

**LEÇON : LE FONCTIONNEMENT DU COEUR.****SITUATION D'APPRENTISSAGE**

Dans le cadre des préparatifs de leur exposé sur le cœur, les élèves d'une classe de terminale D de ton établissement, ont suivi un documentaire présentant un cœur isolé de batracien, placé dans un milieu de culture. Ils observent que le cœur du batracien a continué de battre pendant plusieurs heures. Impressionnés, ces élèves cherchent alors à expliquer le fonctionnement du cœur et à déterminer l'influence du système nerveux sur son fonctionnement.

CONTENU DU COURS**COMMENT LE CŒUR FONCTIONNE-T-IL ?**

L'observation d'un cœur isolé de batracien qui continue de battre dans un milieu de culture nous a permis de constater que le cœur fonctionne. On suppose que :

- Le cœur fonctionne de manière autonome
- Le cœur fonctionne par certains phénomènes
- Le cœur fonctionne grâce au système nerveux
- Le cœur fonctionne grâce à des substances chimiques

I - LE CŒUR FONCTIONNE-T-IL DE MANIÈRE AUTONOME ?**1- Présentation des expériences****Expériences N°1**

L'expérience consiste à priver le cœur de toute influence et à observer sa réaction.

a)Expériences N°1

Chez une grenouille décérébrée et démyélinisée, on ouvre la cage thoracique et on observe le cœur qui bat malgré la destruction des centres nerveux. Ce même cœur est isolé par section des vaisseaux sanguins et plongé dans un liquide physiologique (solution de **Ringer**) ; il continue de battre.

b) Expériences N°2

- Sur un cœur isolé et perfusé de mammifère, on détruit le tissu nodal formé du nœud sinusal, du nœud septal, et du faisceau de His, le cœur cesse de battre.

- Sur un cœur isolé, on sectionne le faisceau de His, on observe un rythme normal des oreillettes et un rythme anormal des ventricules.

2- Résultats**Expériences N°1**

On observe :

- le cœur qui bat malgré la destruction des centres nerveux.
- le cœur continue de battre malgré qu'il est isolé et plongé dans un liquide physiologique

Expériences N°2

On observe :

- le cœur qui cesse de battre

- un rythme normal des oreillettes et un rythme anormal des ventricules.

3- Analyse

a- Expériences N°1

La suppression des centres nerveux et des vaisseaux sanguins n'a pas d'effet sur le battement cardiaque de la grenouille.

b- Expérience N°2

-La destruction du tissu nodal provoque l'arrêt du battement cardiaque

- La section du faisceau de His entraîne seulement la perturbation du rythme des ventricules.

4-Interprétation

L'arrêt du battement cardiaque suite à la destruction du tissu nodal montre que le tissu nodal est le siège de l'automatisme cardiaque.

La contraction du myocarde a pour origine les potentiels d'action qui naissent spontanément et de façon rythmique dans le nœud sinusal, passent dans le myocarde auriculaire où ils provoquent la contraction des oreillettes. Ils parviennent ensuite au nœud septal puis au faisceau de His et enfin au réseau de Purkinje où ils déclenchent la contraction des ventricules.

Le nœud sinusal impose ainsi son rythme au myocarde : il est donc le moteur de l'automatisme cardiaque et est appelé **pacemaker** du cœur.

Le potentiel d'action du tissu nodal n'a pas de temps de latence, mais un potentiel entraîneur qui correspond à une dépolarisation lente. Ceci précède le potentiel d'action d'une cellule du nœud sino-auriculaire.

Le pré potentiel assure la transmission entre le PA précédent et le PA suivant. Ce qui fait que l'activité cardiaque ne s'arrête pas.

En effet, le pré potentiel est dû à une diminution de la perméabilité aux ions K^+ qui sortent faiblement de la membrane ; la phase de dépolarisation du PA est due à l'augmentation de la perméabilité membranaire aux ions Ca^{2+} qui entrent massivement à travers la membrane et la phase de repolarisation du PA est due à une augmentation de la perméabilité aux ions K^+ qui sortent massivement.

Le PA de la cellule du myocarde comporte un temps de latence, une phase de dépolarisation qui est brusque, une phase de dépolarisation maintenue ou plateau et une phase de repolarisation rapide.

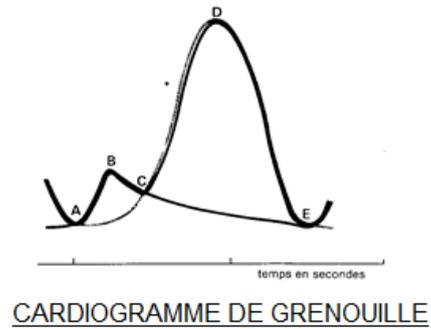
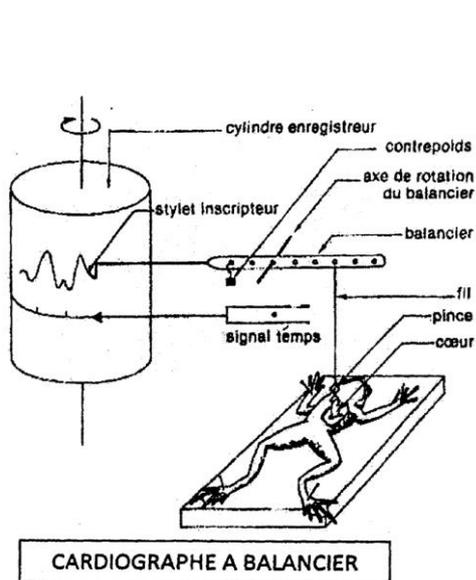
La période réfractaire du PA du myocarde est aussi longue que celle de la contraction. Le cœur fonctionne grâce à un tissu particulier appelé tissu nodal qui est le siège de l'automatisme cardiaque et dont le PA déclenche un PA au niveau du myocarde qui se contracte.

5- Conclusion

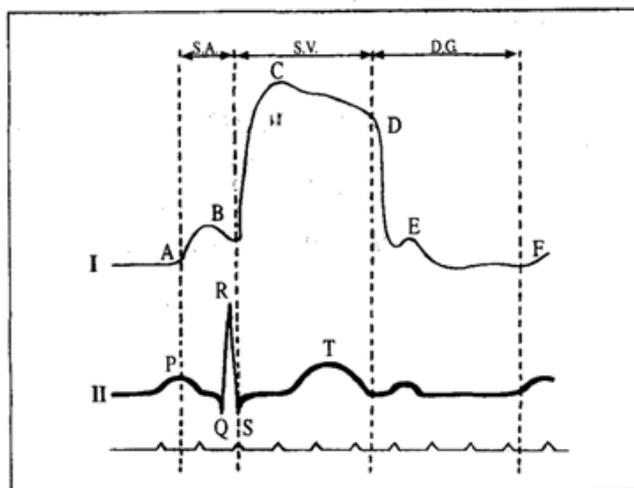
Le cœur fonctionne de manière autonome

II- LE CŒUR FONCTIONNE-T-IL GRÂCE A CERTAINS PHENOMENES?

1- Observation de documents



Document 3



Cardiogramme externe (I) comparé à l'électrocardiogramme (II)
chez l'homme

2- Résultats

- Le document 3 présente **un cardiographe** à balancier et **un cardiogramme**
- Le document 4 présente un cardiogramme et un électrocardiogramme humain

3- Analyse

- Le cardiographe qui permet d'enregistrer les activités du cœur est constitué d'un stylet inscripteur relié au cœur par un fil.

-Le cardiogramme qui est le tracé obtenu avec un cardiographe présente deux courbes successives d'amplitudes différentes.

- La première courbe ABC correspond à l'activité des oreillettes.
- La deuxième courbe CDE correspond à l'activité des ventricules.

AB = contraction des oreillettes ou systole auriculaire.

BC = relâchement des oreillettes ou diastole auriculaire.

CD = contraction des ventricules ou systole ventriculaire.

DE = relâchement général du muscle cardiaque ou diastole générale.

L'ensemble systole auriculaire, diastole auriculaire, systole ventriculaire et diastole générale constitue **une révolution cardiaque ou cycle cardiaque**.

-L'électrocardiogramme (ECG) obtenu grâce à un électrocardiographe, présente des séries d'accidents appelées **ondes** qui sont conventionnellement notées PQRST (l'onde P, le complexe d'ondes QRS et l'onde T). Ces ondes représentent les phénomènes électriques ou PA engendrés par le cœur.

4- Interprétation

-L'onde P précède la systole auriculaire. Elle traduit la dépolarisation des oreillettes, ce qui entraîne la contraction des oreillettes.

-PQ correspond à la conduction du courant de dépolarisation dans la zone auriculo-ventriculaire.

-Le complexe d'ondes QRS précède la systole ventriculaire. Il correspond à la dépolarisation des ventricules, ce qui entraîne la contraction des ventricules.

- L'onde T correspond à la repolarisation des ventricules qui entraîne la diastole générale. Les activités des oreillettes et des ventricules s'accompagnent de phénomènes électriques marqués par l'électrocardiogramme.

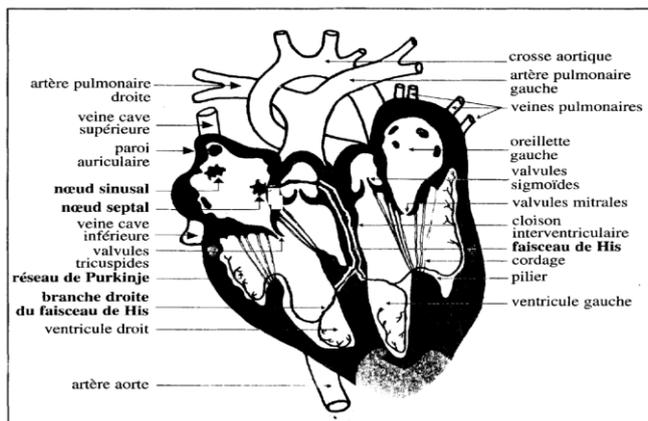


Schéma 1 : Tissu nodal du cœur des Mammifères

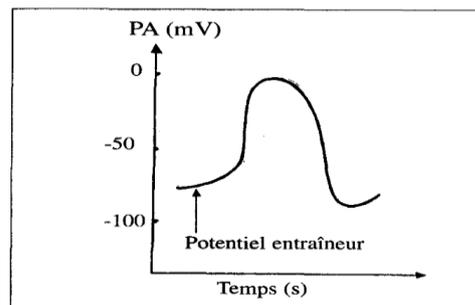


Schéma 3 : PA d'une cellule du nœud sino-auriculaire

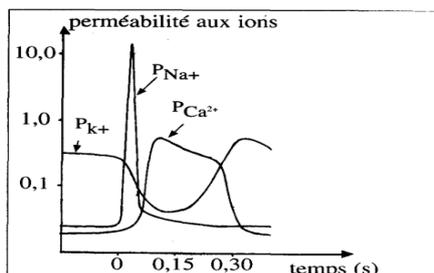


Schéma 2 : variation de la perméabilité membranaire de la cellule cardiaque aux ions Na⁺, K⁺ et Ca²⁺ au cours du potentiel d'action.

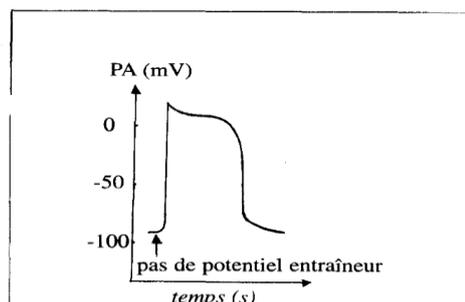


Schéma 4 : PA d'une cellule musculaire ventriculaire

Le cœur fonctionne grâce à certains phénomènes

III- LE CŒUR FONCTIONNE- T-IL GRACE A DES NERFS ?

1- Présentation des expériences

a- Première série d'expériences

Ces expériences consistent à stimuler ou à sectionner les nerfs parasympathiques ou orthosympathiques et à observer les effets sur le rythme cardiaque.

Expérience 1 : Chez un chien, on stimule les nerfs parasympathiques (ou nerfs X ou nerfs vagues ou nerfs pneumogastriques) et on obtient les résultats de la **figure 1**.

Expérience 2 : Chez un chien, on sectionne les nerfs parasympathiques et on obtient les résultats de la **figure 2**.

Expérience 3 : Chez un chien, on stimule les nerfs orthosympathiques (ou nerfs sympathiques) et on obtient les résultats de la **figure 3**.

Expérience 4 : Chez un chien, on sectionne les nerfs orthosympathiques et on obtient, après un temps de latence, une diminution du rythme cardiaque.

b-Deuxième série d'expériences

Les expériences consistent à sectionner les nerfs sino-aortiques (nerf de Héring et nerf de Cyon) et à stimuler les bouts de ces nerfs, ou à stimuler le bulbe rachidien ou la moelle épinière et à observer les effets sur le rythme cardiaque.

Expérience 1 :

On sectionne les nerfs sino-aortiques (nerf de Héring et nerf de Ludwig-Cyon). On observe une accélération du rythme cardiaque.

On excite le bout central de ces nerfs. On observe un ralentissement du rythme cardiaque.

On excite le bout périphérique de ces nerfs et on n'observe aucun effet sur le rythme cardiaque

Expérience 2 :

On excite le bulbe rachidien et on observe un ralentissement du rythme cardiaque.

On excite la région cervico-dorsale de la moelle épinière et on observe une accélération du rythme cardiaque

2- Résultats

Première série d'expériences

Expérience 1

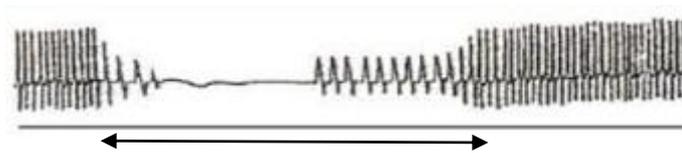


Figure 1 : EFFET DE LA STIMULATION DU NERF PARASYMPATHIQUE

Expérience 2

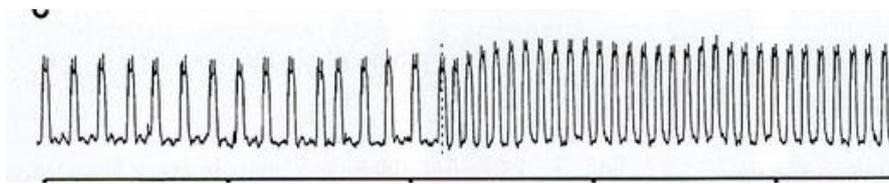


Figure 2 : EFFET DE LA SECTION DES NERFS PARASYMPATHIQUES

Expérience 3

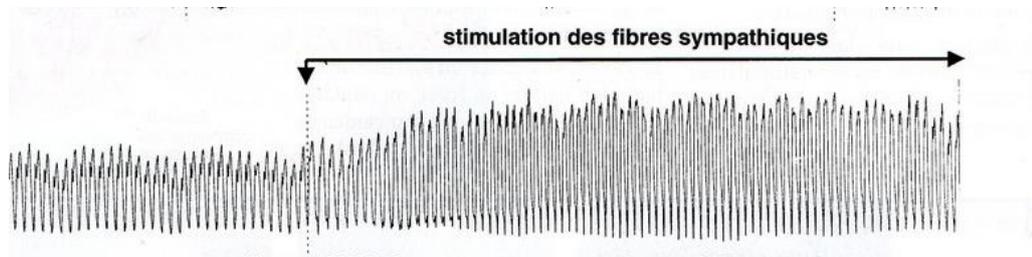


Figure 3 EFFET DE LA STIMULATION DU NERF ORTHOSYMPATHIQUE

Expérience 4

On observe après un temps de latence, une diminution du rythme cardiaque

- Deuxième série d'expériences

Expérience 1

On observe une accélération du rythme cardiaque.

Expérience 2

On observe :

- un ralentissement du rythme cardiaque
- une accélération du rythme cardiaque

3- Analyse

- première série d'expériences

Expérience 1 : La stimulation des nerfs parasympathiques entraîne, après un temps de latence, un ralentissement du rythme cardiaque et un arrêt en diastole suivi d'une phase d'échappement. Au cours de l'échappement, le cœur se remet à battre lentement puis reprend son rythme normal malgré la poursuite des stimulations.

Expérience 2 : La section des nerfs parasympathiques entraîne, après un temps de latence, une accélération du rythme cardiaque.

Expérience 3 : La stimulation des nerfs orthosympathiques entraîne, après un temps de latence, une accélération du rythme cardiaque puis un retour progressif au rythme normal à la fin des excitations.

Expérience 4 : La section des nerfs orthosympathiques entraîne, après un temps de latence, une diminution du rythme cardiaque

- Deuxième série d'expériences

Expérience 1 : La section des nerfs sino-aortiques entraîne l'accélération du rythme cardiaque.

L'excitation du bout central des nerfs entraîne le ralentissement du rythme cardiaque tandis que l'excitation du bout périphérique n'a aucun effet sur le rythme cardiaque.

Expérience 2 : L'excitation du bulbe rachidien entraîne le ralentissement du rythme cardiaque tandis que l'excitation de la région cervico-dorsale de la moelle épinière entraîne l'accélération du rythme cardiaque.

4- Interprétation

première série d'expériences

- les fibres parasympathiques transmettent des influx modérateurs qui ralentissent l'activité du nœud sinusal entraînant ainsi la diminution du rythme cardiaque ou **bradycardie**

-les fibres orthosympathiques transmettent des influx accélérateurs qui stimulent l'activité du nœud sinusal entraînant ainsi l'augmentation du rythme cardiaque ou **tachycardie**.

-Les fibres parasympathiques et orthosympathiques sont donc des fibres antagonistes, de sorte que la section des unes accentue l'effet des autres.

-Les nerfs parasympathiques ralentissent le rythme cardiaque alors que les nerfs orthosympathiques accélèrent le rythme cardiaque.

Deuxième série d'expériences

-L'excitation des bouts centraux des nerfs sino-aortiques entraîne la transmission d'influx nerveux au centre cardio-vasculaire. Cela entraîne l'inhibition des centres cardio-accélérateurs et l'activation des centres cardio-modérateurs. Les centres cardio-modérateurs émettent des influx modérateurs qui agissent sur le cœur par l'intermédiaire des nerfs parasympathiques, d'où le ralentissement du rythme cardiaque.

-Les nerfs de Héring et de Cyon, qui transmettent des influx nerveux aux centres nerveux, sont des **nerfs sensitifs** alors que les nerfs parasympathiques et orthosympathiques sont des **nerfs moteurs**.

-Les nerfs parasympathiques ralentissent le rythme cardiaque alors que les nerfs orthosympathiques accélèrent le rythme cardiaque.

-Le ralentissement du rythme cardiaque engendré par l'excitation du bulbe rachidien montre qu'il existe en son sein un centre cardio-modérateur qui agit sur le cœur par l'intermédiaire du nerf X.

-L'accélération du rythme cardiaque suite à l'excitation de la moelle épinière montre qu'il existe en son sein un centre cardio-accélérateur qui agit sur le cœur par l'intermédiaire du nerf orthosympathique.

En effet, lorsque le rythme cardiaque est élevé, on a une augmentation de la pression artérielle. Cela entraîne l'excitation des barorécepteurs (récepteurs sensibles à la variation de la pression artérielle) situés au niveau de la crosse aortique et du sinus carotidien. L'influx nerveux né de l'excitation des barorécepteurs est transmis au centre cardio-vasculaire par l'intermédiaire des nerfs sino-aortiques. Cela entraîne une inhibition des **centres cardio-accélérateurs** et une activation du centre **cardio-modérateur**.

Le **centre cardio-modérateur** émet des influx modérateurs qui agissent sur le cœur par l'intermédiaire des nerfs parasympathiques, d'où le ralentissement du rythme cardiaque qui ramène la pression artérielle à la normale.

Lorsque le rythme cardiaque est faible, le mécanisme inverse se met en place pour ramener la pression artérielle à la normale.

Les nerfs de Hering et de Cyon sont des nerfs sensitifs qui interviennent dans la régulation de l'activité cardiaque par l'intermédiaire des centres nerveux (centres cardio-accélérateurs et cardio-modérateurs) et des nerfs moteurs (nerfs X et orthosympathiques).

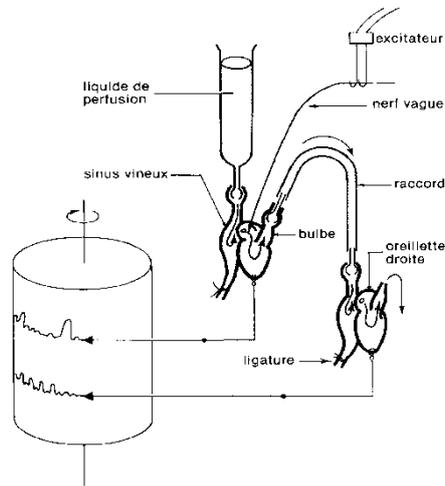
5-Conclusion

Le cœur fonctionne grâce au système nerveux (centres +nerfs)

IV- LE CŒUR FONCTIONNE- T-IL GRACE A CERTAINES SUBSTANCES ?

1- Présentation des expériences

EXPERIENCES	RESULTATS
<u>Première série d'expériences (Expérience de Loewi)</u> Deux cœurs (A et B) de grenouilles, isolés et reliés l'un à l'autre par un raccord sont irrigués avec un liquide physiologique.	
On excite le nerf vague du cœur A jusqu'à obtenir l'arrêt des battements cardiaques.	le cœur B, après un moment de battement, arrête également de battre
On excite le nerf orthosympathique du cœur A	accélération du rythme du cœur A puis du cœur B
On traite le cœur B avec une solution physiologique enrichie d'atropine (substance qui inhibe l'action des substances des nerfs vagues), puis on excite le nerf parasymphathique du cœur A.	aucun effet sur le cœur B.
On traite le cœur B par l'ergotoxine (substance qui inhibe l'effet des substances orthosympathiques) et on excite le nerf orthosympathique du cœur A.	aucun effet sur le cœur B
<u>b- Deuxième série d'expérience :</u>	
Expérience 1 : On perfuse un cœur de grenouille avec de l'acétylcholine.	après un temps de latence, le rythme cardiaque ralentit et s'arrête en diastole
Expérience 2 : On perfuse un cœur de grenouille avec de l'adrénaline	après un temps de latence, on observe une accélération du rythme cardiaque



Expérience de Loewi

2-Résultats (voir tableau)

3- Analyse

Première série d'expériences (Expérience de Loewi)

- L'excitation du nerf vague du cœur A, entraîne l'arrêt des cœurs A et B alors que l'excitation du nerf orthosympathique du cœur A, entraîne l'accélération du rythme des cœurs A et B.
- L'excitation des nerfs parasympathiques et orthosympathique du cœur A n'a aucun effet sur le cœur B traité à l'atropine et à l'ergotoxine.

Deuxième série d'expériences

Expérience 1 :

Lorsqu'on injecte l'ACH, après un temps de latence, le rythme cardiaque ralentit et s'arrête en diastole.

Expérience 2 :

Lorsqu'on injecte l'ADR, après un temps de latence, on observe une accélération du rythme cardiaque

4- Interprétation

- Les nerfs parasympathiques et orthosympathiques, lors de leur excitation, libèrent des substances qui agissent sur le cœur A pour ralentir ou accélérer ses battements. Ces substances passent ensuite dans le raccord pour agir sur le cœur B, d'où l'arrêt ou l'accélération des deux cœurs.
- Au niveau du nerf parasympathique, la substance libérée est appelée **substance vagale** et au niveau de l'orthosympathique, la substance libérée est appelée la **sympathine**.
- La substance vagale et la sympathine sont donc des médiateurs chimiques (ou neuromédiateurs).
- Les nerfs parasympathiques et orthosympathiques agissent sur le cœur par la libération de médiateurs chimiques
- L'acétylcholine inhibe l'activité du nœud sinusal entraînant ainsi le ralentissement du rythme cardiaque. L'ACH est donc une substance cardiomodératrice.
- L'Adrénaline (ou la noradrénaline) stimule l'activité du nœud sinusal, d'où l'augmentation du rythme cardiaque. L'ADR est donc une substance cardioaccélétratrice.
- L'échappement observé dans les autres expériences est dû à la destruction des molécules d'ACH par les enzymes (acétylcholinestérase) dans les fentes synaptiques
- Les nerfs parasympathiques et orthosympathiques agissent sur le cœur par l'intermédiaire de neuromédiateurs que sont l'ACH sécrété lors de l'excitation des nerfs parasympathiques et l'ADR (ou la Noradrénaline) sécrété lors de l'excitation des nerfs orthosympathiques

-Le système nerveux intervient effectivement dans l'activité cardiaque par la libération, dans le cœur, de substances (ACH, ADR ou NorADR) qui sont des neuromédiateurs ou médiateurs chimiques.

Un médiateur chimique est une substance chimique sécrétée au niveau des terminaisons nerveuses et déversée dans les fentes synaptiques pour permettre la transmission de l'influx nerveux. Il est détruit par des enzymes spécifiques et son activité peut être inhibée par certains poisons.

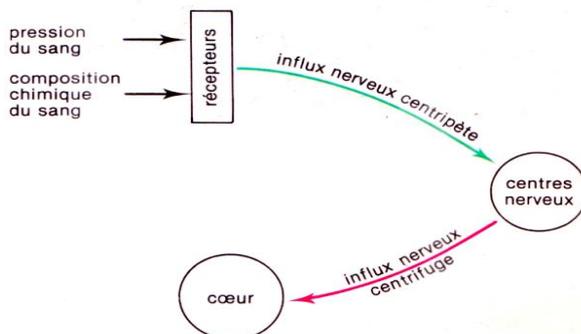


Schéma de la régulation nerveuse du rythme cardiaque.

5- Conclusion partielle

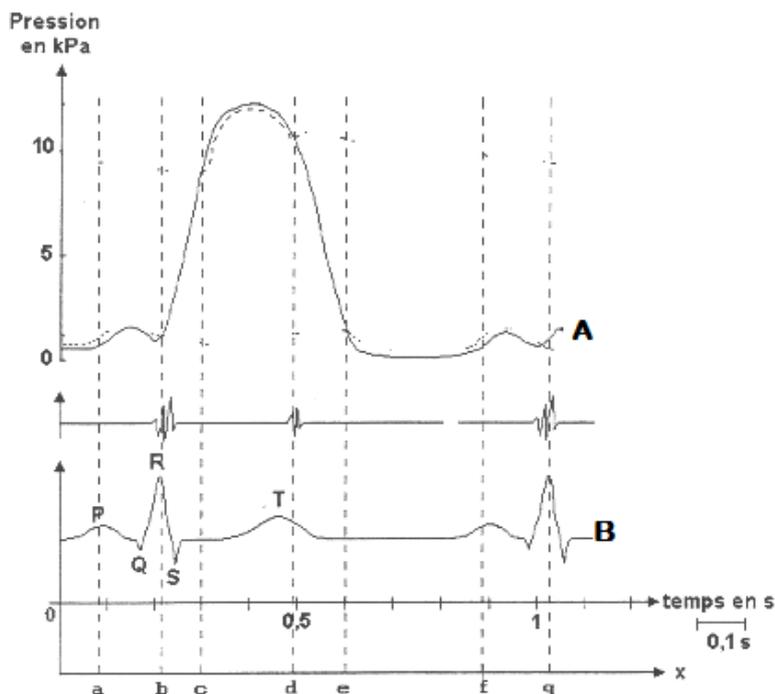
Le fonctionnement du cœur est influencé par des substances libérées par les nerfs cardiaques lorsqu'ils sont excités

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le cœur fonctionne de manière autonome mais il est influencé par le système nerveux et les substances chimiques appelées neuromédiateurs (ADR et ACH) libérés par les nerfs parasympathiques et orthosympathiques

SITUATION D'ÉVALUATION

Un groupe d'élèves de la terminale prépare un exposé sur l'activité cardiaque. Un membre met à la disposition de ses camarades le document ci – dessous qui présente quelques aspects du fonctionnement du muscle cardiaque.



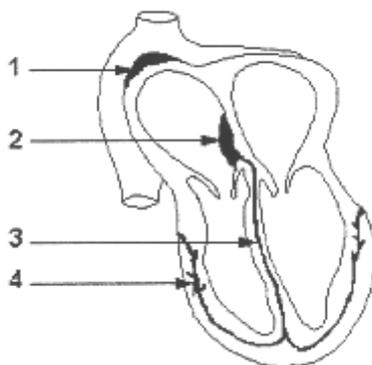
Les membres du groupe ne parviennent pas à exploiter correctement le document. Tu décides de les aider à comprendre le fonctionnement du cœur à partir du document.

1. Identifie les tracés (A) et (B)
2. Décris le tracé (A) à partir des lettres qui figurent sur l'axe des abscisses.
3. Explique la juxtaposition de ces deux tracés.

CONSOLIDATION ET APPROFONDISSEMENT DES ACQUIS

Exercice 1

La figure ci – dessous est une coupe longitudinale d'un cœur de mammifère



Fais correspondre chaque chiffre au nom qu'il désigne : **faisceau de His, nœud sinusal, nœud septal, réseau de Purkinje.**

Exercice 2

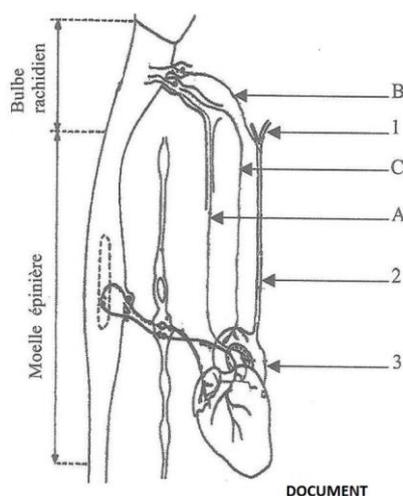
Le tableau ci - dessous met en relation l'électrocardiogramme et le cardiogramme.

ELECTROCARDIOGRAMME	CARDIOGRAMME
Onde P	● Systole auriculaire
Complexe d'ondes QRS	● Diastole auriculaire
Onde T	● Systole ventriculaire
	● Diastole générale

Relie chaque onde de l'électrocardiogramme à la phase du cardiogramme qui convient.

EXERCICE 3

L'exploitation de l'expérience ci-dessous a été faite dans ta classe pendant une séance de cours portant sur l'influence du système nerveux sur l'activité cardiaque : on met à nu chez un mammifère, le cœur et son innervation. Le document ci - dessous montre le schéma du cœur et son innervation.



DOCUMENT

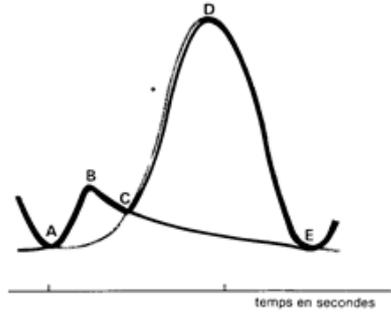
On réalise sur le nerf de Cyon (C) et le nerf pneumogastrique ou nerf X (A) des expériences de section et d'excitation. Les expériences et les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci - dessous.

Nerf sectionnés	Effet de la section	Excitations électriques	
		du bout périphérique (bout qui est relié à l'organe effecteur)	Du bout central (bout qui est relié au centre nerveux)
Nerf X	Augmentation de la fréquence cardiaque	Diminution de la fréquence cardiaque	Sans effet
Nerf de Cyon	Augmentation de la fréquence cardiaque	Sans effet	Diminution de la fréquence cardiaque

Un élève de ta classe, absent pendant cette séance de cours, te présente le schéma et le tableau des valeurs pour que tu l'aides à comprendre l'influence du système nerveux sur le fonctionnement du cœur.

- 1- Complète l'annotation du schéma, en utilisant les chiffres et les lettres.
- 2- Analyse les résultats obtenus suite aux sections et aux excitations des nerfs.
- 3- Dédus le rôle de chacun de ces nerfs.

DOCUMENTATION



CARDIOGRAMME DE GRENOUILLE

Document 3

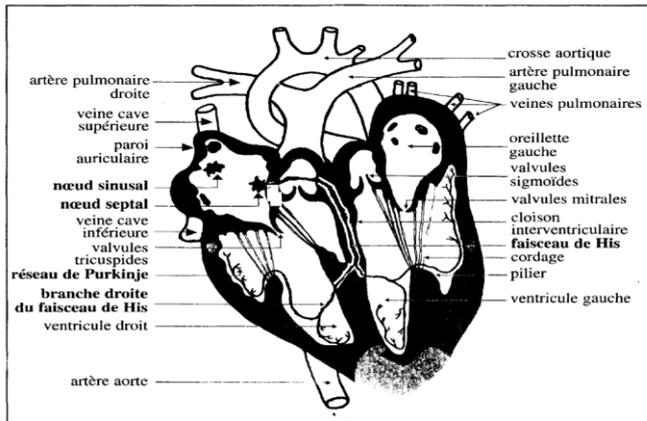


Schéma 1 : Tissu nodal du cœur des Mammifères

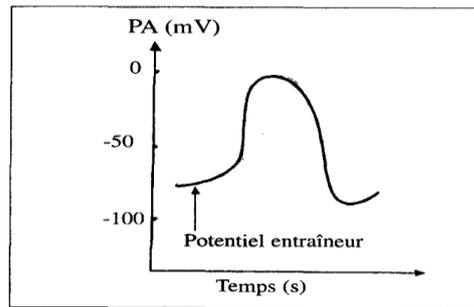


Schéma 3 : PA d'une cellule du nœud sino-auriculaire

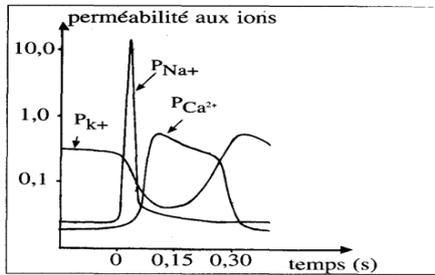


Schéma 2 : variation de la perméabilité membranaire de la cellule cardiaque aux ions Na^+ , K^+ et Ca^{2+} au cours du potentiel d'action.

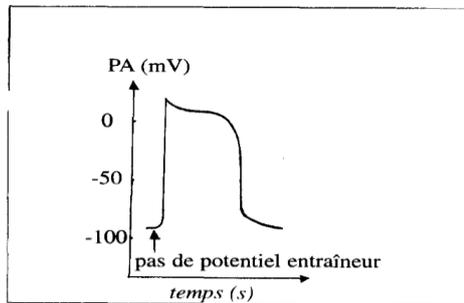
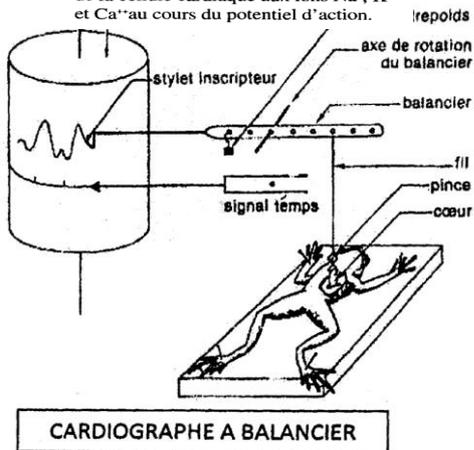
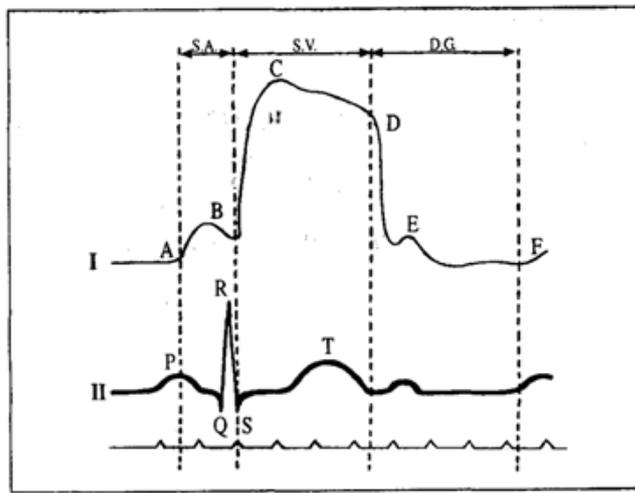


Schéma 4 : PA d'une cellule musculaire ventriculaire





Cardiogramme externe (I) comparé à l'électrocardiogramme (II) chez l'homme

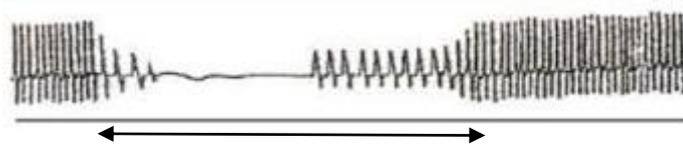


Figure 1 : EFFET DE LA STIMULATION DU NERF PARASYMPATHIQUE

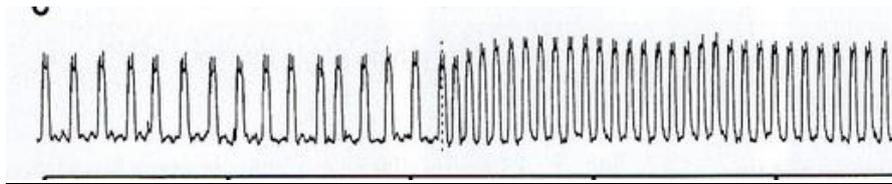
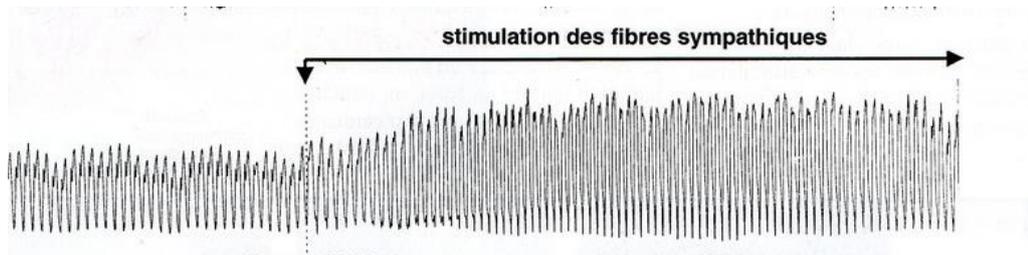


Figure 2 : EFFET DE LA SECTION DES NERFS PARASYMPATHIQUES

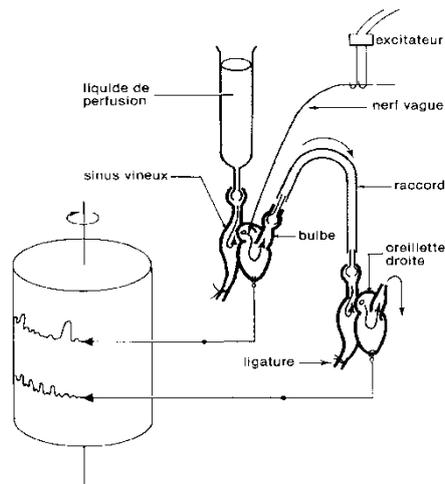


Figure

3EFFET DE LA STIMULATION DU NERF ORTHOSYMPATHIQUE

EXPERIENCES	RESULTATS
<p>Première série d'expériences (Expérience de Loewi)</p> <p>Deux cœurs (A et B) de grenouilles, isolés et reliés l'un à l'autre par un raccord sont irrigués avec un liquide physiologique.</p>	

On excite le nerf vague du cœur A jusqu'à obtenir l'arrêt des battements cardiaques.	le cœur B, après un moment de battement, arrête également de battre
On excite le nerf orthosympathique du cœur A	accélération du rythme du cœur A puis du cœur B
On traite le cœur B avec une solution physiologique enrichie d'atropine (substance qui inhibe l'action des substances des nerfs vagues), puis on excite le nerf parasymphatique du cœur A.	aucun effet sur le cœur B.
On traite le cœur B par l'ergotoxine (substance qui inhibe l'effet des substances orthosympathiques) et on excite le nerf orthosympathique du cœur A.	aucun effet sur le cœur B
<u>b- Deuxième série d'expérience :</u>	
Expérience 1 : On perfuse un cœur de grenouille avec de l'acétylcholine.	après un temps de latence, le rythme cardiaque ralentit et s'arrête en diastole
Expérience 2 : On perfuse un cœur de grenouille avec de l'adrénaline	après un temps de latence, on observe une accélération du rythme cardiaque



Expérience de Loewi

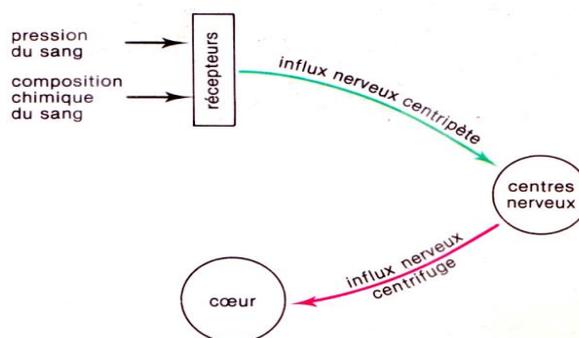


Schéma de la régulation nerveuse du rythme cardiaque.

