

# Neurophysiologie Clinique

## 4H4

**Plexus cervical supérieur  
N. accessoire (XI, Spinal)  
N. Phrénique**

*P. Guihéneuc*

édition 2006

	<i>pages</i>
<i>A : Le Plexus Cervical Supérieur</i>	<i>2</i>
<i>B : Le nerf Accessoire (XI, Spinal)</i>	<i>4</i>
<i>C : Le nerf Phrénique</i>	<i>5</i>
<i>D : Sources documentaires</i>	<i>9</i>

Fig 1A : **Plexus cervical supérieur.**  
Ci-contre : émergence des racines et distribution des branches motrices (terminées par un carré rouge) et sensibles (en bleu).

Fibres motrices rejoignant le XII vers les  
**m. Génio-hyoïdien et Hyo-glosse**

Fibres sensibles pour les nerfs  
**Gd Auriculaire et Transverse du cou**

Fibres motrices de l'anse cervicale vers les m. **Thyro-hyoïdien, Omo-hyoïdien, Sterno-thyroïdien, Sterno-hyoïdien.**

Fibres sensibles pour les nerfs  
**Supra-claviculaires**

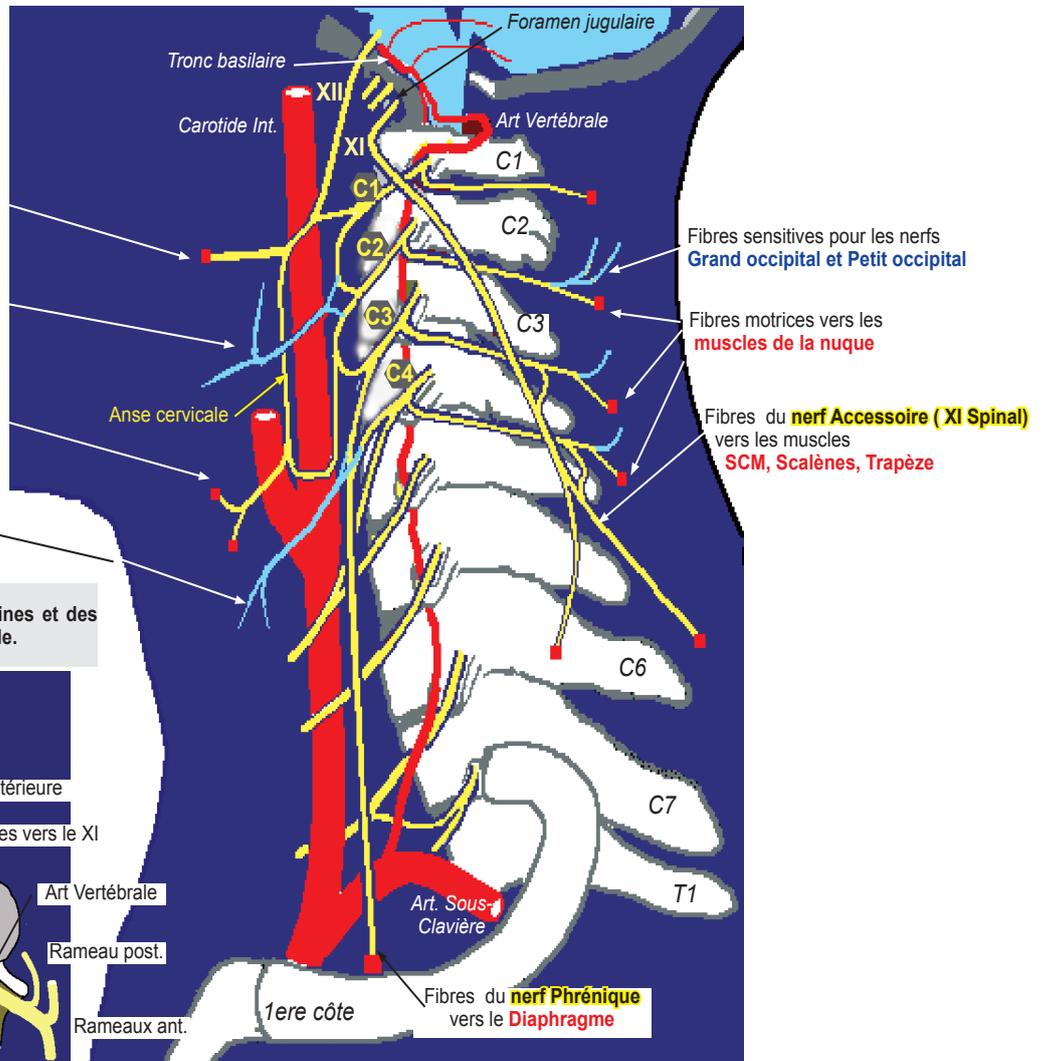
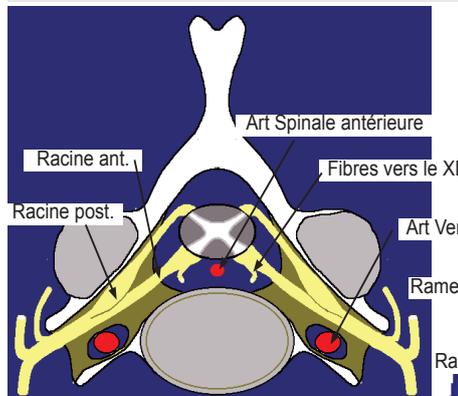


Fig 1B, ci-dessous : **Disposition des racines et des artères au niveau d'une vertèbre cervicale.**



## A : LE PLEXUS CERVICAL SUPERIEUR

### A1 - Les racines cervicales supérieures

Le **plexus cervical supérieur** (*plexus cervicalis superior*, *cervical plexus*) naît des racines C1 à C4 (fig 1A). On le nomme souvent plus simplement "plexus cervical" pour le distinguer du "plexus brachial", lequel est en fait le prolongement du "plexus cervical inférieur" issu des racines C5 à T1 (cf 4I1 §A.). Les plexus cervicaux supérieurs assurent de chaque côté la sensibilité du cou et de la partie supérieure des épaules, et ils contrôlent les muscles responsables du maintien de la tête et de la rotation du cou. Additionnellement, ils fournissent les nerfs Phréniques qui innervent le diaphragme.

A leur émergence de la moelle, les racines (antérieure motrice et postérieure sensitive) sont localisées dans le canal rachidien (fig 1B). Puis les racines se rapprochent pour former le "**nerf rachidien**" qui quitte le canal par le *trou de conjugaison* correspondant, où se situe le ganglion de la racine postérieure. Le nerf rachidien C1 sort du canal entre l'*os occipital* et l'*atlas*, le nerf rachidien C2 entre l'*atlas* et l'*axis*, et ainsi de suite jusqu'au nerf rachidien C8 qui sort entre les *vertèbres C7 et T1*. Un contingent de fibres motrices de C1 à C5 remonte le long du fut médullaire pour rejoindre l'**origine du nerf Accessoire (XI, Spinal)**, voir ci-dessous §B).

Lorsqu'elles sortent du canal rachidien, les racines reposent dans un sillon sur la face supérieure des apophyses transverses de la vertèbre sous-jacente. Puis elles se divisent rapidement en une **branche postérieure** pour les téguments et les muscles de la nuque, et une **branche antérieure** qui passe en arrière de l'artère vertébrale : elle est connectée par une anse aux racines adjacentes. En émergent les nerfs sensitifs cervicaux latéraux qui apparaissent au "**punctum nervosum**", au milieu du bord postérieur du muscle Sterno-cleido-mastoïdien ; et les fibres motrices : des rameaux courts pour les muscles profonds ; une grande **anse cervicale** (*ansa cervicalis*) issue de C1 à C3 qui rejoint le **nerf Hypoglosse XII** et fournit l'innervation des muscles sous-hyoïdiens ( voir 4H3 §C ) ; enfin des fibres venant de C3 et C4 qui forment le **nerf Phrénique** (ci-dessous, §C).

Les racines du plexus cervical supérieur sont vascularisées par des branches des **artères vertébrales**. Le trajet des artères vertébrales est complexe (fig 1A) : elles naissent de la face supérieure des artères sous-clavières ; suivent les trous des apophyses transverses de la 6e vertèbre cervicale jusqu'à l'*atlas* ; font une boucle vers l'arrière au bord de l'*atlas* avant de gagner le trou occipital : cette boucle leur donne "du mou" pour éviter qu'elles soient étirées lors des rotations de la tête. Les artères vertébrales se rejoignent en avant du bulbe pour former le **tronc basilaire** vers le haut, tout en donnant naissance à l'**artère spinale antérieure** vers le bas (cf 1B5 §A.).

### A2- Territoire sensitif des racines C2 à C4

Par leurs branches postérieures, les racines C2 projettent (fig 2A et 2B) le **Grand nerf occipital d'Arnold** (*nervus occipitalis major*, *greater occipital nerve*) pour l'occiput (la branche postérieure de C1 est purement motrice). Les racines C3 et C4 fournissent les branches qui se répartissent à partir du *punctum nervosum* : **nerf Petit occipital** (*n. occipitalis minor*, *lesser occipital n.*) et **nerf Grand auriculaire** (*n. auricularis magnus*, *great auricular n.*) pour la zone située entre la mandibule et l'occiput ; **nerf Transverse du cou** (*n. transversus colli*, *cervical cutaneous n.*) pour la peau antéro-latérale du cou ; enfin les **nerfs Supraclaviculaires** (*n. supraclaviculares*, *supraclavicular n.*) pour la face supérieure de l'épaule.

La disposition des territoires sensitifs et le trajet des branches terminales sont sujets à des variations individuelles fréquentes et à des superpositions larges avec les territoires voisins. La fig 1C ne représente qu'une distribution et une étendue "moyennes".

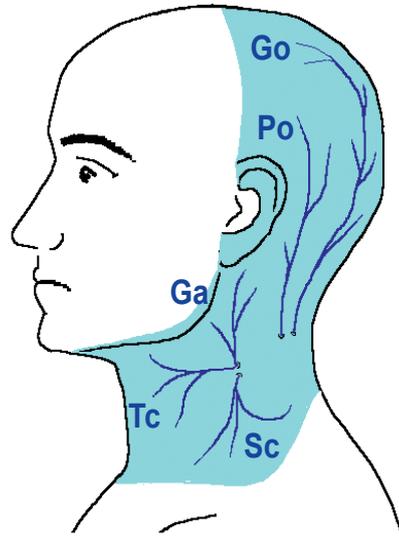


Fig 2B, ci-dessus et ci-contre : **Principales branches sensibles du Plexus cervical supérieur** : Go : n. Gd occipital d'Arnold; Po : n. Petit occipital; Ga : n. Grand auriculaire; Tc : n. Transverse du cou; Sc : n; Supra-claviculaires.

#### Muscles superficiels :

Sterno-cleido-mastoïdien (XI)	Scm
Trapèze (XI)	Tra
Splenius de la tête	Spl
Semispinalis	Ssp

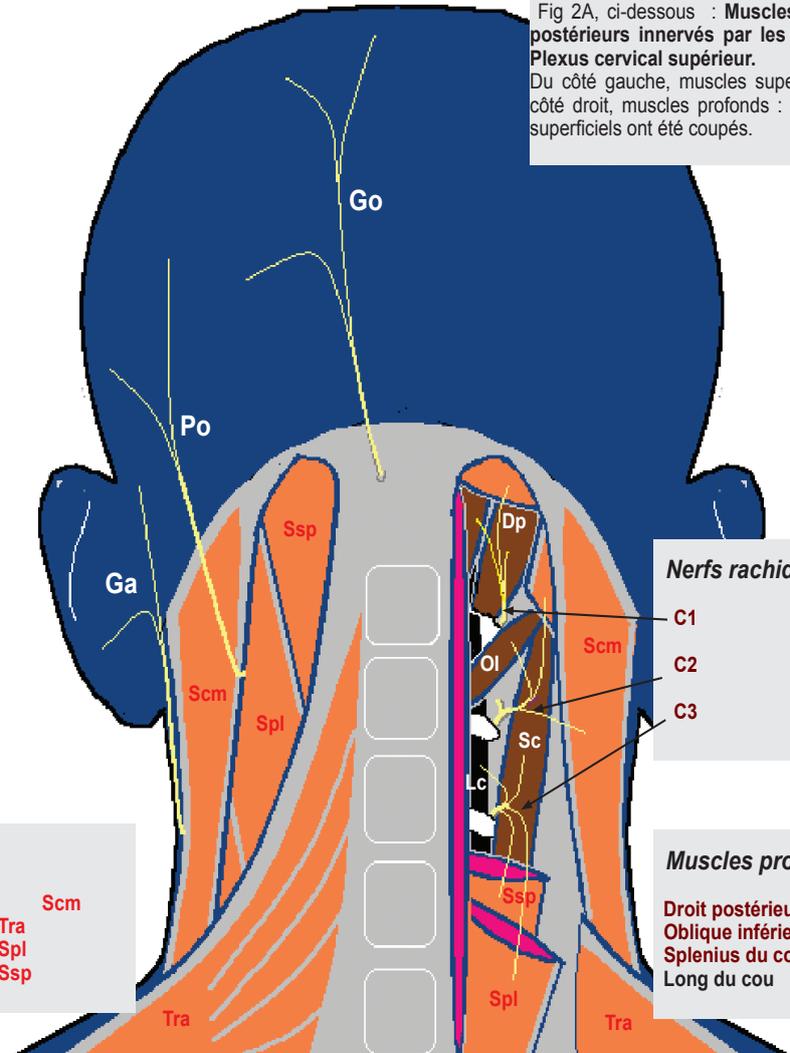


Fig 2A, ci-dessous : **Muscles cervicaux postérieurs innervés par les racines du Plexus cervical supérieur.**

Du côté gauche, muscles superficiels ; du côté droit, muscles profonds : les muscles superficiels ont été coupés.

#### Nerfs rachidiens

C1  
C2  
C3

#### Muscles profonds :

Droit postérieur	Dp
Oblique inférieur	Oi
Splenius du cou	Sc
Long du cou	Lc

### A3- Territoire moteur des racines C1 à C4

Les fibres motrices participant au **nerf Accessoire (Spinal, XI)** et au **nerf Phrénique** sont décrites plus loin.

Les rameaux postérieurs de C1 à C4 innervent de nombreux **muscles cervicaux postérieurs** (fig 2A) :

≠ **les plus profonds** : **Intertransversaires cervicaux** (*intertransversales cervicis*); **Petit droit** et **Grand droit postérieurs de la tête** (*rectus capitis posterior minor, major*); **Droit latéral de la tête** (*rectus capitis lateralis*); **Obliques supérieur et inférieur de la tête** (*obliquus capitis major et o.c.minor*); **Long de la tête** (*longissimus capitis*);

≠ **les plus superficiels** : **Epicranien occipital** (*occipitalis*); **Semi-épineux de la tête et du cou** (*semispinalis capitis, cervicis*); **Splenius de la tête, Splenius du cou** (*splenius capitis, cervicis*), recouverts en partie par le Sterno-cleido-mastoïdien; **Trapèze, chef supérieur** (*trapezius*) : ce dernier, étendu de l'os occipital et des premières épineuses cervicales à l'acromion et la clavicule est innervé conjointement par des rameaux externes des racines cervicales et par des fibres des mêmes racines ayant cheminé par le XI.

Les rameaux antérieurs de C1 à C4 innervent des **muscles cervicaux latéraux et antérieurs** (fig 3A) :

≠ **les muscles latéraux** : **Sterno-cleido-mastoïdien** en avant, **Trapèze** en arrière, **Scalènes** apparaissant entre eux, sont innervés par le XI (voir chapitre suivant)

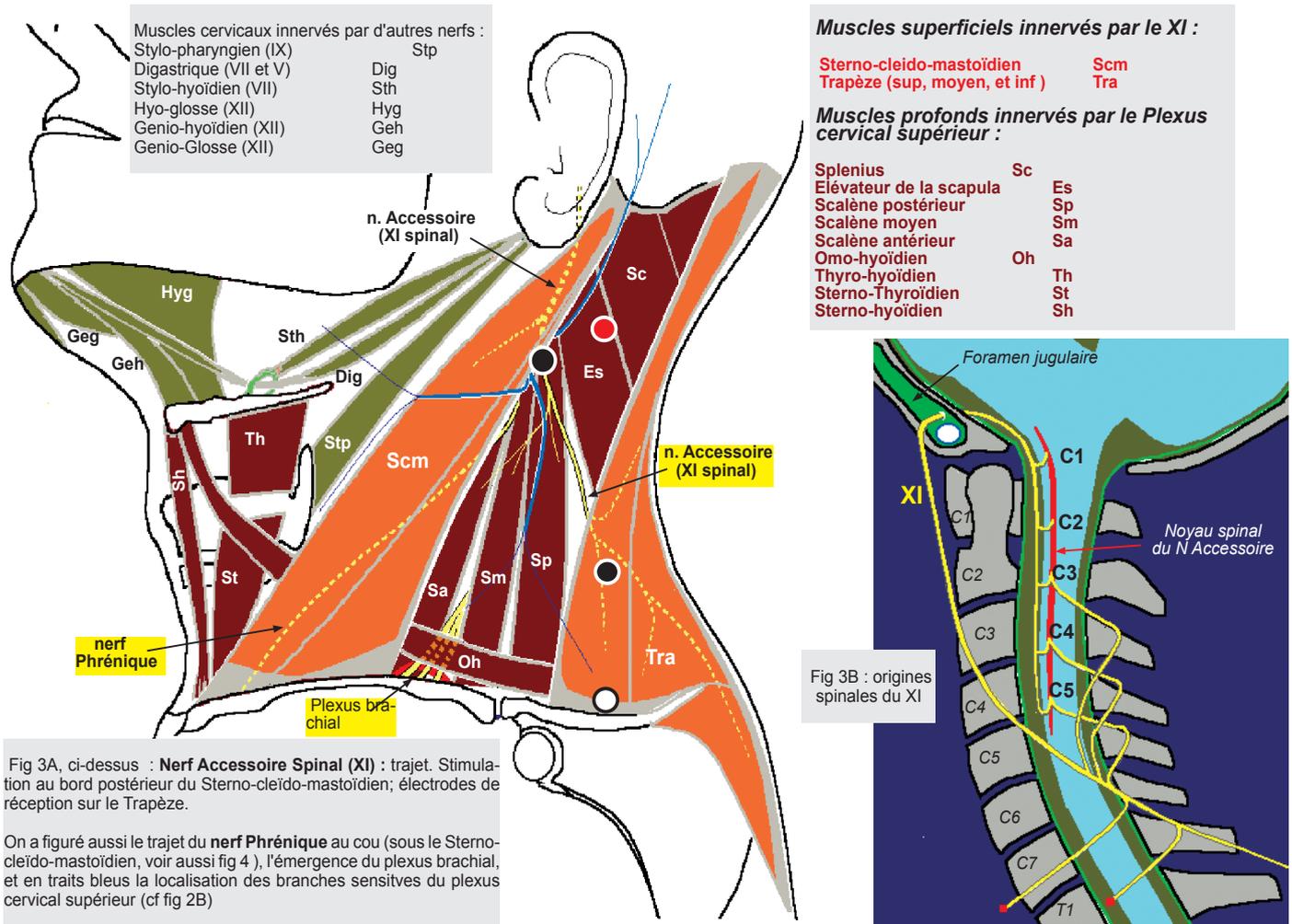
≠ **les muscles antéro-latéraux** sont les muscles sous-hyoïdiens ou infra-hyoïdiens, innervés par les branches de l'anse cervicale rejoignant le XII aux racines cervicales ( ). Ce sont des muscles plats, peu épais : **Thyro-hyoïdien** (*thyro-hyoideus*), **Omo-hyoïdien**, **Sterno-thyroïdien**, **Sterno-hyoïdien**.

Enfin, des fibres issues de C3 et C4 forment le **nerf Phrénique** et innervent le **Diaphragme** (ci-dessous, §C).

### A4 - Exploration EMG du plexus cervical supérieur

Les fibres motrices du plexus cervical supérieur sont essentiellement explorées au niveau des muscles dépendant du XI et du nerf Phrénique. Cependant, d'autres muscles importants pour le maintien de la tête ou sa rotation peuvent être examinés lors de pathologies traumatiques de la colonne cervicale; lors de dystonies cervicales ou de mouvements anormaux (privilégier alors l'étude de couples de muscles antagonistes hétéro-latéraux, par exemple un SCM droit et un splenius gauche); lors de certaines myopathies également.

Les figures 2A et 3A permettent de repérer la situation anatomique des muscles les plus facilement accessibles.



## B : LE NERF ACCESSOIRE (XI, SPINAL)

### B1 - Trajet, branches et territoires innervés

**Le nerf Accessoire XI** ou **nerf Spinal** (*nervus accessorius, accessory nerve*) est classé dans les nerfs "craniens" mais il s'agit en fait d'un nerf issu majoritairement de la moelle cervicale, partageant avec le plexus cervical supérieur l'innervation des muscles du cou. C'est un nerf purement moteur : il est facilement et fréquemment exploré en **électromyographie** (Trapèze, Sterno-cleido-mastoïdien SCM). Les motoneurons qui le constituent **proviennent des cornes antérieures cervicales de C1 à C5**. Leurs axones sortent par les racines antérieures correspondantes et forment un cordon qui remonte le long du fût médullaire jusqu'au trou occipital où elles sont rejointes par quelques fibres venues du noyau ambigu, qui retrouveront plus bas le X (fig 3B). Le nerf ressort du crâne par le foramen jugulaire (trou déchiré postérieur), accompagné du X et du IX. Il reçoit au cou des rameaux provenant des branches postérieures des nerfs rachidiens C3, C4 et C5. Il se divise en arrière de la portion mastoïdienne du SCM, perfore le bord postérieur de ce muscle à sa partie moyenne, et descend en croisant le triangle cervical latéral (fig 3A).

**Les fibres motrices du XI** innervent :

- Les muscles **Long du Cou** (*Longus colli*) et les **Scalènes** (*Scaleni*) antérieur, moyen et postérieur : ces muscles reçoivent aussi des rameaux directement de C1 à C3.
- Le muscle **Sterno-cleido-mastoïdien SCM** (*Sterno-cleido-mastoideus*), par des fibres issues de C1 à C3. Le SCM est tendu de la mastoïde à la partie médiale de la clavicule et au manubrium sternal. Il abaisse la tête sur l'épaule et la tourne du côté opposé. Il est actif en inspiration profonde.
- Le muscle **Trapèze** (*Trapezius*), par des fibres issues de C2 à C5. Le chef supérieur du muscle élève la scapula (et l'épaule), les chefs moyen et inférieur rapprochent la scapula des épineuses vertébrales.

### B2 - Stimulation du XI

**Le nerf Accessoire peut être stimulé :** - soit en-dessous du conduit auditif externe (a), dans le creux pré-mastoïdien (bien enfoncer la cathode pour approcher le foramen jugulaire) : la réponse intéresse la fois le SCM et le Trapèze - soit au bord postérieur du SCM, (fig 3A) environ 4 travers de doigt sous la pointe de la mastoïde (b) : seul le Trapèze répond : ce site permet une stimulation plus facile et mieux supportée.

**Le recueil** est fait sur le SCM (électrode active à mi-distance de la mastoïde et de la clavicule) ou plus généralement sur le chef supérieur du Trapèze (électrode active à mi-distance de l'épineuse de C7 et de l'acromion), en utilisant des électrodes de surface collées.

Résultats normaux pour une stimulation en (a) pré-mastoïdienne (Krogness Acta Chir Scand 1974; 140: 7-11)

	Sterno-cleido-mastoïdien	Trapèze, chef supérieur
<b>Latence motrice distale, ms :</b>	2.3 +/- 0.5 ms	3.5 +/- 0.5 ms (limite normale sup 4.5 ms)
<b>amplitude de la réponse M max , mV</b>	8.7 +/- 4.6 mV.	10.7 +/- 5.6 mV

**On peut réaliser une stimulation itérative** en (b) avec recueil sur le chef supérieur du Trapèze (3c/s, intensité évoquant une réponse Mmax). Prendre soin, pendant la stimulation, de bloquer l'épaule (en appuyant vers le bas) pour éviter le déplacement du muscle qui perturberait les mesures d'amplitude et de surface des réponses.

Voir aussi : exploration du **réflexe vestibulo-musculaire (VMEP)** (cf 1B5 §D4)

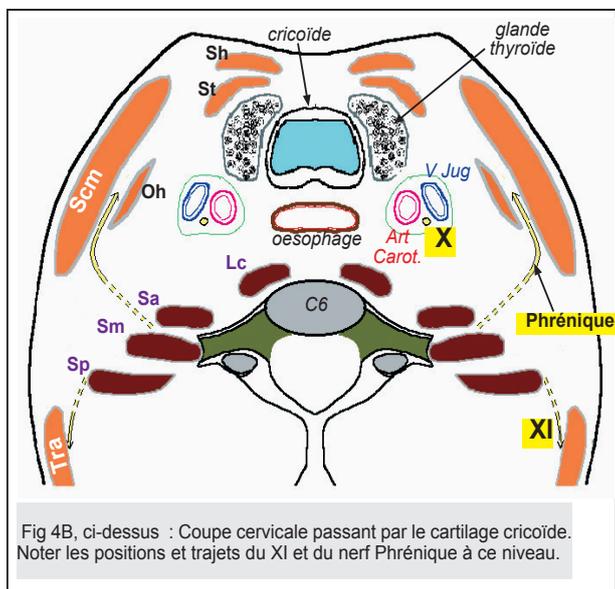
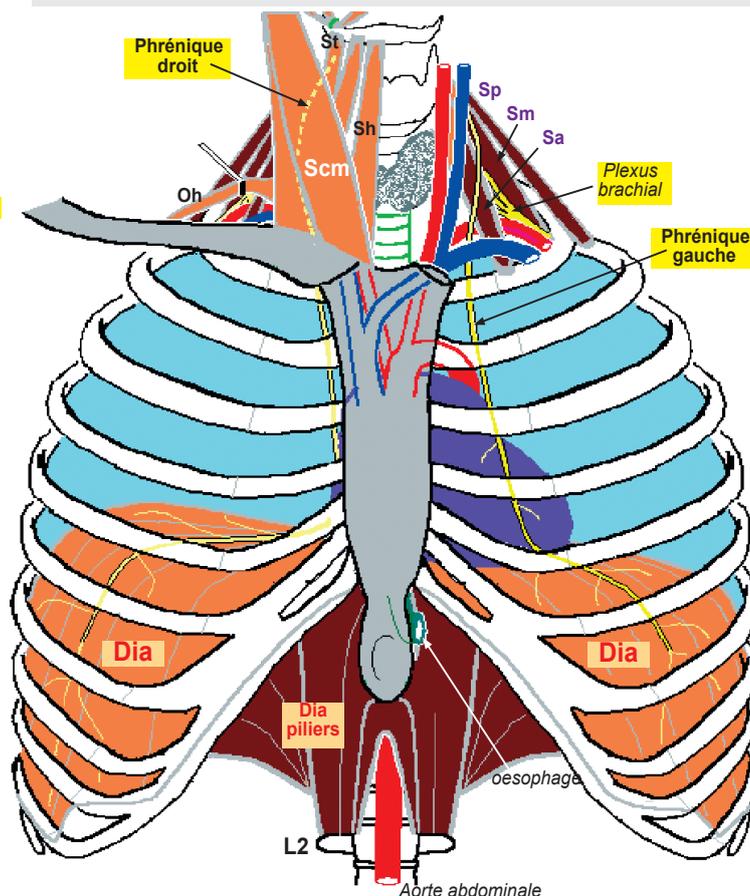


Fig 4B, ci-dessus : Coupe cervicale passant par le cartilage cricoïde. Noter les positions et trajets du XI et du nerf Phrénique à ce niveau.

Fig 4A, ci-dessous : **Nerfs Phréniques** : trajet. Au cou, le plan superficiel (clavicule et muscles) a été enlevé du côté droit de la figure; voir aussi la fig. 3A. Dans le médiastin, les gros vaisseaux sont représentés sous le sternum transparent.



Diaphragme	Dia
Sterno-cleido-mastoïdien	Scm
Trapèze (sup, moyen, et inf)	Tra
Omo-hyoïdien	Oh
Sterno-Thyroïdien	St
Sterno-hyoïdien	Sh
Long du cou	Lc
Scalène postérieur	Sp
Scalène moyen	Sm
Scalène antérieur	Sa

### B3 - Exploration emg du territoire du XI à l'aiguille concentrique

**Le SCM** est bien repérable en demandant au sujet de fléchir légèrement la tête vers l'avant et vers le côté exploré, et de la tourner de 30° vers le côté opposé. Une contraction maximale est facilement obtenue en poussant la tête vers le côté opposé tandis qu'on demande au patient de maintenir cette position.

Pour explorer **le Trapèze**, il suffit généralement de mettre l'aiguille dans le chef supérieur : on demande au patient assis de relever au maximum les 2 épaules, et on contrarie ce mouvement en appliquant une pression très forte sur l'épaule du côté exploré. L'exploration des chefs moyen et inférieur (rapprocher les omoplates) est rarement utile.

**La ponction du Trapèze est facilement douloureuse** : après avoir recherché une activité spontanée de repos, ramener l'aiguille sous la peau, ne la réintroduire que lorsque le muscle est contracté, et ne pas la déplacer pendant la contraction (3F4, §E1). D'autre part, le Trapèze est un muscle puissant, riche en UM rapides de haut seuil : chez des adultes masculins, **un recrutement maximal n'est fréquemment obtenu qu'en mettant tout son poids sur l'épaule explorée !**

## C : LE NERF PHRENIQUE

### C1 - Trajet, branches et territoires innervés

**Le nerf Phrénique** (*nervus phrenicus, phrenic nerve*) naît de branches sortant de la moelle par les nerfs rachidiens C3 et C4 (fig 1A). Il apparaît entre le m. Scalène moyen et le m. Scalène antérieur dont il croise la face externe à hauteur du cartilage cricoïde. Puis il passe sous le m. Omo-hyoïdien, croise la face antérieure du tronc artériel brachio-céphalique et pénètre le médiastin en arrière de l'arc antérieur de la 1ère côte (fig 3A, 4A et 4B)). Pendant tout ce trajet, il est masqué par le m. Sterno-cleido-mastoïdien. Il longe le péricarde en arrière ou en avant de l'oreillette droite (à droite), tandis que le nerf Phrénique gauche longe le péricarde du ventricule gauche. Des deux côtés, les nerfs Phréniques se résolvent en de multiples branches pour la totalité du diaphragme. Ils donnent également des branches sensibles pour le péricarde, la plèvre, et le péritoine accolé au diaphragme.

**Le Diaphragme** (*diaphragma*) a la forme d'un dôme reposant sur des insertions costales (7e à 12e côtes) et des "piliers" s'insérant sur les 3 premières vertèbres lombaires. Le sommet du dôme est une puissante lame tendineuse. Trois "hiatus" donnent passage à la veine cave, l'aorte, et l'oesophage. Entre les côtes, les fibres du diaphragme sont recouvertes par le plan des m. Intercostaux externes et internes, lesquels sont innervés par les nerfs Intercostaux. Les paquets vasculo-nerveux intercostaux cheminent sous le bord de la côte supérieure, dans un dédoublement des m. Intercostaux internes (fig 7C).

### C2 - Stimulation des fibres motrices du nerf Phrénique

- Stimulation : **au cou** : le nerf est situé sous le bord postérieur du m. Sterno-cleido-mastoïdien, à hauteur du cartilage cricoïde. Il faut légèrement **repousser le SCM** vers l'avant et bien enfoncer la cathode en arrière du muscle (fig 5B). Anode 3 à 4 cm plus haut. (On peut aussi le stimuler au pied de l'insertion sternale du SCM, juste en arrière de l'articulation sterno-claviculaire : repousser le tendon vers l'arrière; mais ce site expose à stimuler aussi le plexus brachial. Ne pas hésiter à utiliser un choc d'une durée de 1 ms et augmenter l'intensité jusqu'à obtenir une réponse M maximale.

- Réception : **électrode active dans le 7e ou le 8e espace intercostal (EIC)**. La 7e côte est repérée par l'intersection d'une horizontale passant par la pointe de la xyphoïde et d'une verticale passant par le milieu de la clavicule; électrode de référence dans l'espace sous-jacent, décalée vers le côté du thorax de sorte que la distance entre les 2 électrodes soit de 3 à 4 cm.

(suite du texte p.7)

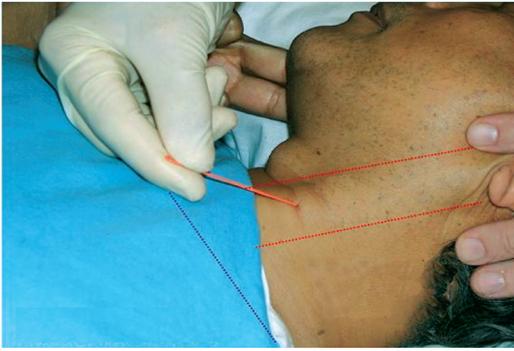


Fig 5A, ci-contre à gauche : exploration emg à l'aiguille concentrique du muscle Sterno-cleido-mastoïdien.

Fig 5B : stimulation au cou du nerf Phrénique, et enregistrement du diaphragme dans le 7e espace intercostal.

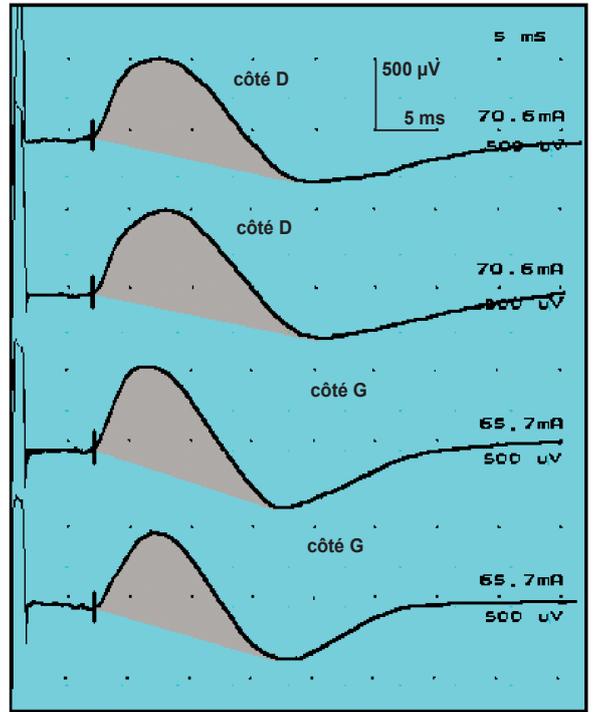
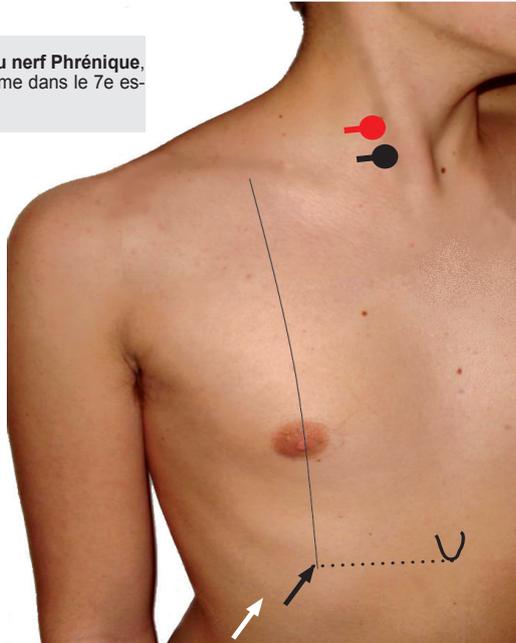


Fig 5C : Réponses du diaphragme, enregistrées dans le 7e espace intercostal, chez un sujet normal.

2 traces du haut : stimulation du nerf Phrénique droit au cou; 2 traces inférieures : stimulation du nerf Phrénique gauche.

5 ms et 500 µV / division

Fig 6A, ci-dessous : homme de 20 ans, chute à ski > **tétraplégie**, pas de lésion osseuse cervicale, hypersignal C1-C4 sur l'IRM. **Stim. des N Phréniques** : X : 15 j. après l'accident, réanimé, ventilé; Y : 87 j. après l'accident, n'a pas récupéré la motricité des membres, mais ventilé spontanément. Amplitudes faibles des réponses (200 µV/div.) mais latences normales (5 ms/div.). Comparer avec la fig 5C. Z : emg du diaphragme droit au 87e jour.

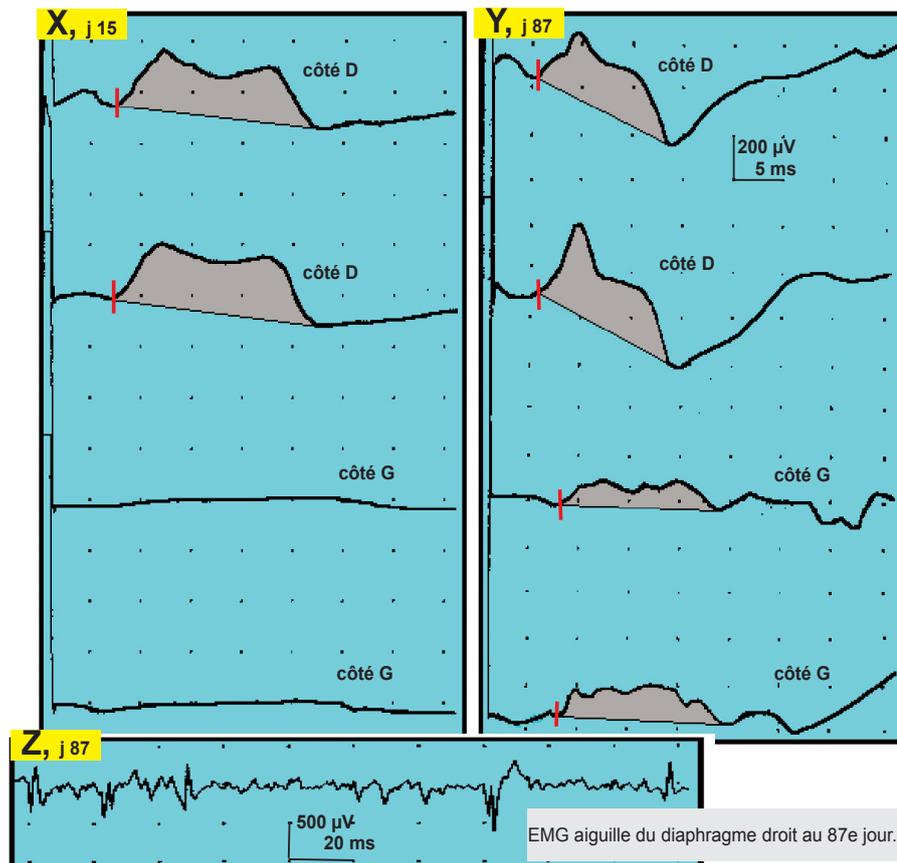
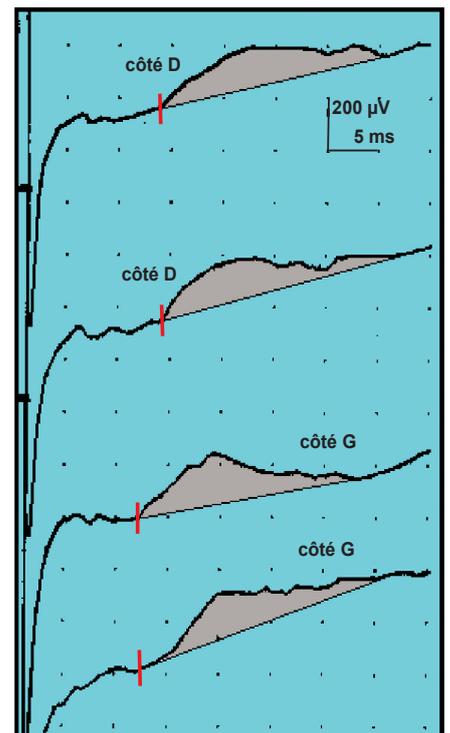


Fig 6B, ci-dessous : Homme de 70 ans, **polyneuro-miopathie** mixte (alcool > tuberculose ancienne > insuffisance surrénalienne > corticoïdes > diabète > réanimation)

Réponses à la stim. des N Phréniques droit et gauche : noter les faibles amplitudes (200 µV/div.) et l'augmentation des latences (5 ms/div.). Comparer avec la fig 5C.



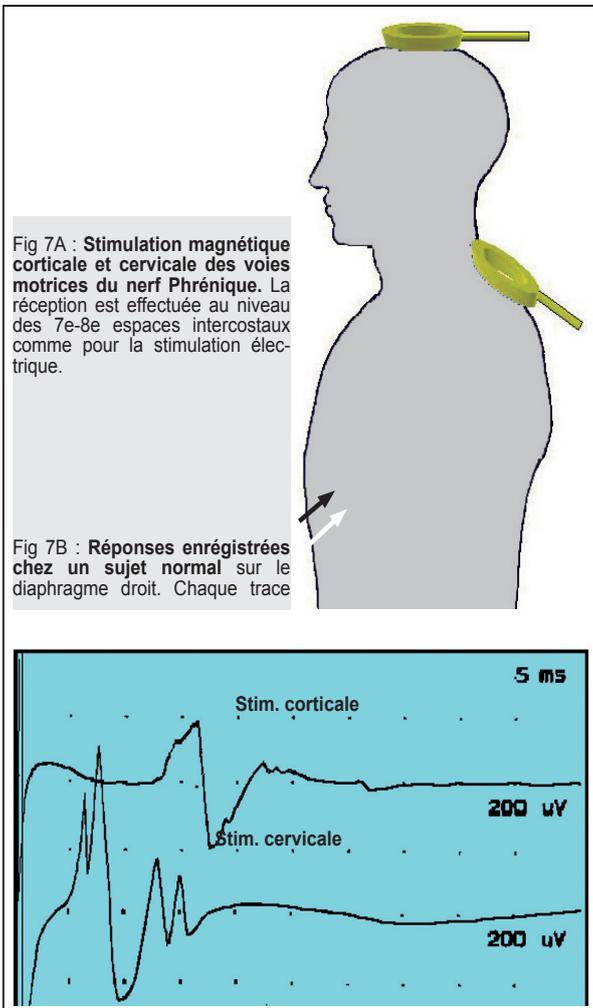
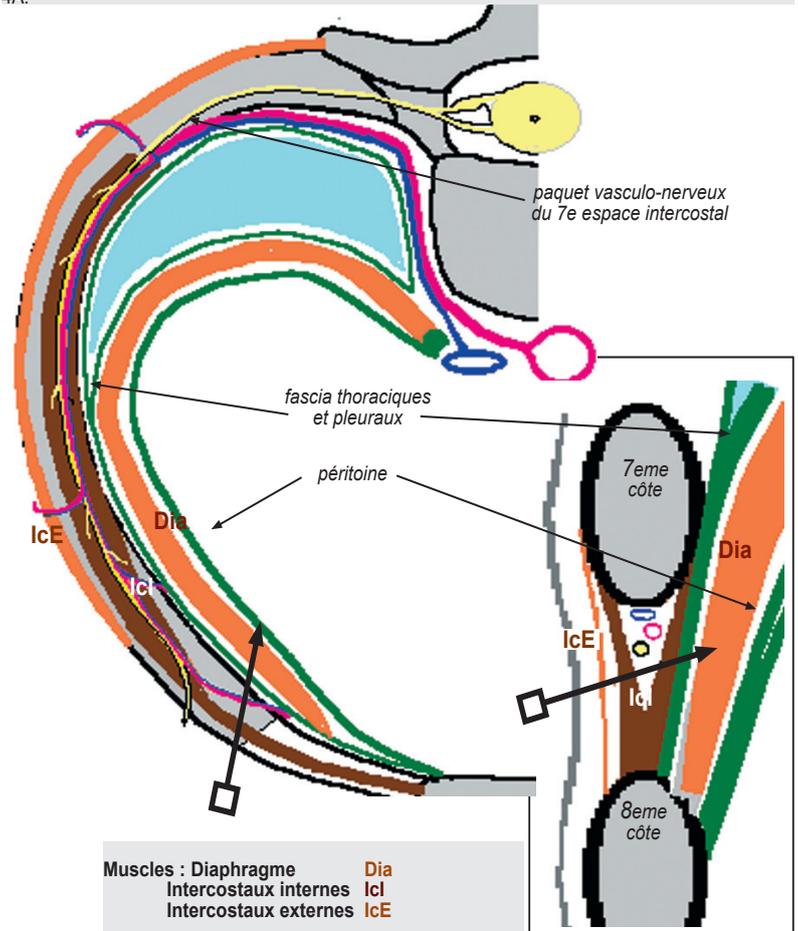


Fig 7C : Représentation sur une coupe horizontale (ci-dessous) et sur une coupe verticale (en bas à droite) du positionnement d'une aiguille d'emg dans le 7e espace intercostal. Voir aussi la Fig 4A.



( $\text{SC2}$ , suite)

On peut utiliser des électrodes de surface auto-collantes, mais il s'avère plus fiable d'utiliser de **courtes électrodes-aiguilles sous-cutanées**. **Ne pas hésiter à déplacer légèrement les électrodes** si la réponse enregistrée est faible ou commence par une phase positive.

- Mesures des amplitudes et latences (**1A5 SE**)
- Résultats normaux chez l'adulte, avec la stimulation à hauteur du cricoïde (fig 5C)

Latence motrice distale :

amplitude de la réponse M du Diaphragme :

**Nerf Phrénique droit**  
7.1 +/- 0.2 ms

**Nerf Phrénique gauche**  
7.6 +/- 0.3 ms

0.72 +/- 0.25 mV.

0.81 +/- 0.26 mV.

La cause d'erreur principale provient de surimpositions de l'activité des m. Pectoraux, Intercostaux et de complexes ECG aux réponses du diaphragme. Pour s'en affranchir :

- 1 - Déclancher les stimulations à la fin d'une expiration spontanée calme (intercostaux au repos). Modifier légèrement la position des électrodes de recueil si la réponse commence par une phase positive ou en l'absence de réponse : ainsi, l'ascension d'une coupole pourra rendre nécessaire un placement de l'électrode active un espace intercostal plus haut.
- 2 - Faire plusieurs stimulations de chaque côté, en décalant les traces successives. Ne retenir que les ondes reproductibles
- 3 - Éliminer les réponses d'une latence inférieure à 6 ms (elles sont dûes à une stimulation concomitante du plexus brachial).

### C3 - Stimulation magnétique du nerf Phrénique

Il est possible d'utiliser un stimulateur magnétique, ce qui peut s'avérer intéressant chez des sujets présentant une lésion centrale ou une lésion cervicale (post-opératoire, par exemple) (fig 7A). Pour une stimulation corticale, la bobine est placée 4 cm en dehors et 1cm en avant du vertex. La réponse du diaphragme est recueillie comme pour une stimulation électrique. Latence de la réponse controlatérale : 13.5 +/- 1.4 ms. Temps de conduction centrale : 7.8 +/- 1.2 ms. L'amplitude est voisine de 0.30 mV.

Pour une stimulation radiculaire, la bobine est placée en regard de l'épineuse de C7, légèrement décalée à droite ou à gauche selon le nerf Phrénique à stimuler. Une intensité de 100% est requise (> 1.5 Tesla). La bobine est orientée de sorte que le champ induit tourne dans le sens des aiguilles d'une montre. **Les réponses ont une latence plus courte (- 1.3 à - 1.5 ms)** comparée à la stimulation électrique au cou : la dépolarisation du nerf Phrénique semble être réalisée en un point situé sous la 1ere côte. L'amplitude maximale des réponses est comparable à la stimulation électrique (0.5 à 0.8 mV), mais la stimulation magnétique atteint également le nerf Phrénique controlatéral (réponse égale à environ 20% de celle du côté stimulé), ce qui peut poser un problème d'interprétation dans la discussion du niveau anatomique et de l'importance d'une lésion unilatérale (fig 7B).

Fig 8 : Homme de 19 ans, victime d'un accident de la route : tétraplégie C1-C2 d'emblée.

Deux mois après le traumatisme, étude de la valeur fonctionnelle des nerfs Phréniques et du diaphragme préalablement à la pose d'un stimulateur implanté au cou sur les nerfs Phréniques.

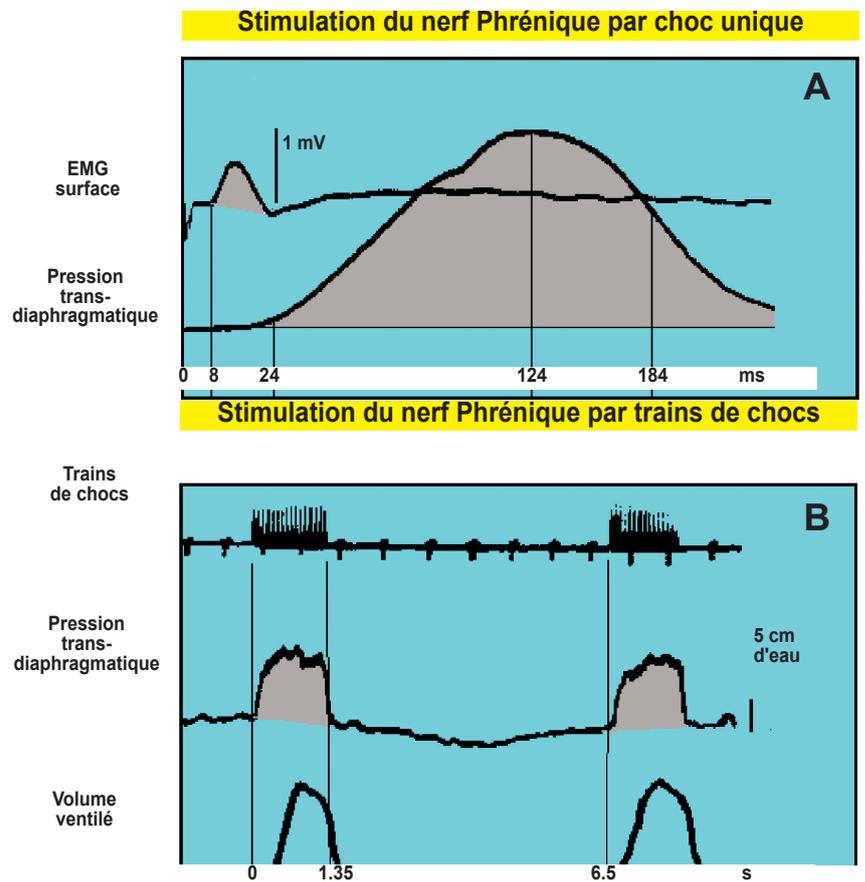
A : Stimulation du nerf Phrénique gauche par un choc unique de 1ms, supramaximal. Enregistrement de la réponse diaphragmatique par électrodes de surface sur le 7e espace intercostal droit;

Enregistrement de la pression trans-diaphragmatique par un capteur oesophagien : la secousse musculaire (twitch) se développe en 100 ms.

B : Stimulation du nerf Phrénique droit par des trains de chocs d'une durée de 1.35 seconde avec une fréquence de répétition de 9.2 cycles/mn.

Le capteur oesophagien enregistre une contraction tonique (tétanos) du diaphragme commandée par chaque train de chocs. *Noter la base de temps en secondes !!*

Un spirographe enregistre simultanément le volume d'air ventilé.



#### C4 - Exploration emg du Diaphragme à l'aiguille concentrique

Il est recommandé de **placer le patient en position demi-assise**, ce qui entraîne les poumons vers le bas et rapproche la coupole du diaphragme de la paroi thoracique antérieure. L'aiguille est introduite dans le 7e EIC (même position que l'électrode active de réception de la réponse M). **Longer le bord supérieur de la côte sous-jacente pour éviter les vaisseaux intercostaux (fig 7C)**. Les muscles Intercostaux externes (actifs en inspiration) sont très minces ou inexistant à ce niveau. On atteint ensuite les Intercostaux internes (actifs en expiration forcée uniquement), puis le diaphragme, actif en inspiration. **Stopper la progression de l'aiguille dès que le muscle est atteint**. L'exploration du diaphragme droit est évidemment plus sûre et moins "stressante" que celle du diaphragme gauche, laquelle peut s'avérer difficile chez une femme obèse aux seins particulièrement "lourds".

Le diaphragme conserve souvent une activité faible lorsqu'on demande au sujet d'arrêter de respirer, glotte fermée. Il est silencieux lors d'une expiration spontanée (passive) et lors d'une expiration forcée modérée. Une contraction forte est obtenue lors d'une inspiration forcée brutale.

L'aspect des Potentiels d'Unités Motrices n'est pas très différent de celui observé dans les muscles des membres. Contrairement à ce qu'on observe chez de petits animaux comme la souris, la proportion des différents types d'UM du diaphragme humain ressemble à celle d'un muscle des avant-bras (environ 60% d'UM lentes, 20% d'UM intermédiaires, 20% d'UM rapides). Un tracé interférentiel complet n'est obtenu qu'avec une bonne coopération du patient. Il est intéressant d'apprécier la régularité de la commande motrice centrale.

Il est toujours utile de **vérifier l'état fonctionnel des muscles de l'épaule** de topographie radiculaire proche de celle du Diaphragme (C4 : Elévateur de la scapula et C5 : Dectoïde) pour le diagnostic différentiel.

#### C5 - Indications de l'exploration des nerfs Phréniques et du Diaphragme

Chez un patient ambulatoire, c'est principalement la découverte d'une surélévation de coupole diaphragmatique lors d'un bilan de dyspnée inexpliquée qui conduit à rechercher une paralysie diaphragmatique. Le nerf phrénique est un nerf fragile susceptible d'être touché par toute **chirurgie du cou ou du médiastin**, ou même par des processus lésionnels moins évidents tels qu'au cours de lésions **radiculaires aiguës virales** en période hivernale, souvent étiquetées à tort syndrome de Parsonage et Turner. Une lésion des nerfs Phréniques est possible au cours du **diabète**. La survenue d'une paralysie diaphragmatique est presque constante **au cours de l'évolution d'une SLA**.

Dans un milieu de réanimation, le patient qui ne peut être sevré de son ventilateur représente une demande fréquente d'exploration du diaphragme, qu'il s'agisse d'un patient **blessé médullaire cervical (fig 6A)** ou d'un patient ayant développé **une neuro-myo-pathie de réanimation (fig 6B)**.

#### C6 - Exploration des nerfs Phréniques préalable à la pose d'un stimulateur

Les traumatismes de la colonne cervicale sous-occipitale peuvent entraîner une atteinte médullaire responsable d'une tétraplégie et d'une paralysie diaphragmatique totale. Un tableau semblable d'incapacité respiratoire totale peut résulter d'une obstruction du tronc basilaire avec constitution d'un "locked-in syndrome" définitif. On peut être amené, chez un sujet jeune, à tenter de remplacer, au moins de manière intermittente, l'assistance ventilatoire continue externe et indispensable par une stimulation programmée des 2 nerfs Phréniques mimant la commande ventilatoire normale. Des électrodes de stimulation implantées à demeure sont alors mises en place autour des Phréniques au cou.

Une exploration préalable de la viabilité des nerfs est indispensable (fig 8). Elle doit être accompagnée d'une séance de réglage optimal des paramètres de stimulation (intensité, fréquence interne et durée des trains de stimuli), ainsi que d'une mesure de l'efficacité réelle de la commande inspiratoire artificielle ainsi réalisée. A l'enregistrement électrique de la réponse du diaphragme des 2 côtés en surface et aussi à l'aiguille concentrique, il faut donc adjoindre dans la même séance une mesure du différentiel de pression trans-diaphragmatique grâce à un capteur oesophagien, et une analyse des volumes ventilés sous stimulation (spirométrie et courbe débit-volume). L'ensemble de ces tests nécessite des moyens coordonnés (explorations fonctionnelles neurophysiologiques et respiratoires) qui sont disponibles au sein de laboratoires hospitaliers.

## **D : SOURCES DOCUMENTAIRES**

### **D1 - Exploration du nerf Accessoire Spinal et du Sterno-cleido-mastôïdien**

- Cherington M. : Accessory nerve conduction studies. Arch Neurol, 1968; 18: 708-709.
- Dressler D. : Electromyographic evaluation of cervical dystonia for planning of botulinum toxin therapy. Eur J Neurol. 2000; 7: 713-8.
- Kennelly K. : Electrophysiological evaluation of cranial neuropathies. Neurologist. 2006; 12: 188-203.
- Kierner A. : Intraoperative electromyography for identification of the trapezius muscle innervation. Laryngoscope. 2002; 112: 1853-6.
- Li J. et al. : Electromyography of sternocleidomastoid muscle in ALS: a prospective study. Muscle Nerve. 2002; 25: 725-8.
- Midwinter K, Willatt D.: Accessory nerve monitoring and stimulation during neck surgery. J Laryngol Otol. 2002; 116: 272-4.
- Siegmund G. et al. : Electromyography of superficial and deep neck muscles... J Biomech Eng. 2007; 129: 66-77.

### **D2 - Exploration du nerf Phrénique et du Diaphragme**

- Bolton, C et al. : Needle electromyography of the diaphragm. Muscle Nerve 1992; 15: 678-81.
- DiMarco A.: Restoration of respiratory muscle function following spinal cord injury. Respir Physiol Neurobiol. 2005; 147: 273-87.
- Glerant J. : Diaphragm electromyograms recorded from multiple surface electrodes following magnetic stimulation. Eur Respir J. 2006; 27: 334-42.
- Kawaguchi Y. et al. : Neurophysiological tests of respiratory function by compound muscle action potentials from the diaphragm. J Bone Joint Surg 2000; 82: 695-701.
- Khedr E, Trakhan M. : Localisation of diaphragm motor cortical localisation... Eur J Applied Physiol, 2001; 85: 560-6
- Laguensy, A, et al. : Study of central and peripheral conduction to the diaphragm in 22 patients .... Electromyogr Clin Neurophysiol 1998; 38: 333-42.
- Lanctin C, et al. Respiratory evoked potentials and occlusion elicited sympathetic skin response. Neurophysiol Clin. 2005; 4: 119-25.
- Lissens, M. Motor evoked potentials of the human diaphragm elicited through magnetic transcranial brain stimulation. J Neurol Sci 1994; 124: 204-7.
- Mc Lean I, Mattioni T. : Phrenic nerve conduction studies... Arch Phys Med Rehabil. 1981; 62: 70-3
- Moxham J, Potter D. : Diaphragm pacing. Thorax, 1988; 43: 161-2.
- Newsome-Davis J. : Phrenic nerve conduction in man. J Neurol Neurosurg Psychiatry, 1967; 30: 420-26.
- Orliaguet G, et al. : Maturation postnatale du diaphragme... Ann Fr Anesth Reanim. 2004; 5: 482-94.
- Ordroneau J et al. : Stimulation phrénique dans les tétraplégies C1-C2. Rev Mal Resp, 1989; 6: 469-71.
- Pereon Y. Neurophysiological investigations of respiratory function. Rev Med Liege. 2004; 59 Suppl 1: 150-6.
- Similowski, T et al. : Cervical magnetic stimulation: a new painless method for bilateral phrenic nerve stimulation in conscious humans. J Appl Physiol 1989; 67: 1311-18.
- Syabbalo N.: Assessment of respiratory muscle function and strength. Postgrad Med J. 1998;74: 208-15.
- Verin E. et al. : Validation of improved recording site to measure phrenic conduction from surface electrodes in humans. J Appl Physiol. 2002; 92: 967-74.
- Zifko U. : Electrophysiological respiratory studies in the critical care unit. Can J Neurol Sci. 1998; 25: S21-6.
- Zifko U. et al. : Repetitive phrenic nerve stimulation in myasthenia gravis. Neurology. 1999; 53: 1083-7.