

LE RYTHME CARDIAQUE

Lycée Saint-Exupéry de Mantes-la-Jolie

22 novembre 2012

Sommaire

❶ Le cœur	2
1.1 La constitution du cœur	2
1.2 La fréquence cardiaque	2
1.3 Article de presse	3
❷ L'électrocardiogramme (ECG)	5
2.1 Historique	5
2.2 Interprétation d'un ECG	5
2.3 Exemple d'ECG	6
❸ Mesure d'un rythme cardiaque	8
3.1 Principe	8
3.2 Manipulation	8
3.3 Exploitation	9
3.4 Aptitude à la pratique d'un sport	9

① Le cœur

1.1 La constitution du cœur

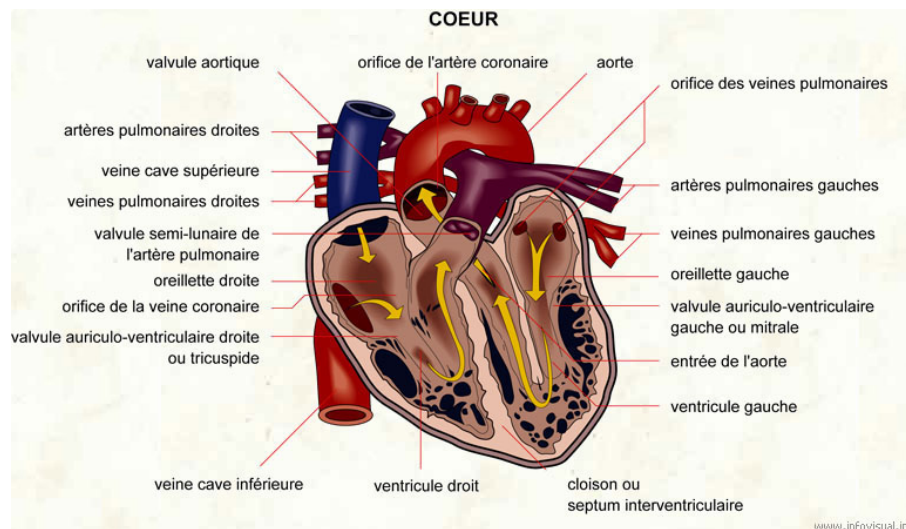


Schéma du cœur (©<http://infovisual.info>).

Le cœur est un organe creux et musculaire, il joue le rôle de pompe du système sanguin par des contractions périodiques. Plus de 7000 litres de sang sortent du cœur par jour, à raison d'environ 5 L par minute. Le cœur bat en moyenne 100000 fois par jour, ce qui fait qu'il peut battre plus de deux milliards de fois dans une vie.

Un mur musculaire central épais évite le passage de sang entre la partie gauche du cœur et la partie droite du cœur. On peut dire qu'il est constitué de deux cœurs accolés l'un à l'autre. On distingue alors un cœur droit, dit « veineux » qui renvoie aux poumons le sang pauvre en oxygène et un cœur gauche, dit « artériel » qui envoie via les artères le sang oxygéné vers le reste du corps.

1.2 La fréquence cardiaque

On remarque généralement que la fréquence cardiaque varie en fonction de la taille des animaux. Ainsi les animaux de petite taille ont une fréquence cardiaque élevée, ce qui n'est pas le cas des animaux de grande taille. On donne dans le tableau ci-dessous les fréquences cardiaques de quelques êtres vivants dans l'unité que l'on emploie usuellement, c'est-à-dire en nombre de pulsations par seconde.

Etre vivant	fréquence cardiaque en pulsations par seconde	fréquence cardiaque en ...
Souris	500	...
Cheval	35	...
Homme	80	...
Baleine	10	...
Eléphant	25	...
Lapin	220	...
Colibri	1200	...

- ❶ Quelle est l'unité de la fréquence dans le système international ?
- ❷ Compléter la dernière colonne du tableau ci-dessus en indiquant la fréquence cardiaque dans l'unité du Système International.

1.3 Article de presse

« Histoires de savoir », la chronique de Jean-Luc Nothias.

Timotheé demanda un jour à son père :

-« Combien de temps est-ce que ça vit, une araignée ? »

-« Alors là ! », répondit-il...

Combien sommes-nous à connaître les durées de vie des animaux et des végétaux ? Une araignée ? Quelques mois ou... En fait, l'araignée est de ces espèces où la durée de vie des mâles et des femelles est très différente. L'évolution a ici favorisé la préservation des œufs et c'est donc madame araignée qui est plus forte et qui vit plus longtemps que monsieur : jusqu'à une douzaine d'années pour elle contre deux à trois ans pour lui. Il lui arrive de plus, bien souvent, de perdre la tête, et la vie, au sens propre, au moment de la reproduction.

Le monde du vivant est, sur ce chapitre comme sur les autres, d'une incroyable diversité. Les durées de vie des êtres vivants vont de quelques heures à plusieurs milliers d'années. Ceux qui vivent le moins longtemps sont des insectes, ceux qui vivent le plus longtemps sont des arbres. Entre les deux, on trouve les reptiles, les oiseaux, les poissons et les mammifères. L'éventail de la durée de vie chez les mammifères est également très large. Une musaraigne peut vivre deux ans, une souris quatre, un rat ou une taupe cinq, un hérisson ou une belette huit, un chien vingt, un ours ou un sanglier trente, un gorille cinquante, un cheval soixante, un éléphant jusqu'à une centaine d'années, voire plus. Les scientifiques se sont depuis longtemps penchés sur ces différences et ont tenté de les expliquer.

Les éléphants ont, proportionnellement, un cerveau plus petit et des pattes plus grosses que les souris. Est-ce pour cela qu'ils vivent plus longtemps ? La réponse est à chercher ailleurs. Car si on calcule le rapport $\frac{\text{poids du corps}}{\text{poids du cerveau}}$ des mammifères, de la souris à la baleine en passant par des milliers d'intermédiaires, on s'aperçoit qu'il est remarquablement constant. En allant des petits aux gros, le poids du cerveau n'augmente que des deux tiers de l'augmentation du poids du corps.

La différence de longévité des différentes espèces de mammifères est plutôt à trouver du côté... du cœur. En effet, un rongeur a une pompe cardiaque plus petite qu'un lion ou qu'une baleine. Son cœur bat donc plus vite parce qu'il est moins lourd à « remuer » et qu'il a moins d'« espace » à parcourir entre deux battements. Les petits animaux ont donc une fréquence cardiaque plus élevée que les gros et, par voie de conséquence, respirent également plus vite.

Il est vrai que l'on peut, là aussi, trouver une constante dans l'éventail du vivant. L'augmentation de la durée du battement de cœur quand on passe des petits aux gros n'est proportionnellement que d'un quart à un tiers de celle de l'augmentation du poids des animaux. Mais cette constante n'empêche pas de penser que le temps de durée de vie « biologique » des différentes espèces est le même. Autrement dit, le temps passe plus vite pour les petits que pour les gros.

Stephen Jay Gould, le grand biologiste et paléontologiste américain récemment disparu, a résumé cette idée avec concision dans son ouvrage *Le Pouce du panda* : « la longueur de leur vie est proportionnelle à leur rythme de vie ». De simples calculs sur la fréquence cardiaque et le rythme de respiration ont montré que, en moyenne, tous les mammifères, quelle que soit leur taille, respirent 200 millions de fois au cours de leur vie, soit 800 millions de battements de cœur.

Trois fois plus que la norme

Faut-il transposer à l'homme ? Non, car nous nous distinguons nettement des autres mammifères. Et notre durée de vie est à ce titre « anormale ». Nous vivons quelque trois fois plus longtemps que nous ne le « devrions ». Et nous respirons effectivement trois fois plus que la norme.

D'autres que les mammifères, avec des métabolismes bien différents, ont des durées de vie fort respectables. Le crabe peut vivre quinze ans, l'écrevisse vingt-cinq, le homard cinquante, l'anguille quatre-vingts ans et la carpe être centenaire. Chez les oiseaux, le moineau ou le rouge-gorge peuvent atteindre dix ans, le corbeau ou la mésange quinze ans, le merle ou le martinet vingt ans, la cigogne ou la mouette trente ans, le hibou grand duc cinquante ans. Chez les animaux, le champion toutes catégories semble bien être la tortue avec cent cinquante ans. Mais cela reste bien peu par rapport au règne végétal qui aligne des milliers d'années au compteur. L'olivier ou le lichen montent à mille ans tandis que le chêne assume deux millénaires, le châtaignier trois, le pin plus de quatre, le baobab cinq, le séquoia et le cyprès chauve six. La Terre, elle, a

d'autres références. Si la planète avait commencé à exister il y a vingt-quatre heures, la « durée de vie de la vie humaine » n'aurait, grosso modo, qu'une soixantaine de secondes. Mais la vie elle-même, dans sa forme la plus rudimentaire, est apparue aux alentours de midi. C'est-à-dire il y a 2,5 milliards d'années.

- ❶ Pourquoi les petits animaux ont une fréquence cardiaque plus élevée que les gros ?
- ❷ Pourquoi le temps passe-t-il plus vite pour les petits animaux ?
- ❸ Si tous les mammifères respirent en moyenne 200 millions de fois au cours de leurs vies, estimez la fréquence cardiaque des mammifères cités dans le deuxième paragraphe. Regroupez vos résultats dans un tableau.
- ❹ Recherchez sur internet les fréquences cardiaques de quelques uns de ces mammifères et conclure sur l'hypothèse de départ de vos calculs de la question 3.
- ❺ Calculez notre espérance de vie si nous étions concernés par cette hypothèse.

② L'électrocardiogramme (ECG)

2.1 Historique

Un électrocardiogramme est le tracé papier de l'activité électrique du cœur. Les courants électriques qui circulent dans le cœur sont responsables de l'activité musculaire cardiaque. Les travaux de Carlo Matteucci en 1842 ont mis en évidence cette activité électrique. Les premières expérimentations sont réalisées en 1878 par John Burden Sanderson et Frederick Page qui détectent à l'aide d'un électromètre capillaire les phases QRS et T. En 1887 le premier électrocardiogramme humain est publié par Augustus D. Waller. En 1895 Willem Einthoven met en évidence les cinq déflexions P, Q, R, S et T, il utilise le galvanomètre à cordes en 1901 et publie les premières classifications d'électrocardiogrammes pathologiques en 1906. Il obtiendra en 1924 un prix Nobel pour ses travaux sur l'électrocardiographie. Aujourd'hui l'électrocardiographie est une technique relativement peu coûteuse, permettant à l'aide d'un examen indolore et sans danger, de surveiller l'appareil cardio-circulatoire, notamment pour la détection des troubles du rythme et la prévention de l'infarctus du myocarde.



Willem Einthoven



Willem Einthoven

2.2 Interprétation d'un ECG

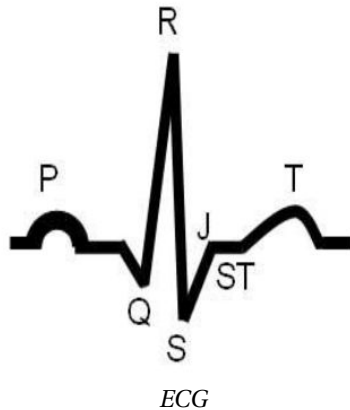
Un ECG normal n'élimine en aucun cas une maladie du cœur. Un ECG anormal peut être également tout à fait anodin. Le médecin ne se sert de cet examen que comme un outil parmi d'autres, permettant d'apporter des arguments pour étayer son diagnostic. Après les contrôles cités précédemment sur l'interprétabilité du tracé, l'analyse de l'ECG se poursuit par l'étude du rythme et de la fréquence cardiaque (nombre de QRS par unité de temps). Un rythme cardiaque normal est un rythme dit sinusal, il se caractérise par :

- ☺ un rythme régulier avec un espace R-R constant
- ☺ la présence d'une onde P avant chaque QRS et d'un QRS après chaque onde P

- ☞ des ondes P d'axe et de morphologie normales
- ☞ un intervalle PR constant

Si le rythme est régulier, on peut déterminer une fréquence cardiaque qui est égale à l'inverse de l'intervalle R-R (multipliée par 60, pour être exprimée en nombre de pulsations par minute).

Le tracé électrique comporte plusieurs accidents répétitifs appelés « ondes », et différents intervalles entre ces ondes. Les principales mesures à effectuer lors de l'analyse d'un ECG sont celles de l'onde P, de l'espace PR, du complexe QRS, du point J, de l'espace QT, du segment ST et enfin de l'onde T.



L'onde P correspond à la dépolarisation et à la contraction des oreillettes.

L'intervalle PR (ou PQ) est le temps entre le début de P et le début du QRS. Il est le témoin du temps nécessaire à la transmission de l'influx électrique du nœud sinusal des oreillettes au tissu myocardique des ventricules (conduction auriculo-ventriculaire). L'onde QRS (appelé aussi complexe QRS) qui correspond à la dépolarisation (et la contraction) des

ventricules, droit et gauche. L'onde Q est la première onde négative du complexe. L'onde R est la première composante positive du complexe. L'onde S est la deuxième composante négative.

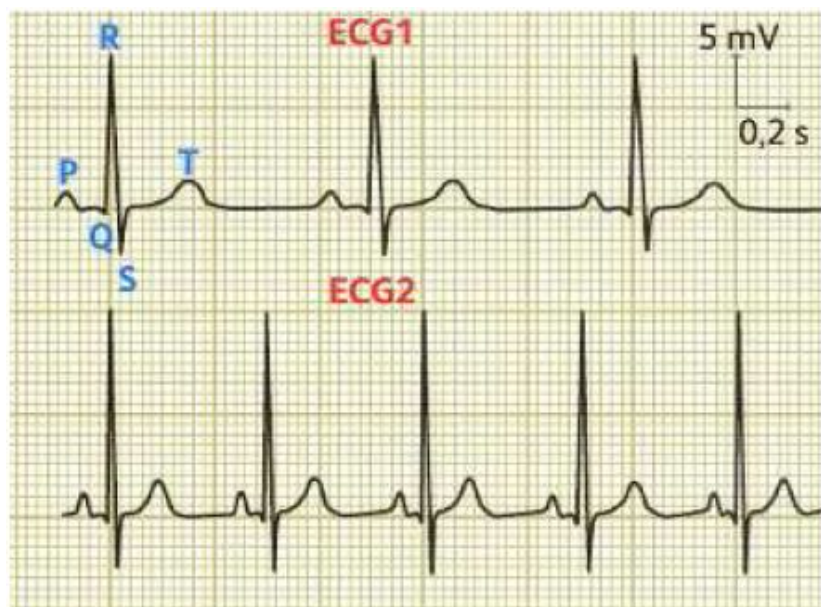
Le point J correspond au point de transition entre le complexe QRS et le segment ST. Il est normalement isoélectrique.

Le segment ST correspond au temps séparant le début de la dépolarisation ventriculaire représentée par le complexe QRS et la fin de la dépolarisation ventriculaire représentée par l'onde T. Le segment ST normal est isoélectrique du point J au début de l'onde T.

L'intervalle QT mesuré du début du QRS à la fin de l'onde T correspond à l'ensemble de la dépolarisation et de la repolarisation ventriculaire (temps de systole électrique). Sa durée varie en fonction de la fréquence cardiaque, il diminue quand la fréquence cardiaque augmente et augmente quand la fréquence cardiaque diminue.

L'onde T correspond à l'essentiel de la repolarisation (la relaxation) des ventricules.

2.3 Exemple d'ECG



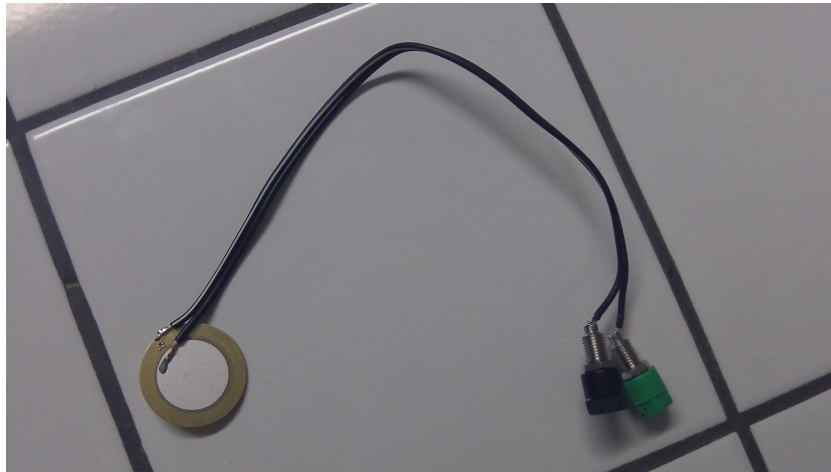
exemple d'ECG

- ❶ Quelle grandeur est mesurée sur l'axe horizontal ?
Sur l'axe vertical ?
- ❷ Qu'est-ce qui permet d'affirmer que le signal est périodique ?
Repasser en couleur un motif du signal périodique.
- ❸ Déterminer la valeur de la période sur l'ECG1 en expliquant la méthode employée.
- ❹ Pour estimer le rythme cardiaque, on compte généralement le nombre de périodes pendant une minute. La fréquence cardiaque ainsi obtenue s'exprime alors en pulsation par minute.
Donner la fréquence cardiaque du patient au cours de l'ECG1 en Hertz (Hz).
- ❺ Lequel des deux ECG a la plus grande période ? Quel est celui qui a la plus grande fréquence ?
- ❻ Quel enregistrement a été réalisé avec un patient au repos ?
- ❼ L'amplitude « crête à crête » du signal électrique est l'écart de tension entre la valeur la plus grande et la valeur la plus petite : mesurer cette amplitude sur l'ECG1.
- ❽ Proposer une méthode simple pour estimer votre rythme cardiaque.

③ Mesure d'un rythme cardiaque

3.1 Principe

On va utiliser un capteur piézoélectrique. La piézoélectricité est la propriété que possède certains corps de se polariser électriquement sous l'action d'une contrainte ou d'une déformation. Ici, nous allons exploiter cette propriété. En effet quand le sang va passer au niveau du capteur posé contre le poignet, celui-ci va subir une déformation due à l'augmentation de la pression à sa surface. Une tension va alors apparaître à ses bornes. Ce capteur sera relié à une console EXAO, on étudiera alors l'acquisition obtenue.

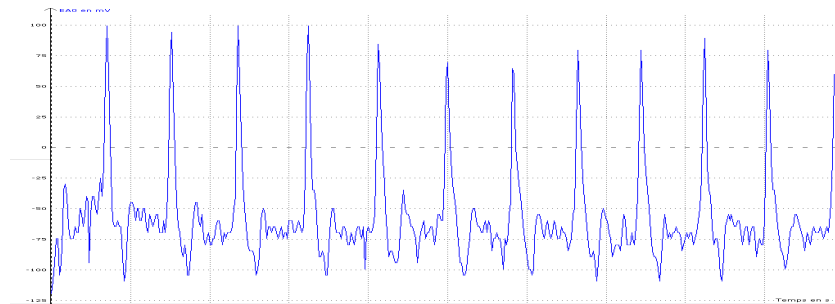


capteur piézoélectrique

➔ On manipulera le capteur avec précaution, les soudures sont fragiles.

3.2 Manipulation

Le capteur est relié à la console EXAO. On lance l'acquisition en mode permanent avec un nombre de points compris entre 500 et 1000 sur une durée de 10 secondes. On repère ensuite son pouls au poignet. On place le capteur à cet endroit, on exerce une pression suffisante pour voir apparaître les pulsations cardiaques à l'écran. On obtient alors une courbe comme ci-dessous.



Exemple d'une acquisition réussie.

3.3 Exploitation

- ❶ A l'aide des curseurs, déterminer la période de vos pulsations cardiaques au repos. On fera la mesure sur plusieurs périodes pour plus de précision.
- ❷ En déduire la fréquence en Hertz puis en pulsations par minute.
- ❸ Même si ceci n'est pas un ECG, retrouve-t-on des caractéristiques d'un ECG? Expliquer pourquoi.

3.4 Aptitude à la pratique d'un sport

Les médecins du sport se sont toujours intéressés aux variations de la fréquence cardiaque à l'effort. De nombreux tests ont été proposés, afin de quantifier celle-ci et de réaliser un suivi d'aptitude.

Nous retrouvons en 1950, une première communication du Docteur DICKSON intitulée : « L'utilisation de l'indice cardiaque du Ruffier dans le contrôle médico-sportif ». Le Docteur Ruffier quant à lui a réalisé « un indice de résistance du coeur à l'effort ». Dès cette époque, nous découvrons les balbutiements de la médecine du sport, avec la mise en place d'un suivi médico-sportif scientifique.

Le test de Ruffier est :

- simple
- réalisable dès l'âge de 12 ans
- sans risque cardiaque majeur
- nécessitant de la part du médecin peu d'équipement
- facilement reproductible

Ce test consiste à effectuer 30 flexions des jambes en 45 secondes. Pour tenir un rythme bien régulier l'idéal est de disposer d'un chronomètre bien lisible gradué en secondes pour gérer son effort. Une fréquence trop rapide ou trop lente modifiera la valeur du test.

Les pieds doivent être écartés l'un de l'autre d'environ 20 centimètres, les fesses doivent en fin de flexion toucher les talons. Il s'agit donc de flexions talon/fesse. Le buste doit rester droit et à la remontée, doit finir les jambes tendues.

La position des bras est indifférente. Ils peuvent maintenir l'équilibre chez un enfant : les bras en avant, les coudes légèrement fléchis donnent un bon équilibre.

Dans le principe, il s'agit de mesurer la fréquence cardiaque à trois moments importants de l'adaptation du cœur :

- ❶ Détermination de la fréquence cardiaque au repos que l'on note F_0 .
- ❷ Détermination de la fréquence cardiaque juste après la fin de l'exercice. On note cette fréquence F_1 .
- ❸ Détermination de la fréquence cardiaque une minute après la fin de l'exercice, le sujet étant assis. On note cette fréquence F_3 .

L'indice de Ruffier permettra de définir ce que l'on appelle un cœur athlétique et un cœur insuffisant. On peut également classer les sportifs en très bonne adaptation à l'effort jusqu'à une mauvaise adaptation.

Pour l'évaluation dans le cadre d'une simple activité physique et sportive, on se contentera de la classification « mauvaise, bonne ou très bonne adaptation ». Cette indice se calcule de la façon suivante :

$$\text{Indice de Ruffier} = \frac{F_1 + F_2 + F_3 - 200}{10}$$

Pour l'analyse du résultat trouvé on donne les indications suivantes :

- Indice < 0 = très bonne adaptation à l'effort
- $0 < \text{indice} < 5$ = bonne adaptation à l'effort
- $5 < \text{indice} < 10$ = adaptation à l'effort moyenne
- $10 < \text{indice} < 15$ = adaptation à l'effort insuffisante
- $15 < \text{indice}$ = mauvaise adaptation à l'effort ? bilan complémentaire nécessaire

Vous pouvez maintenant conclure sur votre état de forme.