

Lycée(s)	Général	Technologique	Professionnel	
Niveau(x)	CAP	Seconde	Première	Terminale
Enseignement(s)	Commun	De spécialité	Optionnel	
Physique-Chimie				

Appliquer une démarche scientifique¹ pour l'étude de la propagation d'une onde sonore

Cette ressource met en lumière différents aspects qui caractérisent une démarche scientifique. Le support choisi s'inscrit dans la thématique du programme de physique-chimie « caractériser la propagation d'un signal sonore ».

Une première partie montre la nécessité d'avoir un milieu matériel pour propager un signal sonore ; elle est dédiée à l'appropriation des éléments de la démarche scientifique. Dans un second temps, la création d'un diaporama interactif permet de mettre en relation certains éléments d'une démarche scientifique. Enfin, les élèves ont à mettre en place une démarche scientifique afin d'étudier la diminution du niveau d'intensité sonore en fonction de l'éloignement de l'émetteur.

Scénario pédagogique

Séance 1

La première activité a pour objectif d'étudier la construction d'un savoir scientifique au travers des différentes étapes d'une démarche scientifique. La dimension historique est ici recherchée afin de mettre en évidence l'évolution temporelle du savoir scientifique.

L'activité proposée aux élèves se présente sous forme d'une étude documentaire. Les documents fournis aux élèves priorisent le travail sur les étapes d'une démarche scientifique et moins la collecte de données historiques.

Au travers de ces documents, les élèves identifient et distinguent les différentes étapes nécessaires pour construire un savoir scientifique, conformément à ce qui inscrit dans les programmes scolaires.

Ces étapes peuvent correspondre, ou pas, à des étapes d'une démarche scientifique. Il n'est pas demandé dans ce premier temps une trop grande rigueur concernant la dénomination et la détection des différentes étapes.

La deuxième activité propose aux élèves relier les étapes constituant une démarche scientifique. Cette activité correspond à l'association des éléments d'une démarche scientifique à partir d'une structure vierge « d'organigramme conditionnel », à l'image d'un grafset, pour présenter les relations entre ces dernières.

¹ Lire préalablement le document introductif sur « la démarche scientifique / les démarches scientifiques »

Séance 2

L'objectif de cette séance est de situer chaque étape d'une démarche scientifique par rapport aux autres. Les élèves se servent de leur organigramme conditionnel pour le transformer en diaporama interactif.

Séance 3

La séance 3 propose aux élèves de suivre les étapes d'une démarche scientifique de façon explicite et consciente afin d'établir la connaissance : « l'atténuation de l'intensité acoustique d'une onde sonore est de six décibels lorsque la distance avec la source est doublée. »

Les élèves partent d'un constat empirique : le niveau d'intensité sonore décroît lorsqu'on s'éloigne de la source. Les élèves travaillent par groupe et utilisent le diaporama interactif réalisé précédemment comme support afin de mettre en place une démarche scientifique.

Afin de pouvoir mutualiser les travaux et parvenir à un consensus ou une controverse scientifique, tous les groupes se mettent d'accord au préalable pour énoncer une problématique commune.

Cette activité aboutit à une formulation adaptée et précise du savoir étudié afin d'être mémorisée et de devenir une connaissance scientifique pour l'élève. Cette activité s'achève par la rédaction d'une formulation adaptée et précise du savoir commun étudié.

Références aux programmes

Caractériser la propagation d'un signal sonore

Capacités

Mettre en évidence expérimentalement la nécessité d'un milieu matériel pour la propagation d'un son.

Etudier expérimentalement l'atténuation de l'intensité acoustique d'une onde sonore en fonction de la distance de propagation.

Connaissances :

Savoir que la propagation du son nécessite un milieu matériel.

Savoir que la vitesse du son dépend du milieu de propagation.

Savoir qu'une onde sonore s'atténue en se propageant, même dans un milieu n'absorbant pas les ondes sonores.

Compétences travaillées dans le cadre d'une démarche scientifique

Étude des différentes étapes d'une démarche scientifique menant à la construction d'un savoir

Formulation d'une problématique à partir d'un constat

Formulation d'hypothèse(s)

Proposition d'un protocole et réalisation d'une expérience

Analyse des résultats

Validation d'hypothèse(s)

Structure de la séquence

Les séances 1 et 2 sont les premières activités de la séquence sur le thème : « caractériser la propagation d'un signal sonore ».

La séance 3 intervient à la fin de la séquence, avant les exercices de réinvestissement qui précèdent l'évaluation sommative.

Intitulé des séances et durée (uniquement dans le cas d'une séquence)

Séance n° 1 : Mise en évidence des étapes d'une démarche scientifique.

Séance n° 2 : Formalisation d'une démarche scientifique sous forme de diaporama interactif

Séance n° 3 : Mise en pratique d'une démarche scientifique.

Exemples de travaux d'élèves et leur analyse

Séance 1 : mise en évidence des étapes d'une démarche scienti-

Activité 1 : étude documentaire des milieux de propagation d'un son

Il s'agit de la première séance abordant la notion de son mais aussi de la première abordant les démarches scientifiques. Le déroulement de la séance n'a pas été celui escompté.

Chaque question posée dans cette première activité a dû être reformulée afin que les élèves comprennent le travail attendu. Et elles ont amené d'autres questions de nature scientifique qui sortaient parfois du cadre de l'activité : « Est-ce que les théories sont toujours prouvées ? » ; « Si les théories ne sont pas prouvées, comment on sait qu'elles sont bonnes ? » ; « Pourquoi est-ce qu'on crée des théories qui ne servent à rien (relativité restreinte, mécanique quantique) ? » ; « Est-ce que n'importe qui peut contredire une théorie ? ».

Des échanges autour des croyances et des savoirs ont également permis d'aborder deux points importants :

- Le savoir est universel et ne dépend pas de la personne qui l'énonce.
- Le savoir scientifique est reproductible et les expériences menées ont donné les mêmes résultats pour de multiples équipes de chercheurs experts dans leur domaine.

Les échanges informels ont finalement débouché sur le fait qu'un savoir établi peut être remis en question.

Il aurait été plus pertinent de réaliser cette activité sous la forme de réflexion collective avec un tableau blanc numérique collaboratif, afin d'avoir une trace écrite en accord avec les débats et les échanges oraux.

Activité 2 : les étapes d'une démarche scientifique et leurs relations

L'objectif de cette activité a bien été compris par les élèves. Ils se sont rapidement mis au travail avec comme défi de réussir à replacer tous les éléments d'une démarche scientifique dans l'organigramme.

Des questions spontanées concernant le vocabulaire des mots : consensus, controverse, réfutation, publication (en lien avec les publications sur les réseaux sociaux) ont été posées.

Cette activité a permis de donner une temporalité et une chronologie aux éléments de la démarche scientifique évoquée dans l'activité 1.

Une version corrigée a été mise à disposition des élèves à l'issue de cette activité.

Séance 2 : formalisation sous forme de diaporama interactif

À la suite d'une présentation des outils et fonctionnalités d'utilisation d'un diaporama interactif, les élèves ont choisi librement leur modèle de diaporama. Ils ont ensuite créé une slide « type » qui a été dupliquée.

Par la suite, le lien entre l'organigramme conditionnel et le paramétrage du diaporama interactif a été réalisé. Il est à noter que cette tâche n'a pas été aisée pour les élèves.

Sur une durée de cinquante-cinq minutes, le travail de certains élèves n'a pas pu aboutir. Néanmoins, tous ont compris l'objectif et l'intérêt de l'activité.

Deux diaporamas ont été finalisés correctement par apport à l'organigramme de référence.

Un moment de mutualisation a été proposé aux élèves pour permettre de comparer et critiquer les travaux. Cette mutualisation s'est faite via une plateforme numérique permettant l'échange de liens hypertextes. Les commentaires ont porté sur l'esthétique et sur l'adéquation avec l'organigramme conditionnel.

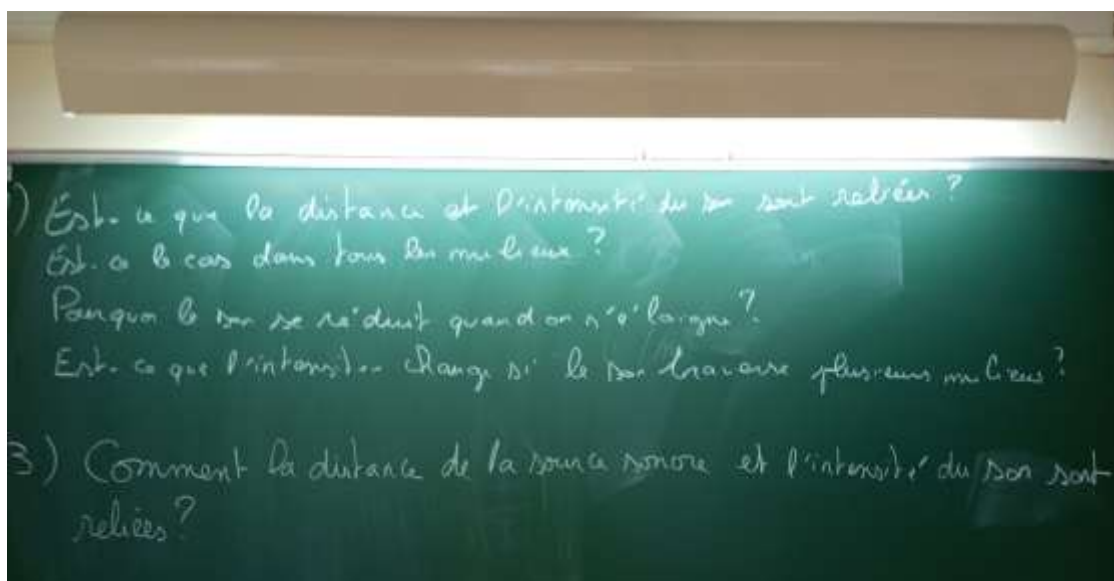
Séance 3 : mise en pratique consciente d'une démarche scientifique

La mise en place de la séance nécessite la présentation de divers supports :

- un diaporama interactif choisi (par l'enseignant) parmi ceux réalisés lors de la séance 2. Ce diaporama est mutualisé via un lien hypertexte envoyé à tous les élèves ;
- l'organigramme conditionnel réalisé lors de la séance 1 ;
- le document élève pour cette séance 3 ;
- le matériel permettant de réaliser l'expérimentation (GBF, haut-parleur, pinces croco, connecteurs) ;
- le matériel permettant de réaliser les mesures (consoles Exao, microphones Exao, logiciel d'acquisition).

Après la présentation des supports, un temps de travail individuel permet aux élèves de se questionner à propos du phénomène empirique suivant : **« Lorsqu'on s'éloigne d'une source sonore, l'intensité du son diminue »**.

Les élèves ont ensuite mutualisé leurs questionnements et se sont aperçus que toutes leurs questions pouvaient se résumer à quatre questions :



Après discussion avec les élèves, il s'est avéré que toutes les questions étaient intéressantes mais que pour pouvoir comparer des résultats, il fallait que la question de départ soit unique et suffisamment précise. Avec pour objectif de travailler aussi les capacités du programme, la question retenue par l'enseignant a été : **« Comment la distance de la source sonore et l'intensité d'un son sont-elles reliées ? »**.

Le questionnement a été reformulé par les élèves, pris en note et a défini le point de départ d'une démarche scientifique qui a été menée par la suite.

Avant de laisser les élèves mener leur démarche scientifique, il leur a été rappelé que les travaux devaient être formalisés pour pouvoir être mutualisés via une plateforme numérique, tout en laissant une grande liberté dans la formalisation des travaux (photos, document papier, document numérique).

Le premier obstacle au sein des groupes a été la formulation d'hypothèses. Les discussions et l'aide apportée se sont articulées davantage autour du concept d'hypothèse plutôt qu'autour du phénomène physique à étudier. Pour certains groupes, l'hypothèse était identique au questionnement de départ. Les élèves ont eu besoin d'être guidés lors de cette phase de formulation d'hypothèses. Les hypothèses formulées consistaient pour la plupart à évaluer la « quantité de décibels perdue lorsqu'on s'éloigne d'une certaine distance de la source sonore ». L'autre catégorie d'hypothèses étaient exprimées en « pourcentage de décibels perdu en s'éloignant d'une distance précise de la source ». Il a fallu faire des compromis au sein des groupes pour se mettre d'accord sur la formulation de l'hypothèse. Certains élèves ont pu mettre en œuvre leurs compétences psychosociales, d'autres avaient davantage de difficultés pour oraliser leur pensée, argumenter ou se décentrer de leur première idée pour prendre en compte celle de leur camarade.

Par la suite, les élèves ont mis en place leur dispositif expérimental de manière efficiente, le matériel étant connu.

Quelques rappels dans le paramétrage du logiciel d'acquisition ont été nécessaires pour certains groupes. Les groupes ont ensuite réalisé leurs mesures.

Les protocoles expérimentaux n'ont pas été discutés en amont au sein des groupes et des divergences sont apparues au moment de mettre en œuvre l'expérience, même si au départ, leur idée globale de l'expérience à réaliser était consensuelle.

Par exemple, il y a eu des discussions à propos du nombre de microphones à utiliser : un élève voulait utiliser deux microphones pour que l'acquisition soit unique alors qu'un autre voulait utiliser un seul microphone et superposer les acquisitions. Parmi les autres sujets de discussion, il y a eu l'inclinaison du microphone par rapport au haut-parleur, l'endroit du microphone qui servait comme repère pour les mesures de distance, la précision sur le placement du ou des microphones, le volume sonore de la source qui pouvait influencer la diffusion du son.

La plupart des groupes se sont focalisés sur une mesure pour une distance autre que la mesure collée au haut-parleur. Un seul groupe a eu l'idée de faire deux mesures à deux distances différentes.

Les mesures dans le tableur du logiciel d'acquisition sont affichées en écriture scientifique, ce qui a posé problème à deux groupes pour lire les résultats de l'expérience.

Les élèves devaient ensuite exploiter leurs résultats expérimentaux, ils devaient pour cela formaliser leurs observations, et valider ou réfuter leur hypothèse. Cette tâche a été compliquée pour l'ensemble des élèves qui confondent les notions d'observations, de conclusion, de validation et de résultats expérimentaux. La plupart des groupes se sont contentés de valider ou de réfuter leur hypothèse sans essayer d'en émettre une autre, sans essayer de déterminer une autre modélisation du phénomène.

Un exemple de formalisation des travaux d'un groupe d'élèves :

Hypothèses :

-Si l'intensité du son est élevée elle parcourra plus de distances

Ex : Si l'on met la source sonore à 1m du micro l'intensité sonore diminuera de 50%.

Si l'on met la source sonore à 1m du micro l'intensité sonore diminuera de 20%.

Si l'on met la source sonore à 1m du micro l'intensité sonore diminuera 15%.

Si l'on met la source sonore à 2m du micro l'intensité sonore diminuera de 40%.

Expérience :

- Pour 1m de distance entre les 2 micro nous avons eux 103dB à 82dB.

-Pour 2m de distance entre les 2 micro nous avons eux 110dB à 75dB.

Résultats :

En conclusion pour 1m de distance entre le micro et la source sonore nous avons une diminution de 20 % de l'intensité sonore. Et pour 2m de distance entre le micro et la source sonore nous avons une diminution de 32 % de l'intensité sonore.

La séance a duré deux heures et la formalisation des travaux a été très succincte. Il n'a pas été possible d'échanger les travaux afin de faire reproduire les expériences par les autres groupes. La mutualisation s'est faite au tableau où chaque groupe est venu écrire sa conclusion.

Aucune conclusion n'a abouti à l'atténuation de six décibels lorsque la distance doublait. La conclusion de la séance a surtout porté sur la difficulté d'établir un savoir commun à partir de multiples expériences. Cet échange avec les élèves a conforté la notion de fiabilité du savoir scientifique puisqu'il leur paraissait très difficile d'arriver à se mettre d'accord sur la formalisation d'une conclusion et que si des experts y arrivent, c'est que le doute sur leurs conclusions est minime même si le savoir peut toujours être remis en cause.

Une fois le matériel rangé et avant de finir la séance, un temps d'explication à propos de l'atténuation acoustique et du phénomène des six décibels a permis d'explicitier la conclusion attendue.

Réaliser une démarche scientifique devait être un moyen d'étudier l'atténuation acoustique, finalement c'est l'atténuation acoustique qui a été un prétexte pour pratiquer la démarche scientifique et développer les compétences psychosociales des élèves.

Pistes d'amélioration

Afin d'améliorer cette activité, il pourrait être utile de travailler en amont sur les concepts présents dans une démarche scientifique et pas seulement sur leur appellation mais aussi sur leurs fonctions et leurs différences car lors de la séance suivante :

- aucun élève ne s'est souvenu que l'intensité sonore diminuait de six décibels lorsqu'on doublait la distance ;
- certains élèves se souvenaient des concepts de problématique, d'hypothèse, d'observation, de conclusion ;
- beaucoup d'élève se souvenaient du terme « démarche scientifique » et du fait que cela amenait à un savoir fiable mais qui pouvait être remis en cause.

La formalisation peu guidée des travaux expérimentaux a été une tâche trop complexe pour les élèves. Afin de centrer la réflexion sur l'atténuation acoustique et sur la déambulation cognitive au sein d'une démarche scientifique, des trames de formalisation « type » pourraient guider les élèves. Dans ces trames, les concepts seraient précisés de façon succincte. Ces trames seraient proposées au format numérique afin de permettre une mutualisation rapide.

A l'issue de la séance, trois conclusions pourraient être proposées aux élèves (dont celle qui est correcte) et les élèves auraient à valider la bonne conclusion au regard de leurs résultats. Si le temps le permet, l'enseignant pourrait montrer la manipulation qui permet d'arriver à la bonne conclusion. Ceci permettrait de clore la séance sur une manipulation et une conclusion correcte pour les groupes qui ne les auraient pas trouvées par eux-mêmes afin de palier le cas où aucun groupe ne trouve la bonne conclusion directement à l'issue de leur démarche scientifique.

Références bibliographiques

Cariou J.-Y. (2001). La formation de l'esprit scientifique – trois axes théoriques, un outil pratique : DiPHTeRIC

Rapports IGESR (2023). La sensibilisation et la formation à la démarche scientifique de l'école élémentaire au doctorat

Perrenoud, P. (2013). La démarche scientifique à l'école : théories et pratiques.

Annexes

Annexe 1 : énoncés des activités des élèves

Séance 1 : mise en lumière des étapes d'une démarche scientifique

Activité 1 : étude documentaire sur les milieux de propagation d'un son.

Diverses étapes historiques de la construction du savoir sur les milieux de propagation d'un son

Les premières notions sur le son remontent à l'Antiquité, où des penseurs grecs tels que Pythagore et Aristote réalisèrent des études sur le son. À cette époque, les connaissances sur le son portaient davantage sur la musicalité des sons, et leur ressenti pour l'homme, que sur les concepts physiques.

Source : François Baskevitch, *Aristote et la physique des sons*, 2016

Au cours du XVII^e siècle, la démonstration de la nécessité d'un milieu quelconque pour la propagation du son fut réalisée en 1660 par le savant Anglais Robert Boyle. Il plaça une cloche sous un récipient en verre duquel il aspira l'air afin de créer un vide. Il activa alors un mécanisme simple pour faire sonner la cloche de l'intérieur du récipient. Aucun son ne fut entendu... Ensuite, il ajouta progressivement de l'air, et Boyle commença à entendre le son de la cloche. Cette expérience prouva qu'un son ne peut se propager qu'en présence d'un milieu. Cela révolutionna à l'époque la compréhension physique du son. L'expérience de la cloche à vide a été réalisée maintes fois depuis le XVII^e siècle.

Source : site [Wikipédia](https://fr.wikipedia.org/wiki/Expérience_de_la_cloche_à_vide)

Les travaux de scientifiques tels que Daniel Bernoulli et Leonhard Euler (XVIII^e) ont contribué à une compréhension plus approfondie des propriétés du son et de la nécessité d'un milieu matériel. Les modèles mathématiques ont commencé à émerger, décrivant les ondes sonores comme des variations de pression dans un milieu donné.

Au XIX^e siècle des expériences ont permis de préciser la propagation d'une onde selon le milieu choisi notamment grâce à Augustin-Jean Fresnel et Jean-Baptiste Biot.

Source : site [Wikipédia](https://fr.wikipedia.org/wiki/Expérience_de_Fresnel)

Au XX^e siècle, la théorie de la relativité d'Albert Einstein, a confirmé la nécessité d'un milieu matériel pour la propagation du son.

De nos jours, les connaissances établies au cours des siècles précédents restent pertinentes, mais les chercheurs explorent toujours des aspects spécifiques de la propagation du son dans divers milieux.

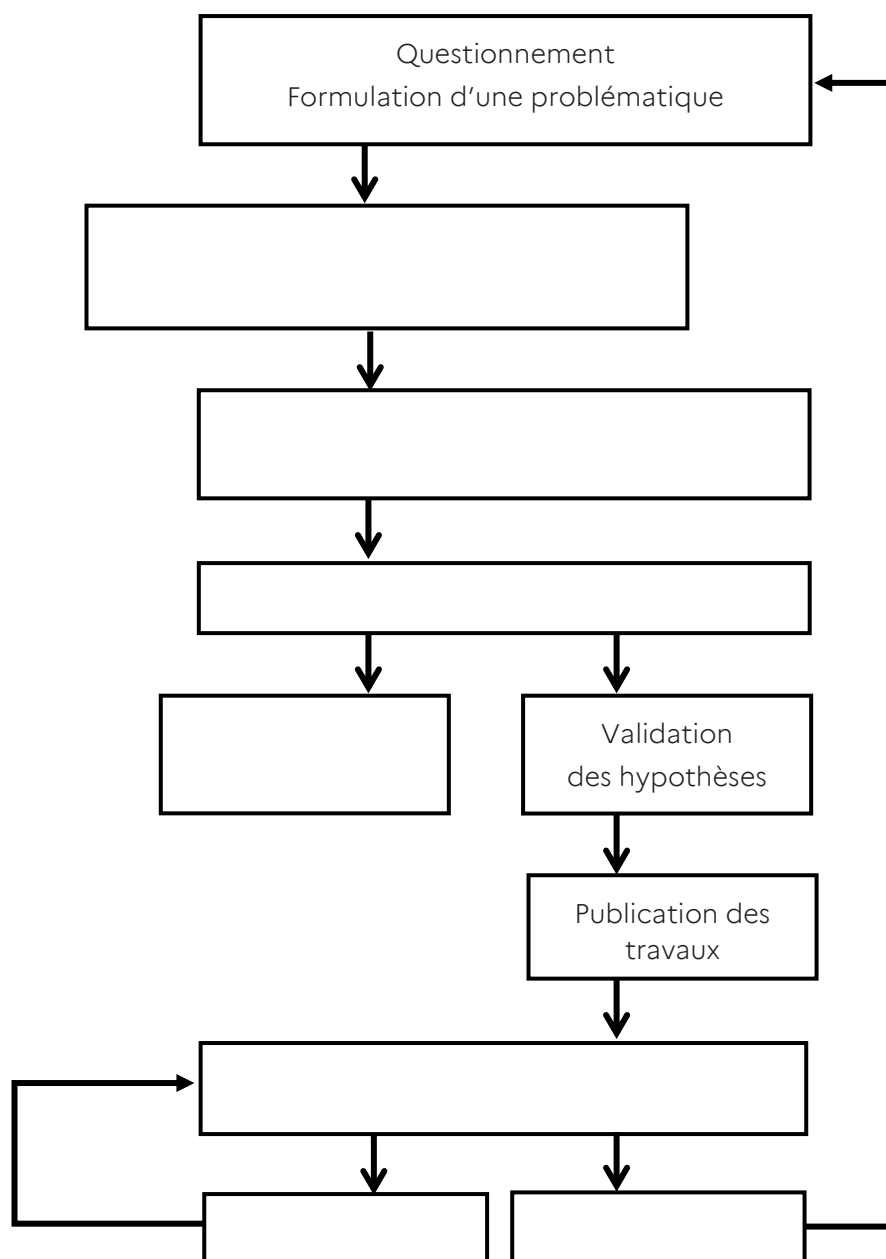
Consignes :

1. **Rédiger** la ou les questions qu'ont pu se poser les différents scientifiques avant de commencer leurs travaux sur le son.
2. **Expliquer** ce qu'a apporté chaque étape historique dans la construction du savoir sur la notion de milieu de propagation du son.
3. **Valider** si le savoir scientifique sur la propagation dans les milieux matériels est figé de nos jours.
4. **Écrire** la date à laquelle ce savoir scientifique a été remis en question depuis l'expérience de Boyle.
5. **Expliquer** les raisons pour lesquelles ce savoir scientifique peut être qualifié de « fiable ».

Activité 2 : Les étapes d'une démarche scientifique et leurs relations

Consigne : replacer les différentes étapes d'une démarche scientifique dans l'organigramme général

- Analyse des résultats
- Réfutation des hypothèses
- Relecture et reproduction des expériences par une autre équipe de chercheurs
- Réalisation d'expériences pour confronter les hypothèses à la réalité
- Consensus
- Emission d'hypothèses ou construction d'un modèle
- Controverse



Séance 2 : formalisation sous forme de diaporama interactif

À l'aide de l'organigramme réalisé dans l'activité 2, séance 1, construire un diaporama interactif.

Chaque rectangle de l'organigramme correspondra à une page du diaporama. Sur chaque page du diaporama, il y aura un élément interactif sur lequel on pourra cliquer pour réaliser le lien représenté par une flèche dans l'organigramme (qui renverra donc vers une autre page, la suivante ou une des précédentes selon l'organigramme).

Séance 3 : mise en pratique consciente d'une démarche scientifique

Observation empirique

Lorsqu'on s'éloigne d'une source sonore, le niveau d'intensité sonore diminue.

Consignes :

1. **Rédiger** une ou plusieurs questions qui pourraient découler de cette observation.
2. **Rédiger** ici le questionnement / la problématique retenu(e) par l'ensemble de la classe.
3. En utilisant le diaporama interactif réalisé précédemment, **répondre à la problématique** en pratiquant la démarche scientifique.

Attention, n'oubliez pas qu'il y a une phase de publication des travaux, vous devez donc prendre en note tous les éléments nécessaires à la reproduction de votre expérience et à la réfutation ou validation de vos hypothèses. Il est possible de réaliser un document au format numérique et d'y incorporer des photos de vos montages.

4. **Échanger** votre publication avec celle d'un autre groupe. Chaque groupe va lire la publication, refaire l'expérience proposée, valider les hypothèses ou non et conclure à un consensus ou une controverse.

Annexe 2 : éléments de correction

Séance 1 : mise en évidence des étapes d'une démarche scientifique

Activité 1 :

1. **Rédiger** la ou les questions qu'ont pu se poser les différents scientifiques avant de commencer leurs travaux sur le son.

Est-ce que le son se propage dans toutes les matières ?

Est-ce que certaines molécules atténuent / modifient / accélèrent la vitesse du son ?

Est-ce que le son peut se propager à l'infini ou est-ce qu'il y a une distance maximale ?

Est-ce que le son passe à travers l'atmosphère ?

Est-ce que le son peut se propager dans l'espace ?

2. **Expliquer** ce qu'a apporté chaque étape historique dans la construction du savoir sur la notion de milieu de propagation du son.

Antiquité : le son est modulable et possède des propriétés qui modifient la sensation perçue par l'oreille humaine.

XVII siècle : le son ne se propage pas dans le vide.

XVIII siècle : le son est modélisé par des lois mathématiques, le son se propage comme une onde, sa propagation dépend du milieu dans lequel il est émis.

XIX siècle : les propriétés des ondes sont précisées, le modèle est affiné.

XX siècle : une nouvelle théorie vient confirmer le savoir existant.

XIX siècle : des recherches sont en cours sur la propagation des ondes dans de nouveaux milieux.

3. **Valider** si le savoir scientifique sur la propagation dans les milieux matériels est figé de nos jours.

Non, le savoir n'est pas figé, il évolue encore de nos jours et pourrait être remis en question si une nouvelle théorie apparaît un jour dans le monde de la recherche scientifique.

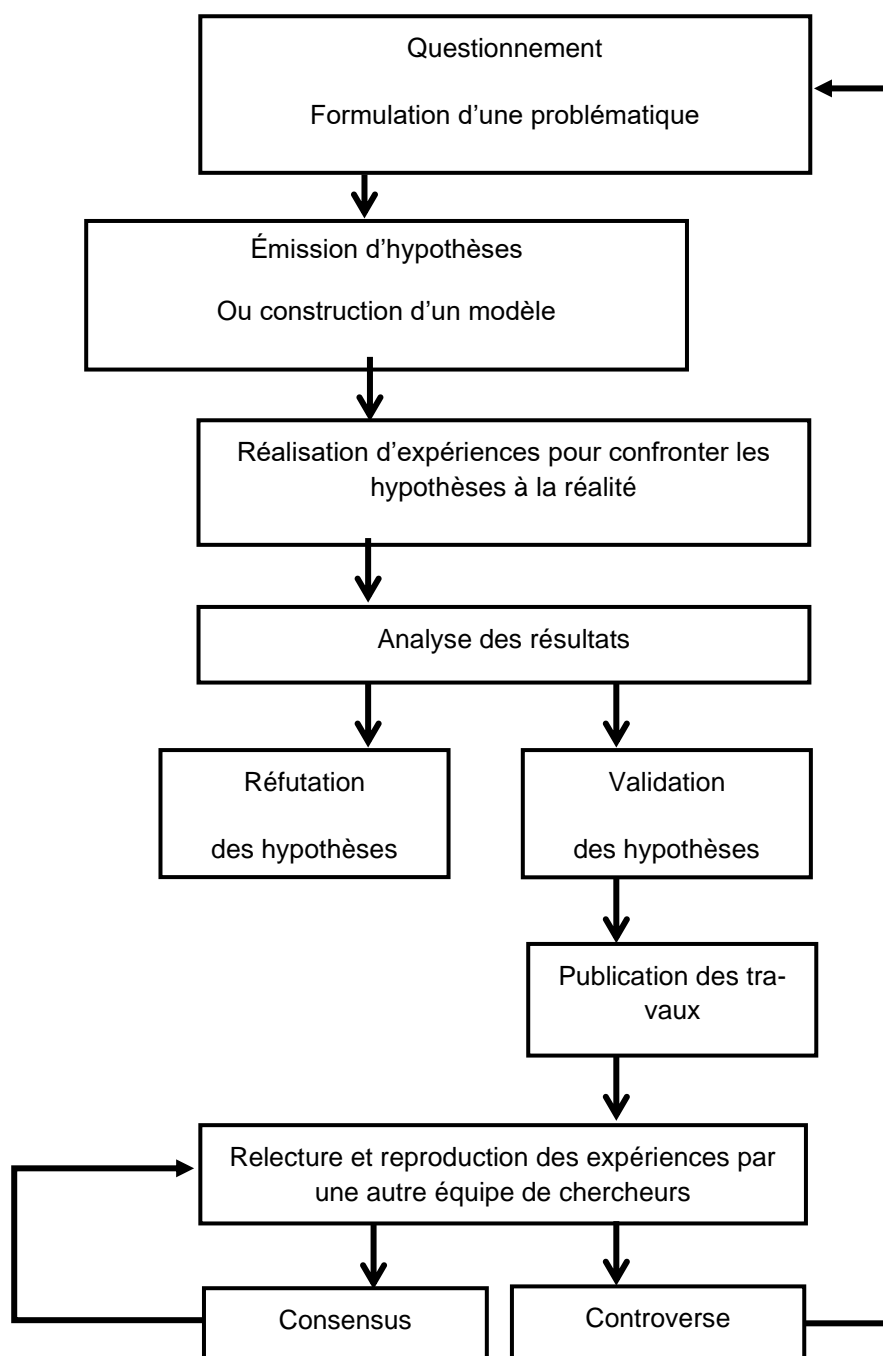
4. **Écrire** la date à laquelle ce savoir scientifique a été remis en question depuis l'expérience de Boyle.

Ce savoir scientifique a été remis en question à chaque siècle.

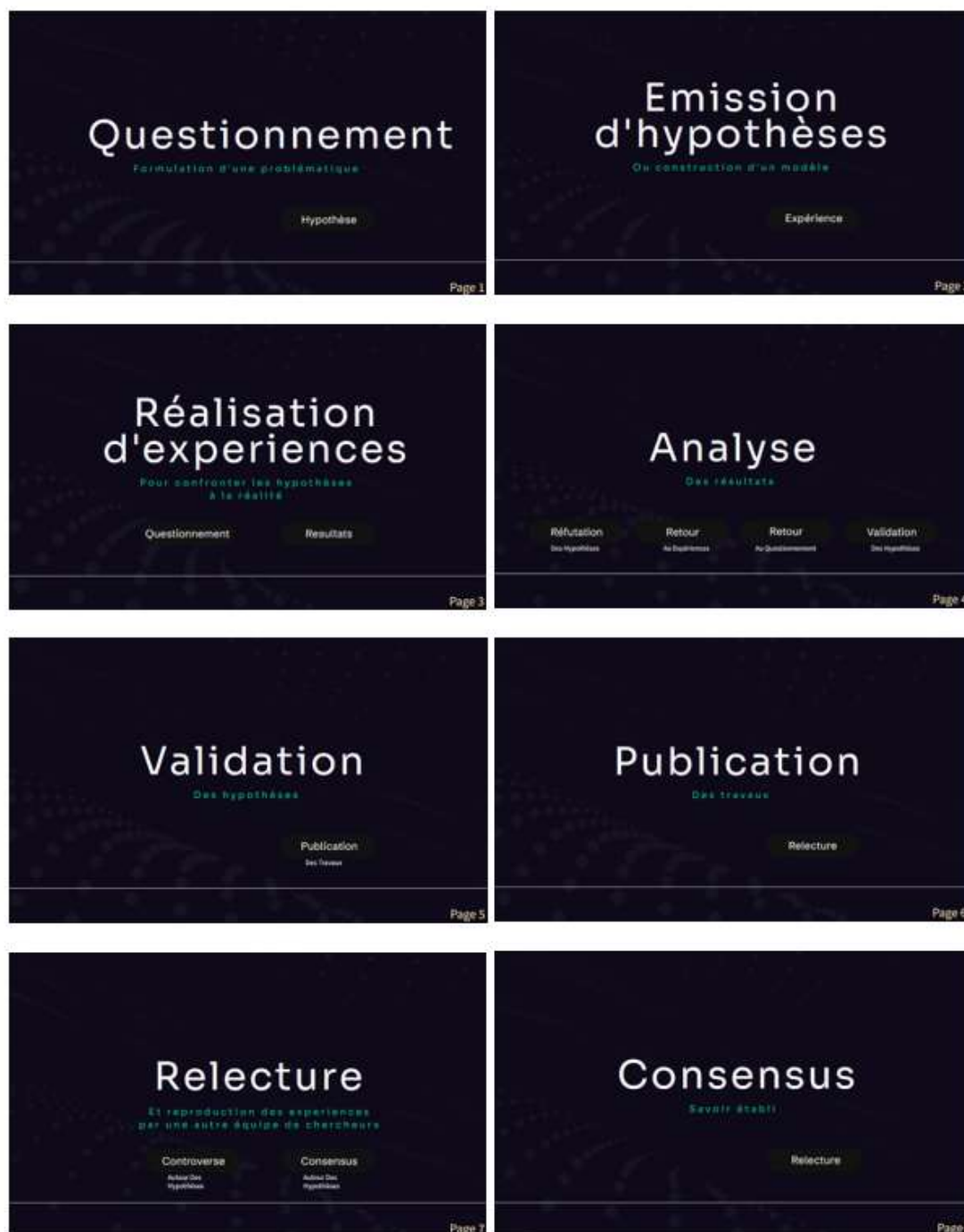
5. **Expliquer** les raisons pour lesquelles ce savoir scientifique peut être qualifié de « fiable ».

Ce savoir est fiable car il a été testé et validé par de nombreux chercheurs qui étaient des spécialistes de la physique. Tous les travaux ont conduit à un consensus et aucune expérience n'a pu remettre en cause la valabilité de ce savoir à ce jour.

Activité 2 :



Séance 2 : formalisation sous forme de diaporama interactif



Séance 3 : mise en pratique consciente d'une démarche scientifique

L'atténuation de l'intensité acoustique d'une onde sonore est de six décibels lorsque la distance avec la source est doublée.