



## 5A. CORPS HUMAIN ET SANTE.

### L'effort physique et ses effets

Activités pratiques Ex.A.O.

### Adaptation cardiaque à l'effort...

Connaissances	Capacités et attitudes
<p>Au cours de l'effort un certain nombre de paramètres physiologiques sont modifiés : fréquence cardiaque, volume d'éjection systolique (et donc débit cardiaque) ; fréquence ventilatoire et volume courant (et donc débit ventilatoire) ; pression artérielle.</p> <p>Ces modifications physiologiques permettent un meilleur approvisionnement des muscles en dioxygène et en nutriments. L'organisation anatomique facilite cet apport privilégié. Un bon état cardiovasculaire et ventilatoire est indispensable à la pratique d'un exercice physique.</p>	<p>- Concevoir et/ou mettre en oeuvre un protocole expérimental (en particulier assisté par ordinateur) pour montrer les variations des paramètres physiologiques à l'effort.</p> <p>- Manipuler, modéliser, recenser, extraire et organiser des informations et ou manipuler (dissections et/ou logiciels de simulation et/ou recherche documentaire) pour comprendre l'organisation et le fonctionnement des systèmes cardiovasculaire et ventilatoire.</p>

## A. Objectifs pédagogiques

Le cœur est un muscle creux et comme tous les muscles, il se contracte. Ces contractions chassent le sang dans les artères et le font circuler. Les oreillettes et les ventricules se contractent rythmiquement, dans un ordre précis. C'est une pompe infatigable qui bat en moyenne 70 fois par minute, 4200 fois par heure, 100 000 fois par jour, 40 millions de fois par an et environ 3 milliards de fois dans votre vie !!

A chaque battement, un courant électrique est créé et part en tous sens dans les divers tissus y compris la peau ! C'est grâce à cette propriété qu'il est possible d'avoir accès au fonctionnement cardiaque par l'E.C.G. (Electro-Cardio-Graphie). Le tracé obtenu est un Electro-Cardio-Gramme qui permet de connaître la « fréquence cardiaque » d'un sujet et d'observer si le cœur est en bon état ou si l'on décèle certaines pathologies.

Deux activités peuvent être complémentaires ici :

- une dissection d'un cœur de mammifère (porc ou mouton) associée à l'utilisation du logiciel de simulation « cœur »,
- et l'enregistrement d'un ECG humain avec variations des conditions d'enregistrement.

**ECG-électrocardiogramme = manifestations électriques accompagnant un cycle cardiaque.**

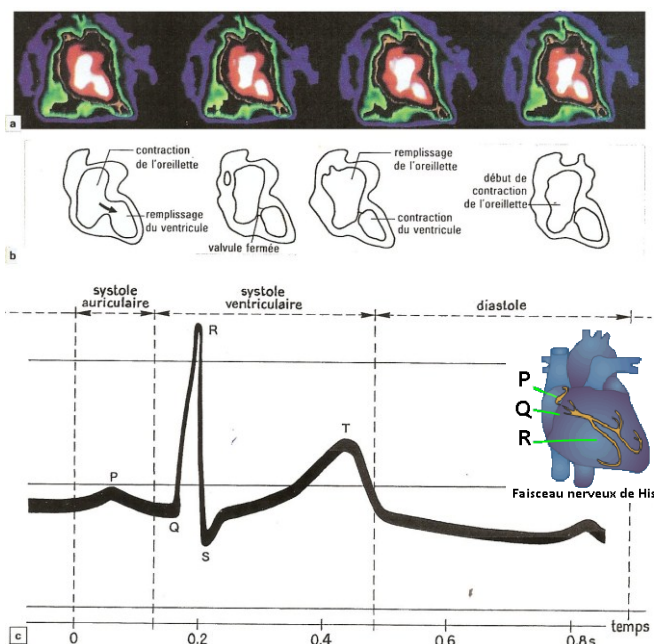
a – scintigraphie cardiaques prises à quelques secondes d'intervalle.

b – schémas d'interprétation

c – systole et diastole définissent le cycle cardiaque (systole = contraction ; diastole = repos).

- L'**onde P** précède la systole auriculaire (dépolérisation auriculaire)
- le **complexe QRS** correspond à l'activation et à la dépolérisation des ventricules et précède donc la systole ventriculaire (en S les valvules artérielles ou sigmoïdes s'ouvrent) tandis que l'**onde T** correspond à la diastole (repolarisation ventriculaire).

Q= activation septale / R= activation pariétale VG / S= activation basale VG



On pourra donc envisager l'étude du fonctionnement cardiaque et du cycle cardiaque ainsi que l'étude des facteurs de variation de la fréquence cardiaque, **au repos, en apnée** par exemple ou **au cours de l'effort physique** : quelques flexions avant le début de l'enregistrement ou pendant, permettront de mettre en évidence cette variation et d'aborder l'intérêt de ces modifications du rythme cardiaque au niveau de l'organisme.



## B. Expérimentation assistée par ordinateur

### TP Ex.A.O. Activité 5A : l'activité cardiaque au cours de l'effort.

#### Pistes d'exploitation

Trois enregistrements ECG seront effectués pendant un minimum de temps de 10 msec :

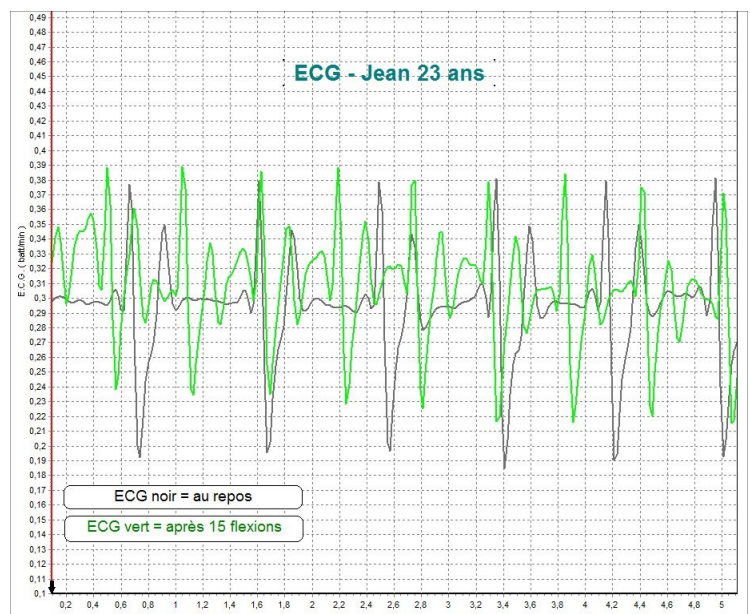
- Un premier enregistrement **au repos** pendant 10 msec.
- un second, après avoir effectué une **vingtaine de flexions**, toujours sur 10 msec, déclencher l'enregistrement à la fin des flexions.
- Enfin un dernier enregistrement peut se faire sur plusieurs secondes (5 par exemple) en y intégrant une période d'apnée de 3 sec au bout d'une seconde d'enregistrement.

**Note : Lancez le logiciel « Nemo » APRES avoir effectué tous les branchements**

#### Résultats attendus :

En superposant les enregistrements sur les deux premiers ECG obtenus on obtient les graphiques suivants : un zoom peut être fait afin de permettre une meilleure visibilité au niveau des battements cardiaques.

Ainsi la fréquence cardiaque augmente et passe de  $\sim 72$  bat/mn au repos à  $\sim 102$  bat/mn. Le cœur accélère donc au cours de l'effort physique.



**L'augmentation de l'activité cardiaque** au cours de l'effort est donc à mettre en relation avec l'augmentation du débit du sang vers les organes (poumons et muscles) permettant ainsi un **meilleur approvisionnement des cellules en O<sub>2</sub> et en nutriments** en cours d'effort. La notion de « couplage » entre l'activité cardiaque, les échanges respiratoires et la circulation sanguine sera de ce fait évoquée.

*Un lien entre « fréquence cardiaque » et « Pression artérielle » s'établira automatiquement, la pression artérielle étant la pression sous laquelle circule le sang expulsé lors de la contraction cardiaque; plus la pression sanguine est élevée, plus la tension (force élastique exercée par les parois des vaisseaux sanguins) l'est également.*

Des exercices complémentaires relatifs aux commandes nerveuses de la fréquence cardiaques pouvant être envisagés parallèlement à cette étude, on aboutira alors à la notion de **système de régulation**.

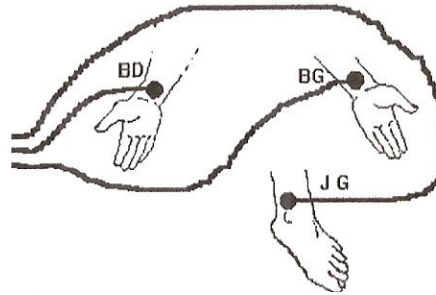
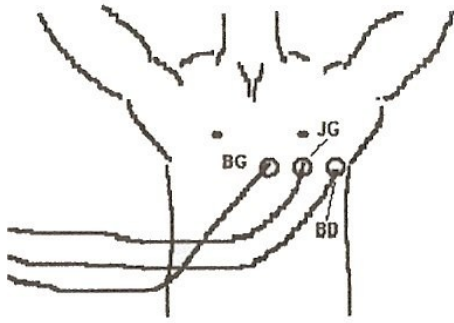
# PROTOCOLES DES MANIPULATIONS



## PREPARATION DU « COBAYE »

Pas de préparation particulière si ce n'est le nettoyage de la peau avec un coton légèrement imbibé d'alcool avant de poser les patches autocollants. Choisir un cobaye de préférence, avec peu de poils afin de permettre une meilleure adhérence des patches et éviter les vêtements synthétiques lors des mouvements (électricité statique).

## POSITION DES PATCHS AVEC CARDIO :



**MESURE PLUS EFFICACE**  
Avec un sujet en **MOUVEMENT**

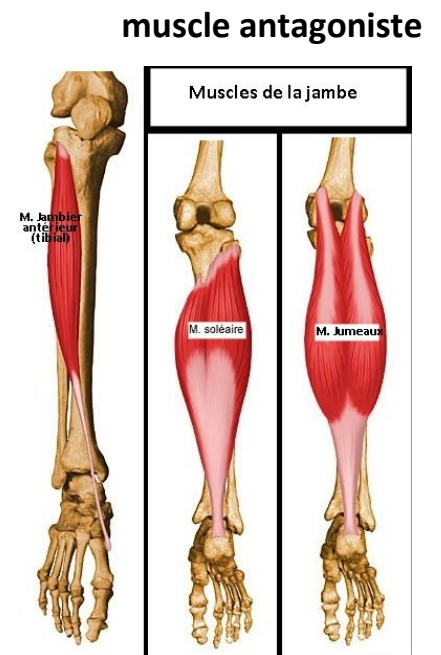
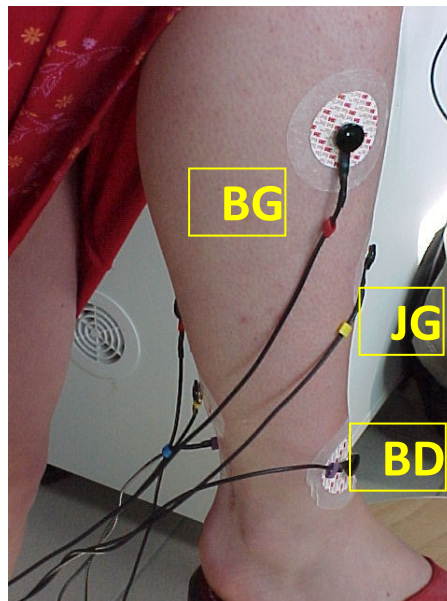
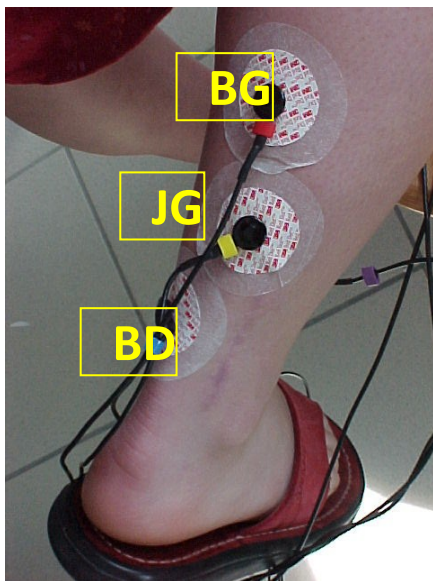
**autre possibilité \*** positionner l'électrode de la cheville sur l'os de la maléole interne améliore parfois le contact électrique.

## POSITION DES PATCHS AVEC EMG OU REFMYO:

Sur la **jambe postérieure** (*jumeaux ou soléaire*) Sur la **jambe antérieure** (*tibial*)

Pour le réflexe monosynaptique avec

Pour le réflexe polysynaptique



**ATTENTION EN OTANT LES ELECTRODES DE SURFACE, débrancher les pressions sans tirer sur le fil... RISQUE DE RUPTURE !!**



## C. Activités complémentaires.

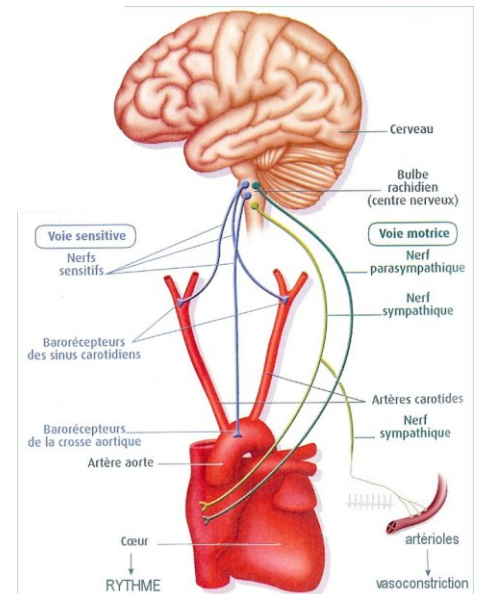
### Activité 5A : l'activité cardiaque au cours de l'effort.

#### Exercice type 2 B : Une boucle réflexe de contrôle de la fréquence cardiaque.

Un réflexe est une réponse automatique (involontaire) et rapide à un stimulus donné. La voie nerveuse impliquée dans cette réponse est appelée « boucle réflexe », elle comprend un récepteur sensoriel, un nerf sensitif ou afférent, un centre nerveux intégrateur, un nerf moteur ou efférent et un organe effecteur.

#### Document 1 : Innervation de l'artère aorte, des artères carotides, du cœur et des vaisseaux.

Le bulbe rachidien est un centre nerveux. Il reçoit, par des voies sensibles des messages provenant de récepteurs sensibles à la pression (les barorécepteurs) et émettent en retour par des voies motrices (nerfs parasympathiques et sympathiques) des messages en direction du cœur et des petites artères. Si le cœur modifie son rythme en conséquence, les artéριοles quant à elles se contractent ou se dilatent selon que les informations leur arrivent ou non (vasoconstriction ou vasodilatation).



#### Document 2 : Expériences sur le rôle des nerfs cardiaques

Les enregistrements ci-contre ont été obtenus en école vétérinaire sur un animal anesthésié : une canule (fin tube), introduite dans une artère de l'animal, est reliée à un capteur électronique de pression. Ce capteur est lui-même en liaison avec un dispositif permettant d'afficher sur un écran d'ordinateur les variations de pression dans l'artère.

– L'enregistrement 1 correspond à l'enregistrement de la pression artérielle dans les conditions normales.

#### ■ EXPÉRIENCES

Après avoir dégagé les nerfs qui se rendent au cœur, on stimule électriquement chacun d'eux : la stimulation est constituée par une série d'impulsions électriques très rapprochées dont le but est d'augmenter l'activité du nerf stimulé.

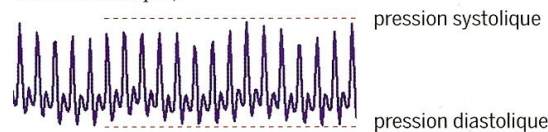
– L'enregistrement 2 montre les variations de la pression artérielle lors d'une stimulation du **nerf X** (nerf parasympathique).

– L'enregistrement 3 montre les variations de la pression artérielle lors d'une stimulation des fibres sympathiques cardiaques issues de la moelle épinière.

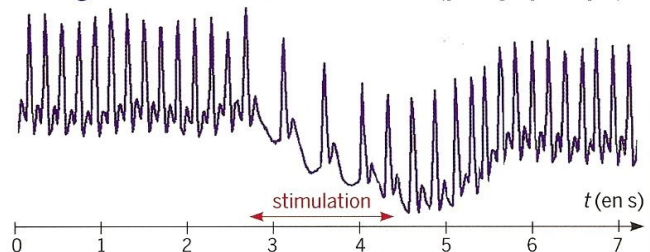
Une étude expérimentale du rôle des nerfs cardiaques.

#### ● Enregistrement 1 : conditions normales

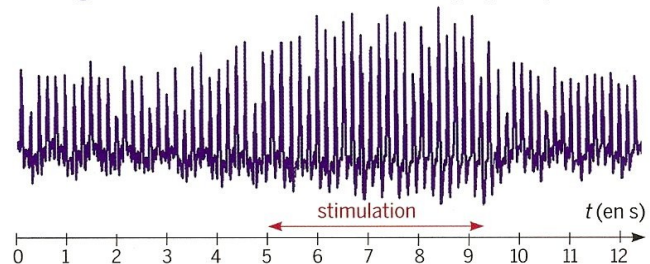
On observe sur l'écran une série d'oscillations correspondant aux variations régulières de la pression entre une valeur maximale (la pression systolique) et une valeur minimale (la pression diastolique).



#### ● Enregistrement 2 : stimulation du nerf X (parasympathique)



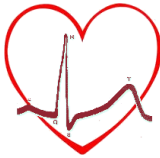
#### ● Enregistrement 3 : stimulation des fibres sympathiques



1. En analysant les documents 1 et 2, retrouvez les principaux éléments de cette boucle de régulation et placez-les dans un schéma synthétique.
2. Pour quelles raisons parle-t-on d'une boucle réflexe de contrôle de la fréquence cardiaque et donc, indirectement de la pression artérielle ?

## Résultats :

**Document 1 : Innervation de l'artère aorte, des artères carotides, du cœur et des vaisseaux.**



Le paramètre variable étant la pression artérielle, le cœur et les petits vaisseaux en sont les effecteurs. Entre les deux, un ensemble composé de capteurs : les barorécepteurs sensibles à une pression artérielle, des nerfs afférents (nerfs de Cyon et de Hering) et des centres intégrateurs de la zone bulbaire : centre cardio-modérateur associé aux nerfs efférents parasympathiques (nerf X ou vague ou pneumogastrique) et centre cardio-accélérateur associé aux nerfs efférents sympathiques.

## Document 2 : Expériences sur le rôle des nerfs cardiaques

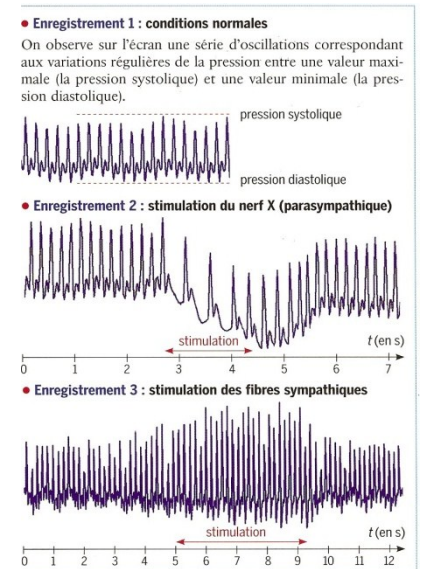
Lors d'une stimulation du nerf parasympathique on observe une chute de la pression artérielle.

**Cela signifie** que ce nerf envoie des informations modératrices ou inhibitrices sur le rythme cardiaque d'une part et sur les muscles des artéioles d'autre part, provoquant ainsi un ralentissement du rythme cardiaque et une vasodilatation des artéioles.

**Conséquence** : le débit sanguin diminue et la pression artérielle chute.

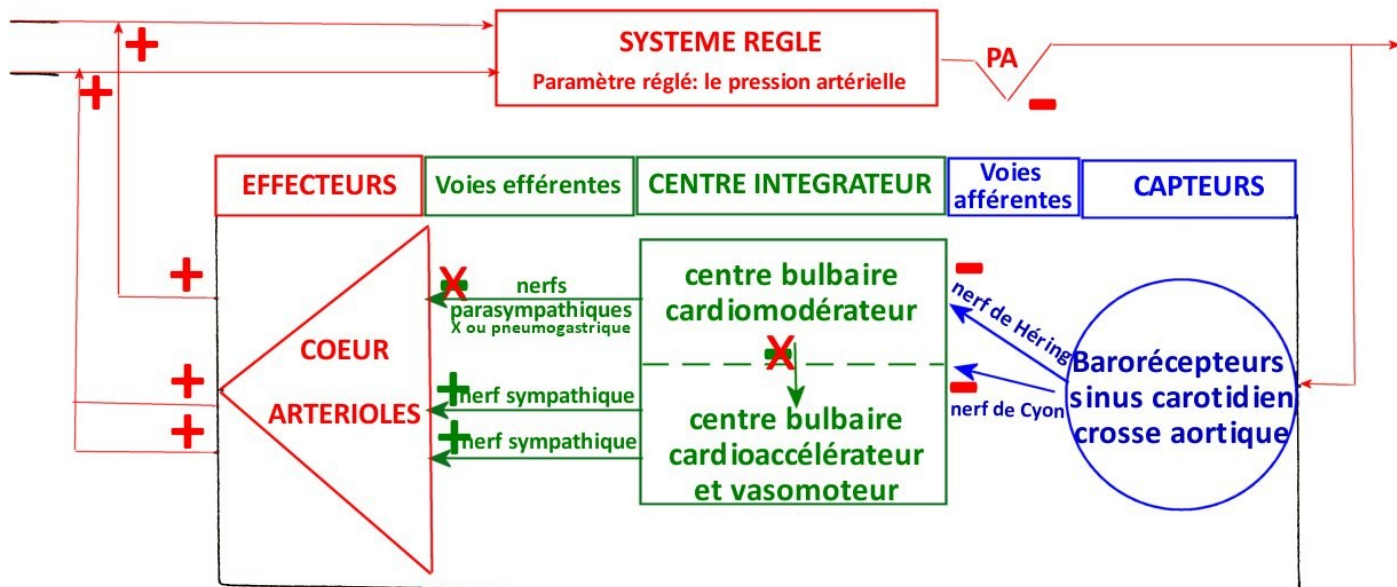
Inversement, lors d'une stimulation du nerf sympathique, la pression artérielle augmente, **cela signifie** que le débit sanguin augmente et la fréquence cardiaque aussi.

**Donc**, à l'INVERSE du nerf parasympathique les informations envoyées sont excitatrices, elles provoquent une augmentation du rythme cardiaque et une vasoconstriction des muscles des artéioles.



On peut alors imaginer que lorsque la pression artérielle chute accidentellement (perte de sang par ex.), des capteurs sensibles à la pression ne sont pas stimulés et n'envoient pas de messages au système parasympathique tandis que le système sympathique lui est stimulé (ou plus exactement « n'est plus inhibé » par le système parasympathique) et agit sur l'effecteur « cœur » en augmentant la fréquence cardiaque ainsi que sur les petits effecteurs « muscles des artéioles » en provoquant leur vasoconstriction.

**Les deux actions ont alors pour effet de compenser momentanément la chute de la PA et de la rétablir à une valeur plus proche de celle de consigne.**



Il est évident que dans le cas d'une HAUSSE de la PA l'action sera inverse et la stimulation des barorécepteurs engendrant celle du système cardio-modérateur parasympathique, la baisse de la fréquence cardiaque et la vasodilatation par inhibition du système sympathique permettront de rétablir la PA à sa valeur de consigne.