

Etude de la Phonation

Orthophonie 1^o année

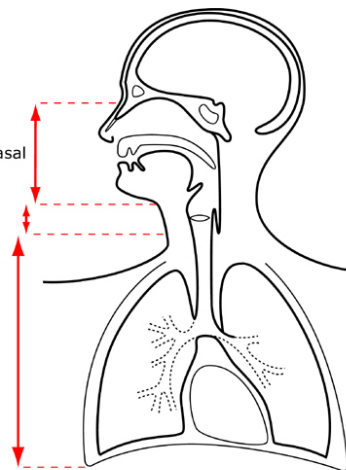
Pr Renaud GARREL
Dr Agnès VIQUESNEL
Dr Thibault KENNEL
CHU Montpellier
Département ORL

Schéma de l'appareil phonatoire

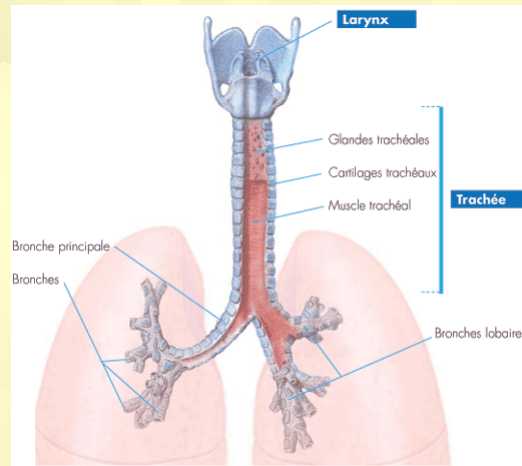
3. Pavillon pharyngo-bucco-nasal
(résonateurs)

2. Vibrateur laryngé

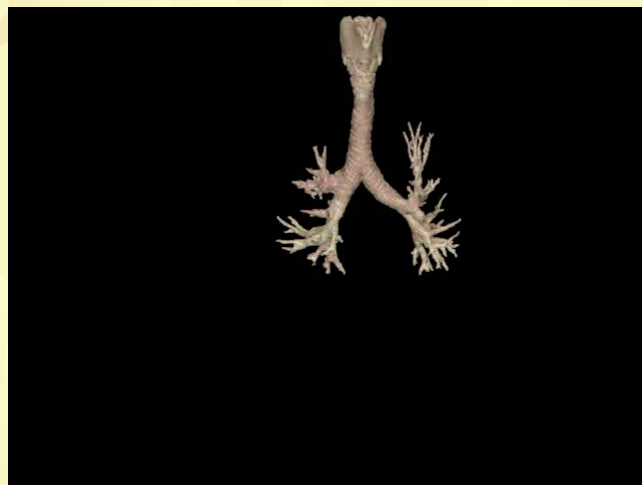
1. Soufflerie pulmonaire
et appareil canalaire

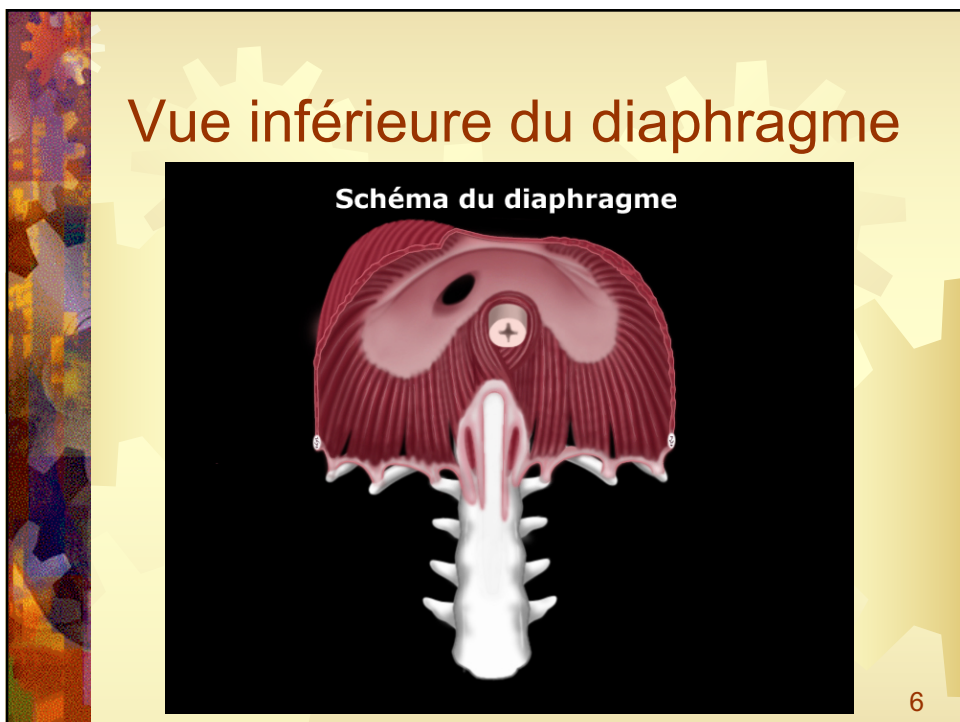
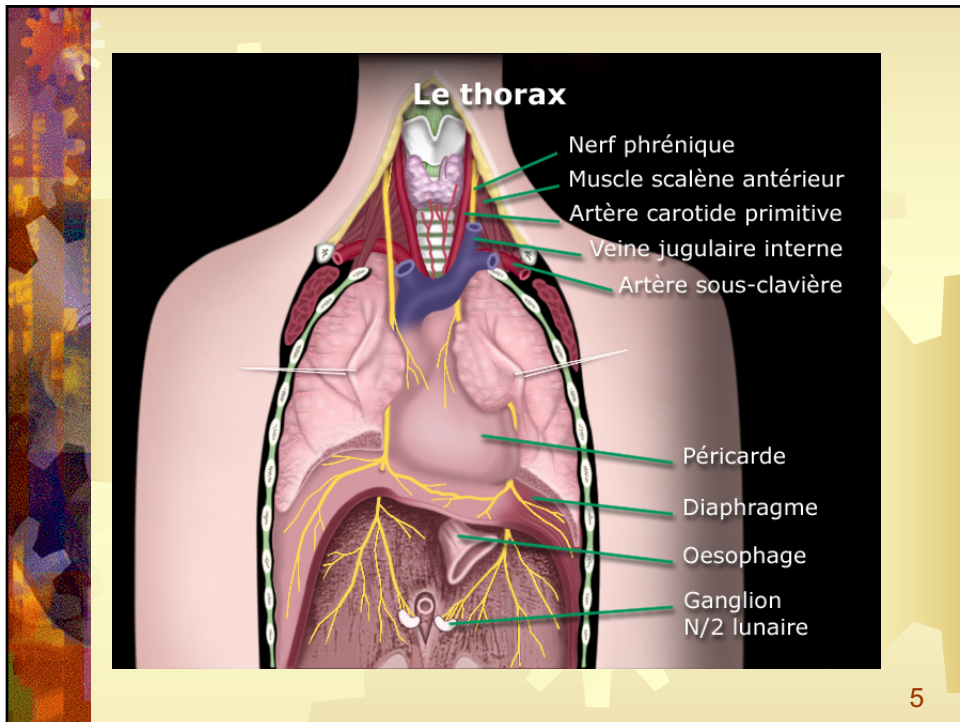


Soufflerie pulmonaire

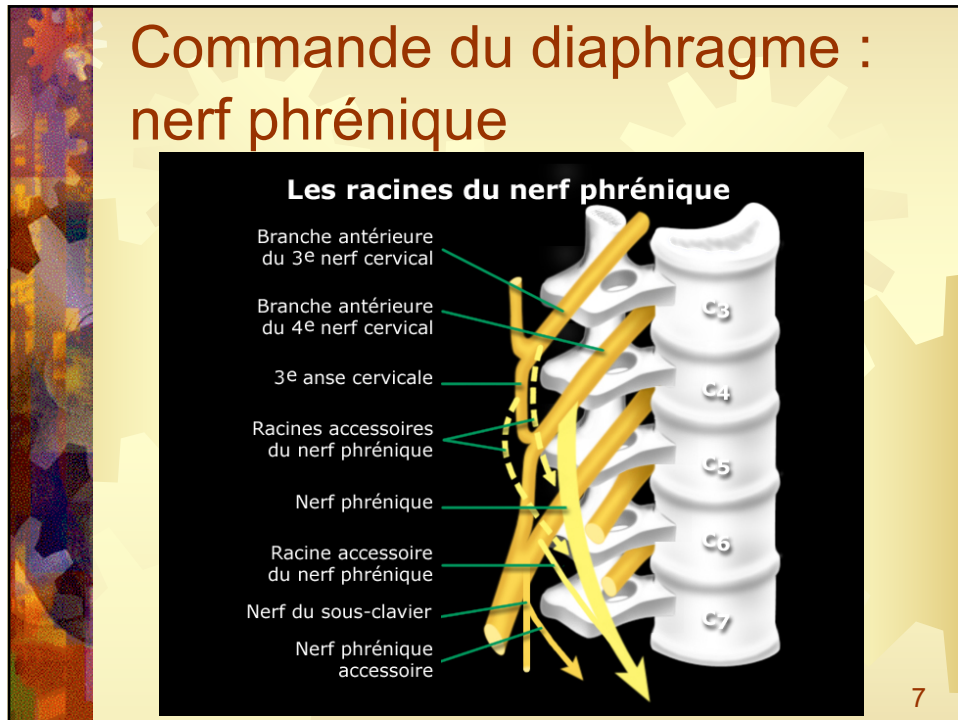


Larynx et arbre bronchique



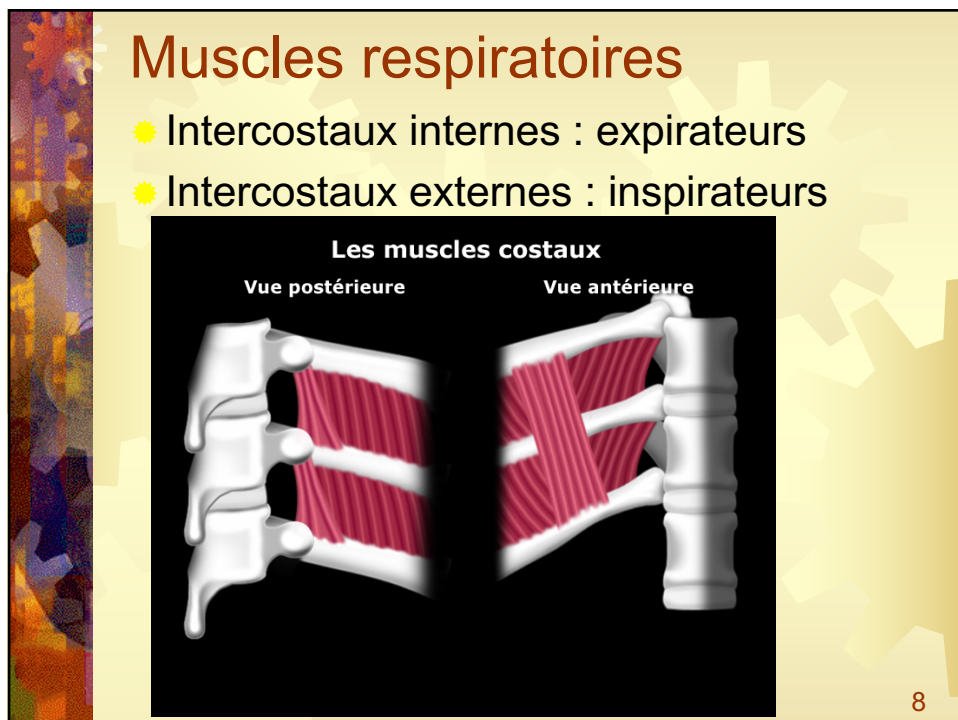


Commande du diaphragme : nerf phrénique



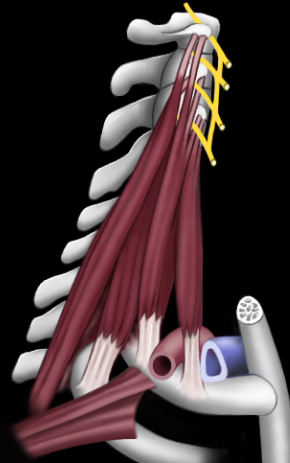
Muscles respiratoires

- ☀ Intercostaux internes : expirateurs
- ☀ Intercostaux externes : inspireurs



Muscles inspireurs accessoires : scalènes et SCM

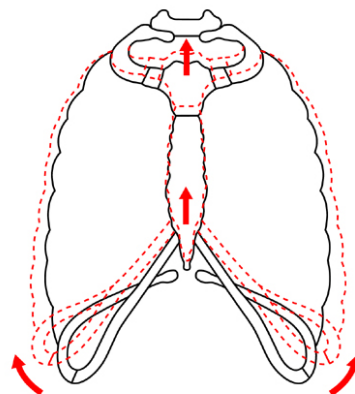
Les muscles scalènes :
muscles inspireurs accessoires



9

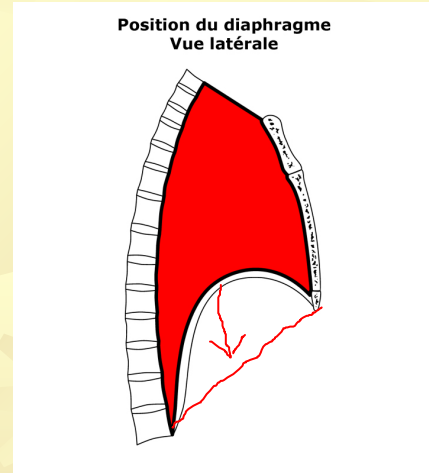
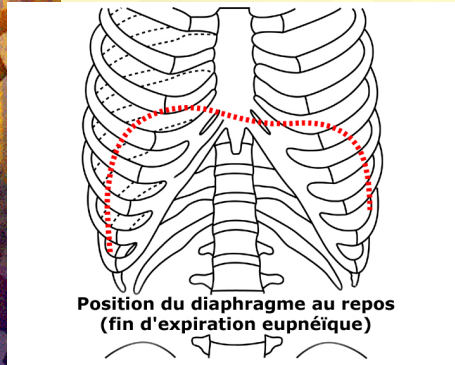
Mouvements respiratoires

Mouvement de la cage thoracique
pendant l'inspiration



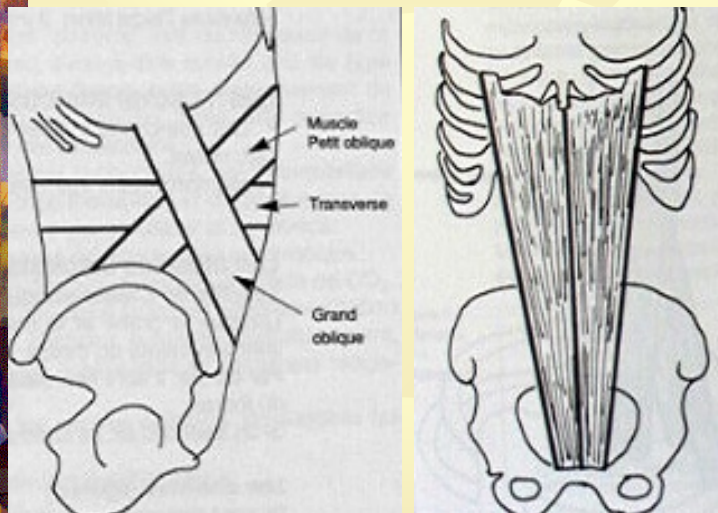
10

Positionnement du diaphragme



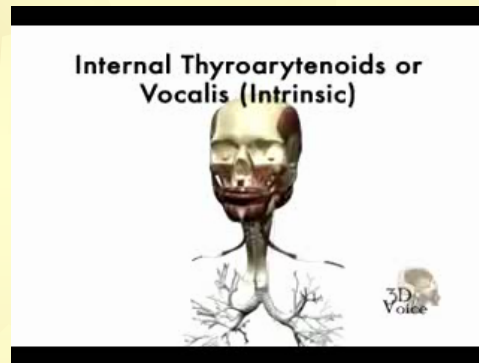
11

Muscles abdominaux

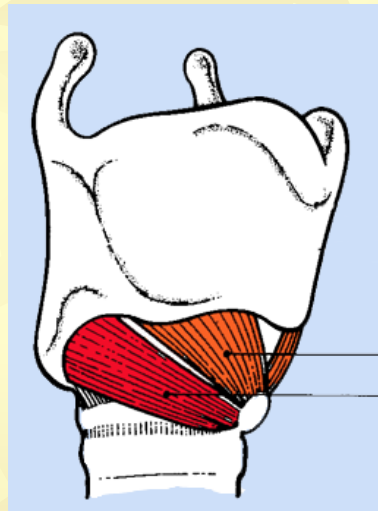


12

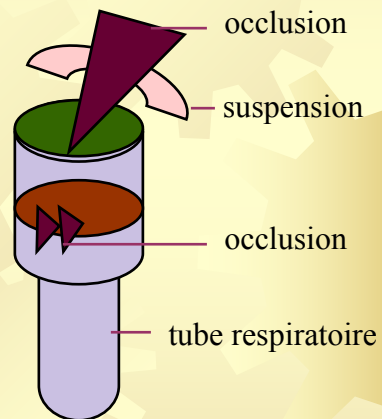
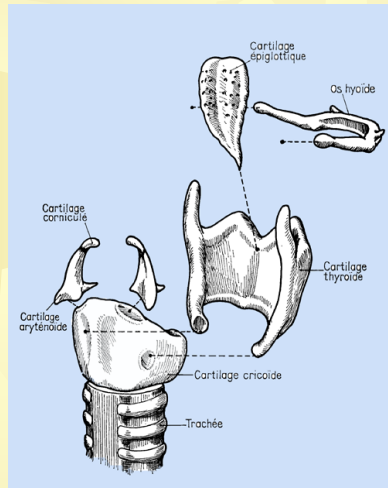
Situation du larynx et des cordes vocales



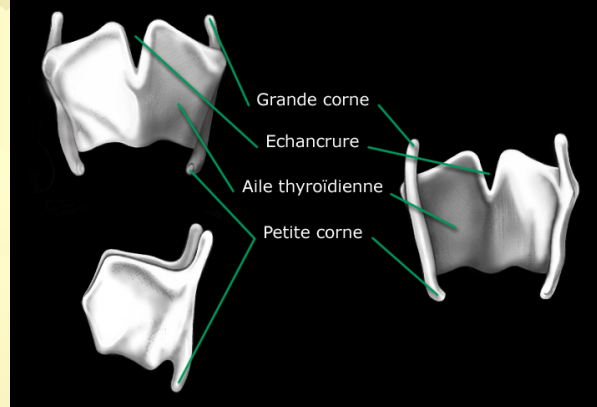
Larynx

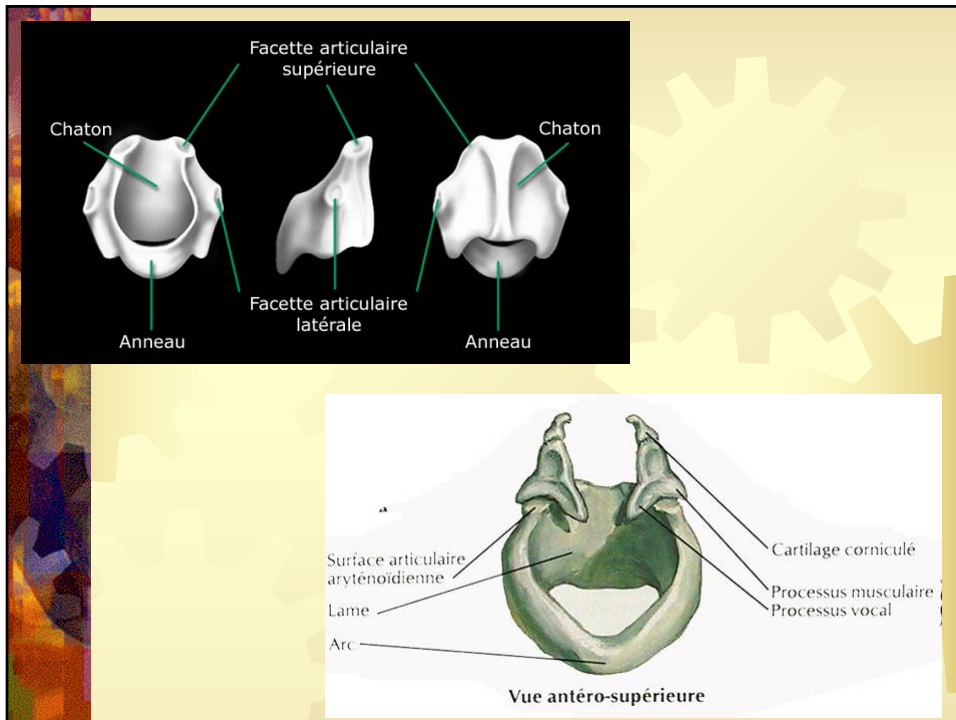


Squelette laryngé



Le cartilage thyroïde





Larynx

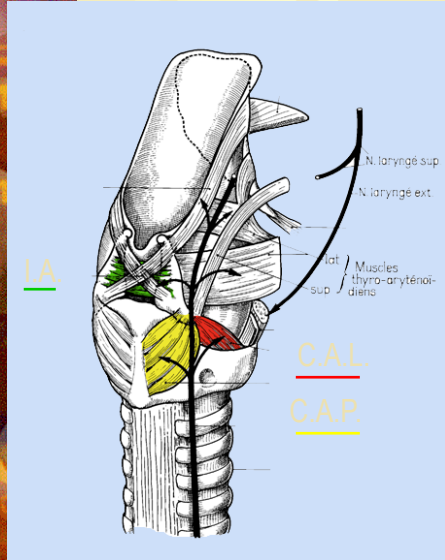
Le larynx Cartilages et os hyoïde

Mélanie Canault
Olivier Rastello

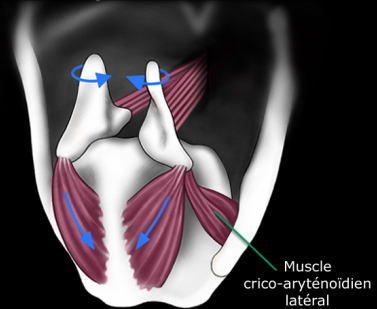
Coordination : Patrice Thiriet
ISTR - Université Lyon1

<http://www.youtube.com/watch?v=ME2cXf2d0z0>

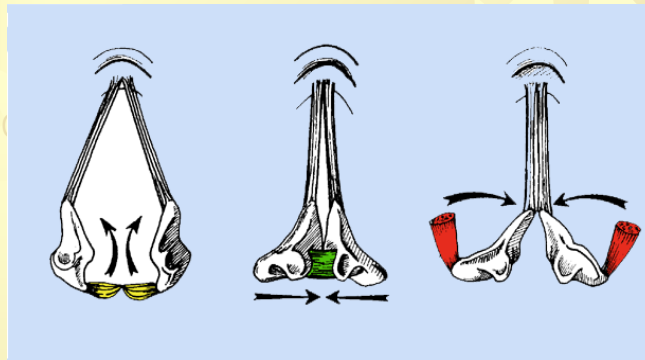
Muscles Intrinsèques



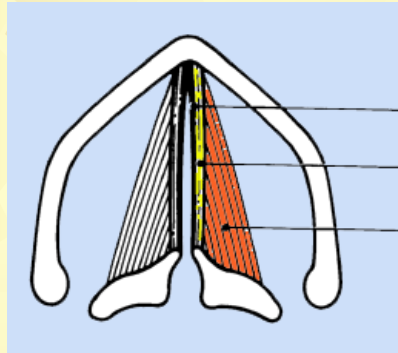
Action du muscle crico-aryténoïdien postérieur



Mouvements aryténoïdiens



Muscle vocal



ligament vocal

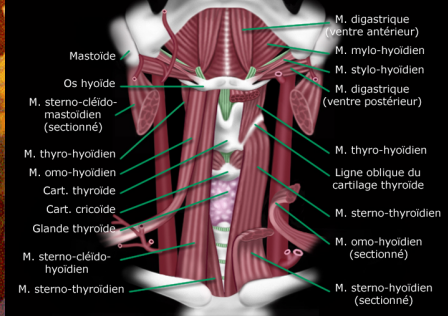
faisceau supéro-médial

faisceau inféro-latéral

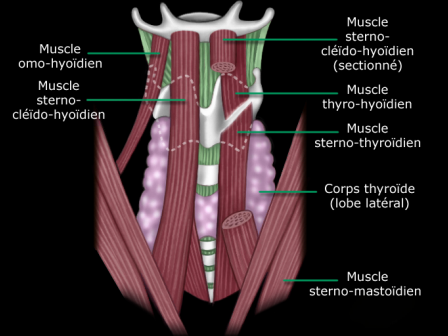
21

Muscles extrinsèques

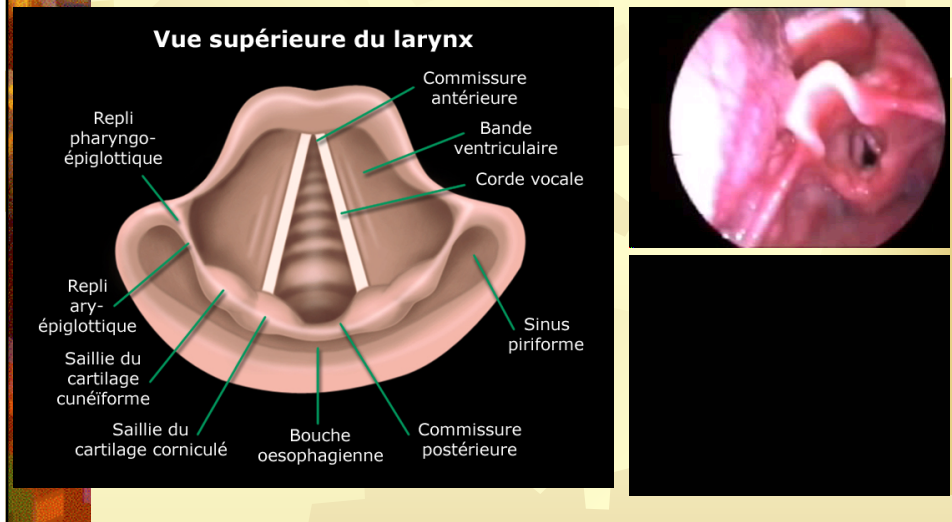
Les muscles sus et sous-hyoïdiens



Les muscles sous-hyoïdiens



Larynx et cordes vocales Vue endoscopique

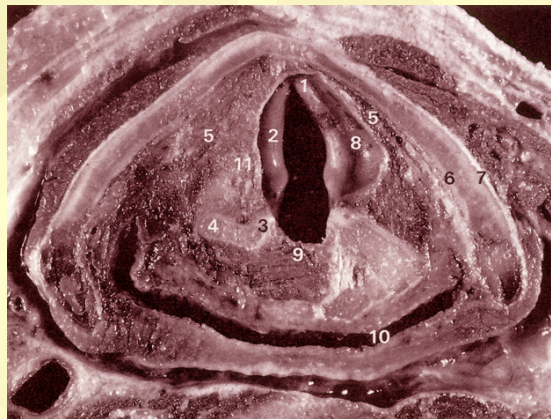


Videostroboscopie



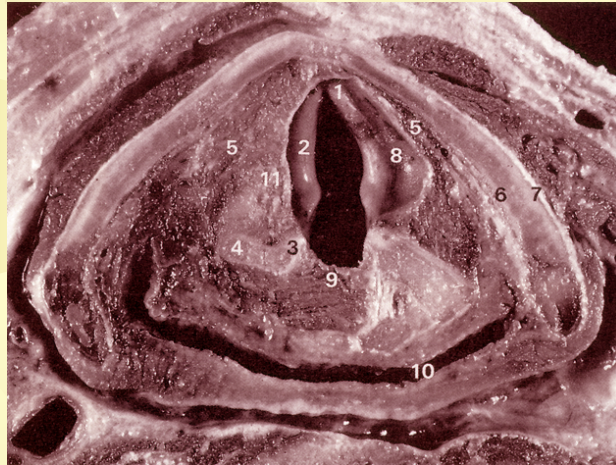
Les cordes vocales

Définition anatomique de la corde vocale



Repli membraneux tendu entre des structures cartilagineuses vibrant sous l'effet de l'air sous glottique.

Régions glottiques

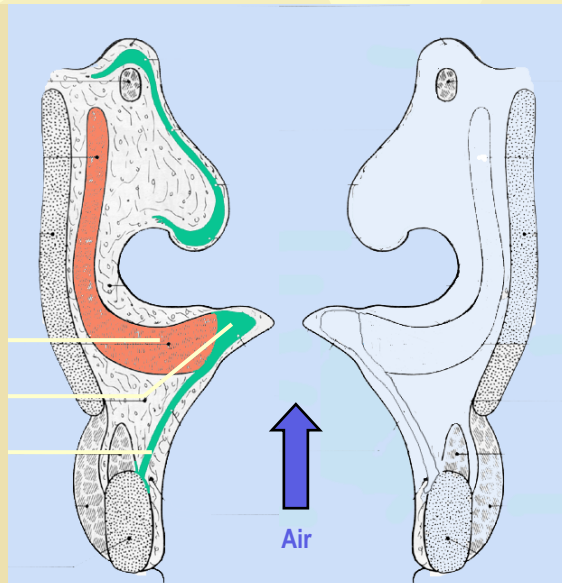


phonatoire

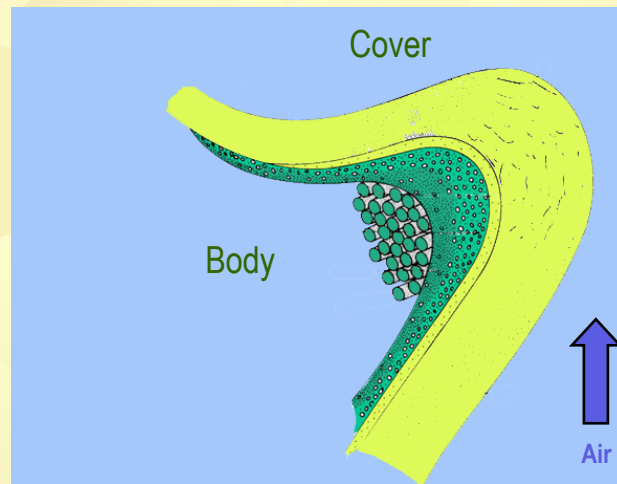
respiratoire

27

Structure de la corde vocale

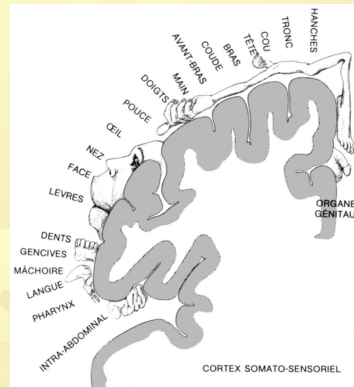
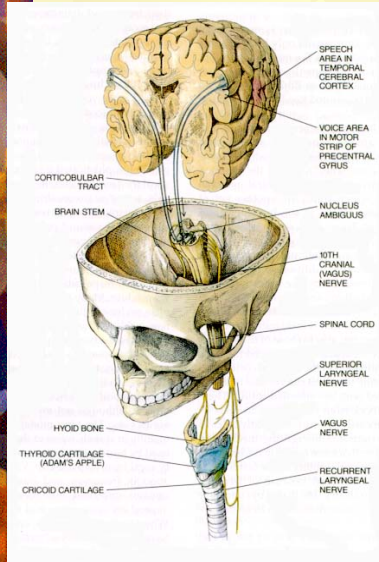


Structure de la corde vocale



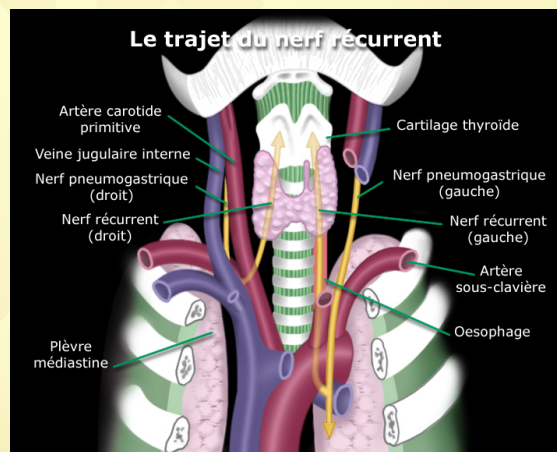
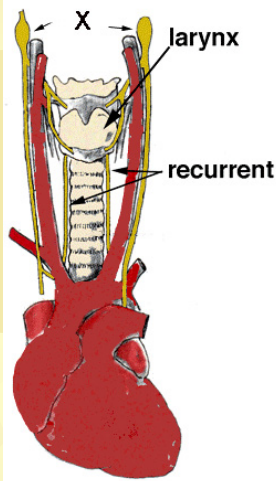
CONTRÔLE NEUROLOGIQUE DE LA PHONATION

Anatomie de l'innervation pharyngo-laryngée

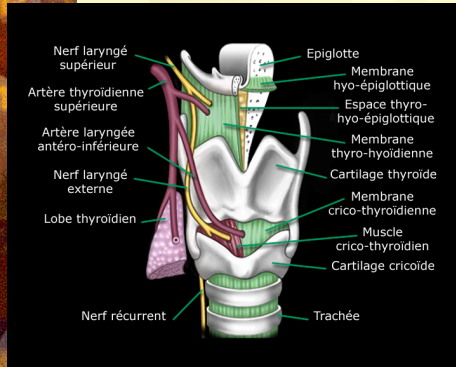


Moteur Gyrus pré-central (circonvolution frontale ascendante)
Sensitif Gyrus post-central (circonvolution pariétale ascendante)
Wilder Penfield (1891–1976)

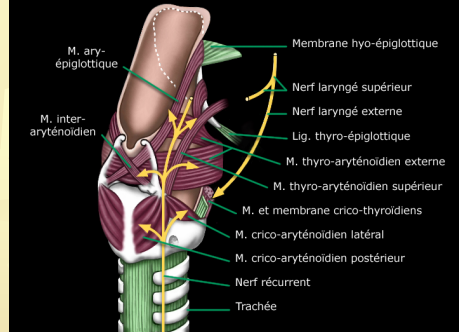
Innervation du larynx : bilatérale et asymétrique



Division des nerfs laryngés



Les branches terminales du nerf récurrent



Larynx : organe multi-fonctionnel

Impératif vital

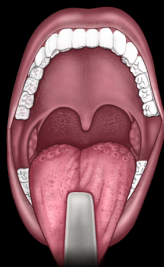


- Respiration
- Déglutition
- Efforts à glotte fermée
- Phonation

PAVILLON PHARYNGO BUCCO NASAL

Cavité buccale

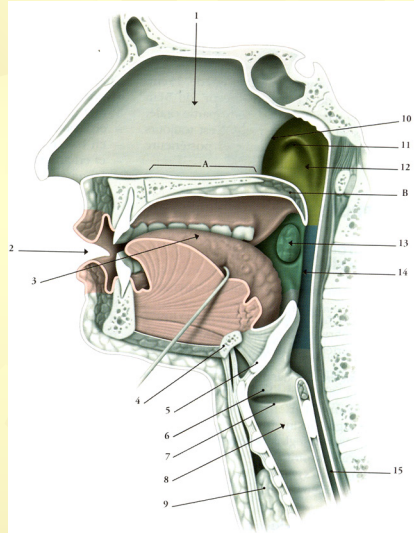
Schéma de la cavité buccale



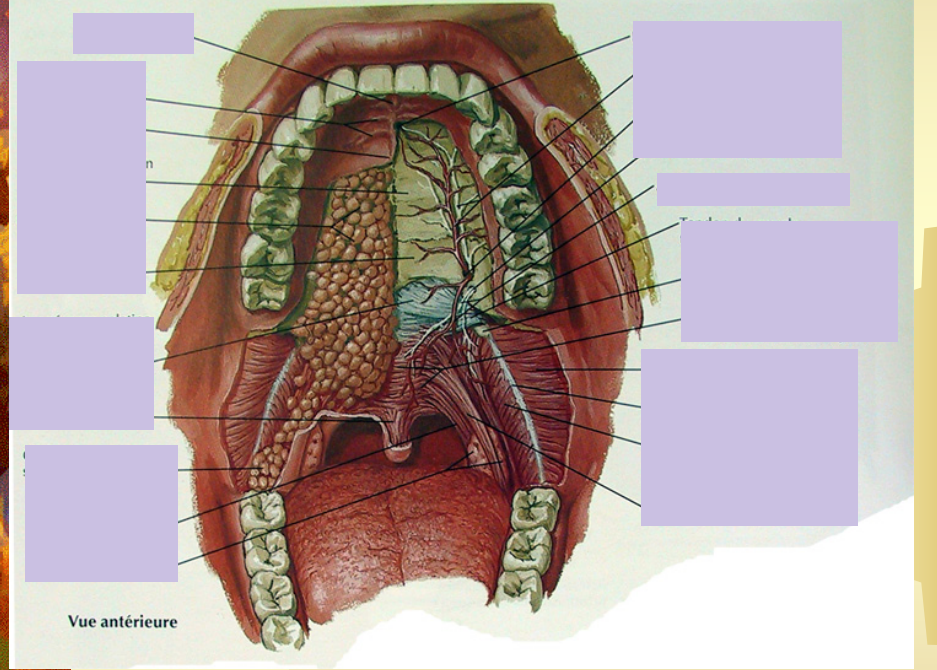
La cavité buccale

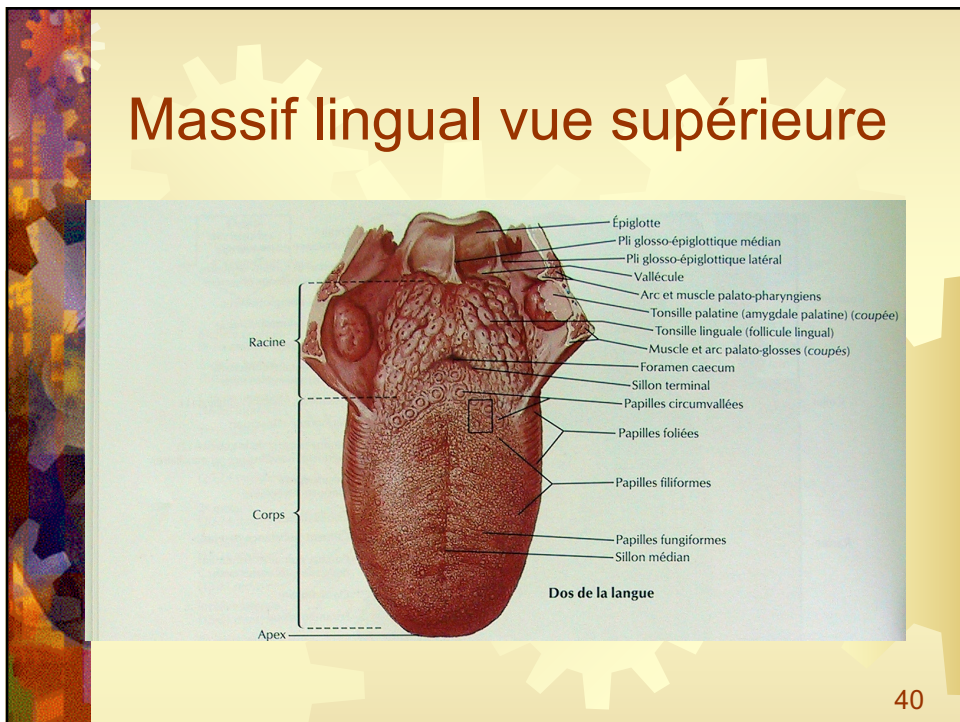
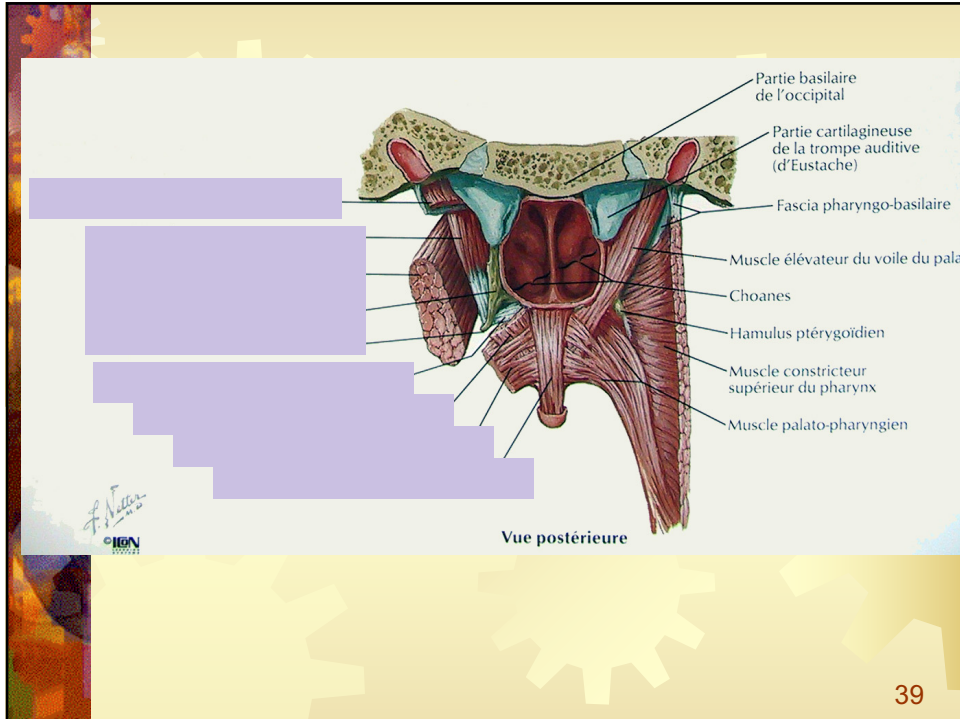


Cavité buccale, Pharynx Larynx

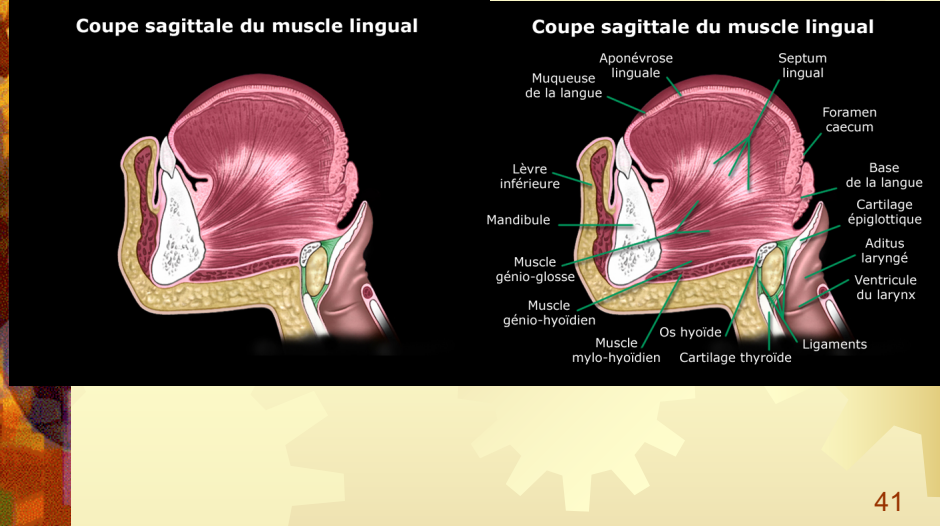


Cavité buccale partie supérieure

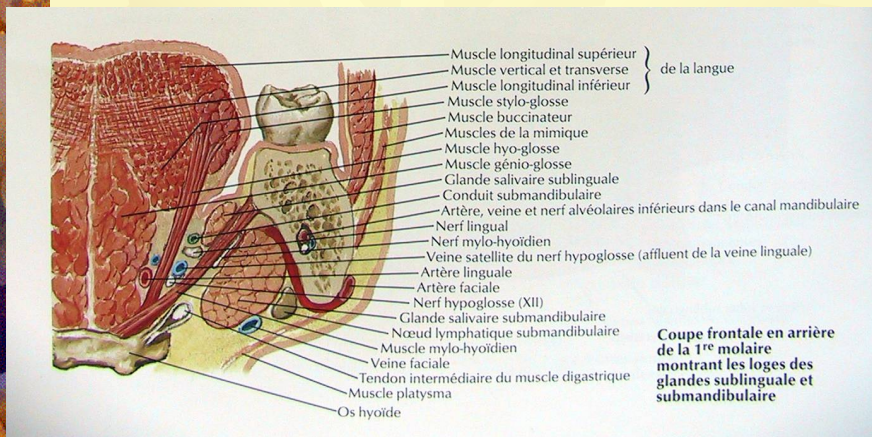


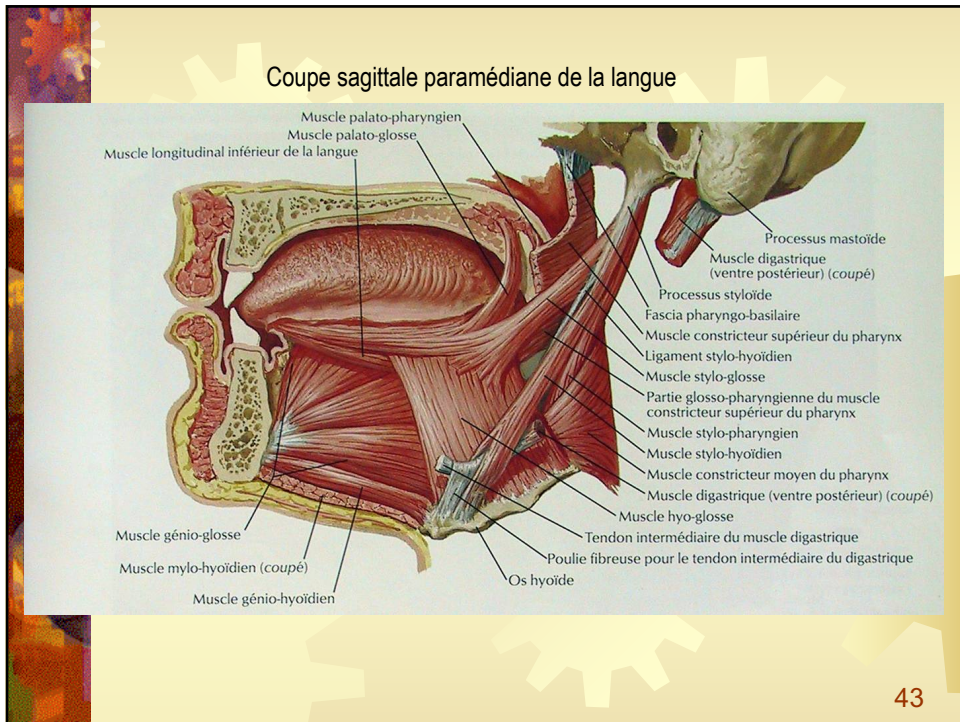


Massif lingual



Coupe frontale de la langue





Fonction laryngée : Phonation

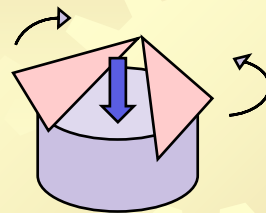
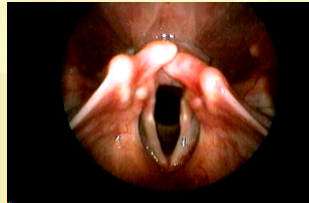
Phonation

- ☀ Production acoustique par l'appareil phonatoire : voix
- ☀ Parole : articulation de la voix pour former les mots
- ☀ Langage : message codé portant un sens
 - Langage parlé
 - Langage écrit
 - Langage informatique...

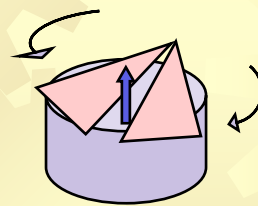
Réalisation de la phonation : synchronisation

- ☀ Respiration phonatoire
 - Inspiration thoracique et abdominale
 - Absence de blocage
 - Expiration abdominale
 - Cage thoracique stable
- ☀ Position phonatoire laryngée

Respiration Phonation



ouverture



fermeture

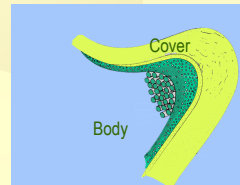
Exemples



Mise en vibration de l'air glottique

☀ Mécanisme I « lourd » « voix de poitrine »

- Vibration de masse (cover + body)
- Cordes courtes
- Son grave

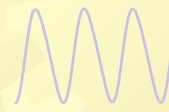


☀ Mécanisme II « léger » « voix de tête »

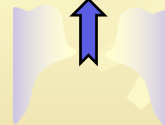
- Vibration muqueuse (cover)
- Cordes tendues (rôle du cricothyroïdien)
- Son aigu

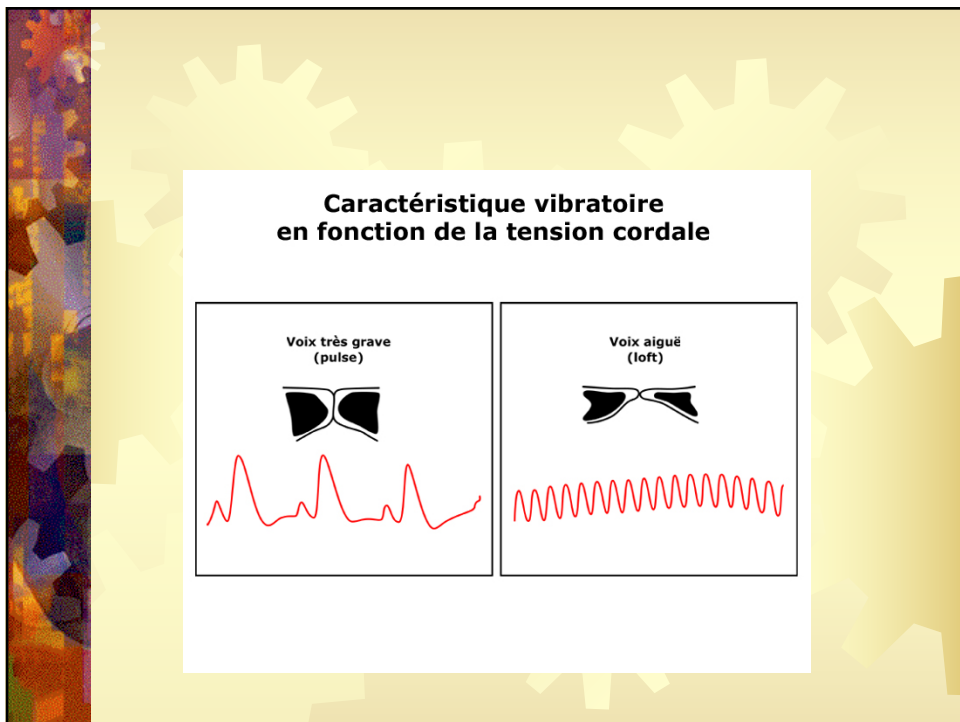
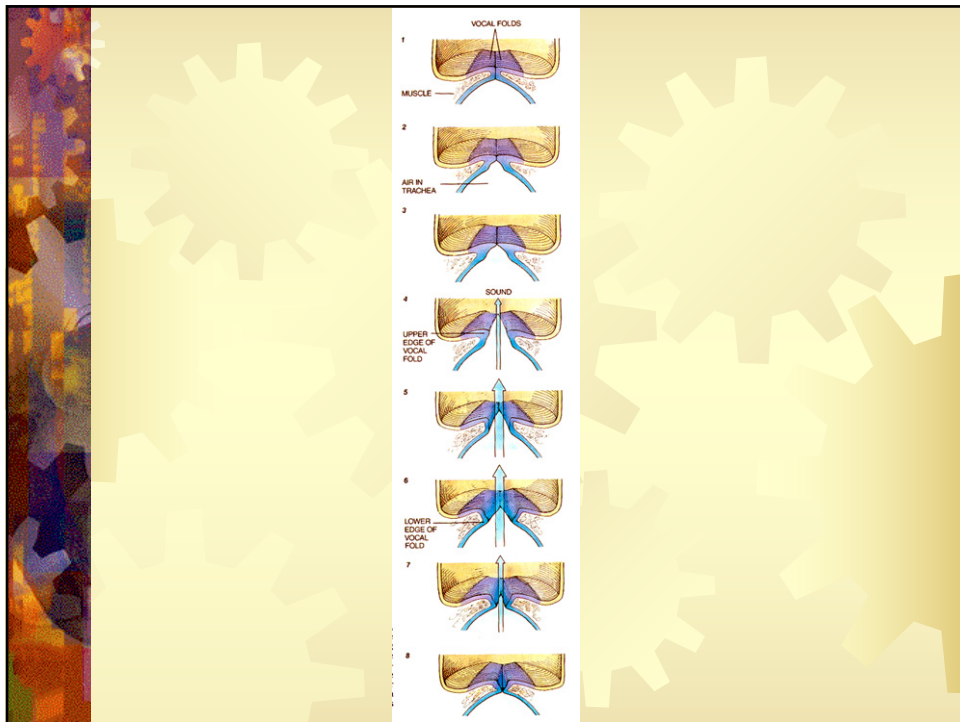
Son laryngé

Onde de pression



tps





Le larynx
Vibration des cordes vocales

Mélanie Canault
Olivier Rastello

Coordination : Patrice Thiriet
ISTR - Université Lyon1

http://www.youtube.com/watch?v=EgWdJFI_CHo

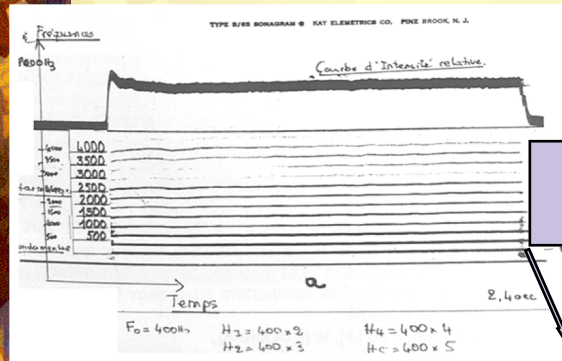
Son laryngé

- ☀ Fréquence fondamentale
 - Son périodique : Fréquence / Période
 - Enfant : 360 Hz
 - Femme : 280 Hz
 - Homme : 170 Hz
- ☀ Intensité
 - Décibels : 60 à 110 dB
- ☀ Timbre

Variation de la fréquence fondamentale en fonction de l'âge

Classes d'âge	Femmes (Hz)	Hommes (Hz)
0-10	292	143
21-30	278	136
41-50	245	120
61-70	224	119
21-30	218	127
41-50	205	124
61-70	180	131
61-70	184	
61-70	202	

Sonagramme : a tenu

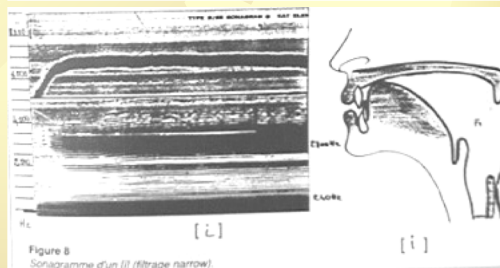
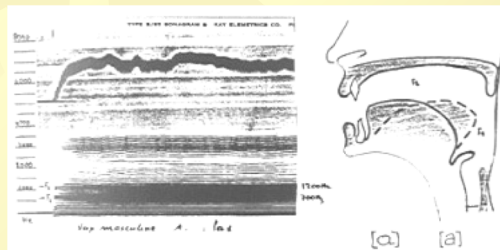


Résonances :
harmoniques du
fondamental (1° au
 11°) > 8000 Hz

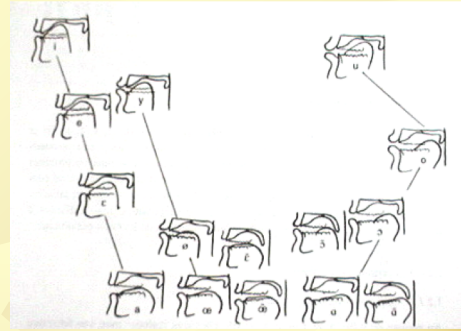
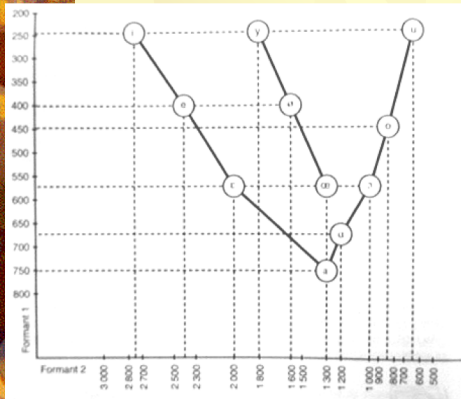
Son fondamental
(laryngé) : 400 Hz

Modification du son laryngé

- ☀ Formants
 - Buccal
 - Pharyngé
- Singing

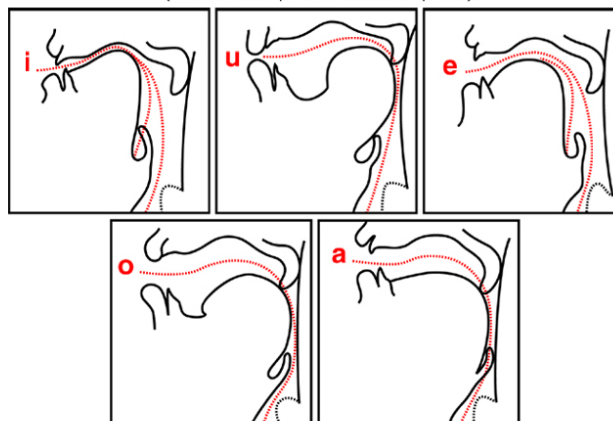


Modification du son laryngé



Modifications de la position de la langue et du voile en fonction du son émis

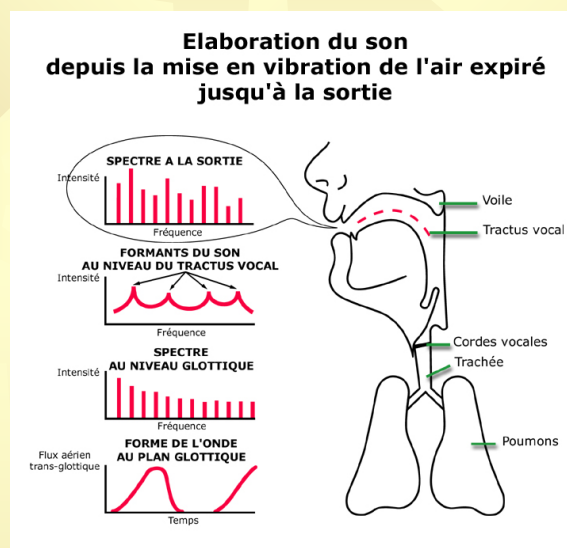
(Les lettres représentent les voyelles)



Formation de la parole

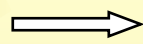
- ☀ Consonne
 - Voisée : z
 - Fricatives : f
 - Occlusives : p
- ☀ Voyelles
- ☀ Unité : phonème
- ☀ Articulation : parole

Récapitulatif de l'émission vocale

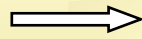


La phonation

- ☀ Source glottique : oscillateur
- ☀ Cavités de résonance : filtres acoustiques



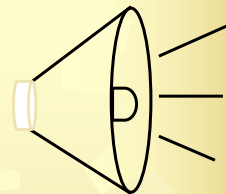
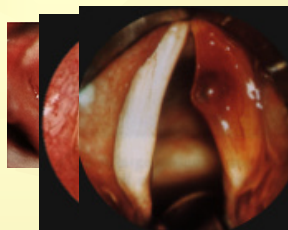
oscillateur



Modélisation

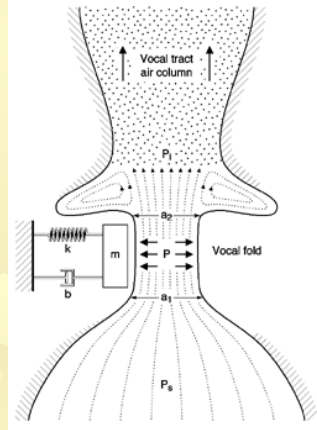
L 'enjeu de la modélisation

- ☀ Comprendre les conséquences acoustiques de modification anatomique et fonctionnelle des cordes vocales



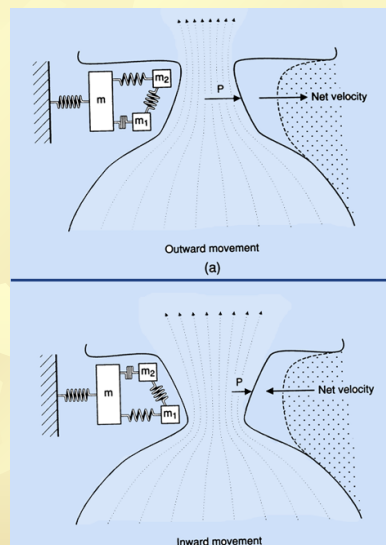
Modélisation des oscillations

- ☀ 1 Masse
[Flanagan-Landgraf]



Modélisation du mécanisme d'entretien des oscillations (3)

- ☀ 3 masses :
- ☀ Onde muqueuse



L'oscillateur harmonique

Ressort : k Masse : m

Stimulation Amortissement

Réalité expérimentale

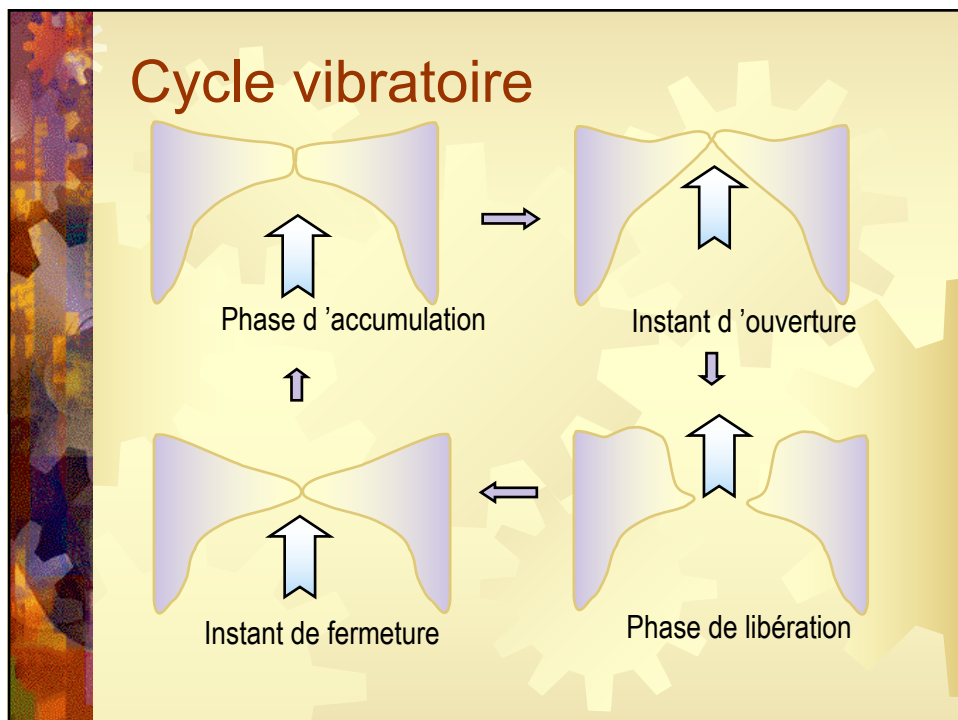
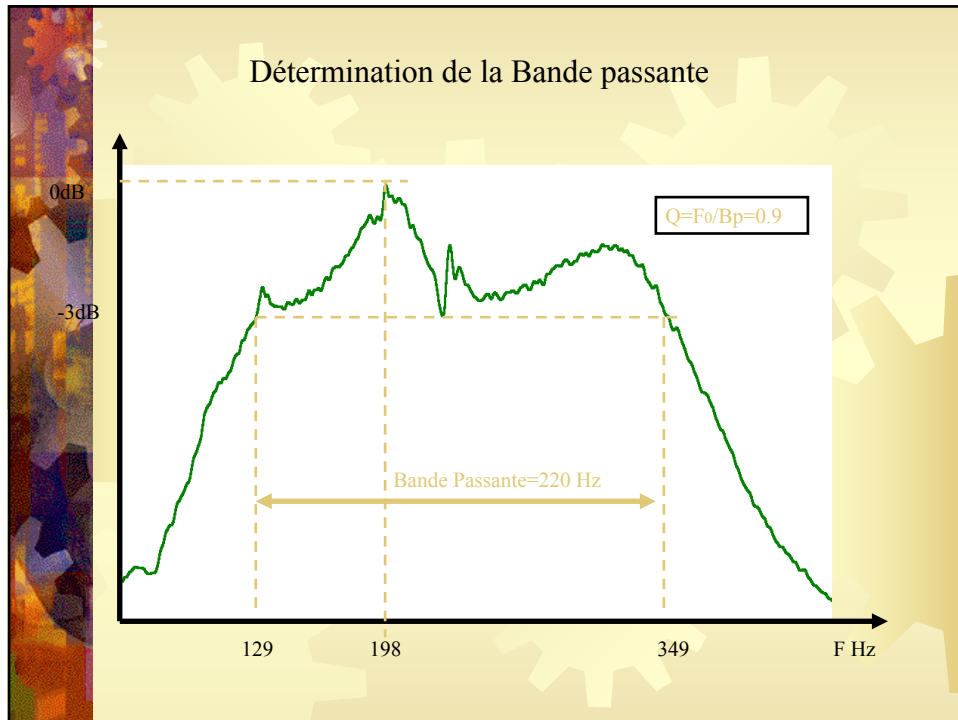
- ~~Caractéristiques de la vibration passive : oscillateur harmonique ?~~
- ~~Seuil de pression phonatoire : oscillateur harmonique ?~~

larynx 1

larynx 2

larynx 3

larynx 4



Analogie mécanique

☀ Vase à bascule



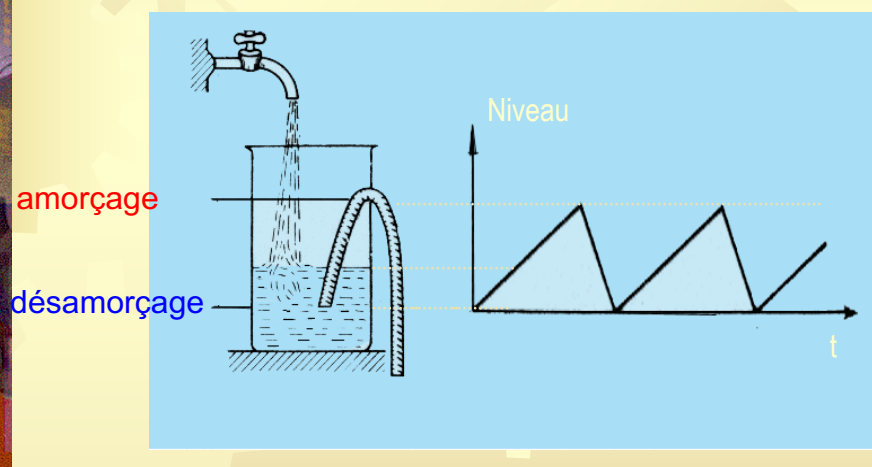
Principe de fonctionnement :
2 seuils

- Bascule
- Retour

Visualisation de ces 2 seuils

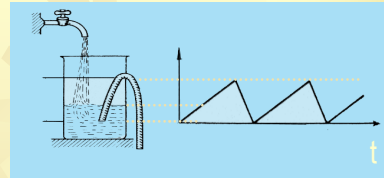
Oscillation de relaxation

☀ Fonctionnement on/off : 2 seuils



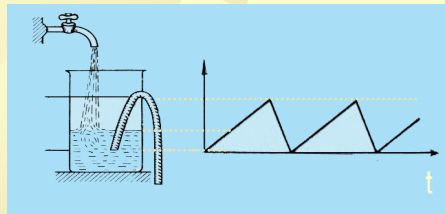
Propriétés de la relaxation

- ☀ Seul impératif :
 - **Source d'énergie > seuil d'amorçage**
- ☀ Auto entretien des oscillations
- ☀ Oscillation inharmonique



Insuffisances de l'oscillation de relaxation

- ☀ Fréquence du signal dépendante de la source d'énergie
- ☀ Amplitude de l'oscillation = fixée : 2 seuils



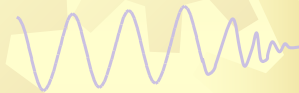
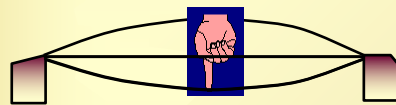
Modèle « dual »

- ☀ Propriétés d'un oscillateur harmonique
 - Masse
 - Raideur
 - Amortissement visqueux

- ☀ Oscillations Initiées et entretenues par Relaxation
 - Seuil de pression phonatoire
 - Contrôle de la F_0 par le flux d'air

Modèle du violon : *Stick and slip*

corde



Oscillateur harmonique

Modèle du violon : *Stick and slip*

2 valeurs des forces de frottement :

- statique
- dynamique

2 seuils de fonctionnement

3

Explication des deux seuils au niveau des cordes vocales

Débit = 0
PsG ↗

Phase d'accumulation

Débit = 0
PsG 1 ≥ P intraglot 1

⇒

Débit ↘
PsG1 < P intraglot 2

Instant d'ouverture

Débit ↗
PsG1 ≥ P intraglot 1

⇄

Débit ↘
PsG1 < P intraglot 2

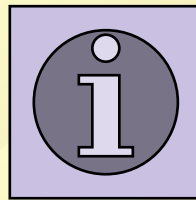
Instant de fermeture

Débit ↗
PsG1 ≥ P intraglot 1

⇄

P intraglot ↘
= P intraglot 1 - effet venturi

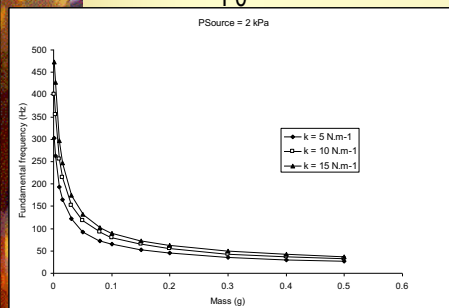
Simulation numérique



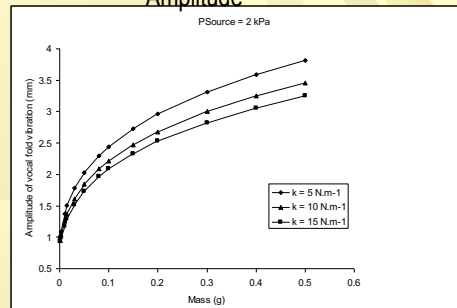
Simulation Numérique

- ☀ Résultats Quantitatifs
- ☀ Effet de la masse

F0



Amplitude



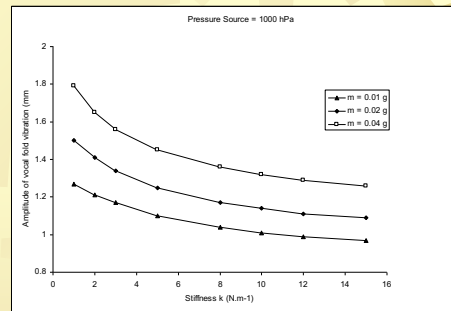
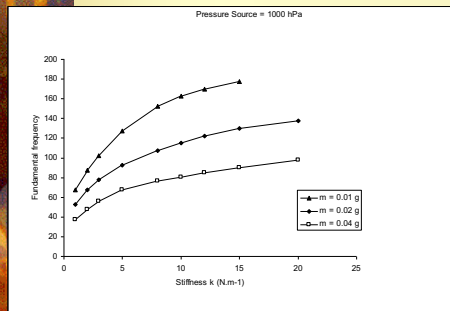
Simulation Numérique

Résultats Quantitatifs

Effet de la raideur

F0

Amplitude



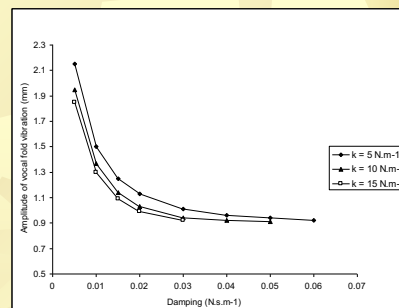
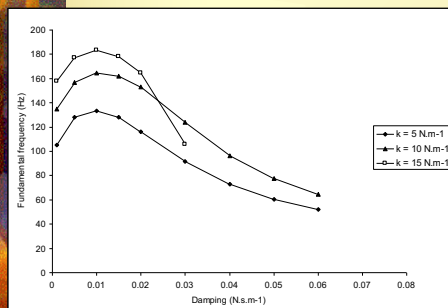
Simulation Numérique

Résultats Quantitatifs

Effet de l'amortissement

F0

Amplitude



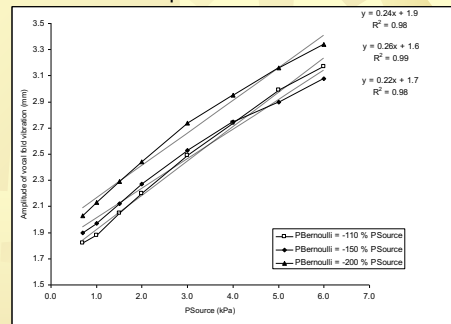
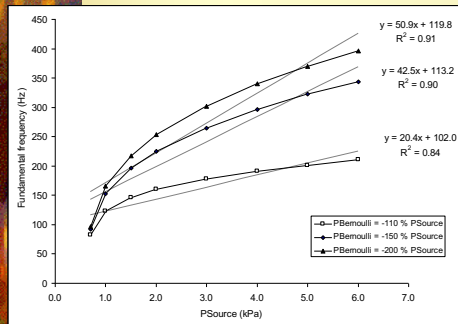
Simulation Numérique

Résultats Quantitatifs

Effet de la Pression Source

F0

Amplitude

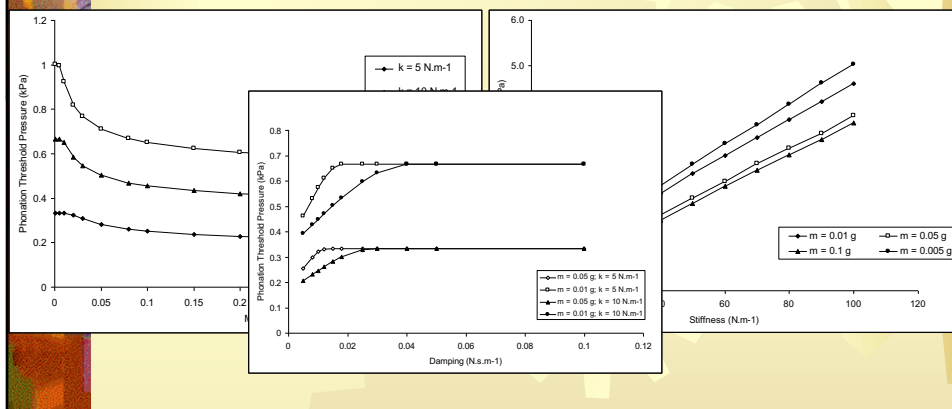


22.4 to 118.7 Hz / kPa [Hsiao, 1994 Ann Otol Rhinol Laryngol]

Simulation Numérique

Résultats Quantitatifs

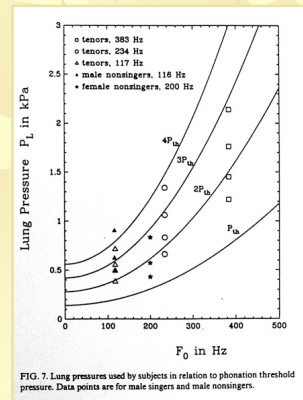
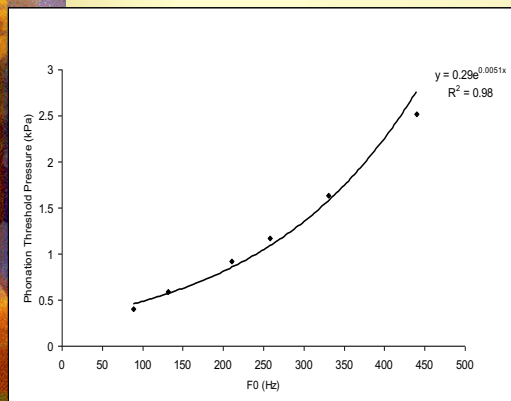
Variation du Seuil de Pression Phonatoire



Simulation Numérique

☀ Résultats Quantitatifs

☀ Relation Seuil de Pression Phonatoire / F0



Résumé

- ☀ Modèle simple et robuste
- ☀ Prend en compte
 - ☀ Le seuil de pression phonatoire
 - ☀ L'entretien des oscillations
 - ☀ Le contrôle de la fréquence et de l'amplitude

Evolution

- ☀ Modèle à deux couches : body cover
 - Etude des registres

- ☀ Modèle à cordes vocales asymétriques
 - Etudes des biphonations et vibrations chaotiques

Implications physiologiques

- ☀ Notion de seuil de pression phonatoire :
 - Régime aérodynamique : débit / pression
 - Ajusté aux conditions de fermeture des cordes v.
 - Aux propriétés viscoélastiques des cordes v.
 - Viscosité du mucus qui recouvre les cordes v.
- ☀ Contrôle de la Fréquence fondamentale
 - Débit trans-glottique
 - Pression sous glottique
 - Raideur et masse des cordes vocales
- ☀ Contrôle de l'amplitude
 - Pression sous glottique
 - Force de fermeture glottique

