

- RESSOURCE POUR LA CLASSE -

CYCLES 3 & 4

Les 1000 tours d'Edison

Le phonographe



Thématiques traitées

Energie, électricité, objet technique, histoire des sciences et des techniques, méthodes scientifiques

Résumé et objectifs

Lors de cette séquence, le professeur propose aux élèves de découvrir les sons qui les entourent d'abord par une écoute silencieuse puis en les mettant au défi de trouver le contenu de « boîtes à sons ». Les élèves s'approprient les différentes caractéristiques du son (hauteur, intensité, timbre). Cette séquence permet également d'aborder les inventions permettant de communiquer avec le son, de l'écrire, de le lire et de faire travailler les élèves sur la construction d'un récit historique à partir de preuves retrouvées dans des « archives ».

Disciplines engagées

Physique-Chimie et/ou Technologie et Histoire-Géographie

Auteure

Fatima Rahmoun

Partenaires

Académie Musicale de Villecroze, Ministère de l'Éducation Nationale, Radio France, Canopé

Remerciements

Henri Chamoux, Jean Matricon, Charlotte Marin, David Jasmin, Anne Lejeune, Guillaume Soto-Lena, Adrien Arrous, Marie-Lise Roux, Nicolas Chleffer

En amont de cette séquence

Avant de démarrer les activités scientifiques du projet *Les mille tours d'Edison*, il est intéressant d'avoir fait vivre aux élèves la séquence introductive « Le sorcier de Menlo Park » :

www.fondation-lamap.org/sorcier-menlo-park

Note scientifique préliminaire : le son et ses caractéristiques

(Pour aller plus loin, voir éclairage en fin de séquence.)

Le son est une onde mécanique : elle ne peut se propager que dans un milieu matériel comme l'air ou l'eau par exemple. D'autres types d'ondes n'ont pas besoin de matière pour se propager. La lumière visible est une onde électromagnétique qui peut se propager dans le vide. Un son est caractérisé par son timbre, sa hauteur, sa durée et son intensité. Le son correspond à la vibration de la matière.

Si, au cours du temps, le signal sonore est continu et perçu comme identique à lui-même, l'onde sonore est dite périodique. La fréquence correspond au nombre de fois que le signal se répète identique à lui-même en une seconde. Un « son musical » est une onde sonore périodique. Dans le cas d'un bruit, le signal produit n'est pas du tout périodique.

La fréquence d'une onde sonore est liée à la hauteur du son émis. Un son aigu correspond à une onde sonore dont la fréquence est élevée. Un son grave correspond à une fréquence basse. Dans cette séquence, de nombreuses expérimentations (étapes 2 et 3) permettent de s'approprier la notion de hauteur d'un son et les paramètres ayant une influence sur cette grandeur.

Un son pur est une onde sinusoïdale. Un son complexe correspond à une superposition d'une onde sinusoïdale de fréquence principale, dite fondamentale, et de nombreuses ondes sinusoïdales dont les fréquences sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale : elles sont dites harmoniques. Le timbre est produit par une combinaison d'harmoniques. Il est spécifique à un instrument. Dans cette séquence, on s'intéresse au timbre dans l'activité 3 de l'étape 3.

L'intensité (ou volume) et la durée du son sont abordés lors de l'écoute silencieuse de l'étape 1. L'amplification du son, traitée lors de l'étape 4, permet d'approfondir la notion d'intensité. Le volume d'un son correspond à l'amplitude de l'onde mécanique.

Etape 1 : Les « boîtes à sons »

Activité 1 : Mener l'enquête (1h 15)

Résumé

Objectif général : Apprendre à mener une démarche scientifique sur un phénomène qui échappe à l'observation directe.

Discipline : Physique-Chimie

Déroulé et modalités : Le professeur propose aux élèves de réaliser une écoute silencieuse des bruits de la classe. Il leur demande ensuite de déterminer le contenu des « boîtes à sons » sans les ouvrir et de concevoir des boîtes modèles pour valider leurs intuitions concernant le contenu des boîtes mystérieuses.

Durée : 25 min

Matériel pour l'ensemble de la classe :

- des matériaux solides en grains (par exemple : cailloux, billes de verre, vis, coquillages, marrons, riz, semoule, pois chiches, sable, lentilles, pièces de monnaie, sciure, haricots secs, céréales, plumes, coton) ou liquides (eau, compote) ;
- emballages alimentaires ou boîtes de balles de tennis (pour y mettre différents types de matériaux) de différentes tailles ;
- balances.

Messages à emporter

1/ Nous sommes entourés de sons.

2/ Les scientifiques utilisent des modèles pour représenter des phénomènes qu'ils ne peuvent pas observer directement.

En amont / préparation

La préparation des « boîtes à sons » prenant un peu de temps, il est recommandé de s'organiser à l'avance. Les boîtes peuvent être toutes identiques ou il est possible de travailler avec des boîtes

de formes différentes. Il est cependant impératif d'avoir des boîtes témoins identiques aux boîtes mystérieuses.

Il est possible d'utiliser des emballages alimentaires comme des paquets de gâteaux, des boîtes métalliques cylindriques (comme les boîtes de café moulu) et des boîtes en plastique utilisées par les traiteurs. Si les boîtes en plastique sont choisies et qu'elles sont transparentes et incolores, il est possible de les peindre. Il faut, par contre, peindre également les boîtes témoins pour éviter qu'un paramètre supplémentaire (absence ou présence de peinture) n'intervienne dans la modélisation. Des emballages identiques à ceux utilisés pour les « boîtes à sons » sont mis à disposition des élèves.

Note pédagogique

- Il est possible de ne donner que des boîtes identiques pour limiter le nombre de variables pour la comparaison.

Les boîtes doivent être bien fermées pour qu'on ne puisse pas les ouvrir facilement.

Il ne faut remplir les boîtes qu'avec un type d'objets ou de matière. Il est recommandé de peser les matières ou les objets introduits dans les boîtes, notamment les objets très légers. Sinon, la quantité d'objets légers pourrait s'avérer insuffisante pour être mesurée en utilisant les balances disponibles dans la classe.

Variante pour le cycle 4 : Pour des élèves plus âgés, remplir les « boîtes à sons » avec deux types d'objets ou matière.

Déroulé possible

Phase 1 : Ecoute silencieuse des sons qui nous entourent (10 min)

Pendant 3 minutes, l'enseignant demande aux élèves d'écouter, en silence, les sons qui les entourent. Suite à cette écoute, le professeur échange avec la classe et note au tableau les sons identifiés. Les élèves peuvent se concentrer sur les bruits de faible intensité lors de l'écoute silencieuse comme la respiration des voisins, les déplacements dans les étages supérieurs, le tic-tac de l'horloge ou les klaxons des voitures au loin dans la rue, etc.

L'enseignant peut poser les questions suivantes :

- Quels sont les sons que vous avez le plus entendus ?
- Qu'est-ce qui produisait ces sons ?
- Sont-ils proches ou éloignés ? Comment le savez-vous ?
- Sont-ils des sons forts ou faibles ? Des sons graves ou aigus ? Des sons courts ou longs ? Des sons agréables ou déplaisants ? Sont-ils continus ? Est-ce qu'ils s'arrêtent et recommencent ?

L'enseignant peut utiliser un tambourin qui permettra de préciser ces notions : demander aux élèves de lever la main lorsqu'ils n'entendent plus du tout le son émis par le tambourin. L'enseignant peut aussi arrêter les vibrations de la peau du tambourin pour stopper le son. Il peut utiliser une flûte pour émettre des sons aigus ou graves. Il peut également demander aux élèves de produire ces différentes sortes de sons avec leur voix.

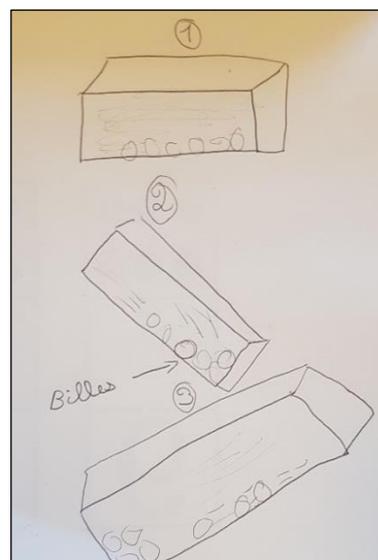
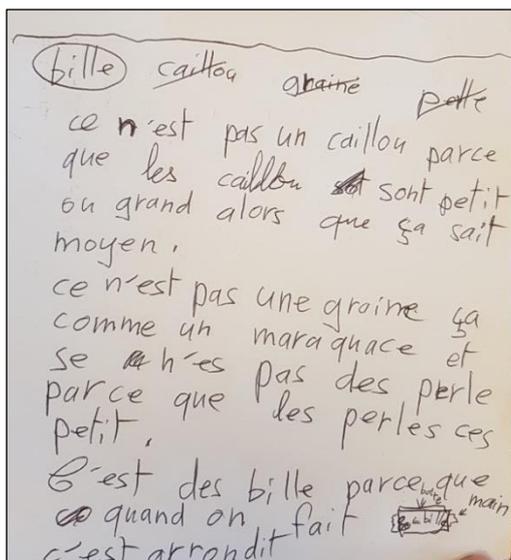
Phase 2 : « Boîtes à sons » (50 min)

Le professeur explique aux élèves qu'ils doivent déterminer ce qu'il y a dans la « boîte à sons » qui leur est confiée sans l'ouvrir ni la détériorer. Il distribue à chaque groupe de 3 à 4 élèves une « boîte à sons ». Pour des élèves de cycle 3, l'enseignant précise que la « boîte à sons » ne contient qu'une seule matière ou qu'un seul type d'objets. Avec des élèves de cycle 4, l'enseignant ne précise pas s'il y a différents types d'objets dans la boîte.

Notes pédagogiques

- Il est pertinent de confier des « boîtes à sons » différentes aux groupes. Certains peuvent néanmoins travailler avec des boîtes identiques. Cela permettra aux groupes ayant les mêmes boîtes de confronter leurs hypothèses et leur modèle et de voir s'ils sont arrivés aux mêmes conclusions.
- Pour une meilleure organisation, le professeur numérote les boîtes et note (pour mémoire) ce qu'il a mis à l'intérieur.

Les élèves observent les « boîtes à sons » en les écoutant, en les secouant, en les faisant rouler s'il s'agit de boîtes cylindriques ... Suite à cette exploration, ils émettent des hypothèses sur ce qu'il y a à l'intérieur.



A gauche, une élève agite la boîte-mystère pour collecter des indices. Au centre, les hypothèses d'un groupe. A droite, schéma du tâtonnement sur le contenu de la boîte - Classe de CM1/CM2 de Charlotte Marin (enseignante à Paris)

Le professeur met en commun les différentes hypothèses en échangeant avec la classe. Les élèves doivent expliquer pourquoi ils ont émis telle ou telle hypothèse. Ils peuvent par exemple indiquer « Nous pensons qu'il y a du riz dans cette boîte grâce au son que l'on perçoit quand on fait rouler la boîte. »

L'enseignant leur demande ensuite de créer une « boîte à sons » modèle qui se comporte de la même manière que l'originale. Les élèves demandent spontanément une boîte vide, identique à leur « boîte à sons ». Ils y glissent la matière qui semble se trouver dans la boîte-mystère. Les élèves ne pensent pas forcément d'eux-mêmes à la quantité de matière contenue dans la boîte. Pour les aider à améliorer leur proposition, le professeur leur pose la question : « comment s'assurer que nous avons bien la bonne quantité d'objets ou de matière dans notre boîte modèle ? ». Certains élèves expliquent qu'au son produit par la boîte, ils peuvent déterminer s'ils ont mis trop ou pas assez de matière. Le professeur leur demande alors de trouver une manière plus rigoureuse de trouver la bonne quantité. Certains élèves proposent d'utiliser une balance, de peser la « boîte à sons » et de peser la boîte modèle vide. Ils ajoutent alors la quantité d'objets ou de matière suffisante pour arriver à la même masse.

Puis, le modèle est testé et comparé à la « boîte à sons » mystérieuse pour voir s'il s'en rapproche.



Elèves de CM1/CM2 en train de créer leur boîte modèle - Classe de Charlotte Marin

Note pédagogique

- Si des boîtes en plastique transparentes et incolores ont été peintes pour devenir des « boîtes à sons », la masse de la peinture sur chaque boîte peut différer de quelques grammes. Si ce sont des objets qui ont été introduits dans ce type de boîtes (comme des rondelles en métal), les élèves peuvent se retrouver face à la difficulté de ne pas pouvoir déterminer la quantité de rondelles. Par exemple, trois rondelles peuvent peser moins lourd que la masse visée mais l'introduction de la quatrième rondelle peut entraîner un dépassement de quelques grammes. Si le cas de figure se présente, le professeur fera réfléchir les élèves à l'importance toute relative d'un ou deux grammes par rapport à la masse globale. Il pourra également leur préciser que les appareils de mesure ont une précision à un ou deux grammes près. Enfin, il pourra leur expliquer que la quantité de peinture utilisée pour rendre opaque les deux boîtes n'est pas forcément la même et que cette différence est peut-être perceptible sur la balance.

Conclusion (15 min)

L'enseignant revient sur ce qui a été mis en œuvre. Suite à un échange avec la classe, il propose une trace écrite qui peut être, par exemple, « *Nous sommes entourés de sons. Nous avons travaillé comme des scientifiques. En effet, nous avons observé puis émis des hypothèses sur l'origine du son de la boîte. Nous avons testé ensuite nos hypothèses en créant un modèle de la « boîte à sons » qui se rapproche le plus du contenu de la boîte, que nous ne pouvons pas observer directement.* »

Il est possible pour conclure la séance de choisir de ne pas ouvrir les « boîtes à sons » pour se rapprocher de ce que vivent les scientifiques au quotidien. En effet, les physiciens du CERN ne peuvent pas ouvrir la boîte des particules élémentaires pour vérifier que leur modèle est bon. Ce choix risque toutefois de provoquer une grande frustration chez les élèves. Il est à noter que le fait d'ouvrir la boîte permet aux élèves de s'autoévaluer.



***Ouverture de la boîte à son mystère et confrontation avec la boîte modèle -
Classe de CM1/CM2 de Charlotte Marin***

Etape 2 : Qu'est-ce que le son ?

Activité 1 : « Voir le son » (30 min)

Résumé

Objectif général : Tâtonner pour mieux définir ce qu'est le son.

Discipline : Physique-Chimie

Déroulé et modalités : Les élèves observent les vibrations d'un diapason à l'œil nu puis en utilisant une loupe. Ils plongent ensuite le diapason dans de l'eau et observent les vibrations qu'ils provoquent à la surface de l'eau.

Durée : 30 min

Matériel pour l'ensemble de la classe : un ou des diapason(s) de hauteurs différentes, quelques loupes à main, des récipient(s) remplis d'eau.

Message à emporter

Quand les objets vibrent, ils produisent du son. Certaines vibrations sont si petites et/ou si rapides qu'on ne peut les voir à l'œil nu mais on peut les mettre en évidence, en utilisant de l'eau par exemple.

Déroulé possible

Phase 1 : Chantons ! (5 min)

L'enseignant demande aux élèves de placer une main sur leur gorge et d'émettre le son « ahhh ». Un rapide échange avec la classe permet au professeur de mettre en commun ce que les élèves ont ressenti lorsqu'ils ont émis le son. Les élèves expliquent que « cela vibre » au niveau de leur gorge.

Phase 2 : Le diapason (15 min)

L'enseignant montre le diapason aux élèves. Il explique qu'il s'agit d'une pièce de métal qui a été fabriquée avec une forme particulière de telle sorte que, lorsqu'elle est frappée, elle produit toujours la même note de musique spécifique. Le professeur cogne le diapason sur un objet et

pose son extrémité sur une surface dure et solide. Il demande à la classe ce qu'un élève pourrait ressentir s'il touchait le diapason en train de produire un son puis teste avec un élève volontaire.



Elèves de CM1/CM2 observant les vibrations du diapason - Classe de Charlotte Marin

Si le professeur a pu se procurer plusieurs diapasons, il laisse les groupes d'élèves expérimenter par eux-mêmes et peut distribuer des loupes à main pour leur permettre de mieux observer les vibrations. Au bout de quelques minutes, il distribue un récipient rempli d'eau à chaque groupe d'élèves. Il leur explique qu'ils vont mener une expérience pour mieux observer les vibrations. Il leur propose alors de prédire ce qui va se passer lorsqu'ils vont plonger les deux branches du diapason dans l'eau après l'avoir frappé. Les élèves sont ensuite invités à mener l'expérience une première fois. Un échange rapide avec la classe permet au professeur de bien expliciter auprès de tous les élèves ce qu'il faut observer. Il peut poser les questions suivantes : « pourquoi l'eau nous éclabousse-t-elle ? », « pouvez-vous toujours entendre le son quand le diapason est dans l'eau ? », « que peut-on observer à la surface de l'eau quand les deux branches du diapason y plongent ? ».



Elèves de CM1/CM2 plongeant le diapason dans l'eau - Classe de Charlotte Marin

Note pédagogique

- Si le professeur n'a pas réussi à se procurer suffisamment de diapasons, il peut diffuser la vidéo « Vibrations d'un diapason » du site *La physique à main levée* phymain.unisciel.fr/vibrations-dun-diapason/

Conclusion (10 min) :

L'enseignant revient sur ce qui a été mis en œuvre lors de l'activité. Suite à un échange avec la classe, il propose une trace écrite qui peut être, par exemple, « *Quand les objets vibrent, ils produisent du son. Certaines vibrations sont si petites et/ou si rapides qu'on ne peut les voir à l'œil nu mais on peut les mettre en évidence, en utilisant de l'eau par exemple.* ».

Le professeur peut conclure cette activité en diffusant une des deux vidéos suivantes pour montrer une autre manière de « voir » le son :

- www.youtube.com/watch?v=iglGQGEDHAg&feature=youtu.be
- www.youtube.com/watch?v=Q3oltpVa9fs

Activité 2 : Produire des sons différents avec une même matière (30 min)

Résumé

Objectif général : Apprendre à mener une démarche scientifique. S'approprier une caractéristique du son.

Discipline : Physique-Chimie

Déroulé et modalités : Les élèves expérimentent le « touillettophone » et produisent des sons de hauteurs différentes.

Durée : 30 min (+ 10 min d'exercice d'entraînement à la séance suivante)

Matériel pour l'ensemble de la classe : bâtonnets de glace, touillettes, piques à brochettes, baguettes chinoises.

Pour l'exercice d'entraînement : des bouteilles en verre plus ou moins remplies d'eau et/ou des tubes de même matière, de même diamètre mais de longueurs différentes.

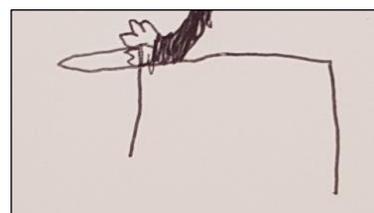
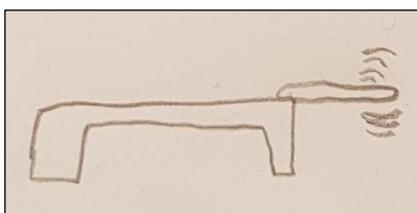
Message à emporter

La taille d'un objet a une influence sur la hauteur du son qu'il produit quand on le fait vibrer.

Déroulé possible

Phase 1 : Produire un son avec un objet simple (5 min)

Le professeur distribue à chaque groupe d'élèves un bâtonnet de glace ou une touillette. Il demande aux élèves de produire des sons avec cet objet. Les élèves tâtonnent : ils tapent avec le bâtonnet ou la touillette sur la table puis pensent à le faire vibrer.



*Elèves de CM1/CM2 en train de manipuler et dessins de leurs expérimentations -
Classe de Charlotte Marin*

Variante : Il est possible de travailler l'influence de la longueur de l'objet vibrant sur la hauteur du son avec des séries de tubes sonores (si l'établissement en possède de longueurs et de couleurs différentes). Chaque couleur correspond à un son et les élèves remarquent rapidement que la longueur du tube a une influence sur la hauteur du son (grave ou aigu). En tapant ou en laissant tomber le tube sur le sol, on obtient des sons différents aussi.

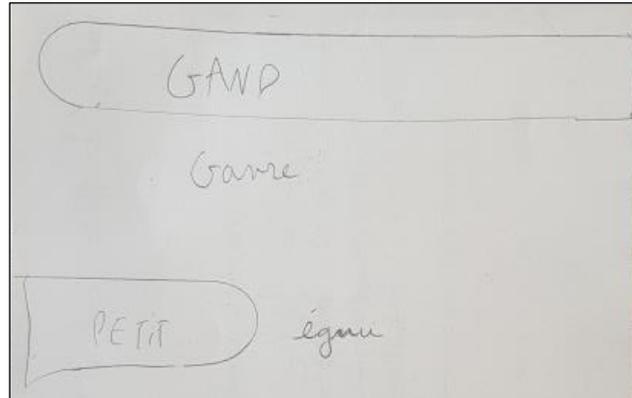
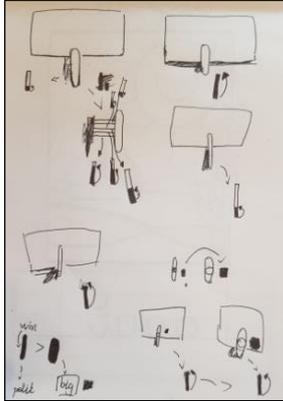
Phase 2 : Le « touillettophone » (10 min)

Après un bref échange avec la classe pour s'assurer que tous les élèves ont compris comment produire un son avec le bâtonnet, le professeur propose de trouver un moyen de modifier le son émis par les vibrations du bâtonnet. Les élèves tâtonnent puis finissent par se rendre compte que la longueur du bâtonnet influence le son produit.

Pour modifier la longueur qu'ils souhaitent faire vibrer, les élèves posent le bâtonnet sur le bout de la table, bloquent une partie du bâtonnet d'une main et font vibrer la partie laissée libre. Ils testent plusieurs longueurs de bâtonnets et se rendent compte qu'ils obtiennent des sons très différents.

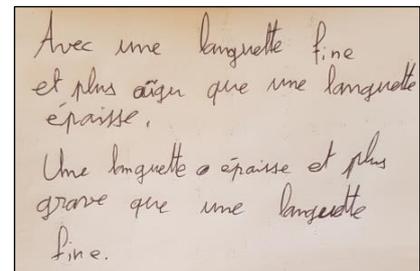
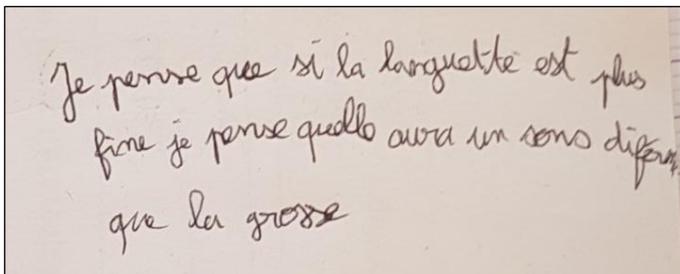


Manipulations à réaliser



Dessins de « touillettophones » - Classe de CM1/CM2 de Charlotte Marin

L'enseignant peut alors distribuer d'autres types de « languettes » (touillettes, piques à brochettes, baguettes chinoises) pour permettre aux élèves de continuer leurs explorations sonores. Il demande aux élèves de prédire la hauteur du son qu'ils vont obtenir avant chaque expérimentation.



Prédictions puis résultats d'un groupe – classe de CM1/CM2 de Charlotte Marin

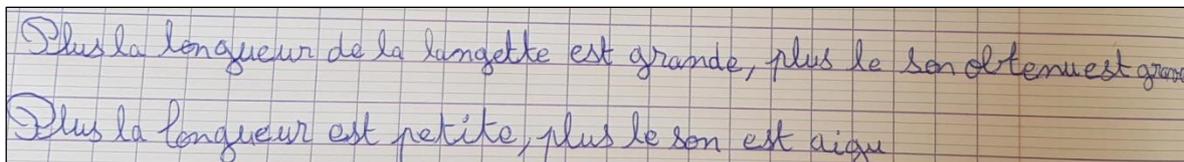
Note scientifique

- Les expérimentations permettant de relier la taille des bâtonnets et la hauteur du son obtenu ne sont valables que si le matériau est le même pour tous les bâtonnets. Les élèves doivent comprendre qu'il est possible que de grandes baguettes faites dans un autre matériau puissent avoir un son plus aigu que celui obtenu avec de petites baguettes en bois. Il faut garder à l'esprit que de nombreux facteurs entrent en jeu pour modifier la hauteur du son.

Conclusion (10 min)

L'enseignant revient sur ce qui a été mis en œuvre lors de l'activité. Suite à un échange avec la classe, il propose une trace écrite qui peut être, par exemple, « Plus la longueur de la languette qui est mise en vibration est grande, plus le son obtenu est grave. Plus la longueur de la languette qui est mise en vibration est petite, plus le son obtenu est aigu. ».

Il est possible de laisser une trace écrite dans la classe pour pouvoir s'y référer, si nécessaire lors de la séance suivante.



Note pédagogique pour le cycle 4

- Le professeur précise que la hauteur du son est liée à la fréquence. Un son grave correspond à une fréquence basse. Pour un son aigu, la fréquence est élevée.

Prolongements possibles :

- Si le professeur en trouve une, il peut être intéressant d'ouvrir une boîte à musique et de montrer aux élèves que leur « touillettophone » fonctionne sur le même principe. Il peut également apporter une Kalimba (ou senza ou piano à pouces).
- Pour le cycle 4, il est possible d'enregistrer les sons produits et de les observer en utilisant le logiciel gratuit Audacity. Les élèves peuvent alors mesurer la fréquence de chaque son produit par le « touillettophone » et relier de façon quantitative la hauteur du son à la longueur du bâtonnet.

Exercices d'entraînement :

- Au début de la séance suivante, le professeur montre des bouteilles en verre remplies plus ou moins d'eau et explique qu'il va taper dessus avec une tige en métal. Il demande aux élèves de prédire le type de sons qui va être obtenu en se basant sur les résultats obtenus avec les « touillettophones ». S'il réussit à se procurer suffisamment de bouteilles, les groupes peuvent tâtonner en autonomie. Sinon, il propose à un élève volontaire de tester « l'instrument ». Plus la bouteille est remplie d'eau, plus le son obtenu est grave. On peut reformuler le bilan précédent de la manière suivante : « *plus il y a de matière qui vibre, plus le son obtenu est grave.* »
- Si on choisit de souffler dans les bouteilles, ce sont les bouteilles les moins remplies d'eau qui produisent les sons les plus graves. En effet, il s'agit ici de faire vibrer l'air contenu dans la bouteille, et non l'eau et la bouteille
- Il est également possible de travailler sur le diamètre et la longueur des « tubes » d'une flûte de Pan maison. Dans le cas des instruments à vents, on fait vibrer la colonne d'air. Plus la colonne d'air est grande, plus la hauteur du son obtenu est basse.

Etape 3 : De quoi dépendent les sons que nous produisons ?

Activité 1 : Hauteur du son et tension de la corde (45 min)

Résumé

Objectif général : Apprendre à mener une démarche scientifique. S'approprier une caractéristique du son.

Discipline : Physique-Chimie

Déroulé et modalités : Les élèves expérimentent une « guitare maison » et produisent des sons de hauteurs différentes en modifiant la tension de la corde de l'instrument.

Durée : 45 min

Matériel pour chaque groupe d'élèves : une planche trouée et des chevilles ou une « planche cloutée », un élastique.

Message à emporter

La tension d'un objet a une influence sur la hauteur du son qu'il produit quand on le fait vibrer.

Déroulé possible

Phase 1 : Rappel de l'étape précédente (5 min)

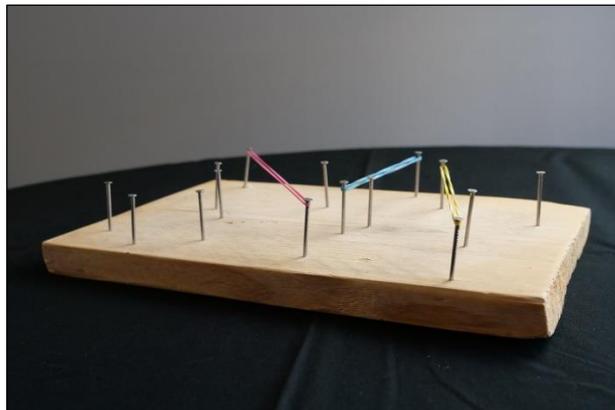
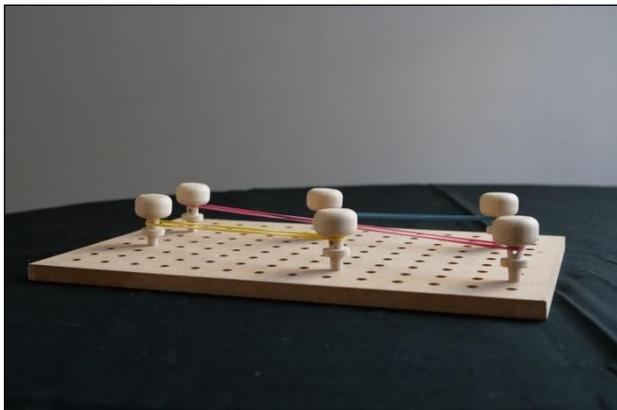
Le professeur demande aux élèves de lui expliquer ce qu'ils ont appris sur le son. S'ils n'en parlent pas, l'enseignant rappelle qu'à la séance précédente, ils ont découvert que la longueur d'un objet a une influence sur la hauteur du son qu'il produit quand on le fait vibrer. Il réexplique que :

- si la languette possède une grande dimension, elle produit un son grave si on la fait vibrer ;
- si la languette possède une petite dimension, on obtient un son aigu.

Il propose alors aux élèves de chercher si d'autres paramètres ont une influence sur la hauteur du son. Il peut leur demander d'émettre des idées sur les paramètres à tester ou simplement leur annoncer qu'ils vont s'intéresser à la tension de l'élastique dans cette activité.

Phase 2 : Expérimentations autour de la tension de l'élastique (20 min)

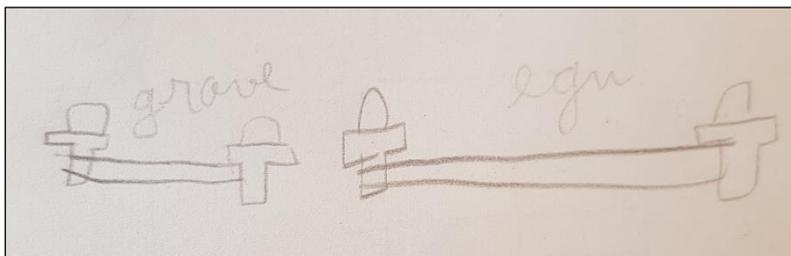
L'enseignant explique que les élèves vont maintenant expérimenter avec une « guitare maison ».



Le matériel qu'il est possible d'utiliser pour les expérimentations.

S'il utilise le matériel présenté sur la photographie de gauche, l'enseignant installe un élastique sur une planche percée à l'aide de deux chevilles tout en expliquant aux élèves comment s'y prendre. Il présente les règles de sécurité : quand les élèves veulent étirer un élastique en augmentant la distance entre les chevilles, ils doivent d'abord enlever l'élastique avant de déplacer une des chevilles, puis rattacher l'élastique. Le professeur distribue ensuite le matériel aux groupes.

L'enseignant demande aux élèves de produire des sons graves et des sons aigus avec le même élastique. Les élèves tâtonnent et se rendent assez vite compte qu'il faut modifier la tension de l'élastique pour modifier la hauteur du son qu'il produit. Lors de ce tâtonnement, comme on travaille avec l'élastique entier, on considère que la longueur totale de la corde de la guitare ne varie pas.

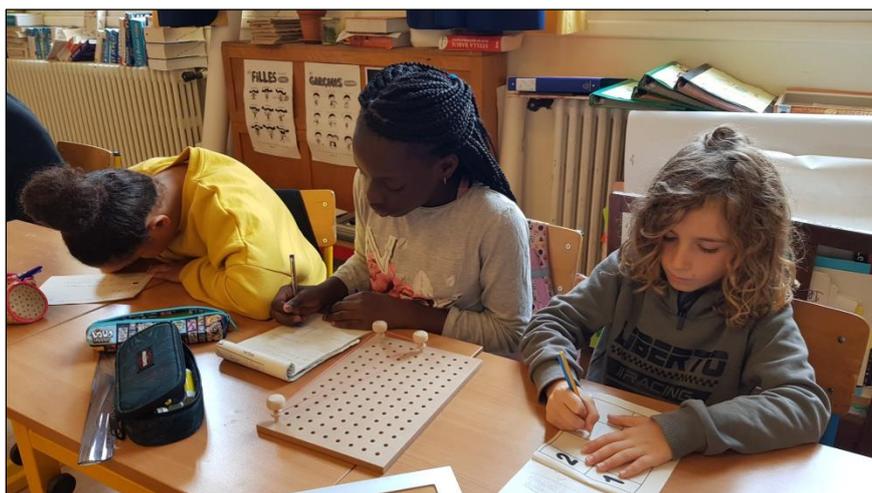


Les élèves consignent les résultats de leur tâtonnement - Classe de CM1/CM2 de Charlotte Marin.

Note pédagogique

- Pendant que les élèves travaillent, ils peuvent trouver que chaque côté d'un élastique enroulé autour de deux chevilles ont des hauteurs différentes. Ceci arrive parfois lorsque les élastiques « collent » aux chevilles, de sorte que la tension de l'élastique n'est pas constante sur toute sa longueur.

L'enseignant explique qu'un segment d'un élastique se réfère à la longueur de l'élastique entre deux chevilles. Par exemple, un élastique enroulé autour de trois chevilles présente 3 segments. Il lance alors le défi : « disposer les élastiques de manière à ce que les instruments créés avec les planches percées obtiennent au moins 3 hauteurs de son différentes lorsqu'on pince les élastiques. ». Si certains groupes finissent avant les autres, l'enseignant leur demande de produire un instrument capable de produire cinq hauteurs de son.



Les élèves consignent les résultats de leur tâtonnement - Classe de CM1/CM2 de Charlotte Marin.

Notes pédagogiques

- Avec le matériel utilisé, il y a trop de variables pour pouvoir faire des conclusions spécifiques. Il est toutefois possible de conclure que lorsque la tension de l'élastique change, les vibrations et les sons font de même.
- Il est difficile de montrer de façon rigoureuse l'influence de la tension de l'élastique sur la hauteur du son. En effet, un élève ne peut pas pincer un élastique toujours de la même manière et avec la même force. Il peut être pertinent de préciser aux élèves que répéter plusieurs fois les mêmes essais par le même élève puis, par d'autres élèves du groupe, permet de diminuer les aléas expérimentaux de cette phase de tâtonnement.

Phase 3 : Observer les vibrations à l'œil nu puis à la loupe (10 min)

L'enseignant demande aux élèves de décrire le mouvement des élastiques suivant la hauteur du son. Les élèves reprennent leur tâtonnement en se concentrant sur l'observation des vibrations produites.

Note pédagogique

- Bien que les différences de vibrations puissent être difficiles à voir, il est évident que le mouvement d'un élastique produisant un son très grave est plus facile à observer que celui produit par un son très aigu. Il est pertinent de proposer aux élèves de travailler sur les cas extrêmes pour pouvoir mieux observer les différences entre les vibrations.

Conclusion (10 min)

L'enseignant revient sur ce qui a été travaillé lors de cette activité. Suite à un échange avec la classe, il propose une trace écrite qui peut être, par exemple, « *Quand la corde est tendue, les vibrations de la corde sont très rapides et le son obtenu est aigu. Les vibrations d'un son aigu sont très rapides. Les vibrations d'un son grave sont lentes.* »

Exercice d'entraînement :

Le professeur propose aux élèves de vérifier sur un autre type d'instrument de musique ce qu'ils viennent de conclure pour la guitare. Il est possible pour cela de travailler sur la tension de la peau d'un tambour maison.

Prolongement :

- Pour le cycle 4, il est possible d'enregistrer les sons produits et de les observer en utilisant le logiciel gratuit Audacity. Les élèves peuvent alors mesurer la fréquence de chaque son produit par la guitare et relier de façon quantitative la hauteur du son à la tension de la corde.

Activité 2 : Hauteur du son et matériau de la « corde » (30 min)

Résumé

Objectif général : Apprendre à mener une démarche scientifique. S'approprier une caractéristique du son.

Discipline : Physique-Chimie

Déroulé et modalités : Les élèves expérimentent une « guitare maison » et produisent des sons de hauteurs différentes en modifiant la nature du matériau qui la constitue.

Durée : 30 min

Matériel pour chaque groupe d'élèves : une planche trouée et des chevilles ou une « planche cloutée », des élastiques, du fil de nylon, de la corde, de la ficelle...

Message à emporter

Le matériau d'un objet a une influence sur la hauteur du son qu'il produit quand on le fait vibrer.

Déroulé possible

Expérimentation autour du matériau (20 min)

L'enseignant propose aux élèves de vérifier l'influence du matériau de la corde d'une guitare sur le son obtenu quand on la pince.



Des élèves écoutent le son produit par des cordes faites en différents matériaux - Classe de CM1/CM2 de Charlotte Marin

Notes pédagogiques

- Avec le matériel utilisé, il y a trop de variables pour pouvoir faire des conclusions spécifiques. Il est toutefois possible de conclure que lorsque le matériau change, les vibrations et les sons font de même.
- Il est difficile de montrer de façon rigoureuse l'influence du matériau de la corde sur la hauteur du son. En effet, en plus des problématiques liées au pincement non reproductible traitées à l'activité 1, il est difficile de ne faire varier qu'un seul paramètre (ici la nature du matériau) en ne faisant pas varier également la longueur ou la tension de la corde. Il faut donc bien sensibiliser les élèves au fait que leurs expérimentations sont loin d'être rigoureuses.

Conclusion (10 min)

L'enseignant revient sur ce qui a été travaillé lors de cette activité. Suite à un échange avec la classe, il propose une trace écrite qui peut être, par exemple, « *Quand on modifie la nature de la corde de la guitare, le son obtenu est différent. Le type de matériau utilisé semble avoir une influence sur le son produit.* »

Exercice d'entraînement :

Le professeur propose aux élèves de vérifier sur un autre type d'instrument de musique ce qu'ils viennent de conclure sur la guitare. Il est possible pour cela de travailler sur le matériau qu'on utilise pour la peau du tambour et/ou le corps du tambour. Il est également possible de se questionner sur l'influence du matériau des « tubes » de la flûte de Pan. Dans le cas des instruments à vents, on fait vibrer la colonne d'air. Plus la colonne est grande, plus la hauteur du son est basse.

Prolongements :

- Il est intéressant de réaliser une gamme avec un des instruments maison, comme le font les élèves de cette classe : chercheursenherbe.crdp-lorraine.fr/spip.php?article503
- Pour le cycle 4, il est possible d'enregistrer les sons produits et de les observer en utilisant le logiciel gratuit *Audacity*.

Activité 3 : Le timbre (20 min pour le cycle 3 – 50 min pour le cycle 4)

Résumé

Objectif général : Apprendre à mener une démarche scientifique. S'approprier une caractéristique du son.

Discipline : Physique-Chimie

Déroulé et modalités : L'enseignant fait écouter la même note jouée par différents instruments pour introduire la notion de timbre. Les élèves de cycle 4 analysent les signaux obtenus à l'aide du logiciel *Audacity*.

Durée : 20 min pour le cycle 3 ou 50 min pour le cycle 4

Matériel pour l'ensemble de la classe : un ordinateur sur lequel est installé le logiciel Piano Virtuel Midi, des enceintes.

Pour chaque groupe d'élèves de cycle 4 : un ordinateur sur lequel sont installés les logiciels *Audacity* et *Piano Virtuel Midi*.

Message à emporter

Le timbre d'un son est spécifique à un instrument de musique. Pour une même hauteur de son, des instruments différents ne « sonnent » pas de la même manière.

Déroulé possible

Phase 1 (commune aux cycles 3 et 4) : Ecoute de notes jouées avec des instruments différents (10 min)

Le professeur propose aux élèves d'écouter une même note jouée par différents instruments de musique. S'il n'a pas accès à plusieurs instruments, il peut télécharger le logiciel gratuit Piano Virtuel Midi.

Il demande alors aux élèves s'ils perçoivent une différence entre les sons joués par les instruments. Les élèves essaient d'explicitier les différences ressenties même si cela leur semble difficile. Les sons se ressemblent mais ne « sonnent » pas tout à fait de la même manière. Le professeur explique alors que les sons purs, comme ceux produits par un diapason, ne sont composés que d'un seul son, le fondamental. Par contre, une note de musique produite par un piano est la somme d'un son fondamental et de nombreux autres sons, les harmoniques. Il précise que les sons qu'ils ont écoutés ont la même hauteur mais que, suivant l'instrument utilisé, ils sont plus ou moins riches en harmoniques. Il précise que le timbre d'un instrument dépend du nombre d'harmoniques qu'il produit quand on en joue et de l'intensité des différentes harmoniques.

Conclusion (10 min)

L'enseignant revient sur ce qui a été travaillé lors de cette activité. Suite à un échange avec la classe, il propose une trace écrite qui peut être, par exemple, « *Le timbre d'un son est spécifique à un instrument de musique. Pour une même note, des instruments différents ne « sonnent » pas de la même manière.* »

Phase 2 (en cycle 4): Observation de signaux produits par différents instruments (30 min)

Lors de cette phase, les élèves travaillent en binômes en salle informatique. Le professeur leur demande d'analyser le signal émis par une même note jouée par différents instruments en utilisant le logiciel gratuit *Audacity*. Les élèves observent que les signaux obtenus sont des signaux périodiques de même fréquence mais que le motif qui se répète est différent suivant l'instrument utilisé. Les élèves rédigent un compte-rendu numérique en insérant des copies d'écran des signaux obtenus en utilisant *Audacity*. Ces comptes rendus sont corrigés par le professeur pour la séance suivante et servent de trace écrite pour cette activité.

Prolongement possible :

- Pour aller plus loin sur la notion de timbre, consulter le projet « Conception et programmation d'un synthétiseur », *123...codez ! Tome 2*
www.fondation-lamap.org/node/60781

Etape 4 : Des inventions liées au son

Activité 1 : Le son pour communiquer à distance (45 min)

Résumé

Objectif général : Concevoir un protocole expérimental qui ne fait varier qu'un paramètre à la fois.

Disciplines : Physique-Chimie et/ou Technologie

Déroulé et modalités : Les élèves découvrent les objets techniques liés au son mentionnés dans l'opéra pour enfants. Ils s'intéressent dans un premier temps au téléphone.

Durée : 45 min

Matériel pour chaque élève : une photocopie des Fiches 1 et 2.

Pour l'ensemble de la classe : de quoi écouter de la musique, le fichier musical de l'opéra (à télécharger sur le site [Musique prim](#)), des pots de yaourts ou des gobelets en plastique et en carton, des boîtes de conserves (percées pour faire passer la corde), des fils de différentes natures et de différents diamètres, des compas ou des vrilles, des règles, des paires de ciseaux

Messages à emporter

1/ Il est possible de communiquer à distance en utilisant le son. Des objets techniques ont été développés pour cela. Thomas Edison n'a pas inventé le téléphone mais a amélioré cette invention en mettant au point le microphone.

2/ Pour pouvoir comparer deux expériences, les scientifiques ne font varier qu'un seul paramètre à la fois.

Déroulé possible

Phase 1 : Ecoute de la chanson (15 min)

L'enseignant fait écouter à la classe la chanson *Téléphone et microphone* et distribue ou fait distribuer la Fiche 1P. Il pose la question : « quels sont les objets techniques sur lesquels a travaillé Thomas Edison ? ». Pour les élèves qui en ont besoin, le professeur peut préciser qu'un

objet technique est un objet fabriqué par les êtres humains pour répondre à un besoin. Il peut citer quelques objets techniques qui se trouvent dans la salle pour illustrer son propos.

A la fin de la phase d'écoute, un échange rapide entre le professeur et la classe permet de lister les objets techniques cités dans la chanson : téléphone, microphone, phonographe et gramophone. L'enseignant distribue ou fait distribuer la Fiche 2P qui présente des illustrations de ces inventions.

Il demande aux élèves d'essayer d'expliquer la fonction des quatre objets techniques cités. Si nécessaire, il précise que chercher la fonction d'un objet technique revient à se poser la question : « A quoi sert cet objet ? ». Un échange avec la classe permet de préciser que :

- un téléphone permet de communiquer à distance,
- un microphone permet de convertir des signaux sonores en signaux électriques,
- un phonographe permet d'écrire (enregistrer) et lire (restituer) le son,
- un gramophone permet de lire (restituer) le son.

Le professeur demande aux élèves si Thomas Edison a inventé le téléphone d'après la chanson. Si besoin, la chanson est réécoutée et/ou les paroles parcourues de nouveau. L'enseignant propose alors une trace écrite qui peut être, par exemple, « *Il est possible de communiquer à distance en utilisant le son. Des objets techniques ont été développés pour cela. Thomas Edison n'a pas inventé le téléphone mais a amélioré cette invention en mettant au point le microphone.* »

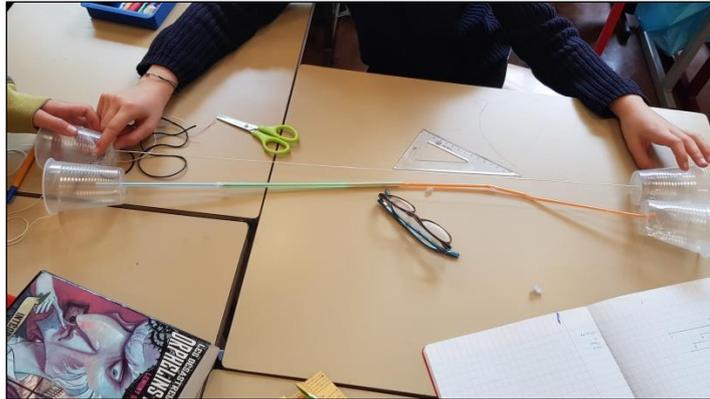
Phase 2 : Approche expérimentale (15 min)

L'enseignant précise aux élèves que le téléphone est un objet technique qui permet de convertir des signaux sonores en signaux électriques et que ce sont les signaux électriques qui se propagent dans les câbles. Il annonce que les élèves vont travailler sur un objet qu'ils ont déjà rencontré dans leur enfance « le yaourtophone ».



Le professeur met au défi les élèves de concevoir le « yaourtophone » le plus performant. Un échange rapide avec la classe permet de préciser ce qu'on entend par « performant » pour cet objet : il faut que les signaux sonores réussissent à se propager et à arriver jusqu'au récepteur.

Le professeur montre le matériel disponible et les groupes d'élèves émettent des hypothèses sur la capacité des matériaux à propager le son. L'enseignant peut leur demander s'il vaut mieux que le fil dans lequel se propage le son soit tendu ou relâché, incurvé ou rectiligne.



***Des élèves s'assurent que les deux « yaourtophones » fabriqués sont comparables. -
Classe de CM1/CM2 de Charlotte Marin.***

Phase 3 : Mise en commun (10 min)

Le professeur demande à chaque rapporteur de présenter les expériences menées par son groupe et le paramètre qui a varié entre les deux tests. Les élèves doivent également indiquer s'ils ont trouvé les bons matériaux pour que le son se propage efficacement.

Conclusion (5 min)

L'enseignant revient sur ce qui a été mis en œuvre lors de l'activité. Suite à un échange avec la classe, il propose une trace écrite qui peut être, par exemple, « *Pour pouvoir comparer deux expériences, les scientifiques ne font varier qu'un seul paramètre à la fois.* »

Prolongement pour le cycle 4 :

- Pour aller plus loin sur l'utilisation du son pour communiquer, il est possible de recréer l'expérience du microphone de Hugues en utilisant une pile, trois clous (ou du charbon de cornue ou des mines de crayon) et un vieux combiné téléphonique.

Activité 2 : Amplifier le son (40 min)

Résumé

Objectif général : Apprendre à mener une démarche scientifique. S'approprier les caractéristiques du son.

Discipline : Physique-Chimie

Déroulé et modalités : A partir de la photographie d'un phonographe, les élèves s'interrogent sur la fonction du pavillon et travaillent sur les solutions techniques permettant d'amplifier le son.

Durée : 40 min

Matériel pour l'ensemble de la classe : ordinateur et vidéoprojecteur (ou photocopies de la Fiche 2P), des grandes feuilles cartonnées de plusieurs épaisseurs (pour réaliser les porte-voix), des cartons et des boîtes en métal (pour réaliser des caisses de résonance), des planches trouées et des chevilles ou des « planches cloutées », des élastiques.

Message à emporter

Pour obtenir un son de plus grand volume, il faut soit apporter plus d'énergie (par exemple, parler plus fort), soit utiliser une caisse de résonance.

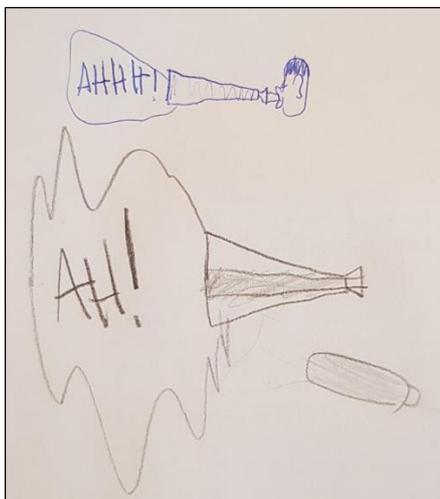
Déroulé possible

Phase 1 : Situation initiale (5 min)

L'enseignant projette la photographie de la Fiche 2P qui présente un phonographe. Il montre le pavillon sur la photographie et demande aux élèves la fonction de cette partie de l'objet. Les élèves trouvent assez facilement que le pavillon sert à amplifier le son. Le professeur met au défi les élèves de trouver d'autres moyens d'amplifier le son.

Phase 2 : Approche expérimentale (25 min)

Pendant 3 minutes, les élèves notent individuellement à l'aide de mots, de phrases complètes ou de dessins, schémas, croquis, ce qui leur vient à l'esprit pour relever le défi. Ils rédigent leurs idées dans leur cahier de sciences. Le maître du temps (un élève de la classe) prévient le professeur quand le temps imparti est terminé. Puis, le professeur demande aux élèves volontaires de présenter leurs solutions.



En faisant plus de bruit.

endurer le son les vibrations

Pour amplifier notre voix il faut crier ou prendre un micro.

Idées d'élèves de CM1/CM2 - Classe de Charlotte Marin

Pour amplifier le son, les élèves pensent à parler très fort ou à crier. Ils proposent également d'utiliser des porte-voix. Si les élèves n'y pensent pas d'eux-mêmes, le professeur peut mentionner les instruments de musique et demander aux élèves si une partie de leur structure permet d'amplifier les sons qu'ils produisent. Il est aussi possible d'utiliser un diapason, de le faire vibrer dans l'air puis de le poser sur une table. L'utilisation de caisses de résonance est alors prise en compte dans les solutions possibles.

A partir de cette mise en commun, les groupes d'élèves sont invités à tester une ou plusieurs solutions techniques :

- rechercher les meilleures surfaces pour amplifier le son produit par un diapason ;
- rechercher la forme ou la matière qui permet d'obtenir un porte-voix performant ;
- comparer le son produit par une guitare maison avec ou sans caisse de résonance ;
- comparer le son produit par une guitare maison avec le son produit par un élastique (de même longueur, de même matière, de même tension) entourant une boîte métallique (type boîte de gâteaux) ou une boîte en carton (type paquet de mouchoirs).

Note pédagogique

- Attention à ne pas créer trop de confusion dans la tête des élèves. La hauteur du son est déterminée par la fréquence des vibrations et le volume d'un son par leur amplitude (voir éclairage en fin de séquence). Si vous pincez une corde avec plus de force, les vibrations sont plus grandes mais la fréquence reste la même. Les élèves pourraient confondre les vibrations de basses fréquences qui provoquent des sons graves, avec les vibrations plus

grandes qui font des sons plus forts. Dans les deux cas, les vibrations sont plus visibles ou peuvent être senties plus facilement.

Note scientifique

- Le diapason a sa propre hauteur de son quand il vibre. La hauteur de son est fonction du type de matière et de la quantité de matière dont est fait le diapason. S'il fait vibrer un objet différent en même temps que lui, le son est plus fort parce qu'il y a plus de matière vibrante, mais le tout vibre avec la même hauteur de son que celle du diapason. Si un diapason plus gros est utilisé, il aura sa propre hauteur de son qui sera plus basse, parce qu'il y a plus de matière dans l'objet qui produit les vibrations. Si ce diapason plus grand fait vibrer un autre objet (par exemple, la table) avec lui, le volume du son augmentera tandis que la hauteur de son restera la même que celle du diapason seul.

Conclusion (10 min)

L'enseignant revient sur ce qui a été mis en œuvre lors de l'activité. Suite à un échange avec la classe, il propose une trace écrite qui peut être, par exemple, « *Pour obtenir un son de plus grand volume, il faut soit apporter plus d'énergie (par exemple, parler plus fort), soit utiliser une caisse de résonance ou utiliser un pavillon ou un porte-voix. Dans certaines matières, le son se propage mieux.* »

Prolongement possible :

- Pour mieux communiquer, on peut amplifier le signal sonore ou améliorer l'acoustique de la pièce dans laquelle on se trouve soit en absorbant le son (panneaux acoustiques absorbant), soit en l'empêchant de passer (matériaux réverbérants). Sur ce thème, l'enseignant peut disposer d'un éclairage scientifique en consultant la vidéo *Tout sur l'acoustique* de la série *I phyz good* de David Louapre à l'adresse suivante : www.youtube.com/watch?time_continue=5&v=mVLKQWImJH8&feature=emb_logo

Activité 3 : Ecrire et lire le son (1h10)

Résumé

Objectif général : Comprendre le fonctionnement d'un objet technique.

Disciplines : Physique-Chimie et/ou Technologie

Déroulé et modalités : Les élèves se familiarisent avec le fonctionnement du phonographe. Ils observent un disque vinyle à l'œil nu puis à l'aide d'une loupe. Enfin, le professeur propose de lire un disque en utilisant une épingle et un gobelet en plastique.

Durée : 1h10

Matériel pour l'ensemble de la classe : un ordinateur relié à Internet et vidéoprojecteur, des loupes, un tourne-disque, un disque, un gobelet et une épingle.

Message à emporter

Il est possible de laisser une trace des vibrations du son sur un support matériel et de le lire ensuite. C'est ce que fait le phonographe.

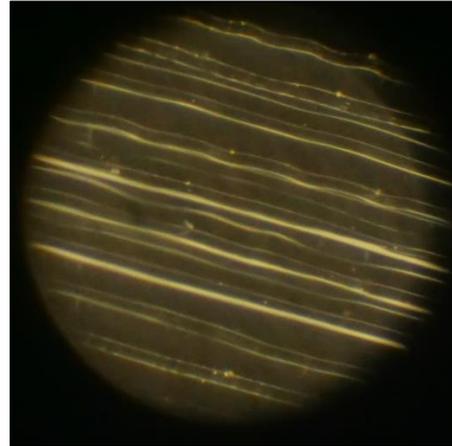
Déroulé possible

Phase 1 : Comment fonctionne le phonographe ? (20 min)

Le professeur fait visionner la vidéo *Le Phonographe à feuille d'étain* qui se trouve à l'adresse www.youtube.com/watch?v=167OSB1M7_U. Il demande alors aux élèves d'expliquer ce qu'ils ont compris du fonctionnement du phonographe.

Phase 2 : Observer les traces du son (20 min)

L'enseignant propose aux élèves d'observer à l'œil nu ou à l'aide d'une loupe les traces du son. Dans le cas le plus probable où il n'y a qu'une seule loupe et qu'un seul disque disponible dans la salle de classe, le professeur se concentre sur les deux élèves qui manipulent pendant que le reste de la classe travaille en autonomie, par exemple sur une activité documentaire. Ainsi, tous les élèves pourront manipuler chacun leur tour tout en permettant à l'ensemble de la classe de travailler sur d'autres compétences. Il est également possible de projeter ce que l'on observe.



Observation à la loupe binoculaire d'un disque vinyle. Grossissement x40.

Phase 3 : Lire le son (20 min)

Le professeur annonce aux élèves qu'ils vont pouvoir lire un disque en utilisant une épingle et un gobelet. Dans le cas le plus probable où il n'y a qu'un seul tourne-disque et qu'un seul disque disponible dans la salle de classe, le professeur adopte le même fonctionnement qu'à la phase 2.



Des élèves de CM1/CM2 en train de lire le son - Classe de Charlotte Marin.

L'enseignant explique aux élèves que les sillons du disque font vibrer doucement l'aiguille qui fait vibrer le fond du gobelet puis les molécules d'air. Ces vibrations sont ensuite amplifiées par le cône du gobelet.

Note pédagogique

- Si le professeur n'a pas réussi à se procurer de tourne-disque, il peut diffuser la vidéo « Ecouter un disque avec un gobelet en plastique » du site *La physique à main levée* à l'adresse : phymain.unisciel.fr/ecouter-un-disque-avec-un-gobelet-en-plastique/

Prolongement possible :

- Certains élèves proposent de taper avec un bâton les rayons d'une roue de bicyclette que l'on fait tourner. Il est également possible de faire glisser un bâton sur un carton ondulé plus ou moins vite.

Conclusion (10 min)

L'enseignant revient sur ce qui a été mis en œuvre lors de l'activité. Suite à un échange avec la classe, il propose une trace écrite qui peut être, par exemple, « *Il est possible de laisser une trace des vibrations du son sur un support matériel et de le lire ensuite. C'est ce que fait le phonographe.* ».

Fiche IP : Chanson 4 >> *Microphone et téléphone*

VOIX DU CHŒUR (A PARTAGER)

Grâce au perfectionnement du télégraphe, Edison fonde sa première entreprise. Mais à cette époque, les Etats-Unis continuent de s'agrandir et on recherche un moyen de communication encore plus rapide, et plus fiable. Edison est à moitié sourd à cause d'une scarlatine contractée lorsqu'il était enfant... Qu'à cela ne tienne : le voici lancé dans le téléphone ! (Le chœur : Driiiiing ! Driiiiing !...)

Il fallait mettre au point un nouvel appareil
 Qui aurait comme nous une bouche et une oreille
 Pour le dire autrement, un télégraphe parlant
 Qui transmette les informations plus rapidement...

Or convertir la voix en signaux électriques
 Ça c'était un exploit, un défi historique
 Quelques-uns l'avaient fait, mais ce fut Edison
 Qui su améliorer vraiment le téléphone !

Allo, allo, mais oui
 Que ferait-on aujourd'hui
 Sans cette idée formidable
 On n'aurait pas de portables !

Dire que c'est un homme sourd
 Qui nous a joué ce tour :
 Dév'lopper le téléphone
 Sacré Thomas Edison !

Soudain d'une ville à l'autre, et dans tout le pays
 On pouvait s'appeler, ça vous changeait la vie
 Quel est votr' numéro ? Appelez-moi jeudi.
 Allo opérateur ? Donnez-moi Miami !

Madame n'est pas là, je vous passe Monsieur
 Ah c'était une erreur, un appel mystérieux
 Pouvez-vous me parler ? La ligne est-elle sûre ?
 Rappelez-moi plus tard, il y a de la friture !

Allo, allo, mais oui
 Que ferait-on aujourd'hui
 Sans cette idée formidable
 On n'aurait pas de portables !

Dire que c'est un homme sourd
 Qui nous a joué ce tour :
 Développer le téléphone
 Sacré Thomas Edison !

Puisque la voix humaine peut ainsi voyager
 N'y aurait-il pas un moyen de l'enregistrer ?
 Capturer ses nuances et ses intonations
 Gravés sur une feuille sous forme de sillon ?

Cette machine qui parle, elle pourrait
 chanter
 Reproduire tous les sons, les sons du
 monde entier
 Que l'on écouterait tranquillement chez soi
 Que serions-nous c'est fou, sans cette
 machine-là ?

Allons, allons, mais oui
 Que ferait-on aujourd'hui
 Sans cette idée fantastique
 Pour écouter de la musique ?

Dire que c'est un homme sourd
 Qui nous a joué ce tour :
 Ça décoiffe, l'invention du phonographe !

Comme quoi il n'y a pas
 Fatalité ni loi
 Avec un homme, comme Edison
 Comme quoi il n'y a pas
 Fatalité ni loi
 Maintenant le monde sonne, sonne, sonne !

Fiche 2P Les objets techniques mentionnés dans la chanson 4



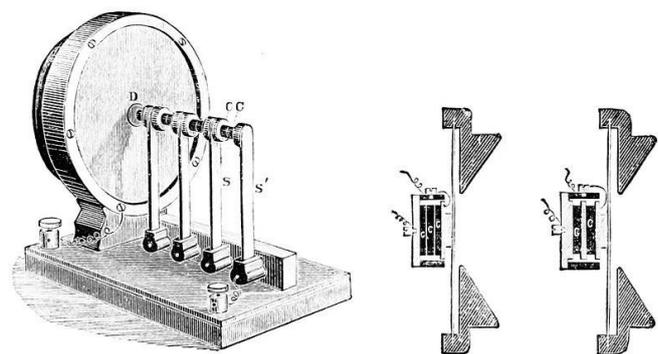
Un phonographe



Un gramophone



Un téléphone (modèle datant de 1944)



Dessin du microphone d'Edison (datant de 1878-1879)

Etape 5 : Histoire de l'invention du phonographe

Activité : A qui doit-on le phonographe ? (1h15 à 1h30)

Résumé

Objectif général : Multiplier les observations pour construire une connaissance (ici, il s'agit « d'observer des preuves historiques »). Faire la différence entre histoire et mémoire.

Disciplines : Histoire-géographie et Physique-Chimie et/ou Technologie

Déroulé et modalités : Dans le contexte d'un jeu de rôle où ils incarnent des équipes d'historiens, les élèves essaient de construire le récit de l'invention du phonographe. Ils formulent des hypothèses quant à son inventeur, à partir de « documents d'archives ». Ils confrontent alors les différents récits historiques de la classe. Le professeur valide le récit en le comparant au récit admis.

Durée : 1h 15 à 1h 30

Matériel pour chaque groupe d'élèves : une photocopie des Fiches 3P et 4P, trois enveloppes, une grande affiche type feuille de paper board ou feuille A3, un ou des feutres.

Messages à emporter

1/ Quand nous souhaitons en savoir plus sur l'histoire d'un objet technique, nous devons multiplier les sources d'informations, chercher le plus d'indices possibles et les croiser pour en vérifier la cohérence.

2/ Tout le monde pense que Thomas Edison est le seul inventeur du phonographe mais il y a eu d'autres inventeurs avant lui. Scott de Martinville a créé le phonographe et a enregistré la première chanson. Charles Cros a imaginé le paléophone qui devait pouvoir enregistrer puis lire le son mais il ne l'a pas fabriqué. L'histoire correspond à ce qui s'est réellement passé, et ce qu'on appelle « la mémoire » à ce que l'on retient de l'histoire en la simplifiant.

En amont / préparation

- Imprimer, pour chaque groupe d'élèves, un exemplaire de la Fiche 3P au format A3 et un exemplaire de la Fiche 4P.
- A partir de la Fiche 4P, découper 6 documents. Pour plus de diversité, il est possible de créer d'autres « documents d'archives » en utilisant des encyclopédies d'innovations ou de découvertes.
- Pour chaque groupe, constituer trois enveloppes. Attention ! Veiller à ce que les enveloppes données aux groupes ne comportent pas exactement les mêmes documents de la Fiche 4P (et que chaque groupe ait bien des documents différents, dans chaque enveloppe). Ainsi, ils réaliseront l'intérêt de partager leurs connaissances, entre groupes, et ne seront pas seulement en concurrence.
 - Enveloppe 1 : 3 documents,
 - Enveloppe 2 : 2 documents,
 - Enveloppe 3 : 1 document.

Déroulé possible

Phase 1 : Situation déclenchante (10 min)

L'enseignant fait écouter de nouveau à la classe la chanson *Téléphone et microphone* puis pose la question suivante : « à qui doit-on le phonographe ? ». Les élèves répondent tous en cœur que c'est Thomas Edison qui en est l'inventeur. Le professeur demande alors aux élèves de lui donner une preuve de ce qu'ils avancent. Les élèves citent les paroles de la chanson. Un échange démarre sur la véracité du contenu des chansons et des œuvres poétiques. Les élèves reconnaissent assez rapidement que le contenu d'une chanson n'est pas forcément réaliste. Le professeur annonce alors aux élèves que, comme des historiens, ils vont faire le tour de plusieurs salles d'archives (à travers le monde) à la recherche de preuves permettant d'attribuer l'invention du phonographe à M. Edison. Après étude de leurs trouvailles, ils devront construire le récit de l'invention et le présenter à leurs pairs. Les élèves se divisent en petits groupes (de 2 à 4 élèves). Chaque groupe reçoit un exemplaire de la Fiche 3P au format A3 et représente une équipe d'historiens assignée à une salle d'archives.

Phase 2 : 3 jours de recherches (30 min)

Note pédagogique

- Avant de donner les enveloppes aux élèves, le professeur peut expliciter le nom des différentes inventions dont on parle dans les documents (phonographe, phonographe, paléophone) ou travailler avec les élèves sur l'étymologie de ces mots.

Jour 1 : L'enseignant remet à chaque groupe l'enveloppe 1. Les élèves prennent connaissance des documents, cherchent à les identifier et à extraire les informations pertinentes pour leur recherche en s'aidant de la Fiche 3P. Certaines informations ne sont pas disponibles dans les documents. Le tableau de la Fiche 3P n'est que partiellement rempli.



Le n'est pas Thomas Edison.
 On pense que c'est Edouard Léon Scott.

Charles le Gros

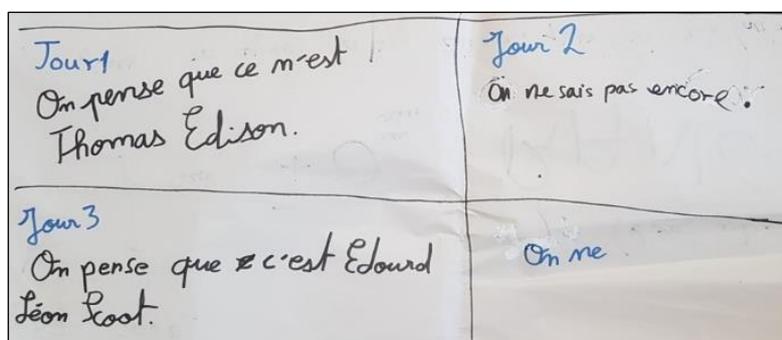
**A gauche, des élèves de CM1/CM2 découvrent les documents du jour.
 A droite, les hypothèses sur l'inventeur du phonographe - Classe de Charlotte Marin.**

Jour 2 : Chaque groupe reçoit l'enveloppe 2. Les historiens en herbe reprennent l'activité de construction, en intégrant les nouvelles trouvailles à celles du jour précédent.

Jour 3 : Le troisième jour dans la salle des archives, l'enseignant apporte l'enveloppe 3. Les « chercheurs » ont maintenant beaucoup de matériel. Il vaut mieux prendre le temps de bien réfléchir.

Notes pédagogiques

- Il est intéressant que le professeur prenne le temps de bien expliciter que certaines preuves historiques recueillies les jours 2 et 3 ont obligé les élèves à réviser leurs positions initiales.

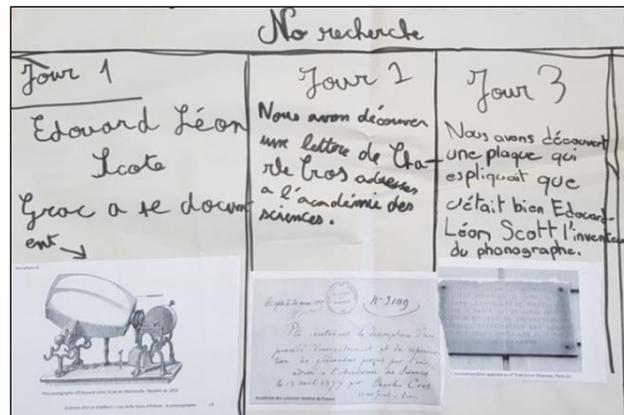


- L'enseignant peut préciser aux élèves qu'il faut bien faire attention à l'origine et à la qualité des sources documentaires. En effet, certains documents sont des originaux et sont donc des sources primaires d'informations. D'autres sont des documents rédigés à partir d'originaux et sont des sources secondaires. L'information la plus fiable est souvent celle contenue dans les sources primaires mais les sources secondaires sont souvent plus faciles à comprendre et plus faciles d'accès. Le professeur garde à l'esprit que certaines sources primaires ne sont pas toujours fiables (les publicités, les correspondances personnelles...).

Phase 3 : Mise en commun des données et confrontation des hypothèses (20 à 35 min)

Jour 4 : Le moment est venu de rentrer à l'université. Chaque groupe doit préparer sa réponse à la question « à qui doit-on le phonographe ? » et doit apporter une ou plusieurs preuves pour justifier sa réponse.

Jour 5 : Une mise en commun est organisée pour comparer les différentes réponses. Puis, une affiche est préparée par chaque groupe pour présenter sa réponse et la preuve qui la justifie. Certains groupes utilisent la légende des documents pour prouver leur hypothèse sur l'inventeur du phonographe, d'autres s'appuient sur les dates mentionnées.



Note pédagogique

- Certains groupes changent leur réponse suite à la mise en commun et la découverte de nouvelles preuves historiques présentées par les rapporteurs des autres groupes. Le professeur peut prendre le temps de présenter la démarche de ces groupes à la classe lors de la conclusion de l'activité.

Variante de la phase 3 :

Jour 4 : Le moment est venu de rentrer à l'université. Le groupe prépare la présentation du récit de l'invention du phonographe. Ils préparent une affiche qui présente la chronologie des découvertes liées à l'écriture et à la lecture du son.



Des élèves en train de produire leur affiche - classe de CM1/CM2 de Charlotte Marin.

Jour 5 : Une mise en commun est organisée pour comparer les récits partiels. Chaque groupe présente sa construction et la classe entière compare et discute les récits présentés.



A gauche, un groupe s'entraîne à présenter le récit construit. A droite, deux élèves présentent le récit partiel de l'invention devant la classe - Classe de CM1/CM2 de Charlotte Marin.

Conclusion (15 min)

Le professeur explique aux élèves qu'ils ont construit une partie du récit de l'invention du phonographe et qu'il faut maintenant agencer toutes les contributions des groupes pour pouvoir construire le récit complet puis le confronter au récit admis par la communauté des historiens. L'enseignant réalise donc la synthèse des différents récits et propose le récit complet (voir notes scientifiques en fin d'activité et éclairages historique et scientifique en fin de séquence).

Le professeur échange avec la classe sur ce qui semble important à retenir à la fin de cette activité. Voici un exemple de trace écrite possible suite à cet échange : *« Quand nous souhaitons en savoir plus sur l'histoire d'un objet technique, nous devons multiplier les sources d'informations, chercher le plus d'indices possibles et les croiser pour en vérifier la cohérence. Tout le monde pense que Thomas Edison est le seul inventeur du phonographe mais il y a eu d'autres inventeurs avant lui. Scott de Martinville a créé le phonautographe et a enregistré la première chanson. Charles Cros a imaginé le paléophone qui devait pouvoir enregistrer puis lire le son mais il ne l'a pas fabriqué. L'histoire correspond à ce qui s'est réellement passé, et ce qu'on appelle « la mémoire » à ce que l'on retient de l'histoire en la simplifiant. »*

Notes scientifiques

- Les groupes d'élèves ne construisent pas des récits complets mais partiels. C'est pourquoi leurs productions sont en fait plutôt des monographies. La synthèse des récits partiels des élèves mise en œuvre par le professeur correspond au récit historique.
- Les documents proposés dans la Fiche 4P n'ont pas tous le même statut. Certains documents sont des preuves historiques (documents A, B, C, E, F, G, H et I) car ils ont été produits à l'époque de Thomas Edison. Le document D est un récit construit à partir de documents historiques.
- Pour pouvoir travailler sur la différence histoire-mémoire, il pourrait être intéressant de préparer des enveloppes pour un groupe qui ne travaillerait que sur la mémoire, avec des documents du type plaque commémorative, articles d'encyclopédie...

Prolongement possible :

- En cours de SVT au cycle 4, il est possible de faire travailler les élèves sur une séquence dédiée à Charles Darwin : www.fondation-lamap.org/fr/node/64899.

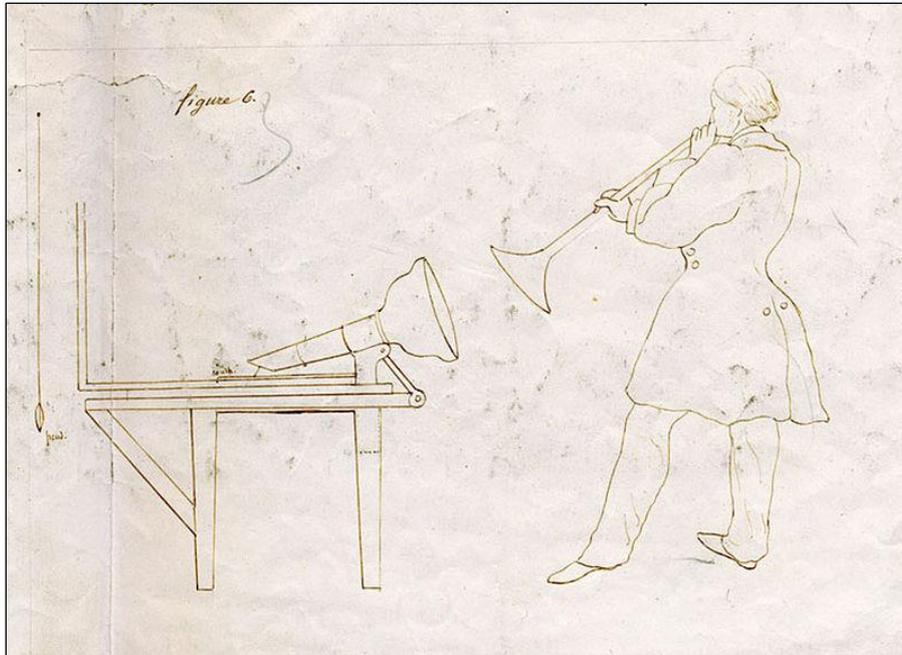
Fiche 3P : Carnet de recherches historiques

	Titre du document	Date de publication	Qui est mentionné ?	Pays d'origine du document	Qu'est-ce que nous avons appris grâce au document ?
Jour 1					
Jour 1					
Jour 1					
Jour 2					
Jour 2					
Jour 3					

Fiche 4P : Documents trouvés dans les archives



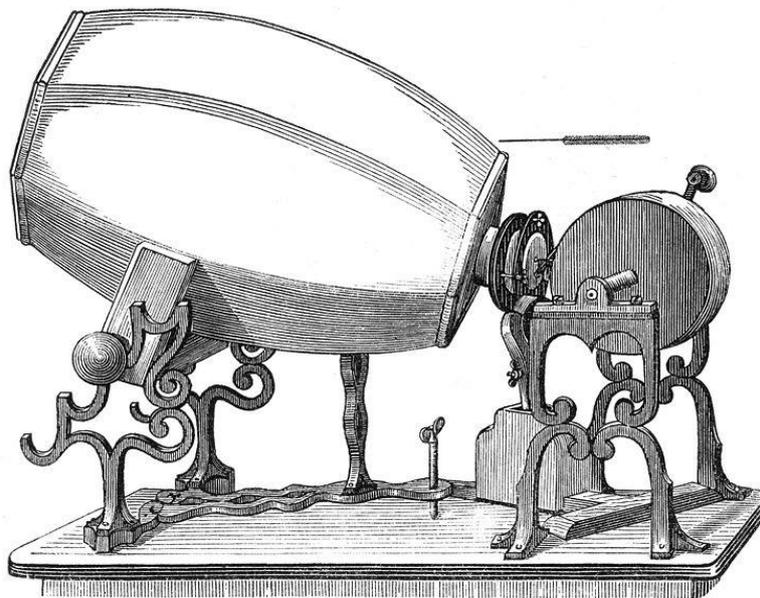
Document A



*Dessin d'une séance d'enregistrement sur phonautographe,
Page 6 du brevet n°31470 déposé par Scott de Martinville le 24 mars 1857*



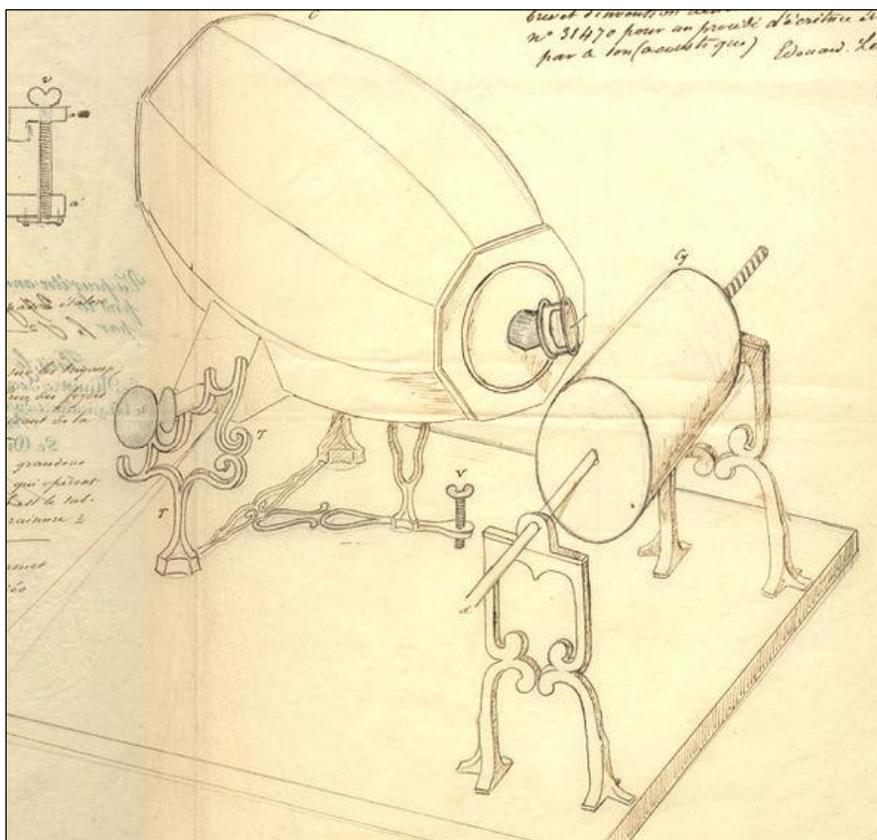
Document B



Phonautographe de Scott de Martinville. Modèle de 1859



Document C



Certificat d'addition au brevet n°31470 décrivant le phonautographe de Scott de Martinville, datant du 29 Juillet 1859



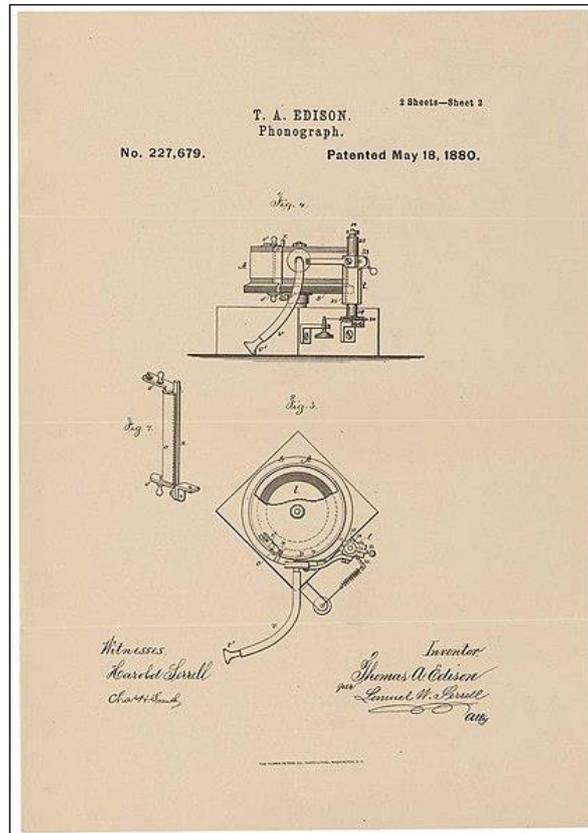
Document D



Plaque commémorative apposée au n° 9 de la rue Vivienne, Paris 2e : « Ici s'élevait la maison où est mort, le 26 avril 1879, Edouard Léon Scott de Martinville, né à Paris le 25 avril 1817, inventeur en 1857 du phonautographe, appareil enregistreur des sons d'où est dérivé 20 ans plus tard le phonographe. »



Document E



Phonographe : brevet déposé par Thomas Alva Edison le 18 mai 1880



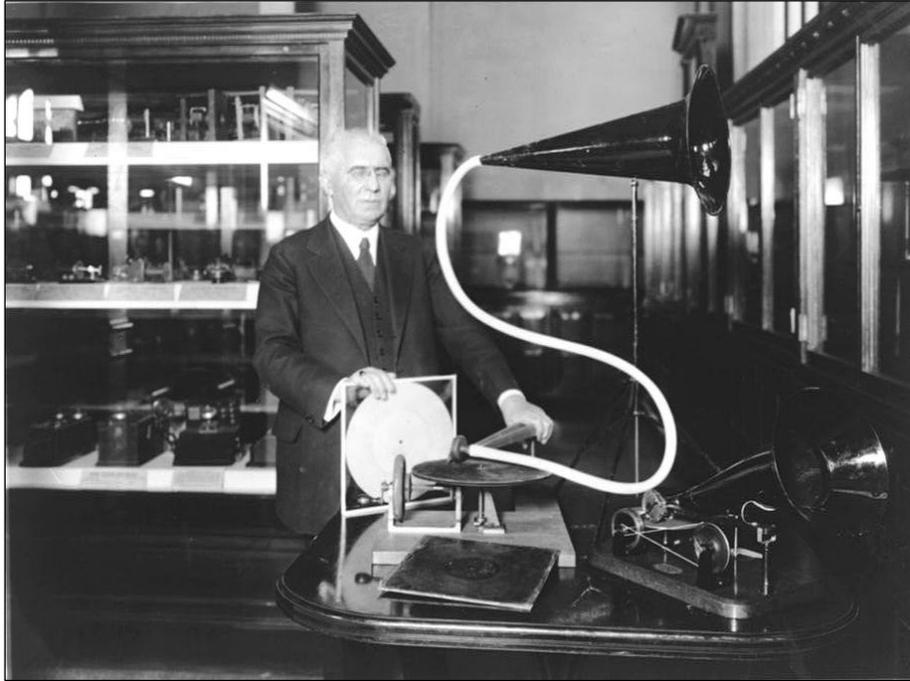
Document F



Edison et son phonographe, photographie datant de 1877 ou de 1878



Document G



Emile Berliner et son gramophone, photographie prise entre 1910 et 1929



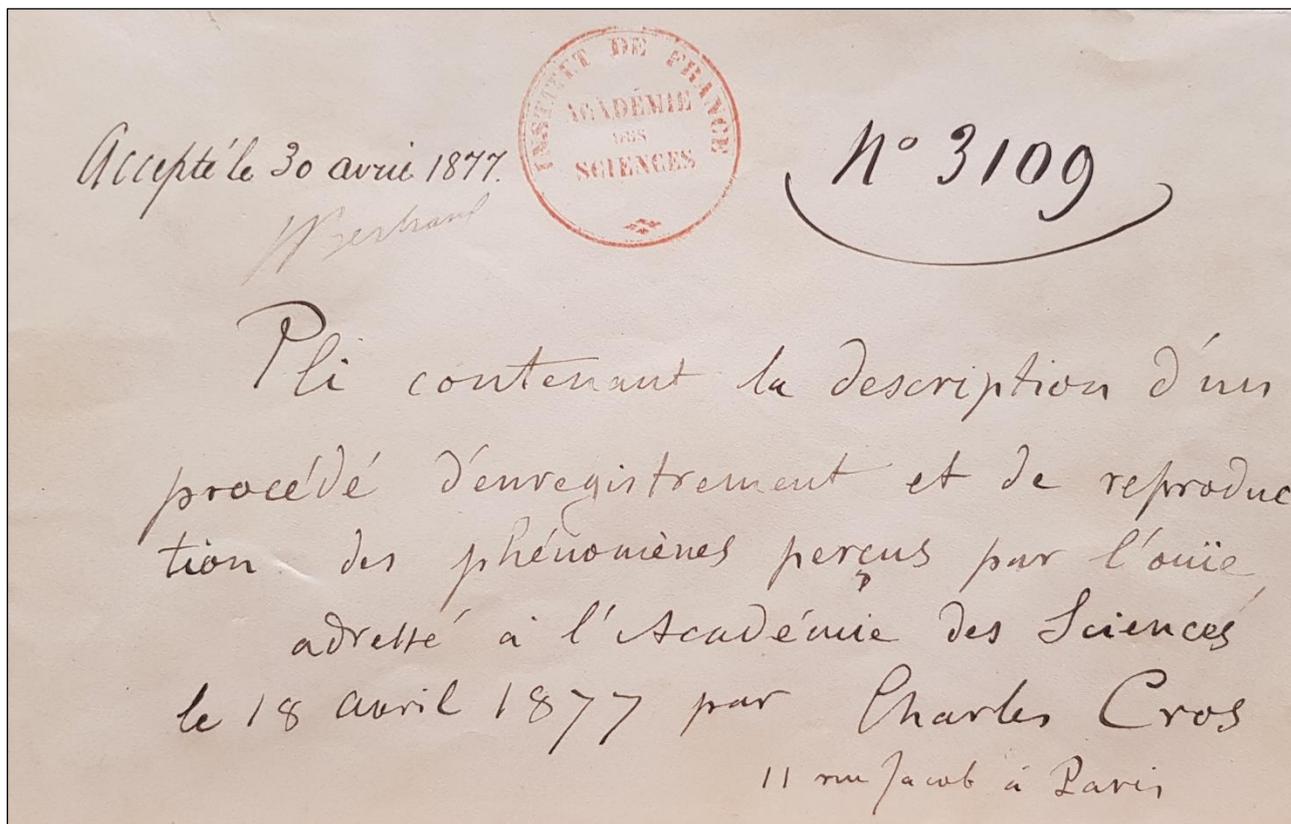
Document H



Inscription sur le disque : « Le gramophone d'Emile Berliner est breveté le 8 novembre 1887 ». Ce disque a été gravé en 1899.



Document J



Source : Archives et patrimoine historique de l'Académie des sciences

« Pli contenant la description d'un procédé d'enregistrement et de reproduction des phénomènes perçus par l'ouïe, adressé à l'Académie des Sciences le 18 avril 1877 par Charles Cros, 11 rue Jacob à Paris. »

En langage plus simple : « Lettre décrivant une machine à enregistrer et à lire le son, adressée à l'Académie des Sciences le 18 avril 1877 par Charles Cros, 11 rue Jacob à Paris ».

Prolongements possibles de cette séquence

- Séquences « Télégraphe » et « Ampoule » du projet *Les mille tours d'Edison*.
www.fondation-lamap.org/fr/telegraphe
www.fondation-lamap.org/fr/ampoule
- Séquences dédiées à la nature de la science du projet thématique *Esprit Scientifique, Esprit Critique*.
www.fondation-lamap.org/fr/esprit-scientifique
- Séquences dédiées aux 5 sens.
www.fondation-lamap.org/fr/5sens

Eclairage historique et scientifique

Note

La nécessité de rédiger un éclairage court et opérationnel pour les professeurs qui souhaitent travailler sur cette séquence implique qu'il ne peut se prétendre exhaustif sur les différents sujets traités. Pour des compléments, n'hésitez pas à consulter les différentes références de la bibliographie.

Pour un éclairage scientifique sur la nature de la science, il est possible de consulter celui du projet *Esprit Scientifique, Esprit Critique* que vous pouvez retrouver à cette adresse :
[/www.fondation-lamap.org/fr/page/62501/eclairage-scientifique](http://www.fondation-lamap.org/fr/page/62501/eclairage-scientifique)

Pour une biographie de Thomas Edison (centrée sur sa jeunesse et le début de sa carrière), voir l'éclairage historique et scientifique de la séquence « Télégraphe ».
www.fondation-lamap.org/fr/telegraphe

Qu'est-ce que le son ?

Le son parvient jusqu'à nos oreilles par un mouvement ondulatoire : la matière, à travers laquelle l'onde se propage, ne se déplace pas avec l'onde ou ne se transforme pas. Seule l'énergie se déplace avec l'onde.

Il y a deux types d'ondes : transversale et longitudinale. Une onde transversale se propage perpendiculairement à l'objet vibrant qui l'a engendrée. Les ondes longitudinales se produisent quand l'objet vibrant bouge d'avant en arrière suivant la même direction que celle de l'onde. Quand le son se propage dans l'air, c'est sous la forme d'une onde longitudinale, provoquant un mouvement alterné de rapprochement et d'éloignement des molécules d'air. Pour se représenter le son, on peut faire un parallèle avec le mouvement d'une perturbation le long d'un ressort.

Les deux caractéristiques principales des ondes sont la fréquence et l'amplitude. La fréquence est le nombre d'allers-retours autour de sa position d'équilibre que l'objet réalise par seconde. Si on se réfère au ressort, cela correspond au nombre de fois où un point de ce ressort accomplit un aller-

retour. L'unité utilisée pour exprimer la fréquence est le hertz (Hz). Ainsi, si on pousse et tire sur un ressort 20 fois en une seconde, la fréquence de l'onde est de 20 Hz. Quelqu'un qui observe le ressort voit une spire aller et venir en $1/20^{\text{ème}}$ de seconde et cette séquence se répéter 20 fois chaque seconde.

Nous interprétons les ondes sonores de haute fréquence comme des sons aigus, tels que ceux produits par un piccolo. Les ondes sonores de basse fréquence, telles que celles produites par un tuba, nous les interprétons comme des sons graves.

Pendant que l'onde se déplace à travers le ressort, chaque spire est déplacée d'une certaine quantité dans les deux directions autour de sa position d'origine. Cette distance de mouvement de chaque spire par rapport à sa position stationnaire est appelée amplitude de l'onde. Si on pousse plus fort sur le ressort, 20 fois par seconde, l'amplitude de l'onde augmente mais la fréquence reste la même. Le son a la même hauteur mais est plus fort pour nos oreilles. L'oreille humaine entend des sons dont la fréquence est comprise entre 20 et 1500 Hz. Ces valeurs peuvent différer d'un individu à l'autre.

La hauteur d'un son est liée à la fréquence de l'onde créée par l'objet vibrant. Néanmoins, quand on joue d'un instrument, s'ajoutent à la fréquence principale, dite fondamentale, plusieurs fréquences plus élevées et plus faibles appelés harmoniques. Ces dernières sont des multiples entiers de la fréquence fondamentale principale et se combinent pour donner son ton au son. Ainsi, bien qu'un piano et une clarinette puissent avoir la même fréquence fondamentale et donc la même hauteur de son, les harmoniques diffèrent et donnent aux instruments leurs timbres caractéristiques.

Convergence et paternité des idées

Il est souvent tentant d'imaginer que les grands découvreurs, inventeurs et innovateurs qui ont marqué l'histoire des sciences et des techniques étaient des génies isolés qui, seuls, ont bouleversé la compréhension du monde ou inventé un objet technique spectaculaire qui a profondément changé tel ou tel aspect de la vie quotidienne des habitants d'un pays, d'un continent ou du monde.

L'histoire ne retient en général qu'un ou deux noms mais ces savants se sont toujours appuyés sur tout ce qui avait été découvert avant eux. D'autres scientifiques de grande qualité travaillaient en parallèle et étaient aussi très proches d'une solution. Celui dont on a retenu le nom a été simplement un peu plus rapide que les autres ou a su diffuser largement son invention.

A l'époque de Thomas Edison, les différentes équipes de chercheurs se livrent presque une « guerre des brevets ». A la moindre amélioration, un brevet est déposé. Prenons l'exemple du téléphone. L'entreprise Western Union demande à Edison d'améliorer le « télégraphe parlant » que Graham Bell est en train de développer. Edison doit alors trouver des solutions pour ne pas avoir à utiliser les composants brevetés par Bell, ce qu'il réussit à faire en développant le microphone. Thomas Edison a travaillé sur de nombreux objets techniques, les a améliorés mais il n'est jamais parti de rien. Il n'est d'ailleurs pas le premier à avoir fabriqué une machine permettant d'enregistrer le son.

Ecrire et lire le son

La première représentation du son est celle réalisée à l'aide du vibroscope de Jean-Marie Constant Duhamel en 1845. En 1857, Edouard-Léon Scott de Martinville enregistre sa propre voix

en utilisant son phonautographe et écrit le son sur une plaque recouverte de noir de fumée à l'aide d'une soie de sanglier. Il est adepte de la méthode graphique et souhaite créer un langage graphique universel. Marey utilise le système de Scott de Martinville avant de développer son fusil photographique. Le pouls est aussi transcrit de cette manière.

Scott de Martinville n'a cependant pas cherché à lire les sons qu'il avait enregistrés. Le phonautographe ne réussira jamais à convaincre malgré l'énergie et le temps que Scott de Martinville déploiera pour le faire connaître. Il sert tout de même à quelques chercheurs (au Pays-Bas notamment, et aux Etats-Unis).

Quelques mois avant Thomas Edison, le poète français Charles Cros invente une machine permettant d'enregistrer les dernières paroles d'une personne, juste avant sa mort, pour que ses proches puissent les réécouter. Il rédige un document de quatre pages qui décrit l'invention mais ne la réalise pas. Comme il n'a pas d'argent pour déposer un brevet, il dépose sa description à l'Académie des Sciences en avril 1877.

A cette période, Edison, lui, est en train de travailler sur un répéteur télégraphique. Lors d'un de ces nombreux essais, il entend un bruit en faisant tourner les disques du répéteur à une vitesse trop rapide. Cet incident lui aurait donné l'idée du phonographe. Cependant, dans son bureau à Menlo Park, on trouve encore les comptes-rendus de l'Académie des Sciences française et de l'INPI. Thomas Edison avait donc accès à des informations sur l'invention de Scott de Martinville. S'en est-il inspiré ? Ce que l'on sait c'est qu'Edison s'en est servi, après son invention du phonographe, pour évaluer les nuisances sonores ou les vibrations induites du métro de New-York. Il en reste des enregistrements phonautographiques audibles sur le site [firstsounds](http://firstsounds.com).

Phonographe ou gramophone ? Cylindres ou disques ?

Pour s'appropriier le fonctionnement du phonographe : visionner la vidéo *Le Phonographe à feuille d'étain* qui se trouve à l'adresse www.youtube.com/watch?v=167OSB1M7_U.

Sur les premiers phonographes, les enregistrements sur feuille d'étain ne durent qu'une minute et s'usent très vite sous l'aiguille d'acier (qui doit être remplacée à la fin de chaque écoute). Chichester Bell et Charles Tainter remplacent l'acier par le saphir vers 1880 et mettent au point un cylindre recouvert de cire. L'aiguille en saphir peut être utilisée sans être remplacée pendant une cinquantaine d'heures. Enfin, l'aiguille en diamant est adoptée et offre jusqu'à cinq cents heures d'écoute.

Les cylindres en cire marron sont produits à l'unité et ne peuvent être écoutés qu'une centaine de fois. Le développement de la galvanoplastie permet de produire des cylindres en cire noire (et des disques) en série. Le dictabelt est la dernière version du cylindre qui sera utilisée.

En 1888, Emile Berliner, développe un enregistrement sur disque plat. La gravure du son est latérale (en méandre) sur un disque alors que la gravure sur un cylindre est verticale (en montagnes russes). Les disques sont plus difficiles à fabriquer et on ne peut pas s'enregistrer soi-même à la maison avec un gramophone, c'est pourquoi les cylindres seront encore utilisés jusqu'en 1955, notamment par les ethnologues en mission. Les disques se développent donc en même temps que les cylindres. Et on passera graduellement des cylindres aux disques. En 1907, on vend, pour la première fois, plus de disques que de cylindres. En 1912, Edison renonce, lui aussi, aux cylindres et adopte les disques pour ses phonographes.

Bibliographie

- Module *Insight - le son*, Académie des Sciences
- Site *Physique à main levée*
phymain.unisciel.fr/category/acoustique/
- *Real science for young scientists* (chapter 5), Dr Murphy, Ms Broderick, Ms Kenny, St Patrick's college DCU, 2015
- *123... codez ! tome 2*, Editions Le Pommier 2017
www.fondation-lamap.org/fr/123codez
- *Esprit Scientifique, Esprit Critique*, tomes 1 et 2, Le Pommier, 2017-2018
www.fondation-lamap.org/fr/esprit-scientifique
- *Douze leçons sur l'histoire*, Antoine Prost, Editions du Seuil 2014
- Dossier *l'ouïe et l'oreille en PS-MS*, La classe maternelle N°209, 05/2012
www.fondation-lamap.org/sites/default/files/upload/media/ressources/activites/20224_ouie_et_le_son/03-19a%20Dossier-LCM209.pdf
- Enregistrer et analyser des sons avec des outils numériques, ressource 2016 Eduscol,
cache.media.eduscol.education.fr/file/Signal/70/5/RA16_C4_PHCH_enregistrer_sons_signal_2_619705.pdf
- Sciencetips
newsletters.artips.fr/Sciencetips/Edison_Voix/
- www.archeophone.org/conferences/index.php
- www.firstsounds.org/
- *Inventeurs de génie*, Fleurus Editions 2015
- *Inventeurs et inventions*, les yeux de la découverte Gallimard 2005
- *Histoire des techniques de l'an mil à nos jours*, Hatier 1992

Crédits

Fiche 1P :

- Extrait de *Les mille tours d'Edison*, opéra de Julien Joubert et Gaël Lepingle, commande de l'Académie Musicale de Villecroze.

Fiche 2P :

- Phonographe (Magere Hein CC-BY-SA-4.0)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Edison_phonographs.jpg

- Gramophone (FotoKannan CC-BY-SA-3.0)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Gramophone_b.jpg
- Le microphone d'Edison (source : Popular Science Monthly Volume 14 - domaine public)
commons.wikimedia.org/wiki/File:PSM_V14_D144_The_edison_microphone.jpg
- Un téléphone datant de 1944 (Coyau CC BY-SA 3.0)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Mus%C3%A9e_des_arts_et_m%C3%A9tiers_-_appareil_t%C3%A9l%C3%A9phonique_mobile_type_130.jpg

Fiche 4P :

- Dessin d'une séance d'enregistrement sur phonographe (Scott de Martinville, domaine public)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Phonautographic_recording_session_-_Scott_1857.jpg
- Phonographe d'Édouard-Léon Scott de Martinville. Modèle de 1859 (Edouard-Léon Scott de Martinville, domaine public)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Phonograph_1859.jpg
- Dessin d'un phonographe par Édouard-Léon Scott de Martinville (Edouard-Léon Scott de Martinville, domaine public)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Phonograph_-_Scott_1859.jpg
- Plaque commémorative apposée au n° 9 de la rue Vivienne, Paris 2e. (Mu CC-BY-SA-3.0)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Plaque_Scott_de_Martinville,_9_rue_Vivienne,_Paris_2.jpg
- Dépôt de brevet du phonographe : Thomas Edison (domaine public)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Drawing_for_a_Phonograph_-_NARA_-_595515.jpg
- Edison et son phonographe (Levin C. Handy, bibliothèque du Congrès des USA, domaine public)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Edison_and_phonograph.jpg
- Berliner et son gramophone (bibliothèque du Congrès des USA, domaine public)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Emile_Berliner_with_disc_record_gramophone_-_between_1910_and_1929.jpg
- Disque datant de 1899 (Conehead, domaine public)
commons.wikimedia.org/wiki/File:Berliner_record.jpg
- Pli cacheté de Charles Cros décrivant le fonctionnement de son paléophone, Archives et patrimoine historique de l'Académie des sciences