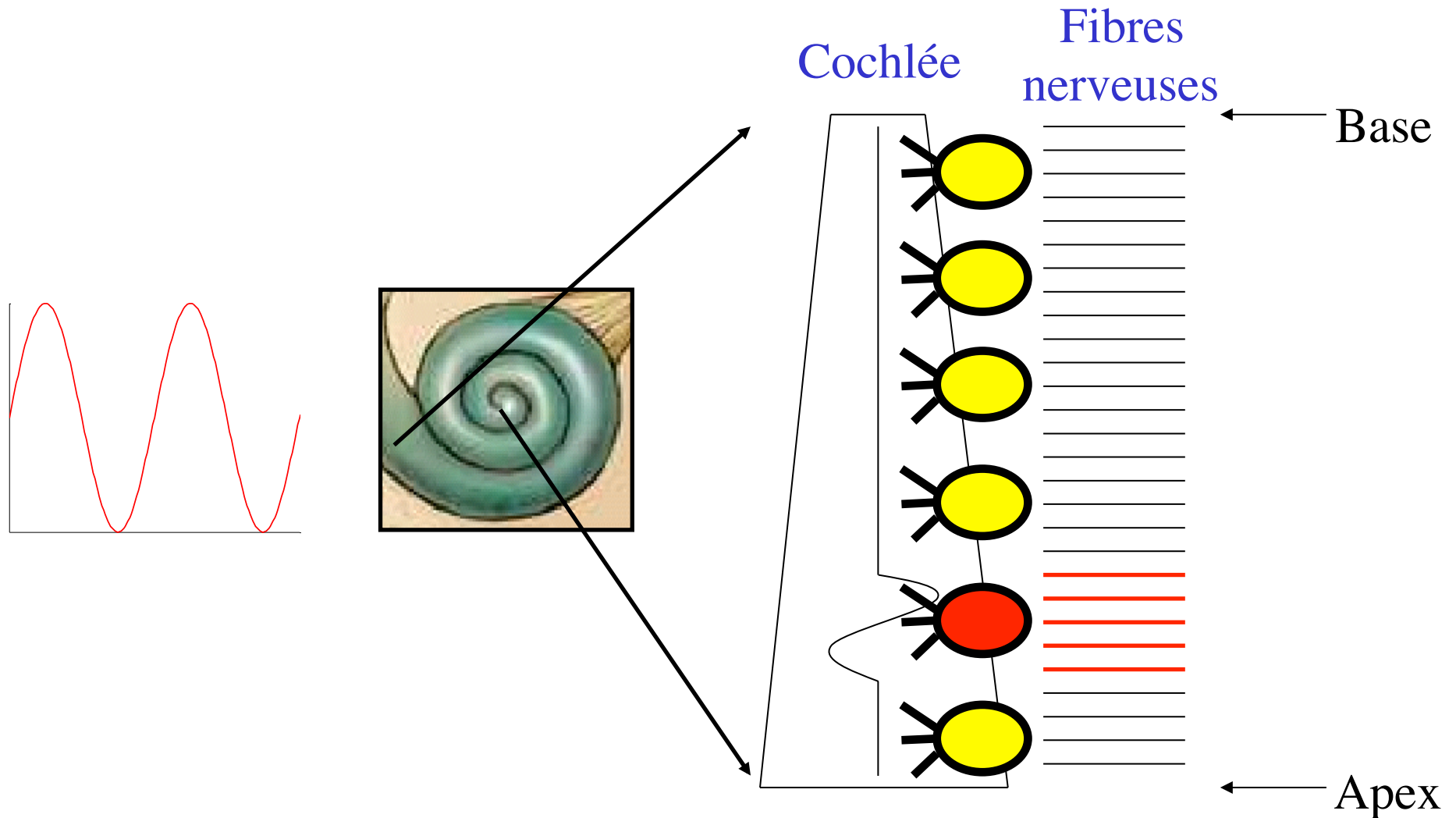
Normo-Entendant



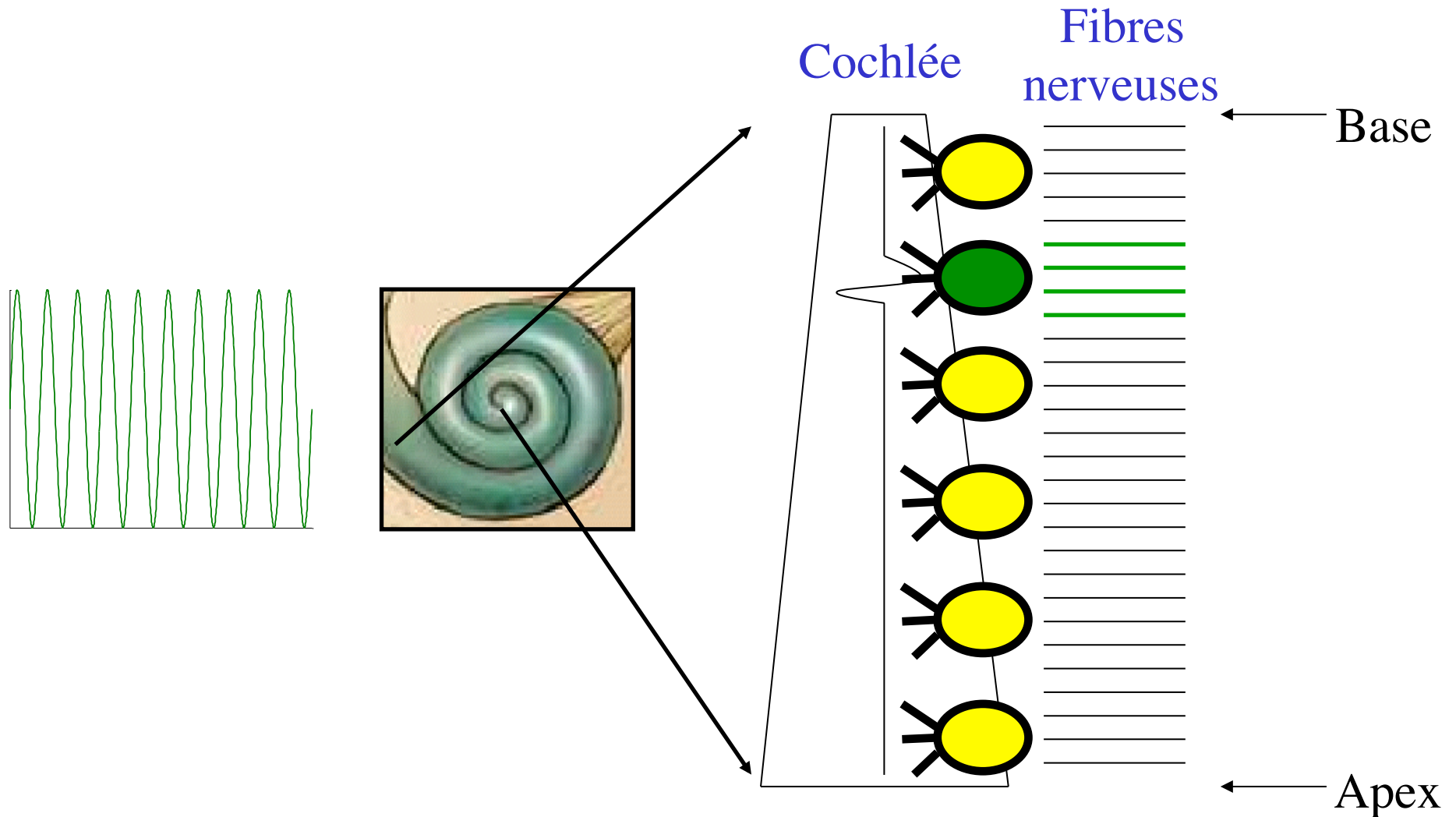
Organisation tonotopique de la cochlée



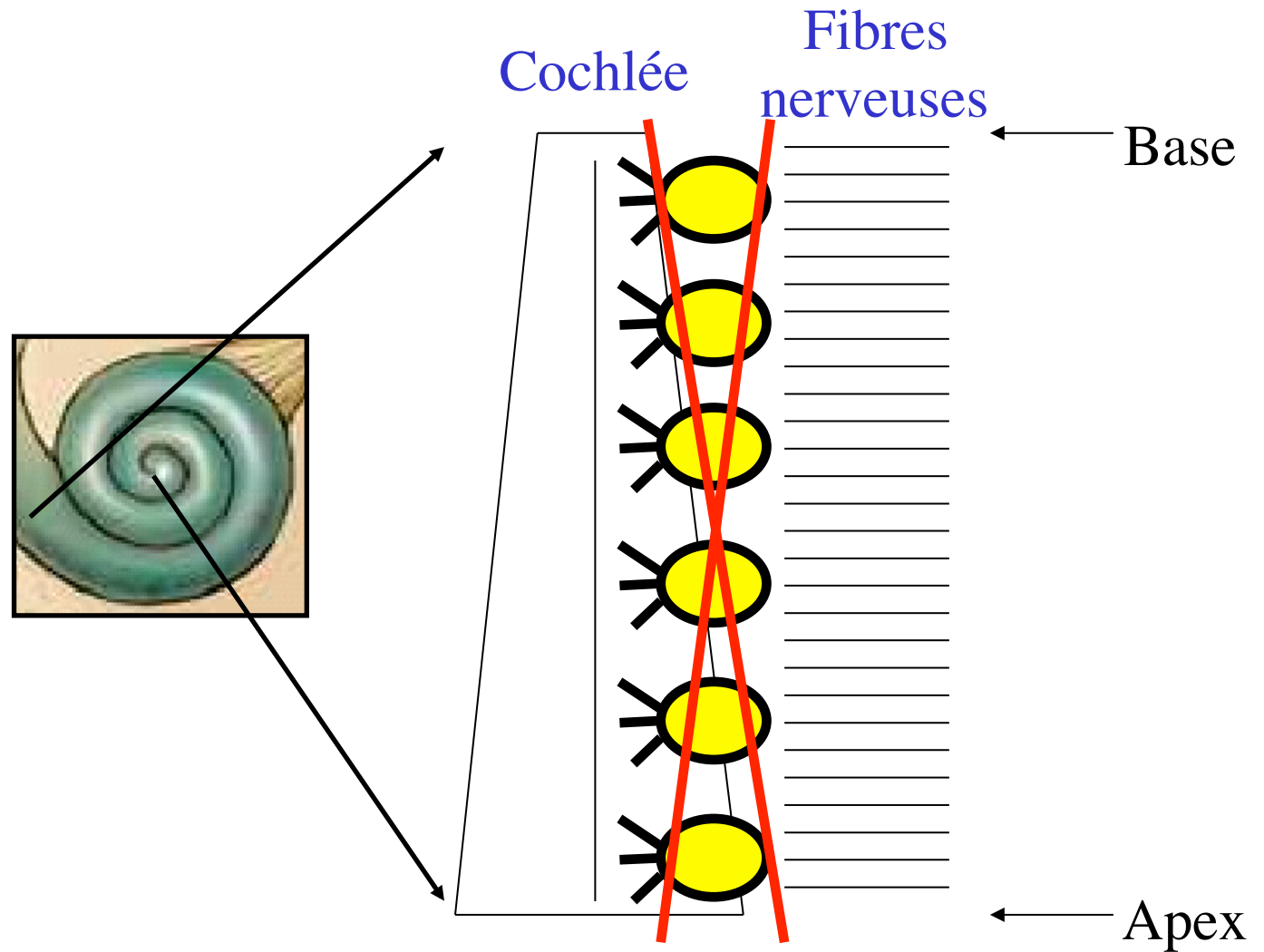
Organisation tonotopique de la cochlée



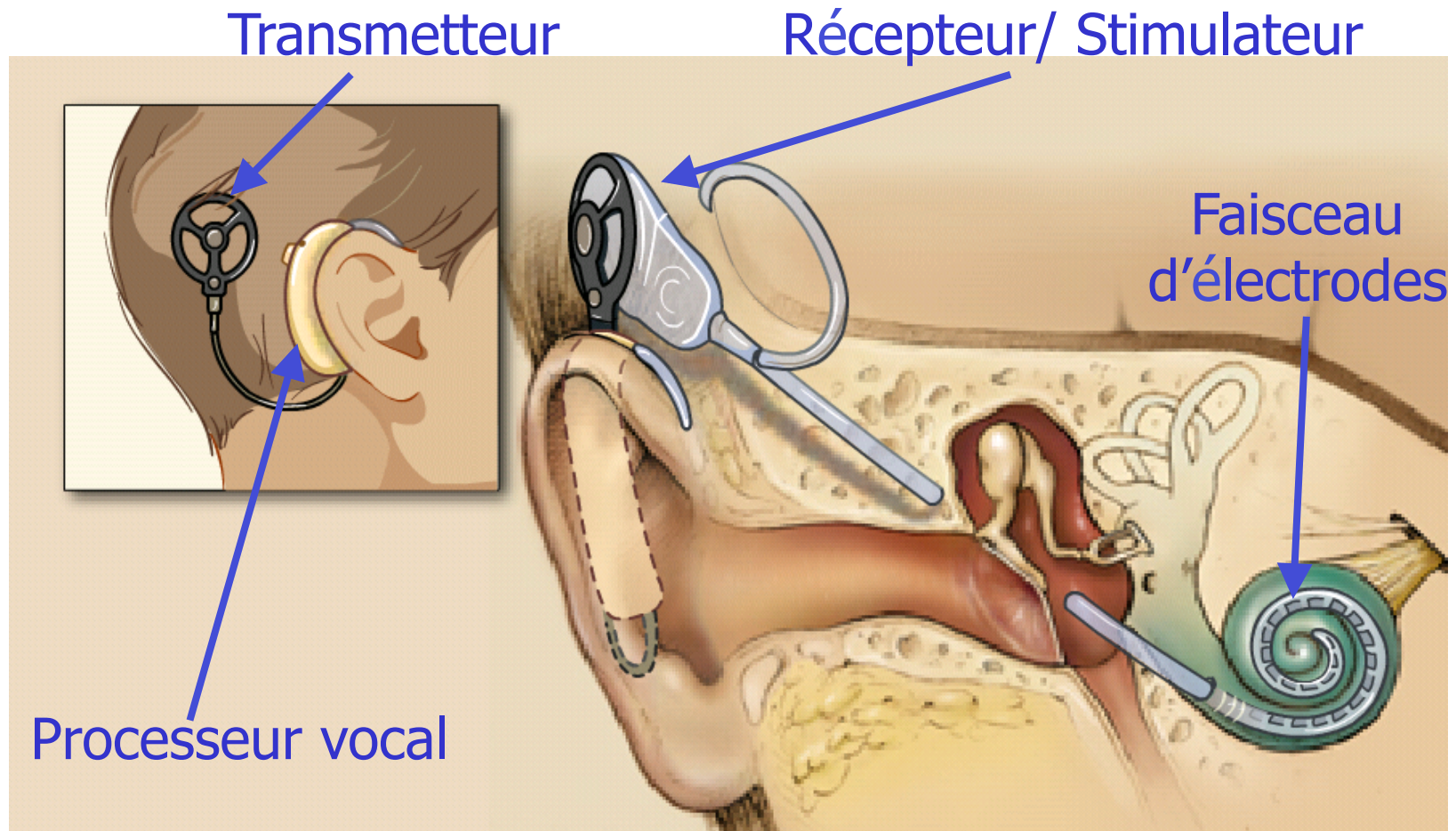
Organisation tonotopique de la cochlée



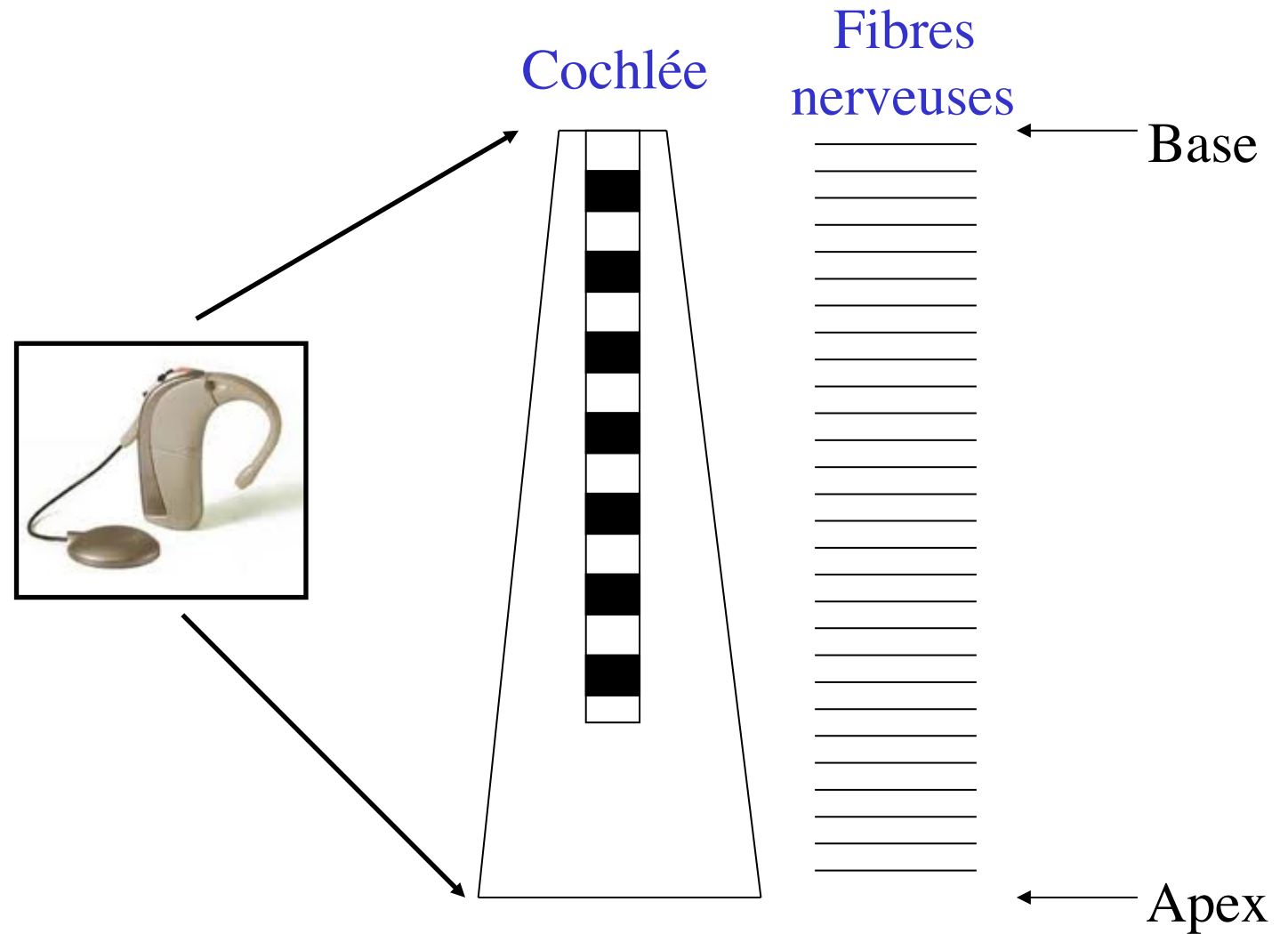
Surdit  neuro-sensorielle



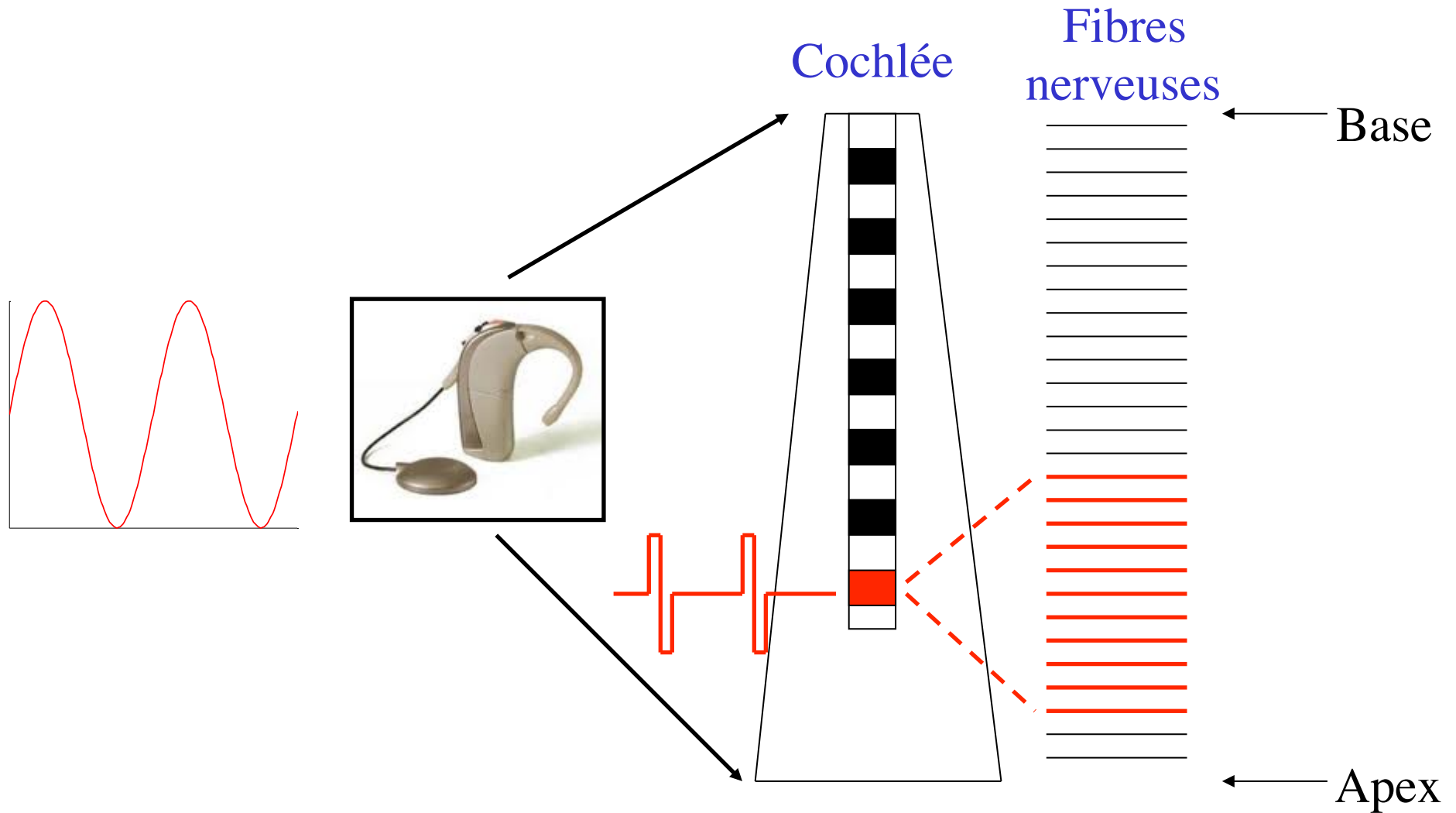
Implant cochléaire



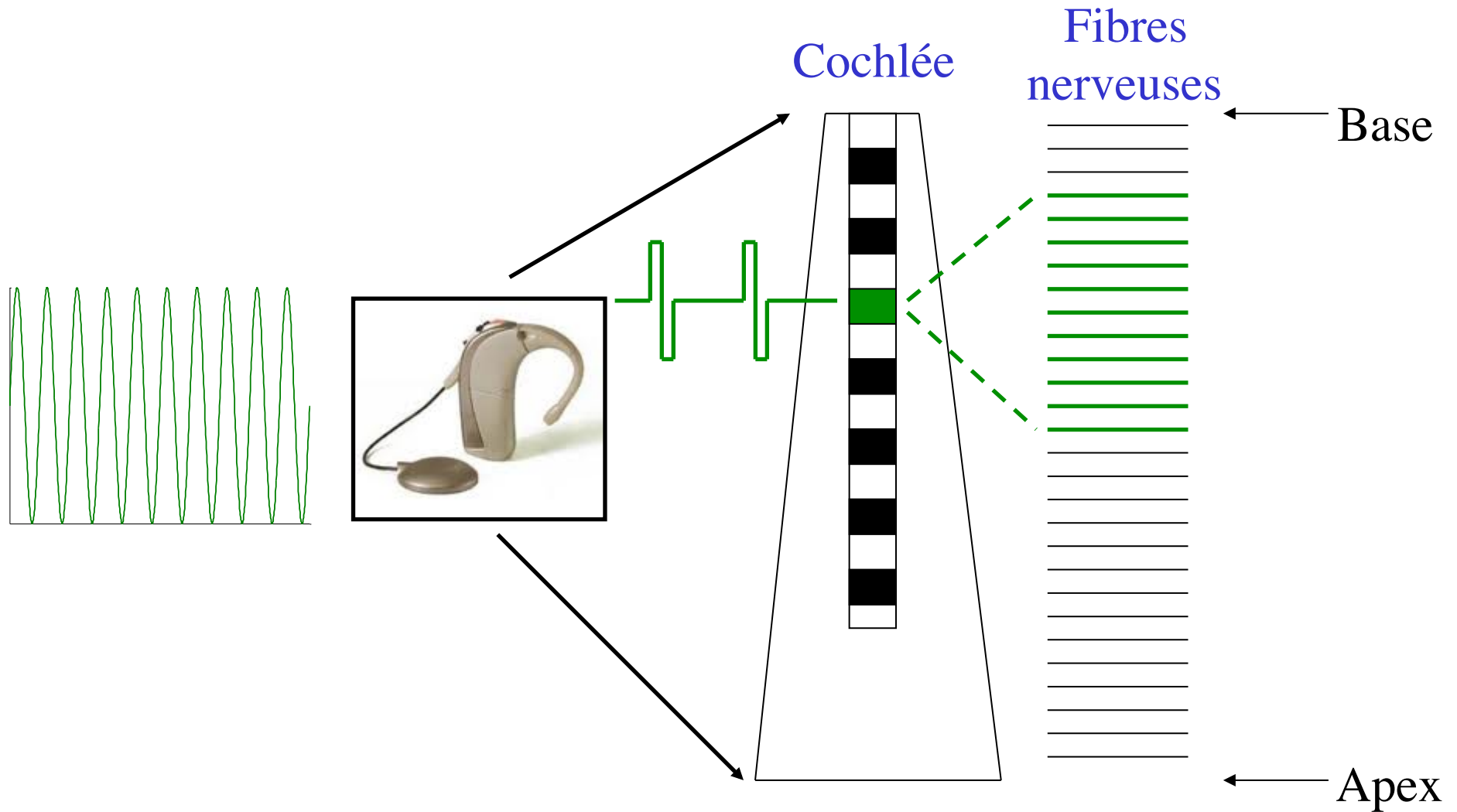
Fonctionnement de l'implant cochléaire



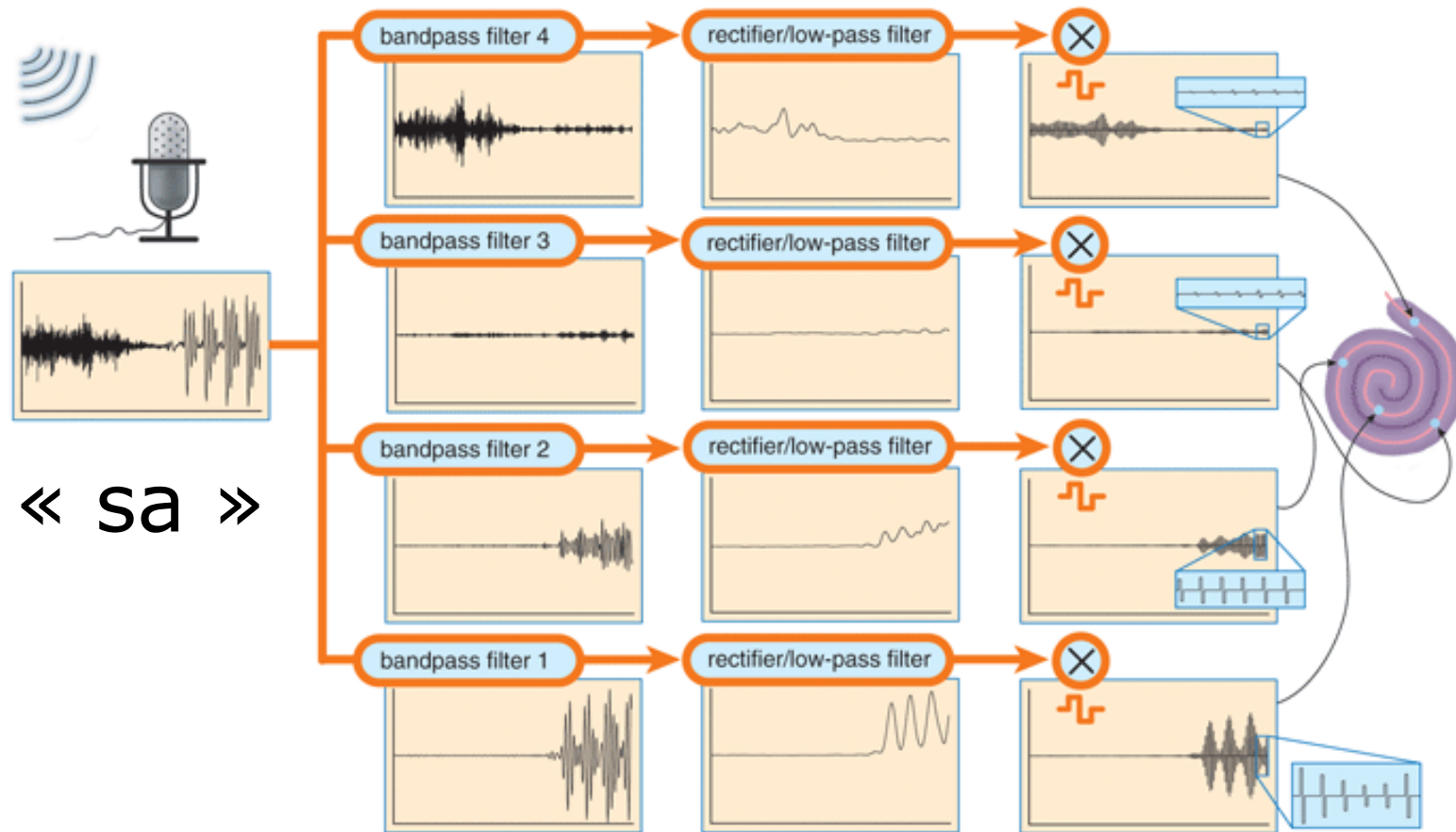
Fonctionnement de l'implant cochléaire



Fonctionnement de l'implant cochléaire

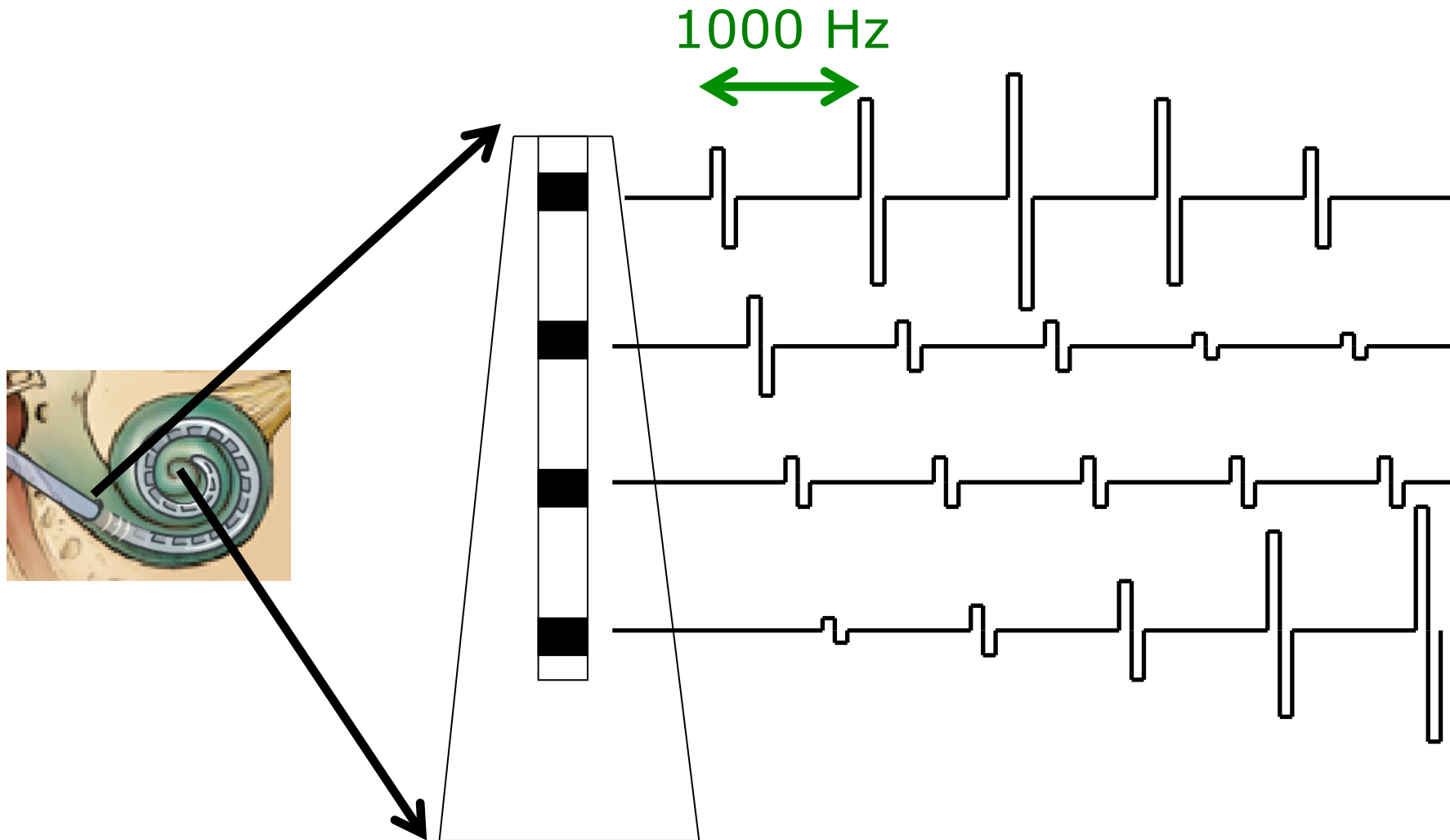


Traitement du signal

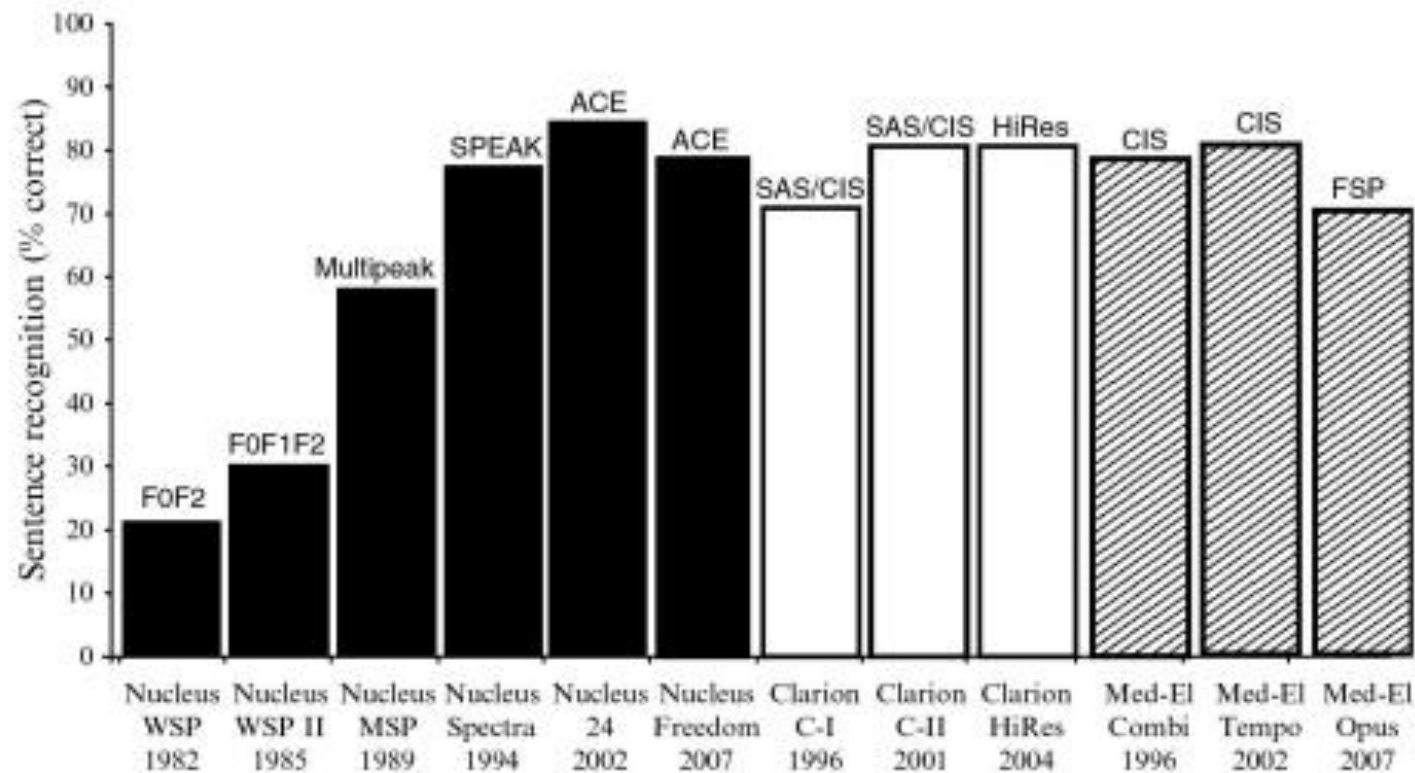


From Dorman and Wilson, 2006

Stimulation séquentielle

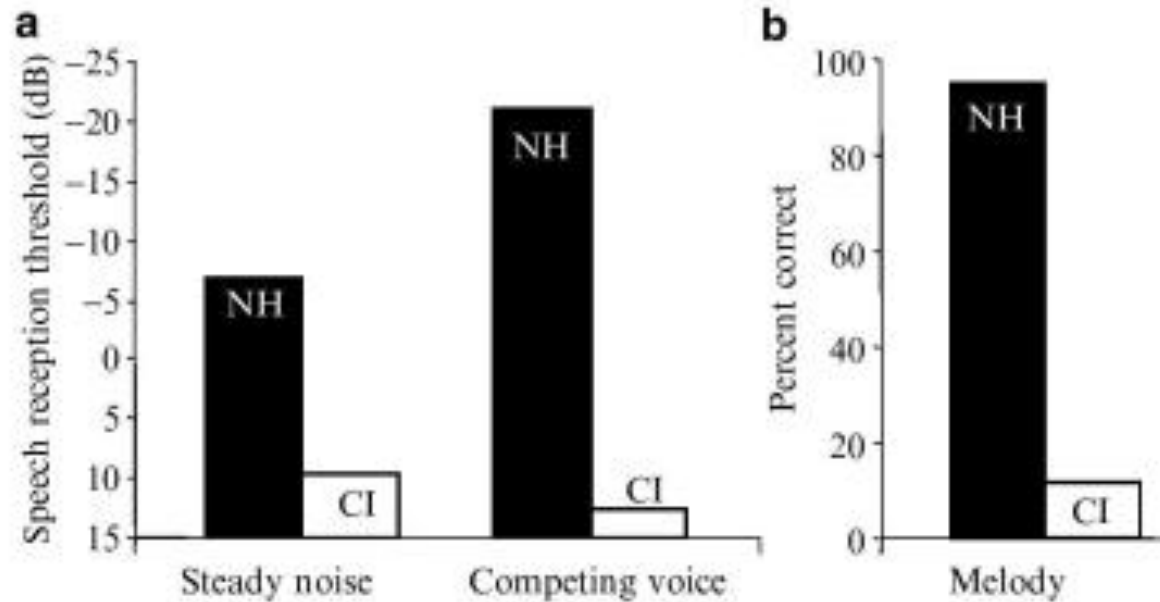


Intelligibilité de la parole (dans le silence)



From Zeng et al., 2011

Parole dans le bruit / Musique



⇒ **Limites dans la transmission des indices spectraux et temporels**

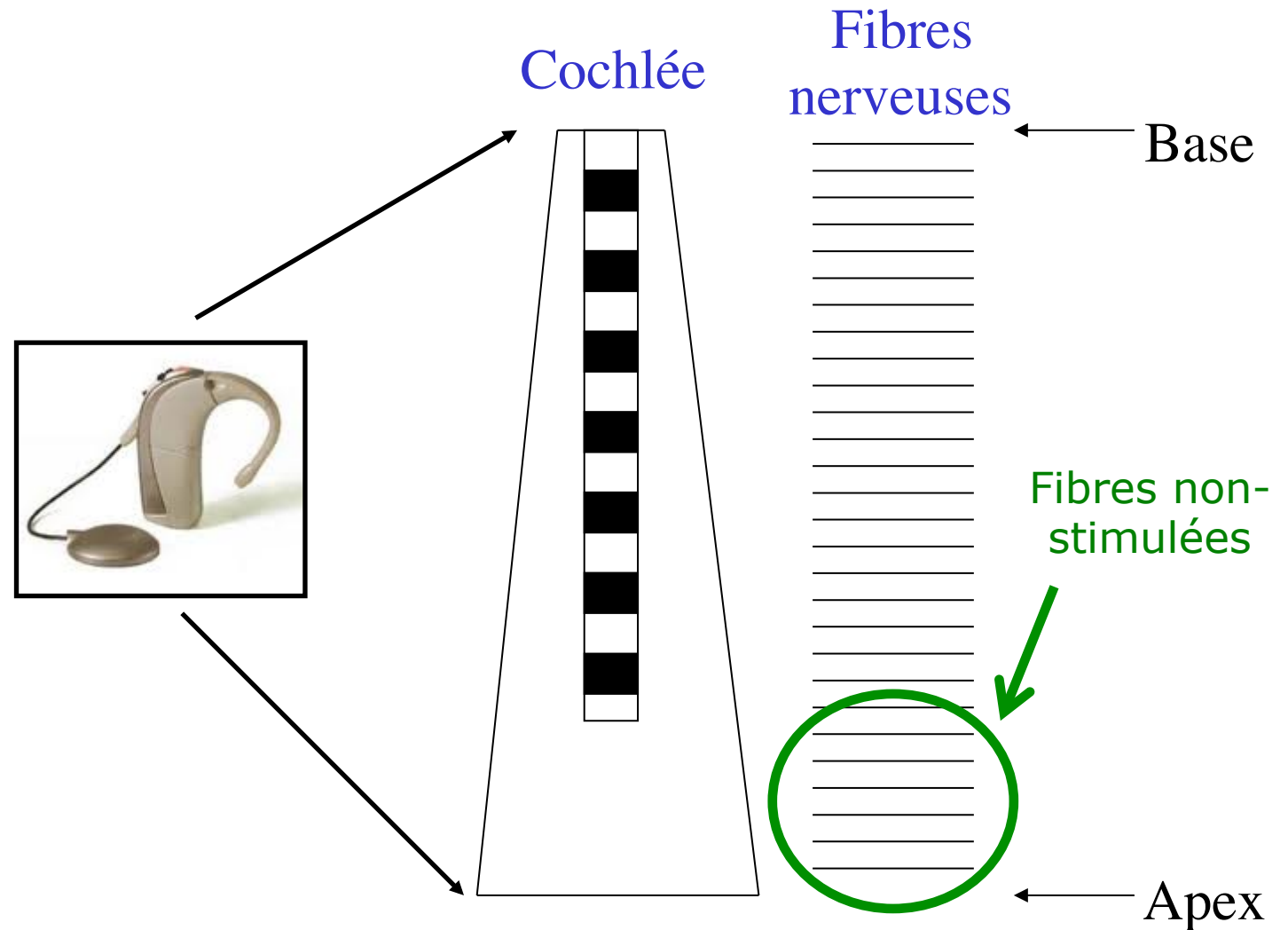
From Zeng et al., 2011

Limites: Indices spectraux (1)

- Cochlée \Leftrightarrow 40-50 filtres passe-bandes indépendants
[Moore, 2003]
- Implant cochléaire: de 12 a 22 électrodes intracochléaires
- Inutile d'implanter PLUS d'électrodes
- Reconnaissance de la parole ne s'améliore plus lorsque le nombre d'électrodes stimulées dépasse 7 a 10.
[Friesen et al. 2001]

\Rightarrow Pauvre résolution spectrale (ou plutôt spatiale!)

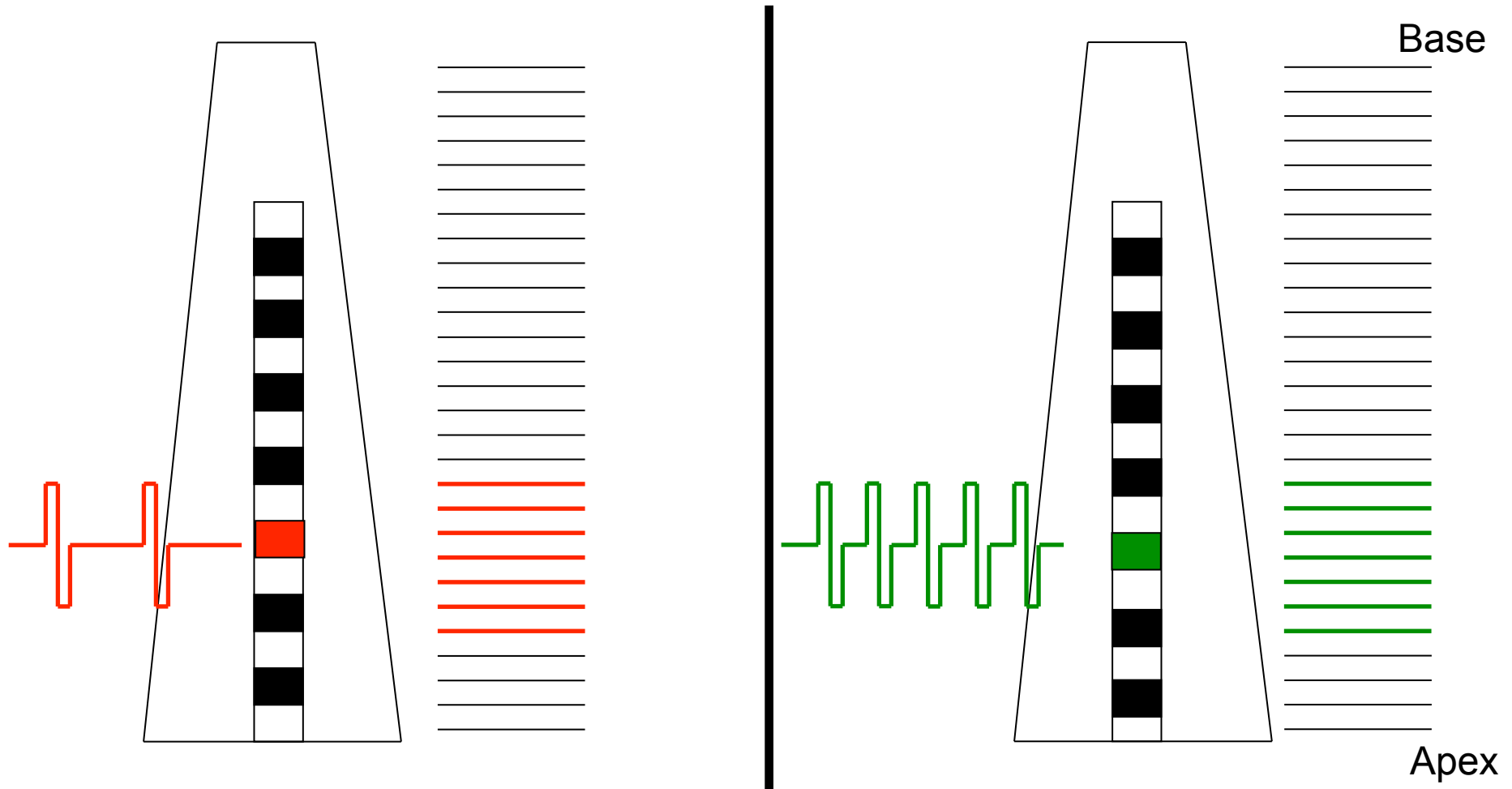
Limites: Indices spectraux (2)



Limites: Indices temporels

- Structure temporelle fine (> 500 Hz) importante pour perception de la parole dans le bruit, hauteur tonale...
- Implant cochléaire: Au delà de 300 Hz pour une stimulation sur une seule électrode, le percept ne change pas ou peu.

Limites: Indices temporels



Limites: Indices temporels

- Structure temporelle fine (> 500 Hz) importante pour perception de la parole dans le bruit, hauteur tonale...
- Implant cochléaire: Au delà de 300-500 Hz pour une stimulation sur une seule électrode, le percept ne change pas ou peu.
- Inutile d'aller TROP vite!

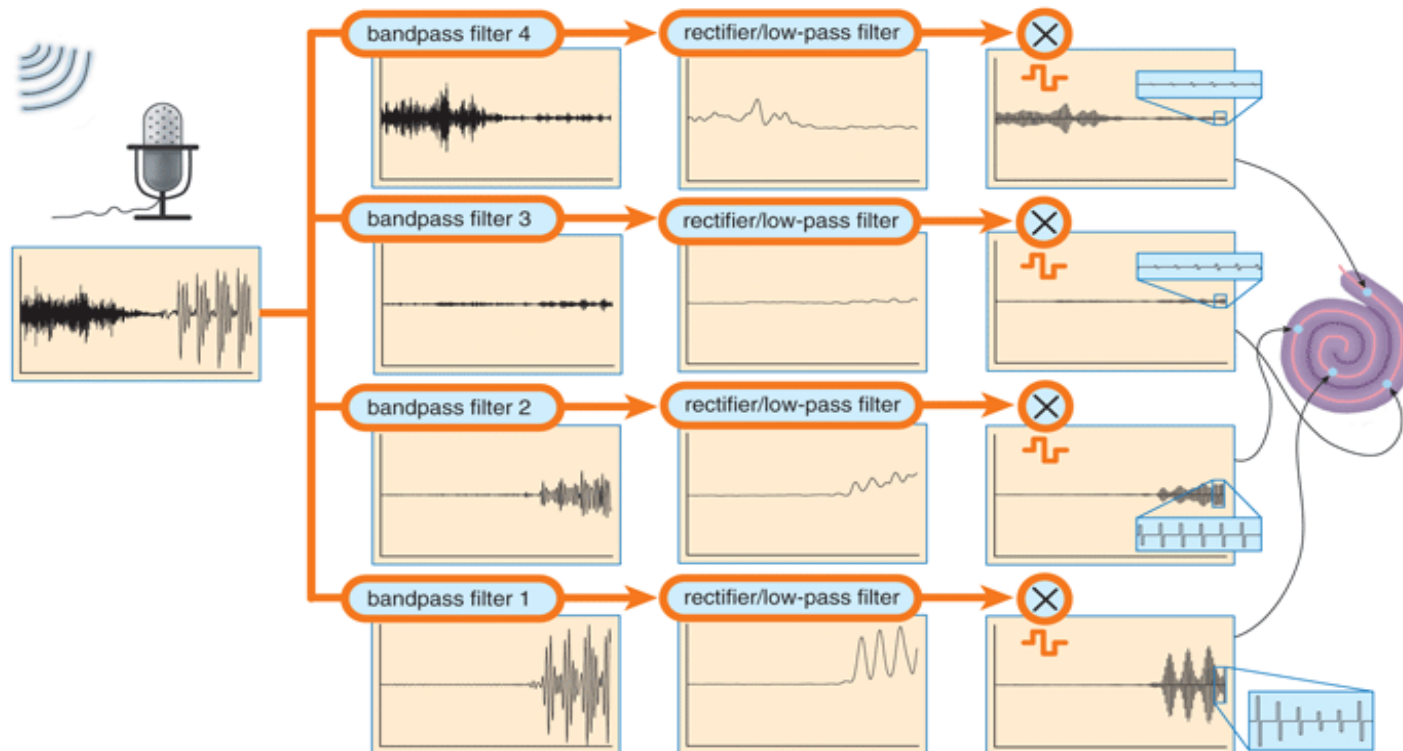
⇒ **Pauvre résolution temporelle**

Pourquoi ça marche pas mal?

- Compréhension de la parole dans le silence robuste:
 - 4 canaux spectraux suffisants
 - Information temporelle "lente" (<50 Hz) suffisante
- [Shannon 1995; Drullman et al. 1994]

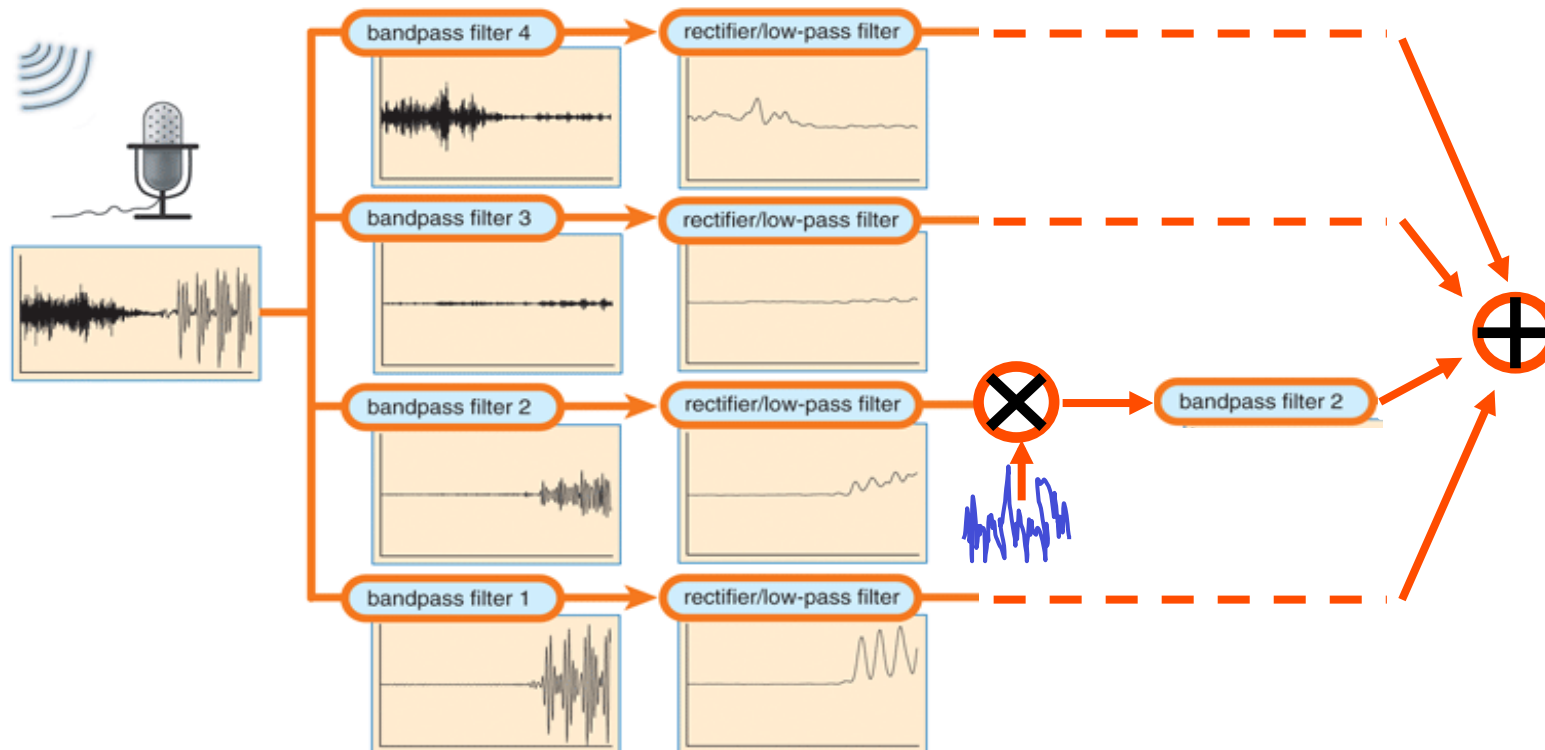
Pourquoi ça marche pas mal?

- Compréhension de la parole dans le silence robuste:
 - 4 canaux spectraux suffisants
 - Information temporelle "lente" (<50 Hz) suffisante
- [Shannon 1995; Drullman et al. 1994]



Pourquoi ça marche pas mal?

- Compréhension de la parole dans le silence robuste:
 - 4 canaux spectraux suffisants
 - Information temporelle "lente" (<50 Hz) suffisante
- [Shannon 1995; Drullman et al. 1994]



Pourquoi ça marche pas mal?

- Compréhension de la parole dans le silence robuste:
 - Seulement 4 canaux fréquentiels sont "suffisants"
 - Information temporelle lente (<50 Hz) "suffisante"

[Shannon 1995; Drullman et al. 1994]
- Simulations d'implant cochléaire (parole vocodée)

1 canal 

4 canaux 

8 canaux 

Original 

Plan

(1) Fonctionnement et limites de l'implant cochléaire

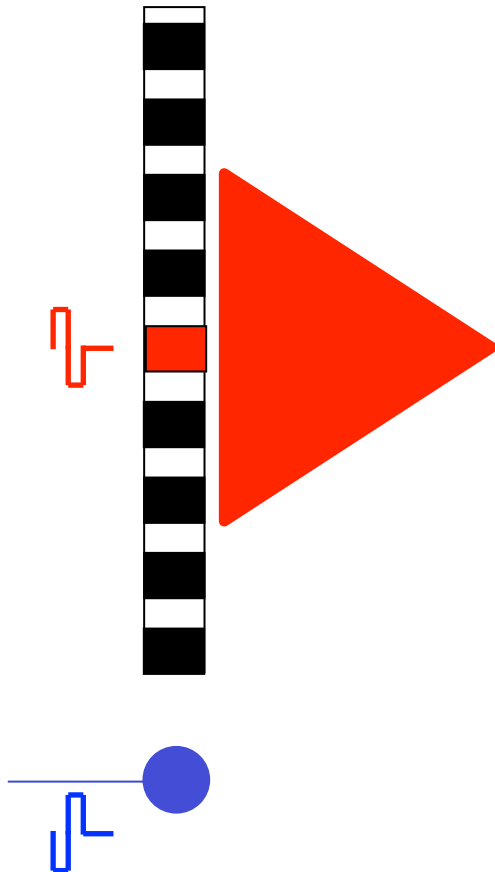
(2) Transmission des indices spectraux

(3) Transmission des indices temporels

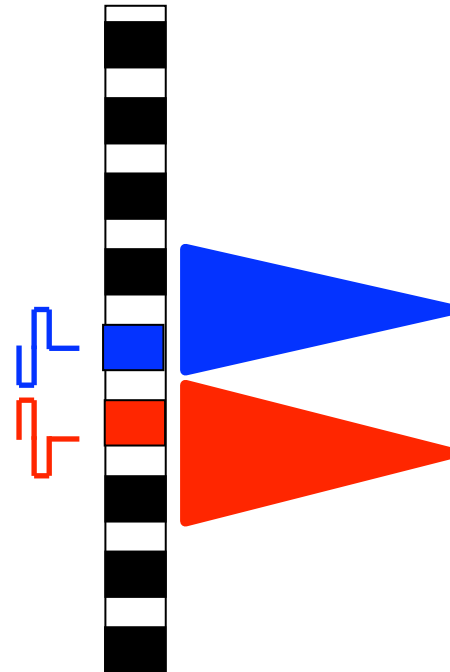
Solution possible pour la résolution spatiale

Augmenter la sélectivité de la stimulation en changeant la configuration des électrodes

MONOPOLAIRE



BIPOLAIRE

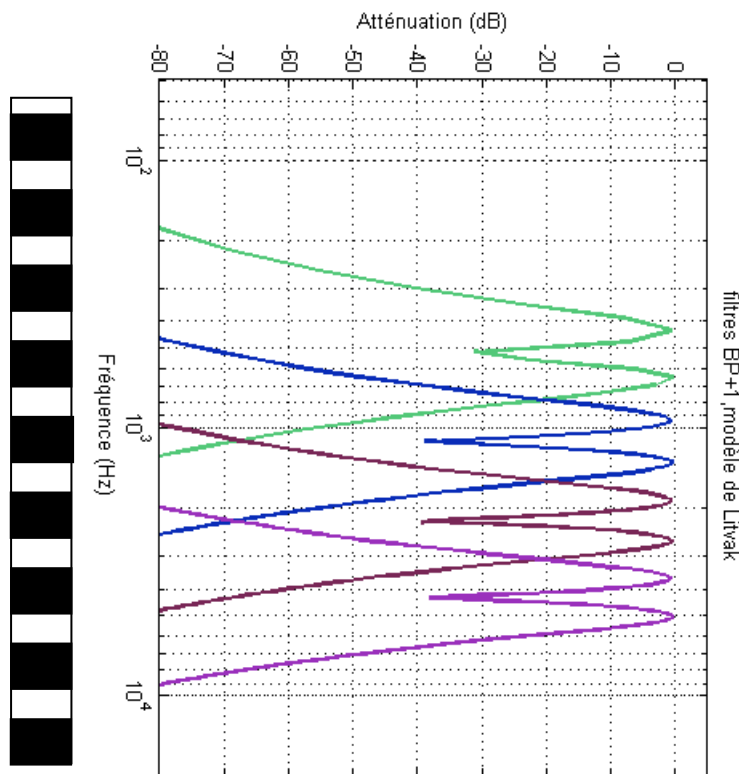


Problématique

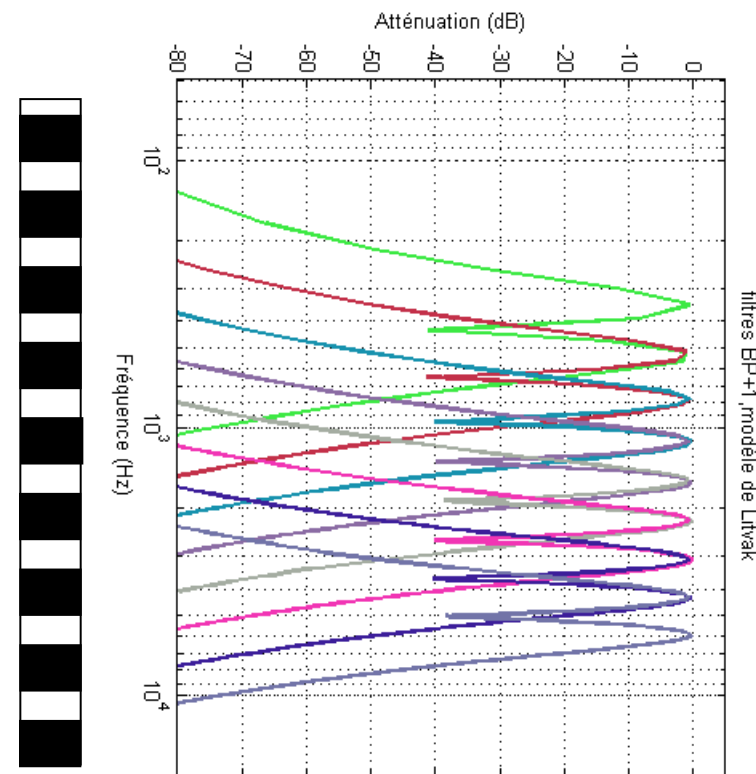
- Mode bipolaire montré comme étant plus « sélectif » que mode monopolaire (données animal, au niveau du nerf auditif, colliculus et cortex)
- Chez le sujet implanté, pas d'améliorations sur des tâches de reconnaissance de la parole en bipolaire (parfois détérioration).
- Tendance des patients à préférer le mode monopolaire (e.g. [Pfungst et al., 1997, 2001](#))
- Quelles raisons?

Patterns d'excitation en fonction du nombre d'électrodes stimulées

4 Canaux
(4 paires d'électrodes)

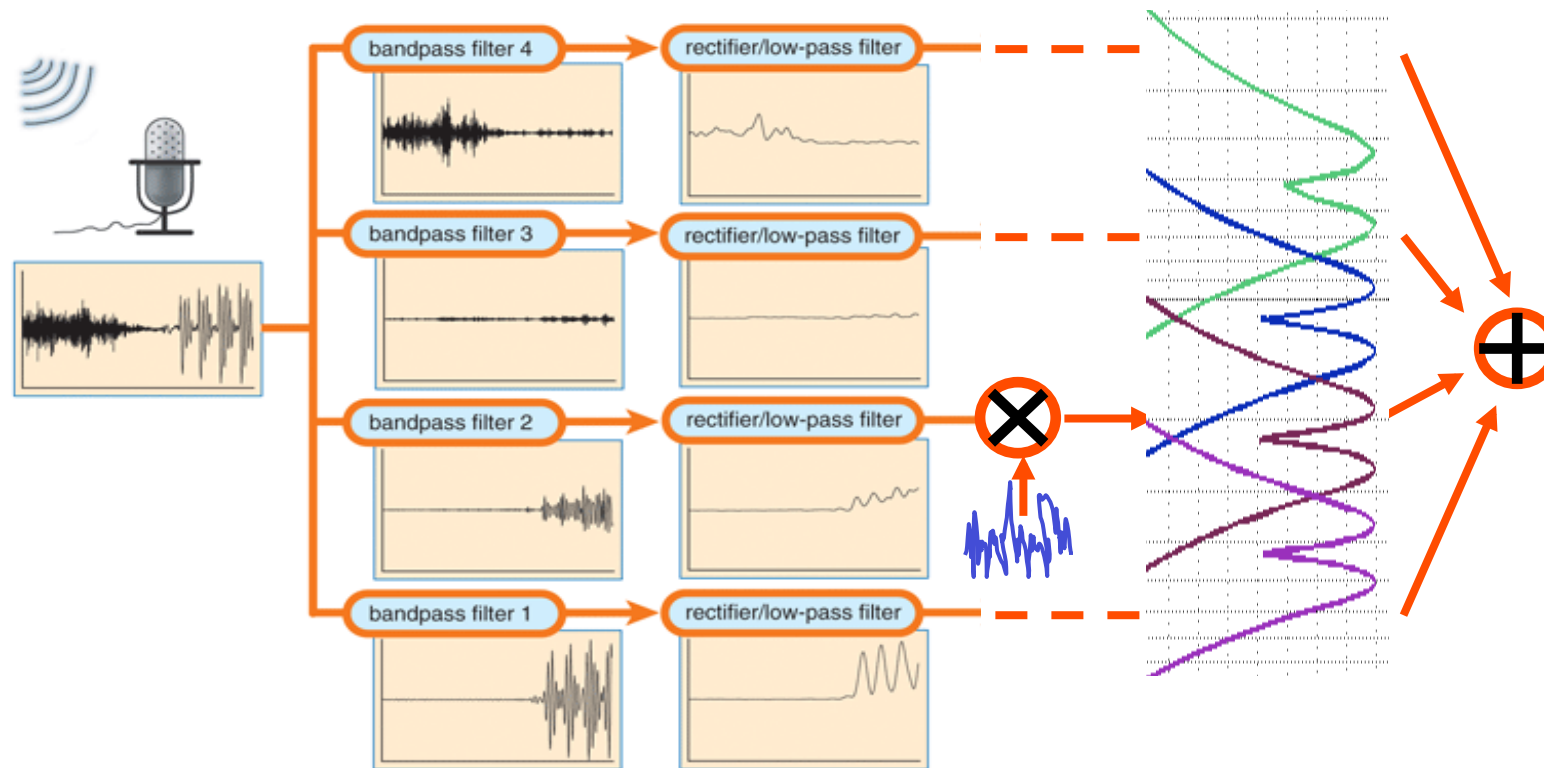


8 Canaux

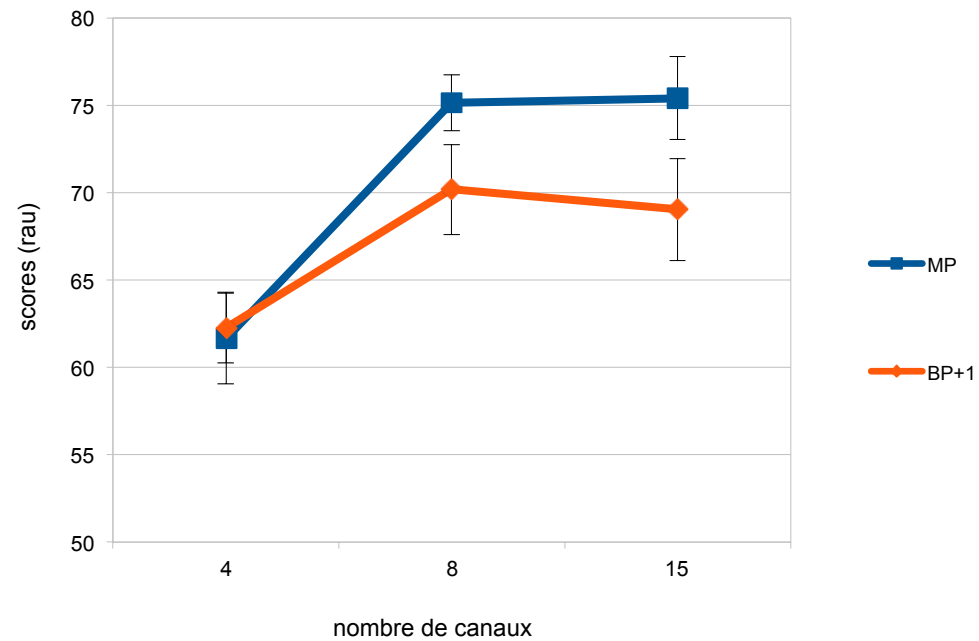


⇒ Est-ce que ce recouvrement est préjudiciable?

Simulateur acoustique d'implants cochléaires

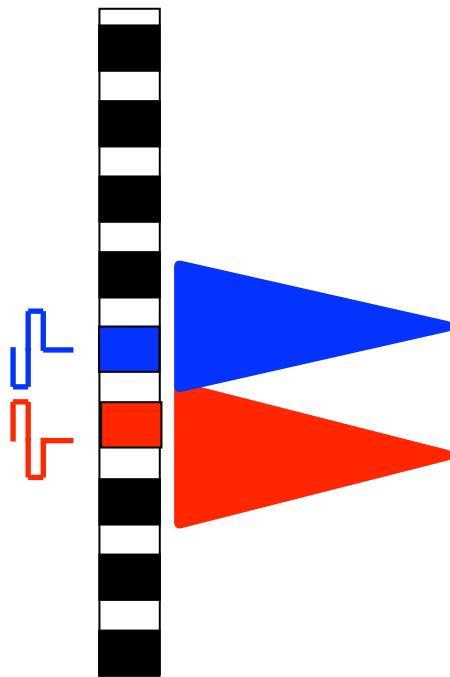


Résultats (n=7)



Intéraction significative entre nombre de canaux et mode de stimulation ($p < 0.05$)

Comment réduire l'influence d'un des pics?

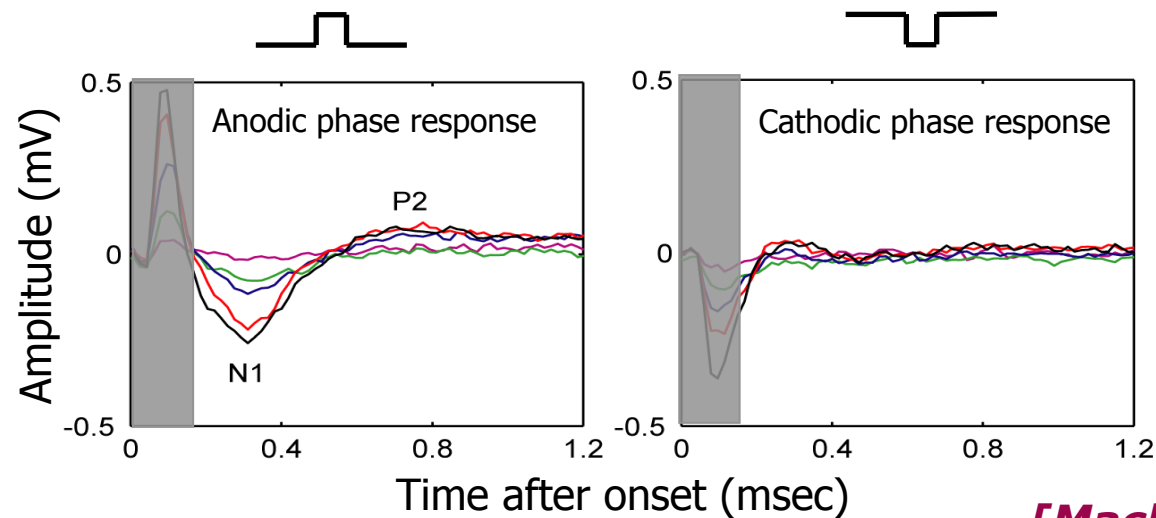


Hypothèses basées sur le fait que:

- 1) Pour des niveaux de stimulation élevés, la phase positive est la phase la plus effective.
- 2) Pour la même quantité de charge, une impulsion courte est plus effective qu'une impulsion longue

[Macherey et al., JARO, 2006, 2008]

Phase anodique > Phase cathodique



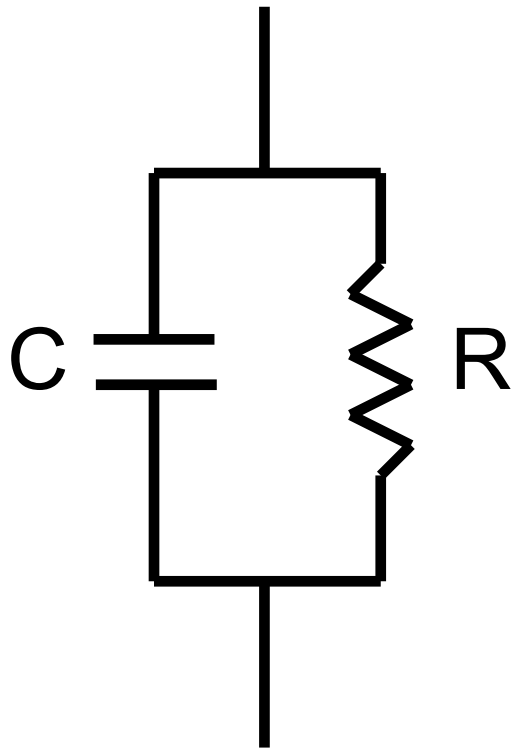
[Macherey et al., JARO, 2008]

Anodique > Cathodique (pour tous les sujets)

Resultat opposé à la plupart des données animales et des prédictions de modèles analytiques

Phase courte > Phase longue

En 1^{ère} approximation: Neurone \leftrightarrow Circuit RC

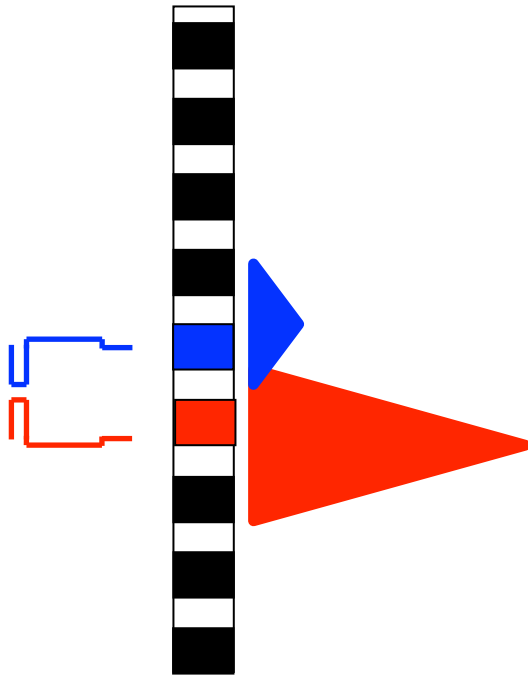


Pour une même quantité de charge délivrée, une impulsion longue produira **plus de fuite** qu'une impulsion courte.

Comment réduire l'influence d'un des pics?

Impulsions monophasiques délétères

=> *Impulsion* « *pseudomonophasique* » (*PS*)



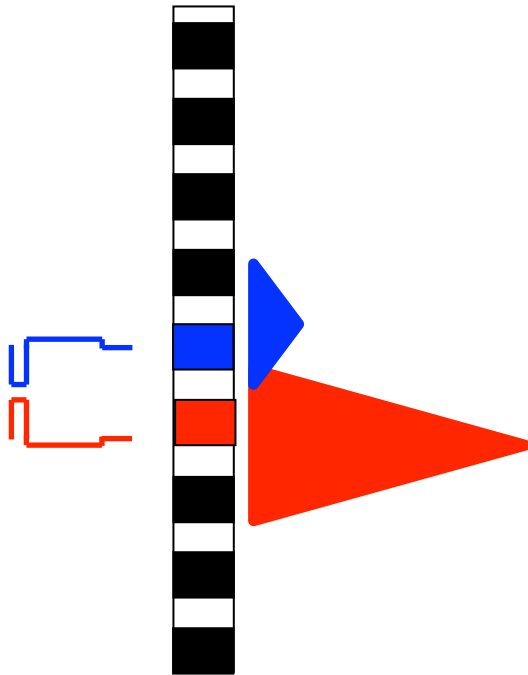
Applications possibles:

- 1) Améliorer la « sélectivité spatiale » de la stimulation.
- 2) Stimuler sélectivement l'apex de la cochlée.

Comment réduire l'influence d'un des pics?

Impulsions monophasiques délétères

=> *Impulsion « pseudomonophasique » (PS)*

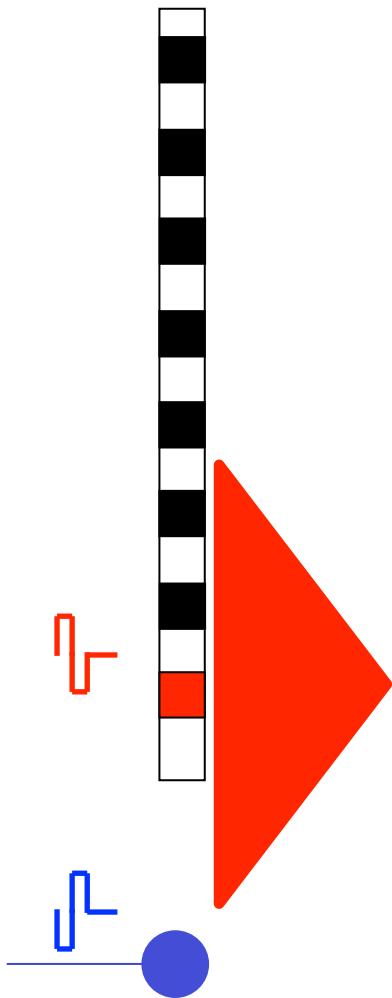


Applications possibles:

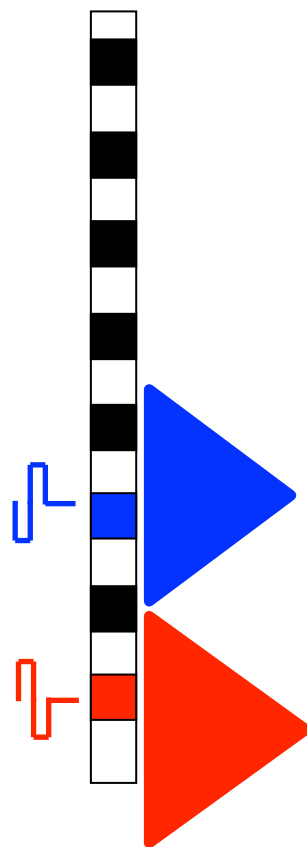
- 1) Améliorer la « sélectivité spatiale » de la stimulation.
- 2) Stimuler sélectivement l'apex de la cochlée.

Expérience 2: Hypothèses

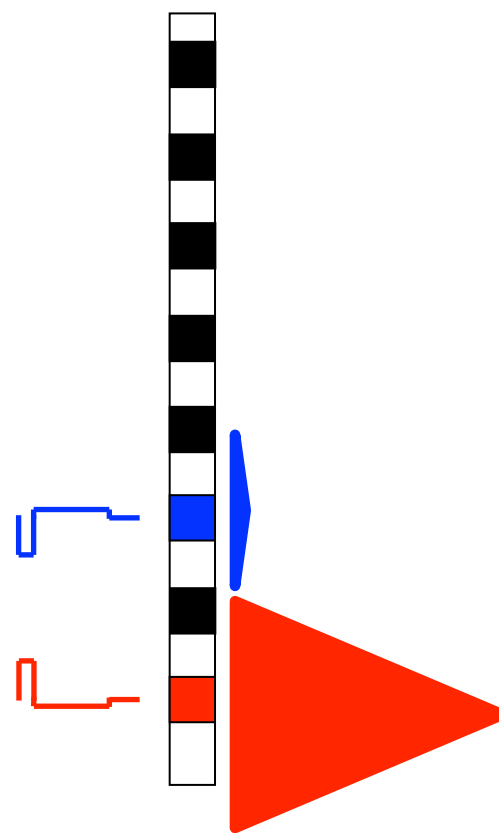
SYM
MONOPOLAIRE



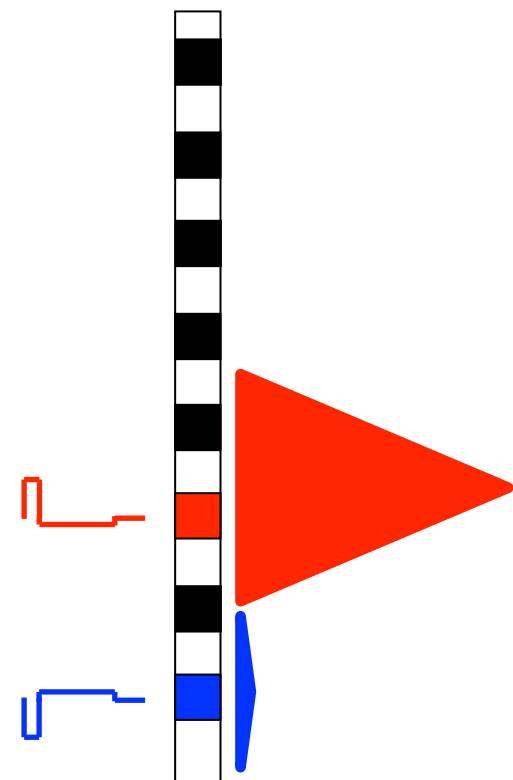
SYM
BIPOLAIRE



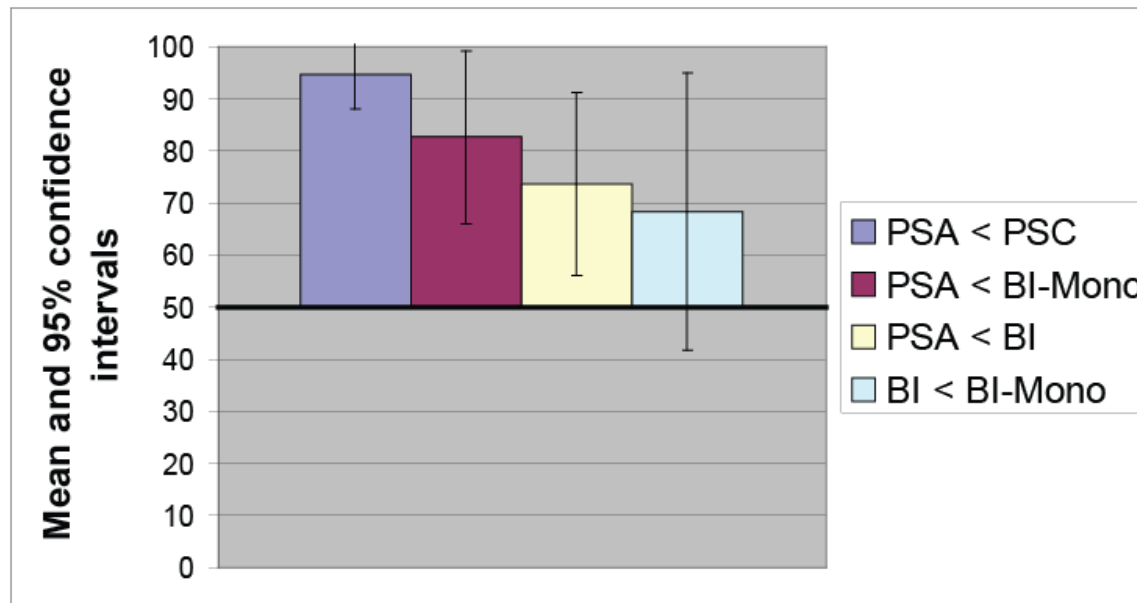
PSA
BIPOLAIRE



PSC
BIPOLAIRE



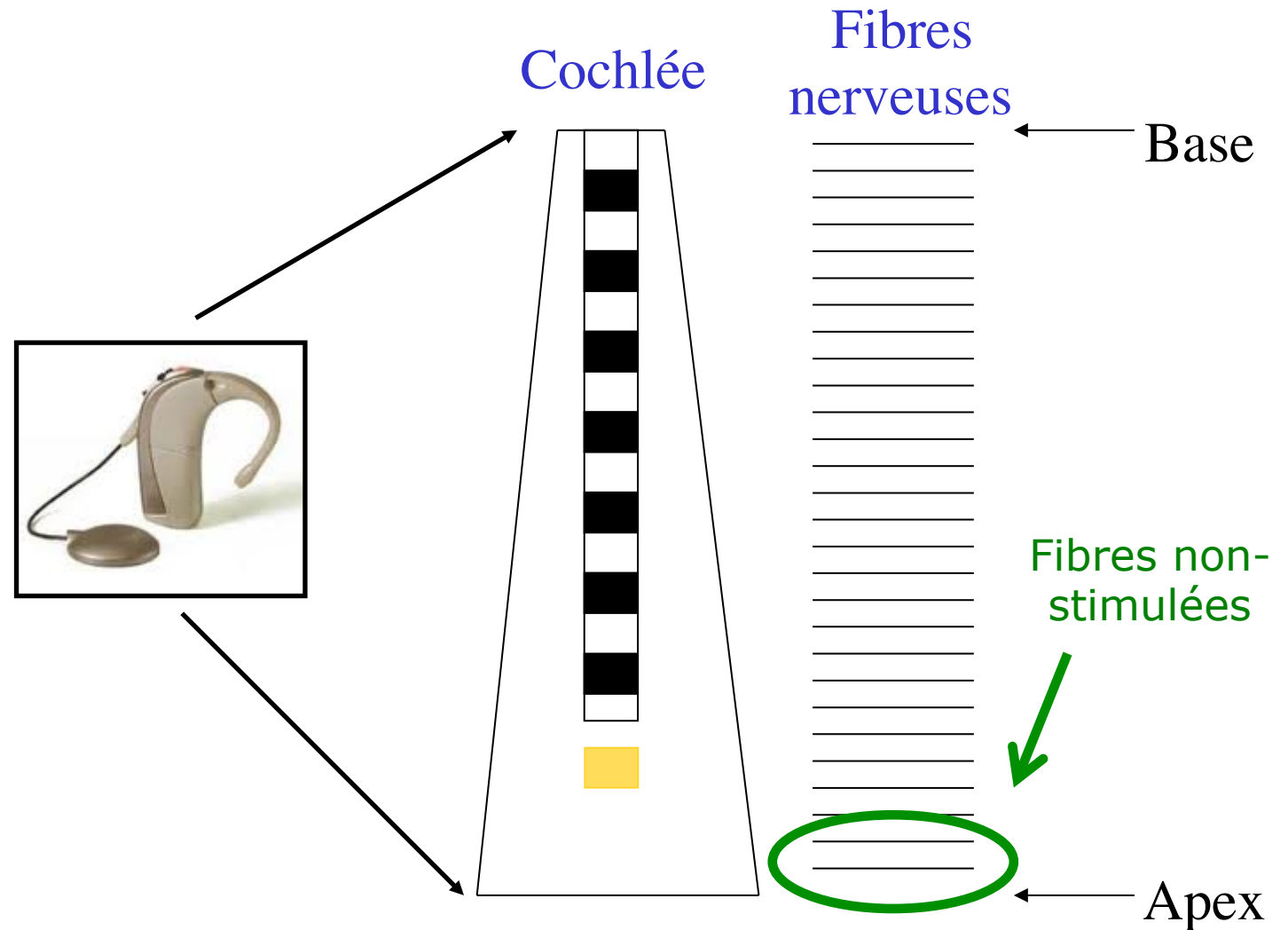
Résultats (n=9)



3 barres à gauche: PSA est perçu comme “plus grave” que les trois autres stimuli.

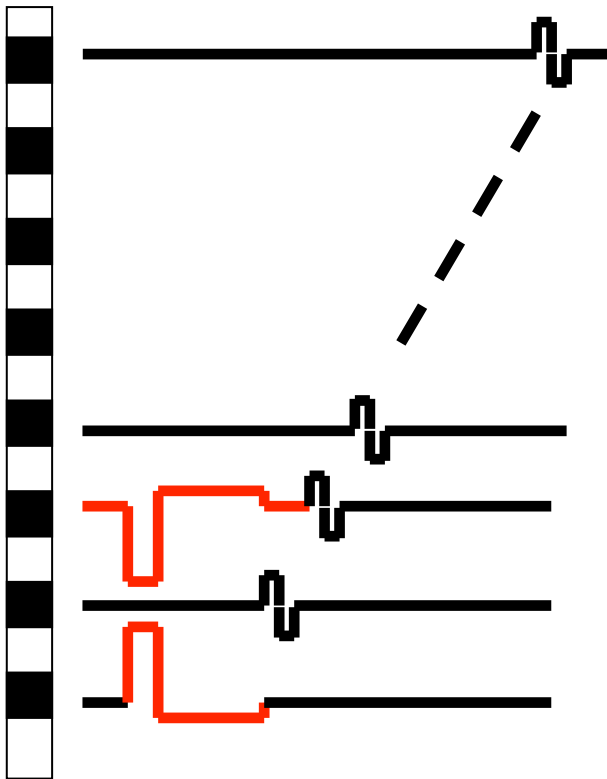
[Macherey et al., JARO, 2011]

Equivalent à une électrode supplémentaire

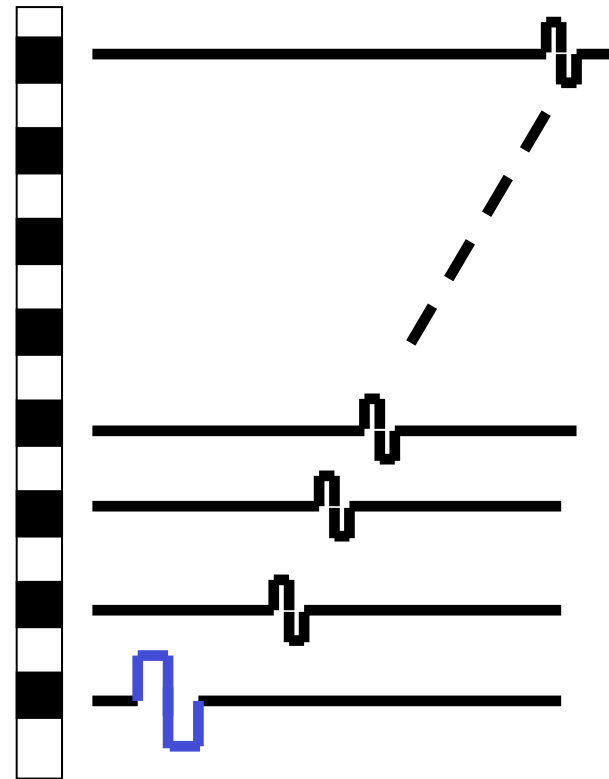


Implémentation dans une stratégie de codage

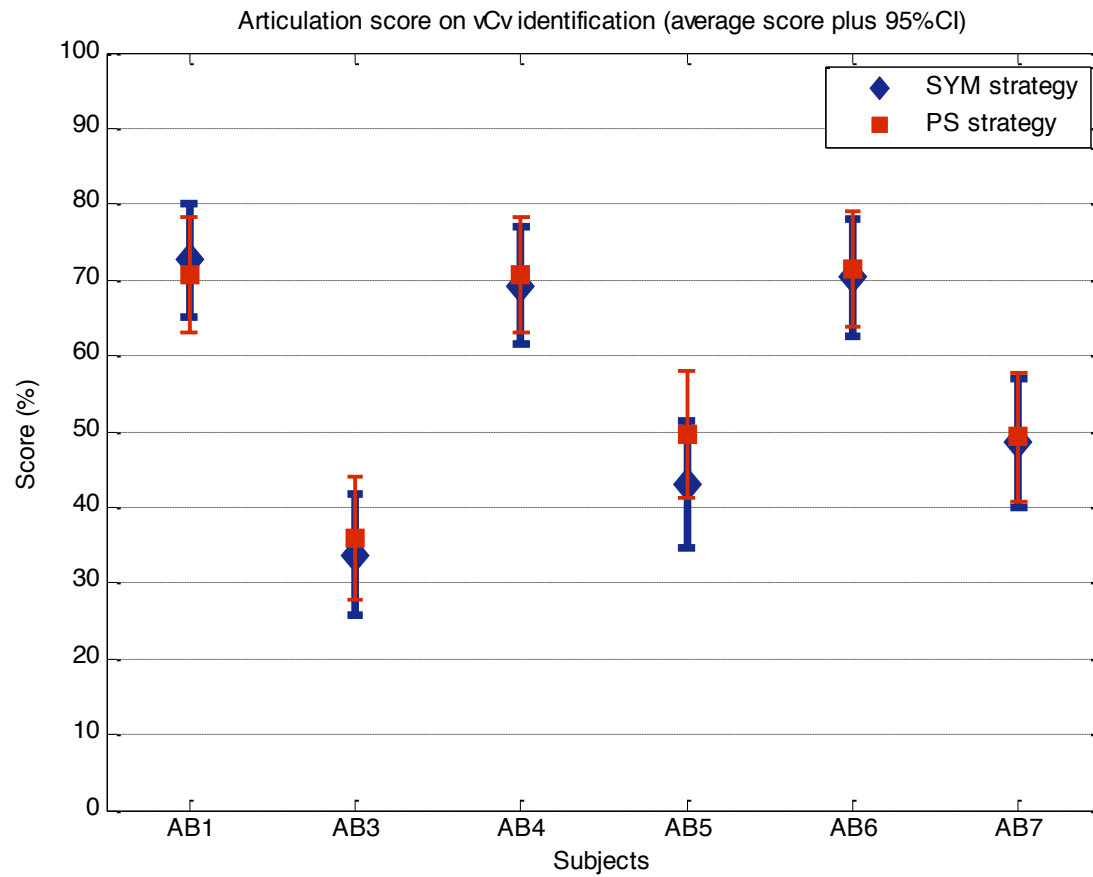
PS



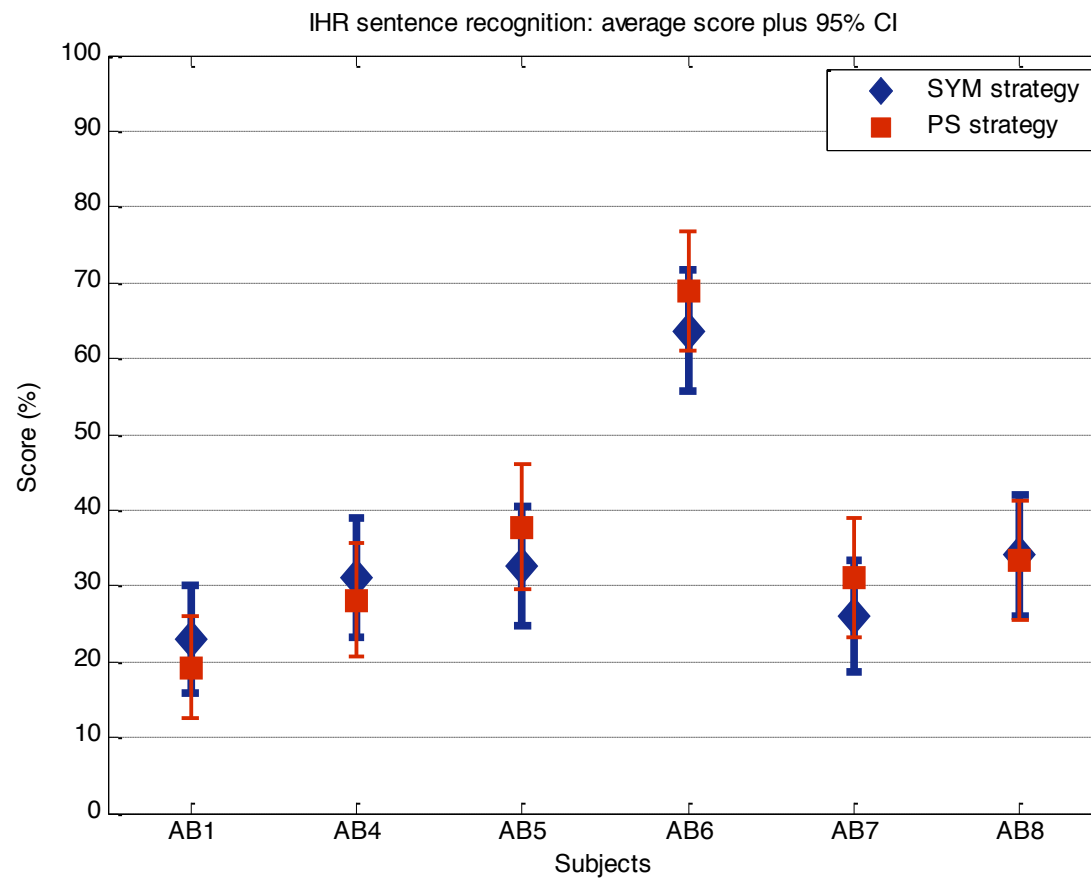
SYM



Reconnaissance de consonnes



Reconnaissance de phrases



Plan

(1) Fonctionnement et limites de l'implant cochléaire

(2) Transmisison des indices spectraux

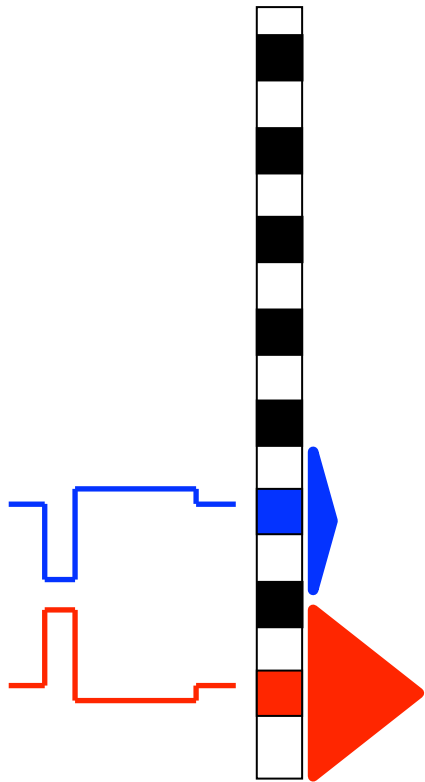
(3) Transmission des indices temporels

Expérience 3: Hypothèses

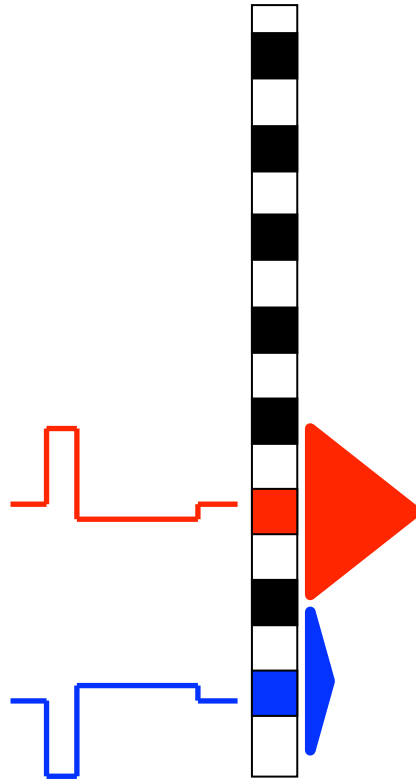
- Transmission du code temporel limitée à 300-500 Hz
- Des données physiologiques récentes suggèrent que les neurones du colliculus inférieur peuvent suivre des cadences plus élevées lorsque l'information provient de l'apex de la cochlée ([Middlebrooks and Snyder, 2010](#))
- Est-ce que stimuler à l'Apex de la cochlée permet d'améliorer la perception de la hauteur tonale (fonction de la cadence de stimulation)?

Stimuli

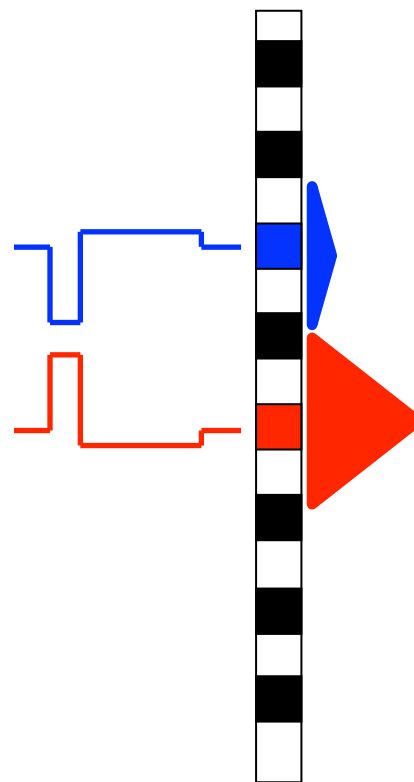
PSA-Apex



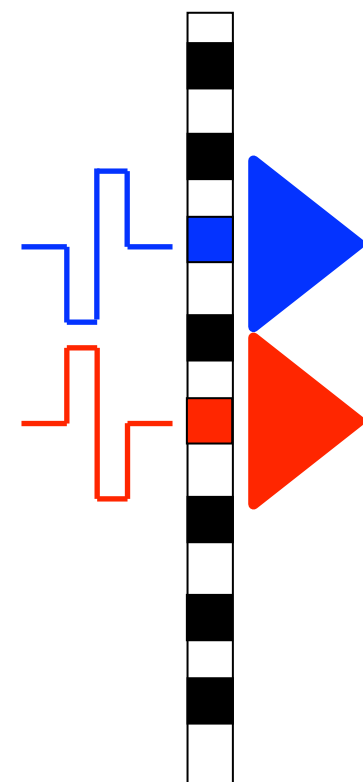
PSC-Apex



PSA-Middle

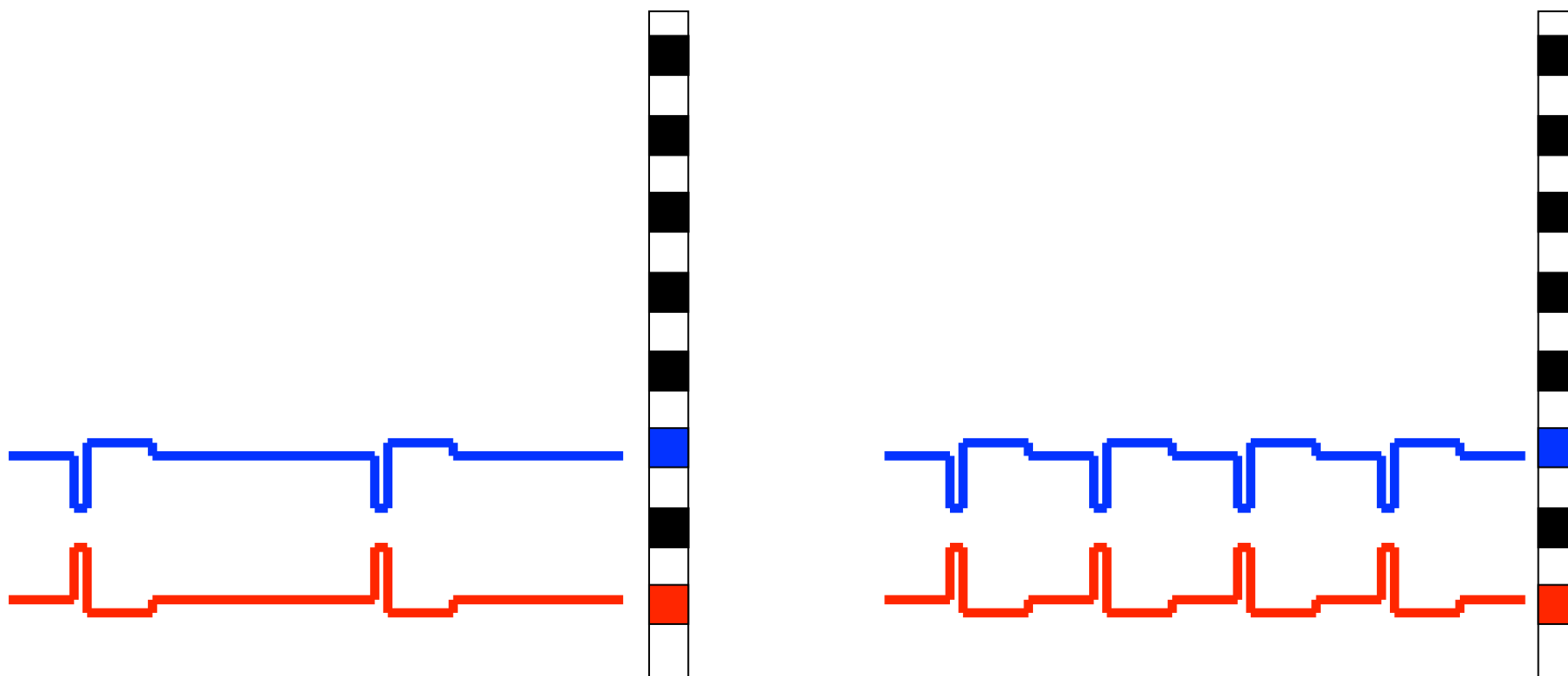


SYM-Middle

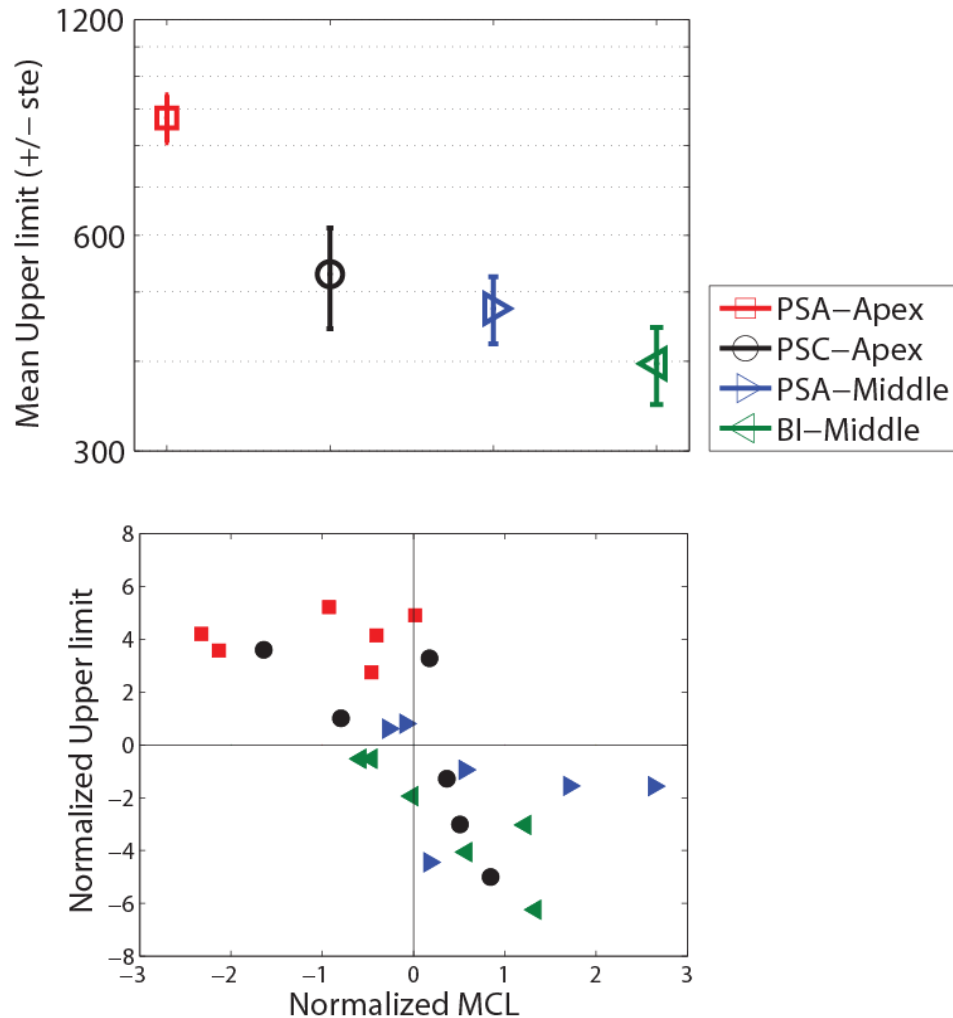


Méthodes

Tâche 2AFC ("Midpoint comparison procedure", Long et al. 2005)
Quel son est le plus aigu?



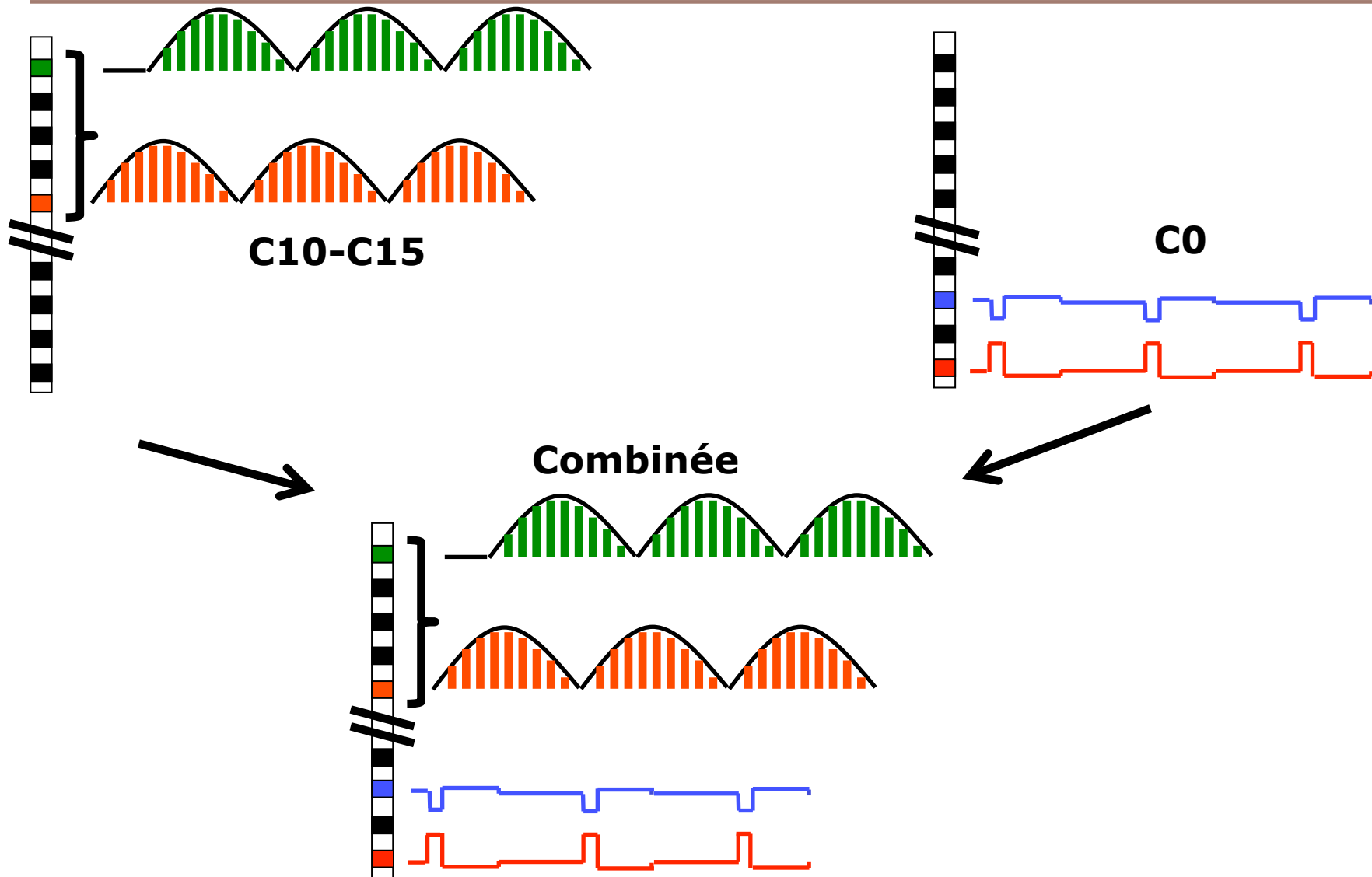
Résultats



- Le code temporel pour PS-A-Apex sature à une cadence plus élevée que toutes les autres
- Cadence de saturation corrélée négativement avec le niveau de stimulation ($r=-0.67$, $p=0.002$)
- Percept peu saillant à cadence élevée

[Macherey et al., JARO, 2011]

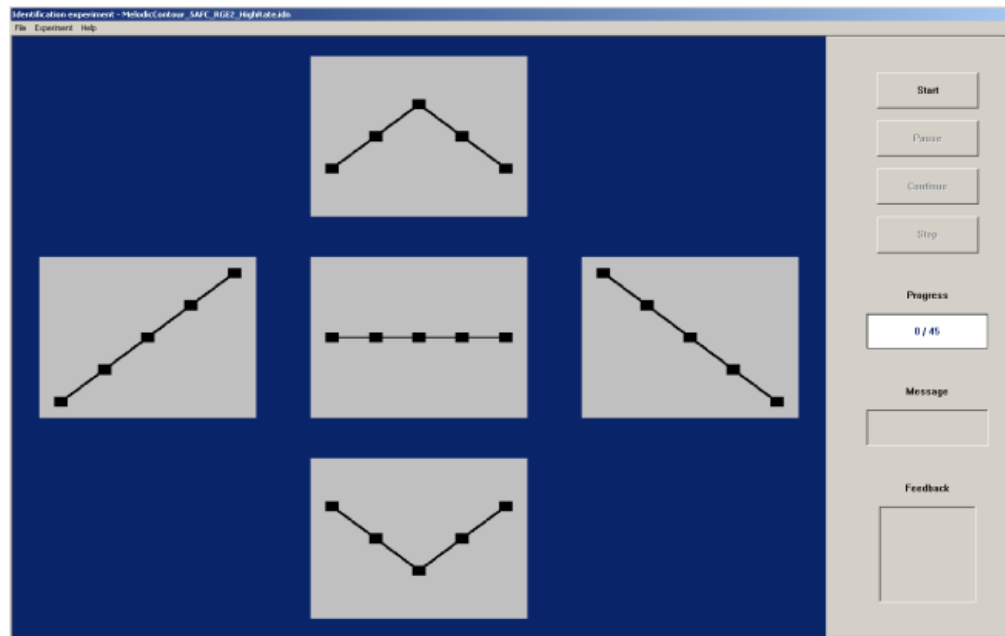
Implémentation dans une stratégie de codage



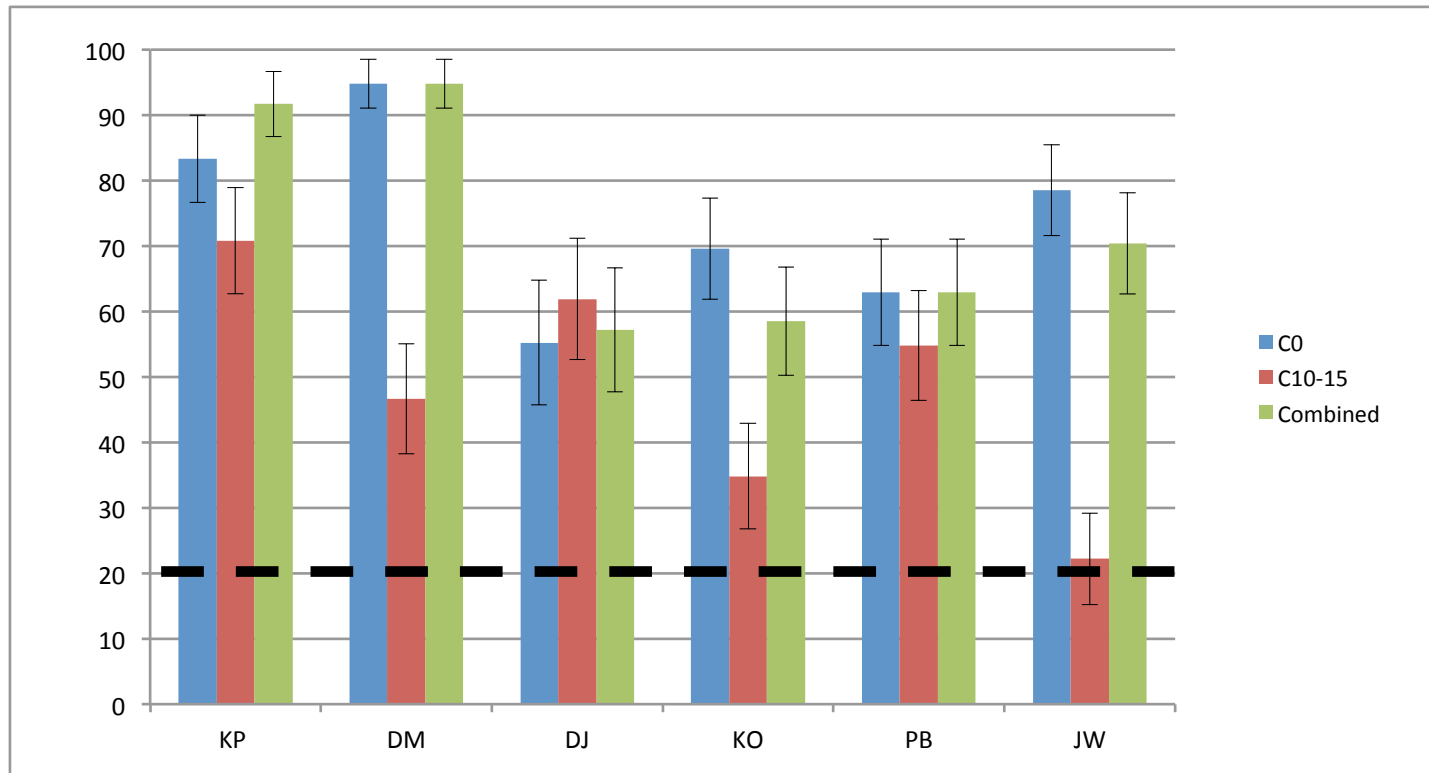
Reconnaissance de contours mélodiques

Tâche 5AFC

Espacement de 1 ton-et-demi entre "notes"



Registre Médium (171 - 342 Hz)



Conclusions

- Indices spectraux:
 - Utiliser des impulsions asymétriques bipolaires peut augmenter la population de fibres excitées et/ou stimuler sélectivement l'apex de la cochlée
 - Potentiellement améliorer la sélectivité spatiale
 - Pas d'améliorations observées sur des tâches de perception de la parole
 - Etude chronique complémentaire?
- Indices temporels:
 - Augmentation de la cadence de saturation pour une stimulation apicale
 - Peut être dû à un meilleur état des fibres à cet endroit
 - Avantage à transmettre F0 à l'apex mais a priori non spécifique à nos formes d'impulsions

Remerciements



Bob Carlyon

Quentin Mesnildrey

John Deeks

Pierre Stahl

Jolijn Monstrey

Financements:

- MRC Technology
- Wellcome Trust
- ANR Programme « Retour Post-Doctorant »

L'Oreille de Denys

