

Neurophysiologie Clinique

4H3

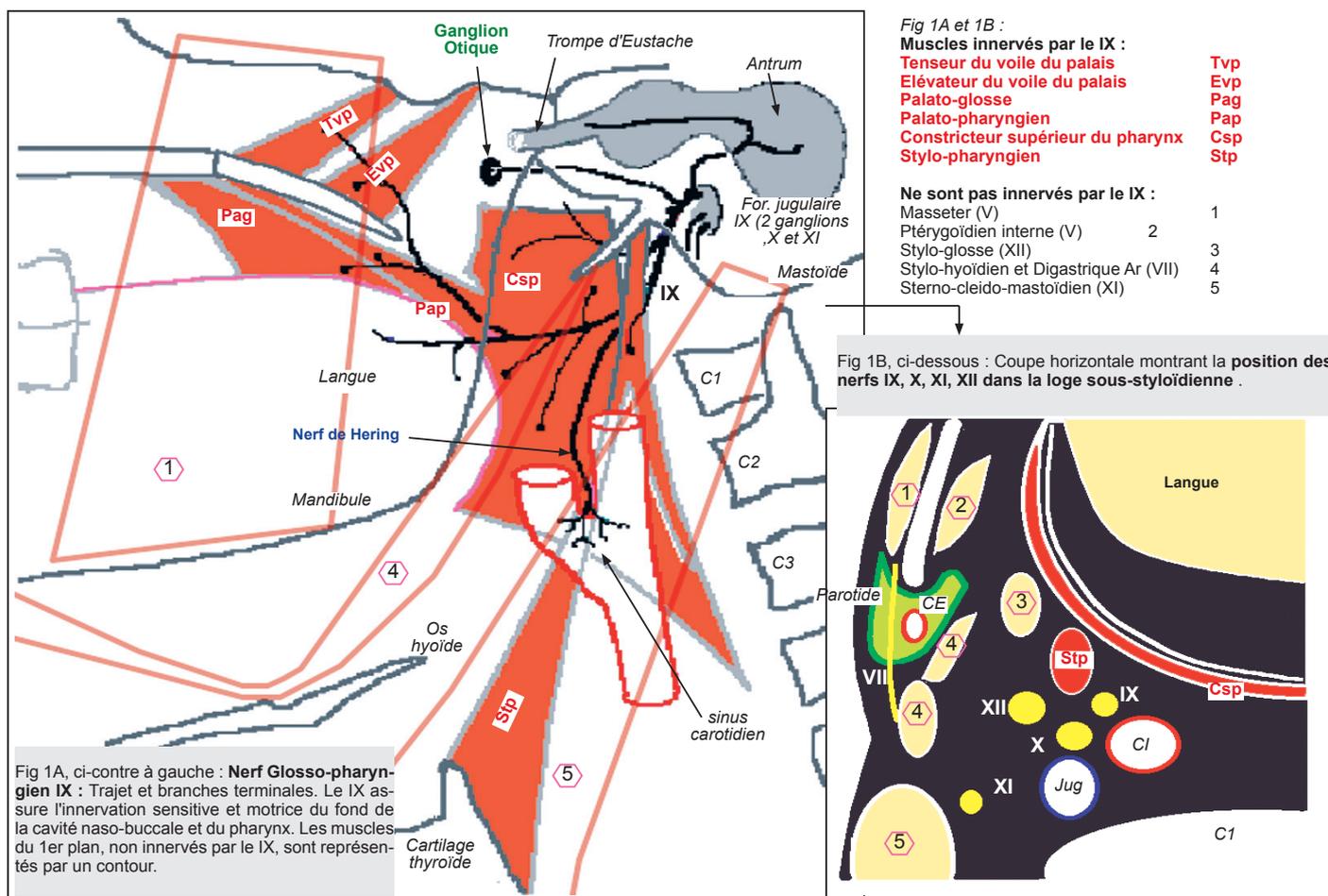
**Nerfs Glosso-pharyngien (IX)
Pneumogastrique (X)
Hypoglosse (XII)**

**Oro-pharynx et déglutition
Cordes vocales et phonation**

P. Guihéneuc

édition 2006

	page
<i>A : Nerf Glosso-Pharyngien IX</i>	2
<i>B : Nerf Pneumogastrique ou nerf Vague X</i>	3
<i>C : Nerf Hypoglosse XII</i>	4
<i>D : Le programme moteur de déglutition</i>	5
<i>E : La phonation et l'exploration des cordes vocales</i>	7
<i>F : Sources documentaires</i>	13



A : LE NERF GLOSSO-PHARYNGIEN (IX)

A1 - Trajet

Le nerf Glosso-pharyngien IX (*nervus glossopharyngeus, glossopharyngeal nerve*) est chargé de l'innervation du fond de la cavité buccale : palais mou et conduit auditif interne, arrière de la langue, partie supérieure du pharynx. Il est **rarement exploré en électromyographie**, parce que les muscles qu'il commande, chargés du temps pharyngien de la déglutition, sont profondément situés, et sont mieux étudiés par des dispositifs d'imagerie (voir ci-après §D5)).

Né dans le bulbe où il partage son noyau moteur avec le X (noyau ambigu, (cf 1B5, §A), il quitte le tronc cérébral en arrière de l'olive et sort de la base du crâne par le **foramen jugulaire** (trou déchiré postérieur) (fig.1 A et fig 2B). Il présente à ce niveau 2 ganglions sensitifs. Il y est accompagné par le X, le XI, et la veine jugulaire interne. Une compression à ce niveau (*méningiome, trauma*) entraîne une *paralysie unilatérale du voile du palais* (signe du rideau), des muscles pharyngés supérieurs et laryngés (troubles de la déglutition, toux), du Sterno-cleido-mastoïdien et du Trapèze.

Sous la base du crâne, le IX est profondément situé (fig.1 B), entre la mandibule et la mastoïde, recouvert par les muscles Sterno-cleido-mastoïdien, par la glande Parotide dans laquelle chemine le tronc du nerf Facial et l'art.Carotide externe, par le ventre postérieur du Digastrique, le Stylo-hyoïdien, le stylo-Glosse et le stylo-Pharyngien. Il est tout près du X et du XII, de la Carotide interne et de la veine Jugulaire. Il repose sur l'aponévrose extérieure du muscle Constricteur supérieur du pharynx.

A2 - Branches et territoires innervés

Le nerf Glosso-pharyngien convoie :

≠ **des fibres sensitives** partant de la caisse du tympan et de la trompe d'Eustache, du 1/3 postérieur de la langue, de muqueuse pharyngée haute et des amygdales, : ces fibres de petit diamètre (température et nociception) ont leurs corps cellulaires dans le ganglion supérieur (d'Ehrenritter) du nerf au niveau du foramen jugulaire et se terminent dans le noyau spinal du V (cf 1B5, Fig 1) .

≠ **des fibres sensorielles** assurant la **perception du goût par la muqueuse postérieure de la langue** : leurs corps cellulaires sont situés dans le ganglion inférieur (d'Andersh) du IX et se terminent à la partie haute du noyau du faisceau solitaire, dans la zone paramédiale antérieure du bulbe.

≠ **des fibres afférentes végétatives : le nerf de Hering** emporte les messages provenant des mécano-captteurs du sinus carotidien (distenspariétale à chaque systole et niveau de pression artérielle) et des chémo-captteurs du glomus carotidien (sensibles aux pressions partielles des gaz du sang et au pH). Ces messages atteignent le noyau dorsal du X (cardio-pneumo-entérique) et les noyaux réticulaires en charge des régulations du rythme respiratoire, de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle.

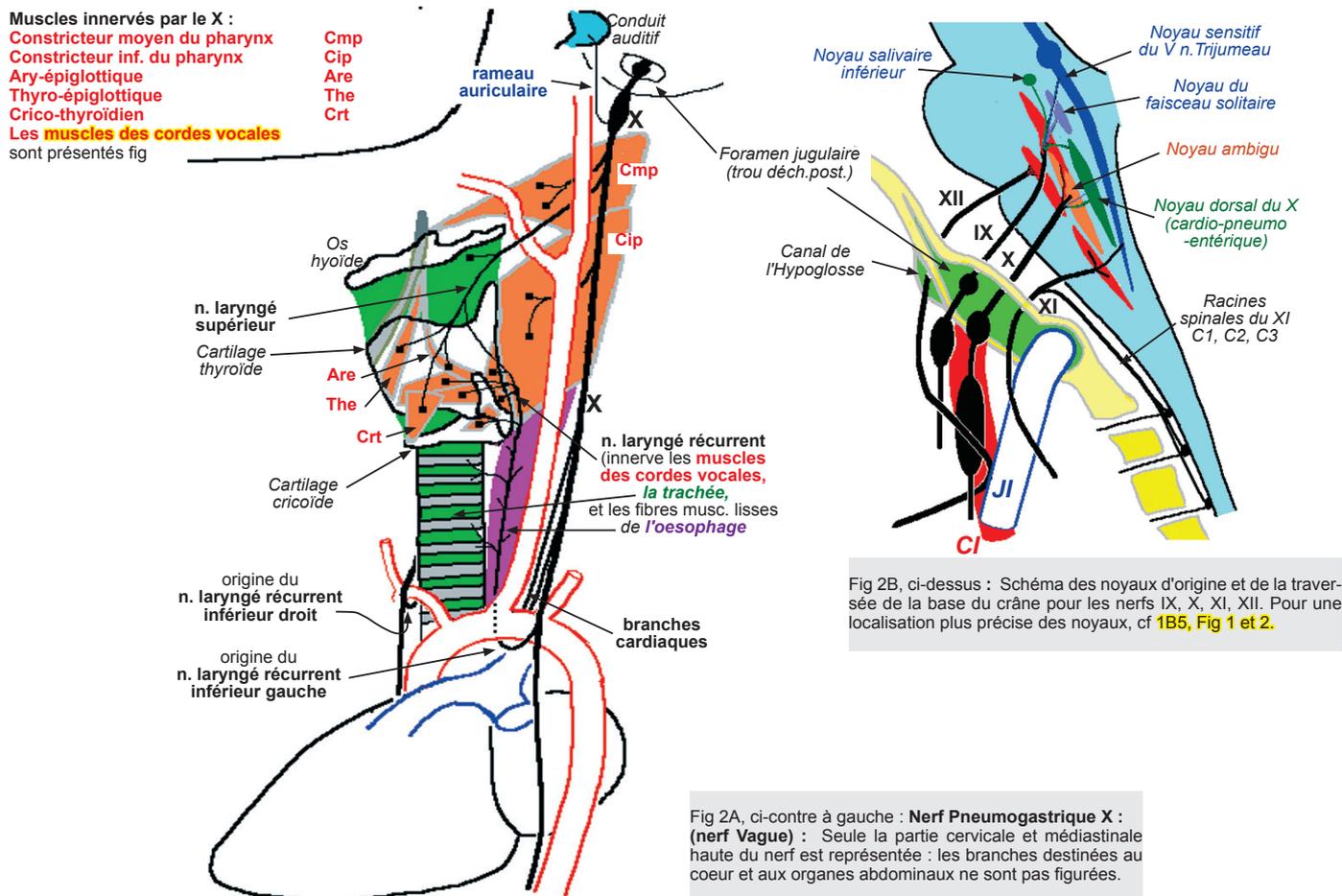
≠ **des fibres efférentes végétatives** : destinées au contrôle de la **secrétion salivaire des parotides**, ces fibres sont issues du noyau salivaire inférieur parasymphatique. Elles suivent le nerf de Jacobson qui traverse la caisse du tympan, sont rejointes par des fibres orthosymphatiques du plexus circumcarotidien, puis empruntent le nerf Petit pétreux, font relais dans le ganglion otique, et suivent le nerf Auriculo-temporal du V pour atteindre la parotide (cf 4H1, §A2).

≠ **des fibres motrices** : nées de la partie rostrale du noyau ambigu ces fibres sont en partie imbriquées avec celles du X. Elles assurent la commande - des muscles **Élévateur du voile du palais** et **Tenseur du voile du palais** (*Levator, Tensor veli palatini*) ; **Péristaphylins internes** et **Pharyngostaphylins**. - des muscles **tracteurs de l'entonnoir oro-pharyngé** : **Palato-glosse** (*Palatoglossus*), **Stylo-pharyngien** (*stylopharyngeus*), **Palato-pharyngien** ; **Salpyngo-pharyngien**.

- du **Constricteur supérieur du pharynx** (*Superior pharyngeal constrictor*).

A3 - Exploration

Le nerf Glosso-pharyngien est un acteur essentiel dans la mécanique complexe du contrôle du carrefour oro-pharyngo-laryngé. Son exploration est envisagée plus loin avec l'étude de la déglutition (§ D5)



B : LE NERF PNEUMOGASTRIQUE (X, nerf VAGUE)

B1 - Trajet

Le nerf Pneumogastrique X (*nervus vagus, pneumogastric or vagus nerve*) (fig.2 A) est l'un des nerfs majeurs de l'organisme. Son territoire "pneumogastrique" s'étend du larynx au thorax et à la partie haute de l'abdomen. Ces multiples routes lui ont valu le nom de nerf "vagabond" ou "vague". Il intervient dans le contrôle de la déglutition, de la phonation, de la respiration, et des fonctions digestives jusqu'au colon. Son exploration **en électromyographie** concerne essentiellement l'activation des **cordes vocales**.

Né dans le bulbe où il partage son noyau moteur avec le IX (noyau ambigu, cf **1B5, §A**), il quitte le tronc cérébral en arrière de l'olive et sort de la base du crâne par le **foramen jugulaire** (trou déchiré postérieur, fig.2 B). Il présente à ce niveau 2 ganglions sensitifs : supérieur et inférieur. Il y est accompagné par le IX et le XI (voir ci-dessus, §A1).

B2 - Branches et territoires innervés

Le nerf Pneumogastrique X est un nerf mixte emportant :

≠ **des fibres sensitives** partant d'une petite zone du **conduit auditif externe et du pavillon (rameau auriculaire, greater auricular nerve)** du pharynx moyen et de tout le larynx (**nerf laryngé supérieur**) de la trachée (**nerf laryngé récurrent**), de l'épiglotte, de muqueuse pharyngée haute et des amygdales, : ces fibres ont leurs corps cellulaires dans les ganglions du foramen jugulaire et se terminent dans le noyau spinal du V (cf **1B5, Fig 1**).

≠ **des fibres afférentes végétatives** : issues des poumons, du cœur et des gros vaisseaux (baro-capteurs, **nerf de Ludwig-Cyon**), de l'oesophage et de tous les organes digestifs jusqu'au colon transverse. Ces messages atteignent le noyau dorsal sensitif du X.

≠ **des fibres efférentes végétatives** : destinées au **contrôle parasympathique de la fréquence cardiaque, de la pression artérielle, de la motilité oesophagienne, gastrique, intestinale et des sécrétions digestives**, ces fibres très nombreuses sont issues du noyau dorsal moteur du X. Le 2e neurone de la voie est contenu dans la paroi des viscères. Toutes ces fibres libèrent de l'acétyl-choline.

≠ **des fibres motrices** nées de la partie caudale du noyau ambigu, elles sont en partie imbriquées avec celles du IX. Elles donnent, de chaque côté :

- **des rameaux pharyngiens**, pour le **Constricteur moyen du pharynx** et le **Constricteur inférieur du pharynx**.
- **le nerf Laryngé supérieur** (*superior laryngeal nerve*), né dans le foramen jugulaire, vers le **m. Crico-thyroïdien** et les **tracteurs de l'épiglotte** : muscles **Ary-épiglottique** et **Thyro-épiglottique**. Un rameau rejoint le N. Laryngé Récurrent (anse de Galien)
- **le nerf Récurrent** (*recurrent laryngeal nerve*) né dans le thorax, qui passe sous la crosse de l'aorte à gauche, sous l'artère sous-clavière à droite, pour remonter se terminer en nerf laryngé inférieur. Celui-ci assure l'innervation de tous les **muscles du larynx et des cordes vocales** : **Thyro-aryténoïdien, Crico-thyroïdien, Crico-aryténoïdien latéral, Crico-aryténoïdien postérieur, Aryténoïdien oblique, Aryténoïdien transverse, Aryténoïdien postérieur, Interaryténoïdiens**.

B3 - Exploration

La stimulation du nerf Pneumogastrique est possible au cou, mais elle touche le X lui-même et/ou le nerf Récurrent, et la réponse intéresse de nombreux muscles qui interfèrent : la mesure de latence est peu fiable.

Les muscles striés innervés par le X interviennent dans les séquences de déglutition, dans la protection des voies aériennes, et dans les mécanismes complexes de la phonation. Leur exploration emg intéresse surtout la **commande des cordes vocales** (§ E, plus loin).

La stimulation vagale par voie externe (stimulation magnétique à fréquence élevée) ou par électrodes implantées au contact du nerf a été proposée comme traitement possible d'épilepsies rebelles et de certains désordres psychiatriques (syndrômes dépressifs). Les influx centripètes provoqueraient la libération d'amines dans le tronc cérébral et atteindraient secondairement les noyaux diffus du thalamus et le cortex limbique. L'efficacité à long terme de ces stimulations demeure controversée.

Fig 3A :

Muscles innervés par le XII :

Muscles intrinsèques de la langue

Géno-glosse

Stylo-glosse

Géno-hyoïdien

Hyo-glosse

Sterno-hyoïdien

Thyro-hyoïdien

Sterno-Thyroïdien

Omo-hyoïdien

Ne sont pas innervés par le XII :

Mylo-hyoïdien et Digastrique Av (V)

Stylo-hyoïdien et Digastrique Ar (VII)

Sterno-cleido-mastoïdien (XI)

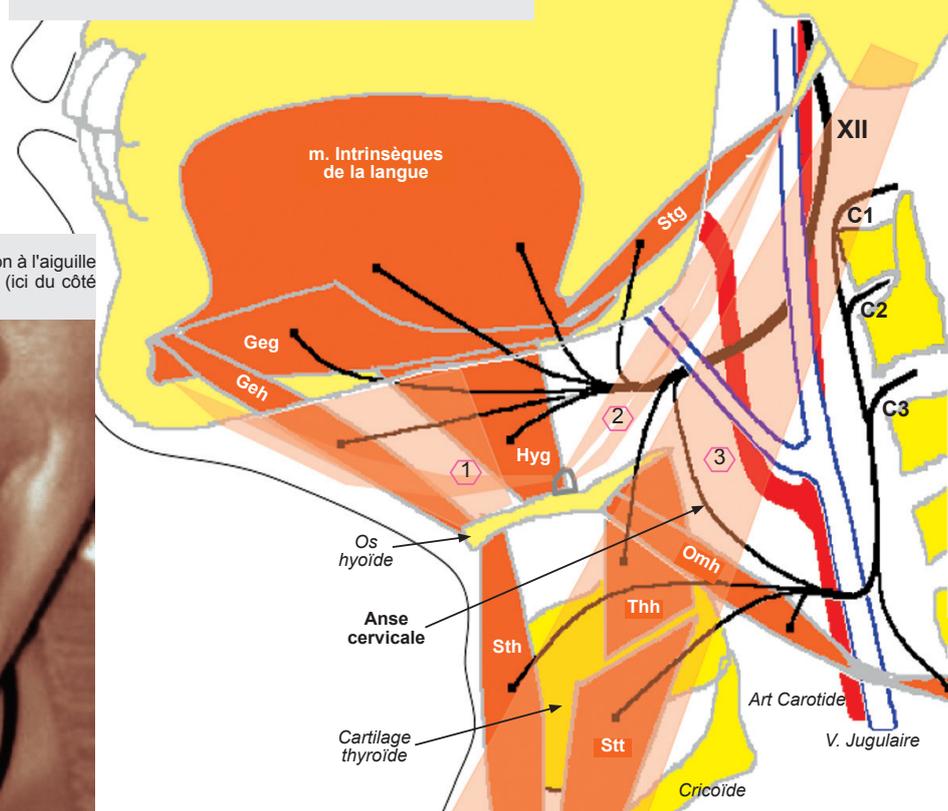
Ing
Geg
Stg
Geh
Hyg
Sth
Thh
Stt
Omh

1
2
3

Fig 3B, ci-dessous : **Nerf Hypoglosse XII** : Exploration à l'aiguille concentrique des muscles intrinsèques de la langue (ici du côté gauche). Lire le texte § C3.



Fig 3A, ci-contre à gauche : **Nerf Hypoglosse XII** : Trajet et branches terminales. Le XII assure l'innervation motrice de la langue, ainsi que des muscles sus-hyoïdiens et sous-hyoïdiens. Les muscles du 1er plan, non innervés par le XII, sont représentés par une ombre translucide.



C : LE NERF HYPOGLOSSE (XII)

C1 - Trajet, branches et territoires innervés

Le nerf Hypoglosse XII (*nervus hypoglossus, hypoglossal nerve*) ne comporte pas de fibre végétative (fig.3A). Les motoneurons du XII constituent un noyau allongé de la zone paramédiane et postérieure du bulbe, en dedans du noyau du X (cf 1B5, Fig 1). Le nerf émerge entre la pyramide et l'olive et se dirige vers le foramen condylien antérieur (ou canal de l'hypoglosse (fig.2B)). Il chemine en dehors du X, entre la carotide interne et la veine jugulaire, reçoit quelques fibres de C1 et C2 avec les quelles il forme l'"anse cervicale", puis se courbe vers l'avant. Il passe entre les muscles Hyo-glosse et Mylo-hyoïdien, où il se divise (fig.1B).

Les 10 000 fibres motrices du XII (diamètre moyen 9 µm) innervent :

- Les muscles **propres du Corps de la langue** (*lingualis*) par ses fibres terminales supérieures
- Des muscles sus-hyoïdiens **Géno-glosse** (*genio-glossus*), **Géno-hyoïdien** (*genio-hyoideus*), **Hyo-glosse**, **Stylo-glosse**,
- Des muscles sous-hyoïdiens, le **Thyro-hyoïdien** (*thyro-hyoideus*), l' **Omo-hyoïdien** (*omo-hyoideus*), le **Sterno-hyoïdien** (*sterno-hyoideus*), le **Sterno-thyroïdien** (*sterno-thyroideus*), tous ces muscles, plats et peu épais, **reçoivent des fibres émanant en fait de C1-C3.**

C2 - Stimulation du XII

Le nerf Hypoglosse peut être stimulé : en arrière de la mandibule, et en avant du Sterno-cleido-mastoïdien, à l'endroit où le nerf croise la carotide dont on palpe le pouls

Le recueil est fait dans le muscle Géno-glosse, de préférence avec une aiguille concentrique, afin d'éviter de capter les muscles voisins innervés par le VII (Raimbault J, Les conductions nerveuses chez l'enfant normal, Expansion scientifique française, 1988).

Résultats normaux (adulte, muscle géno-glosse)

Latence motrice distale, ms :

3.7 +/- 0.4 ms

Il s'avère cependant difficile d'éviter les interférences avec des réponses du VII (muscle Platysma). On peut aussi stimuler le XII sous la mandibule, en dedans de la concavité de son bord inférieur, environ 2 cm en avant de l'angle de la mâchoire.

C3 - Exploration emg à l'aiguille concentrique

Le muscle lingual est explorable en demandant au sujet de tirer la langue dont on saisit alors la pointe à la main avec une compresse, le temps de positionner l'aiguille dans la masse droite ou gauche du muscle lingual (fig.3B). On demande alors au patient de rentrer la langue tandis qu'on accompagne le mouvement de l'aiguille. Un tracé de repos complet n'est pas toujours aisément obtenu : il persiste souvent une activité tonique légère qui peut occulter partiellement des fibrillations ou des fasciculations. La protraction volontaire de la langue produit un tracé normalement interférentiel.

➔ **Il est souvent utile d'explorer les 2 côtés de la langue.**

Les muscles **Géno-glosse** et **Géno-hyoïdien** sont difficiles à distinguer. L'origine du Géno-hyoïdien est confondue avec celle du Géno-glosse, puis le Géno-hyoïdien devient oblique en arrière et vers le bas. En demandant au patient de relever légèrement la tête, on atteint la partie avant de ces 2 muscles en piquant sous le menton, juste en dehors de la ligne médiane, 1 cm en arrière du bord inférieur de la mandibule. Une protraction forte de la langue produit un recrutement satisfaisant.

Les autres sus-hyoïdiens sont plus difficilement accessibles et masqués par des muscles plus souvent innervés par le nerf Trijumeau (Mylo-hyoïdien, ventre antérieur du Digastrique). Les muscles sous-hyoïdiens ne sont pas couramment explorés.

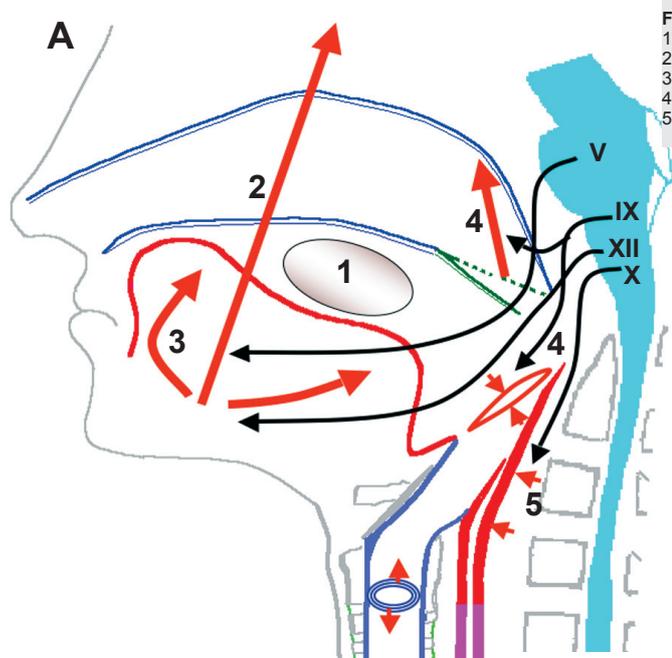


Fig 4A, ci-contre à gauche : Mécanismes de la déglutition : phase buccale

- 1 : préparation du bolus alimentaire
- 2 : Fermeture de la mandibule (V)
- 3 : propulsion du bolus (XII)
- 4 : fermeture du palais mou (IX) et contrôle des piliers du voile (IX)
- 5 : constriction du pharynx SSO (IX, X)

Fig 4B, ci-dessous : Mécanismes de la déglutition : phase pharyngée

- 6 : élévation du larynx par les m. Sus-hyoïdiens (V, VII)
- 7 : abaissement de l'épiglotte (X, n. Laryngé supérieur)
- 8 : occlusion des cordes vocales (X, n. Récurrent)
- 9 : ouverture du SSO (IX, X)
- 10 : coup de piston de la langue (XII)

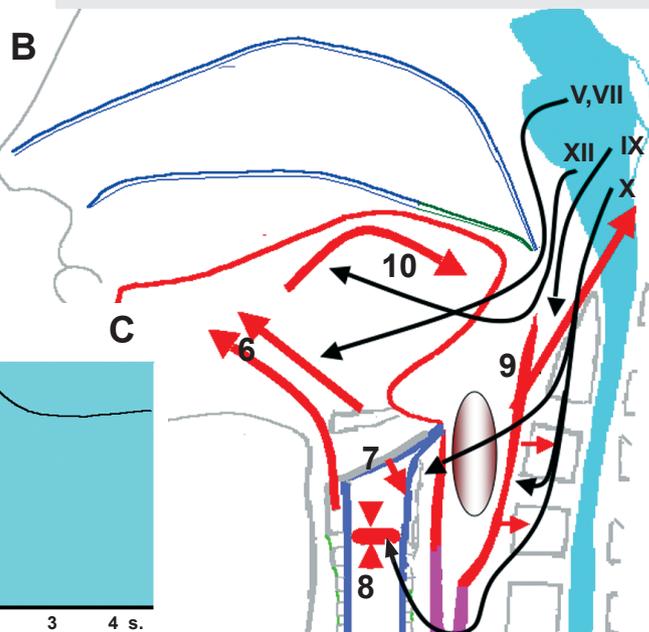
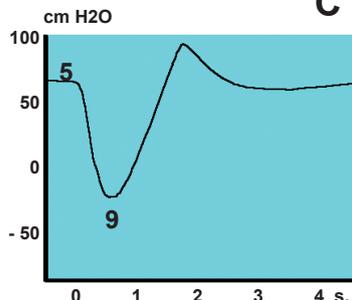


Fig 4C, ci-contre, à droite : Pressions dans le sphincter supérieur de l'oesophage, pendant la phase buccale (5) et la phase pharyngée (9) de la déglutition. (Manométrie oesophagienne, pressions en cm H2O)
Noter la chute de pression à l'arrivée du bolus, et la contraction secondaire du sphincter dès que le bolus est passé.



D : LE PROGRAMME MOTEUR DE DEGLUTITION

D1 - La gestion complexe d'un carrefour à risque

Avaler sans fausse route, tout en respirant et...en parlant !, voici le challenge que doit réussir sans bruit et presque inconsciemment, à chaque repas, le carrefour oro-laryngo-pharyngé. **La gestion du croisement** de la route alimentaire (de la cavité buccale vers le sphincter supérieur de l'oesophage, SSO, en arrière), et de la route aérienne (de l'arrière des fosses nasales en haut vers le larynx en avant) est un défi d'autant plus difficile à relever que les commandes agissent successivement sur une bonne trentaine de moteurs musculaires, d'abord striés, puis sur des muscles lisses dépendant du système végétatif. La coordination est assurée par une cellule de crise (programmes moteurs du tronc cérébral) sous le contrôle du grand état-major cortical. Dysphagies et fausses routes attestent de la complexité des voies de triage et des possibles instabilités réactionnelles de la tour de contrôle.... *Pour suivre ci-dessous le déroulement de la scène, se rapporter aux § ABCD précédents (nerfs et muscles impliqués)*

D2 - Un voyage en 3 temps

Phase 1, buccale : le coup de piston du gavage : Après que les dents, la langue et la salive aient pris leur temps pour suffisamment triturer et lubrifier la bouchée alimentaire, un "bolus" est rassemblé sur le dos de la langue (fig.4A). Puis les muscles masticateurs (V) ferment la mandibule, tandis que les muscles linguaux, palato-glosses et rétro-glosses (IX, XII) **poussent le bolus contre le palais vers l'arrière**. Le palais mou remonte pour **occlure les fosses nasales** (IX). Les constricteurs ferment le pharynx (IX, X) et les piliers du voile se rapprochent (IX) pour ne laisser passer qu'une quantité limitée (25 à 30 cm³ max) de liquides ou d'aliments suffisamment ramollis : sinon, le bolus est fragmenté, ou renvoyé vers la cavité buccale.

De nombreux capteurs répartis dans la cavité buccale, sur la langue et sur les parois du pharynx (V, IX et X) suivent les aliments à la trace et informent les centres, par l'intermédiaire du noyau sensitif du V et du noyau du faisceau solitaire. La décision d'"avalier" le bolus peut être volontaire (pied de la circonvolution frontale ascendante) ou assez largement réflexe. Une fois prise, cette décision entraîne inexorablement la poursuite des grandes manœuvres, **qui désormais échappent au contrôle volontaire**.

Phase 2, laryngo-pharyngée : l'aiguillage critique : **D'abord fermer le larynx** : la respiration est bloquée (fig.4B). Les muscles sus-hyoïdiens (V et XII), prenant appui sur la mandibule bloquée et sur la styloïde, tirent l'os hyoïde et tout le larynx vers sous la base de la langue, tandis que l'épiglotte s'agenouille sur la glotte (X, n.laryngé sup) et que les adducteurs (thyro-aryténoïdiens inférieurs et moyens, crico-aryténoïdiens latéraux en avant, interaryténoïdiens en arrière), ferment le rideau des cordes vocales (X, n.récurrent, voir §B et F).

Mais en même temps l'arrivée du bolus déclenche **l'ouverture du tube pharyngé** : le Sphincter supérieur de l'oesophage SSO (constricteur sup du pharynx, IX), et les tracteurs pharyngiens (IX) ouvrent l'entonnoir de l'oesophage en même temps qu'ils créent une dépression dans l'hypopharynx. La pression dans le SSO tombe de 80 cm d'eau à 0, le bolus y transite à 25 cm/s et toute cette phase se déroule en 0.5 seconde. Mais nous sommes toujours dans les muscles striés, dans le domaine des motoneurones à acétyl-choline, des jonctions neuromusculaires "classiques" et des récepteurs nicotiniques.

Phase 3, oesophagienne : la piste de bobsleigh : Tout s'est bien passé : la gravité entraîne le bolus vers l'estomac dans les 2/3 inférieurs d'un oesophage dont les muscles sont composés de fibres lisses : ces muscles se dilatent en avant du bolus (pression -7 cm d'eau) et se contractent dès qu'il est passé (+100 cm d'eau), poussant le contenu vers le cardia et son sphincter inférieur de l'oesophage (SIO) à la vitesse de l'onde péristaltique, environ 3 cm/s.

Fig 5A : Séquence du programme de contrôle de la déglutition : cette séquence détermine la progression du bolus alimentaire depuis la cavité buccale jusqu'à l'entrée de l'estomac. Elle est initiée par une commande volontaire ou par des messages afférents provenant de capteurs buccaux. Elle est supportée par un "central pattern generator" localisé dans plusieurs noyaux et structures dans le bulbe et la protubérance du tronc cérébral. Une fois franchie la première étape (descendue la 1ère marche), la séquence est pilotée de manière totalement automatique. Noter que le sphincter inférieur de l'oesophage, au niveau du cardia, se relâche dès que les aliments atteignent le pharynx.

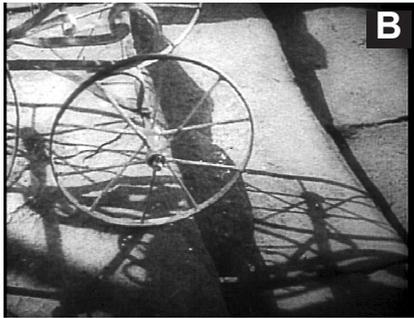
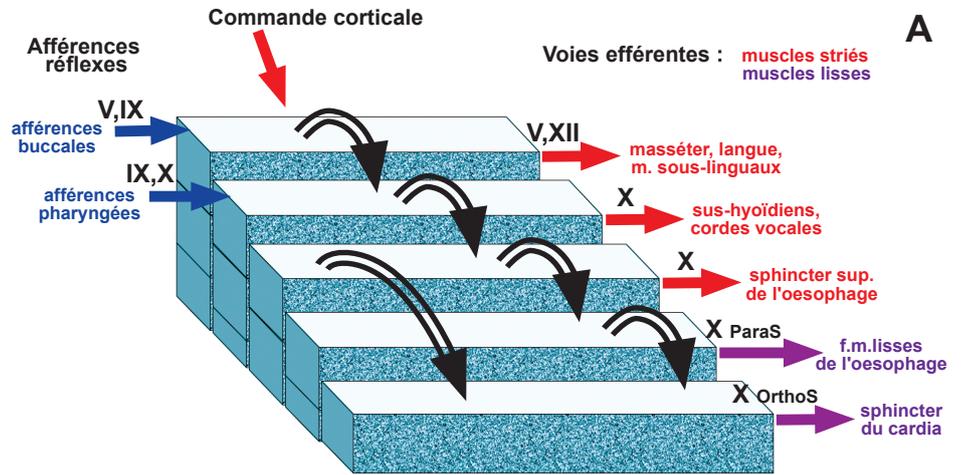


Fig 5B Comme le landeau dégringole les marches d'Odessa devant les soldats tsaristes dans le "Cuirassé Potemkine" de Eisenstein, le bolus "descend" les étapes de la déglutition, poussé par un algorithme implacable !

Ici, **le Parasymphatique (X) règne en maître**, alerté par les capteurs pharyngiens. Il induit les dilatations qui précèdent le bolus comme les contractions qui le suivent (ACh + récepteurs muscariniques, mais aussi NO, VIP...). Dès que le bolus atteint le pharynx, le SIO qu'il atteindra 7 à 9 s plus tard se relâche. Ces contractions péristaltiques sont réflexes, végétatives, les voies afférentes et efférentes sont conduites par les X et bouclent au niveau du tronc cérébral (noyau du faisceau solitaire > noyau ambigu, fig 2B)

D3 - La déglutition chez le nourrisson

Chez les nouveau-nés, le larynx est encore en position haute comme chez les singes : l'épiglotte passe en arrière du voile, les voies alimentaire et aérienne demeurent séparées et ne croisent pas : ceci permet au nourrisson de têter tout en respirant. La descente ultérieure du larynx (entre le 6e et le 18e mois) doit être accompagnée par l'apprentissage progressif des mécanismes de la déglutition, ce qui entraîne la maturation du programmeur dans le tronc cérébral.

D4 - Le programmeur central (CPG) de la déglutition.

La séquence uniforme des étapes de la déglutition implique qu'un algorithme spécialisé, stabilisé et sécurisé soit implémenté sur les circuits de commande du tronc cérébral. Ces conditions correspondent à un "central pattern generator" ou CPG dont nous avons vu le principe et un exemple dans un précédent document (cf 1B4, §H).

Ce programme est supporté par plusieurs paquets de neurones et d'interneurones situés dans **le noyau solitaire** (*nucleus tractus solitarius, dorsal swallowing group, DSG*), **le noyau ambigu**, et **les zones de la formation réticulée** (*ventral swallowing group VSG*) situées dans l'environnement de ces 2 noyaux (cf 1B5, fig 1 et 2). Les connexions synaptiques facilitatrices utilisent essentiellement du glutamate mais aussi de l'acétyl-choline; les synapses inhibitrices libèrent du gaba. L'ensemble est modulé par des fibres adrénérergiques et sérotoninergiques. Ce "centre de la déglutition" du rhombencéphale entretient de constantes et importantes liaisons avec les centres respiratoires.

Il est alimenté par des **messages sensitifs et sensoriels** provenant des cavités buccales, du pharynx et du larynx (fig.5A) : mécanorécepteurs disséminés de différents seuils, récepteurs du goût des papilles linguales, capteurs thermiques (ont surtout un rôle inhibiteur en cas de température inappropriée), capteurs sensibles à l'eau des muqueuses laryngées, particulièrement efficaces (déclanchent une toux en cas de fausse route). Les messages afférents cheminent par le V, mais surtout par le IX et le X. La stimulation du nerf Laryngé supérieur (X) est la plus efficace pour déclencher une déglutition réflexe.

Le programme moteur est supporté essentiellement par le DSG (triggering, timing, paramétrage), et la distribution des ordres (switching) par le VSG. Les commandes atteignent les muscles-cibles par le V (masticateurs), le VII (muscles des lèvres et des joues), le IX (ascenseurs du voile du palais, tracteurs pharyngés, constricteur supérieur), le X (constricteurs inférieurs, muscles vocaux, fibres musculaires lisses de l'oesophage), le XII (langue, sus- et sous-hyoïdiens). Les noyaux moteurs de ces différents nerfs, et le noyau du faisceau solitaire pour le contingent parasymphatique efférent, finalisent la répartition et la distribution des messages de commande périphérique. Mais d'autres commandes sont influencées par le centre de la déglutition : salivation (noyaux salivaires supérieur et inférieur), blocage respiratoire (réticulée ponto-bulbaire > diaphragme, muscles abdominaux et intercostaux), blocage de la parole (X > nerfs Laryngés supérieur et récurrent).

Le fonctionnement détaillé du programme n'est pas connu. Tout se passe comme si les messages afférents accumulaient leurs influences, pendant la phase buccale, jusqu'à **basculer un "switch"** qui enclanche toute la séquence automatique de la déglutition. Une **commande motrice volontaire corticale** peut également forcer la bascule, ou l'empêcher. Une fois lancé, le programme se déroule jusqu'à son terme, indépendant de la volonté. **L'algorithme actionne successivement les différents moteurs** musculaires, comme un pianiste descend une gamme sur son clavier, ou comme le landeau dévale les marches de l'escalier d'Odessa (*Bronenosec Potëmkin, Eisenstein, 1925 (fig.5B)*).

Chaque muscle strié du carrefour oro-laryngo-pharyngé reçoit un drive de commande d'une durée de 200 à 500 ms au moment du passage du bol. Pour les efférences parasymphatiques, les messages durent plusieurs secondes. Le programme reste contrôlé en temps réel par les capteurs périphériques qui suivent la progression du bolus et éteignent les commandes quand il atteint l'étape ultérieure du programme (la touche suivante du clavier).

Les "bugs" du programme entraînent **une dysphagie**. Ils peuvent être dus à des lésions des capteurs périphériques ou des muscles effecteurs (œdème laryngé, section de nerfs, cancers pharyngo-laryngés, myasthénie et myopathies), mais plus souvent à des atteintes nerveuses centrales, soit au niveau du tronc cérébral (SLA "bulbaire", AVC, SEP), soit au niveau supra-spinal (hémiparésie, Parkinson).

Fig 5C : Emg des muscles de la face et du cou, au cours d'une déglutition : tracés enregistrés avec des aiguilles sous-cutanées. L'augmentation d'amplitude du tracé capté face au Crico-thyroïdien (flèche) est contemporaine de la contraction du Constricteur supérieur du pharynx. Les tracés enregistrés en regard des Sus-hyoïdiens et du Crico-thyroïdien sont cependant nettement parasités par la contraction d'autres muscles voisins.

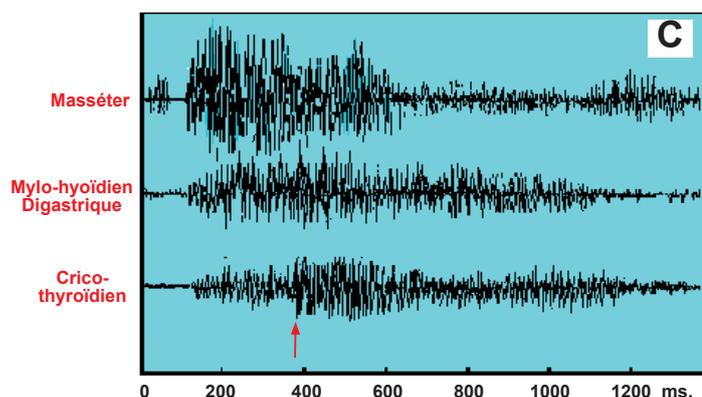


Fig 5D : Videoradiographie montrant une obstruction de l'oesophage par un leiomyosarcome (flèche) réduisant le transit d'un produit de contraste (bouillie barytée).

D5 - Exploration de la déglutition.

La déglutition est explorée en pratique quotidienne par la clinique et par des méthodes d'imagerie : vidéoscopie et videoradiographie utilisant un bolus de produits de contraste, vidéoendoscopie au fibroscope, échographie, manométrie oesophagienne, scintigraphie au technetium.

L'électromyographie (fig.5C) s'intéresse surtout au **Constricteur supérieur du pharynx**, exploré par voie endoscopique ou transcutanée. La technique est difficile, dangereuse (carotide interne, nerfs), douloureuse, et nécessite au moins une anesthésie locale. Elle n'est guère réalisée que pour localiser les constricteurs avant une injection de toxine botulique pour dystonie pharyngée.

L'étude des **autres muscles** de la déglutition relève de programmes de recherche et est réservée à des centres spécialisés. Par contre, l'électromyographie des muscles de la langue (cf §C, ci-avant), des muscles sus-hyoïdiens, des muscles de la face et du cou, (cf **4H2 N Facial**) et nerf Accessoire (cf **4H4**) est un élément essentiel dans l'exploration des lésions du tronc cérébral (SLA, AVC, SEP).

E : LA PHONATION ET L'EXPLORATION DES CORDES VOCALES

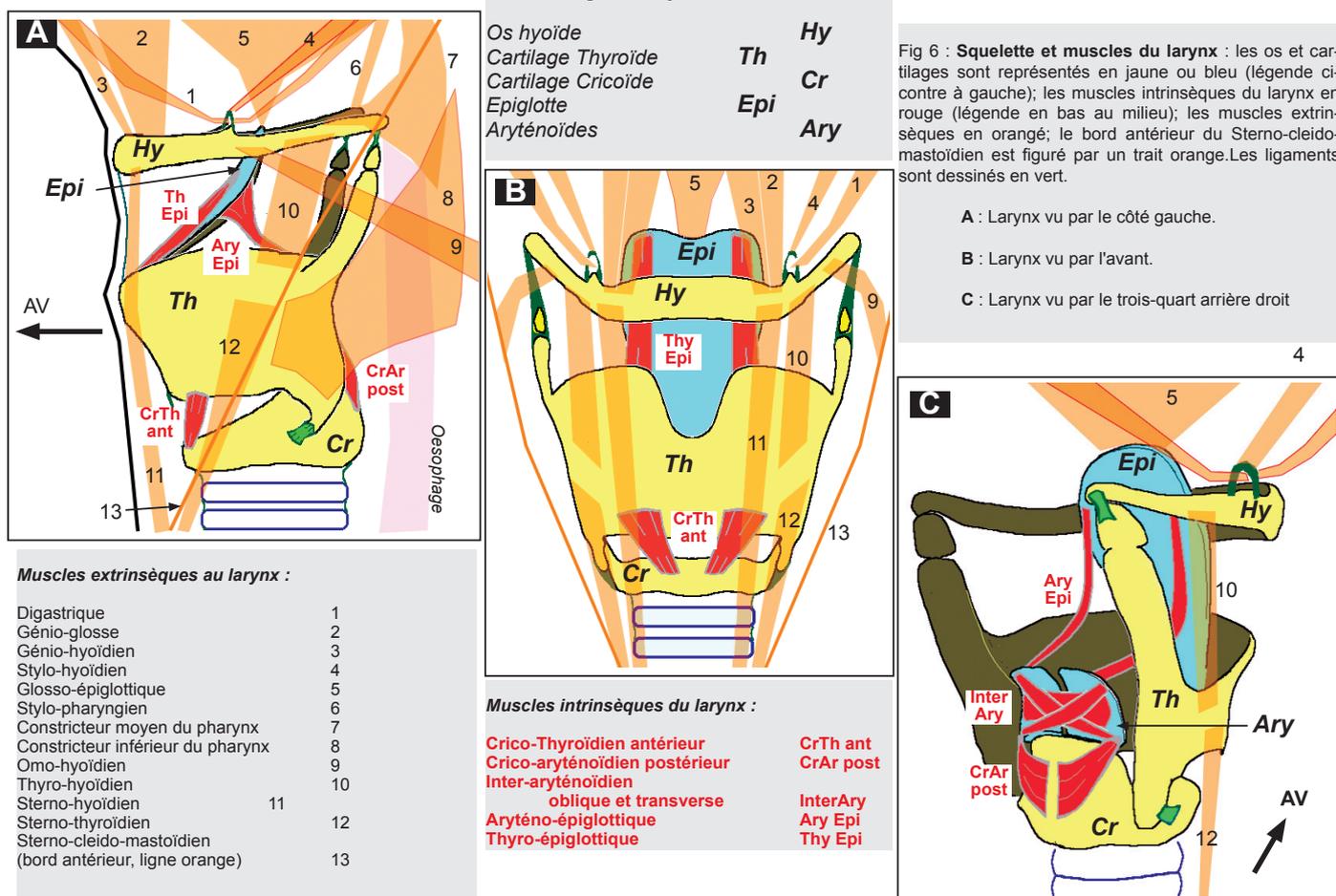
E1 - L'acte moteur le plus élaboré de l'organisme

Parler ou chanter représente une performance motrice remarquable, mettant les capacités cognitives au service de la communication entre individus. Elle met en jeu de multiples structures pour produire les sons : appareil respiratoire et muscles abdominaux, larynx et cordes vocales (**CV**), cavité buccale, lèvres et fosses nasales. Elle suppose surtout une programmation nerveuse complexe, impliquant de multiples aires corticales et sous-corticales pour élaborer une idée, la traduire en mots et en mélodie, choisir le programme moteur le plus adapté, lancer et contrôler l'exécution de la séquence motrice. tout ceci avec la collaboration du système auditif et tout en surveillant le résultat des paroles sur l'auditoire ... Même si les animaux émettent des sons, l'échange des idées par la parole est une prérogative de l'homme (et de la femme..!). Donc si l'étude de l'appareil de production physique de la voix, la glotte, constitue l'essentiel de l'exposé qui suit, ne pas oublier qu'elle ne représente qu'une petite partie du phénomène de la phonation.

E2 - Le squelette du larynx

Placé entre la trachée et la langue, en avant de l'oesophage, le larynx possède une charpente osseuse et cartilagineuse, maintenue par les haubans de nombreuses membranes ligamentaires. (**fig.6 et 7**) Il est séparé en 2 étages par la glotte, qui est le plan d'occlusion des cordes vocales. De bas en haut :

- le **cartilage cricoïde**, en forme de bague, avec le chaton à l'arrière, est relié au 1er anneau trachéal par la membrane crico-trachéale ;
- le **cartilage thyroïde**, en fer à cheval ouvert vers l'arrière où il présente 2 grandes "cornes" en haut et 2 petites cornes en bas. La proue avant forme la "pomme d'Adam". La membrane crico-thyroïdienne, épaisse en avant, doit être transpercée pour explorer en emg les cordes vocales.
- les **cartilages aryénoïdes** sont placés dans la fenêtre arrière du thyroïde et reposent sur le chaton du cricoïde. Chacun a la forme d'une pyramide aplatie. Leur mobilisation par les muscles glottiques est essentielle pour la production des sons. Ils sont tenus par les ligaments thyro-aryéno-épiglottiques qui constituent un large ensemble fibreux à l'arrière du larynx, les ligaments thyro-aryénoïdiens des plis vocaux et ceux des plis ventriculaires (ci-après, §E4).
- l'**os hyoïde**, en forme de C ouvert à l'arrière, est placé entre le cartilage thyroïde auquel il est relié par les ligaments thyro-hyoïdiens, et la base de la langue et du crâne auxquels le suspendent les muscles sus-hyoïdiens.
- l'**épiglotte**, une sorte de cuillère fibro-cartilagineuse, est fixée à l'arrière du bord supérieur du cartilage thyroïde, est maintenue en haut par la membrane hyo-épiglottique, et latéralement par les membranes thyro-épiglottiques.



E3 - Les muscles du larynx

Les muscles propres (intrinsèques) du larynx assurent la tension et les déplacements des CV. (fig.6 et 7). Ils sont tous (sauf 1) dépendant du nerf récurrent (X) et ils s'insèrent sur les cartilages laryngés :

- ▣ les **Crico-thyroïdiens antérieurs** sont les seuls innervés par le nerf Laryngé supérieur. En basculant l'avant du cartilage thyroïde, ils tendent les CV.
- ▣ les **Inter-aryténoïdiens obliques et transverses**, en arrière, ferment la glotte en rapprochant les cartilages aryténoïdes.
- ▣ les **Crico-aryténoïdiens postérieurs** écartent les aryténoïdes et dilatent la glotte.
- ▣ les **Crico-aryténoïdiens latéraux**, contre les faces internes du thyroïde,
- ▣ et les **Thyro-aryténoïdiens latéraux**, situés au-dessus des précédents, font tourner vers l'avant et le centre les aryténoïdes et rapprochent les CV.
- ▣ les **Thyro-aryténoïdiens médiaux et inférieurs** forment une lame triangulaire en coupe frontale, souvent appelée "muscle vocal", collée aux CV et ajustant leur tension. Ce sont les muscles fréquemment explorés en électromyographie du larynx.
- ▣ les **Thyro-aryténoïdiens supérieurs**, grêles, accompagnent les ligaments du même nom et contrôlent le raidissement des plis ventriculaires (§E4)

Les muscles de l'épiglotte commandent la position ouverte (respiration) et l'abaissement (toux, déglutition) de ce cartilage (fig.6) :

- ▣ les **Aryténo-épiglottiques** (X) abaissent l'épiglotte pour fermer le conduit aérien.
- ▣ les **Thyro-épiglottiques** (X) tiennent l'épiglotte dressée.
- ▣ les **muscles de la langue** (XII) maintiennent vers le haut l'épiglotte par des faisceaux médians et latéraux

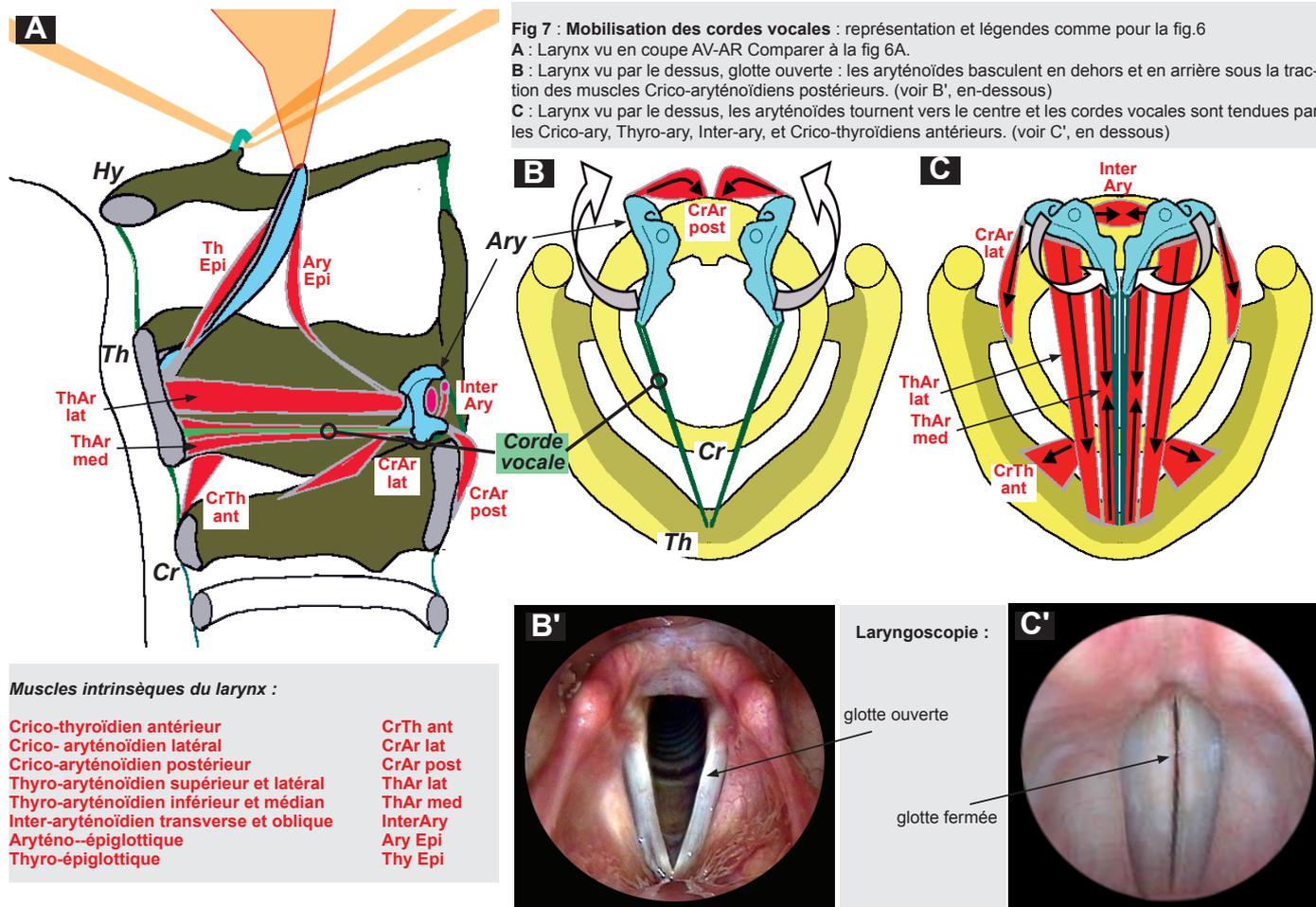
Les muscles insérés sur l'os hyoïde le maintiennent suspendu entre ciel (langue et base du crâne) et terre (larynx) :

- ▣ les **Sus-hyoïdiens** tirent l'os hyoïde vers le haut, entraînant le larynx dans ce mouvement pendant la déglutition. (voir §D, ci-avant) : **Genio-hyoïdien** et **Hyo-glosse** (XII), **Mylo-hyoïdien** (V), **Stylo-hyoïdien** (VII) qui tient par la boutonnière le tendon intermédiaire du **Digastrique** (V,VII)
- ▣ les **Sous-hyoïdiens** qui fixent vers le bas l'os hyoïde et le cartilage thyroïde : **Sterno-hyoïdiens**, **Sterno-thyroïdiens**.(C1-C3, par le XII).

E4 - Le revêtement élastique et la muqueuse du larynx

Les parois du tube laryngé sont tapissées d'une couche de tissu fibroélastique qui maintient ces parois et contribue à les rendre lisses (fig.8). L'aponévrose élastique est elle-même recouverte d'un épithélium avec cellules muqueuses qui humidifient la surface en contact avec l'air. Au niveau de la glotte, ces 2 revêtements présentent une différenciation remarquable qui donne naissance aux cordes vocales. Au contact des muscles Thyro-aryténoïdiens médiaux et inférieurs, l'aponévrose s'épaissit et interpénètre ses fibres élastiques avec les fibres musculaires, tandis qu'elle s'amincit progressivement vers l'orifice glottique. Son bord libre aborde et accroche la face postérieure du cartilage thyroïde en un renflement ogival, le *conus elasticus*. De chaque côté, elle forme un véritable ligament thyro-aryténoïdien. Au niveau de ces ligaments, comme en regard de la face interne des aryténoïdes qui forme le tiers postérieur de la fente glottique, la muqueuse perd ses cellules à mucus et ses cellules ciliées, ne gardant qu'un épithélium à cellules plates, ce qui donne aux "**plis vocaux**" (**vocal folds**) un aspect nacré bien visible en laryngoscopie (fig.7C'). Les plis vocaux sont plus minces chez la femme que chez l'homme. Un espace de décollement (*de Reinke*) persiste entre épithélium et ligament, que peut envahir un oedème de cause inflammatoire (laryngite) ou mécanique (voix "forcée").

Au-dessus de la glotte, l'aponévrose qui recouvre les muscles Thyro-aryténoïdiens supérieurs présente à nouveau des épaissements latéraux, formant les ligaments thyro-aryténoïdiens supérieurs. Ils sont recouverts d'un tissu graisseux, puis d'une muqueuse rose qui retombe et flotte au-dessus de la glotte en deux "**plis ventriculaires**" (**ventricular folds**). Entre les plis ventriculaires et vocaux, le tube laryngé plus large forme des cavités : les ventricules qui jouent un rôle important dans la production des sons. Au-dessus des bandes ventriculaires, le larynx s'élargit à nouveau formant le "vestibule" qui monte sous l'épiglotte.



L'espace compris entre les CV ou plis vocaux est **la glotte** proprement dite, longue d'environ 2 cm chez l'adulte. Elle s'élargit quand les muscles tenseurs se relâchent (Crico-thyroïdiens) et que les abducteurs se contractent (Inter-aryténoïdiens postérieurs) faisant tourner les aryténoïdes vers l'extérieur et vers l'arrière (fig.7B et B'). Elle peut devenir virtuelle, réduite à une ligne d'occlusion très serrée et imperméable quand les adducteurs rapprochent les aryténoïdes (Inter-ary, Crico-et Thyro-ary latéraux), et que les tenseurs se contractent (crico-ary inférieurs et médiaux) (fig.7C et C'). En position de repos, la glotte est entrouverte, comme lors d'une paralysie des nerfs Laryngés.

E5 - Petits rappels de psycho-physique acoustique avant d'aborder la physiologie

Le son est une vibration perçue par les capteurs cochléaires des oreilles sensibles à des fréquences de 20 Hz à 20 KHz. L'énergie (pression de l'onde sonore) est évaluée sur une échelle logarithmique, en décibels dB, de 0 (seuil de l'audition) à 120 (seuil de la douleur). Un son "pur" correspond à une fréquence sinusoïdale unique, un son "complexe" (musical par ex.) résulte d'une addition de sons purs, que l'on peut décomposer en une série (de Fourier) de sons sinusoïdaux de fréquence f (fondamental), $2f$, $3f$... (harmoniques). On peut analyser tout signal sonore - et la voix - en indiquant la puissance et l'écart de phase des différentes fréquences résultant de sa décomposition (spectrogramme, fig 10A). **Un bruit** est un son complexe sans périodicité évidente, perçu comme "non harmonieux" et désagréable. **L'odologie** est la science des sons musicaux chantés (odes).

Quand une onde sonore rencontre un obstacle, elle peut être réfléchiée et "interférer" avec l'onde incidente; ou partiellement absorbée et atténuée; ou diffractée (partiellement déviée et décomposée). **Le "ton" ou "hauteur"** d'un son pur correspond à sa fréquence (440 Hz pour le "la" d'un diapason). **Le "timbre"** dépend de la richesse du son en harmoniques et en "partiels" (fréquences indépendantes du fondamental), et fait la différence de sensation entre la même note, à la même intensité, jouée par un piano, un clavecin, un xylophone ...ou chantée par 2 personnes différentes.

E6 - Le mécanisme de production des sons par le larynx

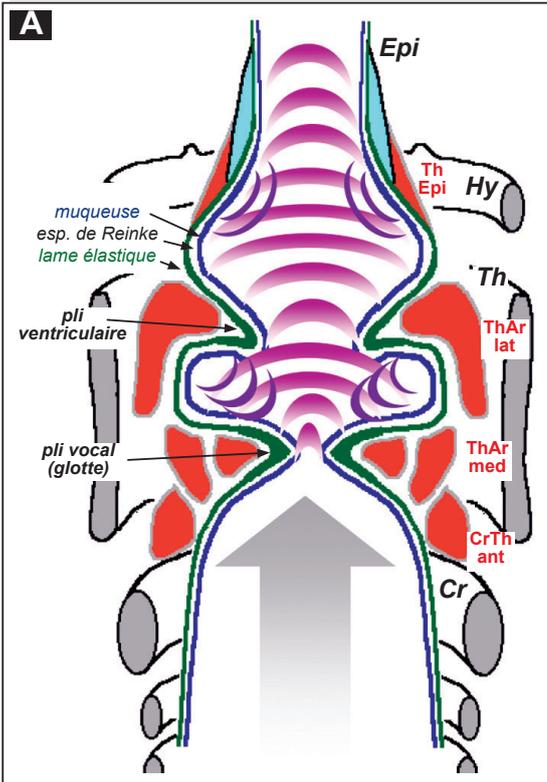
Dans le principe, rien de plus simple : l'air comprimé dans l'espace sous-glottique par une expiration s'échappe en courtes bouffées entre les cordes vocales tendues qui vibrent au rythme des "puffs" d'air évacués, produisant un son transmis à l'extérieur à travers les cavités pharyngo-bucco-nasales (fig.8). Dans la réalité, le phénomène est beaucoup plus compliqué et encore partiellement inexpliqué. Il exige d'abord **un contrôle précis de l'expiration**, capable de générer une pression de 3 à 300 cm d'eau dans la trachée, de régler le débit entre 50 à 500 cm³ / s. et de fournir un volume ajustable entre 0.3 et 7 litres pour une seule expiration ! Ceci implique un contrôle fin et un suivi précis de la commande de tous les muscles, inspiratoires et expiratoires, par les centres du tronc cérébral, à partir d'informations fournies par de multiples capteurs étagés depuis l'abdomen jusqu'au nez et aux lèvres, pour que la voix et le chant captés par les oreilles correspondent exactement aux exigences de la communication programmée par le cortex. Le contrôle de la ventilation ne peut être détaillé ici.

Les cordes vocales sont un **vibrateur biologique paramétrable** chargé en 1er lieu de produire le fondamental du son émis. Cet oscillateur ressemble à une corde de violon (le bord libre de la lame élastique) entraînée à vibrer par le frottement de l'air agissant comme un archet. La position de la corde est réglée par la commande balancée des muscles adducteurs (Inter-ary, Thyro-ary supérieurs et inférieurs, Crico-ary et Thyro-ary latéraux) contre les puissants abducteurs (Crico-ary postérieurs); sa tension longitudinale dépend aussi d'une balance entre la contraction des muscles tenseurs (Thyro-ary médiaux et surtout Crico-thyroïdiens) contre les résistances visco-élastiques (lame élastique et tissus musculaires).

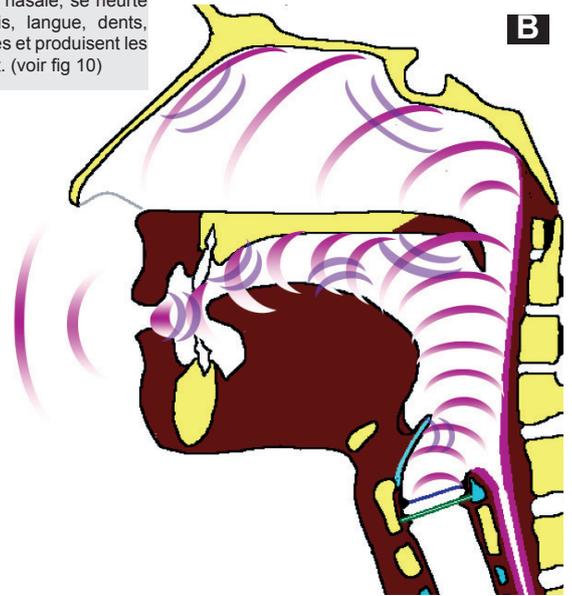
La contraction des adducteurs inférieurs et latéraux modifie l'épaisseur des murs glottiques et donc la longueur du "canal" rétréci qui laisse passer l'air sous pression. Mais les CV sont couvertes d'une muqueuse lâche qui glisse en phonation vers la sortie de ce canal et est capable d'oscillations passives. Enfin, les plis ventriculaires et le vestibule jouent le rôle d'une cavité de décharge et d'un résonateur.

Fig 8 : Production des sons: représentation et légendes comme pour les fig.6 et 7

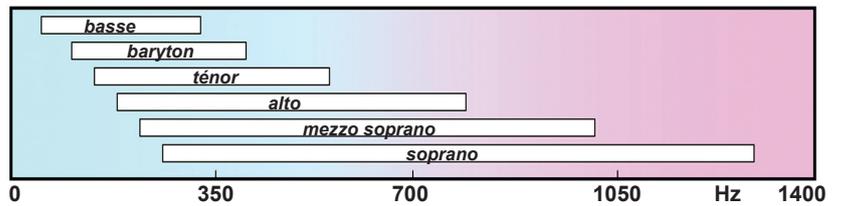
8A : Larynx en coupe transversale vue par l'arrière : l'air comprimé dans la trachée fait vibrer la glotte. Les vibrations transmises interfèrent avec des ondes réfléchies, créant des harmoniques et des phénomènes de résonance.



8B : La progression des vibrations sonores dans les cavités pharyngée, buccale, nasale, se heurte à des obstacles (parois, palais, langue, dents, lèvres) qui réfléchissent les ondes et produisent les "formants" de la voix et du chant. (voir fig 10)



8C : Régistre moyen des voix de chœur.



L'intensité du son émis par la glotte (puissance de la voix) dépend de la perte en charge de l'air traversant la résistance que lui oppose le canal glottique. Les éléments essentiels sont l'augmentation de la pression sous-glottique fournie par la contraction des muscles expiratoires, et le contrôle de tension du bord libre des CV, qui débute 300 ms avant l'émission d'un son.

La fréquence du fondamental (hauteur du son) et le nombre des harmoniques ne sont pas déterminés de manière indépendante. Le flux d'air sous pression qui traverse le canal glottique rétréci acquiert une vitesse élevée et provoque une chute de pression qui rapproche les CV (phénomène de Bernoulli). Celles-ci sont de nouveau écartées par la pression d'amont, et ainsi de suite, créant une oscillation entretenue. Mais dans le même temps la composante transversale de la vitesse du flux déforme la paroi élastique et donne lieu à l'apparition de turbulences. Celles-ci se combinent avec la décharge et les réflexions ventriculaires pour former des interférences d'une part, et d'autre part créer un effet de succion qui rabat et fait osciller la muqueuse dans la sortie glottique. Schématiquement, le fondamental résulte des oscillations de pression dans l'entrée du canal. Les sons graves nécessitent une contraction des muscles latéraux qui augmente la longueur du canal, et une légère relaxation des muscles tenseurs qui amortit la composante transversale de vitesse. Les sons aigus correspondent à un amincissement et une tension accrue du bord libre de la lame élastique.

Le nombre et l'intensité des divers harmoniques dépendent des vibrations secondaires résultant des turbulences dans le canal et dans les cavités ventriculaires, des oscillations passives de la muqueuse des plis vocaux, et des interférences dans le vestibule.

L'attaque vocalique (initiation du son) peut être dure, explosive, par "forçage" de l'air expiré à travers des CV fortement tendues; ou douce, voire chuintée ou soufflée, quand le son débute avec les CV légèrement ouvertes et distendues, ce qui engendre des bruits parasites audibles.

E7 - Du son à la parole

La communication vocale utilise des phonèmes, dont les consonnes sont la charpente et les voyelles le remplissage.

Les voyelles sont des sons produits par la glotte, dont le spectre est ensuite modifié par des cavités de résonance formées des déplacements de la langue, du voile, et du laryngo-pharynx. La géométrie variable des résonateurs détermine le "formant" privilégié des voyelles antérieures (e,i) postérieures (o,ou) ou mixtes (a).

Les consonnes occlusives sont des bruits provoqués par le passage de l'air dans un orifice ouvert brusquement : lèvres (p,b), langue contre dents (t,d) langue contre palais (k); les consonnes constrictives utilisent le frottement de l'air entre les lèvres (v,f), contre les dents (z,s), contre le palais (ch), etc...Beaucoup d'autres précisions dans la texture de la voix sont décelées et reconnues par les spécialistes (fig.10A).

Le registre d'une voix de chant (fig.8C) couvre l'écart entre la fréquence la plus basse et la fréquence la plus haute que le sujet peut émettre, alors que la tessiture se limite aux notes qu'il peut en pratique chanter (environ 2,5 octaves), et qui différencie les voix de basse, ténor, alto, soprano, et leurs intermédiaires. La voix parlée utilise des fréquences voisines de 75 à 150 Hz pour l'homme, 130 à 300 Hz pour la femme, jusqu'à 500 Hz chez le bébé.

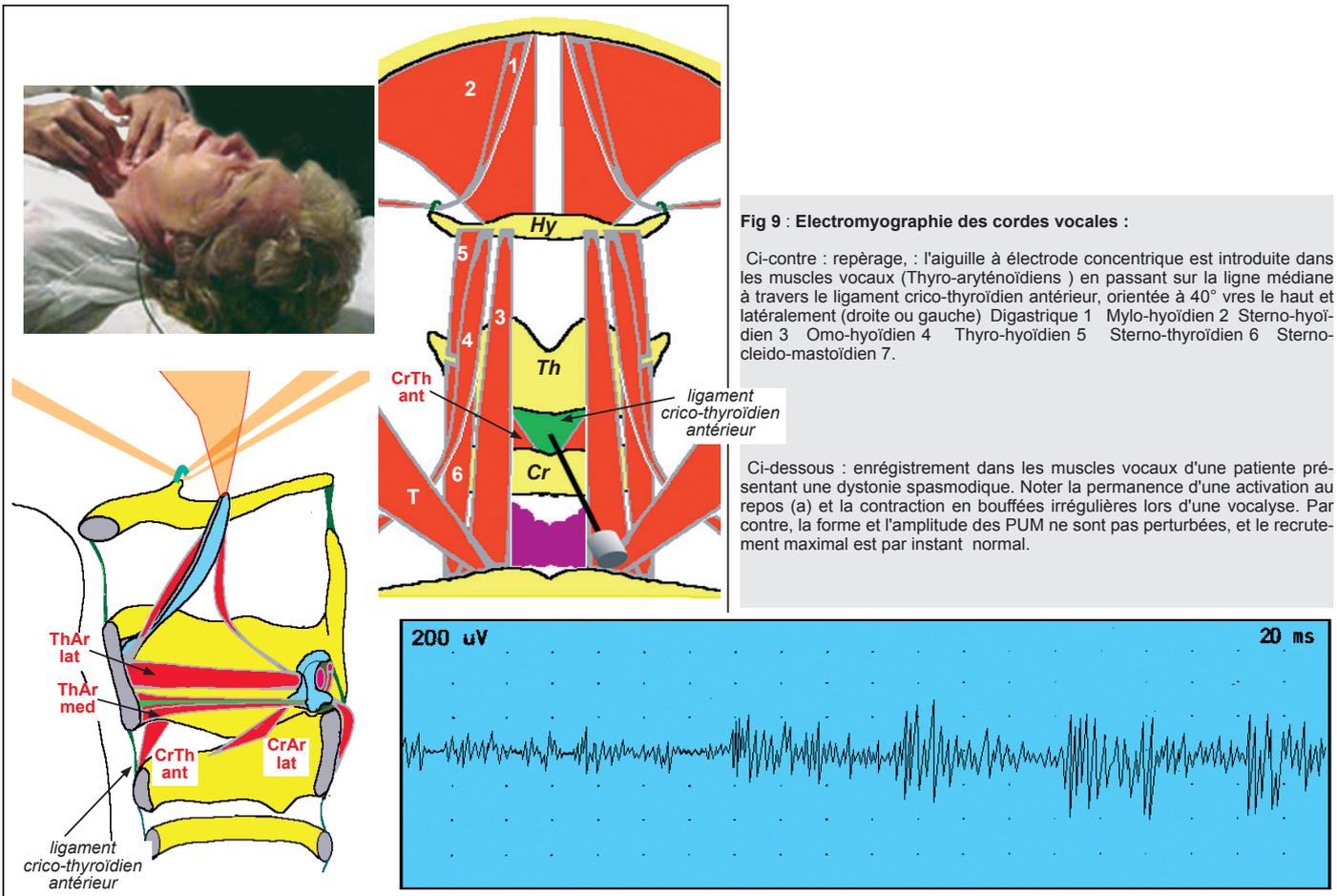


Fig 9 : Electromyographie des cordes vocales :

Ci-contre : repérage, : l'aiguille à électrode concentrique est introduite dans les muscles vocaux (Thyro-aryténoïdiens) en passant sur la ligne médiane à travers le ligament crico-thyroïdien antérieur, orientée à 40° vers le haut et latéralement (droite ou gauche) Digastrique 1 Mylo-hyoïdien 2 Sterno-hyoïdien 3 Omo-hyoïdien 4 Thyro-hyoïdien 5 Sterno-thyroïdien 6 Sterno-cleido-mastoïdien 7.

Ci-dessous : enregistrement dans les muscles vocaux d'une patiente présentant une dystonie spasmodique. Noter la permanence d'une activation au repos (a) et la contraction en bouffées irrégulières lors d'une vocalyse. Par contre, la forme et l'amplitude des PUM ne sont pas perturbées, et le recrutement maximal est par instant normal.

E8 - Exploration emg des cordes vocales

L'exploration du larynx, de la phonation, et des troubles de la voix fait appel à de nombreuses spécialités (ORL, Radiologie, Phonologie, Electrophysiologie) et à des techniques très variées. Nous ne considérons ici que l'électromyographie des cordes vocales.

Technique.

Pour des raisons de sécurité préventive liées à la fréquence des spasmes laryngés, il est hautement recommandable de pratiquer cet examen **dans l'environnement d'un bloc chirurgical et de le réaliser en couple, le spécialiste ORL introduisant l'aiguille d'électromyographie, tandis que le neurophysiologiste analyse les tracés.**

L'aiguille d'emg est enfoncée sur la ligne médiane de l'interstice entre les cartilages thyroïde et cricoïde, passée à travers la membrane crico-thyroïdienne, puis dirigée obliquement vers le haut (40°) et vers la droite (40°) pour atteindre les muscles des CV (fig.9). **Il est le plus souvent impossible de différencier les Thyro-aryténoïdiens médiaux et inférieurs des Crico-aryténoïdiens.** La graduation de la contraction est normalement bien maîtrisée. Il est important d'explorer les 2 côtés.

On peut aussi étudier les **Crico-thyroïdiens**, antérieurs et superficiels, 0,3 à 0,5 cm de la ligne médiane. Ceci évite de pénétrer le larynx et sa membrane sensible, mais le contrôle volontaire de ces muscles au cours de la phonation est moins fiable.

Le contact de l'aiguille avec la muqueuse richement innervée, la douleur que peut ressentir le patient, et le stress qu'elle engendre, entraînent fréquemment une mauvaise relaxation musculaire, une toux, et parfois **un spasme laryngé** dont les conséquences peuvent être impressionnantes (blocage respiratoire, cyanose +++). Ne pas hésiter à retirer l'aiguille, attendre que la toux et le patient se calment, prévoir une bouffée d'oxygène : avec un peu de patience, rares sont les cas où il s'avère vraiment impossible de réaliser l'exploration, et nous n'avons jamais eu à pratiquer d'intubation ni de trachéotomie ...

Résultats

Le patient respirant librement, les muscles sont au repos. On lui demande ensuite de tenir une voyelle en forçant de plus en plus l'intensité de la voix, ce qui permet d'étudier la forme des PUM puis la qualité du recrutement maximal. Les tracés normaux ressemblent à ceux des petits muscles des mains.

Pour les Crico-thyroïdiens, le meilleur recrutement est obtenu avec la vocalisation d'une note à forte puissance.

Aspects pathologiques

Un emg sera demandé lorsque la clinique, la laryngoscopie et l'imagerie laissent planer un doute quant à l'origine ou l'importance réelle d'une dysphonie. On peut mettre en évidence des **signes de dénervation** aiguë (fibrillations, absence d'activation volontaire) ou plus lente (potentiels déchargés, défauts de recrutement, signes de réinnervation) lors de lésion d'un nerf récurrent (tumeur, chirurgie du cou ou du médiastin, atteinte virale "a frigore" (fig.10B)). L'emg est très utile pour différencier une paralysie vraie d'une corde vocale de son immobilisation par une arthrite ou arthrose crico-aryténoïdienne.

L'exploration emg est rarement utile lors de **l'exploration d'une SLA**, sinon pour confirmer sur les muscles glottiques les signes presque toujours décelés sur d'autres territoires (muscles de la langue et du cou). Une SEP ou une lésion centrale du tronc cérébral n'entraînent qu'un défaut de recrutement, sans lésion nerveuse périphérique.

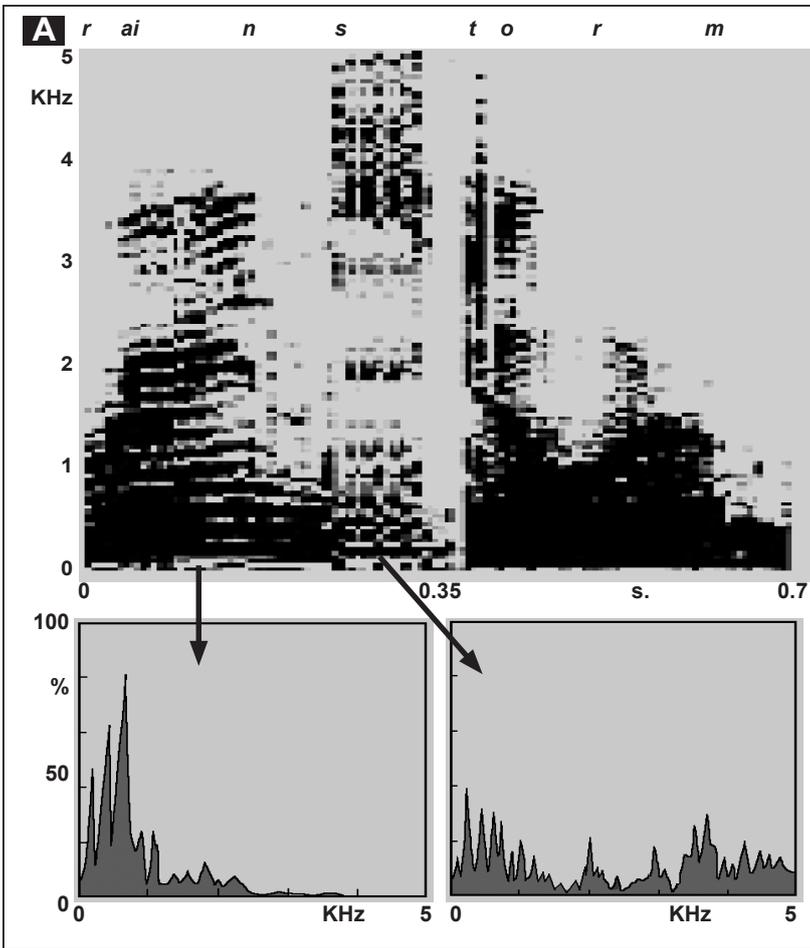
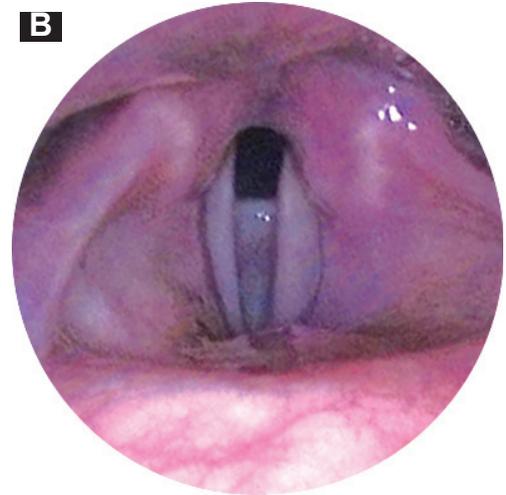


Fig 10 : Exploration des cordes vocales :

A, ci-contre : **Phonospectrogramme** de voix parlée, pendant que le sujet prononce : "rain storm". Les pixels sont d'autant plus sombres que l'intensité des vibrations est élevée dans la fréquence analysée. En bas, amplitude de chaque fréquence dans le son "é" de "rain" (à gauche, forte prédominance des basses fréquences) et le son "s" de "storm" (à droite, amplitude bien marquée dans les hautes fréquences).

B, ci-dessous : Pathologie de la commande motrice des cordes vocales : aspect de la glotte en laryngoscopie lors d'une tentative de vocalisation chez un patient atteint d'une **paralysie des 2 nerfs Laryngés récurrents** : il ne parvient pas à fermer la glotte (comparer avec la fig. 7C').



Les **dystonies spasmodiques laryngées** sont extrêmement fréquentes, surtout dans certaines professions où se conjugent les conséquences d'un "forçage" de la voix et du stress psychique face à un auditoire (enseignants, chanteurs). La dysphonie -qui peut être très sévère et confiner à l'aphonie- ne s'accompagne d'aucun signe de dénervation vrai, mais donne lieu à un défaut de décontraction, non maîtrisable, au repos; et à des tracés de contraction volontaire "hachés", en bouffées irrégulières, pouvant prendre l'aspect d'un tremblement aggravé par la vocalisation, avec un contrôle franchement perturbé du recrutement (fig.9). L'emg, est alors le premier temps d'une intervention qui se continue par l'injection de toxine botulique avec une aiguille creuse, sous contrôle de la trace à l'écran.

Les **myopathies et myasthénies** sont beaucoup plus rares. Un tracé "myogène" avec PUM de faible amplitude, brefs, et un recrutement normal, peut indiquer une maladie génétique ou dysimmunitaire. En stimulant à 3 Hz le nerf Laryngé supérieur sous l'extrémité de la grande corne de l'hyoïde, on peut analyser le décrétement des réponses sur le Cricothyroïdien enregistré avec une aiguille sous-cutanée (référence en regard des premiers anneaux de la trachée).

Stimulation magnétique corticale

Il est possible d'enregistrer avec une aiguille concentrique dans les muscles Crico-thyroïdiens et Thyro-aryténoïdiens les réponses évoquées par une stimulation magnétique corticale controlatérale (latence proche de 11 ms) ou par une stimulation mastoïdienne ipsilatérale (latence voisine de 3 ms) (réf. Kedhr et Aref, ci-dessous)

F : SOURCES DOCUMENTAIRES

F1 - Pharynx et déglutition

- Bleeckx D et al. : Dysphagie : évaluation et rééducation des troubles de la déglutition. De Boeck Université, 2001, 168 p.
- Ertekin C, Aydogdu I. : Neurophysiology of swallowing. Clin Neurophysiol. 2003; 114: 2226-44.
- Perlman A : Electromyography in oral and pharyngeal motor disorders. GI Motility on line, 2006, doi:10.1038/gimo32
- Perlman A, Schulze Delrieu K : Deglutition and its disorders. Singular Publishing Group, San Diego, London, 1997, 515 p.
- Singh S, Hamdy S. The upper oesophageal sphincter. Neurogastroenterol Motil. 2005; 17 Suppl 1:3-12.
- Van der Bilt A et al. : Oral physiology and mastication. Physiol Behav. 2006; 89: 22-7.
- Woisard V, Puech M : La réhabilitation de la déglutition chez l'adulte. Lavoisier, paris, 2003, 412 p.

F2 - Larynx et phonation

- Harrison D : The anatomy and physiology of the mammalian larynx. Cambridge UP, 2006, 300 p.
- Ludlow C. : Recent advances in laryngeal sensorimotor control for voice, speech and swallowing. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg. 2004; 12: 160-5.
- Noordzij J, Ossoff R. : Anatomy and physiology of the larynx. Otolaryngol Clin North Am. 2006; 39: 1-10.
- Ossoff R. et al. : The larynx. Lippincott Williams and Wilkins, 2002, 560 p.
- Sapienza C. et al. : Laryngeal structure and function in the pediatric larynx: clinical applications. Lang Speech Hear Serv Sch. 2004; 35: 299-307.
- Sasaki C : Anatomy, development and physiology of the larynx. GI Motility online, 2006; doi:10.1038/gimo7

F3 - Electromyographie des cordes vocales

- Dejonckere P. : Paralysie unilatérale des cordes vocales, corrélation entre laryngoscopie et électromyographie. Folia Phoniatr. 1993; 45: 209-13
- Hartl D et al. : Current concepts in the management of unilateral recurrent laryngeal nerve paralysis after thyroid surgery. J Clin Endocrinol Metab. 2005; 90: 3084-8.
- Heman-Ackah Y : Diagnostic tools in laryngology. Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg. 2004; 12: 549-52.
- Jacobs I, Finkel R. : Laryngeal electromyography in the management of vocal cord mobility problems in children. Laryngoscope. 2002; 112: 1243-8.
- Khedr E, Aref E. : Electrophysiological study of vocal-fold mobility disorders using a magnetic stimulator. Eur J Neurol. 2002; 9: 259-67.
- Miller R, Rosenfield D. : The role of electromyography in clinical laryngology. Otolaryngol Head Neck Surg. 1984; 92: 287-91.
- Rubins J et al. : Diagnosis and treatment of voice disorders. Plural Pub Inc, 2006, 815 p.
- Sataloff R. et al. : Laryngeal electromyography: an evidence-based review. Muscle Nerve. 2003; 28: 767-72.
- Sataloff R. et al. : Laryngeal electromyography. Plural Pub Inc, 2006, 190 p.
- Simpson D et al. : Vocal cord paralysis: clinical and electrophysiologic features. Muscle Nerve. 1993; 16: 952-7.
- Steele NP, Myssiorek D. West Nile virus induced vocal fold paralysis. Laryngoscope. 2006; 116: 494-6.
- Sulica L, Blitzer A. Electromyography and the immobile vocal fold. Otolaryngol Clin North Am. 2004; 37: 59-74.
- Traissac L, et al. : Electromyographie du larynx dans le diagnostic d'une paralysie laryngée spontanée... Rev Laryngol Otol Rhinol (Bordeaux). 1991; 112: 205-7.
- Watts C et al. : Botulinum toxin for treating spasmodic dysphonia (laryngeal dystonia): a systematic Cochrane review. Clin Rehabil. 2006; 20: 112-22.
- Woo P. : Laryngeal electromyography is a cost-effective clinically useful tool in the evaluation of vocal fold function. Arch Otolaryngol Head Neck Surg. 1998; 124: 472-5.