

A LA DECOUVERTE DES CHAUVES-SOURIS

Pistes d'activités pour des scolaires



Depuis 2013, le lycée Déodat de Séverac, en partenariat avec la Fédération Française de Spéléologie et le Spéléo Canyon Club du Vallespir, permet à un groupe d'élèves de seconde volontaires de participer à un atelier hebdomadaire autour de la spéléologie et du canyoning.

Au-delà de la formation technique aux déplacements sur corde, les élèves travaillent sur des thèmes variables. Le projet est encadré par trois enseignants : SVT, mathématiques et Physique-chimie.

La chauve-souris est l'animal mythique des grottes, fascinant et effrayant. Nous avons donc décidé de les étudier, et de voir quelles activités pouvaient être proposées dans les établissements scolaires qui souhaitent sensibiliser leurs élèves. Cette étude a été possible grâce au soutien et aux interventions de Boris Baillat, chiroptérologue. Elle a reçu le soutien de la SFEPM (Société française pour l'étude et la protection des Mammifères)

Merci donc à nos élèves qui ont joué les cobayes et qui ont remarquablement joué le jeu :

Nuria Bache
Timoté Fuentes
Laure-Line Hardit
Yasmina Mesrar
Mathias Rouanet
Diane Toro

Nihl Fuentes-Malzac
Solal Guary
Inès Jacobs
Manon Mutschler
Hélio Ruiz

Encadrement des élèves :

François Masson, SVT

Hélène Poilpré, Physique

François Potier, Mathématiques

Matthieu Bosch, Anaïs Boulay, , Célia Lorente, Christophe Lorente, Simon Verplanken : encadrement des sorties

Yann Poilpré, retouche informatique des dessins



<http://sccv.pyrenees66.fr/>



<https://www.chiropterra.fr/>



<https://www.sfepm.org/presentation-des-chauves-souris.html>

Table des matières

PARTIE 1 : LES CHAUVES-SOURIS	4
De quoi parle-t-on ?	5
Anatomie d'une chauve-souris	6
Le cycle de vie d'une chauve-souris	8
Mythes et légendes	9
PARTIE 2 : TOPOGRAPHIE	10
Orientation et cartographie : la Grotte de Las Goffias	12
Topographie séance 1 : se repérer dans l'espace	15
Topographie séance 2 : placer des points topo	16
Topographie séance 3 : utiliser Visual Topo	17
Fiche méthode : passer de Visual Topo à Inkscape	19
PARTIE 3 : ETUDE D'UNE COLONIE	21
Comptage et identification des individus sur site	22
Comptage des individus sur photo	23
PARTIE 4 : ETUDE DE L'ECHOLOCATION	24
L'écholocalisation des chauves-souris	26
Comment la chauve-souris arrive-t-elle à déterminer la vitesse de sa proie ?	35
Identification d'une chauve-souris grâce à sa fréquence d'ultrason	38
Comment la chauve-souris détermine la distance avec un insecte en utilisant l'écholocalisation ?	41
Comment la chauve-souris fait-elle pour savoir si la paroi devant elle est inclinée ?	43
Comment estimer le volume de l'organe émetteur d'ultrasons ?	45
PARTIE 5 : BIBLIOGRAPHIE	51

PARTIE 1 : LES CHAUVES-SOURIS

De quoi parle-t-on ?

CLASSIFICATION DE LA CHAUVE SOURIS

- RÈGNE ANIMAL (animalia) : Des êtres complexes et multi cellulaires qui sont hétérotrophes (ils se nourrissent de substances organiques)
- SOUS EMBRANCHEMENT DES VERTÉBRÉ (vertebrata) : Animaux pourvus d'un squelette interne
- CLASSE DES MAMMIFÈRE (mammalia) : Vertébrés qui ont de la fourrure et des glandes mammaires
- ORDRE DES CHIROPTÈRE (chiroptera) : Les seuls mammifères capables de vol actif (à distinguer du vol plané comme chez l'écureuil volant)

Dans cet ordre, on retrouve 17 familles dont quatre que l'on peut retrouver en France :

- ✓ Les Vespertilionidés (Pipistrelles, Murins, etc.)
- ✓ Les Rhinolophidés (Grand et petit rhinolophe)
- ✓ Les Molossidés
- ✓ Les Minioptéridés

On rencontre en France métropolitaine 34 espèces différentes, sur les 36 présentes en Europe.

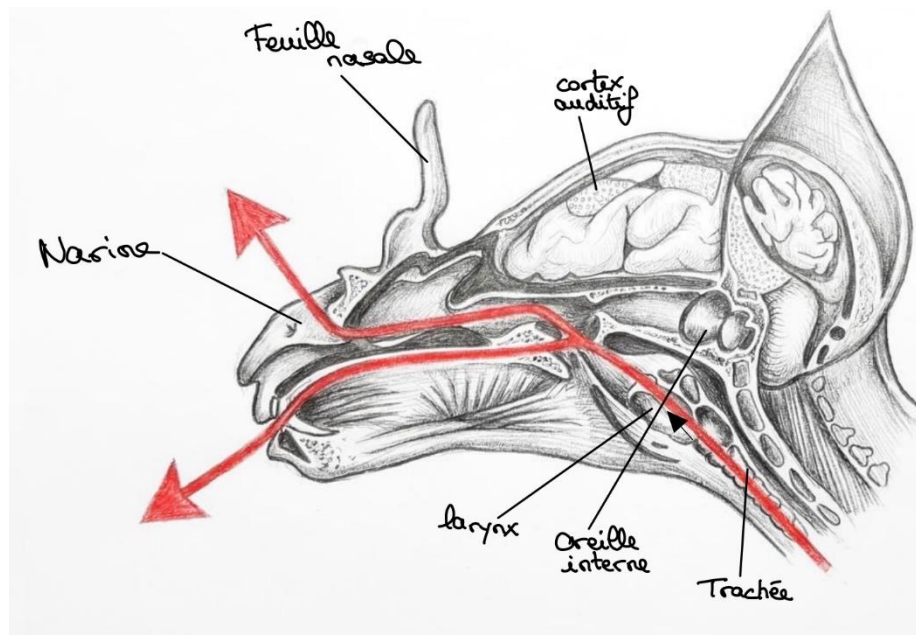
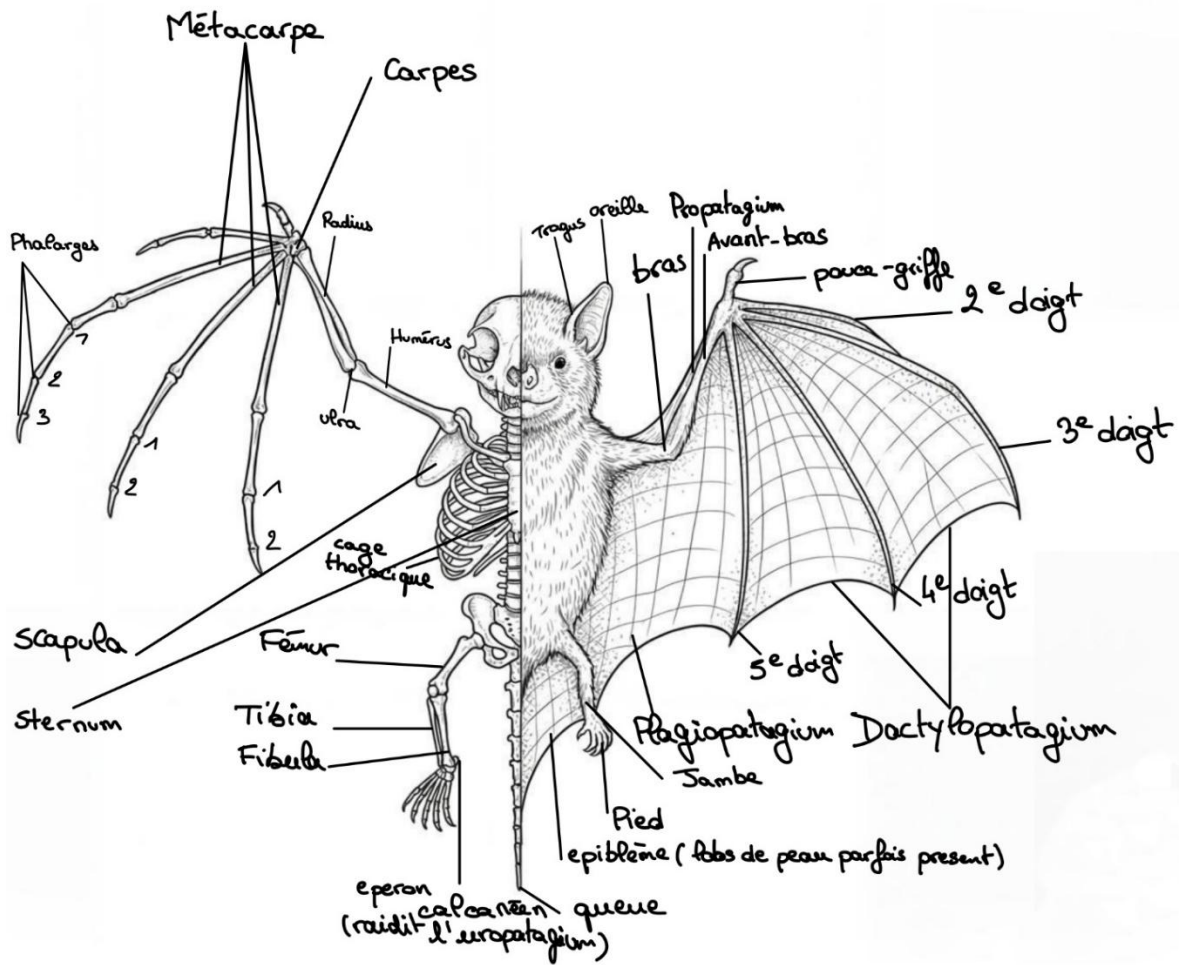
ETYMOLOGIE

L'étymologie reste discutée. Certains font dériver le nom du celte « kawa sorix » (la chouette souris), qui par déformation aurait donné en latin « calvas sorices » (chauve-souris)

Une analyse complète est disponible ici :

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Chiroptera>

Anatomie d'une chauve-souris



Schémas : Nuria



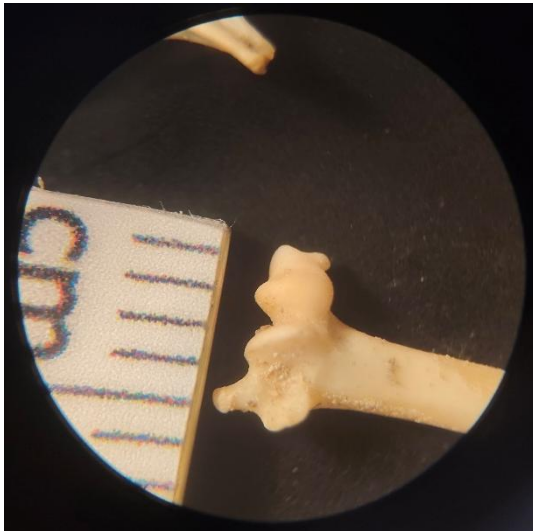
Idée d'activité : construire une maquette articulée de comparaison entre le bras humain et l'aile de chauve-souris

Il est possible de faire identifier des espèces de chauves-souris à partir d'ossements. Cet exercice permet aux élèves de découvrir l'anatomie fine, et d'utiliser des clés de détermination. Le seul souci est de trouver ces ossements. On peut en récupérer dans des greniers, clochers, grottes. Attention toutefois, ces espèces sont protégées, il ne faut en aucun cas les déranger !

L'identification peut se faire par le crâne, la mandibule ou l'humérus. On se référera au livre de B. Dodelin, téléchargeable ici :

https://geb.ffspeleo.fr/IMG/pdf/livre_ossements_chiro_de_benoit_dodelin-2-2.pdf

Voici quelques photos permettant d'identifier un grand rhinolophe



Tête de l'humérus avec processus styloïde long et conique



Mandibule



Ensemble des os prélevés

Le cycle de vie d'une chauve-souris

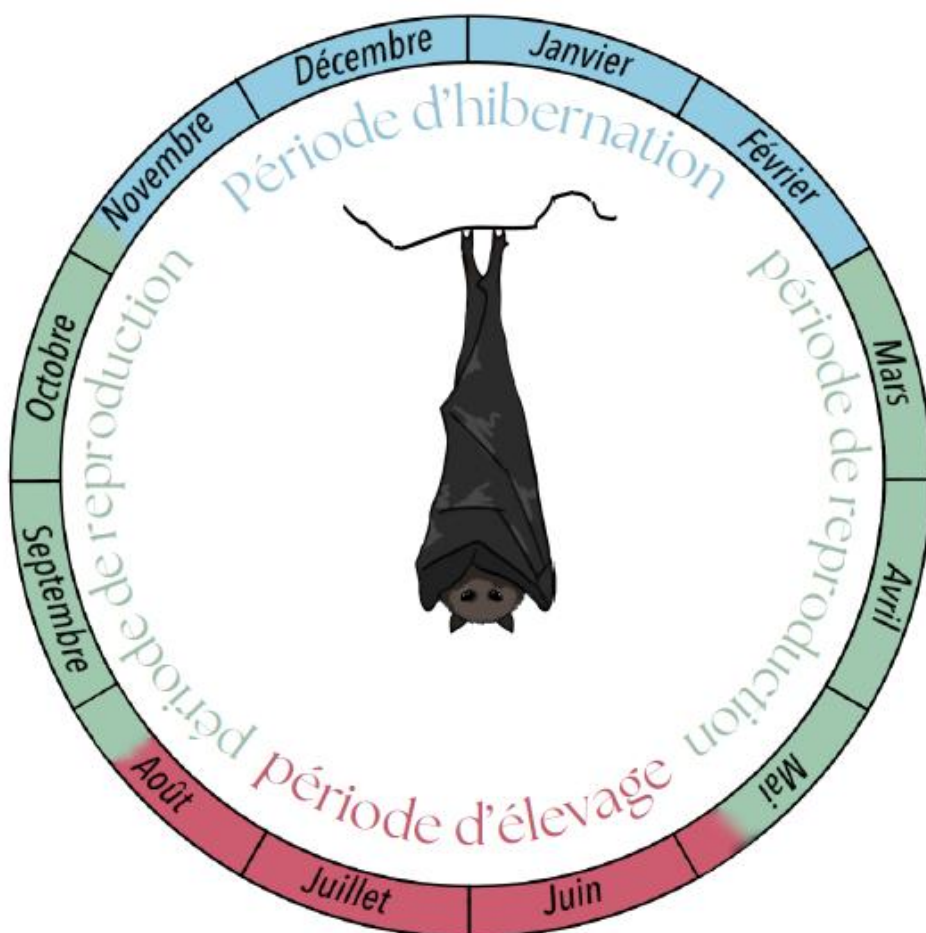


Schéma : Diane et Inès

Le cycle de vie d'une chauve-souris se divise en plusieurs périodes.

D'abord, les femelles donnent naissance à leurs petits après une grossesse qui peut varier de plusieurs semaines à plusieurs mois selon l'espèce qu'on étudie et selon la période à laquelle elles s'accouplent :

- En été, elles sont plus actives. Elles vont se nourrir d'insectes ce qui est nécessaire pour leur survie et leur reproduction.
- Au printemps ou en automne, les femelles sont dans leur période de reproduction, ce qui explique la durée de leur grossesse qui varie. Si elles s'accouplent en automne, la grossesse se met en "pause" pour reprendre au printemps.
- En hiver, les chauves-souris rentrent en hibernation, ce qui est une phase cruciale dans leur cycle.

Pour finir, les chauves-souris vivent entre 2 et 30 ans selon les espèces et les conditions de vie.



Idée d'activité : mesurer la température corporelle d'une chauve-souris à l'aide d'un thermomètre infrarouge sans contact

En février, nous avons relevé 13° dans la grotte, et 13.1° sur l'animal. Vu la précision des mesures, on peut considérer que les températures sont identiques.

Mythes et légendes

Au fil de l'histoire, les chauves-souris ont été diabolisées à cause de leur vie nocturne. Dans de nombreuses mythologies, elles sont dépeintes comme des monstres sanguinaires. En voici quelques exemples à travers le monde :

Animaux maléfiques

Leur apparence nocturne et leurs liens fictif avec le mal ou la magie noire se retrouvent aujourd'hui dans la culture moderne avec Halloween, les sorcières et les films d'horreur.

Un danger pour les humains

Confusion due aux « vampires » et aux films. Les vraies chauves-souris vampires originaires d'Amérique du sud ne s'attaquent presque jamais aux humains et préfèrent les animaux (vaches, oiseaux...).

Les chauves-souris sont aveugles

Très répandu, ce mythe dit que les chauves-souris « ne voient rien ».

C'est faux : elles voient bien, mais utilisent surtout leur écholocation pour se déplacer dans le noir, ce qui a renforcé l'idée qu'elles étaient aveugles.

Vampires et chauves-souris

Les vampires sont des créatures connues dans le folklore d'Europe de l'est.

Ces monstres mi-hommes mi-chauves-souris étaient à l'origine connus pour se nourrir d'énergie vitale.

Dans tes cheveux

Beaucoup disent qu'une chauvesouris peut se prendre dans les cheveux des gens. Ce n'est bien entendu qu'un mythe.

Yasmina, Nihl et Manon



Idée d'activité : illustrer les mythes autour de la chauve-souris (conte, dessin, ...)

PARTIE 2 : TOPOGRAPHIE

Pour se repérer dans une cavité, ou localiser un essaim de chauves-souris, des notions de base de topographie sont nécessaires.

Après plusieurs essais successifs, nous avons décidé de scinder la formation en plusieurs étapes :

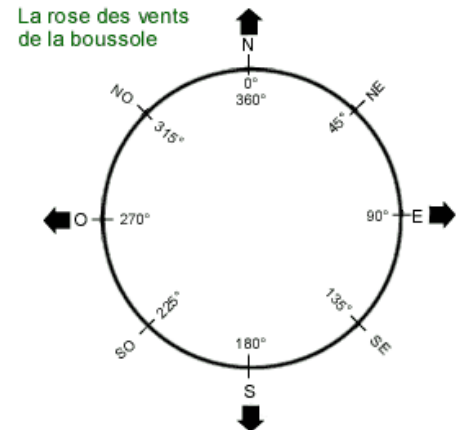
- Apprendre à s'orienter et à utiliser une boussole
- Apprendre à décrire une cavité
- Apprendre à placer de façon judicieuse les points topo
- Utiliser un logiciel pour créer un modèle 3D : nous avons choisi Visual Topo, léger, gratuit et efficace
- Utiliser un logiciel de dessin, en l'occurrence inkscape

Les pages suivantes correspondent aux exercices donnés aux élèves.

Orientation et cartographie : la Grotte de Las Goffias

➤ QUELQUES DÉFINITIONS :

- ✓ Nord géographique (NG) :
- ✓ Nord Magnétique (Nm) :
- ✓ Azimut (AZ ou mieux Z) :



➤ Exercice A :

1- Quelle est la direction opposée à : Sud-sud-ouest: Ouest-nord-ouest: Sud-est: Est-nord-est: Nord-nord-ouest: Ouest-sud-ouest:	2- A quel angle correspond : Le nord-est: Le sud-ouest: L'est-sud-est: Le nord-ouest: Le sud-sud-est: L'ouest-sud-ouest:
3- A quel point cardinal ou intercardinal correspond l'azimut : 90° 225° 135° 360° 292,5° 45°	4- Entre quels points cardinaux se trouve le relèvement : 60° 245° 110° 290° 342° 210°

Exercice B : La carte de Las Goffias.

Question 1 : combien 3 cm sur la carte représentent-ils de mètres sur le terrain ?

Question 2 : quelle est l'échelle de la carte ?

Question 3 : par combien de cm sur la carte, 85 m du terrain sont-ils représentés ?

Question 4 : sur la carte de Las Goffias, figure un cheminement. Vous devez décrire précisément ce cheminement et le transmettre à votre groupe partenaire. Inversement, vous devez dessiner précisément le cheminement décrit par votre groupe partenaire.

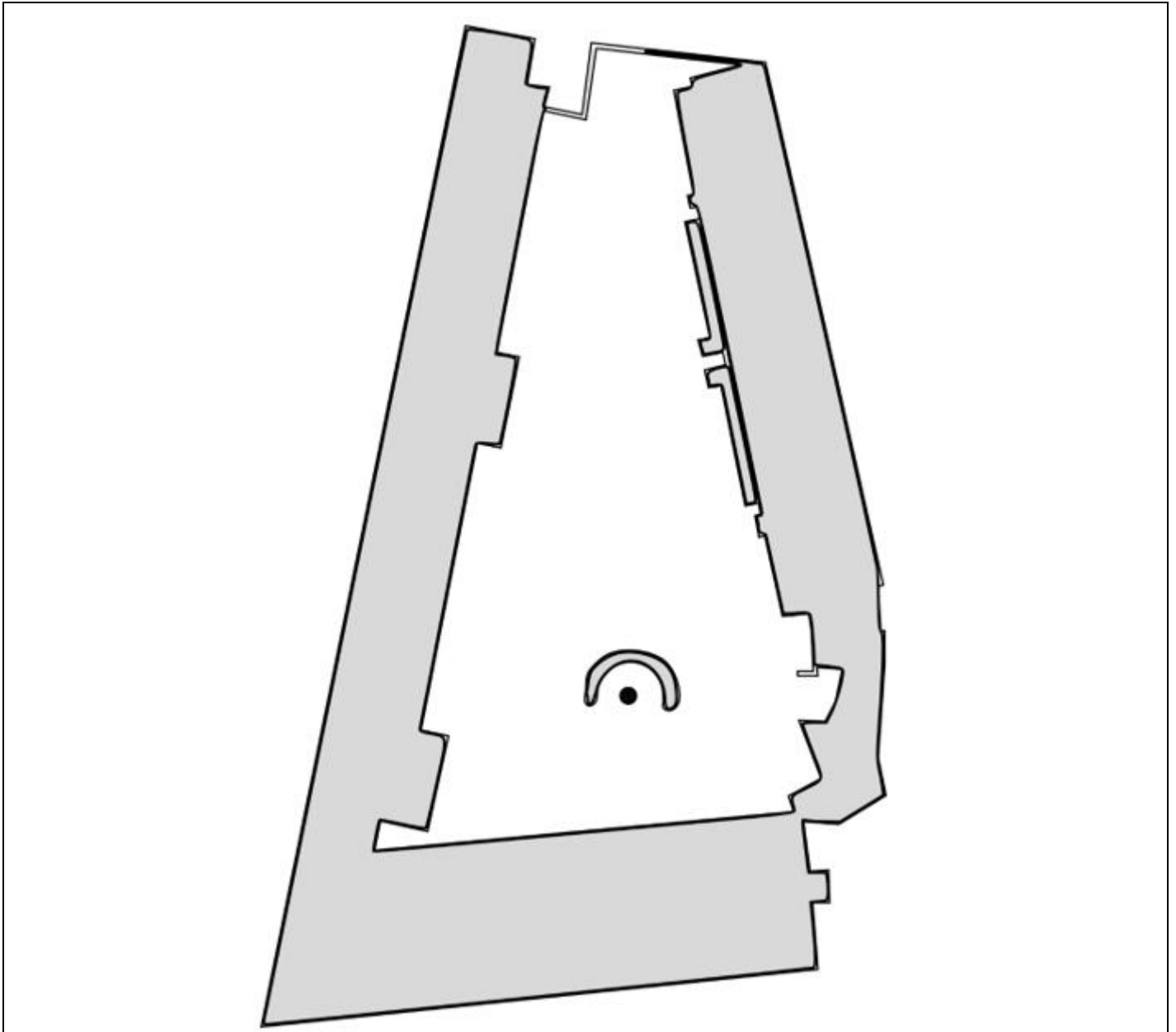




Topographie séance 1 : se repérer dans l'espace

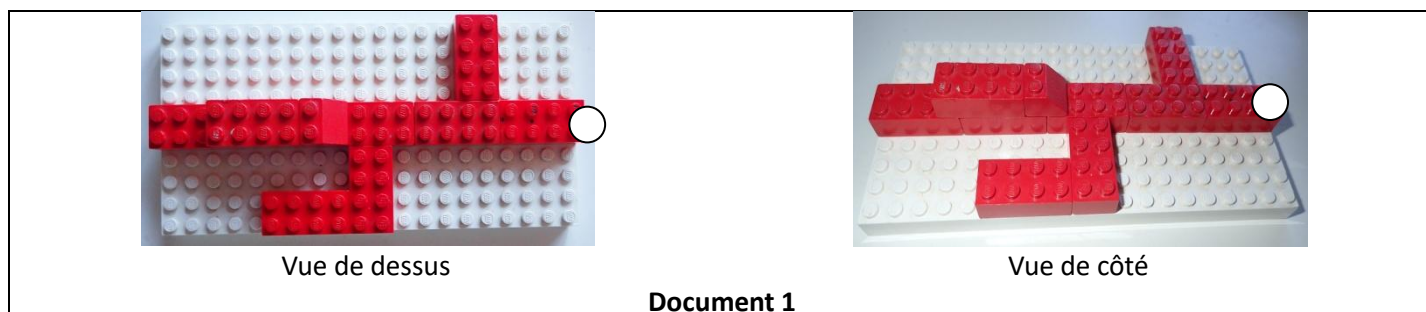
Le plan proposé ci-dessous est celui du lycée. Vous disposez pour votre travail d'un mètre et d'une boussole.

- Déterminez l'échelle de ce plan
- Indiquez le Nord sur le plan
- Placez le plus précisément possible deux arbres de la cour. Pour plus de précision, vous calculerez leur position à partir de deux points différents.
- Placez-vous en un point quelconque de la cour. A l'aide de votre boussole uniquement, placez ce point le plus précisément possible sur le plan.



Topographie séance 2 : placer des points topo

La grotte est une structure en 3 dimensions. Pour réaliser une topographie de cavité, il faut connaître les distances et les azimuts entre les points, mais aussi la pente, et les dimensions autour du point choisi : haut, bas, gauche, droite. Par ailleurs, lors de l'exploration d'une grotte, le spéléologue commence par topographier la galerie principale. Il doit toutefois prévoir de placer des points qui lui permettront de revenir sur les galeries latérales. Vous disposez sur votre table d'un modèle simulant une cavité. Le document 1 correspond à ce modèle. Le rond matérialise l'entrée de la cavité.



Étape 1 :

Décrivez le modèle, en considérant que la galerie principale part vers le Nord, et qu'une largeur de Lego correspond à 1 mètre.

Étape 2:

Placez sur le document 2 les points nécessaires pour pouvoir décrire complètement ce modèle. Numérotez ces points : par convention, on note

- 0, 1, 2, 3, ... les points de la galerie principale. (Il faut absolument noter 0 le premier point)
- 5.1, 5.2, 5.3, ... les points d'une galerie latérale qui partirait du point 5



Tracez un tableau sur le modèle du document 3, et remplissez-le de façon à décrire totalement votre modèle. Attention: les distances gauche, droite, haut et bas correspondent à celles du point **d'arrivée**.

Point de départ	Point d'arrivée	Longueur	Azimut	Gauche	Droite	Haut	Bas

Document 3

Topographie séance 3 : utiliser Visual Topo

Le logiciel Visual Topo est un outil créé pour les spéléologues. Il permet de créer de façon assez simple des topographies à partir des données relevées sur le terrain.

Ce logiciel crée des surfaces à partir des données (haut, bas, gauche, droite) rentrées pour chaque point. Il relie ensuite ces points pour créer un volume.

Etape 1 : créer la topographie sous Visual Topo

- Paramétrez le logiciel:
Choisissez "cavité" puis "Mesures"

- Entrez dans le logiciel les données de la séance précédente. Le logiciel exige en premier les coordonnées du point d'entrée nommé « 0 »

Visual Topo - [Topographie1]

Fichier Edition Documents Cavité Préférences Affichage Fenêtre ?

Visual Topo interface showing a menu bar and a toolbar. Below the toolbar is a data table with columns for measurement parameters and calculated coordinates.

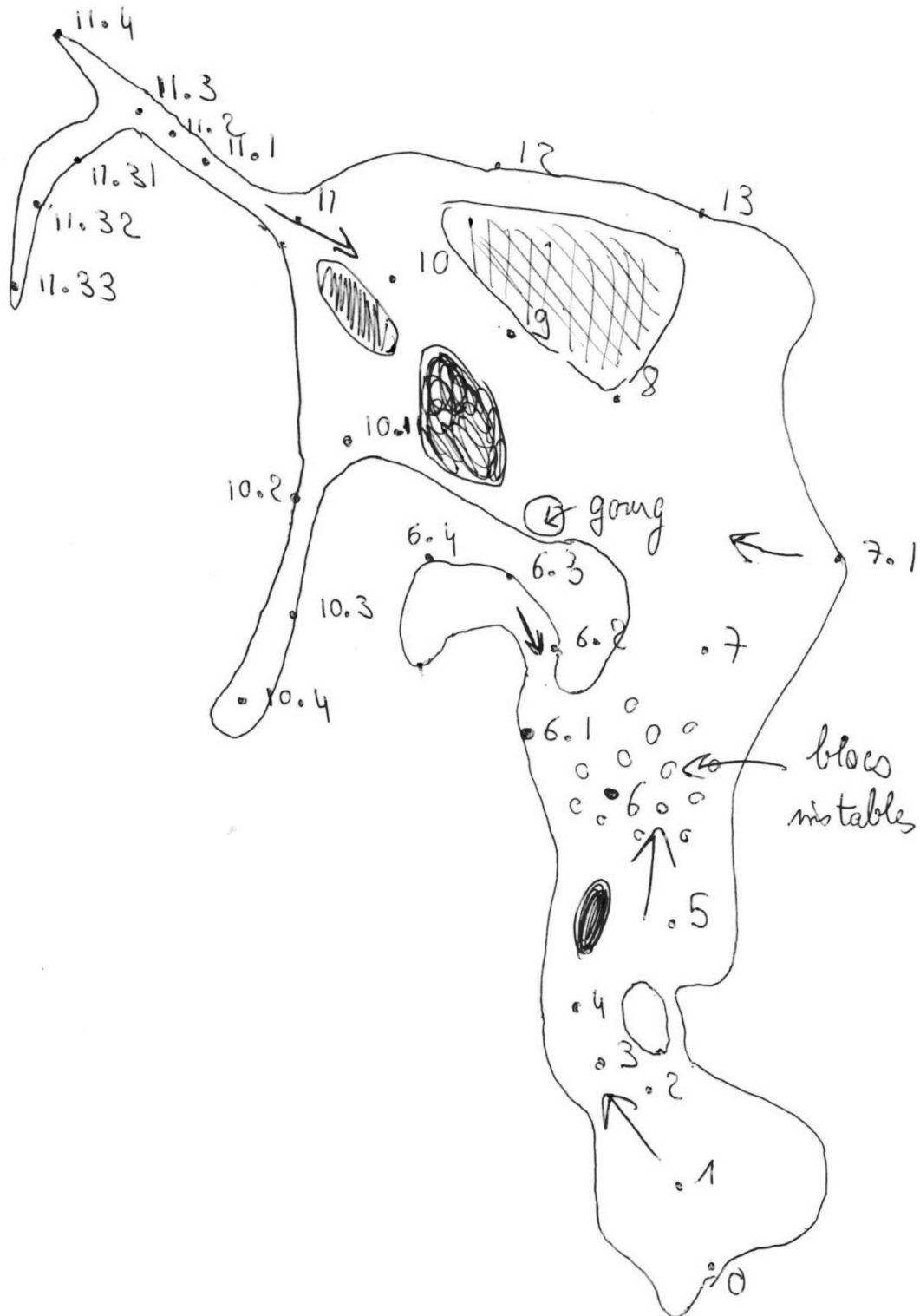
	Pt Dép.	Pt Arr.	Dép Topof.	Arr Topof.	Longueur	Direction	Pente	Gauche	Droite	Haut	Bas	I	E
1	0	0			0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	0.50		
2													
3													

- Cliquez sur la calculatrice de la ligne du haut pour que le logiciel calcule les coordonnées des points.
- Vous pouvez alors demander un plan, une coupe ou un rendu 3D en cliquant sur "Documents" en haut de l'écran.

Etape 2 : passer de V Topo à Inkscape

V topo vous propose des documents intéressants, mais très schématiques. Vous devez alors passer dans un logiciel de dessin pour obtenir un rendu plus proche de la réalité du terrain.

Vous disposez d'un fichier Vtopo, du schéma de la cavité relevé sur le terrain et d'une fiche technique "passer de Vtopo à Inkscape". Votre travail consiste à réaliser le plan de cette cavité à l'échelle, en plaçant tous les éléments utiles.



Fiche méthode : passer de Visual Topo à Inkscape

Préparer le plan de la cavité

- Afficher dans Visual Topo le plan de la cavité, en ajoutant dans les paramètres de tracé les stations et les largeurs des contours (Attention : cocher "largeur" et non "contours largeurs")
- Enregistrer le plan en pdf : sélectionner "impression", et choisissez une imprimante virtuelle qui créera un fichier pdf.

Tracer le plan définitif

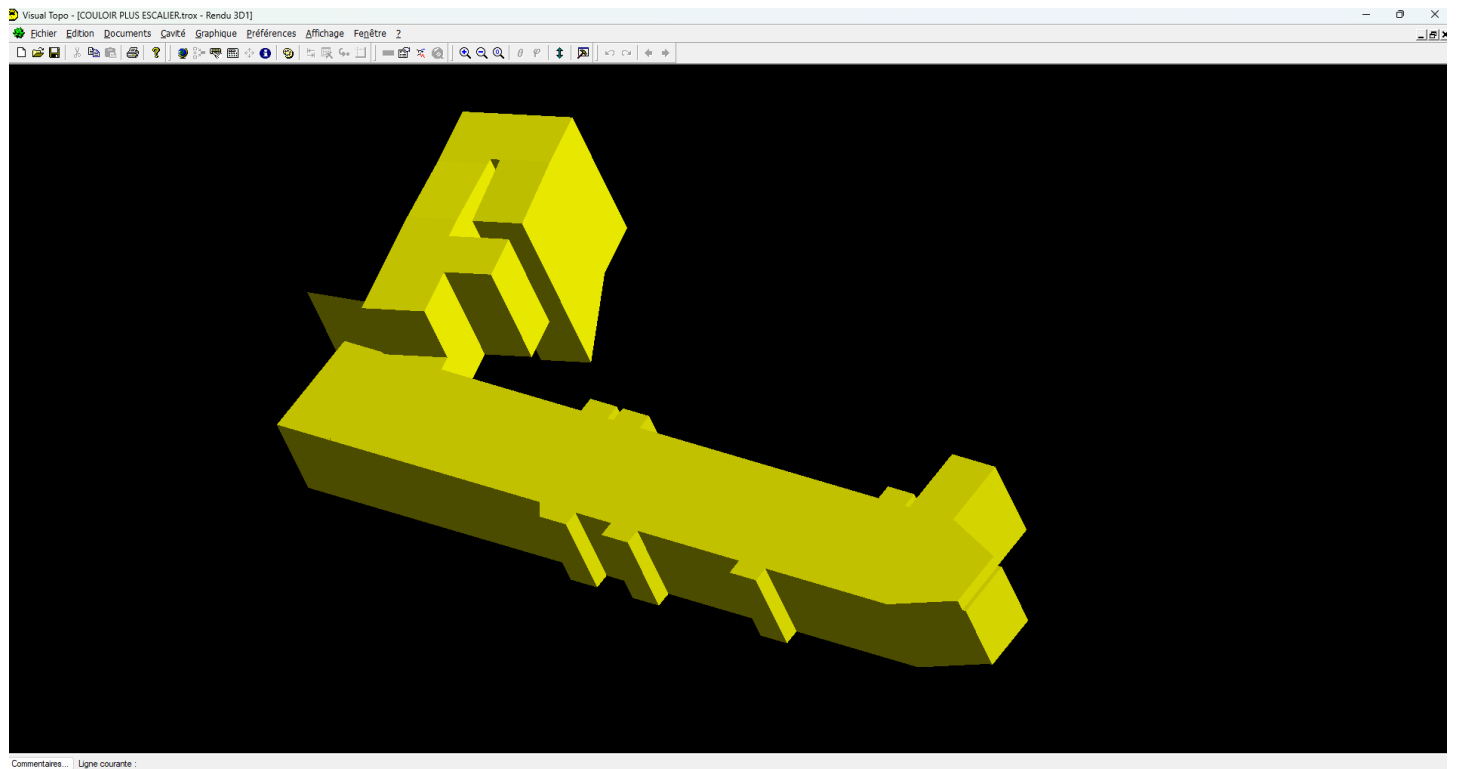
- Ouvrir Inkscape
- Ouvrir le fichier pdf que vous venez de créer, et valider les préférences d'importation proposées.
- Inkscape ouvre une nouvelle fenêtre dans laquelle vous travaillerez.
- Choisir "Calque", "Ajouter un calque", et le nommer "calque plan".
- Dans les icones de gauche, choisir "Tracer des courbes de Bézier"
- Dessiner les contours du plan de VTopo en respectant les largeurs de la cavité : suivre les points l'un après l'autre, et revenir au point de départ.
- Cliquer sur l'icône de gauche "Éditer les nœuds ou les poignées de contrôle"
- Sélectionner tous les nœuds (Ctrl A), puis cliquez sur l'icône "rendre symétriques les nœuds sélectionnés" : vous obtenez votre base de travail, qu'il va falloir affiner.
- En vous aidant des croquis réalisés lors de la réalisation de la topo, ajuster les segments entre les nœuds pour qu'ils correspondent au schéma : après avoir édité les nœuds, sélectionner le segment qui vous intéresse, et le déplacer.
- Si le résultat ne convient pas, il faut ajouter un nœud au milieu du segment sélectionné avec l'icône "insérer de nouveaux nœuds"
- Ajouter ensuite sur la topographie tous les éléments nécessaires : coulées stalagmitiques, tas de guano, ...
- Rendre invisible le "calque plan" en fermant l'œil dans la fenêtre de droite.
- Sélectionner le pdf, et le dégroupier ("objet" ; "Dégroupier")
- Sélectionner l'ensemble de l'échelle, et grouper les éléments.
- Déplacer l'échelle pour qu'elle soit proche du plan.
- Effacer les lignes du pdf qui vous ont permis de tracer votre plan, et afficher de nouveau le calque "plan"

Schématisation de blocs

- Pour montrer la présence de blocs au sol dans une zone, tracer cette zone avec l'outil "dessiner des lignes à main levée".
- Sélectionner cette zone, puis choisir "Extensions", "Générer à partir du chemin", "Motif de Voronoï"
- Cocher "Aperçu en direct". Choisir une taille moyenne de 20. Attendre l'affichage (plus ou moins long ...), puis Valider
- Remplir les blocs souhaités avec l'outil "Remplir une zone bornée" (vous pouvez choisir la couleur)
- Sélectionner la zone de blocs, et dans la fenêtre de droite, décocher "Fond" et "Contour". Vous pouvez si vous le souhaitez déplacer les blocs.

Exemple de travail réalisé par les élèves : topographie d'une partie de couloir du lycée

Trois groupes d'élèves ont travaillé de façon indépendante sur une zone, puis les résultats ont été regroupés en un seul fichier



PARTIE 3 : ETUDE D'UNE COLONIE

Comptage et identification des individus sur site

Matériel nécessaire : capteur ultrason/ cliqueur/ lampe rouge/ de quoi s'asseoir/ vêtements en fonction du temps

Pratique :

- Se placer confortablement autour et face à l'entrée
- Régler la fréquence du capteur
- Allumer la lampe rouge face l'entrée s'il fait trop sombre pour voir les chauves-souris
- Se fier au son et à la vue pour compter les chauves-souris, en appuyant sur le cliqueur.

Fréquence du capteur :

100kHz pour les rhinolophes euryales, 80kHz grands rhinolophes et 110kHz petits rhinolophes

Espèces comptées : grands et petits rhinolophes et des rhinolophes euryales

Lieu : le haut-Vallespir

Nombre estimé : (compté sur environ 1h30 début novembre)

- 190 petits rhinolophes
- 8 grands rhinolophes
- 480 rhinolophes euryales

Pour identifier les espèces, nous avons utilisé des détecteurs d'ultrasons Magenta Bat5 qui coûtent environ 170€. Nous avons 4 appareils, ce qui a permis de régler les fréquences pour compter plusieurs espèces simultanément.



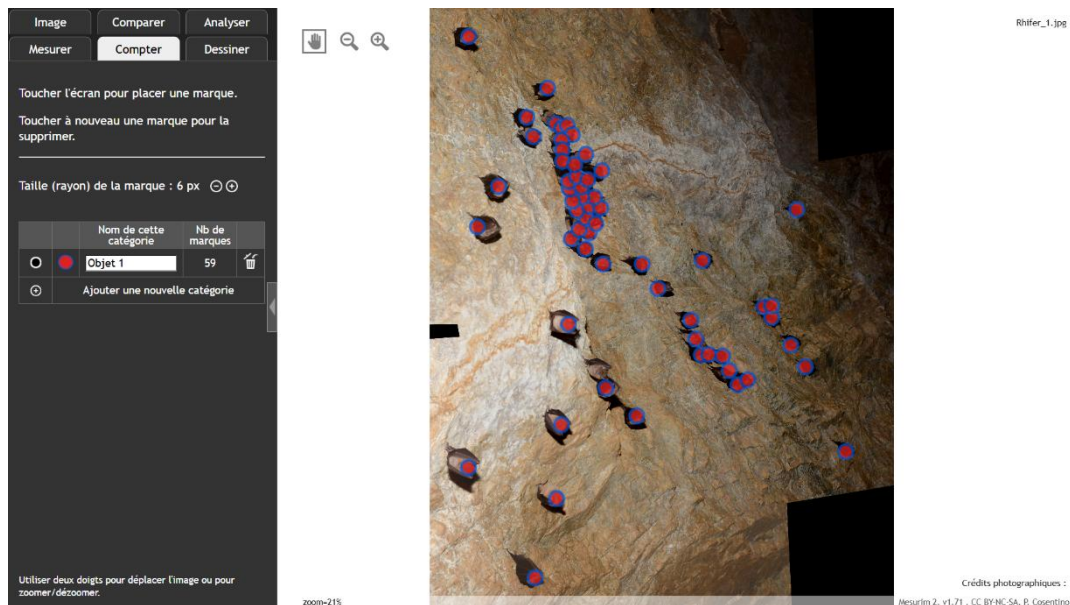
Nous avons aussi utilisé des cliqueurs pour le comptage (moins de 2€ pièce)

Comptage des individus sur photo

Par la suite on est retourné dans la grotte, lors de l'hibernation des chauves-souris. Nous les avons prises en photo, grâce à un flash spécial pour ne pas les réveiller, dans le but de les compter.

Pour cela, nous avons utilisé le logiciel "mesurim".

Dans le logiciel, on a importé l'image des chauves-souris puis on a sélectionné l'onglet "comptage" et on a cliqué sur chaque chauve-souris pour pouvoir les compter.



PARTIE 4 : ETUDE DE L'ECHOLOCATION

L'étude de l'écholocation peut être l'occasion d'appliquer un certain nombre de notions de physique vues en seconde : propagation d'un son, vitesse, signal périodique, période, fréquence. Les élèves voient alors qu'il y a des applications pratiques à ce qu'ils apprennent.

Elle permet aussi d'aborder l'effet Doppler, de façon simple et concrète.

Les documents suivants sont ceux que nous avons fournis aux élèves.

L'écholocation des chauves-souris

Doc. n°1 – Les hypothèses des siècles précédents

Au XVIII^e siècle, en 1794 Lazzaro Spallanzani et Louis Jurine sont les premiers à pratiquer en laboratoire des expériences pour percer le mystère du “sixième sens” des chauves-souris. Pour confirmer l’hypothèse selon laquelle la vue ne peut être le sens utilisé par les chauves-souris pour se diriger dans la nuit, ils crèvent les yeux de quelques animaux puis les font voler dans des pièces obscures, souvent encombrées d’objets ou de fils tendus reliés à des clochettes ! Constat : même aveugles, les chauves-souris évoluent sans se cogner aux obstacles. Progressant avec une méthodologie toujours scientifique mais toute aussi traumatisante, on teste les autres sens. Lorsque les conduits auditifs sont obstrués avec de la cire ou... crevés, surprise ! Les chauves-souris perdent soudain toute perception de l’espace. L’ouïe semble être le sens utilisé par les chauves-souris pour se déplacer dans la nuit.

Au XIX^e siècle, certains zoologistes, comme Georges Cuvier, pensent que le toucher de l’air au niveau des ailes permet de capter chaleur, froid, mobilité, résistance et donc d’interpréter les obstacles.

En 1900, Raymond Rollinat (naturaliste berrichon) et Edouard Trouessart reprennent les expériences de Spallanzani. Ils en concluent que l’ouïe joue un rôle essentiel, tout en concédant que le toucher au niveau des oreilles pourrait assurer un rôle d’antenne.

En 1920, H. Hardridge, physiologiste anglais, pense que les chauves-souris émettent des sons “supersoniques”, non audibles. Il faudra ensuite attendre la découverte des ultrasons et du matériel pour les capter.

Extrait de http://samnel.museum.pagesperso-orange.fr/PDF/Symbioses_lyceennes/Symbioses_lyceennes_4.pdf

Doc. n°2 – Définition générale de l'écholocation chez certaines chauves-souris

L'écholocation, ou écholocalisation, se définit comme la façon dont certains animaux tels que les chauves-souris ou les baleines perçoivent leur environnement en utilisant le principe du sonar.

L'écholocation chez les chauves-souris se base sur l'émission d'ultrasons. Les ultrasons sont des ondes sonores de fréquences très élevées. Ils sont si aigus qu'ils sont inaudibles pour l'oreille humaine, ce qui est plutôt une bonne chose : nos nuits d'été seraient infernales si ce n'était pas le cas !!

Les chauves-souris produisent les ultrasons grâce à leurs cordes vocales. Une fois produits, les ultrasons se propagent dans l'environnement et rebondissent sur chaque obstacle rencontré, revenant par réflexion vers la chauve-souris qui les a émis. Cet écho l'informe d'une foule de détails sur son environnement et sa proie : taille, vitesse, direction, distance, inclinaison des parois...

Doc. n°3 – Identification des différentes espèces de chauves-souris

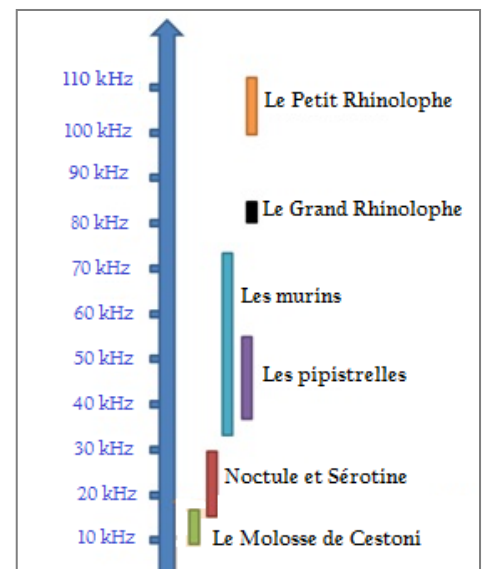
Tout comme les êtres humains peuvent parler avec des tonalités différentes, les chauves-souris peuvent crier sur différentes octaves.

De ce fait, elles possèdent un spectre de cri qui varie selon leur famille ou espèce, allant ainsi de l'audible jusqu'aux ultrasons.

La plupart des chauves-souris émettent des sons allant de 10 kHz à 60 kHz et certains arriveront même à monter jusqu'à 110 kHz !

Source: Cyberio

Image des spectres d'émission de quelques familles de chauve-souris d'Europe



Doc. n° 4 – Matériel à votre disposition

- 1 émetteur d’ultrasons et son alimentation déjà reliée à l’émetteur
- 2 récepteurs d’ultrasons reliés à la console ESAO
- fils de connexion
- 1 mètre ruban
- 1 écran en carton et son support
- 1 console ESAO reliée à l’ordinateur
- 2 adaptateurs voltmètre branchés sur les voies 1 et 2 de la console
- logiciel « Atelier Scientifique » avec sa notice d’utilisation

1^{ère} partie – Introduction

Comment modéliser le comportement de la chauve-souris avec le matériel disponible ? Compléter le tableau ci-dessous :

	Bouche ou nez de la chauve-souris	Oreille de la chauve-souris	Cerveau de la chauve-souris	Insecte chassé par la chauve-souris
matériel modélisant les organes de la chauve-souris ou de l’insecte chassé				

2^{ème} partie – Quelle espèce de chauves-souris pouvons-nous modéliser ?

Acquisition et mesures

- Placer l’émetteur et le récepteur face à face à une dizaine de centimètres l’un de l’autre.
- Régler l’émetteur en mode **continu**. *Celui-ci émet alors des ondes sonores périodiques.*
- Préparer le logiciel d’acquisition :
 - Ouvrir le logiciel « *Atelier scientifique* » (MCNL puis Physique-Chimie puis EXAO puis AS) et cliquer sur la 1^{ère} icône en haut à gauche « *généraliste pour les sciences physiques* ».

- Cliquer sur la 1^{ère} icône adaptateur voltmètre  et la faire glisser sur un des points de l'axe des ordonnées (vertical).

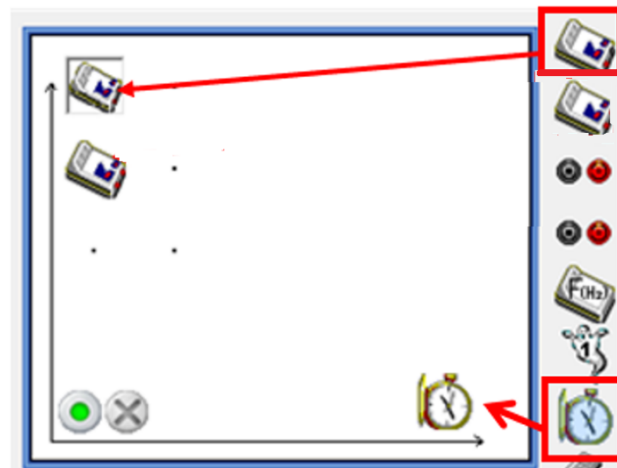
Réglages :

- onglet calibre : $\pm 0,1$ V
- onglet affichage : choisir *liaison* (le 2^{ème})

- Cliquer sur le chronomètre  puis le faire glisser sur le point de l'axe des abscisses (horizontal).

Réglages : durée d'acquisition : 100 μ s

nombre de points : 1000



➤ Mettre en marche le générateur puis l'émetteur.

➤ Lancer l'acquisition en cliquant sur le bouton vert . La fenêtre « *lancement de l'acquisition* » s'affiche. Cliquer sur le bouton « **lancer** ». Appeler le professeur pour faire vérifier votre enregistrement.

APPEL n°1 : Appelez le professeur pour vérification des signaux obtenus ou en cas de difficulté

Exploitation de l'enregistrement

1. Proposer une méthode utilisant votre enregistrement et permettant à l'aide des documents de déterminer l'espèce de chauves-souris que vous avez modélisée. Appeler le professeur pour lui soumettre votre méthode.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

APPEL n°2 : Appelez le professeur pour lui soumettre votre méthode ou en cas de difficulté

2. Mettre en œuvre la méthode validée par le professeur puis conclure.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

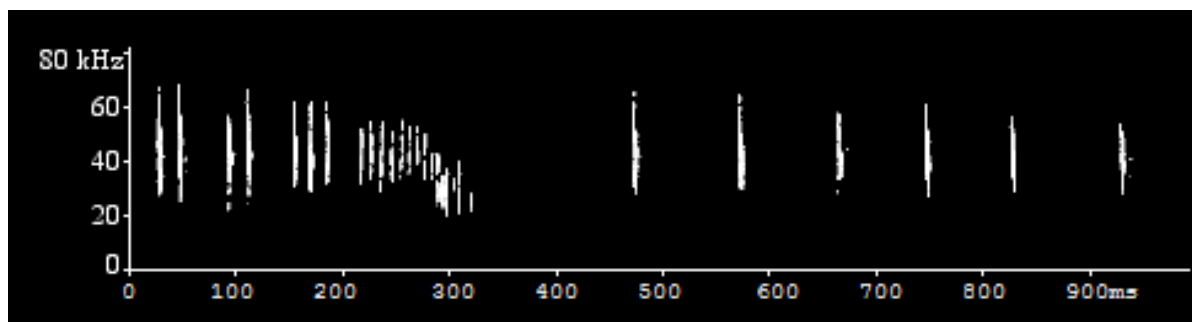
.....

.....

APPEL n°3 : Appelez le professeur pour lui montrer votre conclusion ou en cas de difficulté

3^{ème} partie – Comment la chauve-souris détecte-t-elle les obstacles ou les proies ?

L'émission d'ultrasons par une chauve-souris témoigne de son activité. Sur le sonagramme ci-dessous, au début de la séquence, les émissions s'accroissent. La chauve-souris a détecté une proie. Pendant l'approche, elle émet de plus en plus rapidement pour suivre ses mouvements. Ensuite, il n'y a plus d'émission, l'insecte est attrapé puis avalé. Et enfin, les émissions reprennent à un rythme espacé et régulier, la recherche de proie recommence...



1. Une chauve-souris émet-elle des ultrasons en continu ou par salves ?
.....
2. Proposer un protocole expérimental détaillé permettant de réaliser une expérience modélisant le système d'écholocation d'une chauve-souris repérant un insecte immobile situé à 20 cm en face d'elle.

Remarque : le protocole expérimental doit expliciter la façon dont vous allez utiliser le matériel, la ou les mesures et le calcul à effectuer pour déterminer la distance entre la chauve-souris et sa proie. Vous pouvez également proposer un schéma bien légendé.

Donnée : Célérité des ondes sonores ou ultrasonores dans l'air : $v_{\text{air}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

[illegible]

APPEL n°4 : Appelez le professeur pour lui proposer votre protocole ou en cas de difficulté

3. Mettre en œuvre le protocole validé par le professeur et déterminer expérimentalement la distance « chauve-souris-insecte » en utilisant le principe de l'écholocation. Comparer cette distance avec celle mesurée avec un mètre ou une règle.

This image shows a single sheet of white paper with ten horizontal dashed lines, typical of primary school handwriting practice paper. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There is no text or other markings on the paper.

APPEL n°5 : Appelez le professeur pour lui montrer vos résultats ou en cas de difficulté

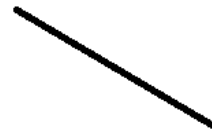
4. Supposons qu'une chauve-souris soit devant la paroi d'une grotte. Comment fait-elle pour savoir si la paroi est comme celle décrite dans la situation n°1, la situation n°2 ou la situation n°3 ci-dessous ? Proposer un protocole expérimental puis le mettre en œuvre après l'avoir fait valider par le professeur.



Situation n°1



Situation n°2



Situation n°3

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Fiche de matériel pour l'aide de labo

SL Vendredi 6 février 15h-16h30	<u>Principe de l'écholocation chez les</u> <u>chauves-souris</u>
--	---

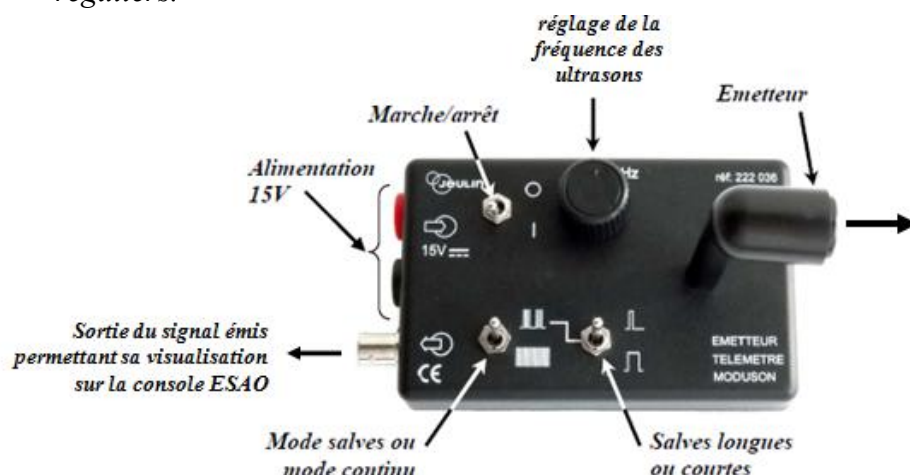
Sur la paillasse élèves :

- 1 émetteur d'ultrasons et son alimentation déjà reliée à l'émetteur
- 1 fiche BNC sur l'émetteur
- 2 récepteurs d'ultrasons
- fils de connexion
- 1 mètre ruban
- 1 écran en carton et son support
- 1 console ESAO relié à l'ordinateur
- 2 adaptateurs voltmètre branchés sur les voies 1 et 2 de la console
- logiciel « Atelier Scientifique » avec sa notice d'utilisation

Notice émetteur et récepteur d'ultrasons

L'émetteur d'ultrasons émet des ondes ultrasonores lorsqu'il est alimenté par une tension continue de 15V. Celui-ci peut être réglé sur le mode « continu » ou sur le mode « salves ».

- En mode continu, l'émetteur émet des ultrasons en permanence ; le signal est une sinusoïde.
- En mode « salves, courtes », l'émetteur émet des ultrasons à intervalles de temps réguliers (toutes les 10 ms environ ; chaque salve durant environ 1 ms). *Si on pouvait les entendre, on entendrait des bips réguliers.*



On peut visualiser le signal émis par l'émetteur en le reliant à un adaptateur voltmètre de la console ESAO et en utilisant le logiciel Atelier scientifique.

Le récepteur d'ultrasons reçoit les ultrasons émis par l'émetteur et les convertit en tension électrique. On peut ainsi visualiser le signal reçu par le récepteur en le reliant à un adaptateur voltmètre de la console ESAO et en utilisant le logiciel Atelier scientifique.



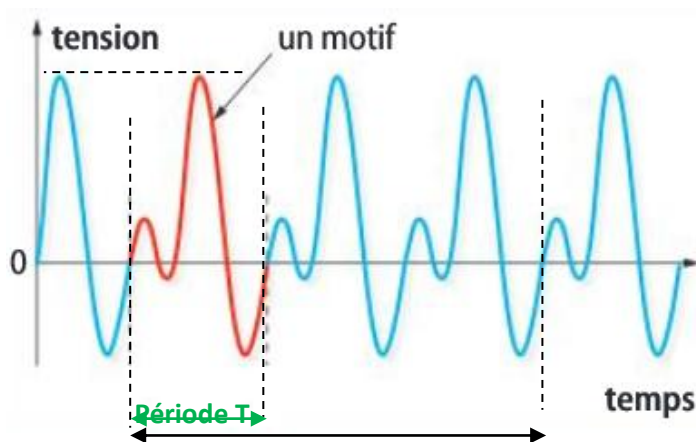
Etude de l'écholocation chez les chauves-souris

Rappels sur les ondes sonores périodiques

Pour communiquer et pour se diriger, les chauves-souris émettent des ultrasons. Les ultrasons sont des ondes sonores de fréquences très élevées. Ils sont si aigus qu'ils sont inaudibles pour l'oreille humaine.

On peut faire l'acquisition d'une onde sonore par l'intermédiaire d'un micro par exemple. On obtient alors un signal électrique qu'il est possible de convertir en signal numérique à l'aide d'un dispositif d'acquisition comme une console ExAO. Le signal numérique est ensuite transmis à un ordinateur sur l'écran duquel on peut visualiser la **représentation temporelle du signal sonore** (tension en fonction du temps).

Le son est un signal périodique c'est-à-dire que **son enregistrement fait apparaître un motif élémentaire qui se répète identique à lui-même à intervalles de temps égaux**.



Durée de 3 motifs : 3 T

❖ Un signal périodique est défini par :

➤ sa **période notée T**

C'est la **durée d'un motif** soit la **plus petite durée au bout de laquelle le signal se répète identique à lui-même**. Elle s'exprime en **seconde (s)**.

Remarque : Pour mesurer avec le plus de précision possible la période T d'un signal, on mesure la durée correspondant à un grand nombre N de périodes puis on divise cette durée par N.

➤ sa **fréquence notée f**

Elle est égale **au nombre de fois où le signal se répète en une seconde**, c'est-à-dire le **nombre de périodes (ou de motifs) par seconde**. Elle s'exprime en **hertz (Hz)**.

La fréquence f est l'inverse de la période T. Ainsi, on la calcule en utilisant la formule :

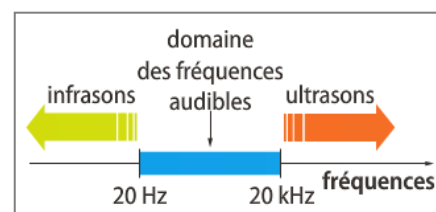
$$f = \frac{1}{T}$$

fréquence en hertz (Hz) ← ———— ———— → période en seconde (s)

❖ Il existe trois catégories d'ondes sonores :

Le domaine de fréquence des **sons audibles par l'homme** est compris **entre 20 Hz et 20 000 Hz (20 kHz)**.

En dessous de 20 Hz on parle **d'infrasons** et au-dessus de 20 kHz **d'ultrasons**.



Comment la chauve-souris arrive-t-elle à déterminer la vitesse de sa proie ?

Le système sonar que les chauves-souris utilisent pour se diriger et localiser leurs proies est d'une précision à faire pâlir de jalousie les ingénieurs de l'aérospatiale !

Non seulement le sonar des chauves-souris leur indique à quelle distance se trouve une proie ou un obstacle, mais il leur révèle également des détails précis de cet objet. Du retard de l'écho par rapport aux sons qu'elles émettent, les chauves-souris déduisent la distance aux objets. En détectant les variations de fréquence de l'écho par rapport au son émis, par **effet Doppler**, elles perçoivent la vitesse relative d'un insecte en vol et la fréquence du battement de ses ailes. De l'amplitude de l'écho, associée au retard, elles déduisent sa taille.

source : extrait article Pour La Science, Nobuo Suga

❖ Qu'est-ce que l'effet Doppler ? Petit historique...

Cet intéressant phénomène fut proposé pour la première fois par le physicien autrichien Christian Doppler en 1842, qui y donna son nom, puis confirmé en 1845 par le néerlandais Christian Buys-Ballot lors d'une expérience :

Des musiciens à bord d'un train jouent la note « La ». D'autres musiciens postés le long de la voie ferrée identifient la note entendue lors de l'approche du train comme le montre le document ci-contre.

A l'aide de cette petite expérience, indiquer ce qu'on appelle l'effet Doppler.



Donnée : tableau de fréquences de notes de musique :

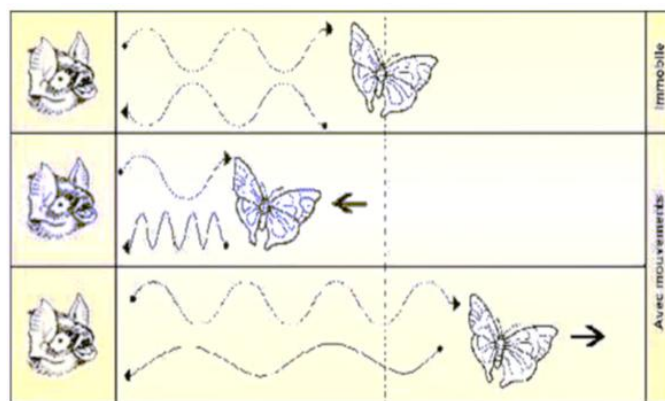
Note	Fa	Fa#	Sol	La ^b	La	La#	Si
f (Hz)	349	370	392	415	440	466	494

❖ Que se passe-t-il pour la chauve-souris ?

Dans les situations présentées ci-contre, la chauve-souris est immobile.

Comment va-t-elle détecter que le papillon est immobile, se rapproche ou au contraire s'éloigne d'elle ?

Expliquer en analysant, à partir du document ci-contre, les caractéristiques du son émis et perçu par la chauve-souris.



❖ Exercice d'application

Relation permettant de calculer la fréquence des ultrasons reçus par la chauve-souris :

$$f_R = f_E \times \left(\frac{v_{\text{son}} - v_P}{v_{\text{son}} - v_{\text{CS}}} \right) \times \left(\frac{v_{\text{son}} + v_{\text{CS}}}{v_{\text{son}} + v_P} \right)$$

f_E et f_R représentent respectivement la fréquence des ultrasons émis et reçus par la chauve-souris.

v_{CS} et v_P représentent respectivement la vitesse de la chauve-souris et de la proie.

$v_{\text{Son}} = 340 \text{ m.s}^{-1}$ dans l'air à 20 °C

1. Une chauve-souris volant à la vitesse de 15 m.s^{-1} poursuit une mouche qui tente de prendre la fuite à la vitesse de 10 m.s^{-1} . La chauve-souris émet des impulsions d'ultrasons ayant une fréquence de 80 kHz. Les ondes sonores émises par la chauve-souris frappent d'abord la mouche, puis rebondissent et reviennent vers la chauve-souris. À quelle fréquence la chauve-souris reçoit-elle les ondes ayant ainsi été réfléchies ?
2. Même question si la chauve-souris vole à la vitesse de 10 m.s^{-1} et la mouche vole à la vitesse de 15 m.s^{-1} .
3. Comment la chauve-souris fait-elle pour déterminer si la mouche se rapproche ou s'éloigne d'elle ? Expliquer à l'aide des résultats obtenus.

Exemple de réponse

Dans les trois cas, la chauve-souris émet des ultrasons à la même fréquence. Cependant, si la proie est immobile, elle renvoie les ondes à la même fréquence, si elle se rapproche la fréquence des ondes renvoyées est plus élevée et si elle s'éloigne la fréquence des ondes renvoyées est plus faible.

❖ Exercice d'application

Relation permettant de calculer la fréquence des ultrasons reçus par la chauve-souris :

$$f_R = f_E \times \left(\frac{v_{son} - v_p}{v_{son} - v_{cs}} \right) \times \left(\frac{v_{son} + v_{cs}}{v_{son} + v_p} \right)$$

f_E et f_R représentent respectivement la fréquence des ultrasons émis et reçus par la chauve-souris.

v_{cs} et v_p représentent respectivement la vitesse de la chauve-souris et de la proie.

$v_{son} = 340 \text{ m.s}^{-1}$ dans l'air à 20°C

1. Une chauve-souris volant à la vitesse de 15 m.s^{-1} poursuit une mouche qui tente de prendre la fuite à la vitesse de 10 m.s^{-1} . La chauve-souris émet des impulsions d'ultrasons ayant une fréquence de 80 kHz . Les ondes sonores émises par la chauve-souris frappent d'abord la mouche, puis rebondissent et reviennent vers la chauve-souris. A quelle fréquence la chauve-souris reçoit-elle les ondes ayant ainsi été réfléchies ?

$$f_R = 80 \times \left(\frac{340 - 10}{340 - 15} \right) \times \left(\frac{340 + 10}{340 + 15} \right)$$

La chauve-souris reçoit les ondes à $82,4 \text{ kHz}$

2. Même question si la chauve-souris vole à la vitesse de 10 m.s^{-1} et la mouche vole à la vitesse de 15 m.s^{-1} .

$$f_R = 80 \times \left(\frac{340 - 15}{340 - 10} \right) \times \left(\frac{340 + 15}{340 + 10} \right)$$

La chauve-souris reçoit les ondes à $77,7 \text{ kHz}$

3. Comment la chauve-souris fait-elle pour déterminer si la mouche se rapproche ou s'éloigne d'elle ? Expliquer à l'aide des résultats obtenus.

Lorsque la proie s'éloigne la fréquence des ondes que la chauve-souris reçoit est plus faible que celle émise. À l'inverse, lorsque la fréquence augmente.

2

L'écholocation des chauves-souris (suite)

4ème partie – Comment la chauve-souris arrive-t-elle à déterminer la vitesse de sa proie ?

Le système sonar que les chauves-souris utilisent pour se diriger et localiser leurs proies est d'une précision à faire pâlir de jalousie les ingénieurs de l'aérospatiale !

Non seulement le sonar des chauves-souris leur indique à quelle distance se trouve une proie ou un obstacle, mais il leur révèle également des détails précis de cet objet. Du retard de l'écho par rapport aux sons qu'elles émettent, les chauves-souris déduisent la distance aux objets. En détectant les variations de fréquence de l'écho par rapport au son émis, par effet Doppler, elles perçoivent la vitesse relative d'un insecte en vol et la fréquence du battement de ses ailes. De l'amplitude de l'écho, associée au retard, elles déduisent sa taille.

source : extrait article Pour La Science, Nobuo Suga

❖ Qu'est-ce que l'effet Doppler ? Petit historique...

Cet intéressant phénomène fut proposé pour la première fois par le physicien autrichien Christian Doppler en 1842, qui y donna son nom, puis confirmer en 1845 par le néerlandais Christian Buys-Ballot lors d'une expérience :

Des musiciens à bord d'un train jouent la note « La ». D'autres musiciens postés le long de la voie ferrée identifient la note entendue lors de l'approche du train comme le montre le document ci-contre.

A l'aide de cette petite expérience, indiquer ce qu'on appelle l'effet Doppler.

Lorsque un objet émettant un son entre en mouvement la fréquence perçue par un récepteur immobile est décalée de quelques Hertz plus graves.

Donnée : tableau de fréquences de notes de musique :

Note	Fa	Fa#	Sol	La	La#	Si
f (Hz)	349	370	392	415	440	466
						494

❖ Que se passe-t-il pour la chauve-souris ?

Dans les situations présentées ci-contre, la chauve-souris est immobile.

Comment va-t-elle détecter que le papillon est immobile, se rapproche ou au contraire s'éloigne d'elle ?

Expliquer en analysant, à partir du document ci-contre, les caractéristiques du son émis et perçu par la chauve-souris.



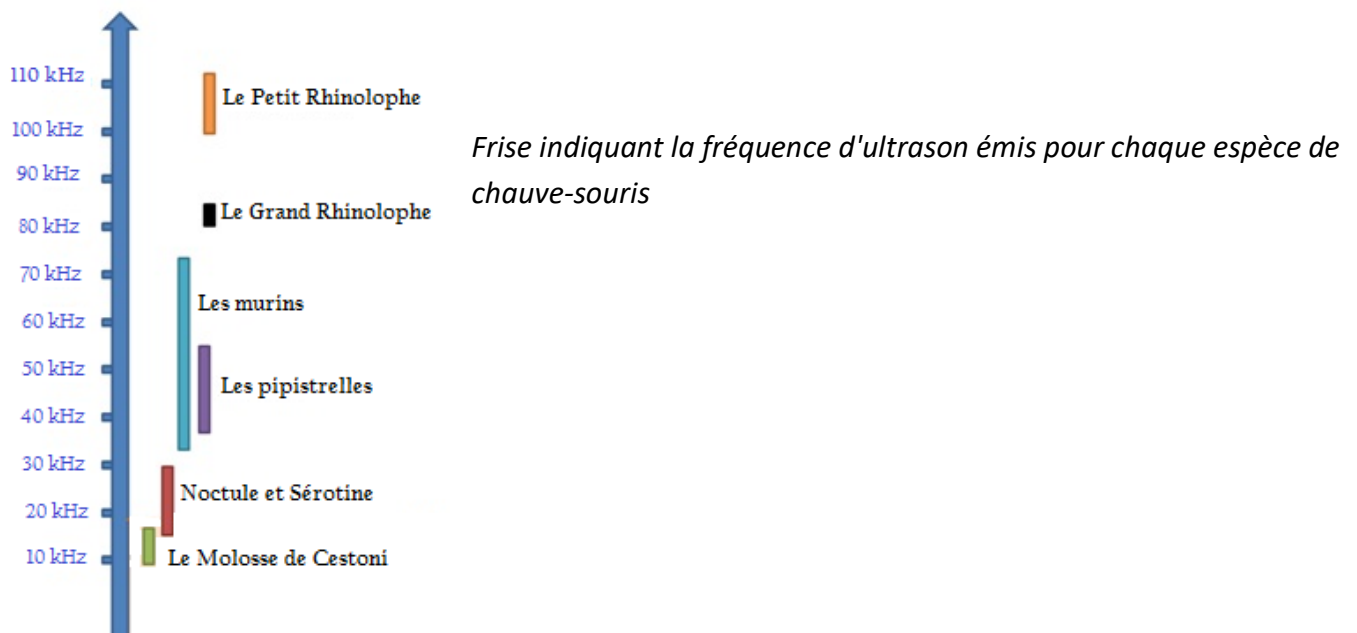
1

Identification d'une chauve-souris grâce à sa fréquence d'ultrason

Inès, Matthias, Héli

Problématique : Quelle chauve-souris pouvons-nous modéliser ?

Lors d'une sortie de comptage de chauves-souris, nous avons appris que les différentes espèces de chauve-souris n'émettent pas les mêmes fréquences d'ultrasons.



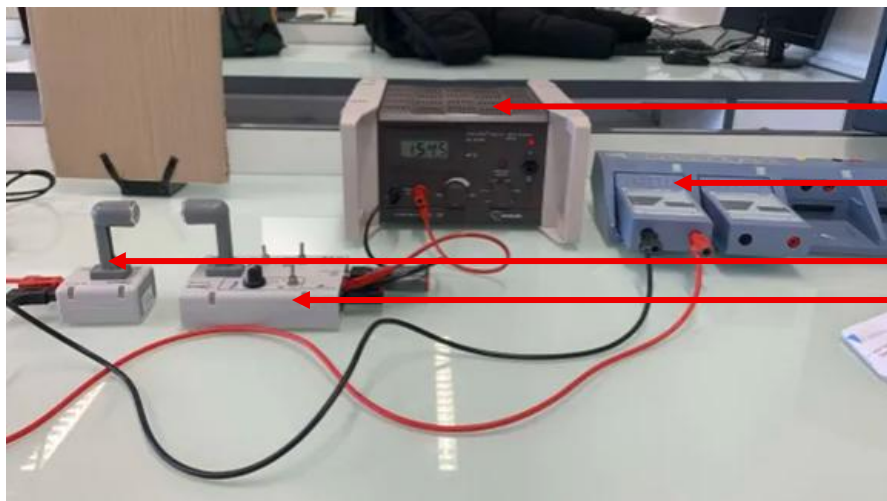
Matériel à disposition :

- 1 émetteur d'ultrasons (représentant les cordes vocales de la chauve-souris) relié à son alimentation
- 1 récepteur ultrasons (représentant les oreilles de la chauve-souris) relié à la console ESAO
- Fils de connexion
- 1 mètre
- 1 console ESAO reliée à l'ordinateur (représentant le cerveau de la chauve-souris)
- 2 adaptateurs voltmètres branchés sur les voies 1 et 2 de la console

Avec le matériel à disposition nous cherchons à déterminer quelle chauve-souris nous pouvons modéliser.

Protocole

- Placer l'émetteur et le récepteur face à face à une dizaine de centimètres l'un de l'autre
- Régler l'émetteur en mode **continu**. Celui-ci émet alors des ondes sonores périodiques



Générateur

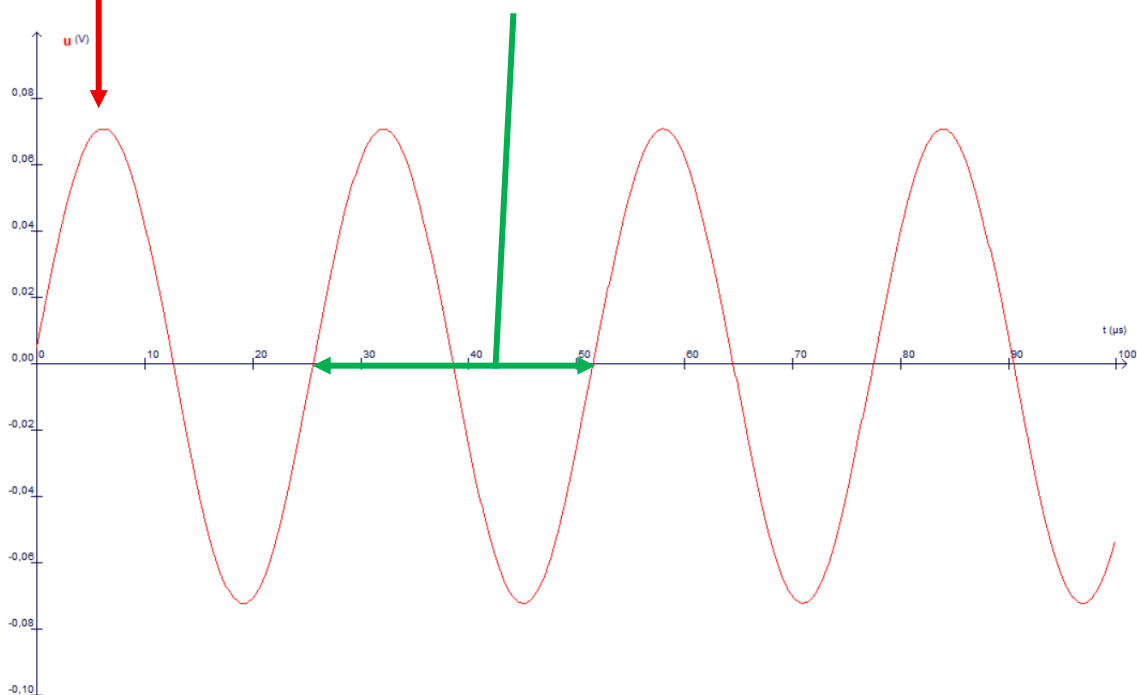
Console ESAO

Récepteur

Emetteur

Signal périodique reçu

Période



Graphique représentant la tension du signal sonore en fonction du temps

Ensuite, il nous faut calculer la fréquence du signal, pour en déduire à quelle chauve-souris il correspond.

Pour cela on utilise la formule : $f = \frac{1}{T}$

"f" représentant la fréquence et "T" la période c'est-à-dire la durée d'un motif.

On détermine grâce au logiciel la période qui vaut environ $2,4 \cdot 10^{-5}$ s. On applique ensuite la formule donc $f = 1/2,4 \cdot 10^{-5} = 41,7$ kHz.

Maintenant on compare le résultat à la frise vu précédemment.

⇒ On en déduit donc qu'on a modélisé soit une pipistrelle, soit un murin.

Comment la chauve-souris détermine la distance avec un insecte en utilisant l'écholocation ?

Solal, Thimotée et Nuria

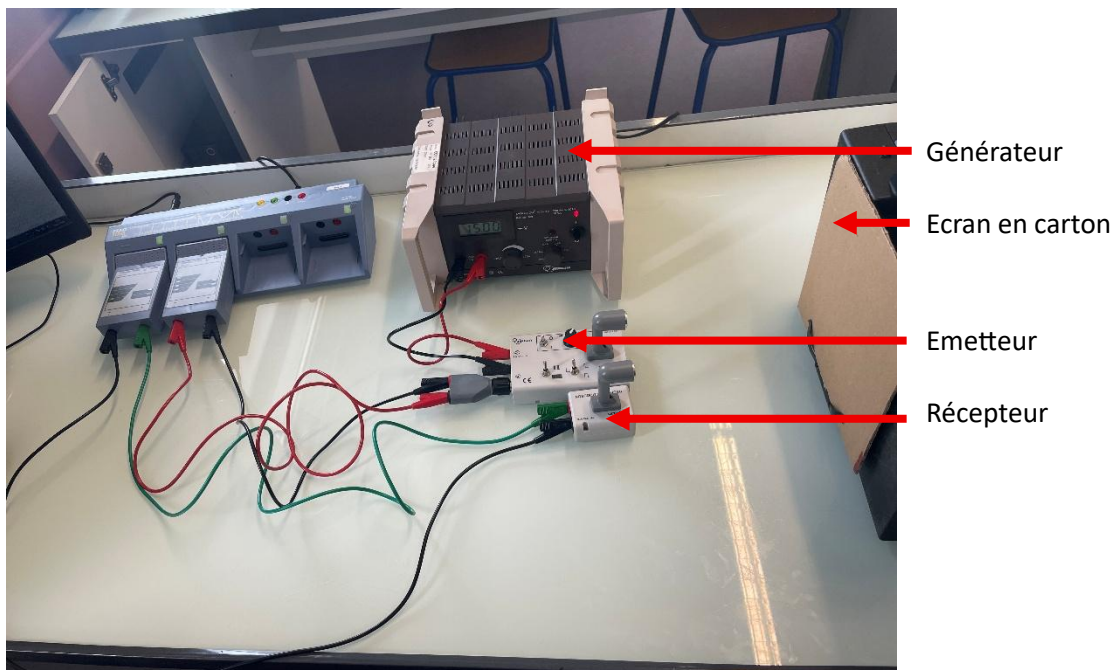
Nous allons déterminer la distance entre la chauve-souris et l'insecte grâce au temps que met le signal à aller jusqu'à la proie.

Liste de matériel :

- 2 récepteurs à ultrason (qui correspondent aux oreilles)
- 1 émetteur à ultrason (qui correspond à la bouche)
- Un générateur
- Des câbles
- Une console EXAO relié à un ordinateur (qui correspond au cerveau)
- Un écran en carton (qui correspond à l'insecte)
- 2 adaptateurs voltmètres

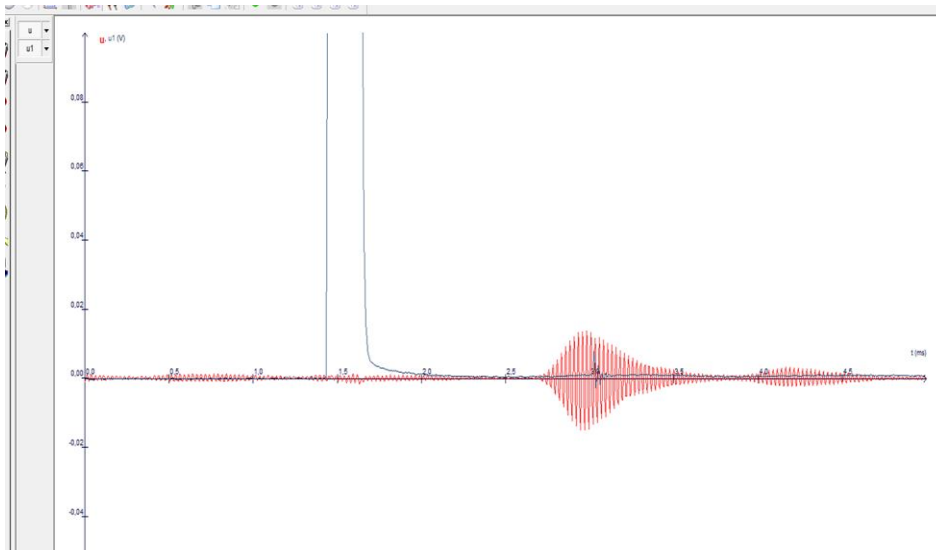
Expérience :

- Placer l'émetteur et un récepteur côte à côte, à 20 cm de l'écran représentant l'insecte.
- Brancher les récepteurs et l'émetteur à des adaptateurs voltmètres et au générateur.
- Régler le générateur à 15V et allumer ce dernier ainsi que l'émetteur
- Lancer l'expérience depuis l'ordinateur.



- A l'aide de l'outil pointeur, obtenir la durée que met le signal à parcourir la distance pour faire l'aller-retour.

⇒ On trouve 1,2 ms pour l'aller-retour (distance divisée par la vitesse)



Calcul de la distance :

L'onde sonore produite par la chauve-souris met 1,2 ms (= 0,0012 s) à faire l'aller-retour, soit 0,6 ms (= 0,0006 s) à faire l'aller.

On sait que pour calculer la distance, on a la formule : $d = v \cdot t$

$$v = 340 \text{ m/s} \quad t = 0,0006 \text{ s}$$

$$\text{On calcule } d = v \cdot t = 340 \times 0,0006 = 0,204 \text{ m} = 20,4 \text{ cm.}$$

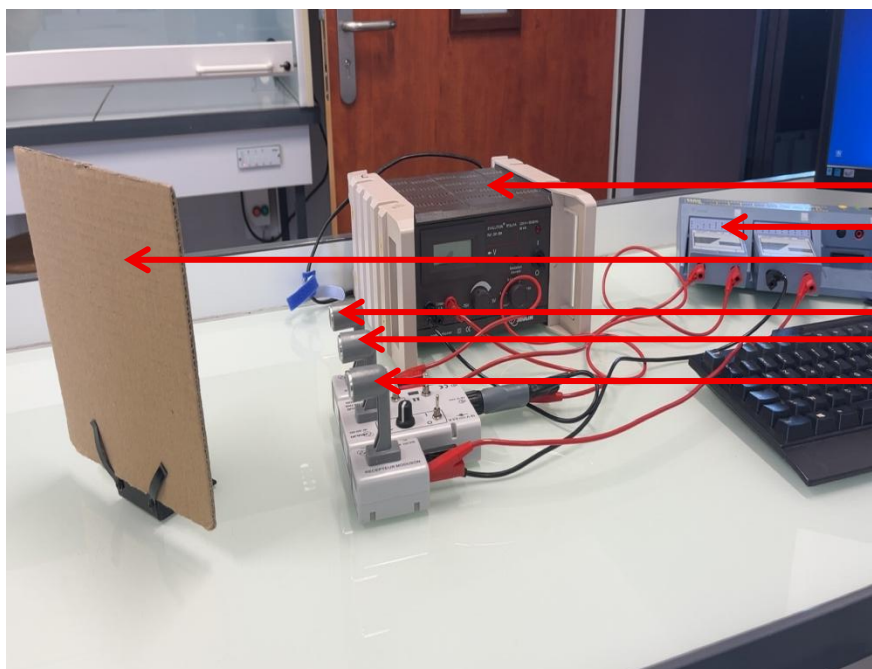
On en conclue que l'insecte se trouve à environ 20 cm de la chauve-souris.

Comment la chauve-souris fait-elle pour savoir si la paroi devant elle est inclinée ?

Manon, Yasmina

Pour réaliser cette expérience, vous aurez besoin :

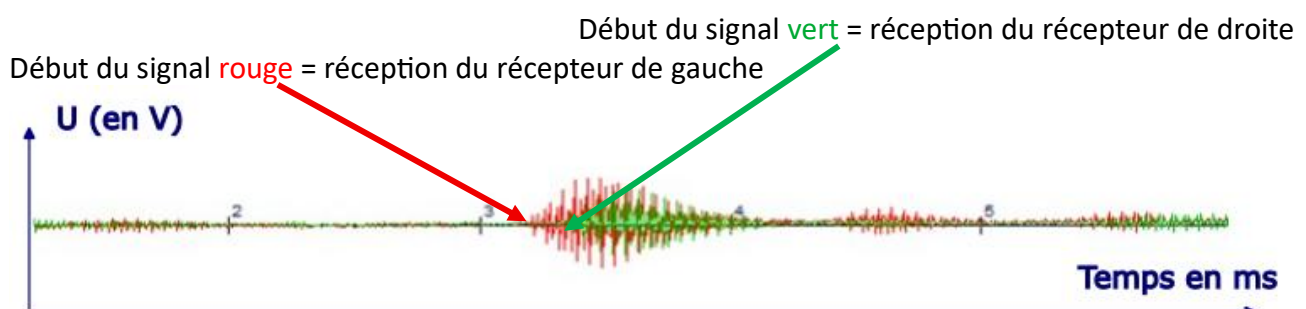
- D'une console ExAO reliée à un ordinateur (représentant le cerveau de la chauve-souris)
- D'un émetteur d'ultrasons (représentant les cordes vocales) et son alimentation reliée à l'émetteur.
- De deux récepteurs d'ultrasons reliés à une console ExAO (représentant les oreilles gauches et droites)
- De fils de connexion
- D'un mètre ruban
- D'un écran en carton et son support
- De deux adaptateurs voltmètre sur les voies 1 et 2 de la console
- Du logiciel « Atelier Scientifique »



Générateur
Console ESAO
Ecran en carton incliné
Récepteur 1
Emetteur
Récepteur 2

Photographie de la mise en place de l'expérience

Voici les résultats que nous avons obtenus :



On remarque ici que le récepteur de gauche reçoit le signal avant le signal de droite, ce qui fait sens puisque l'écran incliné est plus proche du récepteur de gauche.

Dans le cas de la chauve-souris, son oreille gauche reçoit le signal avant son oreille droite, son cerveau analyse l'information et elle comprend que la paroi devant elle est inclinée vers la gauche.

Nous comprenons donc comment la chauve-souris arrive, avec seulement son écholocation, à déterminer si une paroi est inclinée ou non.

Comment estimer le volume de l'organe émetteur d'ultrasons ?

Nuria

1 Expérience 1 — Le sifflet de Galton

Principe : Un flux d'air forcé à travers une fente très étroite oscille sur l'arête de la cavité. Ces oscillations créent une onde sonore dont la fréquence dépend uniquement de la longueur de la cavité résonante. C'est le principe du sifflet à ultrason inventé par Francis Galton en 1876.



A l'aide du petit sifflet, faite varier la longueur de la cage de résonance et noter à l'aide d'un fréquencesmètre la fréquence obtenue.

Longueur du tube L (mm)	Fréquence mesurée f (kHz)

Expérimentation 2 : Faire varier la pression d'air (souffler plus ou moins fort).

Questions :

1. Que se passe-t-il sur la fréquence quand on raccourcit le tube ?
2. La pression d'air modifie-t-elle la fréquence ou l'amplitude du signal ? Interpréter.
3. À quelle longueur de tube avez-vous obtenu la fréquence la plus élevée ? A l'aide d'un tableur, placer les résultats obtenus dans un tableau. Dresser le nuage de points correspondant, ajouter une droite de tendance. Extrapoler la longueur du tube nécessaire pour obtenir des ultrasons.
4. Quel organe de la chauve-souris pourrait jouer le rôle de la cavité résonante dans votre sifflet ?

2 Expérience 2 — La lame métallique ou la corde de la guitare

Principe : Lorsqu'on fait vibrer une lame mince, on la fait entrer en **vibration de flexion**. Les harmoniques élevées de cette vibration peuvent dépasser 20 kHz. La fréquence dépend de la longueur libre de la lame, de son épaisseur et du matériau.



A. Matériel spécifique

- Une lame de scie à métaux usagée (acier fin, épaisseur 0,5 à 0,8 mm), règle dure...
- Un étau ou une pince-étau solide, ou à défaut maintenir fermement la lame contre le bord de la table
- Règle graduée

B. Protocole

Maintenir la lame fermement...

Faire vibrer la lame.

Mesurer la fréquence

Approcher le fréquencesmètre à 5–10 cm de la lame.

Réduire progressivement la longueur libre L par pas de 1 cm. Mesurer à chaque fois.

C. Tableau de mesures

Longueur libre L (cm)	Fréquence mesurée (kHz)	Signal ultrasonique ? (oui/non)	Observations

Questions de réflexion

1. A l'aide d'un tableur, placer les résultats obtenus dans un tableau. Dresser le nuage de points correspondant, ajouter une droite de tendance. Extrapoler la longueur du tube nécessaire pour obtenir des ultrasons.
2. La relation fréquence/longueur est-elle la même que pour le sifflet ? Comparer les deux expériences.
3. Que se passe-t-il si vous utilisez une lame plus épaisse ? Émettre une hypothèse et tester si possible.
4. Quel organe de la chauve-souris pourrait jouer le rôle de cette lame ?

3 Expérience 3 — Jet d'air par un orifice très fin

 **Principe** : Un jet d'air turbulent forcé à travers un orifice de très petit diamètre produit un spectre acoustique large, incluant des composantes ultrasoniques. C'est le même mécanisme que les fuites de gaz comprimé détectées industriellement par des fréquencesmètres ultrasoniques.

A. Matériel spécifique

- Un stylo BIC avec un petit trou

B. Protocole

- 1 **Soufflez dans le corps du stylo.**
Faire varier la force de votre souffle.

Questions de réflexion

1. Le spectre du jet d'air est-il à une seule fréquence ou à plusieurs ? Que cela implique-t-il ?
2. La pression modifie-t-elle la fréquence ou l'amplitude du signal ?
3. Quel organe de la chauve-souris pourrait jouer le rôle de ce petit trou ?

Exemple de réponse d'élève (expérience 1)

Par Nuria

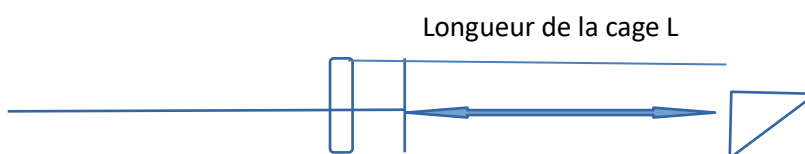
Pour cette expérience, nous allons utiliser un pipeau, une règle, le logiciel Audacity ainsi que Excel pour le graphique.

Le but était de connaître la fréquence d'un son émis par un pipeau en fonction de la longueur de sa cage de résonance.

Pour commencer, nous avons fait varier la longueur de la cage de résonance du pipeau, nous avons mesuré celle-ci à l'aide d'une règle et nous avons noté la fréquence obtenue pour chaque longueur.

Enfin, à l'aide du logiciel Audacity, en appliquant la formule $f = 1/T$ nous obtenons la fréquence. Pour être plus précis nous avons pris une vingtaine de motifs.

Schéma du pipeau :

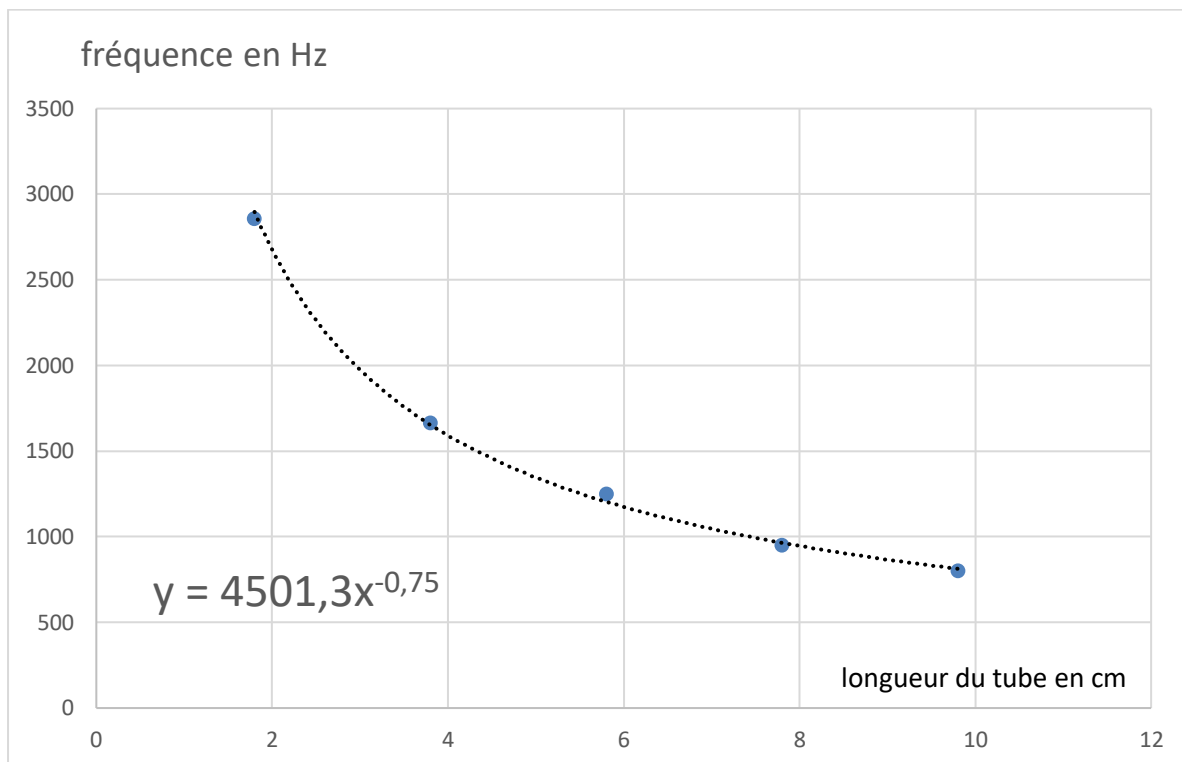


Résultats obtenus pour chaque longueur différente :

	A	B
1	Longueur du tube en cm	fréquence en Hz
2	9,8	800
3	7,8	950
4	5,8	1250
5	3,8	1667
6	1,8	2857

Ensuite, sur un tableur nous avons reporté ces données afin de déterminer une éventuelle dépendance fonctionnelle. Nous avons obtenu le graphique suivant :

$y = \text{Hz} ; x = \text{cm}$



Le logiciel montre clairement que la fréquence dépendant de la longueur de résonnance. Plus précisément on obtient la formule suivante :

$$f(x) = 4501.3 / x^{0,75}$$

où x correspond à la longueur de la cage de résonnance en cm et l'image $f(x)$ correspond à la fréquence du son en Hz.

Ensuite, nous recherchons quelle longueur de la cage de résonnance serait compatible avec une fréquence émise par une chauve-souris.

On cherche ainsi l'antécédent de 44000 Hz (correspondant à la fréquence d'une pipistrelle commune).

Il faut donc résoudre l'équation : $f(x) = 44000$

On trouve le résultat à l'aide de la calculatrice :

$x \approx 0,05\text{cm}$.

Premier bilan : Pour émettre un son de 44000 Hz il faudrait que la longueur de la cage de résonnance du pipeau soit d'environ 0,05 cm.

Afin de coller d'un peu plus près à la réalité nous allons déterminer le volume de la cage de résonnance du pipeau et trouver le rayon d'un volume sphérique équivalent. (En effet il est raisonnable

d'approximer le volume de résonance des sinus de la chauve-souris à une sphère plutôt qu'à un cylindre comme dans le cas du pipeau).

On obtient :

Volume de la cage de résonance du pipeau de forme cylindrique :

$$R = 0,7 \text{ cm } L = 0,05 \text{ cm d'où } V = 0,7^2 \cdot \pi \cdot 0,05 \approx 0,077 \text{ cm}^3$$

Calculons le rayon d'une sphère de même volume.

Formule du volume d'une sphère :

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3$$

Nous résolvons donc l'équation :

$$V = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3 = 0,077$$

A l'aide de la calculatrice nous obtenons la valeur :

$$R \approx 0,26 \text{ cm}$$

En conclusion, on peut dire que si une chauve-souris émet des ultrasons en faisant vibrer l'air à la manière d'un pipeau, la cage de résonance nécessaire peut être assimilée à une petite sphère de rayon de 0,26 cm, ce qui semble cohérent avec la taille d'une chauve-souris.

Remarque : l'expérience 2, testée avec succès, n'a pas fonctionné avec les micros intégrés dans les ordinateurs des élèves ...

PARTIE 5 : BIBLIOGRAPHIE

- ✓ DIETZ C., KIEFER A., Chauves-souris d'Europe, Delachaux et Niestlé
- ✓ La Hulotte n°116, 117, 118
- ✓ MENU H., POPELARD JB ; Utilisation des caractères dentaires pour la détermination des Vespertilionines de l'ouest européen ; téléchargeable ici :
https://institutions.ville-geneve.ch/fileadmin/user_upload/cco/PDF/N4_LeRhinolophe_1987_opti.pdf
- ✓ DODELIN B. ; Identification des chiroptères de France à partir des restes osseux ; téléchargeable ici :
https://geb.ffspeleo.fr/IMG/pdf/livre_ossements_chiro_de_benoit_dodelin-2-2.pdf
- ✓ Coordination chiroptères nationale : <https://www.sfepm.org/la-coordination-chiropteres-nationale.html>
- ✓ Site chiropterra : <https://www.chiropterra.fr/>